



**HAL**  
open science

# Contribution à l'étude pédogénétique des formations loessiques du Nord de la France

Marcel Jamagne

► **To cite this version:**

Marcel Jamagne. Contribution à l'étude pédogénétique des formations loessiques du Nord de la France. Environnement et Société. Université de Liège, 1973. Français. NNT: . tel-02859648

**HAL Id: tel-02859648**

**<https://hal.inrae.fr/tel-02859648>**

Submitted on 8 Jun 2020

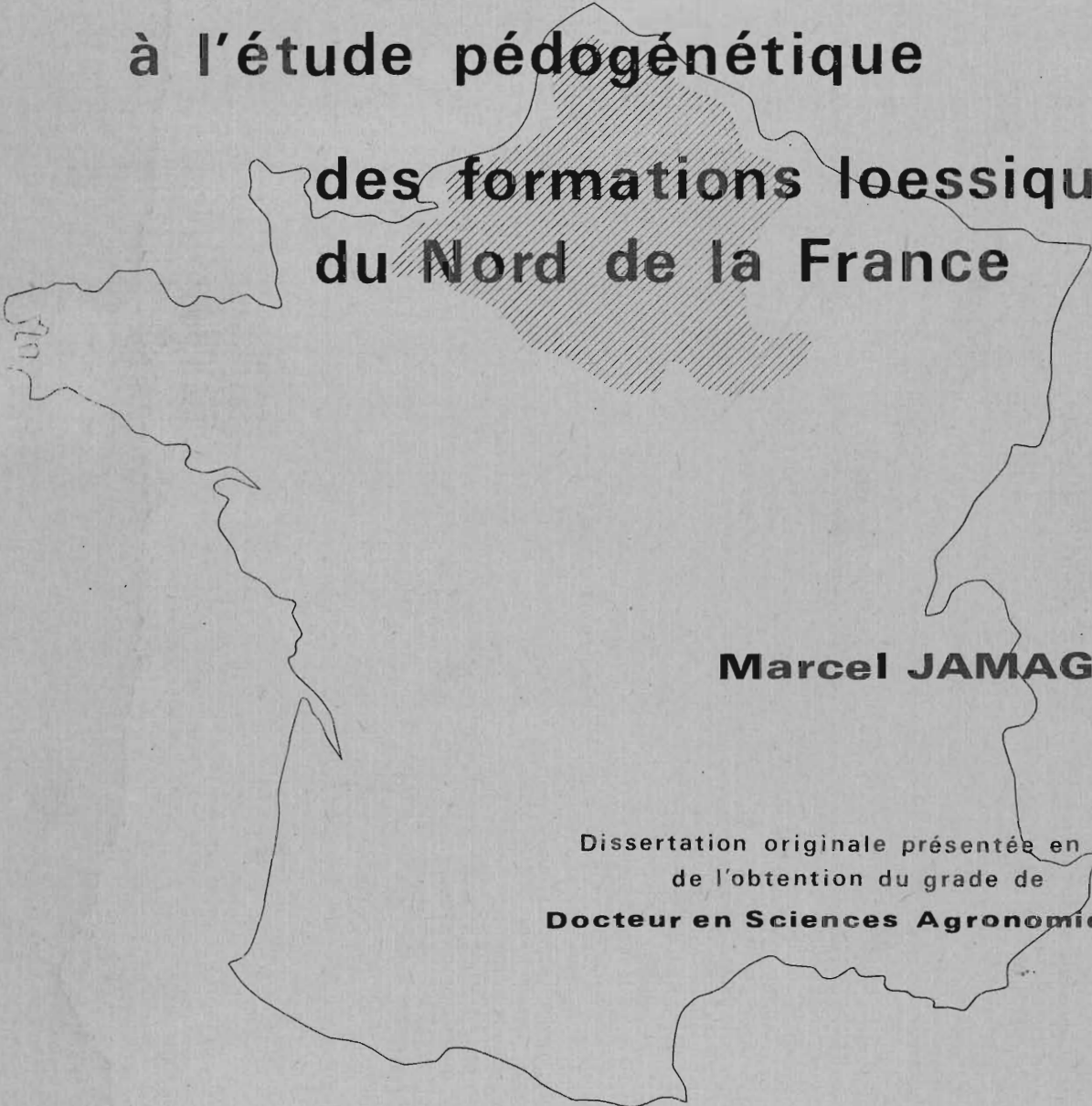
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

M. JAMAGNE

FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE L'ETAT  
GEMBOUX  
(Belgique)

**Contribution**  
**à l'étude pédogénétique**  
**des formations loessiques**  
**du Nord de la France**



**Marcel JAMAGNE**

Dissertation originale présentée en vue  
de l'obtention du grade de  
**Docteur en Sciences Agronomiques**

Travail réalisé dans le cadre de  
**L'INSTITUT NATIONAL**  
**DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE**  
( France )

**Janvier 1973**









**FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE L'ETAT**  
**GEMBLoux**  
(Belgique)

**Contribution**  
**à l'étude pédogénétique**

**des formations loessiques**  
**du Nord de la France**



**Marcel JAMAGNE**

Dissertation originale présentée en vue  
de l'obtention du grade de  
**Docteur en Sciences Agronomiques**

Travail réalisé dans le cadre de  
**L'INSTITUT NATIONAL**  
**DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE**  
(France)

**Janvier 1973**





## - AVANT - P R O P O S -

Le travail présenté ici est le fruit d'observations effectuées systématiquement depuis une dizaine d'années dans la partie septentrionale du territoire français, et plus particulièrement dans l'Aisne et les départements voisins.

Responsable de travaux de cartographie des sols dans cette région, j'ai pu mettre à profit les connaissances acquises par un enseignement très varié, ainsi que par quelques années d'expérience pédologique dans d'autres contrées.

La mise au point de ce mémoire me fournit aujourd'hui l'occasion de remercier tous ceux qui, par leur enseignement, leurs conseils, leur collaboration ou leur amitié, ont permis la réalisation de ce travail.

Je dois essentiellement ma formation de pédologue à Monsieur le Professeur Georges MANIL qui, dès mes études d'ingénieur à la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, m'a initié aux divers aspects de la recherche en sciences du sol, avant de m'orienter plus tard vers l'I.N.E.A.C. et les travaux de cartographie pédologique en Afrique. Je lui exprime ici ma profonde gratitude pour tout ce qu'il m'a apporté et la manière toujours très amicale dont il m'a conseillé pour la réalisation du travail que je présente aujourd'hui.

Je rends un hommage particulier à Monsieur le Recteur Ch. BONNIER et à Messieurs les Professeurs M. BOUDRU, A. NOIRFALISE, G. HANOTIAUX et V. TONNARD qui m'ont formé aux disciplines des sciences de la terre et à l'écologie ; qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements.

J'ai acquis une expérience en cartographie des sols grâce à Monsieur le Professeur R. TAVERNIER et à son équipe. Il m'a reçu en tant que stagiaire avant mon départ en Afrique et m'a accueilli à mon retour avec énormément de cordialité. Je tiens à lui exprimer ici toute ma reconnaissance pour l'aide qu'il m'a constamment accordée au cours de ma carrière, ainsi que pour les conseils judicieux qu'il n'a jamais cessé de me prodiguer.

Lors de mon arrivée dans l'Aisne, et de mon intégration à l'I. N. R. A., j'ai bénéficié de la part de Monsieur J. HEBERT, Directeur de la Station Agronomique de Laon, d'un accueil particulièrement amical et d'un appui qui n'a jamais cessé d'être efficace et constructif. Je lui dois une grande partie de mes connaissances pratiques et scientifiques en agronomie et je le remercie très sincèrement de toute l'aide qu'il m'a apportée.

## II

Plus tard, chargé de l'organisation du Service de la Carte Pédologique de France, j'ai eu la chance de pouvoir travailler avec Monsieur le Professeur S. HENIN, Directeur du Département d'Agronomie de l'I. N. R. A.. J'ai toujours trouvé auprès de lui un soutien constant et une critique sévère mais cordiale de mes travaux ; qu'il sache que j'éprouve pour lui une profonde reconnaissance.

Avec Monsieur Georges PEDRO, j'ai eu la possibilité, au cours de nombreuses discussions, de confronter régulièrement les données de la pédologie fondamentale et expérimentale et celles issues de la connaissance du terrain. Bien des points du présent mémoire ont été **éclaircis** grâce à sa grande connaissance des processus fondamentaux de la pédogenèse. Je lui suis très reconnaissant des conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer en toute amitié au cours de ces dernières années.

Dès mes premières armes en pédologie de terrain, voici près de quinze ans, j'ai pu apprécier la grande expérience de Monsieur F. DE CONINCK. Depuis lors, il les a toujours mises très amicalement à ma disposition, et je le remercie beaucoup de tout ce qu'il a fait pour moi dans l'élaboration de cette thèse.

J'aurais voulu remercier également le Professeur J. LARUELLE, qui lors de la réalisation d'un mémoire de licence en micromorphologie, fit preuve à mon égard de beaucoup de patience pour me communiquer une partie de son expérience. Son souvenir reste très vivace et je pense à lui en rédigeant ces lignes.

Messieurs les Professeurs Georges AUBERT et Philippe DUCHAUFOUR m'ont tant appris durant les années où nous avons travaillé ensemble que je me considère un peu maintenant comme un de leurs élèves. Je les remercie bien vivement pour leur concours toujours très efficace et les conseils judicieux qu'ils m'ont toujours si aimablement dispensés.

Je suis reconnaissant à Monsieur l'Inspecteur Général G. DROUINEAU, de l'I. N. R. A., de m'avoir fait confiance en me donnant la responsabilité d'un Service tout en me permettant de consacrer une partie de mon temps à la recherche.

J'ai une dette de reconnaissance particulière envers Messieurs J. C. BEGON, R. BETREMIEUX et M. ROBERT, dont les critiques toujours cordiales ont contribué à améliorer sensiblement mon travail.

Je n'oublierai pas dans mes remerciements les nombreux amis qui, par leurs travaux, leurs interventions ou les conversations que nous avons pu avoir au cours de ces dernières années, ont contribué à l'élaboration de ce travail. Je pense à Messieurs F. DELECOUR et P. ROISIN de la Faculté de Gembloux, à Monsieur J. AMERYCKX, A. LOUIS, R. MARECHAL, G. STOOPS, de l'Université de Gand, à Messieurs C. SYS et P. JONGEN qui guidèrent mes premiers pas en Afrique, à Messieurs J. MAUCORPS, J. C. REMY et C. MATHIEU

### III

de la Station Agronomique de Laon, à Madame C. JEANSON du C. N. R. S., à Messieurs J. CHAUSSIDON, A. FEODOROFF, R. GRAS, G. MONNIER, D. TESSIER, du Centre National de Recherches Agronomiques, à Monsieur le Professeur E. SERVAT et ses collaborateurs du Service d'Etude des Sols de Montpellier, en particulier Messieurs J. C. FAVROT, G. CALLOT, M. BORNAND, à Messieurs les Professeurs J. BOULAIN et B. GEZE, Messieurs P. HOREMANS et N. FEDOROFF de l'Institut National Agronomique, à Messieurs les Professeurs M. BOURNERIAS de l'Ecole Normale de Saint-Cloud et Ch. POMEROL de la Faculté des Sciences de Paris, à Monsieur F. SEDDOH de la Faculté des Sciences de Dijon, à Monsieur le Professeur J. DUPUIS de la Faculté des Sciences de Poitiers, à Messieurs G. BOCQUIER et A. RUELLAN de l'O.R.S.T.O.M., à Monsieur G. D. SMITH, ancien Directeur du Soil Survey Staff des Etats-Unis, à mes collègues du Département d'Agronomie de l'I. N. R. A. ou du Service de la Carte Pédologique de France, Madame S. MERIAUX, Messieurs D. BAIZE, J. CHRETIEN, J. CONCARET, P. DUTIL, B. GUERIN, R. HARDY, M. ISAMBERT, R. MAIGNANT, J. ROQUE, R. SALIN, J. WILBERT.

J'ai à coeur de remercier tous les membres du personnel du Service de Cartographie des Sols de l'Aisne pour l'aide qu'ils m'ont apportée soit en discussions de terrain, soit en déterminations analytiques, soit en dessin. Il ne m'est pas possible de les nommer tous, mais je tiens tout particulièrement à ce que Messieurs M. BERLAND, R. BOUTTEMY, L. BLIET, P. M. CRUCIANI, J. DUBOC, L. ORSINI, J. M. RIVIERE, B. SEBBE, J. L. SOLAU, M. VATINEL, sachent que je leur en suis très reconnaissant.

Il m'est enfin agréable de terminer cet avant-propos en remerciant tous ceux qui ont contribué à la réalisation matérielle du mémoire. Tout d'abord Mademoiselle M. PUECH qui, pour que ce travail soit prêt à temps, n'a pas compté les heures de liberté qu'elle a consacré à la dactylographie et la mise en page de l'ouvrage ; Madame G. BIRAC et Mesdemoiselles A. M. HEMERY, M. BARBIER et D. CELMENTI, Messieurs A. CIROTTEAU et J. LAMBERT qui eux aussi, pour préparer les nombreuses figures, firent preuve de beaucoup de dévouement ; Messieurs J. CORNET et R. MAZELLA du S. E. S., Monsieur ROLLAND du S. E. I., Messieurs DESCHAU et BOUVIGNY des Services Centraux de l'I. N. R. A., Monsieur TOFFIN du Département d'Agronomie qui, très cordialement, se sont dépensés pour que la présentation du texte et des figures soit la meilleure possible.

Quant à mon épouse, **CHRISTIANE**, je lui dédie ce travail qui représente pour elle tant d'heures familiales difficiles pendant lesquelles elle n'a jamais cessé de m'aider et de me soutenir.

-----x-----



## - S O M M A I R E -

	<u>Pages</u>
- A V A N T - P R O P O S	I à III
- I N T R O D U C T I O N	
-----	
- P R E M I E R E P A R T I E -	
-----	
<u>MILIEU ET METHODOLOGIE</u>	
1.1. SITUATION GENERALE	4
1.2. PHYSIOGRAPHIE	5
1.3. LES METHODES DE TRAVAIL	20
- D E U X I E M E P A R T I E -	
-----	
<u>PRESENTATION PEDOLOGIQUE DU DOMAINE D'ETUDE</u>	
2.1. INTRODUCTION	30
2.2. LES FACTEURS DE LA GENESE	31
2.3. LES SOLS	44
2.4. DISCUSSION - CONCLUSIONS	70
- T R O I S I E M E P A R T I E -	
-----	
<u>LE MATERIAU LOESS</u>	
3.1. GENERALITES	79
3.2. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	80
3.3. LA COUVERTURE LOESSIQUE	89
3.4. PALEOLSOLS SUR LOESS	137
3.5. REGOGENESE	147
3.6. CONCLUSIONS	159



- QUATRIEME PARTIE -

---

LES PHENOMENES PEDOGENETIQUES

4.1. GENERALITES	160
4.2. REVUE ET ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUES	162
4.3. CARACTERISATION ET ETUDE DES PROFILS TYPES	176
4.4. ETUDE DETAILLEE DES PROBLEMES LIES AUX PROCESSUS D'ELUVIATION / ILLUVIATION	255
4.5. CONCLUSIONS	285

- CINQUIEME PARTIE -

---

INTERPRETATION PEDOGENETIQUE DE LA SEQUENCE  
OBSERVEE SUR LIMONS LOESSIQUES DANS LE NORD  
DE LA FRANCE

INTRODUCTION	286
5.1. EVOLUTION STRUCTURALE ET DIFFERENCIATION DES PROFILS	288
5.2. EVOLUTION GEOCHIMIQUE ET MINERALOGIQUE	320
5.3. LES PROCESSUS D'EVOLUTION DANS LA SEQUENCE	344

- CONCLUSIONS GENERALES -

---

- BIBLIOGRAPHIE - 358

- ANNEXES 377

- LISTE DES FIGURES 431

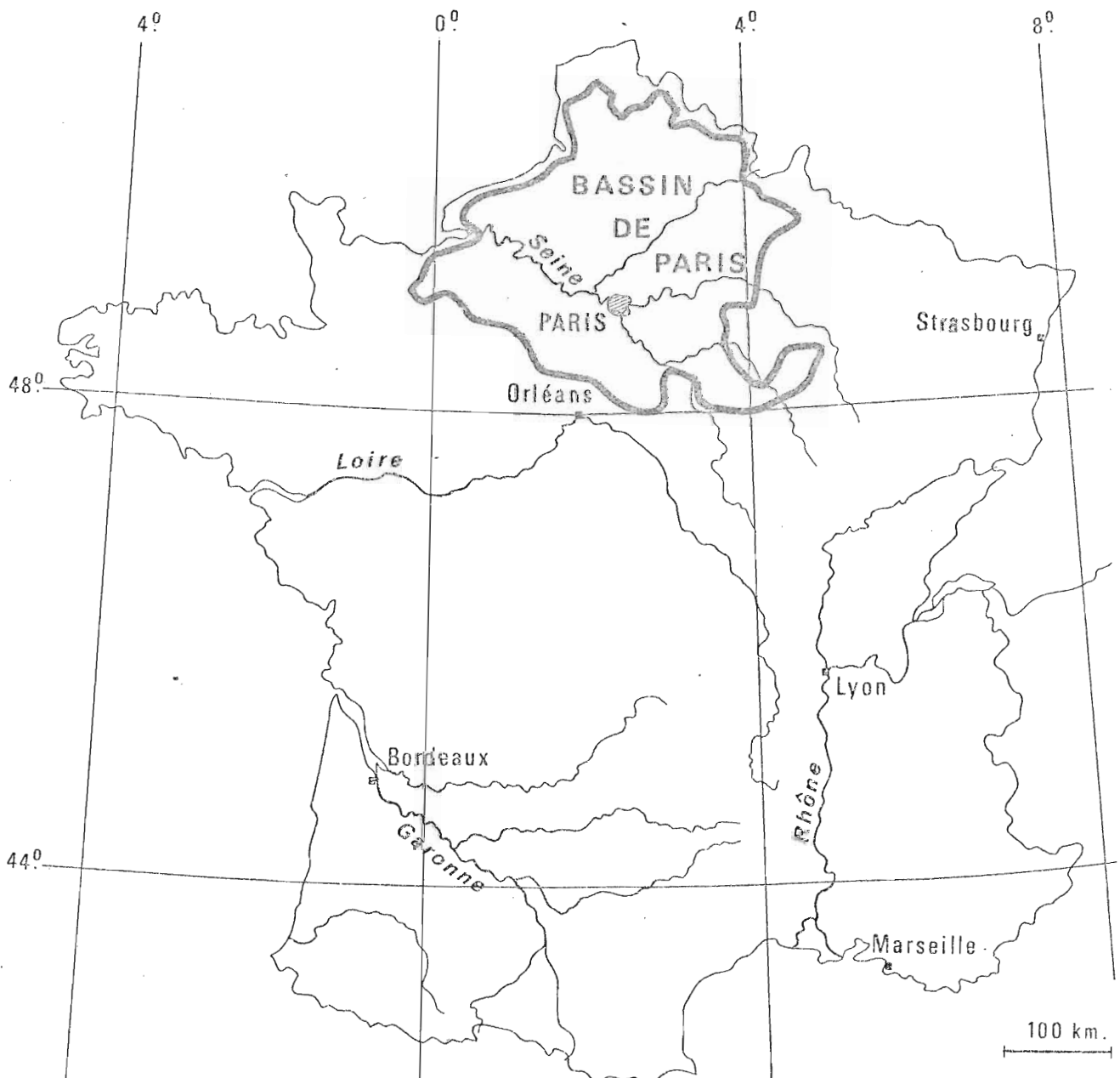
- LISTE DES PLANCHES 437

- TABLE DES MATIERES 438

- THESE ANNEXE

\* \* \* \* \*

Zone d'extension des formations  
limoneuses loessiques  
du Bassin de Paris





- I N T R O D U C T I O N -

-----





Le travail que nous présentons ici est consacré aux sols développés sur les formations limoneuses loessiques du Nord de la France.

Une des principales caractéristiques de cette région est de présenter une très importante couverture limoneuse reposant sur un ensemble de formations géologiques très différentes.

La grande diversité des sols qui s'y sont développés nous a amené à nous poser un certain nombre de problèmes sur les raisons de cette variation : dépôts de nature ou d'âge différents, action de processus pédogénétiques variés, influence de tel ou tel facteur... La recherche était amorcée.

D'autre part, l'analogie entre de nombreux caractères propres aux sols limoneux de différentes régions naturelles de France et de l'étranger nous incitait à approfondir ces recherches, ayant à l'esprit des possibilités probables de généralisation.

Il nous semblait de plus qu'un autre intérêt de l'étude des sols sur loess réside en ce qu'ils constituent des matériaux relativement sensibles aux agents de la genèse des sols et présentent des caractéristiques morphologiques, micromorphologiques et analytiques très typiques.

Nous avons tenté dans ce travail de contribuer à la connaissance des sols du Nord de la France, tout particulièrement de ceux développés sur loess, et d'introduire, sur ces bases, quelques hypothèses sur la nature des processus pédogénétiques intervenant dans le développement des sols limoneux sous climat tempéré humide.

De nombreux travaux ont été effectués sur les sols limoneux ainsi que sur les processus de leur évolution. Cependant, compte tenu que de simples hypothèses anciennement formulées sont fréquemment progressivement acceptées comme des faits acquis, il nous a paru important de nous attacher à tester certaines d'entre elles. Il faut en effet reconnaître, d'une manière générale, que des notions communément admises sont parfois basées sur des arguments insuffisants ou relativement peu convaincants.

Une cartographie des sols dans le département de l'Aisne et les diverses reconnaissances effectuées dans les départements limitrophes constituant la partie Nord du Bassin de Paris ont permis une étude détaillée de la répartition des principales formations superficielles.

De ce fait, la caractérisation et le classement d'un grand nombre de types de sols ont été réalisés à la fois sur une base morphogénétique pour l'étude de leur genèse et leur rattachement à divers systèmes de classification, et sur une base de valeur agronomique pour la détermination de leur potentialité.

Ces conditions de travail nous ont donc permis d'étudier plus particulièrement les formations constituées par une couverture de loess ou de limons loessiques, ou par des produits de solifluxion, de remaniement ou d'apport d'âge variable, riches en éléments limoneux.

L'objet de l'étude qui va suivre se présente sous plusieurs aspects complémentaires.

Les objectifs principaux en sont d'une part la définition d'une séquence d'évolution "idéale", théorique, sur matériaux limoneux, et qui constitue une série pédogénétique complète, d'autre part la mise en évidence et la caractérisation des différents processus pédogénétiques qui interviennent dans son élaboration.

Leur réalisation supposait naturellement une connaissance suffisante du milieu, ce qui nous a amené à effectuer une analyse et une description du contexte écologique et pédologique de la partie Nord du Bassin de Paris, ainsi qu'à définir avec un maximum de précision les différents matériaux d'origine loessique, tant en ce qui concerne les conditions de dépôts et l'extension géographique que les genèses anciennes, subactuelles et récentes.

Compte tenu de nos préoccupations nous n'avons pas été amené à étudier dans le détail les divers mécanismes géochimiques ou physico-chimiques mis en cause. Nous avons une option à prendre et nous avons retenu celle qui nous paraissait la plus logique : à partir d'une base d'observations très importante arriver à cerner le mieux possible l'intervention de quelques grands processus pédogénétiques.

Il s'est en effet avéré indispensable d'inventorier un vaste territoire où de nombreux régimes pédologiques étaient représentés, correspondant à des régions naturelles bien individualisées, ceci afin de rencontrer un maximum de possibilités d'évolution différentes.

Le travail est subdivisé en plusieurs parties.

Dans la première nous délimitons le cadre général de l'étude dans le milieu naturel et précisons nos méthodes de travail.

La deuxième partie nous permet ensuite de présenter les sols du domaine étudié, en mettant l'accent sur ceux d'entre eux développés sur matériaux loessiques. Des premières conclusions nous conduisent à suivre une démarche de recherche justifiant les parties suivantes.

Dans la troisième le matériau "loess" fait l'objet d'une caractérisation détaillée, et les phénomènes d'évolution initiaux sont abordés.

La quatrième partie comprend l'étude approfondie de types de sols caractéristiques des différents stades d'évolution.

C'est en cinquième partie que l'interprétation d'une séquence évolutive idéale sur matériaux loessiques dans la région étudiée est traitée, permettant la définition des différents processus.

Des conclusions générales nous amènent enfin à envisager d'une part les possibilités de généralisation des résultats obtenus, d'autre part de nouvelles orientations pour des études plus approfondies de certains aspects du problème étudié.

Peut-être pourrait-on considérer les deux premiers points de ce programme comme trop développés étant donné nos préoccupations principales.

Il nous paraît cependant indispensable, pour appréhender l'ensemble du milieu naturel, comprendre les paysages et bien définir le cadre de l'étude, de présenter une description générale de la région et de ses sols. Au demeurant, il est toujours difficile pour un pédologue de terrain de dissocier totalement un élément d'étude de ceux qui l'entourent, étant donné les relations qui existent toujours entre une unité de sols et celles auxquelles elle est associée dans le paysage.

Les matériaux loessiques ont d'autre part été décrits avec assez de détails. En effets, ces dépôts, relativement homogènes du point

de vue granulométrie, présentent cependant certaines variations dans leur composition dont il convient de tenir suffisamment compte dans l'interprétation des sols.

Nous avons essayé, dans la mesure de nos possibilités, d'apporter une contribution à la connaissance des processus et mécanismes fondamentaux de la pédogenèse, dont certains liés à la nature même du matériau étudié : altération / "lehmification" - lessivage - dégradation secondaire de l'horizon d'accumulation - origine de l'hydromorphie dans les sols sur loess profonds. Nous avons tenté notamment de préciser différents aspects des processus de brunification et de lessivage sur matériaux limoneux d'origine loessique.



- P R E M I E R E P A R T I E -

-----

MILIEU ET METHODOLOGIE.





## 1.1. SITUATION GENERALE

Les travaux ont donc été réalisés essentiellement dans la partie Nord du Bassin de Paris, vaste *domaine pédologique* caractérisé par la présence quasi-générale de matériaux d'origine loessique.

Le territoire occupé par ce domaine comporte plusieurs grandes *régions naturelles*. En effet, nous parcourons du Nord au Sud : l'Ardenne, la Thiérache, la Picardie, le Marlois, la Champagne, l'Ile-de-France avec le Soissonnais, le Valois, le Tardenois et la Haute-Brie.

La zone Nord se raccorde donc aux associations de la Famenne méridionale et de l'Ardenne septentrionale de la carte des associations de sols de la Belgique (R. Tavernier et R. Maréchal - 1958), la zone centrale et la zone sud faisant partie intégrante des formations typiques du bassin parisien.

L'ensemble de la zone est caractérisé par la présence d'un très grand nombre d'*assises géologiques* présentant des faciès très variés.

Le trait le plus important de la structure géologique de la région étudiée est le suivant : la moitié Nord est le domaine du Primaire et du Secondaire, la moitié Sud celui du Tertiaire. Cet aspect commande en fait tous les facteurs de la géographie physique.

Le *réseau hydrographique* principal est constitué par les vallées de l'Oise dont le cours Ouest-Est dans la partie Nord s'infléchit ensuite nettement vers le Sud, de la Somme, qui prend sa source dans la partie Nord-Ouest du département de l'Aisne, de l'Aisne, coulant d'Ouest en Est et se jetant dans l'Oise à Compiègne, et enfin de la Marne allant se jeter dans la Seine en amont de Paris. Un grand nombre de tributaires dont les plus importants sont le Thon, la Serre, l'Ailette, la Vesle, l'Ourcq et la Dhuis, complètent le réseau hydrographique.

Le *climat* de la région qui nous occupe est un climat de transition, il est à tendance atlantique et frais. Les conditions climatiques générales de la zone étudiée sont cependant assez hétérogènes, comme nous le verrons plus loin.

La *végétation* est très variée sur l'ensemble de la région. De grands massifs forestiers s'observent en Ardenne : forêt de Saint-Michel, et en Ile-de-France : massifs de Saint-Gobain et de Villers-Cotterêts, tandis que des peuplements de moindre importance se répartissent sur tout le territoire. Des pelouses et friches calcaires spontanées caractérisent de plus les parties méridionales de la zone étudiée.

La grande culture et les étendues pastorales représentent la large majorité de la superficie.

La figure 1 délimite la région où la majorité des observations ont été effectuées.



## Localisation de la région étudiée – Esquisse oro-hydrographique

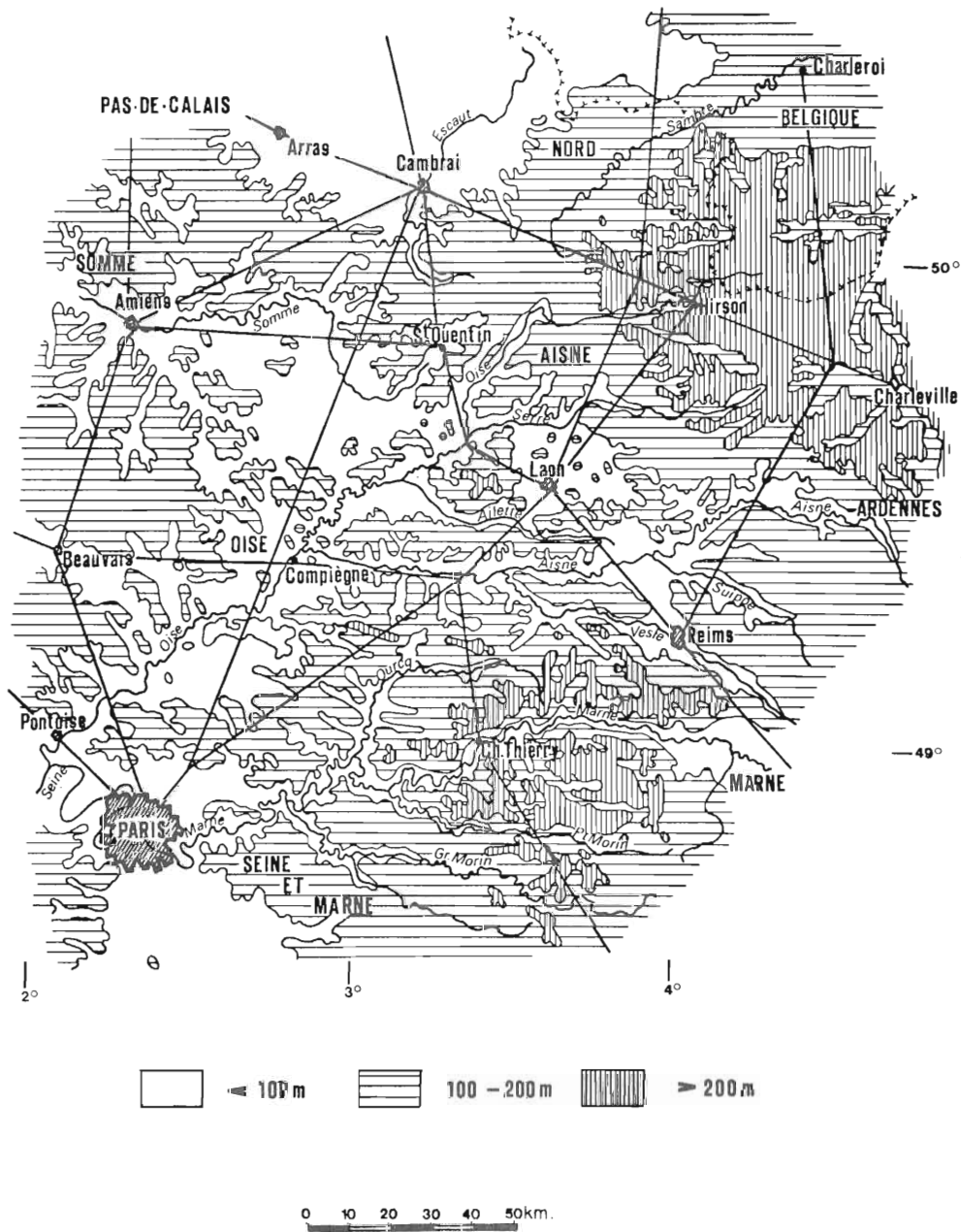


Fig. 1



## 1.2. PHYSIOGRAPHIE

### 1.21. GEOLOGIE - STRATIGRAPHIE

Nous observons donc un grand nombre d'assises géologiques se présentant sous de nombreux faciès. Nous tenterons, pour les assises de l'Eocène, de faire une corrélation entre les bassins de PARIS et des FLANDRES, en nous basant sur les conceptions actuelles des géologues spécialistes du bassin parisien (*C. Pomerol et L. Feugueur - 1963*).

Du fait de la morphologie du bassin sédimentaire, nous trouvons une séquence chronologique typique en parcourant un axe Nord-Sud. Nous présenterons la stratigraphie des formations les plus anciennes aux formations récentes.

- le socle *Primaire* représenté par :

le Cambrien  $x^{c-d}$  : Revinien : schistes et quartzites de Revin.  
Devillien : grès.

l'Eodevonien - : Gedinien  $d_I$  : schistes de Mondrepuis.  
Coblencien  $d^I$  : grès et schistes.

le Néodévonien - : Famennien  $d^6$  : schistes psammitiques.

Remarquons que la limite primaire/secondaire constitue ici une frontière entre deux unités structurales : la zone de subsidence du Bassin de Paris et le socle ardennais.

- Le *Secondaire* représenté par :

le Lias : Lotharingien : marnes.  
Charmouthien : marnes, quelquefois sableuses.  
Toarcien : marnes.

le Jurassique moyen :

Bajocien  $j_{IV}$  : calcaires et grès calcaireux plus ou moins colithiques.

Bathonien  $j_{II}$  : calcaire colithique.

le Crétacé

Inférieur : Wealdien et Aptien très peu représentés.

Albien  $c^I$  : sables et argiles très glauconieux.

Supérieur : Cénomaniens  $c^4$  : marnes et argiles calcari-fères localement glauconieuses.

Turonien  $c^5-c^6$  : craie marneuse à silex.

Sénonien  $c^7-c^8$  : craie à Micraster et à Bélemnites.

Argiles et conglomérats à silex : ces dépôts se trouvent en transition entre les formations secondaires et tertiaires ; ils se présentent soit sous forme d'une argile empâtant des silex peu remaniés, résidus d'une altération ancienne, soit sous forme de matériaux très graveleux constitués de silex brisés et riches en éléments en provenance des assises tertiaires sablo-argileuses.

- le *Tertiaire* qui comprend l'ensemble des étages de l'Eocène et de l'Oligocène inférieur.

Il semble intéressant de noter ici qu'une différence essentielle entre les bassins de PARIS et des FLANDRES réside en ce que les cycles sédimentaires du bassin français sont pratiquement toujours complets, c'est-à-dire que chaque phase de transgression marine est suivie par une phase à prédominance continentale, tandis que le bassin belge ne présente généralement qu'un développement très important des phases de transgression marine.

### Eocène

Thanétien  $e_V$  (Landénien Marin) : argiles de Vaux, très lourdes, et sables de Bracheux blanc jaunâtre à verts, souvent fortement glauconieux.

Sparnacien  $e_{IV}$  (très longtemps considéré comme l'équivalent du Landénien continental, mais que l'on a tendance actuellement à rattacher à la base de l'Yprésien) principalement représenté par les formations d'argiles à lignites.

Yprésien  $e_{III}$  : constitué surtout par les sables de Cuise, jaune rougeâtre, quelquefois micacés, et l'argile de Laon à la partie supérieure (Panisélien).

Lutétien (Bruxellien)

Lutétien marin  $e_{II}$  : calcaire grossier à nummulithes.

Lutétien continental  $e_I$  : calcaire tendré à plaquettes, à cérithes, et argile dite de Saint-Gobain (Lédien).

Bartonien

Zone I - Auversien  $e^1$  (Wemmelien) : sables d'Auvers et de Beauchamps, localement grésifiés.

Zone II - Marinésien  $e^2$  (Aschien) : calcaire de Saint-Ouen et sables de Mortefontaine.

Zone III - Ludien  $e^3$  (Lattorfien-Tongrien inf.) : formations gypseuses et travertin de Champigny.

### Oligocène

Sannoisien  $m_{III}$  (Tongrien) représenté par les argiles vertes et les argiles à meulière.

Stampien  $m_{II}$  (Rupélien) sables et grès de Fontainebleau.

Chattien et Aquitanien  $m_I$  : calcaire et meulière de Beauce.

# Esquisse géologique

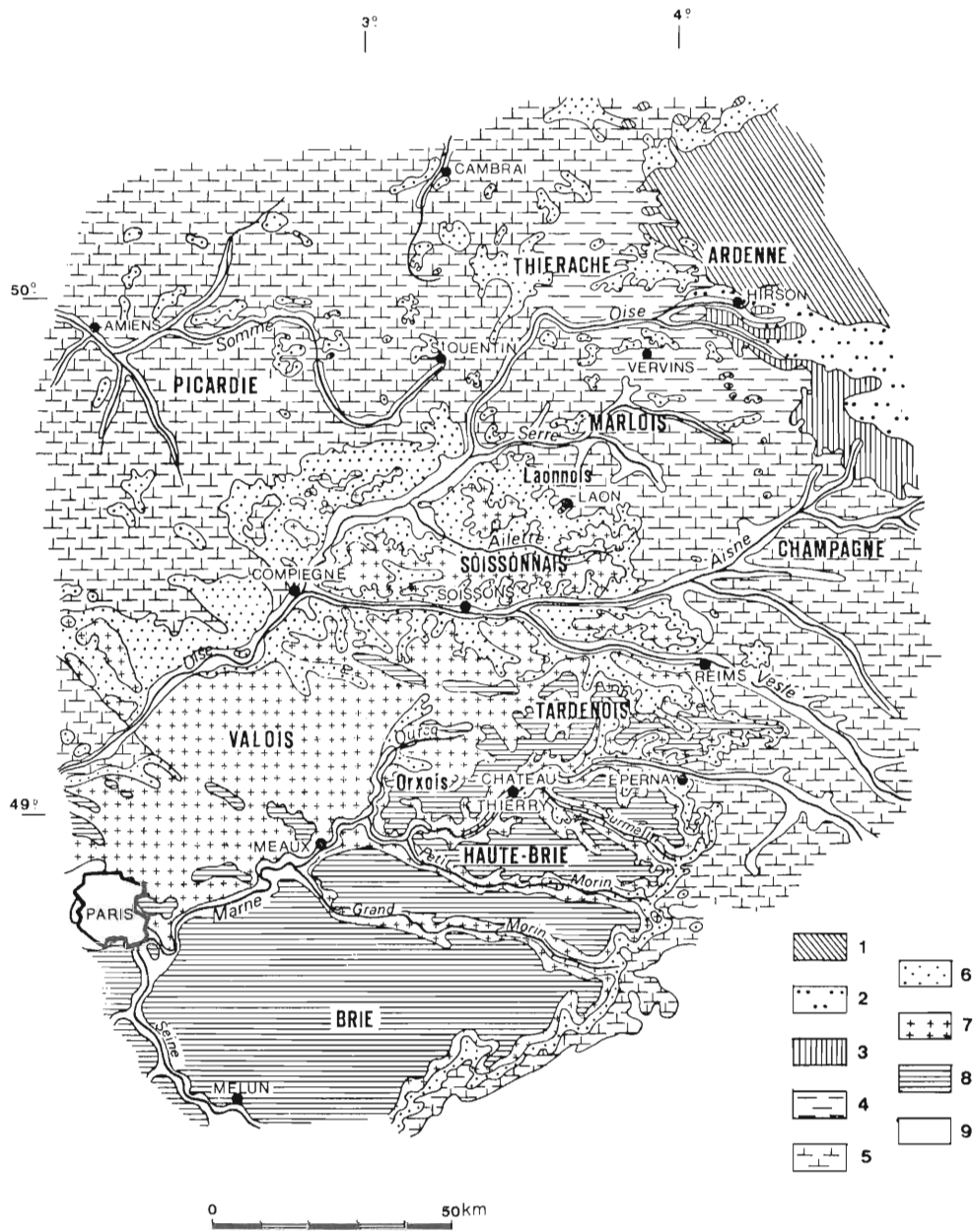


Fig. 2





## - Le Quaternaire

### Pléistocène

Loess : nous observons la présence de plusieurs loess d'âge différent. La couverture la plus récente date de la fin de la dernière glaciation, c'est-à-dire Würm III. L'ergéron calcaire présente des teneurs en carbonates assez importantes, plus semble-t-il que les loess calcaires de moyenne Belgique ; d'autre part, la teneur en argile des ergérons et des loess décarbonatés paraît également, d'une manière générale, plus élevée. La présence de loess Würm II et I, ainsi que de limons plus anciens a été relevée.

Sables de Sissonne. Ce recouvrement sableux, d'origine éolienne ou issu de ruissellements divers, est daté du Pléistocène tout à fait supérieur et résulterait du remaniement des sables tertiaires avoisinants.

Diluvium et grève crayeuse - Produits de solifluxion, de remaniements anciens. Nous regroupons ici toutes les formations issues des phénomènes d'érosion du type périglaciaire, ainsi que ceux liés à des phénomènes anciens de l'érosion normale. La composition en est naturellement variable.

### Holocène

Les dépôts holocènes sont constitués essentiellement par des colluvions et alluvions récentes.

Remarquons qu'une des caractéristiques principales des grandes dépressions de la région étudiée, c'est-à-dire celles de l'Oise, de l'Aisne et de la Marne, est la présence très fréquente des "grèves" caillouteuses typiques de remblaiements en période glaciaire et tardiglaciaire.

La figure 2 constitue une esquisse de répartition des principales formations géologiques ; la couverture limoneuse et autres formations superficielles n'ont pas été figurées.

1 : Primaire - 2 : Jurassique - 3 : Crétacé inférieur - 4 : Craie marneuse - 5 : Crétacé supérieur - 6 : Eocène inférieur - 7 : Eocène supérieur - 8 : Oligocène - 9 : Formations alluviales.

## 1.22. GEOMORPHOLOGIE - HYDROGRAPHIE

La formation du relief actuel s'explique par la succession des phénomènes géologiques ayant affecté les couches sédimentaires du Bassin de Paris.

Après la sédimentation de la craie, le Bassin de Paris, exondé, forme au début de l'ère tertiaire un immense glacis descendant depuis le Massif Central et les Vosges jusqu'à la Flandre, occupée par la mer.

Tout au long du tertiaire, les alternances de transgressions et régressions marines vont se succéder, les eaux en provenance du Nord-Ouest s'étendant plus ou moins loin suivant les périodes, ces successions étant marquées tour à tour par des dépôts de sables ou de calcaires et d'argiles ou de marnes. La puissance relativement faible de chacun des étages, ainsi que la très grande variété de leur faciès, sont à l'origine de la répartition très découpée des formations texturales et des sols.

A la fin du Miocène, la région fait partie d'une vaste plaine inclinée vers le centre du bassin, occupé par le lac de Beauce, et dont les dépôts superficiels sont essentiellement ceux des étages de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène.

Contemporaines des plissements alpins, des déformations affectent l'ensemble du bassin sédimentaire et sont représentées principalement par le synclinal de la Somme se prolongeant par la basse vallée de l'Ailette et celle de l'Ardon, ainsi que par l'axe de l'Ourcq, croisant celui de la Somme à Laon et se prolongeant vers Marle. Un faible anticlinal se situe au Nord de la Haute-Ailette, un autre nettement plus marqué s'observe au Sud de l'Aisne, marquant le passage vers le Tardenois.

C'est au cours du Pliocène qu'une érosion intense due au relèvement de la partie orientale du Bassin de Paris, ainsi qu'au net abaissement du niveau de la mer, a façonné les grandes lignes du relief actuel.

La fin de l'ère tertiaire voit donc s'enfoncer les anciennes rivières qui suivent les dépressions importantes et dessinent les grands axes de l'actuel réseau hydrographique.

L'érosion façonne ensuite une surface qui, structurale dans le Soissonnais au niveau du calcaire grossier Lutétien, devient un véritable niveau d'aplanissement dans la partie Sud de la région étudiée.

Le relief différentiel du bassin s'individualise de plus en plus nettement dans les parties centrales et méridionales par le recul des côtes, les petits cours d'eau conséquents entaillant de plus en plus profondément les fronts. Ce recul, laissant subsister au nord des buttes-témoins comme celle de Laon, ainsi que de nombreuses avant-buttes, fut favorisé par la nature très hétérogène du dépôt de calcaire grossier, par sa faible épaisseur et par la structure monoclinale à pendage très faible, les couches étant subhorizontales. Le relief de cuesta s'est donc différencié, les versants nord constituant les fronts très abrupts, les versants sud constituant les revers plus adoucis. D'autre part, la grande différence de dureté entre la surface structurale du calcaire grossier et les dépôts sous-jacents, ainsi que l'hétérogénéité des assises de l'Eocène inférieur ont provoqué le festonnement intense des côtes qui s'est maintenu jusqu'à nos jours.

Dès la fin de l'époque tertiaire, les grandes formes du relief étaient donc acquises et n'ont plus guère évolué depuis.

Au Quaternaire, les alternances de périodes glaciaires et de dégels ont permis à des phénomènes d'érosion caractéristiques de ces climats : gélifraction, cryoturbation, solifluxion, d'influencer notablement les couches superficielles.

Une couverture de limon loessique semble avoir recouvert l'ensemble du paysage au Pléistocène supérieur, les phénomènes d'érosion tardiglaciaires et de la fin du Pléistocène n'ont ensuite laissé que le recouvrement actuel des plateaux ainsi que des lambeaux localisés sur des replats et terrasses ou maintenus à la faveur d'unités topographiques locales.

Le Quaternaire récent ou holocène n'a vu que de légères retouches à ce modelé, les phénomènes d'érosion normale agissant avec plus ou moins d'intensité suivant les fluctuations climatiques successives. C'est l'époque de l'accumulation des alluvions et colluvions récentes, de la formation de la tourbe.

La déforestation a, tout récemment, provoqué une recrudescence temporaire de l'érosion sur les pentes et permis l'accumulation locale de nouvelles colluvions.

Le relief général de la partie Nord du Bassin de Paris peut donc se schématiser comme suit :

- différentiel au niveau des formations tertiaires,
- doux au niveau des formations du crétacé supérieur,

- plus incisé au niveau des formations du crétacé inférieur et du jurassique,
- très marqué dans les entailles de la surface ancienne du socle primaire.

L'ensemble du *réseau hydrographique* de la région étudiée dépend donc essentiellement des bassins de l'Oise, de la Somme, de l'Aisne et de la Marne.

L'Oise, débouchant des Ardennes au pied du socle primaire, à Hirson, y reçoit les eaux du Gland. La vallée, très incisée jusqu'alors, s'ouvre quelque peu dans les formations plus tendres du secondaire où elle reçoit les eaux du Thon un peu plus au Sud. Prenant une direction Sud-Sud-Ouest, ses eaux s'enrichissent ensuite essentiellement de la Serre pour arriver à Compiègne où se trouve son confluent avec l'Aisne.

Le chevelu hydrographique de la Thiérache est relativement peu dense mais bien alimenté du fait de nombreuses nappes retenues par les niveaux imperméables ; celui de la région picarde est particulièrement pauvre et peu hiérarchisé. En effet, la perméabilité des couches géologiques permet une infiltration aisée alimentant les couches profondes ; de nombreux vallons secs caractérisent le paysage.

Les vallées de la Somme et de l'Oise présentent des caractères très semblables : fond alluvial plat et large bordé par des versants à pente convexe ; l'Oise, plus alimentée, possède un débit cependant plus rapide. Cette dernière possède une vallée d'une largeur actuellement disproportionnée avec sa puissance, ce qui prouve un comblement important par remontée du niveau de base postérieur à la période de creusement intense. Le remblaiement et les phénomènes d'érosion périglaciaire ont masqué progressivement les niveaux morphologiques liés aux cycles d'alluvionnement.

La vallée de l'Aisne, très mûre, à profil en long très aplati, à fond large, partage en deux le Soissonnais, l'Ailette et la Vesle complétant essentiellement le bassin. L'histoire géomorphologique de la vallée se distingue ici beaucoup plus clairement : étagement de niveaux de terrasses relativement bien dessinés dans le paysage. Le réseau des petites vallées confluentes dissèquent fortement en festons le plateau de calcaire grossier, elles sont encaissées et peu étendues.

Le bassin hydrographique de la Marne marque le sud de la zone étudiée, la Marne, l'Ourcq, le Dhuis, le Morin constituent un réseau puissamment imprimé dans les plateaux méridionaux. Le profil des vallées est plus tourmenté du fait de l'hétérogénéité des faciès pétrographiques que les eaux ont dû travailler.

La vallée de la Marne voit se dessiner sur ses versants des niveaux de calcaires plus durs que les formations meubles encaissantes, son profil assez irrégulier montre une succession d'étranglements et d'élargissements marqués.

Le relief et l'hydrographie de la région présentent donc une assez grande variété bien mise en évidence par l'individualisation des principales régions naturelles.

### 1.23. CLIMAT

Le climat actuel est du type tempéré, de transition, à tendance atlantique, assez humide et frais. L'influence océanique est caractérisée par le passage régulier de dépressions cycloniques provoquant le déplacement d'importantes masses d'air d'Ouest en Est.

Les vents en provenance d'Ouest et Sud-Ouest sont donc dominants en toutes saisons, des courants d'Est et de Nord-Est se font cependant sentir lors de la période hivernale ainsi qu'au printemps et en automne.

La *température moyenne annuelle* pour l'ensemble de la région est d'environ 10°C. Cependant, les variations peuvent être assez importantes pour les différentes régions naturelles. La zone Est présente notamment un climat légèrement plus continental, les amplitudes thermiques y étant plus fortes. Le Nord-Est subit un régime plus froid, on note de ce fait à Hirson un retard de la végétation de trois semaines à un mois par rapport au Soissonnais. L'amplitude moyenne est de 16° : moyenne du mois le plus froid 2°, du mois le plus chaud 18°.

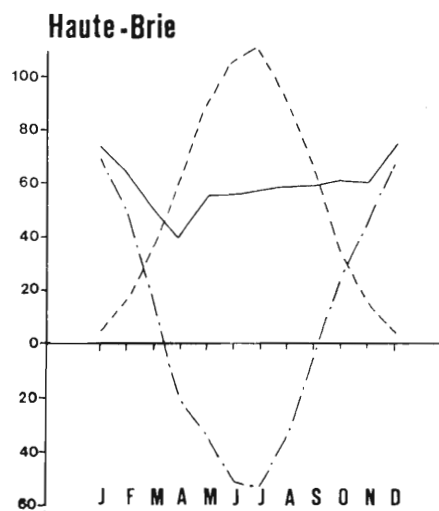
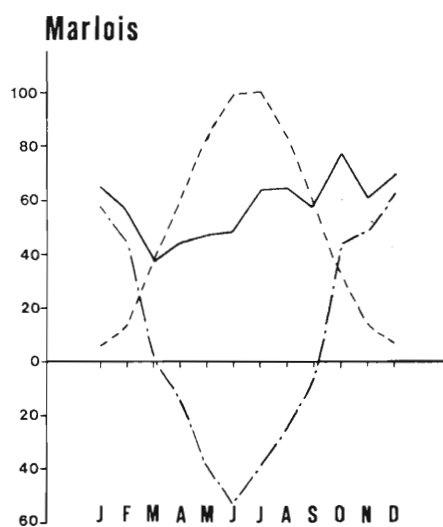
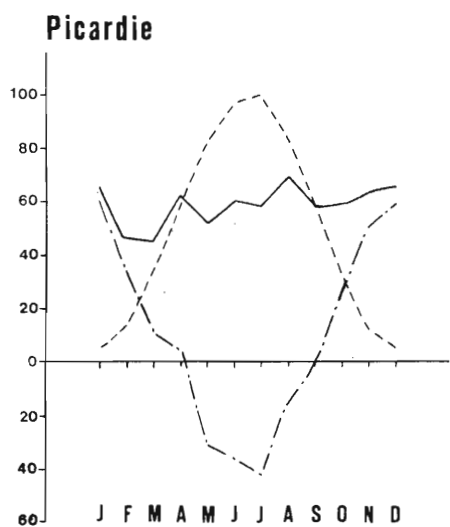
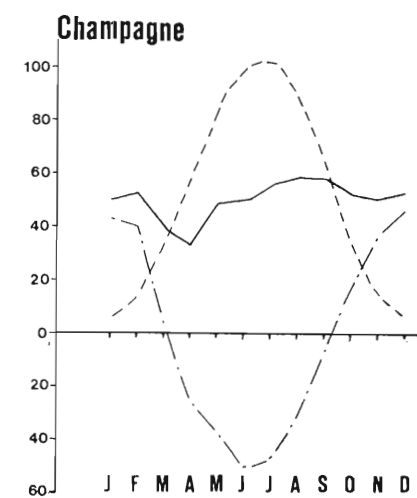
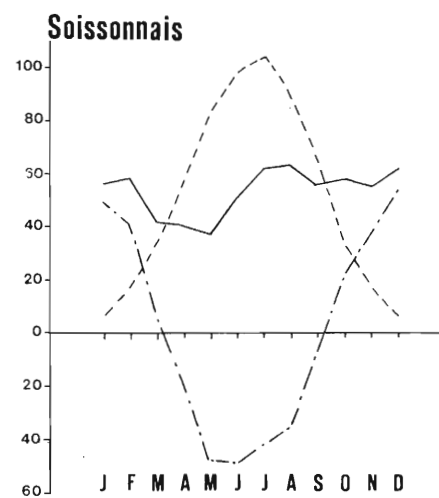
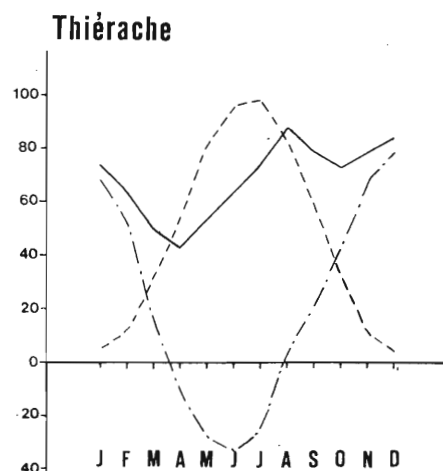
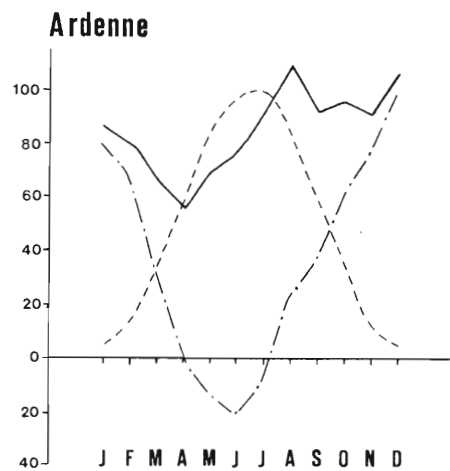
Voici ci-dessous les valeurs de *températures moyennes en °C*, calculées sur les 12 dernières années (faute de relevés sur une période plus longue) sauf pour la Picardie, où les calculs portent sur 30 ans.

Régions naturelles	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
Ardenne	0.0	2.0	5.0	8.5	13.5	16.0	17.5	17.0	14.5	9.0	5.5	1.0	9.05
Thiérache	1.0	2.0	5.5	9.0	12.0	15.5	17.0	16.5	14.5	10.0	6.0	2.0	9.25
Picardie	1.6	3.3	5.4	9.4	12.8	16.1	18.0	17.5	14.7	9.8	5.4	2.5	9.70
Marlois	2.2	5.5	6.7	10.2	13.6	16.2	16.8	17.0	15.9	10.9	5.6	3.6	10.35
Champagne	2.0	1.9	6.4	9.8	13.8	17.0	18.7	17.3	14.5	10.5	5.5	3.5	10.00
Soissonnais	3.7	4.8	7.4	10.3	13.9	17.2	18.7	18.2	16.4	11.5	6.2	3.2	10.80
Haute-Brie	1.9	2.3	5.6	8.7	12.2	15.3	17.2	16.3	14.6	10.0	5.1	3.5	9.50

L'*insolation* est faible, moins de 2.000 heures d'ensoleillement par an, les mois les plus chauds ont une insolation voisine de 200 heures.

Les *précipitations annuelles* varient également pour les différentes régions naturelles, la somme moyenne pour la région est d'environ 730 mm, avec moins de 600 mm pour certains secteurs de la bordure champenoise et plus de 1.000 mm pour la partie septentrionale.

On constate généralement une répartition assez régulière des précipitations, maintenue l'hiver par le passage de dépressions cycloniques, l'été par celui d'orages locaux. Il est cependant important de noter une sécheresse relative des vallées de l'Aisne et de la Marne.



— Précipitations .P.  
 - - - Evapo-transpiration potentielle moyenne .ETp.  
 - · - P-ETp

Fig. 3



Voici ci-dessous la *répartition* ainsi que la *somme moyenne des précipitations annuelles*, en mm, pour les différentes régions naturelles.

Régions naturelles	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Ardenne	85	80	65	55	70	75	90	110	90	95	90	105	1.010
Thiérache	75	65	50	45	55	65	75	90	80	75	80	85	840
Picardie	67	46	45	63	53	62	58	70	57	60	64	65	710
Marlois	64	57	37	44	47	48	64	64	56	79	61	68	689
Champagne	49	53	38	33	49	50	56	58	57	52	50	53	598
Soissonnais	55	57	40	39	36	50	62	63	56	58	54	60	630
Haute-Brie	76	66	51	40	57	57	58	60	61	62	61	75	724

La somme des précipitations durant la période de végétation se situe donc entre 300 et 350 mm.

Liée à ces variations des caractéristiques climatiques, l'*évapo-transpiration potentielle moyenne* présente également d'assez importantes variations.

Voici, pour les mêmes stations, une estimation effectuée d'après les données de Turc - 1961.

Régions naturelles	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ardenne	5	12	33	55	84	96	99	86	59	35	12	5
Thiérache	6	12	34	56	83	98	100	85	59	33	12	6
Picardie	6	13	33	58	84	98	99	85	58	34	13	6
Marlois	6	13	34	57	85	100	102	89	63	34	13	6
Champagne	6	13	33	59	85	100	103	90	64	34	13	6
Soissonnais	6	16	34	58	84	99	103	99	64	35	16	6
Haute-Brie	6	16	36	61	91	108	111	94	66	36	16	6

L'E. T. P. moyenne pour la période de végétation varie donc entre 480 et 540 mm.

La variation du déficit en eau durant la période de végétation est particulièrement bien mise en évidence par les graphiques de la figure 3 où les précipitations et l'évapo-transpiration potentielle moyenne sont reportées (S. Hénin et al. - 1969).

La figure 4 représente la variation de la valeur cumulée du déficit en eau de l'été, puis la résorption de ce déficit par les pluies d'automne aboutissant à un excès d'eau et au drainage hivernal. En fait,



le déficit estival maximum ne s'observe que pour les sols capables d'avoir une capacité de rétention totale suffisante. Dans le cas où la capacité de rétention est faible (sols peu profonds ou sableux), le déficit maximum réel est moindre, le retour à la capacité de rétention est plus rapide, et, en conséquence, le drainage hivernal est plus fort. Ceci est particulièrement vrai pour la Champagne et le Soissonnais.

On remarque donc d'assez fortes variations entre les différentes régions naturelles, la tendance continentale de la partie Est de la région étudiée apparaissant nettement.

Des nuances parfois importantes peuvent être enregistrées au sein du climat général venant d'être décrit par suite de situations particulières d'altitude ou d'exposition créant des micro-climats locaux.

Les caractéristiques climatiques que nous venons de décrire conditionnent le développement actuel des formations superficielles. D'autre part, il est évident que les climats successifs qui ont régné dans la région depuis le Pliocène et durant le Quaternaire ont eu une influence très importante sur les propriétés et les caractéristiques des sols que nous observons actuellement.

#### 1.24. VEGETATION

La végétation présente sur l'ensemble de l'aire étudiée une très grande variation. De vastes massifs forestiers s'observent en Ardenne et en Ile-de-France, des peuplements assez importants se présentent en Thiérache et en Haute-Brie, tandis que des formations forestières moins étendues se répartissent sur toute la superficie.

Des pelouses et friches calcaires sont liées aux substrats crayeux ou calcaires de Champagne et d'Ile-de-France, tandis que des landes à bruyère y caractérisent fréquemment des terres sableuses très acides.

Des formations hydromorphes souvent turficoles se répartissent fréquemment dans les fonds marécageux.

La culture intensive et les prairies occupent cependant la plus grande partie des terres, leur répartition étant en relation étroite avec les types de sols et de climat, c'est-à-dire avec les régions naturelles.

Le *paysage ardennais* est celui des grands massifs forestiers, taillis sous futaie de chêne avec charmes et coudriers dans le taillis, humus du type mull acide ou mésotrophe ; chênaie à bouleaux acidiphile sur sols à tendance podzolique avec le myrtillier, la canche, la fougère aigle dans la strate herbacée et présence de *Leucobryum*, l'humus étant du type moder ou parfois mor ; faciès frais enrichis en frênes et aulnes, à molinie et fougère dans la strate herbacée. Quelques aulnaies se répartissent dans les fonds mal drainés, bordant des tourbières à sphaignes très acides (P. Roisin - 1962).

En Thiérache et en Picardie, à paysage essentiellement constitué par la prairie ou la culture, on constate la présence d'îlots boisés très dispersés et généralement fortement remaniés. Quelques importants massifs ont cependant été maintenus, et sont à rattacher aux groupements de la chênaie atlantique, des variantes fraîches ou acides s'y distinguent assez nettement. Les types d'humus observés sont généralement des mull eutrophes, mésotrophes ou acides, quelquefois des moder dans les zones plus dégradées.

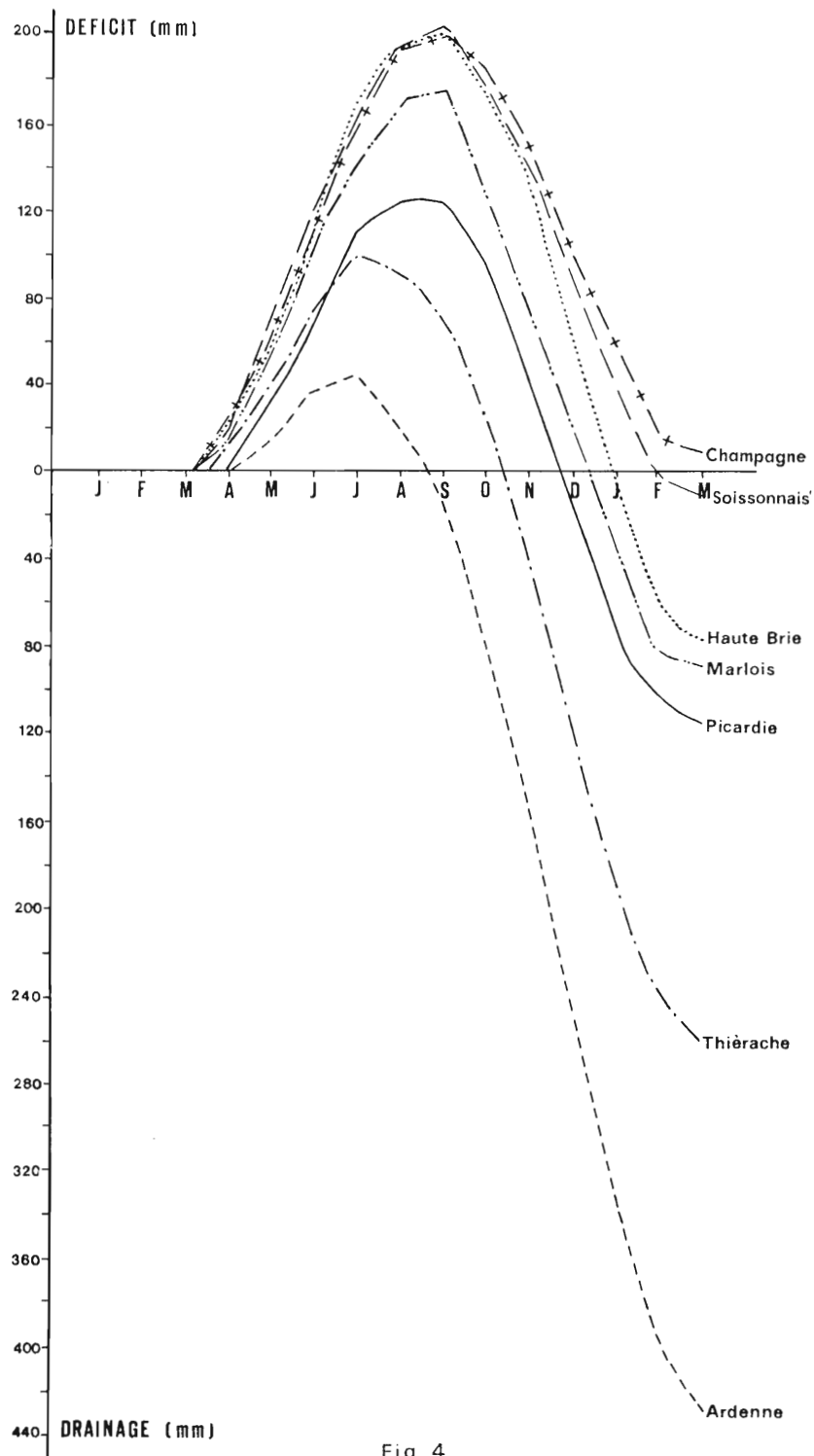


Fig. 4



La *bordure chamenoise* est caractérisée par des buttes résiduelles de sables tertiaires où une végétation acide de chênes, bouleaux, châtaigniers, acacias, pins, est liée à la présence de sols à tendance podzolique, et présentent en surface des moder fortement marqués. Des friches ou taillis calcicoles, reposant sur la craie à faible profondeur localisent des sols à humus calcique ou eutrophe.

La végétation de l'*Île-de-France* est beaucoup plus variée, liée au très grand nombre de substrats différents, ainsi qu'aux différences d'exposition (M. Bournérias et M. Jamagne - 1964).

Le *Soissonnais* présente notamment des formations végétales en corrélation étroite avec des types de sols bien déterminés.

Sur les sols de *bordure du plateau*, sablo et limono-calcaires, sur pentes légères à moyennes, nous observons localement des plantations de pins Noirs d'Autriche, mais de larges étendues sont laissées en friche où une pelouse de graminées est parsemée de chênes et de bouleaux.

Les *pent*es et *piéd*monts présentent de nombreuses formations forestières, de composition très variée.

Citons des peuplements de versant sur produit de solifluxion limono-calcaires à exposition Nord où le chêne, l'érable sycomore, le frêne et l'orme sont largement représentés, surmontant un tapis herbacé où domine la mercuriale. Sur produits de dissolution du calcaire lutétien, nous trouvons une végétation eutrophe composée d'érables champêtres, de fusains et d'aubépine dans la strate arbustive, de troènes, de clématites et de sureaux dans la strate suffrutescente et de mercuriale dans la strate herbacée.

Sur les sols mésotrophes, ou légèrement acides, nous trouvons une chênaie à charmes sous forme de peuplement en taillis sous fûtaie ; le taillis étant principalement composé de charmes et de coudriers.

Sur les sols très acides, sols podzoliques et podzols, développés dans des matériaux très siliceux, nous sommes en présence, soit d'une chênaie acidiphile à bouleaux surmontant une strate herbacée où la fougère aigle, le muguet, la bruyère, les genêts et le chèvrefeuille sont prédominants, soit de peuplements de résineux.

Parmi ces formations forestières, nous noterons localement des faciès frais ou humides, correspondant soit à des affleurements argileux, soit aux abords des cours d'eau, des sources ou des résurgences, avec enrichissement en espèces hygrophiles : frênes, peupliers, aulnes, roseaux, carex, joncs.

Les petites vallées entaillant la côte tertiaire présentent des formations forestières fraîches à base de frênes, grisards, bouleaux dans la strate arborescente, de chênes, charmes, coudriers, aulnes dans la strate arbustive. Aux abords des zones très mal drainées ces peuplements évoluent vers l'aulnaie, de nombreuses peupleraies, s'y établissent et les formations franchement marécageuses sont couvertes de roseaux, de joncs et carex géants.

Le *Tardenois*, plus au Sud, présente d'assez vastes superficies de chênaie à bouleaux et à bruyère localisant des podzols fortement développés sur sables bartoniens ; les mor y sont caractéristiques.

La *Haute-Brie* présente également une séquence de végétation très caractéristique.

Sur plateau limoneux, nous trouvons quelques massifs assez importants. La végétation typique est un taillis sous fûtaie à réserve de chênes principalement, parfois une fûtaie mixte de chênes et de hêtres. Le taillis, assez développé, est caractérisé principalement par l'association charme-noisetier. Le frêne, le peuplier grisard, l'aulne et le saule Marsault caractérisent les zones fraîches. La flore de la strate herbacée est

très variée, les humus y étant généralement du type mull acide.

Sur les formations sablo-limoneuses, les forêts sont encore plus pauvres, les essences plus acidiphiles. La fûtaie principale est encore constituée de chênes pédonculés mais on rencontre également le frêne et le peuplier grisard. Le taillis comprend beaucoup de bouleaux et de cépées de châtaigniers. On peut noter de fortes populations de fougères aigles colonisant les vides importants.

Sur les versants calcaires constitués par des argiles de dissolution peu profondes et caillouteuses, on trouve soit la végétation eutrophe à mull doux : érable champêtre, fusain, clématite, sureau, avec la mercuriale en strate herbacée, soit la végétation calcicole à mull calcique avec principalement quelques plantations de pins noirs d'Autriche ainsi que des robiniers dans la strate arborescente, des épineux, aubépines et rosiers, en strate arbustive et toutes les graminées calcicoles en pelouse.

Enfin, la grande et la petite culture, l'arboriculture fruitière, la viticulture et les étendues de prairies créent des conditions particulières liées essentiellement aux interventions anthropiques.

## 1.25. LES REGIONS NATURELLES

Les formes du modelé actuel résultent donc d'une évolution complexe dont les facteurs sont la structure géologique, la résistance variable opposée par les sédiments aux agents de l'érosion, les différents types de climats qui se sont succédés dans la région étudiée.

Les éléments du relief relèvent essentiellement de la morphologie des bassins sédimentaires. Ce sont donc essentiellement les grandes unités du substrat qui localisent les régions naturelles (A. Fiette - 1960).

### 1.25.1. L'ARDENNE

Cette région naturelle est caractérisée par le socle primaire représenté par les étages du Cambrien - schistes et quartzites de Revin, et de l'Eodévotionien : Gedinien et Coblencien - schistes de Mondrepuis.

Nous sommes donc en présence d'une plate-forme d'érosion caractéristique de la pénéplaine post-Hercynienne, culminant à l'altitude de 300 m et entaillée par des incisions très marquées du réseau hydrographique. Ce dernier se compose des vallées de l'Oise, du Gland et du Sous-Gland qu'alimentent nombre de petits ruisseaux.

Il s'agit du secteur le plus humide et le plus froid de la région, la température moyenne est voisine de 9°. La somme des précipitations est voisine de 1.000 mm, le déficit en eau de la période de végétation est très faible.

Le paysage typique est celui de la forêt. La région correspond pratiquement à l'extension des grands massifs forestiers, taillis sous fûtaie à réserve de chêne et taillis de charme-coudrier le plus souvent. Ces formations forestières appartiennent aux groupements du *Luzulo-Quercetum*, typique ou à *Leucobrium* ou *Vaccinium* lorsque très acides, à *Molinia* et *Dryopteris* lorsque très frais. On note également la présence de variantes à *Endymion*, en transition vers la chênaie atlantique. Quelques aulnaies à sphaignes se répartissent dans des fonds très pauvrement drainés.

### 1.25.2. LA THIÉRACHE

La caractéristique stratigraphique principale de la Thiérache est la présence sous la couverture limoneuse pratiquement continue de formations résiduelles, cailloutis à silex, reposant sur des substrats du Crétacé. Ces derniers sont constitués par du Turonien et du Cénomaniens, ainsi

que par des faciès sablo-argileux de l'Albien. A l'Est apparaissent les calcaires colithiques du Jurassique. La Haute-Thiérache présente des formations appartenant au Famennien : schistes psammitiques.

Le relief est caractérisé par de larges dômes et plateaux hydromorphes séparés par des vallées assez nettement incisées. Les formations lourdes présentes sur les pentes provoquent une courbure très largement convexe. Un relevé plus rapide des couches géologiques du bassin a permis une dénivellation plus vive que dans les secteurs situés plus au sud, et de ce fait une érosion plus grande.

Les plaines alluviales des principales vallées, l'Oise, le Thon et le Gland sont assez larges, les rivières présentent de nombreux méandres. Elles ont un cours subséquent et sont alimentés par un chevelu dense et désordonné de petits tributaires. De nombreuses nappes temporaires sont retenues au niveau des substrats argileux liés aux formations à silex et aux assises du Crétacé.

La donnée climatique principale y est l'intensité de la pluviosité annuelle, la plus forte de la région avec celle de l'Ardenne, nettement plus de 800 mm.

Le paysage, fermé par de nombreuses haies, est typiquement pastoral, avec de nombreux vergers, et interrompu par quelques îlots boisés. On constate la présence de massifs plus importants en bordure de l'Ardenne, ainsi que plus à l'Ouest où ils font nettement partie des groupements de la chênaie atlantique.

Le Marlois constitue une petite région de transition entre la Picardie et la Thiérache. Zone de grande culture, la couverture limoneuse y est assez importante.

### 1.25.3. LA PICARDIE

La Picardie présente une couverture limoneuse loessique très continue reposant sur la craie sénonienne, fréquemment par l'intermédiaire de formations à silex. Par-ci, par-là, quelques lambeaux éocènes sableux ou argilo-sableux représentent des vestiges du raccord entre le bassin des Flandres et le Bassin de Paris. Il est intéressant de noter entre la Picardie et la Thiérache le redressement lent des couches géologiques.

Le façonnement de la surface actuelle est dû principalement à une érosion développée sous des régimes climatiques anciens : tropical, puis périglaciaire. La craie a donc été fortement influencée par des phénomènes d'érosion morphoclimatiques. On constate la présence de nombreux vallons asséchés, très souvent asymétriques. Le relief peut être considéré comme normal, mollement ondulé ; les croupes des interfluves sont généralement très douces, les versants convexes, certaines vallées présentent cependant des incisions très marquées. Une érosion souterraine karstique provoque localement des effondrements en cuvette créant l'apparition de dépressions colluviales fermées, et celle de "rideaux".

Cette région se raccorde vers le Santerre et sa partie centrale appartient à la dorsale Ardenne Boulonnais formant la ligne de partage des eaux entre les vallées de l'Escaut et la Sambre au nord, de la Somme et de l'Oise au sud.

Les principaux axes hydrographiques sont donc constitués par les vallées de l'Oise, de la Somme et de la Serre. Ces vallées sont mûres, trop larges pour le débit actuel, et sont des vestiges d'une activité ancienne plus intense ayant par après fait place à d'importants remblaiements. Il n'y a pas de hiérarchie typique du réseau, le chevelu hydrographique est très réduit, les quelques grandes vallées étant alimentées par un ensemble de sources, et ne se raccordent qu'au réseau des vallons secs.

Le climat de la Picardie s'intègre dans la définition du climat général de la région étudiée, la tendance océanique étant nettement accentuée.

Le paysage est typiquement celui de la grande culture. Cependant, quelques importants massifs forestiers ont été maintenus et sont à rattacher aux groupements typiques du *Quercetum Atlanticum* ; des variantes acidiphiles s'observent localement. De petits bois sont d'autre part localisés au contact des formations tertiaires.

#### 1.25.4. LA CHAMPAGNE

Le substrat est constitué sur l'ensemble de la région par la craie à Belemmitelles. Cette craie altérée mécaniquement en surface est recouverte par des sédiments d'origine variable, produits de remaniements des sables de l'Eocène inférieur et de dépôts loessiques. La couverture est donc constituée de formations de texture hétérogène issues d'un mélange de ces produits d'apport et de matériau d'altération physique de la craie. Notons que cette craie porte des traces très marquées de phénomènes d'érosion du type périglaciaire. Le substrat crayeux peut donc se présenter sous des aspects très variés que nous envisagerons plus loin.

Le relief est aplani, la structure est à tendance horizontale et les pentes planes tendent vers un profil d'équilibre qu'elles avaient déjà presque atteint à l'issue de la période tardiglaciaire. C'est le phénomène d'équiplanation typique des régions crayeuses. La présence de craie en place fissurée s'observe uniquement sur des lignes de crêtes très étroites. Ici, tout comme en Picardie, on constate la présence d'un important réseau de vallons secs se raccordant à quelques vallées plus importantes mais faiblement enfoncées. La dissymétrie, présente, est cependant moins marquée.

Le climat est plus sec et plus chaud que celui de la moyenne de la région, il est à tendance plus continentale et les amplitudes thermiques sont plus accentuées. Il ne tombe plus que 600 à 700 mm d'eau, la température moyenne est d'environ 10°5, le déficit en eau de la période de végétation est ici le plus important.

Le paysage, dans la région champenoise qui nous occupe, est principalement cultural, culture betteravière et surtout céréalière. Les buttes résiduelles tertiaires sont boisées, les peuplements y sont très fortement remaniés.

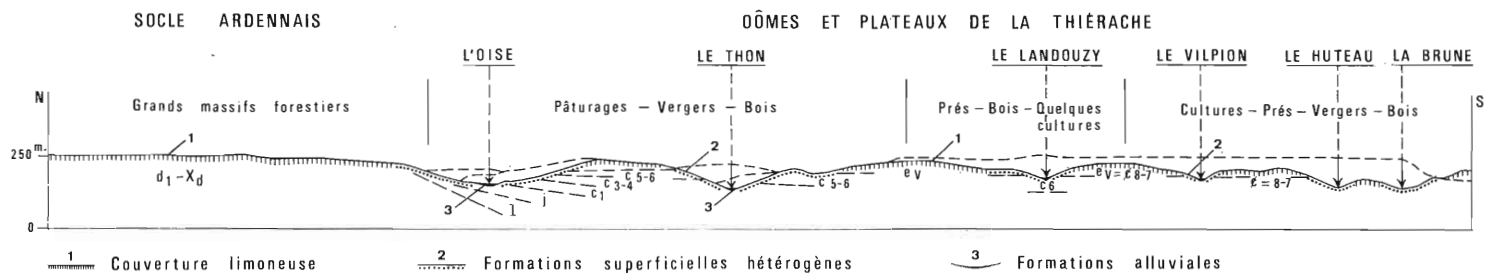
#### 1.25.5. LES PAYS DE L'ILE-DE-FRANCE

L'Ile-de-France est définie par la présence des étages de l'éocène et de l'oligocène inférieur. La masse des terrains tertiaires est formée de deux ensembles séparés par un alignement de buttes miocènes : au Nord, le calcaire grossier très disséqué, au Sud, les formations du Bartonien et Sannoisien beaucoup moins incisées.

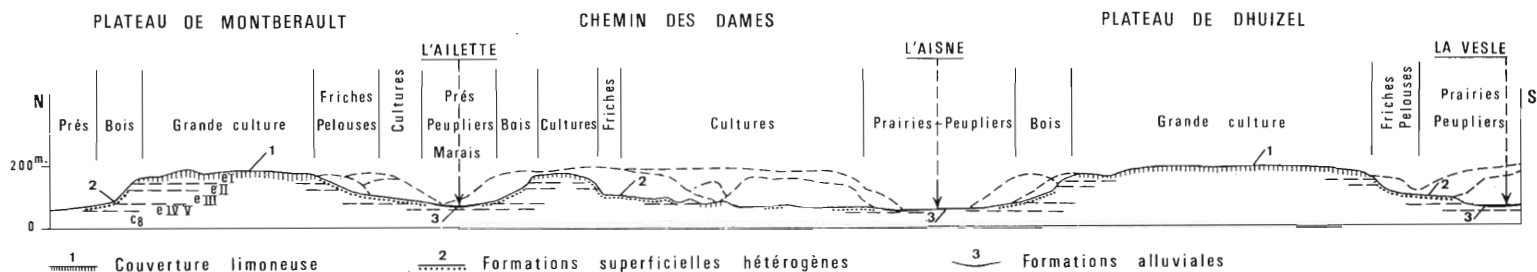
##### Falaise de l'Ile-de-France

Cette falaise constitue un versant d'érosion abrupt de la première "cuesta" de l'Ile-de-France et surmonte le grand niveau d'épandage aux abords de Leon. Cette falaise est surtout marquée à l'Est de la région étudiée, au contact de la Champagne.

### COUPE MORPHOLOGIQUE ARDENNE - THIÉRACHE



### COUPE MORPHOLOGIQUE DES PLATEAUX DU SOISSONNAIS



### COUPE MORPHOLOGIQUE DE LA HAUTE - BRIE

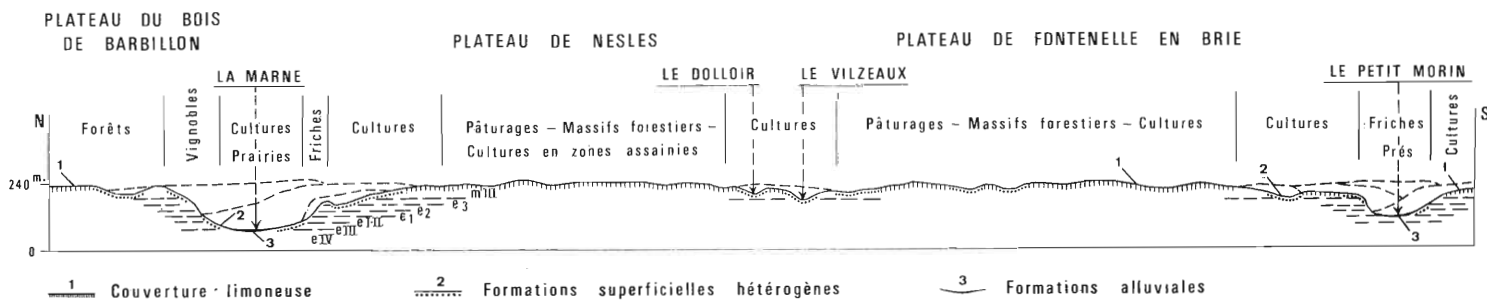


Fig. 5





### 1.25.51. LE SOISSONNAIS

La région est caractérisée par la présence des étages de l'Eocène inférieur, du Thanétien-Sparnacien au Lutétien. Quelques lambeaux de Bartonien inférieur se sont maintenus sur les parties hautes du relief. La couverture loessique recouvre les plateaux et se retrouve localement au niveau de certains replats morphologiques.

Nous sommes ici en présence d'un relief typiquement différentiel de bassin sédimentaire caractérisé par une surface structurale localisée au niveau du calcaire grossier et qui forme le grand plateau surmontant les assises de l'Eocène inférieur, à l'altitude moyenne de 200 m. Le massif tertiaire est fortement disséqué, très festonné, et est donc constitué par de larges lignes de crêtes et plateaux successifs ; les fronts d'érosion à exposition nord sont abrupts et les revers beaucoup plus adoucis. Des terrasses et replats s'observent en contre-bas des versants sud, particulièrement aux abords de l'Aisne. Le relief normal à subhorizontal sur les plateaux fait place à un relief excessif sur les pentes et à un relief concave en bas des versants. Notons la présence d'un axe anticlinal assez bien marqué et situé quelques kilomètres au nord de l'alignement des buttes miocènes.

Les vallées de l'Aisne et de l'Ailette constituent la base du réseau hydrographique de la région. Ce sont des vallées subséquentes constituant des couloirs de circulation. Un réseau de tributaires conséquents à la côte tertiaire les alimente à partir de lignes de sources situées au niveau de nappes phréatiques suspendues sur les niveaux imperméables des argiles de l'Yprésien et du Sparnacien. Deux lignes de sources bien définies se marquent nettement dans le paysage.

Le climat du Soissonnais correspond à la définition du climat moyen du Nord au Bassin de Paris, atlantique et plutôt frais (700 mm - 10°C). Notons cependant, un contraste thermique assez marqué entre les plateaux et les vallées, ces dernières étant plus chaudes en été du fait de l'ensoleillement et plus froides en hiver du fait de l'accumulation d'air froid dans les parties basses du relief. Le nombre de jours de gel est donc plus élevé.

Nous remarquons la répartition typique de l'habitat dans les vallées, ainsi que la localisation au niveau des points d'alimentation en eau : lignes de sources au pied des pentes et légèrement en contre-bas du plateau. Le paysage des plateaux est celui des grandes cultures, les pentes étant couvertes de friches et de bois, ainsi que de quelques vergers. La constitution de ces peuplements, très hétérogènes, varie essentiellement avec la nature des substrats : groupements de chêne-charme avec hêtres, érables, tilleuls ou frênes dans les faciès eutrophes et assez frais, plantations de pins noirs sur calcaire, chênaies à bouleaux acidiphiles sur sols podzoliques, pins sylvestres ou de Corse localement. Pâtures et peupleraies se retrouvent dans les fonds.

Le *Laonnois* constitue une région de transition entre deux unités naturelles, l'Ile-de-France et la Picardie. Le modelé présente notamment des buttes résiduelles et avant-buttes tertiaires de la côte d'Ile-de-France réparties sur la surface crétacée. La dénomination englobe localement la première crête de calcaire grossier du Soissonnais. Des limons d'épaisseur variable s'étendent assez largement sur les différentes formations géologiques de cette zone de contact.

#### 1.25.52. LE TARDENOIS

Le Tardenois se différencie du Soissonnais par l'apparition sur le calcaire lutétien d'assises sableuses appartenant à l'Eocène supérieur, et progressivement vers le Sud par les niveaux lourds de l'Oligocène inférieur.

En transition vers la Haute-Brie, on constate que la couverture limoneuse reposant sur les assises de l'Auversien au Nord, devient de plus en plus hydromorphe avec l'apparition en substrat des formations sannoisiennes.

Le climat y est voisin de celui enregistré en Soissonnais, peut être un peu plus humide. Le paysage passe de la grande culture aux abords du Soissonnais, à la prairie et aux bois lorsque l'hydromorphie intervient.

#### 1.25.53. LE VALOIS - L'ORXOIS

L'ouest de la région qui nous occupe se rattache au Valois, avec la petite sous-région de l'Orxois.

Le substrat y est principalement constitué par le calcaire de Saint-Ouen et les sables de Mortefontaine et Beauchamps ; les terres y sont chaudes et bien ressuyées. Aux abords de la Brie, le substrat devient le Ludien, plus argileux et gypseux, provoquant l'apparition de terres plus humides et plus froides.

Le relief y est nettement moins accusé qu'en Soissonnais, les plateaux y sont plus monolithiques, le réseau hydrographique moins étalé et moins incisé. La vallée de l'Ourcq marque sensiblement la limite est de cette région avec la Haute-Brie.

Le climat peut être considéré comme analogue à celui du Soissonnais. Le paysage est celui de la grande culture, parsemée de prairies, et est entrecoupé de bois et massifs forestiers parfois très importants.

#### 1.25.54. LA HAUTE-BRIE

La région présente la succession des assises appartenant aux étages de l'Eocène moyen et supérieur et de l'Oligocène inférieur, c'est-à-dire qu'on y rencontre successivement les formations yprésiennes, lutétiennes, bartoniennes, sannoisiennes, stampiennes recouvertes le plus souvent par des formations limoneuses. Notons une particularité au niveau de la vallée de la Marne, le Bartonien supérieur ou Ludien y présente un passage latéral avec changement de faciès : les formations gypseuses présentes au Nord-Ouest font place au travertin de Champigny au sud-est.

Les plateaux de la Haute-Brie constituent une surface d'érosion façonnée au niveau des formations sannoisiennes. Cette surface ne constitue plus une surface structurale mais un véritable niveau d'aplanissement ; en effet, un relèvement des couches très net en direction du nord-est a permis à l'érosion d'entailler successivement les différentes formations de la base de l'Oligocène. La forte rupture de pente de la falaise tertiaire sur la Champagne à l'est est un autre effet de ce relèvement des couches. Le massif tertiaire est moins fortement disséqué que dans le Soissonnais, le grand plateau présente cependant des incisions assez marquées dues à l'imposition du réseau hydrographique sur cette surface, et convergeant vers la vallée de la Marne. Remarquons que le raccordement général des pentes est assez doux, la rigidité de la structure étant moins marquée qu'en Soissonnais, ceci étant vraisemblablement dû à la nature essentiellement argileuse des substrats.

Un réseau hydrographique bien hiérarchisé dépend de la vallée de la Marne qui constitue le niveau de base de la région. Cette dernière mal calibrée, présente, à côté de zones d'étranglement, de véritables petites plaines alluviales. Plusieurs niveaux de nappes phréatiques temporaires sont présents en Haute-Brie, des nappes aquifères peuvent être d'origine géologique lorsque dues à un substrat imperméable, ou pédologique lorsqu'induites par un horizon de compacité du type fragipan.

Il y a lieu de dissocier ici le climat de la vallée du climat des plateaux. Le climat de la vallée est plus sec (650 mm) et plus chaud (10°8) que celui des plateaux, plus humide (750 mm) et plus frais (9°5). Les plateaux, très ventilés, présentent une évapo-transpiration potentielle élevée, près de 540 mm pour la période de végétation ; le déficit y est donc très accentué.

Le paysage de ce secteur est particulier. En effet, la vallée de la Marne et ses côteaux représentent un petit pays à part. Les prairies et culture localisées sur les formations alluviales font place aux vergers et à la vigne sur pentes sud, ainsi qu'aux savarres incultes et bosquets sur pentes nord. Le paysage des plateaux est herbagé et forestier. Les bois sont généralement constitués par des taillis sous fûtaie à réserve de chênes, ou des taillis assez âgés, très dégradés. Les faciès les plus frais contiennent des frênes, des aulnes, des peupliers grisards ; sur sols podzoliques, on observe de nombreuses différentielles acidiphiles. Un drainage artificiel provoque une nette amélioration de l'économie en eau des plateaux et permet ainsi à la culture de s'installer.

#### 1.26. CONCLUSIONS

L'exposé très succinct que nous venons de faire montre que le domaine d'étude retenu apparaît comme bien représentatif des conditions de milieu caractéristiques de la région tempérée d'Europe occidentale.

Les conditions climatiques, bien que présentant certaines variations entre les différentes régions naturelles, s'intègrent dans un ensemble spécifique et suffisamment individualisé.

Notre étude sera donc essentiellement valable à l'échelon du domaine d'étude, mais pourra cependant voir au moins certains de ses éléments extrapolés à des régions notablement plus étendues.



### 1.3. LES METHODES DE TRAVAIL

#### 1.31. INTRODUCTION

Les progrès récents en matière d'étude des sols dans des domaines très divers : observations macro- et micromorphologiques, techniques analytiques, données de la pédologie expérimentale, permettent actuellement d'envisager les recherches en science du sol de manière plus systématique et plus rationnelle qu'auparavant.

On conçoit beaucoup mieux l'hétérogénéité du matériau sol et les possibilités d'évolution à des échelles plus détaillées. Si un profil peut être bien différencié dans une formation superficielle, chaque horizon présente, lui également, des conditions de milieu très variables d'un point à un autre.

Les techniques de la micropédologie et de la microanalyse ouvrent des possibilités de recherches importantes, tandis que les grandes synthèses géographiques doivent permettre de mettre en évidence les facteurs d'évolution dominants.

Nous avons pensé qu'un certain nombre de principes et de définitions devaient être formulés pour bien préciser nos conceptions ainsi que les références qui seront utilisées dans l'ensemble du travail, notamment en ce qui concerne le profil pédologique, le degré de développement des sols, la systématique des sols.

Nous présenterons ensuite le fond d'observations qui a constitué l'ensemble des données de base de notre étude, ainsi que les méthodes de recherches complémentaires que nous avons été amenés à utiliser.

#### 1.32. QUELQUES PRINCIPES ET DEFINITIONS

Nous utiliserons donc au cours de ce travail des termes dont il nous paraît indispensable de reprendre brièvement les définitions.

Nous appelons *sol* la partie supérieure de la lithosphère qui évolue sous l'influence des facteurs externes, l'hydrosphère, l'atmosphère et la biosphère.

La *pédologie* est la science qui étudie la genèse de cette formation superficielle ainsi que les propriétés caractéristiques qu'elle acquiert sous l'influence de ces facteurs.

Le *profil du sol* est la succession des couches du sol en un point donné, séquence verticale issue de l'interaction des différents facteurs de la formation des sols, c'est-à-dire résultant de l'influence des agents pédogénétiques sur un matériau originel.

Ces influences et leurs interactions ont provoqué, au sein de ce matériau, une différenciation en horizons. On entend par *horizon* une couche qui se distingue par certains caractères des couches sus et sous-jacentes.

Le *profil pédologique*, issu d'un développement génétique, est constitué par l'ensemble des horizons résultant de transformations, de migrations ou de déplacements, généralement verticaux, de certains éléments constitutifs du sol.

Le *pédon*, de conception anglo-saxonne (1960), représente l'unité tridimensionnelle de sol dont les dimensions latérales sont suffisantes pour permettre l'étude des horizons en ce qui concerne leur morphologie et les relations qui existent entre eux.

Le *développement de profil* résulte de l'action des différents processus pédogénétiques sur les matériaux originels.

On considère généralement que sous climat tempéré humide les principaux processus sont constitués par la brunification, le lessivage, et la podzolisation.

La brunification est caractérisée par la formation de complexes argilo-ferriques et argilo-humiques provoquant une structuration importante en présence d'une bonne activité biologique en milieu très aéré.

Le lessivage est un processus d'entraînement mécanique de l'argile intervenant lorsque des conditions de migration sous forme colloïdale apparaissent. Nous verrons que ces conditions sont différentes selon que le milieu est modérément acide et suffisamment aéré, ou plus fortement acide et plus réducteur.

La podzolisation est caractérisée par l'action de composés organiques solubles très agressifs qui provoquent l'altération des silicates et l'entraînement en profondeur des constituants libérés.

Les matériaux soumis à l'action de ces phénomènes se différencient progressivement et s'organisent en un profil à morphologie et caractéristiques typiques, constitué de la succession de plusieurs horizons. Le développement de profil constitue donc en fait la définition génétique du profil pédologique.

Les horizons du sol peuvent se subdiviser en plusieurs grands types :

- les *horizons A* sont constitués soit par des horizons hémorganiques ou humifères, soit par des zones ayant subi une éluviation, un appauvrissement important, soit encore par des niveaux possédant ces caractéristiques d'une manière plus ou moins prononcée, mais en transition vers les horizons sous-jacents.
- les *horizons B* sont constitués par des niveaux soit qui présentent une altération du matériau par rapport aux conditions originelles, avec formation de silicates argileux en place ou libération d'oxydes de fer, ou encore les deux simultanément, soit qui sont enrichis en argile illuviale, en fer ou en humus. On y observe fréquemment la présence d'une structure bien développée, grumeleuse, polyédrique ou prismatique, différenciant nettement cet horizon des couches sus et sous-jacentes, indépendamment d'autres caractéristiques liées aux déplacements des constituants.
- les *horizons C* sont des horizons minéraux, non cohérents, analogues ou non au matériau originel présumé du sol, peu affectés par les processus pédogénétiques, et ne présentant pas les caractères distinctifs des horizons A et B.
- les *horizons R* sont constitués par des roches cohérentes ayant donné ou non naissance au matériau sus-jacent.

Ces différents types d'horizons sont subdivisés en horizons diagnostiques, caractéristiques ou de transition, selon les processus qui leur ont donné naissance. Pour cette nomenclature, nous nous permettons de renvoyer aux ouvrages de référence (U. S. D. A. - 1960 - M. Jamagne - 1967 - C. P. C. S. - 1967 - Ph. Duchaufour - 1971).

Les développements de profil des sols qui nous occupent dans ce travail sont très variés. Les différents matériaux originels auxquels nous avons affaire ont, sous l'influence des facteurs de la genèse, plus ou moins fortement évolué.

Le degré de développement atteint par chaque sol varie selon la manière dont il a été soumis à l'action des facteurs pédogénétiques et le laps de temps pendant lequel il l'a été. Certains sont très fortement développés, situés en relief sub-normal et ayant été influencé par une végétation génératrice d'humus brut ; d'autres, situés sur des pentes fortes, en relief excessif, ou ayant vu leur lessivage entravé par la présence d'un

substrat à faible profondeur, ont eu leur développement fortement freiné par ces facteurs, leur évolution est donc moins poussée. D'autres enfin, accumulés postérieurement aux déforestations intensives, sont des sols très peu évolués.

Les profils de sols que nous observons actuellement en place peuvent donc être classés selon leur degré de développement évalué d'après un ensemble de caractéristiques morphologiques et analytiques spécifiques.

La *systématique des sols* conduit à une subdivision en catégories, chacune d'entre elles faisant intervenir à son niveau un certain nombre de critères de classement.

Les catégories supérieures représentent les niveaux de la classification générale, les catégories inférieures représentent ceux des classifications régionales.

Ces catégories sont successivement, dans le système de classification français :

- les classes de sols
- les sous-classes de sols
- les groupes de sols
- les sous-groupes de sols
- les familles de sols
- les séries de sols.

On peut donc envisager deux niveaux de classification bien distincts.

Une *classification régionale*, ou des *unités inférieures*, basée sur la notion de "*série de sols*". Cette dernière répond donc à un besoin pratique de classification en vue des études détaillées de terrain et de cartographie.

Font partie d'une même série, tous les sols présentant la même succession d'horizons génétiques développés dans un matériau originel de même nature, et présentant une économie hydrique analogue. Ces unités sont donc définies par trois critères principaux : origine et nature du matériau originel, économie en eau, développement du profil.

La classification régionale prévoit ensuite une subdivision de ces séries principales en séries dérivées, variantes et phases.

Les "*familles de sols*" regroupent, au niveau immédiatement supérieur, toutes les séries de même développement de profil développées dans un matériau de même origine lithologique, et appartenant au même sous-groupe de la classification générale.

Cette *classification générale*, ou des *unités supérieures* est basée essentiellement sur le genèse des sols.

Les critères fondamentaux qui sont utilisés sont le degré d'évolution du sol, c'est-à-dire son développement de profil, le type d'altération en relation avec le climat, le type d'humification en conditions naturelles ; des caractères d'hydromorphie et d'intensité des processus interviennent ensuite pour différencier ces unités principales.

La *classification française* utilisée dans le présent travail est celle mise au point par la Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols de l'I. N. R. A. (C.P.C.S.) en 1967, nous y ferons donc référence.

Dans un but de corrélation et de caractérisation la plus complète possible, nous préciserons également, au cours de ce travail, la position des principaux sols rencontrés dans la *7e approximation de classification des sols du U. S. D. A.*. Les références sont constituées par les



données développées dans la publication du Congrès de la S. I. S. S. de Madison en 1960, ainsi que les suppléments et modifications apportés et publiés en 1963, 1964 et 1967.

Ce système est basé essentiellement sur la conception des "*horizons diagnostiques*" qui permettent la classification des différents types de profils dans une hiérarchie prévoyant des ordres, sous-ordres, grands groupes et sous-groupes de sols.

Notre méthode de travail nous a amené à caractériser toutes les unités de sols rencontrées aux niveaux les plus détaillés de la classification régionale, ce qui nous a permis de les intégrer ensuite dans les deux systèmes de classification synthétique.

### 1.33. LE FOND D'OBSERVATIONS

De nombreux travaux de cartographie ainsi qu'une caractérisation très précise d'un grand nombre d'unités de sols, taxonomiques et cartographiques, ont été réalisés dans la zone étudiée.

#### 1.33.1. CARTOGRAPHIE DES SOLS

Après nous être occupé pendant plusieurs années du Service de la Carte des Sols de l'Aisne, nous avons, en 1968, été amené à prendre la responsabilité du Service d'Etude des Sols et de la Carte Pédologique de France créé au sein de l'Institut National de la Recherche Agronomique.

Nos premières activités nous ont permis de participer au levé très détaillé d'environ 350.000 ha dans le département de l'Aisne. Les prospections de terrain y sont effectuées au 1/5.000, une synthèse et le document publié l'étant au 1/25.000.

Ensuite, la cartographie systématique des sols de France au 1/100.000 et 1/250.000 nous a amené à étudier d'autres secteurs et à effectuer de nombreuses reconnaissances pédologiques, et ce notamment dans le Nord de la France.

Ces travaux nous ont procuré la possibilité d'observer, décrire et interpréter de très nombreux profils, dont plusieurs centaines sur matériaux limoneux. Les différentes unités-sols ont donc fait l'objet d'une caractérisation morphologique et analytique la plus précise possible, leur définition a été précisée et leur extension dans le paysage délimitée.

C'est sur la base de toutes ces données que le présent travail a été réalisé, leur dépouillement systématique nous ayant permis d'élaborer un programme de recherche plus fondamentale concernant la genèse des sols développés sur les loess et limons loessiques.

La méthode de cartographie utilisée est celle exposée dans notre ouvrage "Bases et techniques d'une cartographie des sols" (Ann. Agr. Vol. hors série n° 18 - 1967).

#### 1.33.2. MORPHOLOGIE DES SOLS

L'examen morphologique, la description et l'échantillonnage des profils de sols ont été effectués selon les normes exposées dans l'ouvrage de référence indiqué ci-dessus, ainsi que suivant les directives reprises dans le travail de la Commission de Pédologie et Cartographie des Sols de l'Institut National de la Recherche Agronomique : "Classification des sols" (C.P.C.S. - I. N. R. A. - 1967).

Ceci notamment en ce qui concerne la définition des différents horizons du sol.

### 1.33.3. CARACTERISATIONS ANALYTIQUES

Les données analytiques classiques ont été obtenues au laboratoire d'analyse des terres de la Station Agronomique de l'Aisne, ainsi qu'au laboratoire d'analyses de l'I. N. R. A. à Arras.

Les échantillons ramenés au laboratoire ont été séchés à l'air, une fraction a été maintenue en agrégats pour certaines analyses physiques, une autre amenée à 2 mm pour l'ensemble des déterminations.

Les analyses suivantes ont été systématiquement effectuées sur les profils que nous présenterons ; nous ne reprendrons pas le détail de ces déterminations qui sont classiques en science du sol.

- Analyse granulométrique - Dispersion à l'hexamétaphosphate et densimétrie, méthode S. Mériaux (Laon), ou méthode de la pipette de Robinson (Arras).
- Carbone - Attaque sulfochromique à chaud, méthode C. Thorann.
- Azote - Procédé Kjeldahl.
- Calcaire total - Calcimètre Bernard.
- Densité apparente - Utilisation de cylindres calibrés enfoncés perpendiculairement au profil, ou du densitomètre à membrane.
- Densité absolue - Utilisation du picnomètre.
- Stabilité de structure - Tests log. 10 Is et log. 10 K, méthode S. Hénin et coll.
- Capacité de rétention et point de flétrissement - Méthode de détermination du pF de Richards.
- Indices d'Atterberg - (sur certains profils) - Méthode du CERAFER.
- pH - H<sub>2</sub>O : en milieu aqueux, rapport terre / 2,5 eau.  
KCl : (sur certains profils).
- Capacité d'échange cationique - Extrait à l'acétate d'ammonium neutre normal.
- Bases échangeables - Ca par précipitation, Mg par complexométrie, K et Na par photométrie de flamme.
- Fer libre - Méthode Deb.
- Fer "total" - Soluble dans HCl.
- Aluminium échangeable - Méthode KCl, C. Juste et P. Dutil.
- Aluminium libre - Méthode Ph. Duchaufour.

### 1.34. METHODES D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

Le programme de recherches que nous nous sommes fixé nous a amené à utiliser un certain nombre de techniques plus particulières que nous exposons ci-dessous.

#### 1.34.1. ECHANTILLONS SELECTIFS

Certaines zones ou matériaux particuliers, dont l'analyse très détaillée était susceptible de fournir des éléments d'interprétation importants, ont fait l'objet de manipulations plus spéciales : prélèvements très fins ou très sélectifs. Citons par exemple les revêtements argileux, les zones très appauvries ou réduites, ou par contre très oxydées, des fragments de matrice particulièrement représentatifs.

### 1.34.2. EXAMENS MICROMORPHOLOGIQUES

Cette technique relativement récente a été à la base d'assez nombreuses hypothèses que nous avons pu formuler.

L'étude des sols en lames minces permet de déceler dans le détail de nombreux caractères à l'échelle microscopique. Elle donne notamment la possibilité d'observer les différentes concentrations d'éléments argileux, de les localiser et de les classer les uns par rapport aux autres, et d'étudier l'évolution de certaines formes du fer.

La variation des assemblages de la matrice constitue également un élément très important d'interprétation pédogénétique.

La différenciation et la dynamique propre des divers horizons peuvent, de ce fait, être mieux mises en évidence.

Les échantillons, prélevés dans des boîtes métalliques du type préconisé par *W. L. Kubiena* (1953), ont été imprégnés et préparés selon la technique de *H. J. Altemüller* (1962).

La méthode de description et les termes utilisés correspondent à la terminologie de *R. Brewer* (1964), avec quelques adaptations proposées par *J. Laruelle* et utilisées par le laboratoire de l'Université de Gand (1966).

Quelques données générales et méthodologiques sont indispensables pour introduire les commentaires qui seront effectués dans les parties suivantes.

Dès ses premiers travaux, *W. L. Kubiena* proposa une classification morphologique des "assemblages élémentaires", des assemblages d'ordre plus élevé, c'est-à-dire des agrégats, et des assemblages de sols cohérents (Soil Micromorphology - Ames, 1938).

Il introduisit ensuite les principes d'une classification évolutive et génétique basée sur la subdivision des types de plasma en *-lehm* et *-erde*.

Ces notions impliquaient essentiellement :

- pour le type *lehm* : mobilité et orientation importantes, structure du type "compact fabric".
- pour le type *erde* : très faible mobilité, orientation pratiquement nulle, présence de constituants plus ou moins bien cristallisés, structure du type "spongy fabric".

Il importait donc de pouvoir reconnaître les caractéristiques actuelles appartenant respectivement au plasma du type *-lehm* ou *-erde*, et le stade atteint à partir du *-lehm* de départ. La base de ces conceptions était donc constituée par un schéma général d'évolution du plasma suivant les *conditions du pédoclimat*.

*Kubiena* introduisit ensuite la notion du "Braunlehm-Teilplasma", représentant le résultat d'une altération en place de certains composants du matériau.

Intervient enfin une extension de ces conceptions à la *classification générale des types de sols*.

Beaucoup plus récemment une nomenclature anglo-saxonne fut proposée par *R. Brewer*. Plus objective parce que moins interprétative, cette doctrine propose des unités de départ et des subdivisions en *niveaux d'organisation* successifs.

Nous ne reviendrons pas sur des définitions qui ont été très bien explicitées par *Brewer* (Fabric and Mineral Analysis of Soils - Sidney 1964) et qui concernent les notions de "fabric", "structure", classification des unités et niveaux d'organisation, "S. Matrix", "plasmic fabric", "plasmic structure", "basic structure", "elementary structure", vides, caractéristiques pédologiques : "cutanes", "glaebules", "pedotubules", "pedality".

La technique prévoit ensuite des possibilités d'interprétation à partir des éléments systématiquement et objectivement décrits.

Il est très important de tenir compte de l'ensemble des notions introduites par ces deux auteurs qui, très souvent, se complètent.

La méthode de travail que nous avons utilisée correspond à une démarche analytique, passant du plus simple au plus complexe. Les caractéristiques de la "S. Matrix" sont tout d'abord décrites, pour passer progressivement à celles des agrégats ; les différents niveaux d'assemblage et de structure sont ensuite envisagés. Les divers composants sont donc décrits par rapport à tous les autres, à la fois sur le plan de la distribution et sur celui de l'orientation.

Toutes les caractéristiques pédologiques observées font l'objet des mêmes examens.

Les interprétations interviennent ensuite, issues de l'observation des variations enregistrées pour certains *traits pédologiques*, et en fonction des relations avec les données analytiques et les observations macromorphologiques.

Le plan schématique de description d'une lame présente donc les points suivants :

*S. Matrix. Squelette* : nature - dimensions - distribution - orientation.

*Plasma* : nature - répartition - séparations - distribution - orientation.

*Assemblage plasmique*

*Structure de base* : distribution relative ou "assemblage élémentaire".

*Vides*

*Caractéristiques pédologiques. Séparations et concentrations plasmiques.*

Les descriptions systématiques sont donc basées sur la nomenclature de *Brewer*, mais une interprétation tente de rattacher l'ensemble des phénomènes observés aux différents stades d'évolution de *Kubierna*, par l'intermédiaire de la notion d'assemblage élémentaire ("Elementary fabric").

Dans le cadre d'un mémoire consacré à l'étude micromorphologique de matériaux limoneux (Gand - 1966) nous avons effectué la description systématique d'un grand nombre de lames minces. Nous ne reprendrons dans le présent travail que l'essentiel de ces données, complétées par de nombreuses observations nouvelles, et présenterons les caractéristiques micromorphologiques sous une forme plus synthétique, à l'aide de tableaux qui seront commentés.

### 1.34.3. ANALYSES DE RECHERCHES

Des déterminations analytiques complémentaires se sont naturellement avérées indispensables pour l'aspect plus fondamental de notre recherche sur l'évolution pédogénétique des formations loessiques, essentiellement de nature minéralogique et physico-chimique.

Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de Laon, au Centre National de Recherches Agronomiques, au laboratoire de l'Institut de Géologie de l'Université de Gand et aux laboratoires de pédologie et de géologie de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux.

Les déterminations suivantes ont été réalisées :

- Fractionnement de l'argile granulométrique - Les fractions retenues ont été : 0 à 0,2  $\mu$  et 0,2 à 2  $\mu$ . Méthode par centrifugation.
- Analyse chimique totale - Sur certaines fractions granulométriques, après fusion alcaline.
- Détermination des minéraux lourds - Sur des échantillons caractéristiques de niveaux stratigraphiques.
- Détermination des minéraux argileux.

Trois problèmes principaux seront évoqués lors de l'interprétation des analyses des minéraux argileux : celui de leur identification, celui de leur évolution dans le profil, et celui de leurs modifications en fonction des degrés d'évolution différents des sols.

Les échantillons ont été soumis à l'analyse aux rayons X, certains d'entre eux à l'analyse thermique différentielle, et à celle de la thermo-balance. Des analyses chimiques totales ont enfin été réalisées sur certaines fractions fines.

En ce qui concerne la diffractométrie aux rayons X, la complexité des matériaux auxquels nous avons affaire nous a obligé à utiliser quelques techniques complémentaires aux tests classiques.

Les tests de comportement sont constitués par une saturation par le magnésium, par les traitements à l'éthylène-glycol ou au glycérol, ainsi que par une saturation par le potassium. Des chauffages ont été appliqués, à 250°, 400° et 550°.

Cependant, les diffractogrammes obtenus pour ces échantillons se sont avérés parfois difficilement interprétables. Une déferrisation par la méthode *Deb* n'apportant pas d'amélioration sensible, nous avons soumis certains échantillons à un traitement au citrate de sodium de manière à faciliter les déterminations (*Tamura* - 1957).

Le tableau suivant présente succinctement les tests de comportement utilisés.

- Tests de comportement pour l'identification des minéraux argileux -

Type de Structure	Minéraux	Equidistance apparente (Å) en A	Saturation	Glycero	Saturation	Chauffage		
			Mg		K	250°	400°	550°
1/1	KAOLINITE	7	7	7	7	7	7	Destruction
2/1	ILLITE	10	10	10	10	10	10	10
	VERMICULITE	14	14	14	10	10	10	10
	SMECTITE	14	14-15	17	10	10	10	10
	INTERGRADES HYDROXY-ALUMINEUX	14	14	14*	14-12	Retour vers		10
2/1/1	CHLORITE	14	14	14	14	Intensification		Destruction

\* Ce comportement correspond à ce qu'on appelle "Vermiculite - Al", tandis qu'une équidistance de 16-18 Å traduirait plutôt une "Montmorillonite - Al".

Au cours des commentaires nous serons amenés à utiliser un certain nombre de termes se rapportant à divers types de minéraux argileux ou de formes intergrades, ainsi qu'à leur comportement.

Il paraît indispensable de les définir succinctement.

Illite : argile micacée du type 2/1 caractérisée par une réflexion basale stable à 10 Å.

Illite "ouverte" : minéral intermédiaire entre illite et vermiculite, caractérisé par une réflexion stable à 10 Å, mais qui s'étale vers des distances basales plus élevées, et qui se ferme aisément par chauffage modéré.

Smectite - (Montmorillonite) : minéral à distance basale variable entre 10 et 14 Å et gonflant jusqu'à 17 Å par traitement au glycol ou au glycerol. Il existe en réalité deux types de smectites suivant leur origine : transformation des micas ou néoformation, mais leur différenciation n'est pas toujours aisée (cf. *M. Robert* - 1972).

Vermiculite : minéral à distance basale variable entre 14 Å (traitement Mg) et 10 Å (traitement K), se fermant complètement à 10 Å par chauffage modéré.

Intergrade hydroxydo-alumineux : argile 2/1 dont la charge des feuillets est compensée par la présence de groupements hydroxy-alumineux plus ou moins polymérisés entre les feuillets. Lorsque la distance basale est invariable (14 Å), et que le minéral ne se contracte que partiellement lors de chauffages à température élevée, on parle généralement de Vermiculite - Al. A l'opposé, dans le cas où l'on remarque une légère expulsion en présence de glycerol, on dit qu'on a affaire à une Montmorillonite - Al.

Chlorite "secondaire" : minéral caractérisé par l'existence d'une couche complète d'hydroxydes d'aluminium compensant la charge des feuillets 2/1. C'est le stade extrême de l'aluminisation des argiles micacées, ce qui explique la dénomination utilisée quelquefois de Chlorite - Al.

Chlorite "primaire" : minéral hérité à distance basale invariable à 14 Å.

- Examens au microscope électronique à balayage et à la microsonde de Castaing - Ces techniques ont été utilisées essentiellement à titre expérimental.

### 1.35. CONCLUSIONS

Nous voyons donc que c'est sur une méthodologie faisant largement appel aux travaux de terrain, morphologie, typologie et cartographie des sols, que la première phase de notre travail a été élaborée, ces éléments étant soutenus par une série de déterminations analytiques classiques.

Une seconde phase a pu ensuite intervenir, sur du matériel judicieusement sélectionné, et grâce à des techniques d'investigation plus fines.

L'ensemble des méthodes utilisées dont nous venons de donner un bref inventaire nous semble particulièrement complet.

C'est grâce à la convergence des minutieuses études morphologiques de terrain, des examens micromorphologiques approfondis et des diverses techniques analytiques que nous avons été à même d'introduire les interprétations et hypothèses que nous présenterons plus loin.

\*

\*

\*

- D E U X I E M E P A R T I E -



PRESENTATION PEDOLOGIQUE DU DOMAINE D'ETUDE.





## 2.1. INTRODUCTION

C'est grâce à une cartographie pédologique détaillée dans le Nord de la France que nous avons été amené à définir avec précision les objectifs de notre étude. Nous pouvons donc considérer que la base de notre travail est essentiellement représentée par une étude de géographie des sols.

Il nous est apparu comme indispensable de présenter en un premier temps les principales caractéristiques du *domaine pédologique* étudié.

Nous avons mis en évidence dans la première partie les particularités essentielles des différentes régions naturelles composant ce domaine. Chacune d'entre elles présente un "régime pédologique régional" constitué par l'ensemble des facteurs pédogénétiques spécifiques à la région. Nous allons nous efforcer, dans cette deuxième partie, de les préciser.

Un premier chapitre traitera tout d'abord des facteurs pédogénétiques intervenant dans la genèse des sols observés.

La chapitre suivant comportera la description des différents types de sols par région naturelle, leur répartition dans le paysage étant précisée par des schémas illustrant des toposéquences caractéristiques, ainsi que par des extraits de cartes pédologiques.

Nous mettrons naturellement l'accent sur les sols développés sur matériaux limoneux, dont l'étude constitue l'aspect fondamental de notre travail. Les caractéristiques essentielles des autres types de sols rencontrés dans la région seront mentionnées, avec possibilités de références complémentaires dans les notices explicatives des cartes de sols de l'Aisne et de l'Oise.

Nous terminerons cette deuxième partie par la présentation d'une esquisse de répartition des associations de sols sur limons loessiques de la région étudiée, ainsi que par quelques conclusions générales sur la genèse des sols développés sur **formations** limoneuses, et qui précisent les principaux problèmes pour lesquels une étude doit être développée.



## 2.2. LES FACTEURS DE LA GENESE

Les différents agents de la pédogenèse qui sont à l'origine des sols observés sont présentés et commentés ci-dessous, de manière à en permettre l'interprétation.

### 2.2.1. LES MATERIAUX ORIGINELS

Bien que l'objet essentiel du présent travail soit l'étude des formations limoneuses, l'importance prise par l'influence des différents matériaux représentés dans la région pour la pédogenèse justifie un exposé suffisamment détaillé.

Nous avons vu plus haut qu'un grand nombre de formations géologiques se présentent dans le domaine étudié sous des faciès très variés. Elles ont donné naissance aux différents matériaux originels au sein desquels les sols de la région se sont développés. Ces matériaux présentent des granulométries et des caractéristiques très variables.

#### 2.2.1.1. PRODUITS D'ALTERATION DE ROCHES PALEOZOIQUES

##### - Formations schisto-gréseuses

Elles sont constituées par les assises du Revinien et du Coblencien. L'aspect de ces formations est assez caractéristique : alternance de bancs schisteux assez fins, métamorphiques, et de bancs un peu plus épais de quartzites, faisant localement place à des zones exclusivement schisteuses.

L'altération physique a provoqué l'apparition de fragments de grès parfois très importants englobés dans une masse de débris schisteux de dimensions beaucoup plus petites et présentant un degré d'altération variable. L'argile schistoïde empâte, dans les stades les plus avancés, des morceaux de grès et quartzites pouvant s'effriter en matériaux de granulométrie assez sableuse.

La texture d'ensemble des produits d'altération est donc à dominance limoneuse ou limono-sableuse, l'importance prise par la fraction quartzite amenant un pourcentage variable de sable.

##### - Formations essentiellement schisteuses

Elles sont principalement formées par les assises de Mondrepuis et les schistes psammitiques du Famennien.

L'altération des assises schisteuses fournit généralement des produits argilo-limoneux assez mal structurés et à forte charge en fins débris lamellaires.

Les schistes de Mondrepuis, de teinte rougeâtre, s'altèrent relativement rapidement et fournissent une argile **schistoïde** brun rougeâtre généralement assez bariolée.

Le Famennien se présente sous un faciès fortement schisteux contenant localement des bancs très peu épais de psammite vert-gris. S'altérant en une argile jaune-verdâtre, les zones schisteuses entourent des poches argilo-sableuses très micacées provenant de la désagrégation des psammites.

Voici ci-dessous, figure 6, un diagramme triangulaire donnant la composition granulométrique de ces formations.

#### 2.2.1.2. FORMATIONS SECONDAIRES ET LEURS PRODUITS D'ALTERATION

Les produits d'altération de ces formations sont très variés :

- Les calcaires jurassiques fournissent des matériaux argilo-limoneux assez lourds, de couleur brun foncé, et généralement bien structurés. Leur perméabilité est toujours excellente.

- Les sables et argiles glauconieuses de l'Albien affleurent en de très rares endroits et ne semblent pas avoir subi de développements pédogénétiques subactuels très marqués, hormis une certaine brunification. Nous verrons plus loin que ces dépôts paraissent avoir évolué sous des climats plus anciens. Leur couleur varie du vert-brun pour les matériaux glauconieux à l'ocre-rouge pour les zones rubéfiées.

- Les marnes et craies marneuses fournissent par décarbonatation progressive des dépôts argileux lourds généralement mal structurés, la présence de bandes plus calcarifères confère à ces formations une assez grande hétérogénéité. La teneur en sable y est le plus souvent particulièrement faible.

- L'altération de la craie sénonienne est liée à la présence des formations à silex d'une part, et d'autre part aux phénomènes intenses d'évolution sous climat périglaciaire.

Il semble qu'une trop grande importance ait été donnée jusqu'à présent dans la région à l'argile à silex. On observe le plus souvent une simple frange d'altération au contact de la masse crayeuse, les silex éventuellement présents étant entiers et ne semblant pas avoir subi de transport important ; la texture est lourde à très lourde (C. Mathieu - 1971).

La majorité des formations à silex se présentant en masses importantes est constituée par des produits de déplacements, fortement enrichis en fractions limoneuses et sableuses, et contenant de nombreux silex brisés, il s'agit donc de "biefs" que nous décrivons plus loin (2.21.5.).

Sur les grandes étendues champenoises, les produits d'altération de la craie sont des résidus de fragmentation dus à l'action du gel ; les festons de cryoturbation et les traces d'involution y sont nombreuses. Sur les pentes, les phénomènes de solifluxion ont entraîné les matériaux, les déplaçant sous forme de grève crayeuse et les accumulant dans les parties basses. La craie est fréquemment subdivisée à un tel point que les produits résiduels présentent une granulométrie très fine, la quantité de calcaire colloïdal étant très importante.

Rares sont cependant les sols développés directement au sein de ce type de matériau, des remaniements superficiels ayant pratiquement toujours amené une influence très importante de produits allochtones.

La figure 6 présente la composition granulométrique moyenne de ces dépôts.

### 2.21.3. FORMATIONS TERTIAIRES ET LEURS PRODUITS D'ALTERATION

#### - Sables et grès

Ces dépôts sont très variables quant à leur granulométrie, leur composition minérale, notamment teneur en fer, en micas, en glauconie.

Beaucoup d'entre eux, faisant partie de la base de l'Eocène, sont très filtrants et très pauvres et subissent une évolution pédologique rapide.

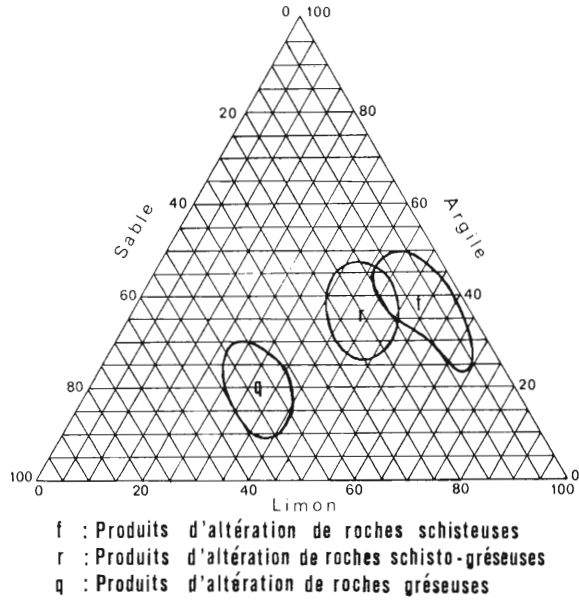
Remarquons la présence de sables limoneux sur des superficies assez grandes. Ils sont issus d'une influence loessique sur les dépôts sableux tertiaires.

#### - Sédiments argilo-sableux et argileux

Ces formations, qui appartiennent principalement aux faciès régressifs et continentaux de l'Eocène, ainsi qu'aux assises très lourdes de l'Oligocène inférieur, ont une granulométrie assez variable, la teneur en argile y étant cependant toujours élevée, variant entre 35 et 75 %.

Elles peuvent contenir localement des dépôts organiques ligniteux comme les assises sparnaciennes et certains niveaux du Lutétien supérieur. La teneur en carbonate est variable, parfois très importante, comme pour les argiles calcarifères, marneuses, du Bartonien supérieur qui, d'autre part, peuvent présenter localement des quantités de gypse assez élevées.

### Formations primaires- Produits d'altération



### Formations secondaires – Produits d'altération

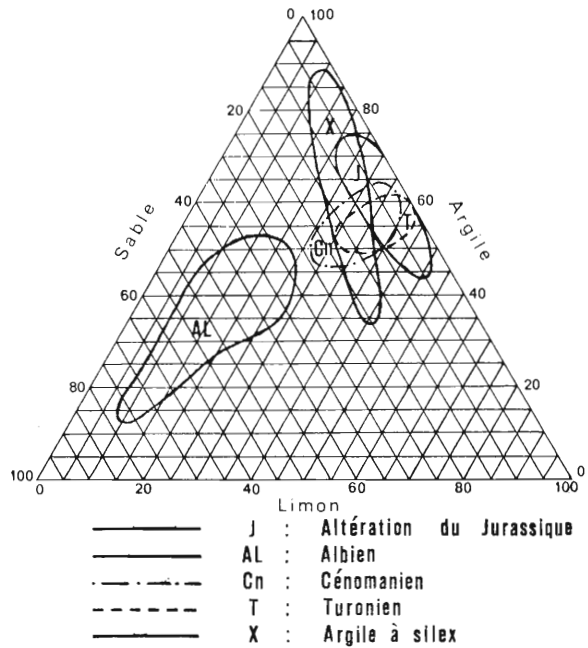


Fig. 6



L'Oligocène est caractérisé par les argiles vertes et les argiles à meulière sannoisiennes qui contiennent une charge parfois très importante en débris de meulière.

Des sédiments de texture sablo-argileuse s'observent localement en place, mais sont peu fréquents ; ils représentent des zones de transition entre formations sableuses et argileuses.

#### - Produits d'altération des calcaires

Les dépôts issus de l'altération des formations calcaires peuvent présenter des aspects très différents.

Le calcaire grossier du Lutétien inférieur ne s'altère jamais très profondément, les produits issus de sa désagrégation superficielle sont le plus souvent des sables calcarifères ou des limons sableux très riches en calcaire.

Les calcaires tendres et marneux du Lutétien supérieur et du Marinésien (Saint-Ouen) donnent naissance à des matériaux limono-calcaires très riches en calcaire et qui, par décarbonatation progressive et évolution, se transforment en une argile brun foncé, très bien structurée.

Les argiles d'altération du Travertin de Champigny (Ludien), brun foncé, présentent des teneurs en argile très élevées qui peuvent atteindre 85 % et qui ont cependant, du fait d'une structure toujours très favorable, une bonne perméabilité.

Le graphique de la figure 7 rend compte de la granulométrie de ces formations.

#### 2.21.4. LOESS ET LIMONS LOESSIQUES

La couverture loessique a fortement influencé la majorité des formations superficielles actuellement observables dans la région.

Le manteau de loess est très important dans la plupart des régions naturelles, et son influence est manifeste dans presque tous les produits de solifluxion, de remaniement et d'épandage répartis sur l'ensemble du relief.

Ce vaste recouvrement est sensiblement hétérogène quant à sa nature, son âge, son degré d'évolution. Certains limons paraissent être des limons assez récents, du Pléistocène tout à fait supérieur, c'est-à-dire Würm III. D'autres couvertures apparaissent comme étant beaucoup plus hétérogènes, et, pour certaines d'entre elles, d'âge nettement plus ancien.

En ce qui concerne les dépôts les plus récents, la teneur en argile des loess calcaires oscille aux alentours de 14/17 % ; la teneur en  $\text{CaCO}_3$  étant de 14 % environ, les limons d'altération possédant 20 à 22 % d'argile.

Le Sud de la région étudiée possède des limons qui peuvent être considérés comme plus anciens : base du cycle du loess récent, ou même cycle du loess ancien. Totalement décarbonatés, ils présentent une altération plus poussée, les horizons d'altération ont une teneur en argile comprise entre 22 et 26 %.

Les limons supérieurs peuvent recouvrir des formations limoneuses où une évolution différente, plus ancienne, semble être intervenue, caractérisée par des teintes plus rougeâtres assez typiques. Ces matériaux seraient datés du Riss ou même Mindel localement.

La partie nord/nord-est est encore plus complexe. On y note en effet très fréquemment la présence d'une couverture limoneuse homogène très récente, peu épaisse, de l'ordre de 60 cm à 1 m, et qui semble très peu évoluée. Ce recouvrement serait issu de phénomènes d'érosion et de remaniements locaux. La teneur en argile y varie de 18 à 25/27 %, aucun aspect de



"lehm" typique n'y est décelable. On trouve, sous cette couverture, un limon plus ancien fortement évolué, reposant fréquemment lui-même sur des formations limoneuses portant la trace de l'influence de climats plus chauds.

On peut fréquemment observer au contact entre le recouvrement récent et les limons plus anciens des phénomènes très nets liés aux conditions périglaciaires : involution, cryoturbation, présence de petits blocs gelés repris dans une pâte limoneuse solifluée.

En Thiérache, la couverture superficielle peut d'autre part reposer localement sur des sols anciens développés dans des matériaux secondaires glauconieux fortement altérés. Des phénomènes analogues à ceux décrits plus haut existent là également, notamment des fentes de gel remplies de limon très récent.

En limite nord-est de l'Ile-de-France apparaissent des sables limoneux de couverture reposant soit sur un dépôt limoneux plus pur, soit directement sur la craie.

Nous n'avons mentionné ici que des caractéristiques très générales de ces formations, dont l'étude détaillée fait l'objet de la troisième partie de ce travail.

La figure 7 fournit une esquisse de la distribution granulométrique des principales formations limoneuses de la région étudiée.

L'extension des dépôts sableux de Sissonne y est également représentée.

#### 2.21.5. DEPOTS DE SOLIFLUXION - LIMONS HETEROGENES

Ces formations résultent du déplacement et du dépôt de matériaux d'origine loessique en mélange avec des éléments en provenance des substrats sous-jacents ou avoisinants. Les éléments en provenance des substrats sont constitués soit par de la terre fine, soit par des éléments grossiers issus d'une altération physique ou chimique plus ou moins poussée de sédiments cohérents.

Ces dépôts de solifluxion constituent une partie assez importante des couches superficielles de la région, leur épaisseur est variable et le plus souvent inversement proportionnelle à l'intensité de la charge en éléments grossiers : de quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres localement.

La granulométrie de ces formations présente généralement une teneur importante en limon, la texture en est limoneuse, limono-argileuse ou limono-sableuse, suivant la nature de la charge.

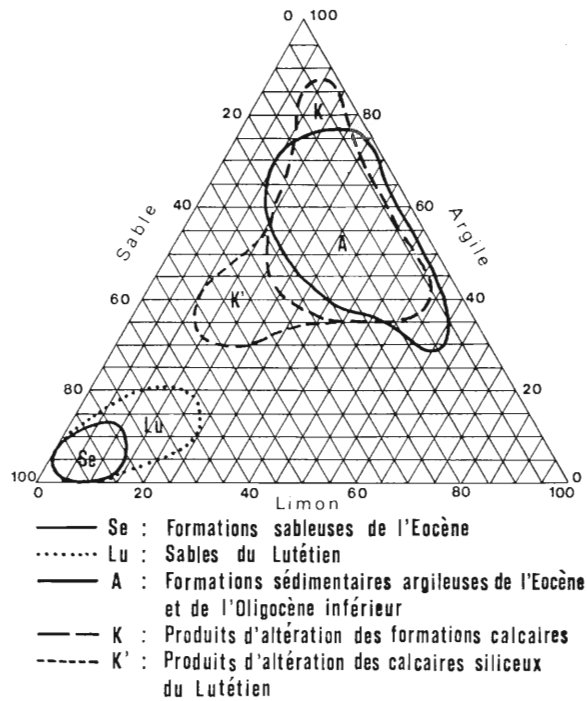
##### - Dépôts de solifluxion à charge schisteuse

Une charge constituée de petits fragments de schistes plus ou moins altérés fournissent des produits d'altération qui augmentent la teneur en argile du matériau, la texture est donc le plus souvent un limon argileux très lourd, quelquefois même une argile limoneuse.

##### - Dépôts de solifluxion à charge gréseuse

Formations très souvent limono-sableuses lorsqu'il s'agit de grès tertiaires, elles sont généralement limoneuses lorsqu'on a affaire à des charges gréso-schisteuses d'origine primaire. La teneur en sable du dépôt dépend essentiellement du degré d'altération et de la nature de la roche gréseuse.

## Formations tertiaires et produits d'altération



## Lœss-Limons sableux - Sables de recouvrement

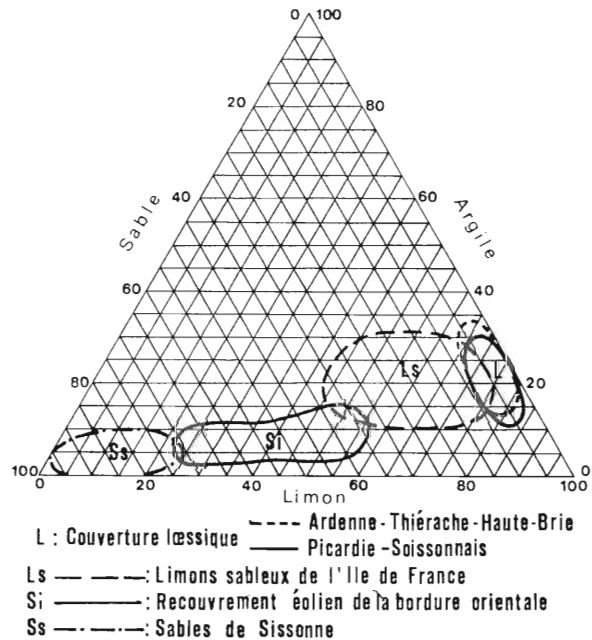


Fig. 7



- Dépôts de solifluxion à charge de silex

Les biefs à silex, résidus de remaniements par solifluxion des formations d'argile à silex et de limons loessiques sont de texture limoneuse à argilo-limoneuse.

- Dépôts de solifluxion à charge crayeuse

Les dépôts crayeux s'altèrent très aisément sous l'influence des variations climatiques, particulièrement de température, sous l'action du gel notamment. Ce sont en effet les phénomènes de gélifraction et cryoturbation intenses qui sont à l'origine du fractionnement très important et de la très forte proportion de calcaire fin présente dans les matériaux de solifluxion situés sur craie. La fraction non calcaire constitue dans la majorité des cas un limon assez sableux, quelquefois un sable limoneux dont l'origine est à chercher parmi les sédiments nivéo-éoliens du Pléistocène supérieur.

- Dépôts de solifluxion à charge calcareuse

Les matériaux envisagés ici présentent, en plus de l'influence loessique importante, des éléments provenant de substrats calcaires tertiaires.

Les calcaires durs, assez siliceux, du Lutétien inférieur et moyen fournissent des charges en fragments cohérents et peu altérés. La texture des dépôts soliflués qu'ils ont influencé est limoneuse à limono-sableuse.

Les calcaires tendres et marneux du Lutétien supérieur et du Bartonien fournissent une charge généralement plus faible en éléments grossiers, mais l'altération beaucoup plus aisée de ces faciès est à l'origine de produits de dissolution très lourds augmentant fortement la teneur en argile des couches de solifluxion.

- Dépôts de solifluxion à charge de meulière

Ces matériaux portent la marque des formations sannoisiennes, c'est-à-dire une quantité d'argile assez importante. La teneur en fragments de meulière est très variable, mais on constate fréquemment la présence d'un véritable cailloutis de base au contact du substrat sous-jacent. La granulométrie de ces dépôts de solifluxion est donc riche en éléments fins limono-argileux à argilo-limoneux.

#### 2.21.6. PRODUITS DE REMANIEMENTS ANCIENS

Les matériaux que nous considérons ici sont issus de l'action de phénomènes d'érosion liés aux climats périglaciaires, ainsi qu'à ceux de l'érosion normale qui leur ont succédé.

Nous avons adopté la dénomination de remaniements anciens par opposition aux formations colluviales récentes, dont le développement de profil de sol est toujours peu évolué par définition.

L'influence limoneuse est beaucoup moins importante que dans les matériaux que nous avons envisagé plus haut, la texture est le plus souvent sableuse, sablo-argileuse, ou argilo-sableuse. Ils présentent assez souvent une charge en éléments grossiers, mais la règle n'est pas générale et un grand nombre d'entre eux sont constitués essentiellement de terres fines.

On les observe principalement en Ile-de-France où le relief est très marqué sur les fronts abrupts, mais plus adouci sur les revers des plateaux très fortement incisés par le réseau hydrographique. Ils sont là issus du démantèlement et de l'érosion des formations calcaires, sableuses et argileuses de l'Eocène.

Leur épaisseur est variable selon la position topographique ; sur pentes moyennes ces produits reposent en général à faible profondeur sur un substrat géologique en place, ils peuvent atteindre plusieurs mètres en contrebas de pentes fortes, là où elles s'adoucissent, ou encore au niveau de certains piedmonts.

Il est intéressant de noter ici la superposition locale de produits de remaniements anciens sur des limons hétérogènes, au pied de pentes assez fortes. Cet aspect particulier observé en Ile-de-France est vraisemblablement dû à l'action d'une érosion intense tardiglaciaire ou postglaciaire.

Le graphique triangulaire de la figure 8 donne la répartition granulométrique des principaux dépôts de solifluxion et de remaniements anciens.

#### 2.21.7. COLLUVIONS ET ALLUVIONS RECENTES

Ces formations d'âge récent sont d'origine et de nature très variables.

Dans la partie septentrionale de la région étudiée, là où la couverture limoneuse est pratiquement constante, les matériaux colluvionnés et alluvionnés sont principalement de texture limoneuse, quelquefois argilo-limoneuse.

Ces formations sont typiquement d'apport très récent, la déforestation ayant permis aux phénomènes d'érosion d'entraîner une grande partie des couches superficielles.

Un aspect très caractéristique du contact Ardenne / Thiérache est l'importance de plus en plus grande prise par le réseau colluvial, en superficie et en épaisseur, au fur et à mesure que l'on s'éloigne des grands massifs forestiers, c'est-à-dire là où la déforestation est de plus en plus ancienne (carte des sols de l'Aisne - Hirson 5-6 - Hirson 1-2 - Vervins 3-4 - 1964-1969).

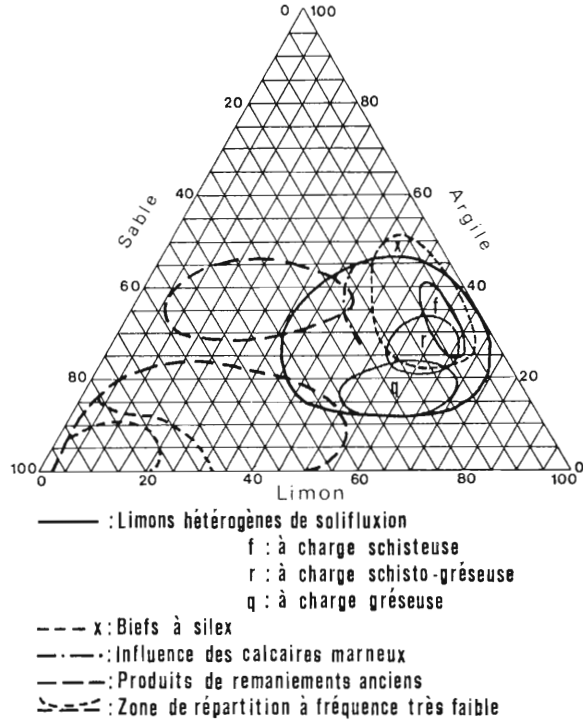
La Picardie présente également un réseau très important de vallons et vallées principales colmatés par des produits limoneux. Sous cette couche récente reposent, dans les grands axes hydrographiques, des sédiments graveleux datant du Pléistocène supérieur et dont l'apport est vraisemblablement contemporain des dernières glaciations.

La région champenoise est caractérisée par des produits d'apport de texture limono-sableuse calcarifère reposant sur des grèves crayeuses ou formations graveleuses plus anciennes.

Les pays de l'Ile-de-France présentent des caractères tout particuliers.

Les vallées très incisées du Soissonnais sont tapissées par des formations principalement issues de l'érosion et de l'accumulation de matériaux en provenance des assises tertiaires. Les sables, sables argileux et argiles sableuses sont les textures les plus largement représentées. Les grandes dépressions présentent des dépôts de texture plus variée, la teneur en limon et en calcaire y est souvent plus élevée. Aux abords de la bordure champenoise, les alluvions récentes sont notamment fortement influencées par la proximité des assises crayeuses et les matériaux observés sont très calcarifères, limoneux lourds ou argilo-limoneux. Remarquons que des niveaux de terrasses supportent des produits alluviaux plus anciens.

## Produits de solifluxion et de remaniements anciens



## Formations alluviales et colluviales

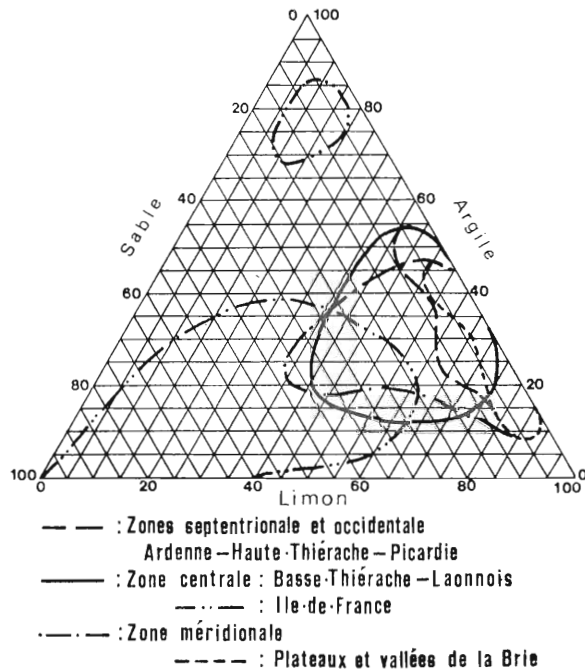


Fig. 8



Toute la vallée de l'Aisne est caractérisée par la présence de formations graveleuses, souvent calcaires, contenant des témoins jurassiques, crétaciques et tertiaires, réparties en manteaux très épais sous les formations d'apport récent. L'origine en est d'âge glaciaire et tardiglaciaire, des produits d'altération mécanique de la craie y sont fortement représentés. Les niveaux les plus homogènes et suffisamment siliceux font l'objet de nombreuses exploitations.

Sur les plateaux, nous observons la présence de petits colluvium assez diffus se terminant soit par un léger étalement au niveau de la rupture de pente sur le calcaire grossier, soit se raccordant à la naissance des incisions marquées de la côte Eocène.

Les formations alluviales et colluviales du Valois, du Tardenois et de la Haute-Brie sont de texture essentiellement limoneuse, liées à l'importance de la couverture loessique de toute la région.

Le réseau très lâche et généralement d'assez faible épaisseur que nous observons sur les plateaux se regroupe fréquemment aux raccordements très doux des pentes vers les versants sur lesquels des colluvium plus étroits mais assez profonds localisent les principaux talwegs. Au pied des pentes se fait le raccord très progressif et toujours évasé avec les formations alluviales.

Les alluvions de la Marne présentent quelques variations texturales liées à leur position par rapport au lit majeur de la rivière. En bordure, nous observons une frange de limon moyen faisant place plus à l'extérieur à des formations plus lourdes. Beaucoup de ces matériaux sont très riches en calcaire fin.

Tout comme pour la vallée de l'Aisne, nous observons ici également des formations alluviales graveleuses plus anciennes et présentes en profondeur sur pratiquement toute la superficie de la vallée.

Le graphique de la figure 8 donne la répartition granulométrique des formations alluviales et colluviales de la région étudiée.

#### 2.21.8. MATERIAUX ORGANIQUES

Des matériaux organiques se sont accumulés dans certaines zones à engorgement permanent, et y constituent des *tourbières*. D'autre part, la submersion temporaire de ces formations peut avoir donné naissance à des dépôts où une fraction minérale d'importance variable se présente.

Les matériaux originels organiques sont classés selon les teneurs respectives en éléments organiques et minéraux.

Le degré de décomposition de la matière organique, caractérisé par certains critères morphologiques tels que structure et couleur, ainsi que le degré de saturation, sont à l'origine de la classification de ces formations.

- Nous observons des types de tourbes variables :
- brunes, fibreuses, très peu évoluées, du type "peat", correspondant aux "Fibrists" de la classification américaine (U. S. D. A. - 1964).
  - noires, mieux structurées, plus minéralisées, du type "muck", correspondant aux "Saprists".
  - des formations intermédiaires, correspondant aux "Hemists".

Les tourbières acides à matériaux fibreux s'observent essentiellement au pied de la falaise d'Île-de-France limitant vers le nord les formations de l'Eocène inférieur, ainsi que dans les talwegs des petites rivières ardennaises.

Les tourbières eutrophes ou alcalines, mieux structurées présentent une grande extension au nord-ouest de Laon, ainsi que dans les vallées champenoises. On en observe également dans la vallée de l'Oise. De petites tourbières eutrophes se répartissent dans le réseau hydrographique de l'ensemble de la zone étudiée.



Remarquons que l'on observe fréquemment une interstratification de matériaux d'altération variable dans beaucoup de ces formations organiques.

## 2.22. LES INFLUENCES CLIMATIQUES

Les caractéristiques climatiques que nous avons exposé en première partie conditionnent naturellement le développement actuel ou récent des formations superficielles.

Il est cependant évident que les climats successifs qui ont régné depuis le Pliocène et durant tout le Quaternaire ont eu une influence très importante sur les propriétés et les caractéristiques de beaucoup de sols que nous observons maintenant. L'estimation de la part qui revient à ces influences anciennes dans le développement des sols actuels est un des principaux problèmes que le pédologue est amené à étudier.

De nombreux paléosols très anciens, actuellement enfouis sous des dépôts plus récents, sont développés dans les formations secondaires et tertiaires du Bassin de Paris. Le développement qui caractérise des sédiments sableux du Tertiaire : Yprésien, Lutétien ou Sparnacien, est celui de sols ferrugineux, rubéfiés, à dominance de kaolinite dans la fraction fine, et à Bt argillique bien différencié. Ils constitueraient des "paléo-ultisols", vraisemblablement issus de l'influence de climats liés à la fin tertiaire, du type subtropical par exemple.

Une reconstitution paléogéographique réalisée à partir de ces vestiges devrait permettre de définir un modelé fin tertiaire qui aurait été affecté par ces phénomènes d'évolution sous climat chaud.

Les fluctuations climatiques du Quaternaire se marquent dans beaucoup de matériaux de couverture de la région étudiée, et tout particulièrement sur les loess, les formations calcaires et les dépôts graveleux alluviaux des principales vallées. Les caractères typiques des périodes glaciaires sont représentées par les phénomènes de gélifraction, de cryoturbation, d'involution, affectant plus ou moins profondément les sédiments selon leur sensibilité au gel et leur composition (J. Tricart - 1952). Ils sont particulièrement spectaculaires sur les craies très gélives du Sénonien, ainsi que sur les calcaires tertiaires.

Ces périodes ont vu d'autre part le dépôt de nombreux sédiments éoliens essentiellement loessiques, sous des épaisseurs variables, souvent très importantes.

Les conditions péri- et tardiglaciaires ont provoqué à différentes époques des remaniements et des redistributions importants par solifluxion. Indépendamment de leur action sur les matériaux proprement dits, ils ont profondément marqué l'évolution du modelé.

Les périodes interglaciaires ont permis à des climats plus humides et plus chauds d'agir sur les matériaux situés en surface à l'époque ; de nombreux phénomènes d'hydromorphie et de rubéfaction partielle leur sont dus.

Les différents types de climat qui se sont succédés dans le nord de la France au cours des derniers millénaires ont donc fortement influencé l'évolution des matériaux de couverture et des sols à la fois sur le plan mécanique et sur le plan physico-chimique. Une altération mécanique intense a pu faciliter l'évolution géochimique de certains sédiments, les conditions physico-chimique des milieux d'altération liées à certains climats ont pu orienter la dynamique de certains constituants du sol comme le fer et les minéraux argileux.

## 2.23. LA COUVERTURE VEGETALE

Les différentes couvertures végétales interviennent dans la formation et l'évolution des sols suivants des processus différents et avec plus ou moins d'intensité.

Leur influence s'exerce principalement par l'action des divers types d'enracinement, ainsi que par l'apport de fanes de composition très variée qui définissent en grande partie la composition des humus.

La nature des divers types de végétation naturelle est à la base de la différenciation des types d'humus. Passant du mull calcique très fortement saturé de la végétation eutrophe sur sols calcaires, par le mull de la chênaie à charmes sur sols bruns plus ou moins lessivés, nous observons les humus plus bruts du type moder des sols dégradés ou podzoliques, et ceux, complètement désaturés, du type mor des podzols humo-ferriques sous peuplement acidiphile.

Une modification dans la colonisation végétale, soit progressive, soit brutale, peut influencer fortement l'évolution des sols. Une désaturation continue peut notamment provoquer l'apparition de conditions modifiant profondément l'activité biologique et les transformations au sein des horizons de surface, en liaison étroite avec la dynamique du fer et l'évolution des argiles. Une intervention anthropique peut d'autre part amener une variation dans l'orientation de l'évolution de certains sols, comme nous le verrons plus loin.

L'action antiérosive des formations forestières est très importante, la comparaison entre la morphologie de secteurs déforestés à des dates différentes, et analogues sous tous les autres aspects, est très significative, le pourcentage de sols tronqués et l'importance du réseau d'apport étant nettement plus élevés dans les sols déboisés depuis très longtemps.

L'examen et l'analyse de la végétation font l'objet en pédologie d'une attention toute particulière. En effet, l'étude des corrélations sol / végétation est d'une part une source de renseignements très utile à l'interprétation et la définition de la genèse des sols, d'autre part un outil indispensable en cartographie des sols, permettant des extrapolations aisées et le tracé de limites précises avec un maximum de rapidité sur le terrain.

## 2.24. LE MODELE

L'influence du modelé sur la formation des sols est principalement représentée par l'action des divers facteurs de l'érosion sur l'ensemble des matériaux de couverture, ainsi que par la répartition au niveau du sol des eaux de précipitations.

Nous verrons, dans le paragraphe suivant, les caractéristiques de l'état de drainage directement dépendant du modelé : le drainage externe.

Les différentes unités paysagiques sont généralement liées à la présence d'ensembles de sols bien particuliers dans la formation desquels la topographie a joué un grand rôle.

La partie Nord du Bassin de Paris présente un relief typiquement différentiel de bassin sédimentaire, nous avons vu que chaque région naturelle offrait ses particularités.

De nombreuses caractéristiques des sols sont en relation directe avec leur position topographique : degré de développement, économie en eau, degré d'érosion, possibilité d'utilisation. La pente du terrain est de ce fait un facteur très important intervenant dans la définition d'un sol.

On peut définir pour une région déterminée un *type de relief* correspondant à la formation et l'évolution des sols observés.

La Picardie et les plateaux Soissonnais présentent un relief "normal". Ce relief est défini par une région à paysage largement ondulé, à pentes faibles à modérées, la majorité des précipitations y percole, le ruissellement étant faible à moyen. L'érosion y est modérée, l'altération en place des matériaux moyenne, les types de sols observés y présentent un développement normal vis-à-vis de conditions climatiques générales.

Un relief "subnormal" est par exemple celui des grands plateaux de Haute-Brie. Le paysage est celui d'une région de plateaux ou de plaines à pentes très faibles à faibles, les précipitations y sont toutes amenées à s'infiltrer dans le sol, le ruissellement y étant particulièrement réduit souvent très diffus. L'érosion est pratiquement nulle, l'altération en place importante, les sols observés y sont généralement très fortement développés.

Un relief "excessif" est celui de régions ou de zones accidentées, où les pentes sont très importantes, fortes à très fortes, et où les précipitations sont partagées en une faible quantité amenée à percoler dans le sol et une grande partie éliminée par un ruissellement ou un drainage oblique très prononcé. L'érosion y est donc très forte, l'altération des matériaux assez peu importante, les sols présentent pour la plupart un développement peu accentué. Nous notons par exemple, les versants très incisés du socle ardennais ainsi que les pentes des falaises d'Ile-de-France.

On peut qualifier de relief "juvénile" certaines incisions caractéristiques des premiers stades d'érosion, têtes de vallons par exemple.

Un relief "concave" est celui des paysages de régions basses où s'accumulent les eaux de ruissellement. De plus, toutes les eaux de précipitations y sont amenées à s'infiltrer. L'accumulation de matériaux d'apport y est souvent importante, le développement des sols observés y est généralement sous la dépendance des phénomènes liés à l'excès d'eau. Les grandes dépressions au pied de la falaise d'Ile-de-France sont caractéristiques de ce type de modelé.

La topographie d'un relief "plan" est constitué par de grandes surfaces horizontales ou subhorizontales, à pentes pratiquement nulles. Toutes les eaux de précipitations s'infiltreront, sans qu'il y ait cependant accumulation importante d'eaux de ruissellement. Les sols y sont généralement d'apport assez anciens. Notons dans la zone qui nous occupe les fonds alluviaux des grandes vallées, comme celles de la Marne et de l'Aisne.

## 2.25. L'ECONOMIE EN EAU

L'économie en eau de chaque sol est définie d'une part par la réserve qu'il est susceptible d'accumuler, d'autre part par les possibilités d'évacuation de l'eau, soit par ruissellement, soit par infiltration et percolation, soit par évapo-transpiration. Cette économie en eau est donc sous la dépendance de nombreux facteurs dont les plus importants sont le climat, le relief et la perméabilité.

Le climat influence l'économie hydrique d'une part par son régime pluviométrique, d'autre part par les phénomènes d'évapo-transpiration.

Le relief influence l'état de drainage du sol parce qu'il détermine, pour des conditions bien définies de climat et de matériaux, les quantités d'eau qui s'infiltrent ou qui s'écoulent superficiellement.

- le *drainage externe*, ou écoulement superficiel, dépend directement du modelé. Il varie donc avec les différents types de relief que nous avons décrit.

- le *drainage interne* dépend principalement de la *perméabilité* du matériau, de la position de la *nappe phréatique* ainsi que de la présence éventuelle d'un *substrat imperméable* en profondeur.

- La *perméabilité* est elle-même conditionnée par la texture et la structure du sol, donc par son degré d'évolution. Cette perméabilité des couches superficielles présente dès lors une grande variabilité.

La plupart des sols observés dans la région se caractérisent comme suit :

Les dépôts de texture légère, *sables* et *sables limoneux*, ont une bonne perméabilité, rarement très élevée du fait de la grande quantité de sable fin.

Les *sables argileux* ont, en général, une perméabilité favorable, particulièrement lorsqu'une structure bien développée s'y manifeste.

Les *limons*, *limons sableux* et *produits de solifluxion calcaire-limoneux* ont une perméabilité moyenne.

Les *argiles d'altération du calcaire* ont une bonne perméabilité du fait de leur structure très favorable.

Les *dépôts tertiaires* et *secondaires sablo-argileux* et *argileux*, ainsi que les *alluvions lourdes* sont le plus souvent très peu perméables.

Les *dépôts d'altération de roches primaires* ont généralement une faible perméabilité.

- La *position de la nappe phréatique* est le second facteur intervenant dans l'état de drainage interne des sols.

Nous pouvons distinguer différents types de nappes aquifères.

- Les nappes phréatique à *caractère permanent* influençant toute l'année les couches superficielles.

Ces nappes constituent notamment les niveaux de base hydrologiques des grandes vallées et dépressions de la région étudiée. Leur fluctuation annuelle, dans les parties les plus hydromorphes se répartit sur environ un mètre. Présente en surface toute l'année dans certains secteurs d'alluvions tourbeuses et tourbières proprement dites des fonds alluviaux les plus bas, elles sont le plus souvent situées à faible profondeur dans des apports alluviaux et colluviaux d'épaisseur variable où leur niveau varie avec la succession saisonnière. Elles règlent donc l'économie en eau de toutes les formations tapisant les parties basses du relief.

- Les sols des plateaux et des pentes sont influencés par des nappes phréatiques à *caractère temporaire ou semi-permanent*, liées à la présence de substrats imperméables ou de faible porosité situés à profondeur variable. Nous distinguons des nappes phréatiques temporaires *primaires* : provoquées par un substrat géologique imperméable, et *secondaires* : provoquées par un horizon pédogénétique. Les premières correspondent généralement à l'influence de faciès géologiques très argileux, les secondes à celle d'horizons compacts plus ou moins indurés, du type alios ou "fragipan".

L'action cumulée des divers facteurs de l'hydromorphie détermine pour chaque sol un état de drainage qui doit être caractérisé sur le terrain.

Les caractéristiques de l'état de drainage interne d'un sol sont représentées par certains phénomènes morphologiques comme l'apparition de taches d'oxydo-réduction de teinte rouille ou grisâtre visibles au sondage ou dans le profil du sol. Ces phénomènes de "gleyification" se manifestent dans la zone d'oscillation de la nappe aquifère, permanente ou temporaire. L'alternance des conditions réductrices et oxydantes dues à la fluctuation du niveau de la nappe d'eau provoque dans cette zone l'apparition de taches rouille d'oxydation du fer, ainsi que celle de taches grises caractéristiques du fer à l'état réduit. Il faut cependant remarquer que ces taches sont variables du point de vue teinte et intensité suivant le matériau où elles se manifestent ; les taches d'oxydation, rouille à brun vif dans les argiles et limons sont brun jaunâtre dans les sols sableux pauvres en fer ; de même les zones réduites gris bleuâtre ou même vert bleuâtre dans des matériaux riches en fer sont blanc grisâtre dans les sables qui en sont peu pourvus.

## 2.26. LA DUREE DES PHENOMENES PEDOGENETIQUES

La durée pendant laquelle s'est exercée l'influence des facteurs de la genèse est variable. Les sols auxquels nous avons affaire sont d'âge très différents.

Certains sont des sols ayant subi depuis le Pléistocène supérieur l'influence de ces facteurs, ils sont donc très fortement développés et portent les marques d'une évolution importante : illuviation, dégradation, podzolisation.

D'autres sols, développés dans des dépôts postérieurs à ceux dont nous venons de parler, alluvions anciennes ou produits de démantèlement anciens, sont beaucoup moins évolués. Ils présentent cependant des caractères d'évolution certains : infiltration humifère, développement de structure, léger appauvrissement superficiel.

Les sols les plus jeunes, les moins évolués de tous, sont développés dans les alluvions et colluvions récentes et ne présentent une différenciation d'horizons qu'en surface par la présence d'une infiltration humifère.

Il est important de noter la présence assez fréquente, dans toute l'aire étudiée, de sols plus anciens, fossiles, qui se sont développés sous des conditions climatiques différentes de celles régnant actuellement. Certaines formations sableuses tertiaires présentent notamment des développements de paléosols datant vraisemblablement de la fin du Pliocène ou d'une période interglaciaire ; des loess anciens possèdent également des caractéristiques liées à l'influence d'anciens climats plus chauds.

Lorsque les agents de l'érosion ont provoqué l'apparition en surface de sols anciens antérieurement enfouis, des caractères de pédogenèse actuelle se surimposent aux caractéristiques anciennes. Nous sommes alors en présence de sols hérités, polyphasés.

## 2.27. LES INFLUENCES ANTHROPIQUES

Au cours des périodes antérieures, et plus activement encore actuellement, l'homme est intervenu pour tenter de faire produire au mieux et d'améliorer les possibilités des terres.

Ces interventions ont fortement influencé l'état et l'organisation des couches superficielles des terrains. Ces influences se marquent principalement par des phénomènes d'érosion dus à la déforestation ; les coupes forestières ont successivement mis à nu des portions de plus en plus

importantes du territoire qui, soumises généralement très brutalement aux facteurs de l'érosion, ont vu leur topographie profondément modifiée par ces derniers.

La culture a ensuite amené des remaniements mécaniques intenses des couches de surface par les labours, ainsi que des variations dans la composition et les caractéristiques physico-chimiques des horizons du fait de l'incorporation d'engrais et amendements.

A ces influences, il faut également ajouter des modifications importantes telles que les améliorations foncières comme le drainage, l'ouverture des carrières ou fosses d'extraction, la création d'étangs artificiels, ainsi que les bouleversements dus aux conflits armés.

L'érosion provoquée par l'intervention humaine et la mise en culture des sols nécessite fréquemment l'établissement de principes de conservation des sols. Suivant la nature des matériaux et la topographie, les différents sols sont plus ou moins sensibles aux facteurs de l'érosion, et les mesures de protection doivent être adaptées à chacun d'entre eux.



### 2.3. LES SOLS

Nous présenterons ci-après, par région naturelle, les principaux types de sols rencontrés, en mettant l'accent sur ceux développés sur formations limoneuses.

Il s'agit donc en fait d'un inventaire du matériel étudié, et sur la base duquel nous serons à même d'introduire un certain nombre d'hypothèses concernant la genèse de ces sols.

Au cours de plusieurs années de travaux de terrain et de cartographie, de très nombreux sols ont été examinés, décrits et analysés. A partir de quelques centaines de profils, une première sélection nous a permis d'en retenir une trentaine. Ce choix a naturellement porté sur des sols dont le développement était particulièrement représentatif des unités les plus largement réparties.

Pour chaque région naturelle, nous ferons tout d'abord une description rapide des différents types de sols observés, en donnant les traits essentiels de leur répartition.

Quelques profils typiques des principales unités de sols sur limon loessique sont présentée en annexe. Les descriptions macromorphologiques en sont les plus complètes possibles, soulignant les caractères les plus marquants des différents sols. La caractérisation analytique comporte les déterminations systématiques effectuées sur tous les profils étudiés en cours de cartographie, elle nous semble particulièrement complète. Au demeurant, nombreux sont les sols pour lesquels des prélèvements sélectifs ont été effectués : revêtements argileux, zones particulièrement appauvries en argile ou en fer, ou encore fortement enrichies en un élément.

Parmi les premiers profils choisis, nous avons effectué une seconde sélection plus stricte qui nous a laissé en présence d'une douzaine de profils typiques que nous étudierons de façon détaillée en quatrième partie, en faisant appel à des déterminations complémentaires et à des techniques d'analyse plus fines, microscopiques, physico-chimiques et minéralogiques.

La base fondamentale de notre travail a donc été l'étude des unités-sols dans le paysage, chaque profil étant analysé non pas en tant qu'individualité, mais comme faisant partie intégrante d'un ensemble "biogéodynamique" (G. Bocquier - 1971).

Nous avons posé les problèmes à l'échelon d'un grand domaine, en le subdivisant en régions naturelles sur une base écologique. Il a donc fallu tenir compte de la grande hétérogénéité des matériaux présents, indépendamment des couvertures limoneuses. Ces dernières, de par leur type de distribution sur le modelé et les influences diverses des conditions péri- et tardiglaciaires qu'elles ont subies ne permettaient pas une étude aussi fine que celles préconisées par G. Bocquier, tout au moins à l'échelle d'analyse retenue.

Cependant, une attention toute particulière a été attachée à l'interprétation des sols en tant qu'unité tridimensionnelle faisant partie d'un ensemble pédologique, et pour laquelle les pertes et apports de matière peuvent s'envisager aussi bien latéralement que verticalement.

Pour ce faire, nous avons pensé qu'il était indispensable de présenter quelques esquisses cartographiques permettant de mieux comprendre les paysages. Il s'agit d'extraits simplifiés de carte pédologique



à moyenne échelle, les unités cartographiques étant situées de manière générale au niveau de regroupements de "séries de sols", ceci afin de faire ressortir suffisamment les grandes lois de répartition.

Quelques conclusions partielles concernant les sols limoneux de chaque région seront présentées, afin de mettre en évidence leur individualité.

## 2.31. LES SOLS DE L'ARDENNE

La nature des matériaux originels et le degré d'évolution des sols ardennais sont en relation étroite avec leur position dans le paysage.

### SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Bien que non indiqués sur la carte géologique au 1/80.000, les limons de couverture sont largement représentés aux confins sud-ouest du Massif Ardennais.

Nous trouvons en effet, au niveau de la surface d'érosion façonnée dans les formations primaires, une couverture loessique assez importante. La profondeur du manteau varie naturellement en fonction de la position topographique, mais des épaisseurs de 4 à 5 mètres ont fréquemment été observées sur le plateau.

Sur les limons profonds se sont généralement développés des sols acides, à caractères de dégradation plus ou moins nets, bien que ne présentant pas toujours les marques d'un lessivage prononcé. Les horizons d'accumulation présentent fréquemment de nombreuses taches dégradées riches en limon fin.

Les sols y sont du type *sol lessivé acide, plus ou moins glossique, à mull acide ou moder mulleux* le plus souvent, à teneur en matière organique de 5 à 10 % dans l'horizon A<sub>1</sub>, rapport C/N compris entre 12 et 16, pH de 4,5 à 5.

Suivant le degré d'évolution et la qualité du drainage, nous sommes en présence de "Glossaqualfs et Fragiudalfs typiques", de "Hapludalfs glossaques, aquiques ou typiques", de "Fragiudalfs glossiques ou aquiques".

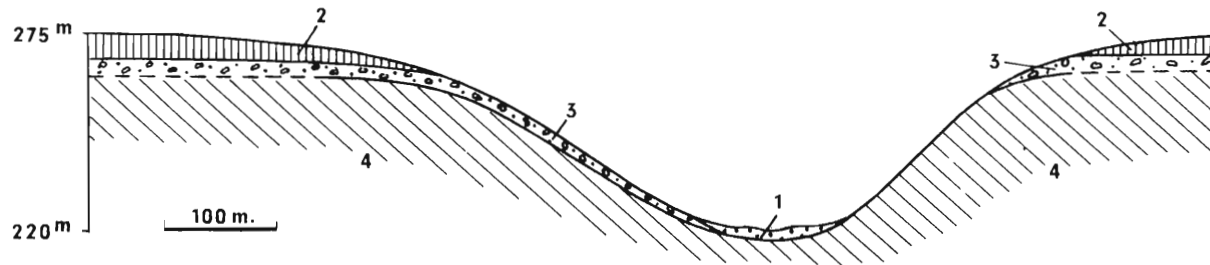
La dégradation de la partie supérieure du B<sub>2t</sub> est liée à des capacités d'échange assez basses, et à un degré de saturation faible : 20/30 % en surface à 40/60 % en profondeur. Les capacités de rétention sont élevées, la teneur en eau utile variant entre 15 et 20 %.

Des secteurs très importants sont d'autre part caractérisés par la présence de matériaux limoneux paraissant assez anciens et altérés, et redistribués en nappes très vastes qui ne semblent présenter qu'un développement subactuel relativement peu marqué. Ces sols sont acides, à faible capacité d'échange, et à saturation basse ; ils sont fréquemment hydro-morphes.

Enfin, on peut observer localement des zones où un recouvrement plus récent surmonte un ancien sol enfoui. Le degré d'évolution y est naturellement moins avancé. La capacité d'échange y est un peu plus élevée, la saturation restant cependant très faible.

## COUPE SCHEMATIQUE D'UNE PETITE VALLEE ARDENNAISE

A - B <sub>t</sub> - C	A (B <sub>t</sub> ) II R	A (B) R	A - Bh - B'fe - II R	A - C - II R	A - R	A (B) - R	A - B <sub>t</sub> - C
Sols lessivés localement glossiques à pseudogley	Sols bruns lessivés Sols bruns	Sols bruns acides et ocreux	Sols ocre podzoliques Podzols localement	Sols peu évolués d'apport Sols organiques	Sols d'érosion Rankers	Sols bruns acides	Sols lessivés à pseudogley



1 - Produits limono-caillouteux  
d'apport récent

3 - Produits d'altération et de solifluxion

2 - Couverture limoneuse homogène

4 - Substrat Revinien

N - NW

Fig. 9

S - SE



Le développement y est du type *sol brun faiblement lessivé* ou *sol brun lessivé*, l'humus est alors le plus souvent du type mull mésotrophe, "Hapludalfs typiques" ou intergrades vers les "Inceptisols".

Les rapports C/N sont plus bas, 11 à 13, le pH se maintenant entre 4 et 5, la capacité d'échange est un peu plus élevée, 30 à 40 méq. la saturation étant toujours assez basse.

Trois *profils* caractéristiques des limons ardennais sont décrits en annexe : Hirson 57, Hirson 53 et Hirson 37.

Tous trois sont situés dans l'importante forêt domaniale de Saint-Michel, couvrant la majorité du territoire correspondant à la plate-forme ardennaise. Les deux premiers correspondent à des sols développés dans un matériau homogène, tandis que le troisième est caractérisé par la présence d'un recouvrement.

### SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Sur pentes légères et moyennes, les sols se sont développés dans des *produits de solifluxion limono-caillouteux*, à charge variable, fragments de schistes ou de grès.

L'influence d'une charge gréseuse se marque généralement par une augmentation des fractions grossières, amenant parfois à une texture limono-sableuse, celle d'une charge schisteuse augmente la teneur en argile par apport de matériaux d'altération très fins.

Sur les pentes les moins accentuées, on observe des développements de *sols bruns lessivés, acides*, mais avec fréquemment présence d'humus brut en surface, du type moder mulleux ou moder, "Hapludalfs typiques".

Sur pentes moyennes, lorsque l'influence des produits d'altération du substrat lithologique est très importante, on observe des *sols bruns acides typiques*, sans traces d'illuviation et où le (B) cambique est très nettement marqué, "Dystrochrepts typiques, ou lithiques".

La teneur en matière organique des horizons humifères est très importante, à rapport C/N compris entre 13 et 18, la capacité d'échange est faible 30 à 35 méq. pour 100 g d'argile, la saturation de l'ordre de 10 à 40 %, la teneur en fer libre importante, les pH de 4 à 4,5. La quantité d'eau utile est assez élevée, de l'ordre de 18 à 20 %.

Ici interviennent d'une manière prépondérante, l'exposition et la couverture végétale. En effet, sous une végétation très acidiphile, taillis sous futaie de chêne-charme à bouleau, bourdaine, Pteris, Deschampsie et Leucobryum, on peut remarquer la présence d'humus du type dysmoder avec une tendance à la micropodzolisation superficielle. De plus lorsque l'exposition est sud-sud-est, le développement de *sols bruns ocreux, ou sols ocres podzoliques* s'impose nettement avec l'apparition d'un micropodzol très net lié à la présence d'un dysmoder accentué ou même localement d'un mor, "Dystrochrepts à Haplorthods entiques".

Ces sols à horizon ferrique de structure granulaire du type "fluffy" présentent des caractéristiques très typiques : teneur en matière organique très élevée en surface : 20 à 30 % à rapport C/N de 15 à 20, pH de 4 ou légèrement inférieur, capacité d'échange très basse, 20 à 30 méq. pour 100 g d'argile, saturation excessivement faible : 8 à 15 %, la teneur en fer libre de l'horizon B est très importante. Dans les cas les plus évolués, le *podzol* peut prendre un développement très marqué et s'établir sur une profondeur de plus de 30 cm : "Haplorthod typique" (G. Manil - A. Pérot - P. Avril - 1954-1965).

Sur les pentes les plus fortes, nous observons des sols très superficiels peu évolués d'érosion, du type *ranker*, des lithosols, "Udorthents lithiques".

Dans les vallées et dépression, les *sols colluviaux et alluviaux*, toujours de texture limoneuse, ne présentent pas de développement de profil bien différencié, ce sont des *sols peu évolués d'apport*, "Haplaquents typiques, aériques ou lithiques". Notons que l'acidité de ces formations est toujours très forte, la saturation très faible.

En ce qui concerne l'économie en eau des sols ardennais, l'hydromorphie présente sur les plateaux peut être due à deux causes essentielles :

- d'une part à des produits d'altération de schistes situés à faible profondeur,
- d'autre part à une perte de porosité au sein de la couverture limoneuse, évolution poussée amenant à la formation d'un horizon compact du type fragipan, ou discontinuité lithologique entre couverture limoneuse récente et limon plus ancien.

Sur les pentes, le drainage semble généralement favorable, tandis que dans les dépressions des nappes à caractères permanents, généralement situées au niveau de substrats argilo-caillouteux, provoquent l'apparition de drainages très déficients.

Notons localement la présence de zones où les possibilités d'écoulement sont réduites et où des *tourbières acides à sphaignes* se développent, donnant naissance à des "Histosols".

#### Extrait de la carte des sols Hirson 3.4.

Le secteur représenté est très caractéristique : plateau subhorizontal profondément incisé par le réseau hydrographique et recouvert d'un manteau limoneux continu. Nous sommes en domaine forestier et l'érosion est faible, les colluviums limoneux sont étroits et localisés en bordure de plateau, à l'amont de la rupture de pente abrupte.

La majorité des sols sont plus ou moins profondément désaturés, l'ambiance est celle des sols acides, à tendance podzolique localement.

On constate donc une dominance de sols lessivés acides, les sols à tendance glossique se localisent sur les niveaux les plus élevés et dans les interfluves.

#### Légende

##### Sols sur matériaux limoneux

1. Sols lessivés acides à tendance "glossique" à pseudogley, non érodés.
2. Sols lessivés acides à pseudogley, non ou faiblement érodés.
3. Sols peu évolués d'apport.

# ARDENNE - Hirson 3-4

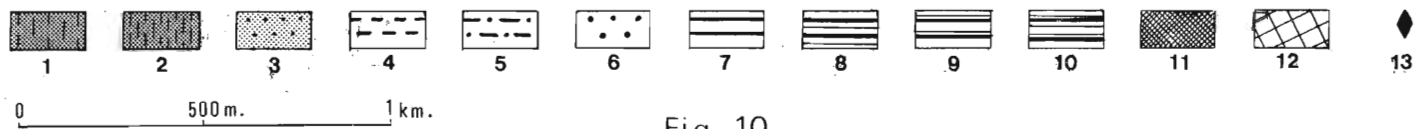
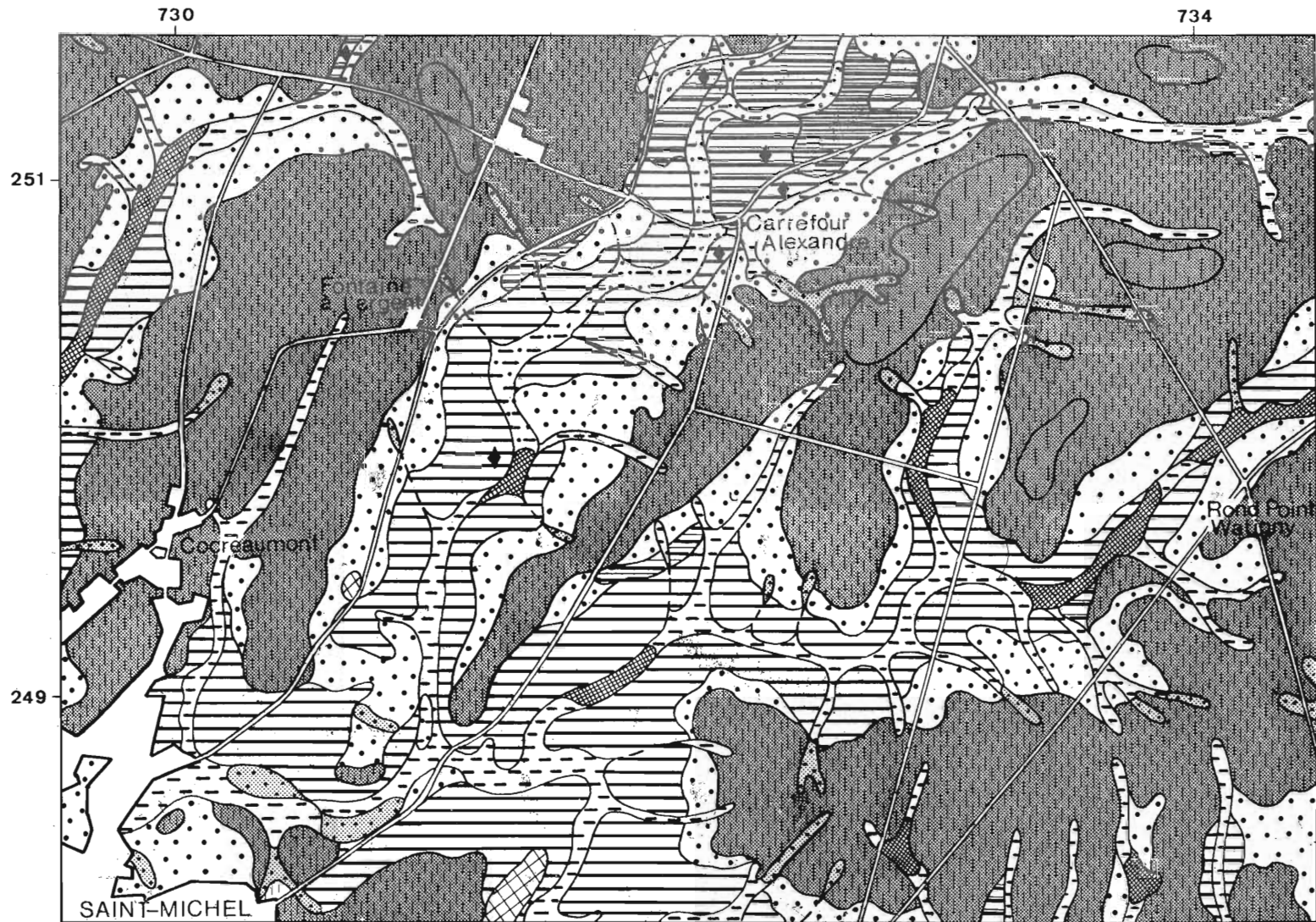


Fig. 10



#### Sols sur autres matériaux

4. Sols d'apport, colluviaux et alluviaux, limono-caillouteux, sur substrat primaire.
5. Sols d'apport, colluviaux et alluviaux, limono-sablo-caillouteux, sur substrat primaire.
6. Sols bruns acides et sols bruns faiblement lessivés sur produits de solifluxion caillouteux.
7. Sols bruns acides et ocreux, superficiels, sur schistes.
8. Sols bruns argileux, superficiels sur schistes.
9. Sols bruns acides et ocreux, localement podzoliques, superficiels, sur schistes et grès.
10. Sols bruns argileux superficiels sur schistes et grès.
11. Sols hydromorphes organiques acides.
12. Présence locale de sols ocre podzoliques à micropodzol.

#### *Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux ardennais*

L'ensemble des caractères de ces sols peut se définir relativement aisément. Tous constituent des sols acides, désaturés, où les phénomènes d'illuviation sont modérément marqués, et fréquemment accompagnés de traces de dégradation, peu accentuées cependant.

Nous verrons plus loin que la couverture limoneuse ardennaise présente de nombreuses caractéristiques de remaniement et d'altération relativement exprimée. *G. Manil* en 1958, avait interprété de manière très analogue certains limons des plateaux ardennais de Belgique.

Ce fait, celui que ces sols ont vraisemblablement toujours été forestiers ou presque, ainsi que des conditions climatiques très humides et fraîches, sont vraisemblablement à l'origine de ce type de développement. Des conditions hydromorphes, en milieu désaturé, acidifié, sont propices à l'apparition d'un type de lessivage particulier (*G. Manil* - 1962, *Kundler* - 1965, *Duchaufour* - 1968), et d'un processus de dégradation. Ce dernier est cependant limité, lié aux couches tout à fait superficielles, comme l'étude de l'évolution de l'aluminium libre semble le prouver. D'autre part, les relations entre le comportement du fer et celui de l'argile dans des sols de ce type devrait faire l'objet d'une attention particulière.

Un profil très caractéristique de cette évolution des sols de l'Ardenne, Hirson 55, sera étudié en détail, notamment sous l'aspect minéralogique, dans le chapitre 4.33. Des conclusions générales sur la genèse de ces sols seront présentées en cinquième partie.

#### 2.32. LES SOLS DE THIERACHE

L'importance prise par la couverture limoneuse dans la partie septentrionale de la région est grande. Nombreuses sont cependant les assises secondaires intervenant dans la constitution des formations superficielles.

#### SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Les limons de couverture de la Thiérache présentent fréquemment la superposition de deux apports successifs bien différenciés.

Le dépôt le plus récent porte des *sols bruns lessivés*, fréquemment à *pseudogley*, "Hapludalfs typiques et aquiques", dont la saturation varie essentiellement en fonction de l'utilisation actuelle : agricole ou forestière. Ces sols, lorsque situés sous prairies, présentent un "gley" superficiel assez généralisé. Les prairies permanentes possèdent en surface des teneurs en matière organique de l'ordre de 4 à 8 %, le rapport C/N variant entre 9 et 11.



Sous ces formations apparaît assez fréquemment un niveau constituant un sol plus ancien, plus évolué, montrant des caractères liés à une évolution sous climat plus agressif que l'actuel : traces de ferruginisation, revêtements argileux très épais, pisolithes très indurés.

Le contact entre la couverture récente et le matériau plus ancien présente souvent la trace de phénomènes liés aux conditions périglaciaires fentes de gel, involutions, petits blocaux redistribués, fragmentation de caractéristiques pédologiques. Notons que les limons anciens présentent généralement une compaction très forte, liée à une structure grossièrement lamellaire, la porosité de la zone de contact est très faible, de l'ordre de 30 %. La densité apparente peut y atteindre des valeurs très proches de celles observées dans les fragipans typiques, supérieures à 1,8.

Certains sols, généralement situés sous végétation forestière, présentent cependant un degré d'évolution beaucoup plus avancé et constituant des *sols bruns lessivés*, désaturés, et en *voie de dégradation* ; leur hydromorphie est alors très accentuée : "Ochraqualfs ou Fragiaqualfs typiques, Hapludalfs typiques ou aquiques, Fragiudalfs typiques, aquiques ou glossiques".

La majorité des sols situés sur pentes légères et aux abords des ruptures de pentes convexes ont un degré d'érosion marqué, et l'horizon limono-argileux d'accumulation apparaît très proche ou en surface. Suivant l'ancienneté de la déforestation, on peut suivre l'importance croissante de cette érosion ainsi que l'étalement plus important des matériaux colluviaux récents.

Pour illustrer ces formations, nous avons sélectionné quatre *profils*, deux en Haute-Thiérache : Hirson 24 et Hirson 61, deux en Basse-Thiérache : Rozoy 24 et Rozoy 19, dont les données sont présentées en annexe.

Les deux premiers sont développés dans des limons reposant en profondeur sur le crétacé dans les argiles à silex, les deux derniers dans des formations constituées par des apports limoneux successifs.

#### SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Les *limons hétérogènes* sont pour la plupart caractérisés par une charge en fragments de silex ; généralement assez superficiels, ils reposent sur un cailloutis de base d'épaisseur souvent assez faible. Ce conglomérat est donc généralement assez peu important et ne semble pas avoir une valeur stratigraphique bien définie. Sous ce niveau graveleux, on retrouve rapidement les divers faciès des assises du crétacé. Cet arrêt ne constitue donc pas précisément un substrat cohérent, la pénétration radiculaire pouvant s'effectuer relativement aisément.

Les sols observés sont du type *sol brun et sol brun faiblement lessivé* suivant la profondeur du sol et la position topographique "Eutrochrepts dystriques, Hapludalfs intergrade vers les Inceptisols". Les caractéristiques générales sont assez analogues à celles des limons homogènes, on y note cependant des capacités d'échange plus faibles et une réserve en eau naturellement très variable.

Le *calcaire colithique* présente dans la partie nord-est de la région des faciès d'altération de texture lourde, argilo-limoneux, ou argileux, mais très bien structurés. Les limons loessiques influencent cependant d'une manière pratiquement constante les couches superficielles, et les sols développés entièrement dans une argile de dissolution en place sont assez rares.

## COUPE SCHEMATIQUE D'UNE FALAISE JURASSIQUE

A_C	A_(B)-C	A_(B)-R	A - B <sub>t</sub> -II C-II R
Sols peu évolués colluviaux	Sols bruns calcaires et calciques	Renzines brunifiées Sols bruns calcaires	Sols bruns lessivés

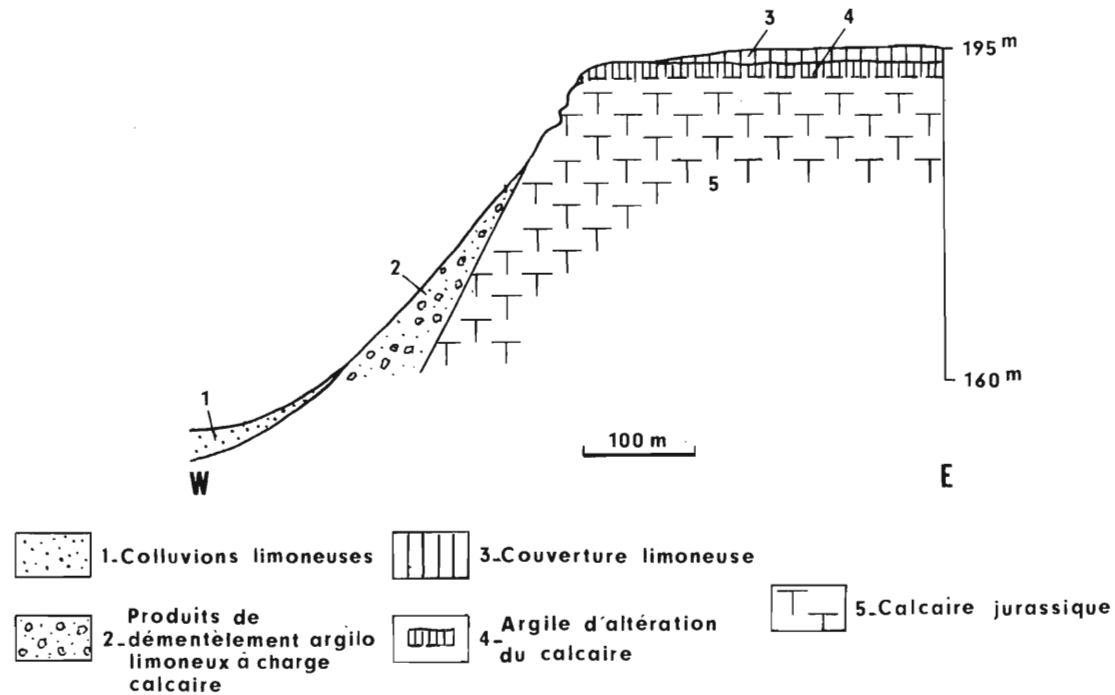
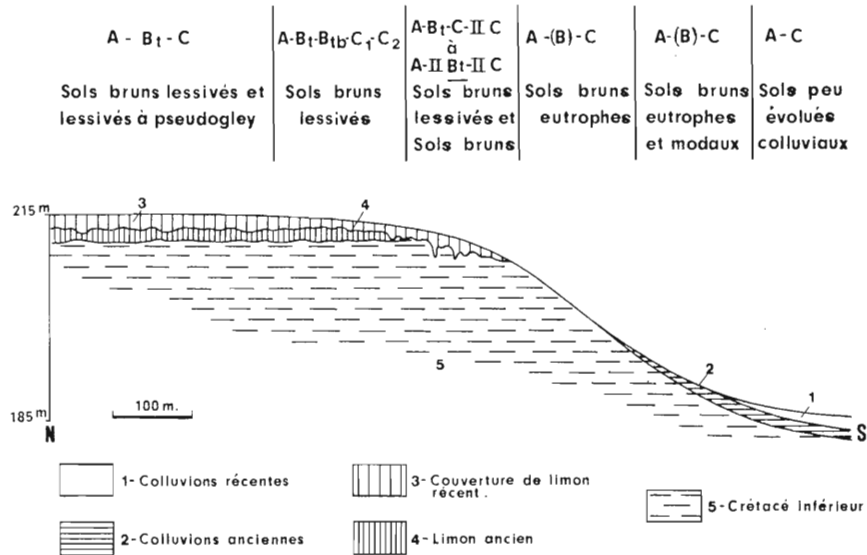


Fig. 11



### COUPE SCHEMATIQUE D'UNE SEQUENCE PLATEAU-VERSANT SUR CRETACE INFERIEUR



### COUPE SCHEMATIQUE DANS LA PARTIE SUD DE LA THIERACHE

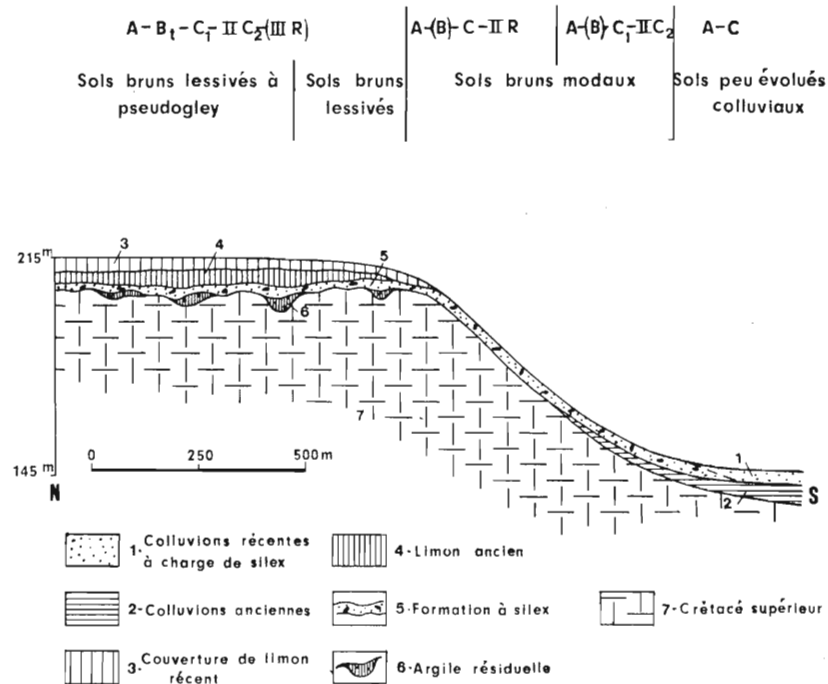


Fig. 12



Ces sols sont généralement des *sols bruns calcaires* ou *calciques* "Hapludoll typique ou entique, Eutrochrepts typiques ou rendolliques", selon la différenciation plus ou moins marquée de l'horizon mollique, très stable et à structure grumeleuse. La teneur en eau utilise avoisine 20 %, la réserve en eau dépendant évidemment de la profondeur du sol. Les plus superficiels d'entre eux, situés sur pentes moyennes, ou aux ruptures de pentes des *rendzines* et *rendzines brunifiées*, "Rendolls, Hapludolls typiques". Il est à noter que l'altération chimique du calcaire jurassique semble très importante, par rapport à celle des formations crayeuses du secondaire.

Les *sédiments du crétacé inférieur*, de l'Albien, présentent des teneurs en glauconie très élevées. Les dépôts les plus superficiels ont vraisemblablement subi une évolution pédogénétique sous l'influence de paléoclimats chauds, peut-être du type tropical. La glauconie y est très fortement altérée, des vestiges de ferruginisation sont très aisément observables : grenailles, fragments d'horizons ferriques.

Lorsque ces matériaux affleurent, on y note des traces d'évolution plus récentes, complexe, surimposée aux paléosols, développement de *sols bruns faiblement lessivés*, "Hapludalfs intergrades vers les Inceptisols", les revêtements argileux étant le plus souvent très fins et discontinus. La capacité d'échange est souvent élevée, 70 méq. la saturation du complexe moyenne, les pH variant entre 6 et 7 ; les réserves en eau sont satisfaisantes.

Les *dépôts marneux du crétacé*, Cénomaniens et Turoniens, présentent des sols où seul un développement structural et une décarbonatation relativement poussée se manifestent. *Sols bruns* plus ou moins *calciques*, "Eutrochrepts typiques" le plus souvent, "rendolliques" quelquefois. On observe assez fréquemment dans ces formations la présence de surfaces luisantes, "slickensides", caractéristiques de minéraux argileux à réseau expansif ; ces sols sont fortement saturés, à tendance *vertique*.

Dans le sud de la Thiérache, apparaissent de véritables *formations à silex* qui, comme nous l'avons vu plus haut, ont une constitution variant considérablement avec les conditions d'apparition et de développement. Les argiles proprement dites sont toujours assez peu épaisses, quelques 50 à 70 cm généralement, situées au contact direct avec la craie altérée et contenant des silex en rognons entiers ; leur texture est très lourde, 60 à 75 % d'argile, la capacité de rétention très élevée. Les sols y sont du type *sols bruns vertiques* (C. Mathieu - 1971).

Les conglomérats et biefs à silex présentent une matrice assez hétérogène, constituée d'un mélange de produits d'altération de la craie, de limons et de matériaux provenant de l'érosion et du démantèlement des assises de l'Eocène inférieur ; d'autre part, la charge grossière comporte des fragments de silex d'importance variable et plus ou moins émoussés, indiquant des déplacements assez importants, ainsi que sporadiquement des morceaux de grès altéré. Les sols observés dans ces matériaux sont des *sols bruns* et *sols bruns lessivés*, ils sont assez peu représentés, étant fréquemment recouverts par des limons hétérogènes.

Enfin, les dépressions sont caractérisées par la présence de *sols peu évolués d'apport*, de texture limoneuse ou sablo-limoneuse, "Haplaments typiques, aériques ou lithiques, Udifluents typiques, aquiques, lithiques".

L'économie en eau de ces sols de Thiérache est généralement très déficiente, le drainage interne est le plus souvent imparfait à faible, voire très faible. La nappe de base du réseau hydrographique est située au niveau des assises du crétacé inférieur, de nombreuses zones de suintement existent sur les versants ; mais le caractère le plus typique est la présence des nappes phréatiques temporaires situées au niveau du contact entre les cailloutis à silex et les substrats argilo-marneux du crétacé et qui est la cause de l'humidité et de la vocation pastorale de tous ces sols.

#### *Extrait de la carte des sols Rozoy 7.8.*

Secteur de transition à paysage agro-pastoral et forestier, le territoire couvert par l'esquisse de répartition présentée est typique de la Basse-Thiérache.

Le modelé est ondulé, à ruptures de pentes convexes et vallons assez larges, induits par la nature argilo-calcaire de la majorité des substrats et par la présence de nombreuses formations à silex (C. Mathieu - 1971). La présence de ces matériaux calcaires provoque l'apparition d'unités de sols d'apport de nature limono-calcarifère. Les limons recouvrent la presque totalité du relief. Une grande partie des sols situés sur les parties hautes du relief sont à hydromorphie marquée.

La partie est, située sous forêt, montre la dominance de sols lessivés à profil complet, non érodés, tandis que la partie ouest, située sous culture et prairies, offre surtout des sols fortement tronqués, seuls ceux localisés sur dômes et interfluves étant partiellement conservés.

On notera l'importance prise par les colluvions limoneuses, particulièrement dans les zones déforestées.

#### *Légende.*

##### Sols sur matériaux limoneux

1. Sols bruns lessivés et lessivés, non érodés.
2. Sols lessivés, localement légèrement dégradés, à pseudogley, non érodés.
3. Sols bruns lessivés et lessivés, érodés.
4. Sols bruns lessivés et lessivés, à pseudogley, érodés.
5. Sols bruns lessivés et lessivés, limoneux à limono-sableux, érodés.
6. Sols bruns lessivés très érodés, sur substrat argileux.
7. Sols peu évolués d'apport.
8. Sols peu évolués d'apport, limono-calcarifères.
9. Sols peu évolués d'apport, à pseudogley, limono-calcarifères.

##### Sols sur autres matériaux

10. Sols bruns et sols bruns faiblement lessivés, limono-argileux.
11. Sols bruns à caractères vertiques sur "argiles à silex".
12. Sols bruns à substrats crayeux.
13. Sols calcimagnésiques : rendzines et sols bruns calcaires sur craie.

# THIERACHE - Rozoy 7-8

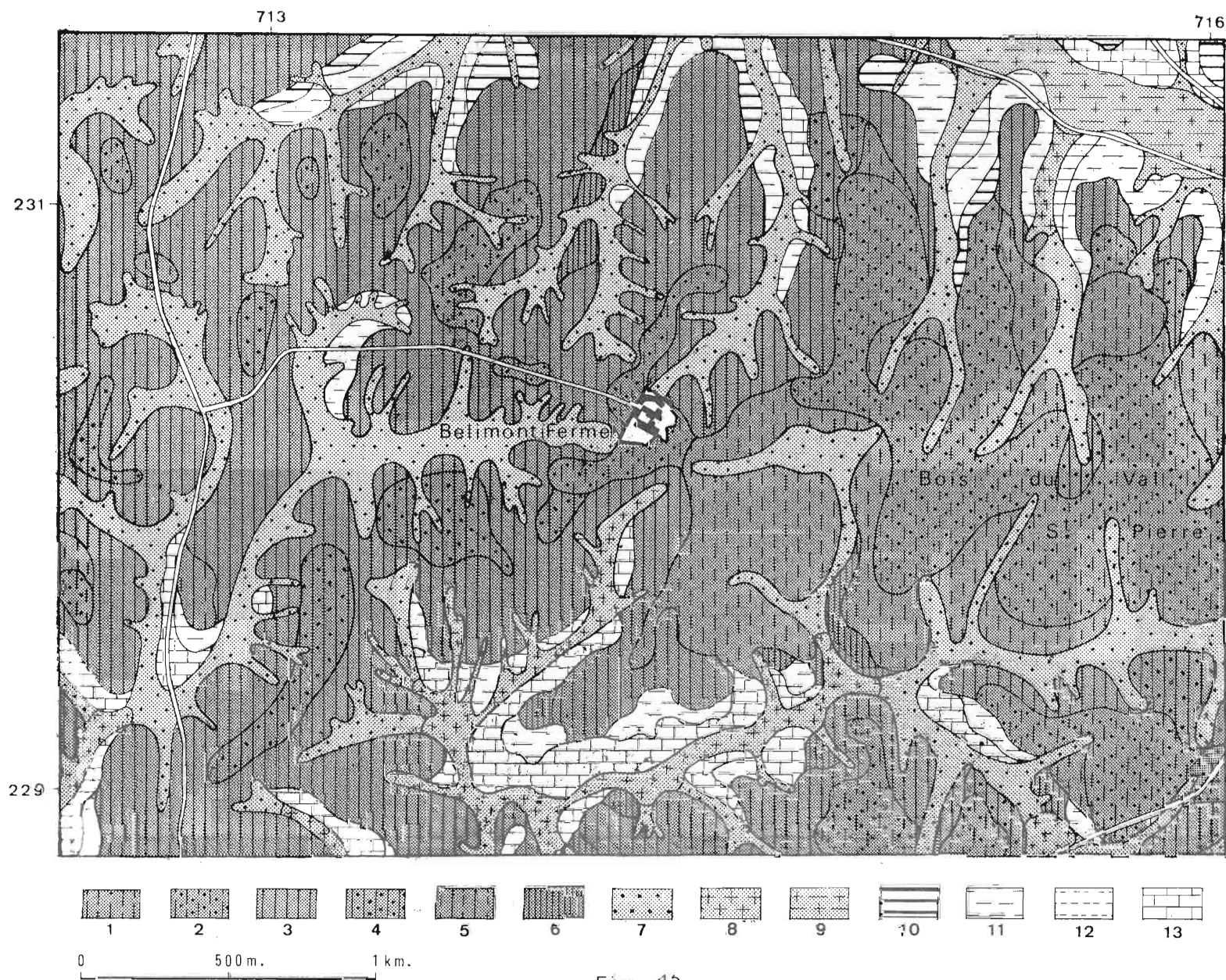


Fig. 13





### *Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux de Thiérache.*

Le caractère prédominant des sols limoneux de Thiérache, en relation avec le paysage que l'on y observe est naturellement l'hydromorphie.

Que soit à la présence de substrats secondaires fortement argileux, soit à la superposition de dépôts limoneux à discontinuités compactées, ces caractères d'engorgement plus ou moins temporaires marquent la majorité des sols.

Acides sous végétation naturelle, resaturée au moins partiellement sous prairies ou sous culture, ils présentent tous des phénomènes d'illuviation.

La mise en évidence du processus de lessivage est souvent relativement malaisé du fait de la grande hétérogénéité des dépôts que nous venons de mentionner, et des caractères d'hydromorphie masquant fréquemment les indices de migration colloïdale.

Certains sols, comme le dernier que nous avons présenté, sont marqués par des caractères évidents, bien que moins accentués que dans d'autres régions, d'une dégradation en conditions acides et hydromorphes. Peut-être sont-ils à rattacher à certains sols ardennais, soit de par la nature du matériau lui-même, soit du fait d'une présence forestière plus longue.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ce problème lors de l'analyse plus complète exposée dans un prochain chapitre.

### 2.33. LES SOLS DU MARLOIS

Le Marlois constitue une région de transition assez caractéristique. Située en bordure sud de la Thiérache, nous verrons qu'elle représente en fait l'extension est des formations de Picardie.

#### SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Tout comme en Thiérache, deux apports limoneux importants sont séparés par une évolution pédologique ancienne assez marquée (M; Jamagne et C. Mathieu - 1972).

La couverture la plus récente peut cependant y atteindre une épaisseur plus grande ; des *sols bruns lessivés* ou *lessivés en voie de dégradation* s'y observent : "Hapludalfs typiques, aquiques ou glossiques", ces derniers particulièrement sous végétation forestière. Les traces de dégradation vont généralement de pair avec des phénomènes plus ou moins marqués d'oxydo-réduction au niveau de l'horizon Bt tacheté.

Sur pentes, le limon ancien, plus rougeâtre, peut apparaître, il présente un horizon argillique à revêtements argileux assez épais.

Cette zone de transition du Marlois nous a paru très importante, de par sa position géographique, pour étayer nos interprétations.

Trois *profils* ont été sélectionnés comme représentatifs de ce secteur : Vervins 2 - Vervins 17 et Vervins 10. Les deux premiers sont présentés en annexe, le profil Vervins 10 sera étudié de manière détaillée au chapitre 4.31.

#### SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

L'*altération des craies* turonienne et sénonienne est liée d'une part à la présence des formations à silex, d'autre part aux phénomènes intenses d'évolution sous climat périglaciaire.

Les argiles résiduelles à silex sont présentes sous la couverture limoneuse et apparaissent en position de versants à la faveur de l'érosion et du creusement des vallées. Dans ces formations peu épaisses se sont développés des *sols bruns eutrophes vertiques*, à drainage interne favorable à modéré : "Eutrochrepts" intergrades vers les "Vertisols".

Voisinant les "biefs à silex", et plus particulièrement en relief accentué et très érodé, les produits d'altération de la craie sont des résidus de fragmentation dus à l'action du gel. La craie est fréquemment subdivisée à un tel point que les produits résiduels présentent une granulométrie très fine. Toutefois, le matériau originel est pratiquement toujours remanié à des produits allochtones donnant un matériau de texture calcaro-limoneuse à limono-calcaire. Suivant la teneur en  $\text{CaCO}_3$  et l'épaisseur du solum, on peut y observer des *sols bruns calcaires*, *des rendzines brunifiées* et *des rendzines grises* : "Eutrochrepts typiques ou rendolliques", "Rendolls" ou "Hapludolls".

Sur alluvions anciennes de texture limono-caillouteuse ou caillouteuse, quelquefois calcarifère, on observe divers types de sols en fonction du profil local : *sol brun calcaire*, *calcaïque ou eutrophe*, *sol brun ou brun faiblement lessivé* : "Eutrochrepts typiques ou dystriques".

Sur alluvions modernes et colluvions, formations plus récentes, se présentent naturellement des *sols peu évolués d'apport*, souvent *calcimorphes*.

#### Extrait de la carte des sols Vervins 3.4.

L'ensemble du paysage représenté sur l'esquisse cartographique montre une évolution du modelé marquée par l'influence des conditions périglaciaires sur un soubassement crayeux très gélif. La topographie se présente comme une suite de larges lignes de crêtes et dômes séparés par des vallons à pentes modérées se raccordant à d'importantes dépressions alluviales. Ces vallées comportent des matériaux d'apport ancien typiquement limono-caillouteux.

La distribution générale de la couverture limoneuse est bien mise en évidence par une certaine dissymétrie dominante des vallées : flancs adoucis à manteau loessique aux expositions est-sud-est, versants plus raides où la craie affleure fréquemment aux expositions ouest-nord-ouest. Cette répartition est celle déjà soulignée auparavant par R. Tavernier (1948) et F. Bordes (1954).

L'érosion des sols limoneux est modérée, beaucoup d'entre eux sont partiellement tronqués, les profils complets s'observant sur les dômes légers, tandis que sur les pentes les plus fortes apparaît très localement en surface le limon argileux des horizons d'accumulation.

#### Légende.

##### Sols sur matériaux limoneux.

1. Sols bruns lessivés et sols lessivés, non érodés.
2. Sols bruns lessivés et sols lessivés, faiblement érodés.
3. Sols bruns lessivés et sols lessivés, tronqués.
4. Sols peu évolués d'apport, colluviaux, limoneux.
5. Sols d'apport, alluviaux, calcimorphes, limoneux.

##### Sols sur autres matériaux.

6. Sols bruns et sols bruns faiblement lessivés, limono-caillouteux, des basses terrasses - Alluvions anciennes.
7. Sols bruns eutrophes à caractères vertiques, argileux, sur argiles et biefs à silex.
8. Sols calcimagnésiques, calcaro-limoneux, à substrat crayeux.
9. Sols calcimagnésiques, limono-calcaïques, à substrat crayeux.

MARLOIS - Vervins 3 - 4

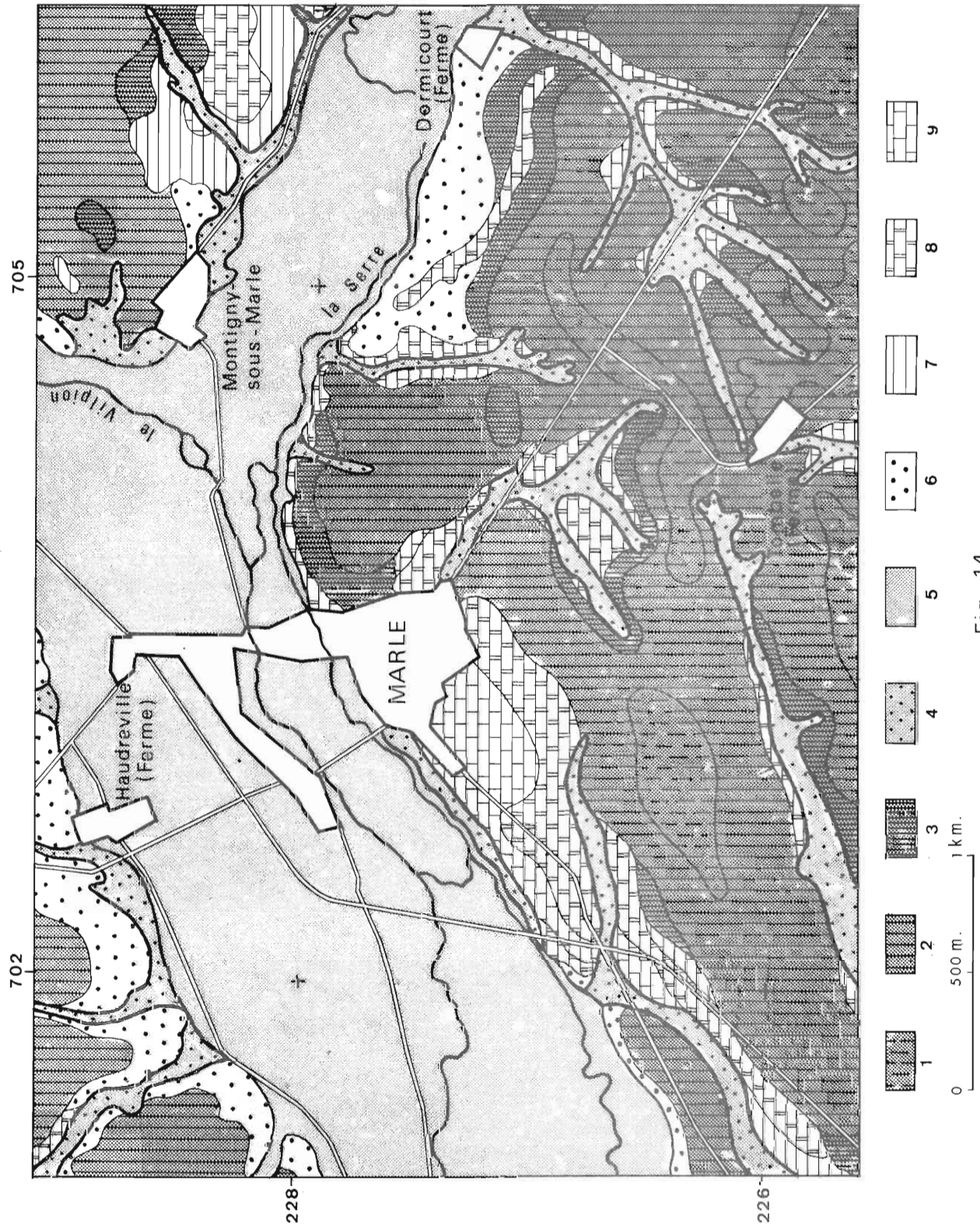


Fig. 14



### *Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux du Marlois.*

Le degré d'évolution des sols du Marlois est modéré, une illuviation assez nette les caractérise, et on y note une migration préférentielle d'argile fine qui se répartit le plus souvent au niveau de la base de l'horizon Bt ou dans le B<sub>3</sub> ; le pH est moyen et la plupart des sols sont saturés.

Les sols sont fréquemment partiellement tronqués, même sur pentes relativement faibles, en relation avec une mise en culture assez ancienne.

Quelques sols portent des traces de dégradation peu marquées le plus souvent : simple tacheture de l'horizon B argillique, ne se reflétant pas dans les données analytiques. D'autres cependant, sous végétation forestière probablement assez ancienne, voient des caractères d'altération plus nets se différencier.

En profondeur apparaît presque systématiquement un matériau constituant vraisemblablement la partie supérieure d'un horizon argillique ancien, à revêtements rougeâtres très caractéristiques (M. Jamagne et C. Mathieu - 1972).

Certains secteurs présentent ce type de matériau en surface où il subit une évolution par lessivage plus ou moins avancée. Nous sommes alors en présence de sols typiquement polygéniques, nous en verrons plus loin un exemple de manière détaillée (cf. 4.33.).

### 2.34. LES SOLS DE CHAMPAGNE

La partie du territoire que nous avons eu l'occasion d'étudier est relativement restreinte mais cependant assez représentative. Nous avons eu l'occasion de le confirmer par des observations réparties dans les régions les plus typiques du département de la Marne.

#### SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Quelques rares lambeaux de formations loessiques s'observent en bordure de l'Ile-de-France et de la Thiérache. Les sols sont très analogues à ceux que nous avons décrits pour le Marlois : *sols bruns lessivés* et *sols lessivés*, "Hapludalfs typiques".

#### SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Les matériaux originels sont constitués par les *produits d'altération de la craie*, issus le plus souvent de phénomènes mécaniques, physiques, dus au gel et aux différents modes de déplacement étroitement liés aux fluctuations climatiques. Comme nous l'avons vu plus haut, la craie est un matériau très sensible à ces variations de climat. Les phénomènes d'érosion morpho-climatique du type péri- et tardiglaciaire ont donc joué très fortement : cryoturbation caractérisée par des festons, des involutions, des plications, des solifluxions très importantes.

Suivant la position dans le paysage, ce substrat crayeux se présente donc comme une craie en place, une grève crayeuse, mélange de craie fine et de graviers et cailloux de craie, un limon très calcarifère quelquefois induré tel un véritable "tuff".

Sur ces dépôts d'origine essentiellement crayeuse, nous trouvons des *matériaux allochtones* d'origine éolienne, nivéo-éolienne ou d'épannage. La texture en est limoneuse à sableuse, et ils datent vraisemblablement du Pléistocène supérieur.

Il est donc essentiel de noter ici que les sédiments reposant sur la craie sont pratiquement toujours des dépôts dont une partie au moins provient d'apports extérieurs. Nous voyons donc qu'à part quelques cas

particuliers où le sol s'est développé avec plus ou moins d'intensité aux dépens de produits issus exclusivement de l'altération de la craie, la majorité des couches superficielles ne peut être considérée comme des sols en place. D'autre part, l'influence du substrat se marque pratiquement toujours par la présence d'une teneur en calcaire très importante dans l'ensemble du solum, fréquemment supérieure à 30/40 %. La répartition granulométrique est le plus souvent très caractéristique, une fraction importante se présente sous forme de calcaire très fin, colloïdal, de dimension inférieure à 2 microns.

Au point de vue classification des sols, tous sont des sols calcimagnésiques et nous considérons que la plupart sont à classer parmi les "*pararendzines*" et les *sols bruns calcaires et calciques*. Les *rendzines typiques* s'observent dans des positions où l'érosion a suffisamment dégagé les substrats ; des sols ont alors pu se développer directement aux dépens de ceux-ci. La teneur moyenne en matière organique des horizons de surface varie le plus souvent entre 2 et 4 %, plus lorsqu'il s'agit de sols récemment mis en culture, les rapports C/N varient entre 10 et 12.

Dans la 7<sup>e</sup> approximation, ces formations se classent donc soit comme "Rendolls" soit comme "Hapludolls typiques entiques", soit comme "Eutrochrepts typiques ou rendolliques", "aériques" en bordure des dépressions.

Les sols des vallées et dépressions, *colluvions et alluvions* récentes, sont toujours de texture limoneuse ou limono-sableuse, et peuvent présenter localement un horizon A<sub>1</sub> mollique. Nous observons donc des "Haplaquolls typiques", "histiques" lorsque très humides, ainsi que des "Hapludolls aériques". Parmi les "Entisols", nous relevons la présence d'"Haplaquents typiques et aériques" et d'"Udifluents typiques et aériques".

Au contact de la bordure champenoise, de l'Ile-de-France et du Laonnois, au nord-est de Laon, existe une grande zone caractérisée par la présence d'un recouvrement sableux quaternaire appelé "sables de Sissonne". D'âge Pléistocène, ce dépôt semble être issu de remaniements locaux des sables de l'Eocène, par voie éolienne et par voie de ruissellement. L'épaisseur est toujours relativement faible, les niveaux crayeux apparaissant régulièrement en profondeur.

## 2.35. LES SOLS DE PICARDIE

Le paysage de la Picardie est caractérisé, comme nous l'avons vu plus haut, par des surfaces subhorizontales ou légèrement ondulées, des dômes très arrondis et des vallées plus ou moins incisées.

Une couche de loess recouvre la craie sénonienne soit directement, soit par l'intermédiaire de produits d'altération plus ou moins anciens, les argiles à silex, soit par celui de produits de remaniements liés aux climats périglaciaires. Les argiles à silex s'observent assez fréquemment et présentent des teneurs en fragments grossiers relativement importantes.

De nombreux produits d'érosion, ou "limons de lavages" se répartissent en bas de pentes. Certains sont assez purs, d'autres possèdent une charge en silex ou en fragments de craie, suivant le contexte.

## COUPE SCHEMATIQUE D'UNE PENTE DE LA BORDURE CHAMPENOISE

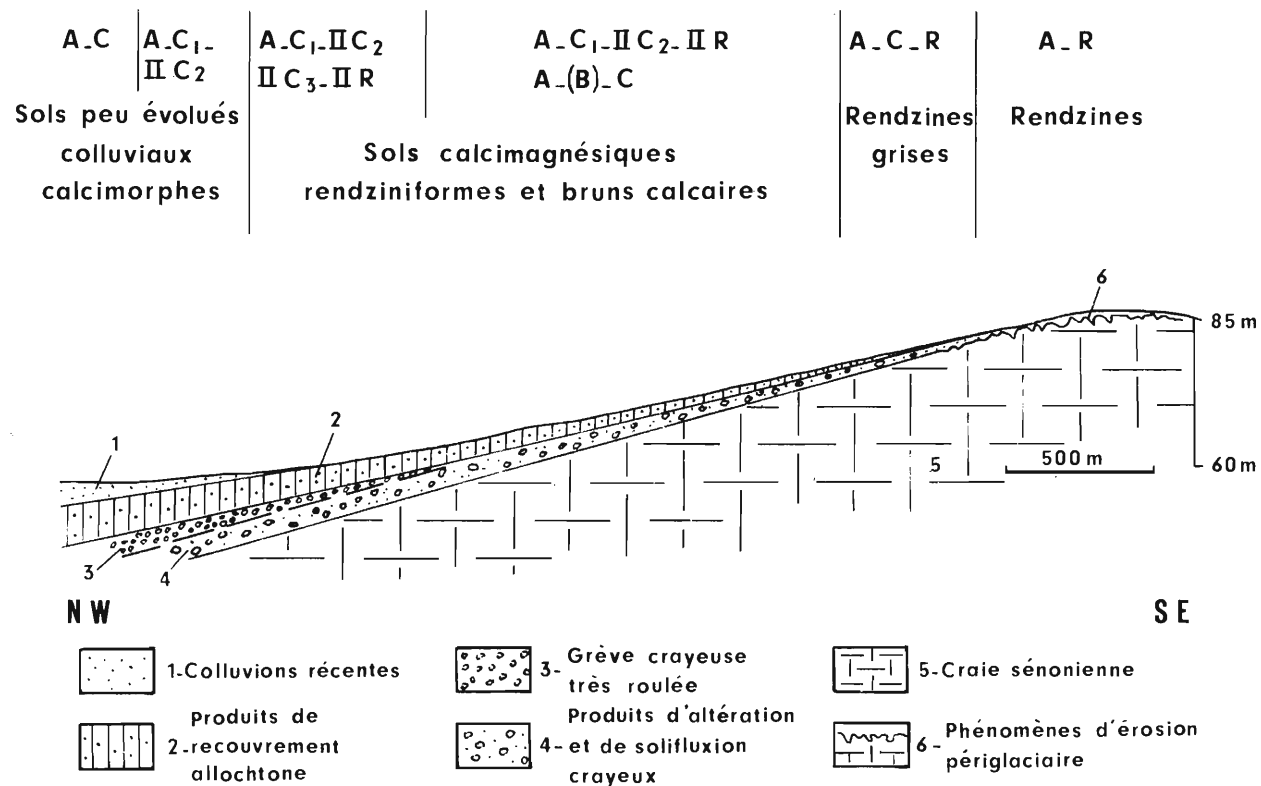


Fig. 15





### SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

La couverture loessique est souvent très importante dans cette région, et constituée par la superposition de plusieurs apports successifs. Le loess supérieur, le plus récent, est vraisemblablement contemporain de la dernière période würmienne.

Les sols sont développés essentiellement en *sols bruns lessivés typiques* : "Hapludalfs typiques ou aquiques, Agrudalfs typiques", le loess décarbonaté et l'"ergeron" calcaire apparaissant à profondeur variable. Ce dernier apparaît à moins de 1,20 m lorsque la position topographique le permet, par exemple sur pentes moyennes, ou aux ruptures de pentes assez douces ; quelquefois, mais beaucoup plus rarement, il apparaît en surface.

Les limons picards présentent toujours une saturation très élevée, le pH est compris entre 7 et 8 grâce à l'intervention généralisée des amendements. La densité apparente est assez constante (1,5/1,6), diminuant légèrement en profondeur, la porosité est toujours comprise entre 35 et 40 %, les réserves en eau y sont très importantes, 16 à 20 % d'eau utile, soit 250 à plus de 300 mm par mètre. La teneur en matière organique est voisine ou légèrement supérieure à 2 dans les horizons Ap, pour des rapports C/N de 9/10. La capacité d'échange de cette formation présente peu de variations sur tout le profil de sol et possède une valeur moyenne : 45 à 60 méq. pour la fraction argileuse.

Sur pentes légères, les sols sont un peu moins évolués et sont du type *sols bruns légèrement lessivés*, "Hapludalfs intergrades vers les Inceptisols".

Les phénomènes d'érosion sont très actifs dans la région, et de nombreux versants sont progressivement décapés de leurs couches superficielles qui vont enrichir les fonds de vallées et dépressions. Les sols présentent fréquemment, de ce fait, des phénomènes de troncature importants. Sur les pentes les plus marquées une érosion assez active permet l'apparition en surface, soit des formations à silex, soit des substrats crayeux sous-jacents.

Une unité très largement répartie dans le Laonnois, limite d'extension est des formations picardes, est constituée par la superposition d'un limon d'apport assez récent, soit par voie éolienne, soit par voie de ruissellement et d'un matériau plus ancien et plus sableux, portant des traces d'une évolution assez poussée.

Les formations de Picardie sont caractérisées par deux profils typiques : Soyecourt et Le Hamel qui sont présentés en annexe.

### SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Lorsque les *argiles à silex* affleurent, les sols développés au sein de ces matériaux sont du type *sol brun*, "Eutrochrepts dystriques". La variation texturale enregistrée en fonction de la profondeur, dans ces dépôts, semble donc pratiquement due à une hétérogénéité du matériau originel. Cependant, une influence limoneuse dans les couches superficielles est très souvent liée à l'apparition de phénomènes d'illuviation peu accentués.

Les produits de solifluxion ou *limons hétérogènes* possèdent une charge variable en fragments de craie. Suivant l'importance de cette charge et de la teneur en CaCO<sub>3</sub>, ces sols sont des *sols bruns calcaires, calciques*, parfois des *sols bruns très légèrement lessivés*, "Eutrochrepts typiques, rendolliques, dystriques".

Sur les pentes les plus fortes où la majorité de la couverture a été érodée, nous sommes en présence de *sols d'érosion calcaires*, du type *rendzines*, "Rendolls, Eutrochrepts rendolliques".

Les *colluvions et alluvions* observées dans les petits vallons secs, les dépressions et les vallées principales sont constituées par des formations limoneuses généralement faiblement développées, *sols peu évolués d'apport*, "Haplaquents typiques ou aériques, Udifluents typiques, aquiques".

La région Picardie présente également, répartis dans le paysage, quelques lambeaux d'Eocène inférieur, le plus souvent de texture sableuse ou sablo-argileuse, souvent remaniés par l'érosion, au sein desquels des développements très variés peuvent être observés, allant du *sol eutrophe* sur formation argileuse au *podzol-lamo-ferrique* sur dépôts sableux.

L'économie en eau est particulière aux pays crayeux : les limons profonds ont un régime hydrique favorable, les sols superficiels sont assez secs du fait d'un drainage externe le plus souvent assez rapide et de la faible quantité d'eau utile retenue. L'argile à silex peut localement, sur pentes très faibles, entraver quelque peu le drainage.

En ce qui concerne l'hydrologie proprement dite, la craie fissurée laisse passer l'eau très aisément jusqu'au niveau de sources résurgentes (sommets) au contact de formations plus imperméables.

Le réseau hydrographique observé actuellement est en fait constitué par la surimposition du réseau tertiaire à la craie sous-jacente au fur et à mesure de son déblaiement par les phénomènes d'érosion.

#### *Extrait de la carte des sols Bohain 5.6.*

L'extension du manteau limoneux en région picarde ressort bien à l'examen de la carte présentée. Les sols peu érodés sont présents sur les dômes et interfluves les plus larges, tandis que les sols à profils fortement décapés, pour lesquels l'"ergeron" apparaît dans le profil, sont localisés sur versants, aux ruptures de pentes.

Des lambeaux argilo-sableux de l'Eocène, répartis à la surface de la craie, affleurent par endroits et portent des sols bruns et sols bruns faiblement lessivés.

Trois unités principales de sols calcimagnésiques se dissocient, en fonction de la profondeur d'apparition du substrat crayeux.

Les dépressions colluviales, assez larges, sont sèches, tandis que les fonds alluviaux offrent des zones franchement humides, avec présence locale de sols hydromorphes organiques.

## COUPE SCHEMATIQUE D'UN VERSANT PICARD

A - B <sub>t</sub> - C <sub>1</sub> - C <sub>2</sub>	A - B <sub>t</sub> C <sub>1</sub> - C <sub>2</sub>	A.(B) C <sub>1</sub> - R	A.(B) - R A.C A.R	A - (B) - C	A - C
Sols bruns lessivés	Sols bruns	Sols bruns calcaires et calcaies Rendzines	Sols bruns calciques	Sols bruns modaux	Sols peu évolués colluviaux

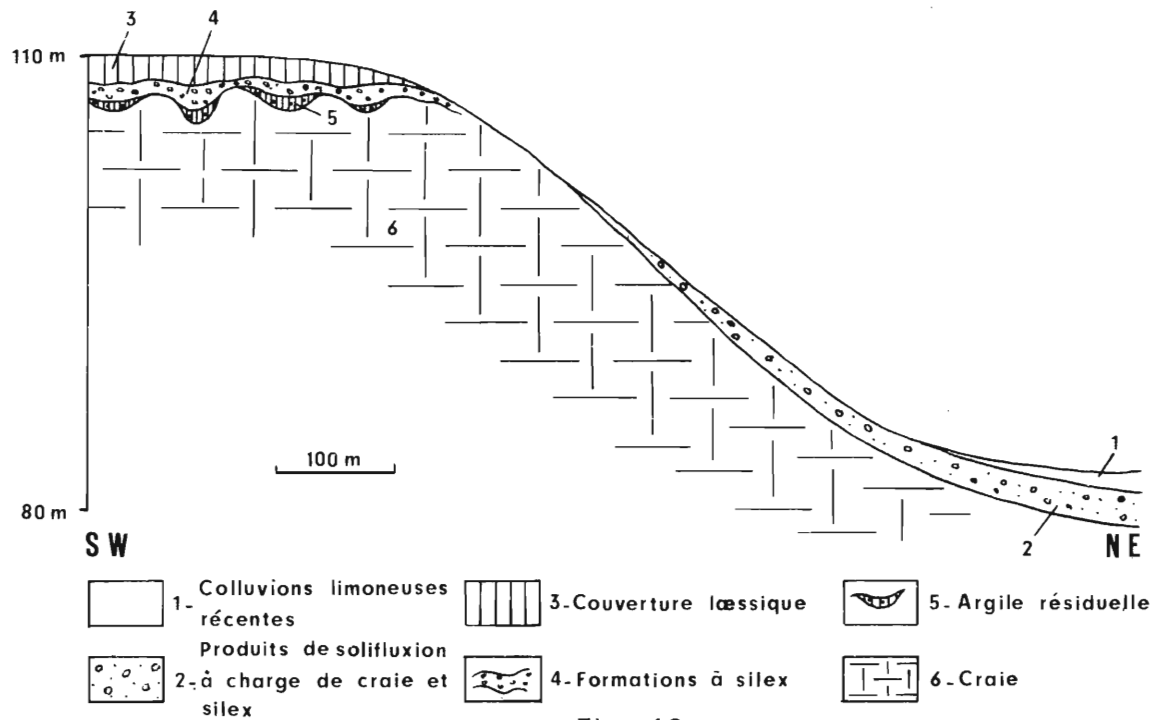


Fig. 16



PICARDIE - Bohain 5 - 6

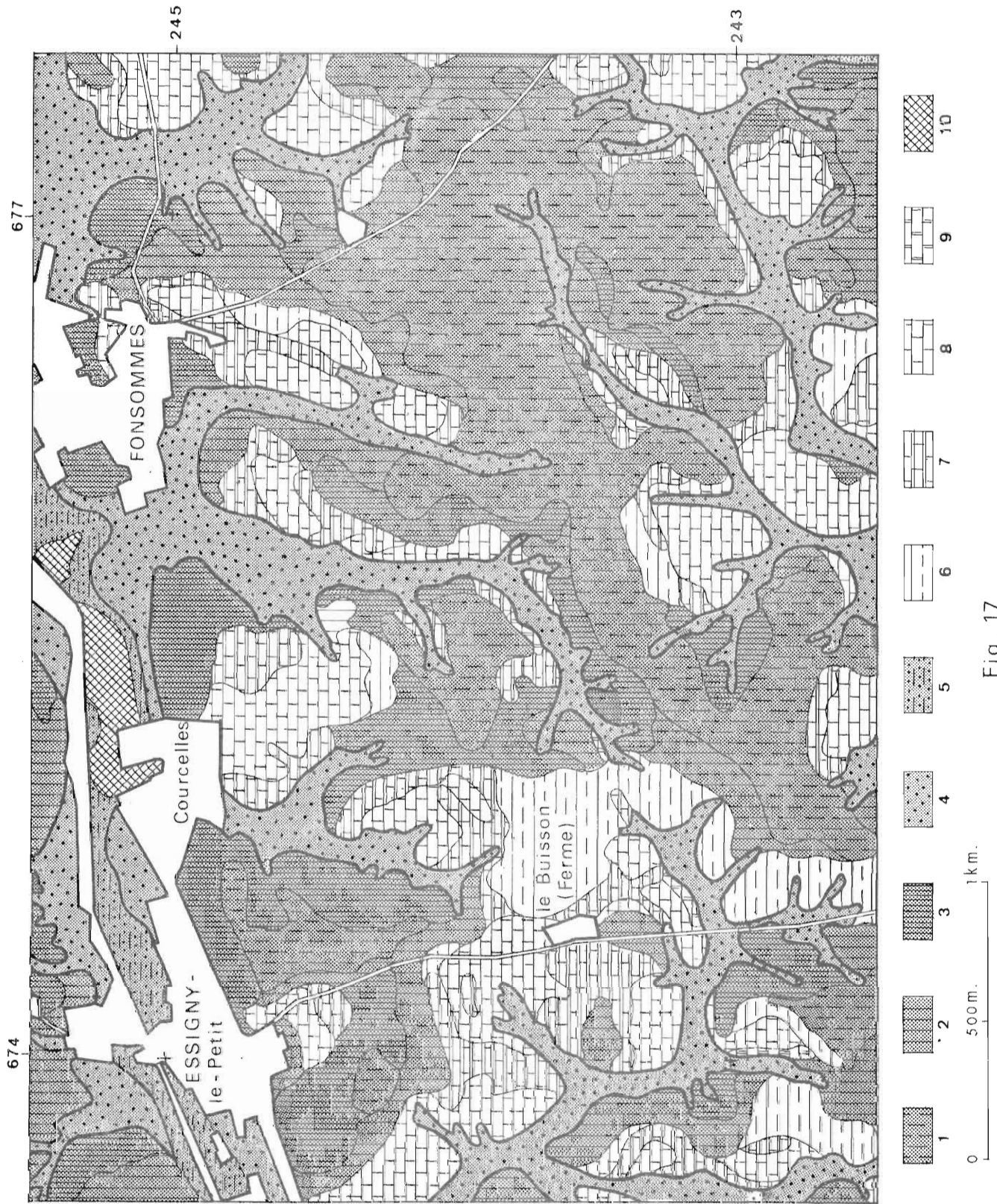


Fig. 17



*Légende.*

Sols sur matériaux limoneux

1. Sols bruns lessivés, limoneux, un peu érodés.
2. Sols bruns lessivés, limoneux, modérément érodés.
3. Sols bruns lessivés, limoneux, fortement érodés.
4. Sols peu évolués d'apport, limoneux.
5. Sols peu évolués d'apport, limoneux, à pseudogley.

Sols sur autres matériaux

6. Sols bruns et sols bruns faiblement lessivés, argileux à sablo-argileux, localement à pseudogley.
7. Sols calcimagnésiques : sols bruns calcaires et calciques sur substrat crayeux.
8. Sols calcimagnésiques : rendzines et sols bruns calcaires sur substrat crayeux.
9. Rendzines et sols d'érosion sur craie.
10. Sols hydromorphes organiques.

*Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux de Picardie.*

Les sols limoneux profonds de Picardie sont parmi les meilleurs sols du Nord de la France, leur profil cultural est excellent : structure stable, saturation importante, réserve en eau très élevée. Cependant une caractéristique essentielle de l'évolution actuelle des superficies limoneuses est l'intense activité de l'érosion que l'on y observe sur les pentes. La mise en culture intensive et la mauvaise orientation très fréquente des labours provoquent un décapage accentué des couches superficielles. Nombreux sont les versants où d'année en année apparaissent de plus en plus nettement et de plus en plus haut sur les pentes les formations crayeuses très superficielles.

Cette région est le domaine de la "terre à brique" largement décrite par A. Demolon, G. Joret et tout particulièrement H. Malterre (1946). Même lorsque cet horizon limono-argileux n'affleure pas en tant que tel, l'action des pratiques culturales intègre le plus souvent une teneur en argile importante dans l'horizon Ap.

Des caractères essentiels des sols de Picardie sont constitués par la présence fréquente d'un loess peu évolué en profondeur, et les phénomènes de recarbonatation qu'on peut y observer, soit au sein du loess lui-même, soit au niveau d'un limon plus ancien sous-jacent.

Les problèmes de la décarbonatation et de la "lehmification" s'y posent clairement, et nous tenterons dans un chapitre ultérieur d'analyser les processus d'altération intervenant dans le matériau original, indépendamment de la pédogenèse proprement dite.

Les caractères d'illuviation sont très évidents dans la majorité de ces sols qui constituent pour la plupart des sols bruns lessivés très typiques. Cependant, dans certaines positions géomorphologiques, les facteurs de la genèse n'ont pu agir avec autant d'intensité et nous pourrions être en présence localement de sols nettement moins évolués : sols bruns faiblement lessivés, sols bruns calciques, calcaires quelquefois.



## 2.36. LES SOLS DU SOISSONNAIS

Les matériaux originaux au sein desquels les sols du Soissonnais se sont développés sont très variés.

Les formations tertiaires sont principalement représentées par des sables, des argiles et des calcaires ; les dépôts quaternaires sont constitués soit par la couverture loessique, soit par des produits hétérogènes de solifluxion et de remaniements anciens ; les dépôts holocènes sont représentés par les colluvions et alluvions récentes, de granulométrie variable.

Nous pouvons distinguer des limons homogènes qui forment la couverture loessique des plateaux et des limons hétérogènes constitués par des produits de solifluxion contenant souvent une charge assez importante en éléments grossiers.

Les sols du *Valois* et l'*Orxois*, très analogues, sont également traités dans ce paragraphe, ainsi que ceux de la bordure nord du *Tardenois*.

### SOLS SUR MATÉRIAUX LIMONEUX

La granulométrie de la couverture loessique du Soissonnais présente une certaine variation dans la teneur en sables. Certains dépôts sont très purs, d'autres peuvent avoir été influencés par les sables des nombreuses formations tertiaires avoisinantes. La texture en est donc limoneuse à limono-sableuse localement.

Le développement le plus fréquemment observé, dans un relief normal, est celui de *sol brun lessivé* ou de *sol lessivé*, "Hapludalfs typiques", "aquiques", très localement.

Etant donné l'ancienneté et l'intensité de la mise en culture, des profils non érodés ne peuvent s'observer que sous-forêt, les sols cultivés ayant pratiquement tous subi l'action d'une érosion anthropique importante. L'horizon d'accumulation d'argile apparaît de ce fait très souvent en surface, influençant fortement la couche arable, nous sommes alors en présence des "terres rouges" du Soissonnais. Il n'est pas rare d'observer, dans les sols les plus tronqués, l'apparition à profondeur moyenne du loess décarbonaté ou même du loess calcaire.

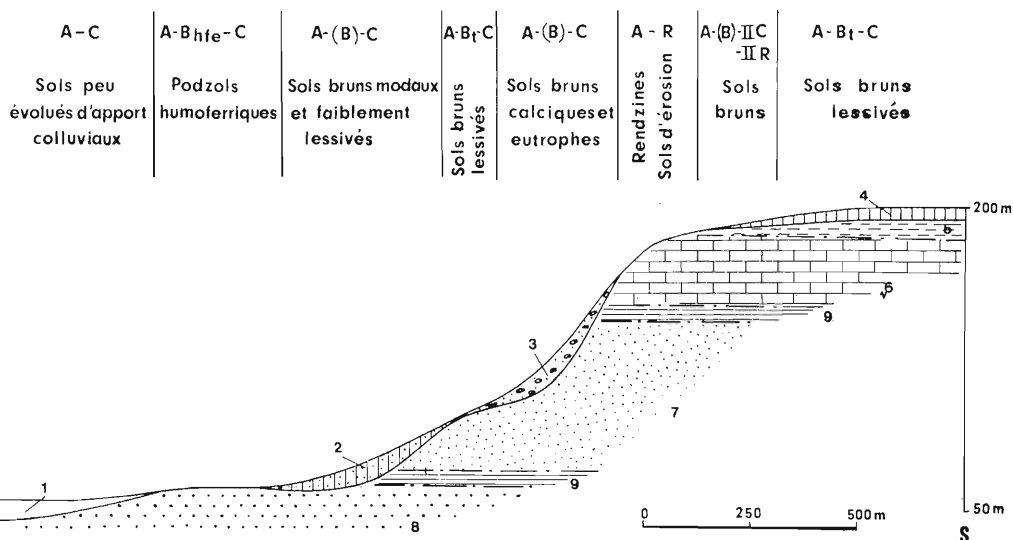
La mise en culture très ancienne a fortement marqué l'horizon Bt qui, indépendamment d'une activité biologique très importante, porte la trace de déplacements colloïdaux très riches en matière organique. Ces sols, à horizon Bt "anthropique", correspondent aux "Agrudalfs" de la classification américaine.

Une décarbonatation des couches superficielles provoque fréquemment l'apparition en profondeur de niveaux d'accumulation de carbonates secondaires, avec formations d'horizons d'enrichissement calcaire (Cca).

La capacité d'échange de l'argile est moyenne ; sous culture ces sols sont toujours fortement saturés, mais l'influence anthropique a profondément modifié les conditions originelles de ces sols. La structure est généralement assez stable, la densité apparente est de l'ordre de 1,6, la porosité totale de 35 à 40 % dans les horizons B, les réserves en eau sont importantes : 250 mm par mètre en moyenne.

On notera cependant certains secteurs où le limon de couverture, très mince, a été mélangé à un limon nettement plus ancien sous-jacent, et constituant un sol vieux très développé et hydromorphe. Les sols

## COUPE SCHEMATIQUE DE LA FALAISE D'ILE-DE-FRANCE - VERSANT NORD



## COUPE SCHEMATIQUE D'UN REVERS SUD

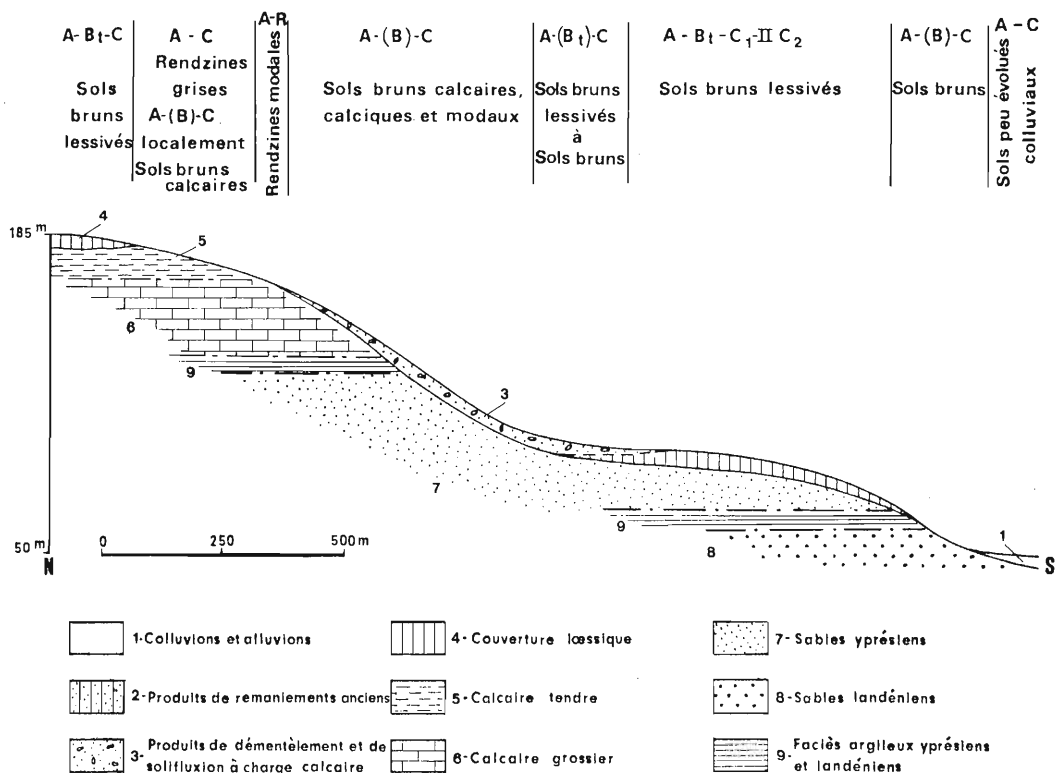


Fig. 18



observés dans ces situations ont atteint un degré d'évolution très important présentant quelquefois, sous végétation naturelle, une tendance très nette à la podzolisation superficielle ; leur drainage naturel est généralement très défavorable.

Les sols de l'Orxois, situés plus au sud, présentent des caractéristiques très analogues aux formations typiques du Soissonnais. A drainage généralement favorable, ils sont développés en *sols bruns lessivés*.

Les développements observés dans les produits de solifluxion hétérogènes à matrice limoneuse, et situés sur pente, sont évidemment moins importants, il s'agit d'une manière générale de *sols bruns faiblement lessivés*.

Nous avons choisi six *profils* typiques du Soissonnais. Cinq d'entre eux : Craonne 18, La Fère 2, Craonne 6, Craonne 47 et Laon 1, sont caractéristiques de la couverture récente, le dernier : La Fère 6, représente l'influence très nette de matériaux anciens sur le développement actuellement observé en surface. Les trois premiers sont présentés en annexe.

#### SOLS SUR AUTRES MATERIAUX

Les *limons hétérogènes* présentent généralement un développement peu avancé, *sol brun à sol brun faiblement lessivé*. La teneur en calcaire et la présence fréquente d'un substrat à profondeur peu importante ont généralement contribué à entraver l'évolution ; nous sommes donc en présence d'"Eutrochrepts dystriques" ainsi que de "Hapludalfs" à B argillique peu différencié.

Les *matériaux calcaires du Lutétien* sont à l'origine de sols calcimagnésiques assez variés. Notons tout d'abord que dans la majorité des cas, le substrat calcaire est enfoui sous des produits allochtones ou colluvionnés, lorsqu'il n'est pas recouvert par une épaisseur plus ou moins importante de limon homogène.

Là où les conditions topographiques ont permis l'affleurement de matériaux calcaires soumis aux agents de la gonèse, des sols du type *rendzines* se sont en général développés, *rendzines noires* forestières ou *rendzines grises*, "Rendolls" ou "Eutrochrepts rendolliques".

Dans certaines conditions de relief, nous observons des sols plus évolués, brunifiés, du type *rendzines* ou *sols bruns calcaires* développés dans des argiles de dissolution très lourdes et très bien structurées, "Hapludolls typiques". Leur porosité est très importante, la teneur en eau utile est bonne, la faible profondeur constituant cependant toujours un facteur limitant du point de vue agricole.

La presque totalité des sols développés dans des *argiles sableuses* ou *argiles* et situés sur plateaux et pentes, sont des *sols bruns* ou *sols bruns calcaires*. "Eutrochrepts dystriques ou typiques", caractérisés par un développement structural. Une partie d'entre eux, situés sur pente forte, peuvent constituer des *regosols* ou des *sols peu évolués d'érosion*, "Udorthents lithiques" ; quelques niveaux du Lutétien supérieur sont dans ce cas.

Certains sols bruns développés dans des argiles sparnacées possèdent un développement structural particulier, caractérisé par une structure du type prismatique grossière dont les faces structurales présentent un aspect conchoïdal, chaque agrégat constituant une fraction de faisceau tronqué aux deux extrémités et de section polygonale irrégulière.

De nombreuses patines ("slickensides") s'observent sur les faces structurales, principalement verticales, qui constituent donc des faces de glissement. Nous serions là en transition vers des formations appartenant à l'ordre des "Vertisols".

Les alluvions modernes de l'Aisne, de granulométrie argilo-sableuse, représentent des *sols peu évolués d'apport*, "Haplaquents typiques", "Udifluents typiques ou aquiques".

Les sols développés dans les *matériaux sableux* présentent un degré d'évolution très variable. Il y a lieu de faire une distinction entre les sables de Cuis, les sables du Landénien et les sables du Bartonien.

Les sables yprésiens qui forment le soutien du calcaire lutétien n'affleurent que sur des pentes très fortes ou sur des replats en pleine pente, ils sont en fait le plus fréquemment recouverts par des produits de remaniement et d'épandage sur pentes constituées par le démantèlement des assises supérieures.

On constate tout d'abord sur certaines pentes convexes la présence de *sols bruts d'érosion* : "Udipsamments typiques" relativement rares cependant. Les sols sur pentes et piémonts sont donc pour la majorité des *sols bruns*, plus ou moins calcaires suivant leur teneur en CaCO<sub>3</sub> fournie par les débris des étages lutéliens, "Eutrochropts typiques ou dystriques". Au niveau des replats, on observe la présence de *sols lessivés typiques*, présentant un horizon d'accumulation en bandes, "Hapludalfs psammentiques".

Les sables landéniens, situés dans des positions topographiques moins accentuées, sont beaucoup plus évolués et présentent un développement de *podzol humoferrique*, ces podzols possèdent un A<sub>2</sub> très important qui serait caractéristique d'un développement sous climat atlantique, "Haplorthods antiques, typiques, aquiques" (F. de Coninck - 1968).

Les teneurs en matière organique sont très élevées en surface : 15 à 25 % avec des C/N de 14 à 26. Notons que les horizons d'accumulation de ces podzols peuvent quelquefois s'indurer légèrement et prendre un aspect aliotique. On peut localement remarquer la présence de "Thin iron pan". L'horizon d'accumulation d'humus contient en moyenne de 1,5 à 2,5 % de matière organique ; l'indice d'entraînement du fer est très important.

Une mise en culture ancienne, avec façons culturales profondes et apport de matériaux organiques, a provoqué l'apparition en d'assez nombreuses zones, de sols du type *post-podzol* (R. Tavernier et J. Amerijckx - 1957) avec un Ap très important et un horizon B humoferrique en partie démantelé.

Ces podzols sont fréquemment recouverts par des dépôts sableux plus récents dont l'origine est supposée due à des remaniements éoliens ou de ruissellement, et où un développement de *sol podzologique* peut actuellement s'observer.

Les sables bartoniens d'extension assez réduite en Soissonnais, mais beaucoup plus large en Tardenois, sont développés en *podzol humoferrique*, "Haplorthod typique". On note également la présence de *podzols hydromorphes* assez peu différenciés qui seraient à classer comme "Aquods".

De nombreuses formations d'apport de texture sableuse tapisent d'autre part les parties basses du relief. Leur composition granulométrique et leur développement sont essentiellement variables selon leurs conditions de dépôt et leur âge, quelquefois ancien : *sols lessivés*, localement à tendance podzologique, *sols bruns oligotrophes*, *sols peu évolués*. On y relève donc la présence d'"Hapludalfs psammentiques, glossaquiens, aquiques", d'"Haplumbropt quartzipsammentique ou orthopsammentique", de "Quartzipsamments typiques, aquiques, spodiques", d'"Udipsamments typiques".

Les *matériaux sablo-argileux* sont typiquement issus de remaniements et d'apports divers, leur degré de développement peu atteindre par endroits le stade de *sol brun lessivé*, "Hapludalf typique". La majorité d'entre eux sont des *sols bruns* et des *sols bruns calcaires*, "Eutrochrepts dystriques ou typiques". Des *sols peu évolués* sont liés à la présence des alluvions graveleuses de l'Aisne : "grèves" plus ou moins calcaireuses, "Udifluents typiques ou aquiques".

En ce qui concerne l'économie en eau, le relief différentiel du bassin intervient d'une manière prépondérante.

L'influence de la topographie se fait particulièrement sentir dans les paysages à relief fortement marqué, sur pente forte et aux ruptures de pentes situées aux abords des falaises tertiaires de calcaire grossier qui surplombent les dépressions de Laon et des principales vallées. Le ruissellement des eaux de pluie y est variable suivant la perméabilité du substrat, le drainage externe y est en général moyen à rapide.

Sur les reliefs normaux faiblement ondulés des plateaux et des larges lignes de crêtes, le ruissellement superficiel est faible, le drainage externe moyen, et dans les zones à substrat peu perméable, ces drainages peuvent être lents à très lents et même stagnants.

Les reliefs subnormaux et concaves des vallées et dépressions importantes ne permettent plus aux eaux de ruissellement de s'évacuer de manière favorable, les drainages externes y sont donc généralement lents à très lents, stagnants localement.

La nappe phréatique de base des vallées très mal drainées de l'Aillette et de la Bièvre ainsi que de l'Aisne est située au niveau des argiles lourdes du Sparnacien. Cette nappe aquifère importante et à caractère permanent constitue le niveau hydrologique de ces bassins.

Des nappes aquifères temporaires caractérisent, comme nous l'avons vu plus haut, les faciès supérieurs, régressifs, continentaux ou lagunaires de tous les étages de l'Eocène inférieur : argile à lignites pour le Landénien, argile de Laon pour l'Yprésien, argile de Saint-Gobain pour le Lutétien. Elles font localement sentir leurs effets sur les plateaux, suspendues au niveau de substrats géologiques imperméables faisant le plus souvent partie des faciès supérieurs du Lutétien. Les points hauts des deux premiers plateaux montrent notamment de nombreuses plages d'hydromorphie au sein des limons de couverture, provoquées par la présence de lentilles argileuses en profondeur.

Une ligne de sources assez constante marque le niveau de l'argile de Laon, située à la partie supérieure de l'Yprésien et constitue un bel exemple de localisation de l'habitat, de nombreux villages étant accrochés en pleine pente au contact Lutétien-Yprésien. Des nappes perchées sont d'autre part à l'origine des zones humides et tourbeuses présentes sur les pentes.

Une seconde ligne de sources à débit moins marqué mais plus constant s'observe à une altitude inférieure, au niveau de substrats argileux du Sparnacien, provoquant également l'engorgement de petites plages bien localisées dans le paysage.

Il faut noter l'économie hydrique particulière de certains sols graveleux et fortement calcarifères des alluvions de l'Aisne qui, présentant des caractères d'hydromorphie peu marqués, sont cependant périodiquement inondables.

Pour illustrer la répartition des sols, nous présentons ci-dessous deux esquisses cartographiques correspondant respectivement à la bordure nord de la région et à sa partie centrale.

*Extrait de la carte des sols La Fère 7.8.*

Le document représente un secteur de l'importante forêt de Saint-Gobain située sur une avancée des formations de l'Ile-de-France. Deux particularités apparaissent immédiatement, d'une part la présence sur d'assez grandes superficies de matériaux limono-sableux, d'autre part la faible proportion de sols limoneux érodés.

Les matériaux loessiques ont en effet été fortement influencés par les nombreux faciès sableux des assises de l'Eocène supérieur, particulièrement lorsque leur épaisseur est peu importante, tandis qu'une colonisation forestière très ancienne n'a pas permis aux phénomènes d'érosion de décaper les horizons supérieurs des sols localisés sur la surface du plateau.

Nous n'avons pas dissocié, sur cette carte, les sols à pseudogley que l'on trouve répartis en association avec ceux à drainage favorable. L'hydromorphie y est essentiellement due à la présence à faible profondeur de substrats très argileux de l'Eocène.

*Légende.*

Sols sur matériaux limoneux

1. Sols lessivés et lessivés à pseudogley, non érodés.
2. Sols lessivés, érodés.
3. Sols bruns lessivés et lessivés, limono-sableux.
4. Sols peu évolués d'apport.

Sols sur autres matériaux

5. Sols d'apport, limono-sableux.
6. Sols bruns lessivés et sols bruns à pseudogley, limono-argileux, à substrat argileux.
7. Sols argileux hydromorphes.
8. Sols bruns calciques et eutrophes, sableux ou sablo-argileux, de pente.
9. Sols calcimagnésiques, argileux, à substrat calcaire.
10. Sols calcimagnésiques, limono-sableux, à substrat calcaire.
11. Sols podzoliques et podzols, sableux ou sablo-limoneux.
12. Sols hydromorphes organiques.

*Extrait de la carte des sols Craonne 5.6.*

Nous sommes en plein centre des plateaux du Soissonnais ; une couverture épaisse de limon très pur recouvre la surface structurale du calcaire grossier du Lutétien. L'érosion est intervenue très progressivement et, pour mettre en évidence ce phénomène, nous avons été amenés à représenter deux phases d'érosion successives.

Tous les sols limoneux sont ici favorablement drainés.

SOISSONNAIS - La Fère 7-8

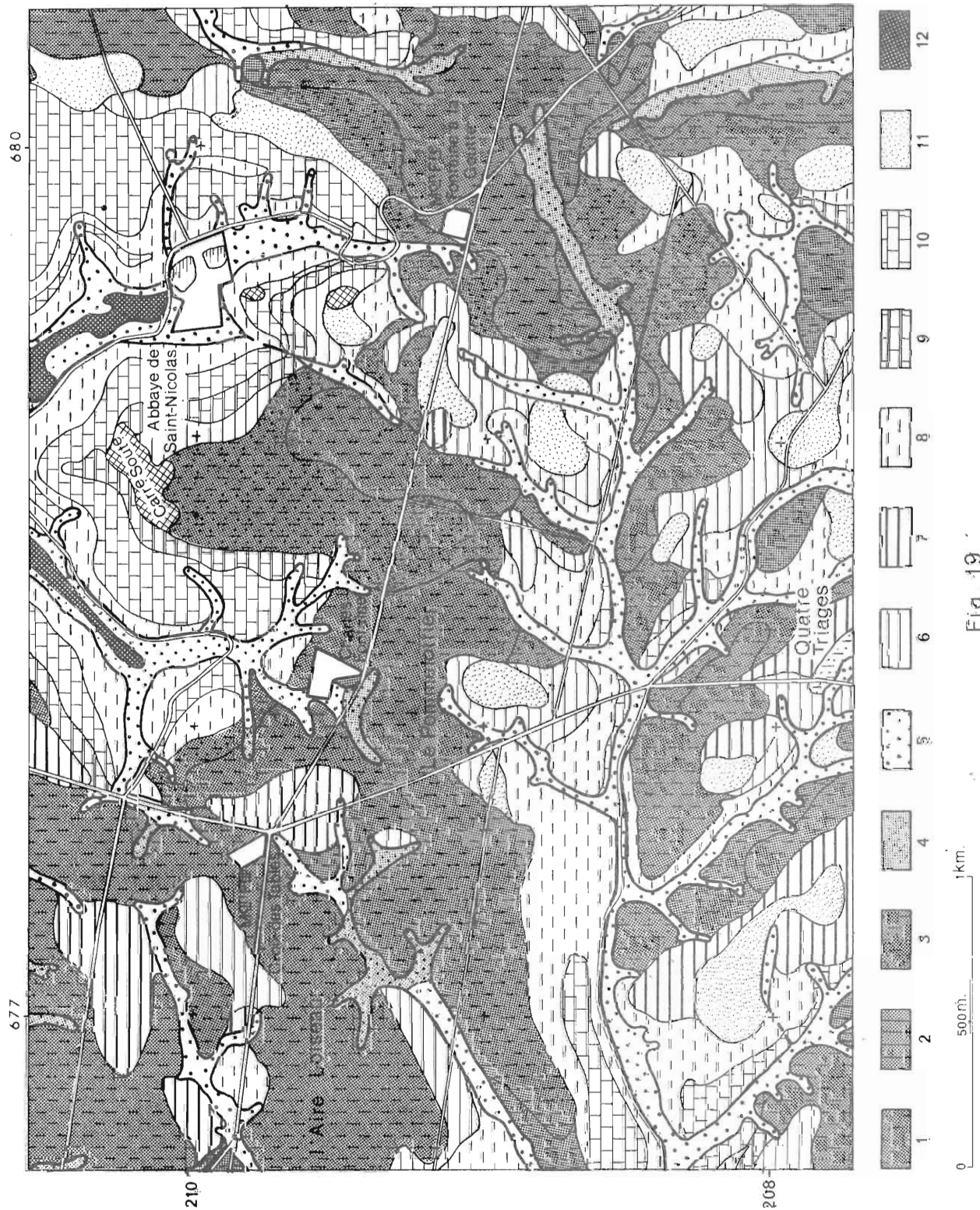


Fig. 19





# SOISSONNAIS - Craonne 5-6

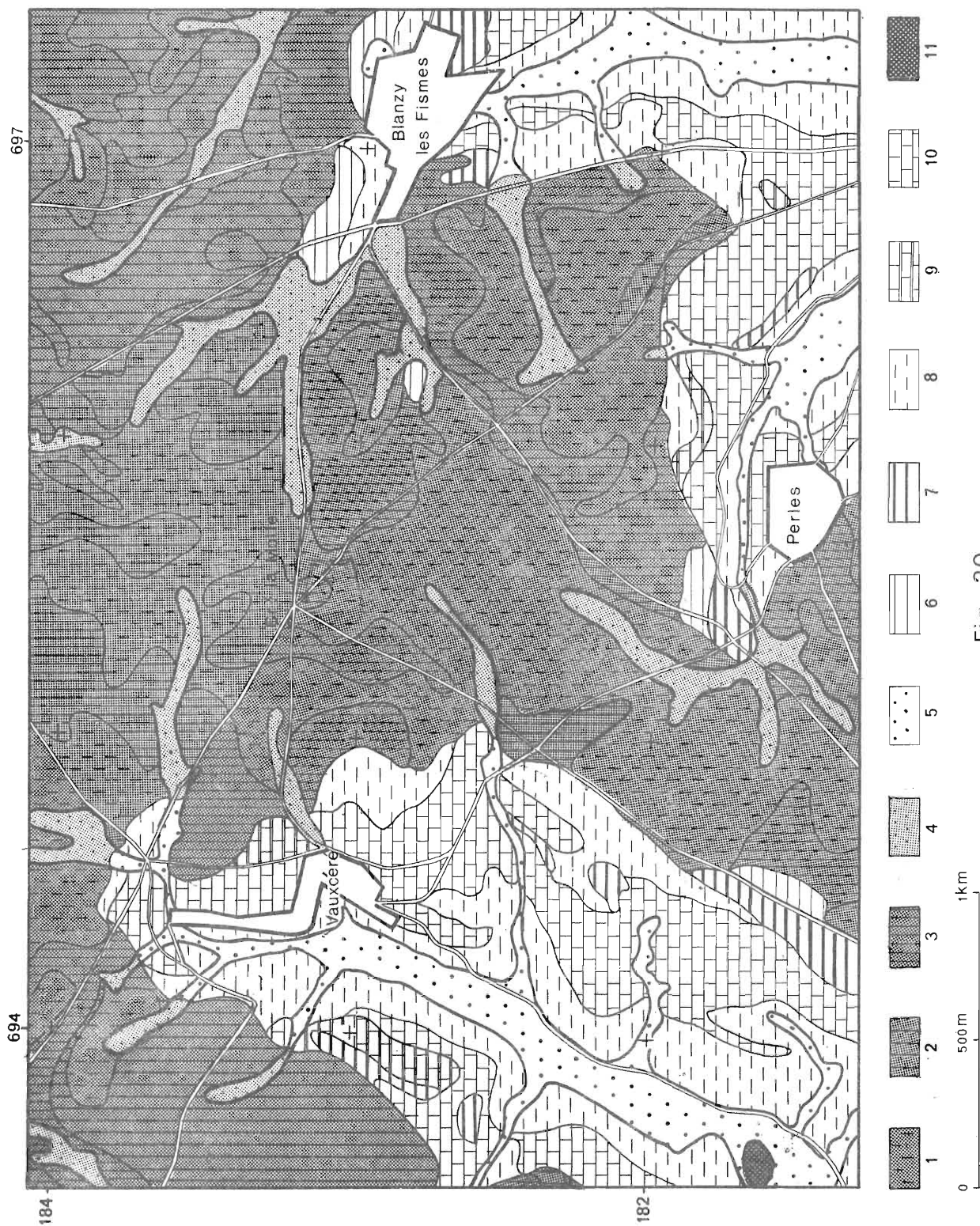


Fig. 20



## *Légende*

### Soils sur matériaux limoneux

1. Soils bruns lessivés et lessivés, faiblement érodés.
2. Soils bruns lessivés et lessivés, modérément érodés.
3. Soils bruns lessivés et lessivés, tronqués.
4. Soils peu évolués d'apport, colluviaux.

### Soils sur autres matériaux

5. Soils d'apport, limono-sableux et sablo-argileux.
6. Soils bruns lessivés, à substrat argileux.
7. Soils bruns eutrophes, argileux.
8. Soils bruns argilo-sableux et sablo-argileux de pente.
9. Soils calcimagnésiques, argileux, à substrat calcaire.
10. Soils calcimagnésiques, calcaro-sableux, à substrat calcaire.
11. Soils hydromorphes organiques.

## *Conclusions sur les caractères principaux des soils limoneux du Soissonnais.*

Par rapport aux autres soils limoneux de la région étudiée, ceux du Soissonnais possèdent une teneur en sable généralement plus importante. Cette teneur est variable selon les secteurs et les différents dépôts ; la variation peut parfois être très progressive au sein d'une même couverture.

Ce caractère semble avoir influencé quelque peu la rapidité d'évolution des soils qui paraissent plus développés que les soils picarde situés sur des matériaux vraisemblablement contemporains mais plus purement limoneux. On observe en effet une désaturation et acidification plus rapides, ainsi qu'une tendance à la perte de porosité et à l'apparition de conditions d'engorgement temporaires dans le solum. Quelques symptômes de dégradation initiale peuvent apparaître dans des soils forestiers désaturés.

On retrouve d'autre part dans les soils du Soissonnais les caractères généraux de la couverture de loesse récent, comme par exemple les phénomènes de recarbonatation des niveaux enfouis en profondeur ; cet aspect sera développé en troisième partie.

### 2.37. LES SOLS DE HAUTE-BRIE

La caractéristique principale des soils de la Haute-Brie est l'importance prise par les formations limoneuses : couverture homogène sur les plateaux, influence marquée sur la majorité des soils de pentes et des alluvions et colluvions. La plus grande partie des soils observés se sont donc développés dans les limons de couverture et dans des produits de solifluxion hétérogènes où des éléments des différents substrats tertiaires ont été mélangés au limon.

D'autre part, des soils ont pu se développer sur pentes dans des matériaux tertiaires, sables de l'Yprésien, calcaires assez siliceux du Lutétien, sables et formations calcaires du Bartonien, argiles du Sannoisien, très localement sables stampiens remaniés.

Les soils de la partie méridionale du *Hardenois*, situés sur substrat oligocène, sont très analogues à ceux que nous décrivons ci-après.

## SOLS SUR MATERIAUX LIMONEUX

Les limons des plateaux de Haute-Brie présentent un développement pédogénétique très avancé par rapport aux autres matériaux limoneux de la région étudiée. Les sols y sont fortement lessivés et portent la marque d'une dégradation importante. Une véritable "dissolution" de la partie supérieure de l'horizon Bt provoque l'apparition de poches et langues de matériaux très lessivés, faciès qui correspond au "tonguing" des auteurs anglo-saxons. L'horizon A & B ainsi formé est lié à l'approfondissement progressif de l'horizon A<sub>2</sub> éluvial, et est en relation avec une illuviation dite "secondaire" en milieu hydromorphe temporaire (Jamagne - 1964, Hébert et Jamagne - 1964).

On peut localement constater, sous une couverture très acidifiante, l'apparition de certains phénomènes de podzolisation dans la partie supérieure de l'horizon lessivé. Le type d'humus est alors un moder, quelquefois un mor dans les cas les plus accentués, où une couche d'humification H est présente.

Cette évolution importante est liée à la formation en profondeur d'un horizon très compact, du type "fragipan", et ceci relativement indépendamment de l'accumulation d'argile. Cet horizon se surimpose au développement du solum très souvent au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>, parfois dès la base du B<sub>2</sub> et fréquemment jusque dans le C.

Un maximum de développement de l'horizon compact semble lié, dans la région étudiée, à des zones présentant un relief subnormal, en relation avec des conditions très alternatives d'économie en eau. Sur pente douce, et dès que le relief caractérise un drainage externe légèrement plus marqué, les sols semblent un peu moins évolués et le degré de différenciation de l'horizon fragipan paraît suivre assez étroitement les différents états d'évolution de l'ensemble du solum. Les caractéristiques morphologiques et analytiques de l'horizon compact varient donc le plus souvent dans le même sens que le profil du sol.

Les aspects morphologiques les plus typiques de l'horizon compact en sont la structure prismatique très grossière à sous-structure lamellaire ou polyédrique, ainsi que la consistance qui varie considérablement en fonction de l'humidité du sol.

L'indice d'entraînement d'argile de ces sols est très proche ou supérieur à 2, l'indice du fer libre pouvant être plus élevé.

La saturation du complexe est faible en surface et augmente progressivement en fonction de la profondeur ; le pH est généralement inférieur à 5 dans les horizons de surface sous forêt, celui des horizons profonds variant de 5 à 6.

La teneur en matière organique des horizons humifères sous végétation naturelle est le plus souvent comprise entre 5 et 8 %, le rapport C/N est fréquemment assez élevé, compris entre 11 et 17.

La capacité d'échange cationique de la fraction argileuse varie entre 20 et 40 méq. dans les horizons dégradés, à des valeurs de l'ordre de 40/50 méq. dans les horizons inférieurs.

La densité apparente varie très fortement suivant les horizons génétiques ; comprise entre 1,3 et 1,6 dans la partie supérieure du solum, elle passe par un maximum de 1,7 à 1,9 au niveau du fragipan, puis rediminue légèrement en profondeur. Liée à cette variation, la porosité totale montre un minimum marqué dans l'horizon compact ; une entrave importante à la percolation intervient à ce niveau et y crée une zone d'engorgement. Une nappe aquifère à caractère essentiellement temporaire y apparaît, provoquant un drainage typiquement alternatif. Ces terres sont donc pour la plupart imparfaitement ou mal drainées.

Ces sols en raison du lessivage intense, présentent en surface un rapport limon-argile élevé prédisposant aux phénomènes d'érosion du type "battance". Cette susceptibilité à l'érosion se manifeste dès qu'une pente légère intervient, l'eau s'écoule en entraînant les matériaux légers de surface dans les petits talwegs des plateaux. Lorsque la pente s'accroît, on assiste à un décapage important de l'horizon éluvial, qui peut aller jusqu'au niveau des horizons d'accumulation.

Ces formations très évoluées constituent des *sols fortement lessivés, dégradés, glossiques, à pseudogley*. Cependant, certains d'entre eux doivent être rattachés, de par leur économie hydrique, aux *sols hydromorphes lessivés*. Ils sont à classer comme "Fragiudals typiques, glossiques ou aquiques", "Fraglossudals aquiques", "Fragiaqualfs ou Glossaqualfs typiques", lorsque très humides.

Localement, en conditions d'hydromorphie importante, l'aspect glossique peut faire place à une transition plus brutale entre A<sub>2</sub> et Bt, conférant aux sols une morphologie s'approchant de celle des "planosols", *sols lessivés planosoliques*, intergrades vers les "Albaqualfs".

En bordure de plateau les sols sont cependant moins évolués, ils sont du type *sols bruns lessivés et sols lessivés* : "Hapludals typiques, aquiques ou glossiques".

Il faut remarquer, sur les plateaux, l'extension assez importante de matériaux issus de remaniements et colluvionnements locaux et reposant sur sol enfoui, phénomènes liés à la très faible stabilité des "limons blancs" très appauvris.

Dans la partie sud du secteur une couverture de limon plus récent apparaît en superposition ; le développement observé y est alors du type *sols brun lessivés*.

Les alluvions et colluvions limoneuses ne sont caractérisées que par la présence d'un horizon A<sub>1</sub> plus ou moins développé, très peu d'"épipedons histiques" ont été observés. Ces formations constituent des sols peu évolués d'apport, "Haploquents typiques" ainsi que "Udifluvents typiques ou aquiques".

Les sols du Tardenois présentent beaucoup d'analogies avec ceux de la Haute-Brie. Cependant, la couverture de limon est parfois moins épaisse et subit l'influence de substrats argileux tertiaires situés en profondeur.

Ils constituent des *sols lessivés plus ou moins dégradés, à pseudogley* : "Hapludals typiques, aquiques ou glossiques".

Étant donné l'importance très grande prise par le stade d'évolution atteint par les sols de la Haute-Brie, nous avons pensé indispensable de présenter un nombre plus important de *profils* caractéristiques que pour les autres régions. Nous en examinerons huit dont trois immédiatement pour caractériser la région ; ces derniers, Montmirail 71, Noeux 44, Chatou-Thierry 25, sont présentés en annexe.

Les deux premiers constituent des *sols lessivés glossiques à pseudogley typique*, celui de Chatou-Thierry étant assez nettement à tendance planosolique.

#### SOLS SUR AUTRES MATÉRIAUX

Les *limons hétérogènes* présentent une charge variable en éléments grossiers : fragments de meulière, de calcaire, de grès. Ce sont des produits de salifluxion qui reposent en profondeur sur les substrats tertiaires, fréquemment par l'intermédiaire d'un niveau de cailloutis ; le substrat sous-jacent est donc de ce fait très souvent indépendant, différent de la

charge présente dans les couches superficielles. Les arrêts à la sonde relevés en cartographie systématique sur fragments durs ne constituent donc pas nécessairement un obstacle infranchissable du point de vue biodynamique.

Suivant la topographie, la nature de la charge et la proximité d'un substrat, ces sols sont développés en *sols bruns oligotrophes à eutrophes*, ou *sols bruns lessivés*, "Dystrochrepts typiques ou aquiques, Eutrochrepts dystriques, typiques ou aquiques, ou Hapludalfs glossiques ou aquiques".

La valeur de ces sols dépend essentiellement de l'importance de la charge et de la réserve en eau définie par la profondeur utile.

Les *argiles limoneuses*, principalement constituées par les argiles à meulière sannoisiennes, sont développées en *sols bruns oligotrophes*, "Dystrochrepts typiques ou aquiques", tandis que les *argiles lourdes*, très souvent marneuses, du Bartonien supérieur, localisent généralement des *sols bruns eutrophes*, "Eutrochrepts dystriques, typiques, localement rendolliques" à structure très souvent instable.

Les *matériaux calcaires* présentent des sols à développement très variable selon leur nature et celle de leurs produits d'altération. Les marnes du Ludien et du Sannoisien inférieur sont développées en *sols bruns calcaires* ou *calciques*, "Eutrochrepts typiques ou rendolliques". Des caractères "vertiques" peuvent y être très fortement développés, nous sommes alors en présence de *sols bruns vertiques*, en transition donc vers l'ordre des "Vertisols". Le travertin de Champigny présente, quant à lui, une argile de dissolution vraisemblablement assez ancienne excessivement lourde (70 à 80 % d'argile), mais très bien structurée et pratiquement toujours décarbonatée, un horizon B structural y est fort bien développé, ce sont des *sols bruns eutrophes*, "Eutrochrepts dystriques".

Le calcaire marneux de Saint-Juen est lié à la présence de dépôts d'altération argilo-limoneux ou argileux lourds, souvent encore très calcarières. Les sols observés sont du type *rendzines* ou *rendzines brunifiées*, "Rendolls ou Hapludolls typiques" (M. Jamagne et al. - 1970).

La densité apparente de ces matériaux est généralement très basse, 1,1 à 1,3, la porosité totale atteignant des valeurs voisines de 50 %. La teneur en eau utile est assez élevée, entre 16 et 20 %, la réserve en eau étant cependant limitée par la profondeur. Très stables, ces sols lourds sont assez difficiles à travailler.

Le Lutétien, assez siliceux, s'altère en formations *limono-sableuses* ou *sablo-argileuses* très calcaires, on y observe des *rendzines* ou des *sols bruns calcaires* légèrement remaniés, "Rendolls et Eutrochrepts typiques et rendolliques". Les réserves en eau y sont assez faibles, le drainage quelquefois excessif.

Les *formations sableuses* sont en fait très peu représentées dans les couches superficielles, les assises de l'Yprésien et du Bartonien étant le plus souvent masquées par des produits d'épandage. Il faut cependant noter dans ces formations la présence de sols fossiles du type "Ultisols" pratiquement toujours tronqués au niveau du B<sub>2</sub>t, et qui seraient des vestiges d'une ancienne surface ayant subi l'influence de climats chauds à tendance tropicale.

Les sables stampiens n'affleurent qu'en de très rares endroits, leur extension est très réduite. Leur influence sur les formations limoneuses de couverture est cependant très importante dans certains secteurs des hauts plateaux, où l'on observe des étendues assez larges de *limons sableux*.

## COUPE SCHEMATIQUE D'UNE SEQUENCE PLATEAU-VERSANT DE LA HAUTE-BRIE-VALLÉE DE LA MARNE

<b>A-C</b>	<b>A-(B)-C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub></b>	<b>A-C<sub>1</sub>II C<sub>2</sub></b>	<b>A-C A-R</b>	<b>A-(B)-C</b>	<b>A-C A(B) C</b>	<b>A-(B)-C</b>	<b>A-(B)-C</b>	<b>A-B<sub>t</sub>-C</b>	<b>A-B<sub>t</sub>-B<sub>x</sub>-C</b>
Sols peu évolués colluviaux	Sols bruns eutrophes	Sols peu évolués colluviaux	Rendzines	Sols bruns calciques et modaux	Rendzines Sols bruns calciques	Sols bruns modaux	Sols bruns mésotrophes et oligotrophes	Sols lessivés à pseudogley	Sols lessivés, dégradés, glossiques, à pseudogley, localement à tendance podzolique. Sols hydromorphes lessivés localement.

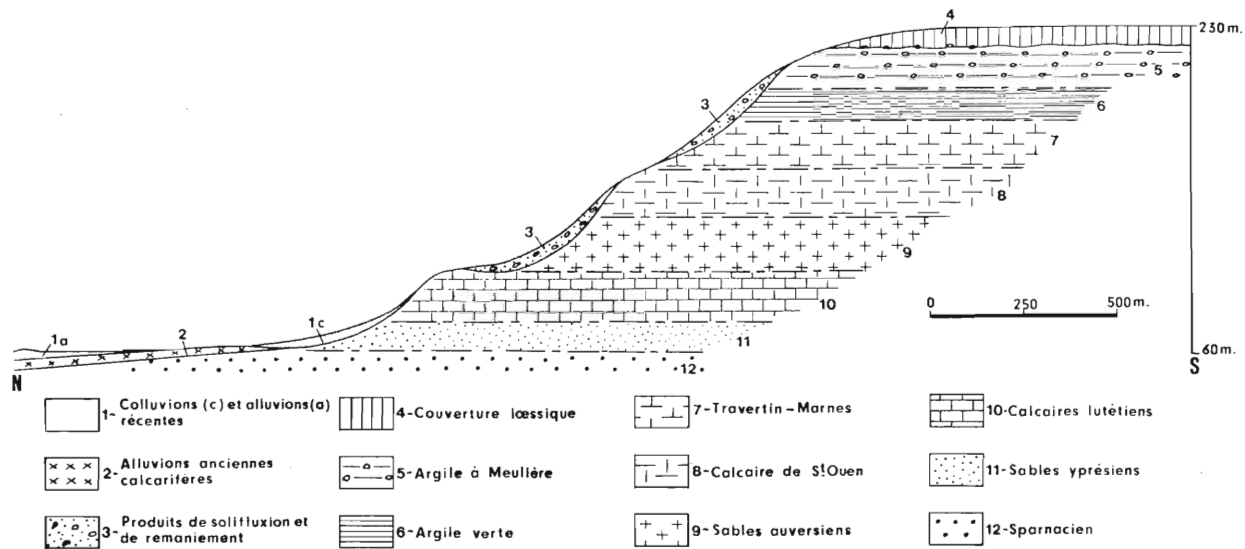


Fig. 21





Les sols observés y sont très développés, ce sont pour la plupart des *sols fortement lessivés à podzoliques*, assez faiblement drainés, "Fragiudalfs glossiques et aquiques", tendance vers des "Haplorthods entiques". La capacité d'échange et la saturation y sont particulièrement faibles : C. E. C. de 25 méq. pour 100 g d'argile et V de plus ou moins 15 %, les réserves en eau sont peu importantes, 8 à 12 % d'eau utile.

Les *formations alluviales très calcariifères* observées dans la vallée de la Marne sont soumises à l'influence d'une nappe liée directement au niveau de la rivière. Elles constituent donc des *sols alluviaux calco-morphes*. Inondables périodiquement, ces sols se ressuint cependant très vite et ont dès lors une économie en eau très favorable du fait de la teneur en calcaire fin, 20 à 30 %, et de leur excellente structure.

L'économie en eau générale des sols de la Haute-Brie est très particulière.

Le niveau de base est constitué comme nous l'avons vu plus haut, par les formations lourdes du Sparnacien. Cette nappe présente de grandes fluctuations mais se situe généralement en période estivale à un niveau assez bas, ce qui permet un régime favorable des sols répartis dans les parties basses du relief.

Les formations des plateaux sont influencées par des nappes temporaires soit primaires comme étant dues à des substrats lourds du Sannoisien, soit secondaire lorsque dues à la présence de l'horizon fragipan. Le drainage de ces sols est donc typiquement **alternatif**.

Les nappes de suintements temporaires ou semi-permanents situées au niveau de dépôts très argileux du Bartonien s'observent également sur versants et sont à l'origine de lignes de sources bien localisées.

### *Extrait de la carte des sols Meaux 7.3.*

Le document présenté donne une bonne idée de la distribution des sols limoneux dans le paysage de la Haute-Brie.

Un manteau limoneux épais datant probablement, comme nous le verrons plus loin, de la base du cycle récent, couvre de façon très continue la surface d'érosion taillée au niveau des formations de l'Oligocène.

La grande instabilité des horizons de surface a provoqué une érosion importante, même sur pentes très faibles, qui se marque d'une part par l'extension des sols érodés, d'autre part par celle de vastes colluvions largement répartis sur le plateau même ainsi qu'en bordure de celui-ci et jusque dans les vallons.

### *Légende.*

#### Sols sur matériaux limoneux.

1. Sols lessivés dégradés glossiques, à pseudogley, non érodés.
2. Sols lessivés, dégradés, glossiques, à pseudogley, faiblement érodés.
3. Sols lessivés dégradés, à pseudogley, tronqués.
4. Sols peu évolués d'apport, colluviaux.

Sols sur autres matériaux.

5. Sols d'apport, limono-argileux à argileux.
6. Sols bruns et bruns légèrement lessivés, limono-argileux, sur argiles à meulière.
7. Sols bruns à pseudogley, limono-argileux, à substrat calcaire.
8. Sols bruns eutrophes, argileux.
9. Sols bruns et sols bruns calcaires, limono-sableux et sablo-argileux de pente.
10. Sols calcimagnésiques, sur matériaux calcaires tertiaires.

*Conclusions sur les caractères principaux des sols limoneux de Haute-Brie.*

Ces sols, fortement évolués, présentent des caractères évidents d'illuviation, de dégradation et d'hydromorphie. Ils constituent le stade d'évolution le plus avancé qu'il nous a été donné d'observer sur matériaux limoneux.

Des phénomènes de podzolisation superficielle ne sont pas rares sous végétation acidifiante et en conditions très humides ; la caractérisation analytique de ce processus n'a cependant pu être mise que très difficilement en évidence.

Morphologiquement, l'aspect principal de ces sols est l'apparition des "langues" de matériau appauvri pénétrant l'horizon Bt en voie de dégradation, ainsi que la présence de revêtements caractéristiques très déferrifiés dans le bas du solum. Des conditions très hydromorphes semblent localement vouloir estomper ce caractère en provoquant progressivement une transition plus nette entre l'A<sub>2</sub> et le Bt.

La présence au niveau B<sub>3</sub>/C d'un horizon compact du type fragipan provoquant l'engorgement temporaire de la partie superficielle du sol est un autre caractère très typique de ces sols.

Un lessivage important est responsable du rapport limon/argile très élevé en surface, ce qui prédispose ces sols aux phénomènes de battance et d'érosion dès qu'ils ne sont plus sous végétation suffisamment dense.

Acides, désaturés, lorsque sous végétation naturelle, ils présentent toujours une diminution sensible de la C. E. C. de l'argile dans les horizons supérieurs. Nous verrons la signification de ce phénomène au cours de l'étude minéralogique détaillée que nous allons présenter plus loin.

Il convient de noter que ces sols fortement évolués présentent un certain nombre d'analogies avec les "Falherde" étudiés par I. Lieberoth dans son travail de 1964. D'autre part, G. Plaisance (1964) a décrit des sols à pseudogley assez semblables dans son étude de la forêt de Chaux. En ce qui concerne la tendance "planosolique" de certaines unités, G. Manil (1960) avait déjà signalé cette orientation probable des sols développés aux dépens de limons anciens.

Nous montrerons dans un chapitre prochain la place très caractéristique qu'occupent ces sols dégradés, glossiques, dans l'évolution pédologique des matériaux limoneux.

\*

\*

\*

HAUTE - BRIE - Meaux 7 - 8

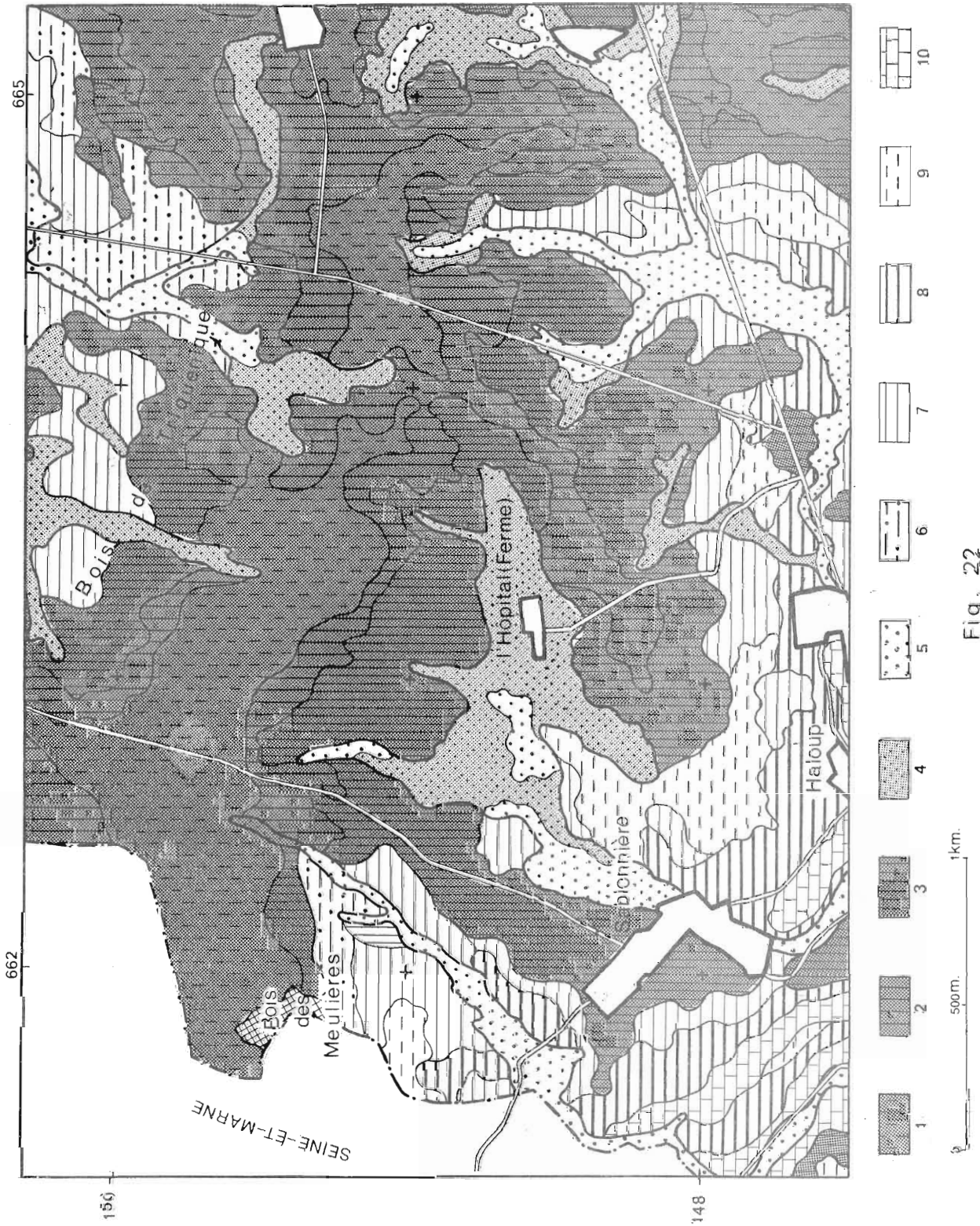


Fig. 22



## 2.4. DISCUSSION - CONCLUSIONS

La présentation pédologique du domaine d'étude que nous venons d'effectuer nous a permis d'en mettre en évidence les caractères essentiels ainsi que de préciser les facteurs de variation régionaux importants.

Cette analyse nous donne, dès maintenant, la possibilité de tirer quelques conclusions sur la genèse des sols limoneux et de déterminer les problèmes les plus importants et intéressants à résoudre.

Il apparaît tout d'abord immédiatement qu'une connaissance approfondie du matériau originel loessique et des mécanismes de son altération est indispensable.

Ensuite, l'étude de la nature des processus pédogénétiques qui interviennent dans le développement des sols limoneux, ainsi que celle de leurs enchaînements ou successions au cours d'une évolution progressive paraît s'imposer.

De ceci découlera une démarche de recherche pour la suite de notre travail.

### PREMIERES CONCLUSIONS SUR LES SOLS DEVELOPPES SUR LOESS ET LIMONS LOESSIQUES.

De l'ensemble des données que nous venons de présenter dans cette partie, nous pouvons tirer un certain nombre de conclusions sur l'évolution des sols développés sur matériaux limoneux dans le nord de la France.

Une première constatation qui s'impose immédiatement est la suivante : nous avons pu définir des degrés d'évolution, de développement des sols, qui paraissent fonction de différents critères :

- âge du matériau,
- conditions de mise en place,
- composition du sédiment,
- position géomorphologique,
- influence climatique régionale,
- colonisation végétale.

Certains sols sont vraisemblablement développés sur loess récents ; les régions intéressées sont, d'ouest en est : la Picardie, le Soissonnais et le Marlois.

Le développement de profil le plus fréquemment observé en *Picardie* est celui de *sol brun lessivé*, très caractéristique, avec apparition en profondeur successivement du loess décarbonaté et de l'ergeron calcaire. Aux ruptures de pentes assez douces, cet ergeron, à teneur en  $\text{CaCO}_3$  généralement comprise entre 10 et 15 %, peut quelquefois apparaître dans le profil à moins de 1,20 m.

L'horizon Bt présente une structure polyédrique bien développée qui passe au type prismatique dans les horizons sous-jacents.

Les argiles des limons picards présentent toujours une capacité d'échange cationique moyenne 45 à 55 méq., et une saturation très élevée, grâce à l'intervention généralisée des amendements.

Sur les pentes se répartissent des sols un peu moins évolués qui sont du type *sol brun* ou *sol brun légèrement lessivé*.

Cependant, une unité assez largement répartie dans le Laonnois est constituée par la superposition d'un limon d'apport assez récent, soit par voie éolienne, soit par voie de ruissellement, sur un matériau plus ancien portant les traces d'une évolution assez poussée.

Les limons de la couverture des plateaux du *Soissonnais* sont quelquefois de texture limono-sableuse et présentent, dans un relief normal, un développement de *sol brun lessivé* ou de *sol lessivé*.

L'horizon Bt présente comme en Picardie une très bonne structure et une couleur brun jaune caractéristique. Les sols ont une capacité d'échange moyenne de 50 à 60 méq. pour l'argile, et sont toujours très fortement saturés.

Des profils non érodés ne peuvent s'observer que sous forêt, les sols situés sous culture présentant pratiquement tous un degré d'érosion anthropique relativement poussé. Cette érosion peut atteindre dans certains secteurs un degré tel que l'horizon B<sub>2</sub>t apparaît en surface, parfois même la plus grande partie de l'horizon d'accumulation a été décapée et le loess décarbonaté ou même quelquefois calcaire s'observe dans le profil.

Des horizons B "anthropiques", dus à une mise en culture très ancienne, sont caractérisés par de nombreux revêtements humifères et une activité biologique très importante.

On peut fréquemment observer la présence en profondeur d'un horizon d'accumulation de calcaire, issu de la décarbonatation des couches superficielles, et où la répartition du calcaire secondaire est particulière et se distingue de celle des carbonates faisant partie de la matrice originelle. De petites concrétions analogues aux très connues coupées du loess y sont fréquentes. L'augmentation de la teneur en calcaire n'est cependant pas toujours aisément décelable, se répartissant parfois sur une épaisseur importante de matériaux calcarifères.

Une certaine dégradation de la partie supérieure de l'horizon Bt des sols lessivés peut s'observer localement dans des conditions particulières. L'apparition semble en être essentiellement due à une dégradation ancienne et importante de la végétation naturelle, par modification anthropique du tapis végétal. Notons que cette dégradation va fréquemment de pair avec un engorgement temporaire dans le solum, situé à la base de l'horizon Bt.

Dans ces régions, caractérisées par un recouvrement limoneux récent, il semble donc que le type de développement de profil le plus largement représenté sur des surfaces à relief peu accidenté, c'est-à-dire là où les conditions de genèse ont pu s'exprimer le plus librement, soit celui de *sol brun lessivé* à *sol lessivé*. Les autres types de sols représentés sont vraisemblablement liés à l'influence prépondérante d'un facteur particulier de l'évolution pédogénétique, essentiellement intervenue comme facteur indirect influençant les deux précédents.

Les associations de sols représentées dans les régions qui nous occupent présentent donc pratiquement toujours comme unités dominantes des sols bruns lessivés et sols lessivés, comme unités associées des sols bruns et sols calciques d'une part, des sols lessivés en voie de dégradation d'autre part.

D'autres sols paraissent avoir évolué aux dépens de matériaux probablement plus anciens, plus altérés, et présentent un degré d'évolution nettement plus avancé.

Les régions concernées sont essentiellement représentées par la Haute-Brie et, d'une manière moins importante, par la zone septentrionale de la bordure ardennaise.

Le limon loessique des plateaux de *Haute-Brie* présente un développement beaucoup plus accentué que dans le reste de la région étudiée. Nous sommes en présence de *sols lessivés, glossiques, acides et hydromorphes* qui représentent, semble-t-il, le stade le plus avancé d'évolution de ces matériaux sous climat tempéré humide (*Jamagne, 1969*).

Ces sols sont caractérisés par une dégradation très poussée amenant la dissolution de la partie supérieure de l'horizon Bt et la formation de poches de matériaux dégradés en forme de "tonguing". L'horizon A & B ainsi formé est lié à l'approfondissement progressif de l'horizon A<sub>2</sub> et à l'apparition de phénomènes d'illuviation secondaire. La capacité d'échange cationique de la fraction argileuse varie de 20/35 méq. dans les horizons dégradés à 45/55 méq. dans les horizons inférieurs.

Un horizon compact du type "fragipan", se surimpose au développement du solum très souvent au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>, parfois dès la base du B<sub>2</sub> et fréquemment jusque dans le C. L'aspect morphologique le plus typique de cet horizon en est la structure prismatique grossière à sous-structure lamellaire ou polyédrique, présentant en coupe un réseau polygonal caractéristique. Une nappe aquifère à caractère essentiellement temporaire y apparaît, provoquant un drainage typiquement alternatif.

Au niveau de la surface d'érosion de l'*Ardenne* nous trouvons une couverture relativement importante de loess.

Dans les limons profonds se sont développés des sols du type *sol lessivé acide, assez dégradés* ; la dégradation de la partie supérieure du B<sub>2t</sub> est liée à des capacités d'échange de l'argile assez basses, de l'ordre de 25 à 40 méq.

Des secteurs très importants sont d'autre part caractérisés par la présence de matériaux loessiques anciens assez altérés, et redistribués en nappes très vastes qui ne semblent présenter qu'un développement subactuel relativement peu marqué.

Lorsqu'un recouvrement plus récent se présente, surmontant un ancien sol enfoui, le développement est du type *sol brun faiblement lessivé ou sol brun lessivé*.

Les associations de sols de la Haute-Brie présentent une dominance marquée des sols lessivés glossiques à hydromorphie. Comme unités associées on peut observer des sols faiblement dégradés ou des sols lessivés.

En Ardenne le développement le plus représenté est celui de sol lessivé acide sur matériaux redistribués, associés à des sols dégradés ou en voie de dégradation. Le recouvrement récent présente un développement de sol brun lessivé.

D'autres sols parmi ceux que nous avons observés constituent des sols *hérités*. Ils sont essentiellement représentés par des matériaux ayant subi l'action de pédogenèses liées à des conditions climatiques anciennes, et ramenés en surface ou à faible profondeur par le jeu de l'érosion.

Ils présentent donc, de ce fait, surimposés aux caractéristiques pédogénétiques anciennes, des caractères dus à la pédogenèse récente, ce sont des sols polyphasés, ou polygéniques.

Ces sols peuvent se retrouver un peu partout sur l'ensemble de la région étudiée, mais cependant d'une manière prépondérante dans deux



régions naturelles situées au nord-est du bassin parisien : la Thiérache et la bordure sud de la plate-forme ardennaise.

Il semble que cette localisation soit liée à des épaisseurs de matériaux limoneux relativement peu importantes permettant de nombreuses interférences. On observe dans ce secteur une couverture limoneuse d'épaisseur généralement moindre que dans les autres régions : 2 à 3 m, reposant soit sur un cailloutis à silex surmontant lui-même le crétacé, soit sur le socle primaire.

Au demeurant, cette couverture est très souvent constituée par la superposition de deux apports d'âge et de degré d'évolution très différents.

Le dépôt le plus récent présente un degré de lessivage variable : *sols bruns faiblement lessivés ou bruns lessivés*. Généralement épais de 60 cm à 1 m, il repose souvent sur un sol plus ancien, plus évolué, portant assez fréquemment la marque d'une évolution sous climat plus chaud : traces de ferruginisations, présence de revêtements très épais, de pisolithes très indurés.

Le contact entre le dépôt récent et le matériau plus ancien présente souvent la trace de phénomènes liés aux conditions périglaciaires. Il est intéressant de noter que les limons anciens montrent généralement une compaction très forte, localement liée à une structure grossière lamellaire, la porosité de la zone de contact est très faible, la densité apparente peut y atteindre des valeurs très proches de celles observées dans les "fragipans" typiques.

On constate très distinctement que ces sols polyphasés présentent des caractères liés à des cycles d'illuviation successifs ; ils possèdent d'autre part une teneur en argile souvent relativement importante, des traces de rubéfaction, et celles de fragmentations et de remaniements, vraisemblablement dus à l'influence de climats froids.

Du fait de l'hétérogénéité en surface de la couverture d'apport le plus récent, les associations de sols sont relativement complexes. La dominance semble cependant être le type de sol lessivé plus ou moins hydromorphe, et dégradé là où les matériaux anciens présentent en surface une extension importante.

Sur la base de ce que nous venons de présenter nous avons élaboré une *esquisse de répartition des associations de sols sur Loess* pour le nord du Bassin de Paris (fig. 23). Nous avons distingué cinq grandes unités dont les définitions simplifiées sont les suivantes :

1. - Sols bruns lessivés, avec sols bruns et sols calciques associés.
2. - Sols bruns lessivés, avec sols lessivés associés.
3. - Sols lessivés, avec sols bruns lessivés associés.
4. - Sols lessivés acides, avec sols lessivés glossiques associés.
5. - Sols lessivés glossiques, à pseudogley, avec sols lessivés associés.

RÉPARTITION DES ASSOCIATIONS DE SOLS  
SUR LIMONS LOESSIQUES

Esquisse cartographique

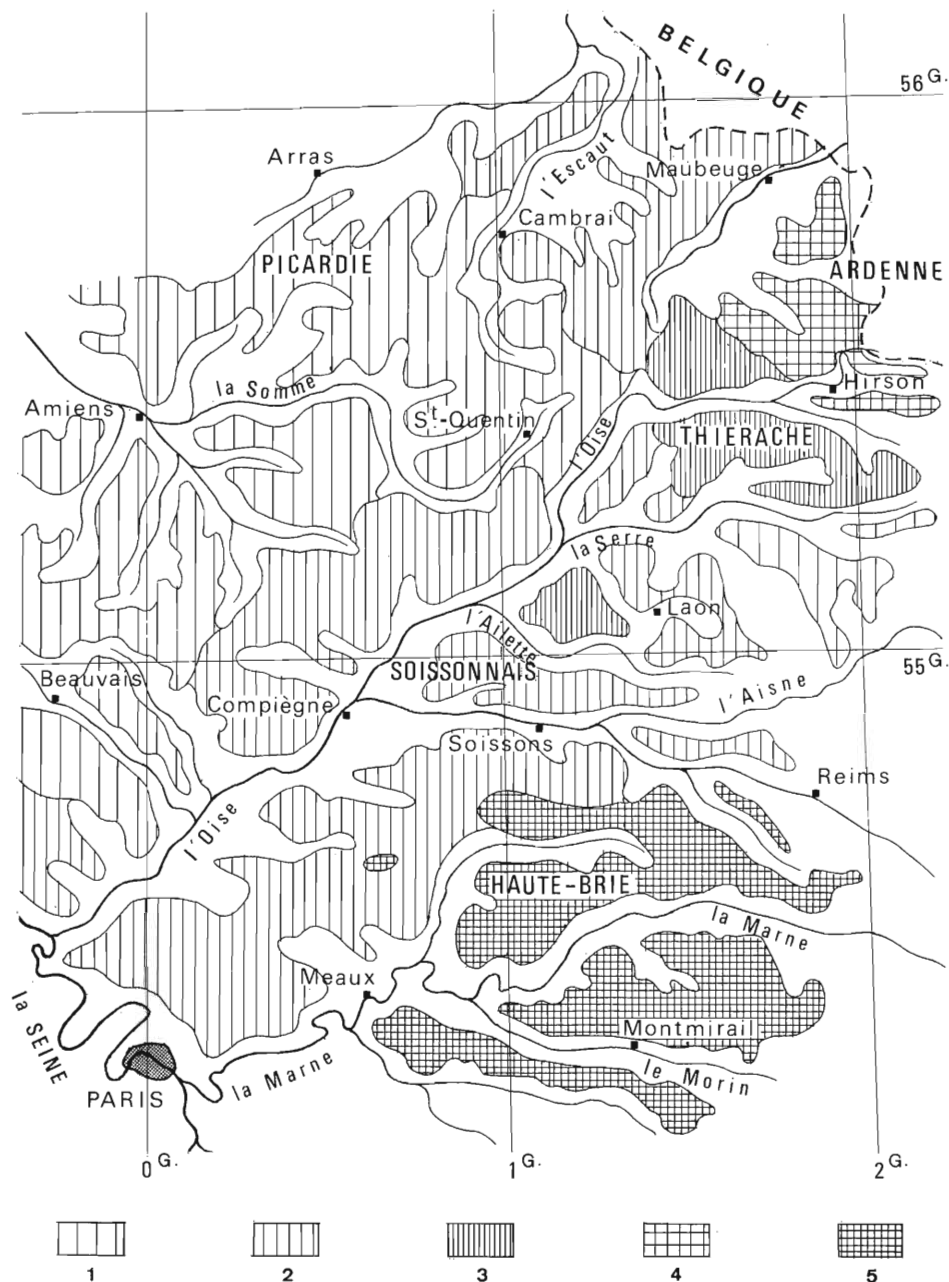


Fig. 23



Nous pouvons résumer succinctement la classification de tous ces sols développés sur limons, sur le plan taxonomique et systématique, de la façon suivante :

Nous pensons que les limons récents ayant été soumis d'une manière "normale" à l'influence des facteurs de la genèse, et notamment ceux particulièrement intenses de la période atlantique, sont développés en *sols bruns lessivés ou sols lessivés* - ("Parabraunerde" ou "Typic Hpludalf", "Agrudalf" localement), que ces limons, lorsqu'ils ont subi une dégradation anthropique importante, sont développés en *sols lessivés légèrement dégradés* - (transition "Parabraunerde-Fahlerde" ou "Glossic Hpludalf") (Mückenhausen, 1962 - U. S. D. A., 1967).

Des limons plus anciens, qui ont subi depuis très longtemps l'action des agents pédogénétiques, semblent tous porter des *sols lessivés fortement dégradés, glossiques, à pseudogleu*, parfois à tendance "plano-solique" - ("Fahlerde" - "Glossic/Aquic Fragiudalf", "Aquic Glossudalf", "Fragiaqualf" ou "Glossuqualf").

A première vue cet ensemble que nous venons de décrire apparaît comme relativement disparate. Plusieurs fils conducteurs permettant de préciser les relations entre les différents développements observés nous sont cependant apparus, et que nous avons évoqués.

Notre but est donc maintenant de tenter d'ordonner cet ensemble en fonction de l'intervention d'un certain nombre de processus fondamentaux de la pédogenèse.

#### MISE EN EVIDENCE D'UNE SEQUENCE THEORIQUE D'EVOLUTION

L'étude de l'évolution des sols implique la prise en considération de leur dynamique propre. Il nous a paru indispensable, pour appréhender le mieux possible la part qui revient, dans l'évolution des sols sur matériaux limoneux, aux différents processus fondamentaux, d'étudier les problèmes dans le cadre d'une séquence évolutive.

L'ensemble des travaux actuellement réalisés, ainsi que nos propres observations nous permettent d'inclure les différents types de sols dans une *séquence chronologique théorique d'évolution progressive*.

Les formations limoneuses ont une grande extension dans de nombreuses régions, particulièrement en Europe occidentale et centrale.

Toutefois, les matériaux originels limoneux dans lesquels les sols ont pu se développer sont parfois assez différents tant en ce qui concerne leur nature que leur stratigraphie. Notamment, ils peuvent être très calcaires à l'origine, peu, ou pas du tout, ils peuvent montrer une stratification ou n'en pas montrer. De ce fait, les sols développés dans ces matériaux peuvent être dès le départ de l'évolution relativement différents, et du point de vue morphologique, et du point de vue analytique.

Certains matériaux sont très récents et les sols développés le sont de ce fait également, d'autres peuvent avoir subi une altération et une évolution assez anciennes, avoir été ensuite tronqués et recouverts, ou apparaître en surface sur des superficies plus ou moins vastes, où ils ont subi postérieurement une évolution plus récente qui s'est surimposée aux caractéristiques pédogénétiques de l'évolution précédente. D'autres encore peuvent avoir subi également cette évolution ancienne et avoir été redistribués sur des surfaces généralement plus récentes où ils sont actuellement soumis aux agents de la genèse.

Lorsque l'on envisage l'ensemble des formations limoneuses que l'on observe en surface, ainsi que les différents sols qui s'y sont développés, il apparaît nettement qu'on se trouve en présence de stades intermédiaires s'intégrant dans un ensemble qui constitue une séquence évolutive que l'on devine, ou bien en présence de sols qui semblent être en équilibre avec les conditions actuelles du milieu, mais cependant susceptibles d'être modifiés plus ou moins rapidement par un changement intervenant dans le mode d'action d'un des facteurs de la genèse. C'est à partir de là qu'on peut aisément concevoir une séquence d'évolution théorique au sein d'un matériau bien défini à l'origine.

Cette séquence est évidemment différente suivant les conditions pédogénétiques du milieu dans lequel on l'étudie, et particulièrement du climat où on se trouve.

Plusieurs études ayant pour objet l'établissement de semblables suites évolutives ont été faites, particulièrement en Europe occidentale. On peut citer les travaux de *Dudal* (1953) et *Pécrot* (1956) sur les régions limoneuses de moyenne Belgique, de *Altemüller* (1957), de *Lieberoth* (1964) sur les loess de Saxe, ceux de *Fink* (1956) sur les loess d'Autriche. Mais il est évident que les termes de la séquence peuvent être différents dans un cas et dans un autre. Un simple exemple sera cité ceci : *Fink*, sous climat continental, à un terme de "Chernozem" à l'origine de sa séquence, alors que les auteurs occidentaux, n'ont pas ce terme d'une manière tangible, son intervention étant à peine soupçonnée.

Il convient donc de tenter de relier un certain nombre de types de sols développés dans des matériaux limoneux, et de les regrouper dans une série progressive théorique.

Pour donner un aperçu de l'évolution pédogénétique des limons, il est indispensable de définir tout d'abord ce que l'on a coutume d'appeler le profil "normal" ou "modal", observé actuellement, et qui doit vraisemblablement correspondre à un équilibre vis-à-vis des conditions du milieu actuel (*Jenny*, 1941 - *Dudal*, 1953).

En ce qui concerne la majeure partie du territoire français, et tout particulièrement le domaine étudié, le profil typique développé dans les formations limoneuses du quaternaire récent, et qui correspond au cas où, du fait de la situation géomorphologique, les facteurs de la genèse ont pu agir sans contraintes ni influences particulières, est celui d'un *sol brun lessivé* ou d'un *sol lessivé*. Ces sols auraient subi une évolution essentiellement postglaciaire dont une des périodes les plus actives aurait été l'époque atlantique, ils seraient donc âgés d'un peu plus de dix mille ans.

A partir de là, il s'agit de retrouver des stades d'évolution qui sont soit antérieurs, soit postérieurs à ce profil de sol que l'on considère comme typique. La raison de la présence de ces types de sols réside évidemment dans une modification de l'action de certains facteurs de la genèse qui ont amené soit un retard par rapport au développement normal, soit une accélération. On peut concevoir que parmi ces facteurs génétiques, la nature de la roche-mère, si l'on considère un limon homogène dans une région déterminée, est restée la même et que la succession climatique a également été identique sur le modelé pris dans son ensemble.

Les facteurs qui sont, semble-t-il, à incriminer, sont tout d'abord le relief, ensuite la végétation, enfin l'influence humaine. Cette dernière est intervenue d'une part comme facteur indirect à travers la modification du tapis végétal, d'autre part très directement par la mise en culture, créant des conditions particulières d'évolution.

Si l'on considère maintenant que le matériau originel n'est peut-

être pas tout à fait homogène sur l'ensemble d'une région où l'on étudie ces phénomènes, on conçoit que la variation de la nature de ce matériau peut avoir influencé l'évolution en provoquant par rapport à ce stade d'évolution normal également un retard ou également une avance. On peut prendre comme exemple un matériau limoneux particulièrement riche en calcaire qui créera un frein à l'évolution, l'illuviation maximum n'ayant la possibilité de se développer que lorsqu'une décarbonatation suffisante est intervenue. D'autre part, un limon à teneur en sable assez importante sera fréquemment plus sensible aux agents de la genèse qu'un limon très pur, et de ce fait présentera très rapidement un degré d'évolution plus marqué.

Chacun des stades caractéristiques peut être défini par des critères relativement précis. A chacun d'entre eux se rattache un ou plusieurs types de sol selon l'intensité des processus.

Une séquence sur limon loessique peut se concevoir de la manière suivante :

- *Sol brun calcaire et sol brun calcique*, caractérisés par la présence d'un gradient de teneur en carbonate de calcium en fonction de la profondeur, dans un matériau granulométriquement homogène. Cette phase s'individualiserait nettement par suite de la dissolution rapide des carbonates.

- *Sol brun modal*, défini par une augmentation du taux d'argile granulométrique sur une certaine profondeur. Il s'agit d'un enrichissement apparent, qu'on peut appeler "argillification". Les phénomènes de structuration marqués interviennent au sein du matériau, ils sont particulièrement bien développés là où les fluctuations des conditions physiques du milieu sont les plus importantes, provoquant la fissuration, avec différenciation d'un horizon (B).

Dans les matériaux non calcaires, ce processus serait à même d'intervenir dès le début de l'évolution.

- *Sol brun lessivé et sol lessivé*, qui se développent lorsque les conditions favorables à la migration d'argile colloïdale apparaissent, cette dernière se concentrant en profondeur dans les pores fins et sur les faces des agrégats, en revêtements caractéristiques, ce qui correspond au concept d'illuviation.

Un horizon Bt, dit textural ou "argillique", se différencie de plus en plus nettement dans le profil, sous un horizon A<sub>2</sub> appauvri.

Remarquons qu'en ce qui concerne les loess, l'ensemble des processus d'argillification et d'illuviation semble correspondre à ce que l'on ~~trouvait~~ <sup>trouvait</sup> appelé "lehmification".

- *Sol lessivé dégradé, "glossique", à hydromorphie*, caractérisé par l'apparition d'un horizon A<sub>2</sub> plus différencié, d'une "dégradation" de l'horizon Bt, et de certains symptômes d'une nouvelle illuviation, dite "secondaire" à la base du Bt et dans l'horizon sous-jacent. Cette évolution se marque par un approfondissement de l'horizon A<sub>2</sub> en formes de langues ou de poches, un colmatage de la base de l'horizon Bt et l'apparition d'un horizon compact. Une nappe à caractère temporaire apparaît généralement dans le profil, accentuant encore en surface les possibilités de dégradation.

En ce qui concerne les matériaux loessiques, ce dernier stade semble être celui correspondant à l'évolution pédologique la plus avancée.

Les sols et paléossols observés actuellement sur matériaux limoneux correspondent donc à l'influence plus ou moins intense d'un ou plusieurs processus fondamentaux de la pédogenèse.

Si l'on peut envisager qu'un même matériau originel a subi l'ensemble de l'évolution impliquée par une chronoséquence de ce type, il est vraisemblable que dans certains cas l'un ou l'autre des phénomènes peut avoir été plus ou moins masqué, ou que l'évolution ait pu être retardée du fait de caractéristiques extérieures au milieu.

Les processus peuvent être considérés comme appartenant à trois types principaux : *altération primaire - lessivage / illuviation - dégradation secondaire.*

En ce qui concerne les premiers stades d'évolution des matériaux loessiques, nous avons pensé que l'étude des mécanismes d'altération méritait d'être dissociée des processus pédogénétiques proprement dits.

En effet, dans l'évolution d'un sédiment ou d'une roche, on peut concevoir deux stades théoriques successifs, le premier lié aux phénomènes d'altération essentiellement physico-chimiques permettant l'apparition d'une "altérite" constituant le matériau originel du sol, le second caractérisé par la différenciation de ce sol sous l'influence de l'ensemble des facteurs pédogénétiques.

Ces deux stades théoriques sont fréquemment étroitement imbriqués dans la nature, mais cette conception permet cependant toute fictive qu'elle puisse paraître, de faciliter la recherche des mécanismes en cause.

Dans notre étude du matériau loess, nous appellerons "régogenèse" l'ensemble des phénomènes d'altération dû à l'action des eaux météorites, indépendamment d'une activité biologique importante, et amenant la formation d'un "matériau originel".

La "pédogenèse", quant à elle, résulte de l'action de l'ensemble des mécanismes et processus agissant dans le milieu d'altération.

## DEMARCHE DE RECHERCHE

La démarche suivie pour la suite de notre travail ainsi que pour la présentation de nos résultats est justifiée par la nature et le nombre de nos observations, par les conditions matérielles qui nous étaient offertes, et par la teneur des résultats antérieurement acquis.

- En un premier temps, nous nous attacherons à l'étude du loess en tant que matériau, en effectuant l'analyse de notre fond d'observations en ce qui concerne les formations superficielles de nature limoneuse. Afin de rendre compte de l'originalité des différents secteurs géographiques de la zone étudiée, nous avons retenu une présentation par régions naturelles.

Ceci nous permettra d'avoir une connaissance suffisante des principales propriétés des matériaux originels. Nous tenterons ensuite d'apporter une contribution à la connaissance des premiers processus d'altération des loess par l'étude de séquences caractéristiques.

Ces données seront traitées en troisième partie.

- En enchaînant sur ces premiers résultats, nous analyserons de manière plus approfondie une série de profils développés dans des matériaux d'âge et de mise en place différents, et représentant des stades d'évolution progressivement plus avancés. Une analyse minéralogique détaillée ainsi que de nombreux examens micromorphologiques nous permettront ainsi d'atteindre une caractérisation plus fine des sols et des horizons qui les composent.

Pour préciser la nature des mécanismes mis en jeu dans l'évolution des sols lessivés et lessivés dégradés glossiques, des échantillons de revêtements argileux et de plages dégradées feront ensuite l'objet d'analyses fines, ainsi que d'observations microscopiques par l'utilisation du microscope électronique à balayage et de la microsonde.

Ceci fera l'objet de la quatrième partie.

- Dans la cinquième et dernière partie, le comportement des différents paramètres d'évolution des sols : morphologiques, micromorphologiques, chimiques, physiques, minéralogiques, sera ensuite analysé au travers d'une séquence évolutive théorique.

Nous y tenterons enfin une synthèse pour cerner la nature des mécanismes intervenant dans l'évolution des sols limoneux étudiés, ainsi que pour caractériser les processus pédogénétiques fondamentaux dominants.

Les diverses possibilités de généralisation des résultats obtenus seront exposés en fin de travail.

\*

\*

\*





- T R O I S I E M E P A R T I E -

-----

LE MATERIAU LOESS.



### 3.1. GENERALITES

Cette partie est consacrée à l'étude du "matériau loess", qui constitue un grand facteur de pédogenèse.

Les variations de ses caractéristiques dans la région qui nous occupe ont été relativement peu étudiées et il était indispensable pour nous d'en effectuer une analyse suffisamment détaillée.

La littérature concernant les loess et matériaux loessiques est riche, tant en ce qui concerne leur origine que leurs principales propriétés. Les loess sont très largement répandus dans le monde, leur origine éolienne est plus ou moins contestée, leur composition est variable, aspects différents qui furent abondamment traités, essentiellement depuis quelques dizaines d'années.

Les matériaux se sont généralement déposés en apports successifs plus ou moins longs et plus ou moins rapides, avec possibilités d'altération et d'évolution très variables. L'influence des conditions de mise en place est donc importante sur la structure des matériaux et sur l'orientation de leur évolution pédogénétique. Un apport "massif" ne peut avoir permis qu'une altération sensiblement postérieure à la mise en place, alors qu'une sédimentation lente et progressive pourrait avoir autorisé une altération et même un développement pédogénétique contemporain du dépôt.

L'influence des conditions climatiques se matérialise généralement assez bien dans ce type de matériaux, avec pour conséquence des caractères liés à différents processus : altération primaire - brunification - rubéfaction - illuviation - altération secondaire - hydromorphie.

Les dépôts loessiques, matériaux typiquement quaternaires, ont donc enregistré l'ensemble des variations climatiques de cette période.

Une attention toute particulière a dû être attachée tout au long de notre étude à la différenciation entre caractères d'évolution anciens et récents.

Dans le premier chapitre nous effectuerons tout d'abord une analyse des travaux antérieurs traitant du loess en tant que matériau.

Le deuxième chapitre est consacré à l'analyse des différentes formations limoneuses auxquelles nous avons affaire, de manière à nous localiser avec suffisamment de précision dans l'ensemble de la couverture loessique d'Europe occidentale.

Le chapitre suivant présentera, en enchaînement sur le précédent, une synthèse de nos observations sur les principaux paléosols observés.

Dans le dernier chapitre, intitulé "Pédogenèse", nous envisagerons les processus d'altération en place du loess, correspondant pour partie aux phénomènes dits de "lahmification" ; nous en tirerons un certain nombre de conclusions sur les phases initiales de la séquence d'évolution des sols.

L'ensemble des données exposées dans cette partie du travail servira de base aux interprétations que nous tenterons dans les parties suivantes.

\*

\*            \*



### 3.2. REVUE ET ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Un nombre important d'études ont été réalisées sur les matériaux loessiques, certaines ont une portée très générale, d'autres ont été consacrées à des régions particulières ou à des dépôts bien définis.

Nous ne ferons référence qu'aux travaux les plus fondamentaux ou à ceux intéressant directement notre étude.

Les premiers travaux d'une certaine importance concernant les matériaux qui nous intéressent furent réalisés par *V. Malycheff* et *V. Agafonoff*, de 1929 à 1932. Ces auteurs s'attachèrent à caractériser les loess et limons loessiques sur le plan granulométrie, physico-chimie et minéralogie.

Ces études avaient été précédées au siècle dernier par des travaux de stratigraphie, dont les plus connus sont ceux de *J. Lachière* (1890). Plus tard, *V. Comont* précisa les données antérieurement acquises.

En 1929, *V. Malycheff* donne les premières définitions des termes de loess, de lehm, ainsi que les principales subdivisions : loess anciens, récents, typiques, non typiques... Les principaux caractères analytiques sont précisés.

En 1933, *V. Malycheff* tente de définir l'origine des loess du bassin de Paris, notamment par l'examen des foraminifères. Elle en conclut un emprunt par le vent aux grandes formations alluviales voisines, c'est-à-dire qu'un double transport serait intervenu : fluviatile d'abord, éolien ensuite. Cet auteur décèle dans les loess la présence de minéraux argileux du type montmorillonite et baidellite, ainsi qu'un peu de kaolinite.

A la même époque, *V. Agafonoff* et *V. Malycheff* mettent en évidence l'importance des variations climatiques dans les phénomènes de lehmification.

*B. Brajnikov* (1942) pose le problème de l'altération des loess en "lehm". Il explique le phénomène par la succession de deux phases : - influence de solutions riches en calcium, solubilisation de la silice, immobilisation du fer et de l'alumine avec néoformation d'argile (minéral E) - acidification, destruction de certaines formes minérales et nouvelles néoformations. La première phase serait donc liée à la décarbonatation, la seconde à une désaturation avec tendance à l'apparition de phénomènes de podzolisation.

Les travaux de *S. Duplaix* (1946), dont certains en collaboration avec *H. Malterre*, montrent l'importance de l'étude des minéraux lourds dans la caractérisation des différents sédiments loessiques. Elle permet notamment de distinguer la superposition de différents niveaux, ainsi que les grandes variations géographiques. Les auteurs montrent la richesse des limons picards en épidote, amphibole et grenat.

Dans sa thèse, *H. Malterre* (1946), sur la base d'un certain nombre d'analyses sédimentologiques, met en doute l'origine éolienne des loess, et avance l'hypothèse d'une origine locale. Il fournit également des renseignements intéressants sur l'épaisseur des couvertures limoneuses, ainsi que sur la teneur en argile des niveaux anciens.

*F. Bourdier* (1946) étudie les formations de la Seine Maritime, et compare les limons anciens de cette région à ceux de la vallée du Rhône.

*F. Bordes*, au même moment, interprète un certain nombre de coupes importantes dans le bassin de la Seine, et attire l'attention sur la probabilité de profonds remaniements des niveaux d'altération anciens antérieurement à leur recouvrement par les apports plus récents.

A la même époque *C. H. Edelman* publie des données concernant les limons et sables de couverture des Pays-Bas. Cet auteur est partisan de l'origine éolienne de ces dépôts, ceci sur la base de leur composition granulométrique et minéralogique, et de leur répartition dans le paysage. *Edelman* caractérise également un certain nombre d'associations minéralogiques que l'on peut regrouper en deux unités principales : la première, - A, exclusivement d'origine marine, comprend une dominance de grenat, d'épidote et d'amphibole, la seconde, - B, d'origine continentale, est riche en minéraux de métamorphisme comme la staurotide, le disthène, l'andalousite et la sillimanite. Deux associations de moindre importance, X et Y, d'origine nordique, et proches de A, sont également définies.

*R. Tavernier* (1946), dans son étude pétrologique des loess de Belgique, rattache leur composition en minéraux lourds à la province X de *Edelman*.

Le même auteur, analysant les dépôts tardiglaciaires de Belgique, limoneux et sableux, précise la limite supérieure du Pléistocène et confirme leur apport par des vents dominants du secteur nord-ouest.

*J. Graindor* (1948) caractérise les loess des environs de Rouen qu'il considère comme typiquement éoliens, et en propose une stratigraphie en trois cycles principaux.

En 1948, *R. Tavernier* publie un travail de synthèse sur les formations quaternaires de la Belgique et les relations avec l'évolution du modelé. L'auteur distingue trois limons ou argerons dans le Pléistocène supérieur, ainsi que des sables de couverture. Il décrit également les différentes formations du Pléistocène moyen et inférieur.

*F. Bordes* (1952-1954) présente ensuite une étude très importante faisant la synthèse de ses observations dans le bassin de la Seine. Ce travail très complet constitue la référence la plus solide à laquelle nous avons raccordé nos propres résultats. Basée sur la morphologie, la granulométrie, l'étude des industries humaines, la méthodologie employée fait également largement appel à la pédologie. *F. Bordes* donne une définition du loess et du lehm, et précise ce qu'il entend par colluvions limoneux, complexe loessique... Il subdivise la stratigraphie des dépôts limoneux en deux cycles distincts : cycle du loess récent, constitué des dépôts würmiens, et cycle du loess ancien. Le premier comprend trois stades principaux, et l'auteur confirme ainsi les recherches de *R. Tavernier*.

En ce qui concerne le mode de dépôt du loess, *Bordes* est convaincu de l'origine éolienne. Il note une exposition dominante des sédiments justifiant l'hypothèse de l'action de vents en provenance du nord-ouest. Il suppose une partie des dépôts d'origine lointaine : fond exondé de la Manche ou de la mer du Nord, avec apports locaux à partir de formations alluviales des grandes rivières proches des dépôts actuels.

En 1953, *A. Cailleux* publie une mise au point concise mais exhaustive sur les loess et limons éoliens de France.

*J. Tricart* (1956) présente ensuite une carte des phénomènes quaternaires en France. Ce document, particulièrement intéressant, donne notamment la répartition très importante des formations limoneuses würmiennes dans le nord-ouest du bassin de Paris, ainsi que la localisation de lambeaux plus anciens, rissiens, dans la région que nous avons étudiée.

A cette époque, de nombreux travaux sont réalisés en Belgique et aux Pays-Bas sur les dépôts quaternaires.

*R. Maréchal* et *G. C. Naarleveld* (1955) présentent des documents cartographiques donnant l'extension des phénomènes périglaciaires dans ces deux pays, et qui permettent de constater la localisation préférentielle des zones loessiques sur pentes douces à exposition nord-est et sud-est. *A. Vink* précise une répartition de ce type dans des petits secteurs au centre des Pays-Bas.

Les auteurs notent une relation probable entre les dépôts loessiques de l'entre Sambre et Meuse et ceux du bassin parisien.

*R. Maréchal* (1958) décrit l'ensemble des phénomènes périglaciaires de Belgique, directement reliés aux différents matériaux originels. Reprenant la classification de *R. Tavernier* pour les dépôts loessiques, l'auteur complète l'inventaire par des descriptions précises des phénomènes périglaciaires et des produits qui en découlent : solifluxion, involution, fentes de gel, graviers éolisés, coulées pierreuses.

*P. Bourguignon* et *F. Delcourt* (1955) observent en Gaume, dans le sud de la Belgique, des plages importantes de loess d'origine éolienne certains. L'étude des minéraux lourds indique une diminution des minéraux de la province "nordique" : hornblende verte et épidote, par rapport aux limons de la moyenne Belgique, et qui serait due à un éloignement plus important de la source probable de ces minéraux. *Bourguignon* y remarque d'autre part la présence de minéraux en provenance du massif de l'Eifel.

En 1957, dans leur travail sur la chronologie du Pléistocène supérieur, *R. Tavernier* et *J. de Heinzelin* confirment la stratigraphie en trois niveaux principaux du cycle du loess récent de *F. Bordes*. Ils précisent la morphologie de la partie supérieure du limon récent inférieurement profondément lehmifié, à caractères d'horizon argillique, et souvent fortement glycyifié. Nous verrons plus loin l'importance de ces observations.

Les loess reposant sur les plateaux ardennais ont été étudiés par *G. Manil* (1958) qui conclut à l'influence importante du substrat dans la composition de la couverture, ainsi qu'à la présence fréquente de caractéristiques reliques d'anciens sols.

En 1960, *G. Manil* étudie les caractères particuliers de fentes de gel et met notamment en évidence la faible capacité d'échange de matériaux argileux après déplacement et accumulation en plages individualisées.

Quelques observations particulièrement intéressantes sur les loess anciens sont présentées par le même auteur. *G. Manil* y constate des teneurs en argile nettement plus importantes que dans les niveaux plus récents, ainsi que des couleurs nettement plus rougeâtres : 7,5 YR et 5 YR contre 10 YR. L'auteur montre également la différence entre les indurations ferrugineuses induites par une genèse actuelle et celles redistribuées, et héritées d'une pédogenèse ancienne. Il note par ailleurs la tendance planosolique des sols de surface développés dans les niveaux anciens.

*P. Bourguignon* et *F. Delcourt* (1961) admettent la présence d'un loess ancien daté du Riss sur la ligne de partage des eaux de l'Entre Sambre et Meuse.

A partir de 1965 *J. P. Lauthridou* étudie de façon détaillée les loess de l'ouest de la France, et tout particulièrement ceux du pays de Caux. Il conclut, dans ce secteur, à une décarbonatation contemporaine du dépôt en conditions climatiques humides.



En 1967, *R. Paepe* présente une stratigraphie comparative des dépôts de loess würmiens en Belgique et en Autriche, permettant d'appréhender une corrélation générale avec les couvertures limoneuses d'Europe centrale.

Il publie avec *R. Van Hoorne* (1967), un travail de synthèse sur la stratigraphie et la paléobotanique du Pléistocène récent de la Belgique.

A l'initiative de l'Association des Géologues du bassin de Paris s'est tenu en 1967 un colloque sur les limons du bassin. Cette réunion permet de faire une mise au point, notamment sur le plan de la terminologie, qui fut étudiée par une commission spéciale et animée par *J. P. Lauthridou*. Cette commission a repris des définitions pour les termes "limon" et "loess", ainsi que "cailloutis de base", mais propose l'abandon des termes locaux, comme "argeron", ambigus, comme "lohm", ou descriptifs comme "limon fendillé".

En 1969 s'est tenu à Paris le 8ème Congrès International de l'I. N. Q. U. A. pour la préparation duquel les chercheurs français ont réalisé un grand nombre de mises au point générales et synthèses régionales.

*F. Bourdier* présente notamment une étude comparée des dépôts quaternaires des bassins de la Seine et de la Somme, basée sur l'analyse détaillée de nombreuses coupes et des données très complètes sur l'archéologie.

Cependant, la mise au point qui nous intéresse le plus est celle réalisée par *F. Bordes* sur les loess de France, dans l'ouvrage concernant les études françaises sur le quaternaire.

Pour le bassin de Paris l'auteur reprend ses propres conclusions exposées dans sa thèse, et actuellement admises par la majorité des quaternaristes français : présence de deux cycles du loess, récent et ancien, chacun d'entre eux se subdivisant en trois principaux stades. Il note en complément la présence locale de loess antérieurs. *F. Bordes* examine ensuite les études réalisées sur les loess d'Alsace, essentiellement ceux de *J. Franc de Ferrière* (1937) et surtout *P. Vernert* (1957) sur la coupe très représentative d'Achenheim. Enfin, l'auteur résume les principales observations effectuées dans d'autres régions de France où des couvertures loessiques de moindre importance sont présentes : vallée du Rhône, Provence, région du Sud-Ouest.

A l'heure actuelle les matériaux limoneux de la partie ouest du bassin de Paris sont essentiellement étudiés par *J. P. Lauthridou* qui vient notamment de mettre en évidence l'intérêt des minéraux lourds comme critère stratigraphique (1979) dans les loess de Normandie. Les minéraux ubiquistes dominent dans les loess anciens tandis que les dépôts plus récents sont caractérisés par une dominance de l'association épidote-amphibole-granat.

Notons enfin la participation de tous les spécialistes français à l'élaboration de la carte d'Europe des loess au 1/2.500.000 élaborée sous les auspices de l'I. N. Q. U. A., et actuellement en cours de publication.

Un grand nombre d'études ont été réalisées en Europe Centrale sur les sédiments loessiques, particulièrement en Allemagne, Autriche, U. R. S. S., Roumanie...

L'objet du présent travail n'est pas de les analyser tous mais de reprendre les principaux travaux permettant une corrélation entre les différentes régions climatiques. Nous analyserons donc essentiellement les travaux allemands et autrichiens les plus récents.

En 1962 et 1963, I. Lieberowicz publie deux travaux très importants. Le premier expose de façon détaillée la stratigraphie des loess de Saxe parmi lesquels l'auteur distingue essentiellement un niveau ancien, rissien, portant un paléisol du type "Fahlerde-pseudogley", surmonté d'un complexe würmien subdivisé en trois parties.

Chacun de ces trois niveaux est caractérisé par un type de sol différent : sol brun pour le plus ancien, sol du type "artic brown soil" pour l'intermédiaire, sol lessivé pour le plus récent. Lieberowicz introduit dans cette étude la notion de "Lamellenpfeckenzone" représentant l'action de déplacements d'argiles de faibles amplitudes contemporaines de la sédimentation.

Dans un autre ouvrage, l'auteur effectue une comparaison avec la stratigraphie d'autres régions d'Europe, centrale et occidentale. Il constate une bonne conformité notamment avec les travaux de F. Sordes et R. Tavernier.

Les loess d'Autriche ont été particulièrement étudiés par J. Fink qui en a fait une mise au point en 1964 et 1965. Le grand intérêt de la région étudiée réside dans sa position géographique qui constitue une zone de transition climatique. Fink est en effet amené à dissocier trois secteurs principaux : zone loessique sèche - zone loessique de transition - zone loessique humide. L'auteur signale que la dernière influence climatique relativement chaude se marque à l'interglaciaire Mindel/Riss avec apparition des derniers sols rouges sur le plan chronologique. Il dissocie la période würmienne en deux unités principales, contrairement aux auteurs français et belges.

Dans l'ensemble des nombreux travaux réalisés par les auteurs des pays d'Europe centrale, il faut également citer la remarquable étude de A. Conza (1970) sur la quaternaire de la Dobrugea en Roumanie. L'auteur utilise un ensemble de techniques très complet, et fait largement appel aux données de la pédologie pour la caractérisation des différents niveaux stratigraphiques.

Aux Etats-Unis les sédiments loessiques ont naturellement fait l'objet d'un très grand nombre de travaux orientés sur la stratigraphie et la caractérisation des matériaux, ainsi que de manière importante sur leur distribution géographique.

En 1960, N. et M. Fedoroff ont publié une synthèse bibliographique intéressante concernant les loess de l'Amérique du Nord.

Les auteurs passent en revue les principales caractéristiques de la couverture loessique : extension, pétrographie, stratigraphie, et décrivent les hypothèses concernant l'origine du loess des grandes plaines ainsi que les conditions climatiques de leur formation. En conclusion, ils indiquent que les loess américains se distinguent essentiellement des loess français par leur teneur plus élevée en feldspaths et par une fraction argileuse dominée par la montmorillonite.

Nous pensons qu'un des travaux les plus importants est celui de *G. D. Smith* (1942) sur les loess de l'Illinois. L'auteur étudie essentiellement la distribution et les caractères des dépôts limoneux en relation avec l'éloignement de la province d'origine. *G. D. Smith* met en évidence une variation dans la granulométrie et l'épaisseur des sédiments en fonction de la distance séparant l'endroit de prélèvement de la source présumée. Il note également que la teneur en carbonates diminue en fonction de l'épaisseur décroissante, et émet l'hypothèse, pour les loess de l'Illinois, d'un dépôt lent accompagné d'une décarbonatation simultanée assez importante.

*H. L. Vascher* et al. (1947) étudiant les loess de la vallée du Mississippi, montrent que l'altération s'opère en deux stades successifs : une décarbonatation tout d'abord, une décomposition des feldspaths et autres minéraux altérables ensuite, avec augmentation de la teneur en argile. L'aspect des feldspaths, angulaire ou érodé, représente pour les auteurs un critère d'altération, ainsi que l'apparition de quartz secondaire cimentant des éléments du squelette. De même, la présence de kaolinite est considérée comme un indice d'altération dans les matériaux étudiés.

En 1954, *R. W. Simonson* et *C. Hutton* établissent des courbes de distribution du loess dans l'Iowa et le Missouri, sur des distances très importantes. Les auteurs précisent ainsi les premiers travaux de *Smith* et autres chercheurs sur l'origine des loess des grandes plaines américaines.

*R. V. Ruhe* (1954) fait remarquer l'importance de la géomorphologie dans la répartition des loess, notamment ceux d'âge "Wisconsin" dans l'Iowa. Il confirme les travaux des auteurs précédents d'une manière générale, mais précise que ces interprétations sont essentiellement valables au niveau des dômes et interfluves. En effet, il signale que le degré d'altération et d'évolution des loess décroît progressivement le long des flancs des interfluves.

En 1961, *P. Vaggoner* et *C. Bingham* étudient statistiquement la répartition des loess par rapport à l'origine des matériaux, et ce sur la base d'une théorie de la turbulence atmosphérique. Ils confirment ainsi l'origine essentiellement éolienne des formations loessiques.

D'autres travaux de portée plus générale sont enfin à citer.

En 1960, *L. S. Berg*, dans une étude importante, émet l'hypothèse d'une dominance des processus d'altération en place dans la genèse des loess. Ces conceptions sont partagées par d'autres chercheurs soviétiques : désagrégation de matériaux divers, remaniements et mélanges par transport provoquant une certaine uniformisation des dépôts, enfin nouvelle altération pédologique. *Berg* met en évidence d'une part l'importance des processus d'évolution sur versants, d'autre part celle des altérations pédogénétiques.

*I. P. Gerassimov* (1962) montre l'action des processus pédogénétiques en conditions périglaciaires sur l'origine des matériaux loessiques, et met l'accent sur certaines conditions de sédimentation en milieu humide.

En 1963, *G. Haase*, suite au Congrès de l'I. N. Q. U. A. de 1961, présente une synthèse stratigraphique sur les loess d'Europe. Traitant essentiellement du Pléistocène supérieur, et des dépôts liés à la glaciation würmienne, il constate qu'au sein de cette grande période la majorité des auteurs tendent à faire une subdivision en trois parties : "early glacial",

"pleniglacial" et "late glacial". Certains cependant n'en distinguent que deux principales en négligeant l'importance d'un interstade.

L'auteur considère enfin qu'il paraît indispensable d'envisager les coordinations d'ensemble sur la base de deux grandes régions : Europe centrale et Europe du sud-ouest.

Dans son discours inaugural du VIII<sup>e</sup> congrès de l'I. N. Q. U. A. en 1969, à Paris, *I. P. Gerassimov* traite des rapports réciproques entre le loess, le périglaciaire et le paléolithique de l'Europe centrale. L'auteur effectue une synthèse des connaissances en ce qui concerne l'origine des loess : polygénèse du matériau et processus d'apports variés, avec influence importante de la géomorphologie et de la paléogéographie. En ce qui concerne les paléosols, *Gerassimov* met les chercheurs en garde contre des interprétations trop hâtives en les raccordant à des stades d'évolution actuels. Il rappelle notamment que ces sols enfouis ont perdu leur dynamique propre et que de nombreuses transformations diogénétiques sont fréquemment intervenues. Il signale également que dans d'assez nombreux cas une évolution pédologique en conditions périglaciaires est intervenue simultanément aux processus de sédimentation, et que de nombreux phénomènes de cryergie caractérisent l'ensemble des dépôts würmiens.

Enfin, dans un numéro spécial de son bulletin, et à l'occasion du même Congrès, l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire a publié un nombre important d'articles concernant la stratigraphie des loess d'Europe. La majorité d'entre eux, très descriptifs, constituent d'excellents points de repère, citons essentiellement ceux de *J. Fink*, *A. Bronger* et *F. Haldrich*, *H. Rohdenburg* et *B. Meyer*, *R. Paape*, *J. Sommé*, *J. P. Lathridou*, *O. S. Kuyl* et *J. H. Bisschop*, *G. Haase* et *R. Tush*, *A. Conça*, *I. K. Ivanova*, *M. F. Vehlitch*, *A. Velitchko*.

Dans ce même ouvrage, *J. Fink* présente une méthode uniformisée pour la représentation et la symbolisation des schémas des coupes de loess, prévoyant deux profils : un profil géologique et un profil pédologique.

Enfin, tout récemment, en 1970, un colloque **sur** les paléosols a permis aux chercheurs français de faire le point de leurs travaux dans ce domaine. En ce qui concerna les formations limoneuses il convient de retenir les communications suivantes :

- *J. P. Lathridou* analyse une coupe stratigraphique typique des loess de Normandie et conclut à la présence de quatre niveaux anciens, chacun caractérisé par un paléosol : deux loess rissiens et deux loess mindéliens.

- *M. Léger* décrit les principaux paléosols quaternaires observés au nord des Alpes : sol brun à brun lessivé à l'interglaciaire Riss/Würm, sols marmorisés dans les niveaux les plus anciens. Ce travail très intéressant s'intègre dans la coordination générale des loess d'Europe occidentale.

- *A. Bonnet* et *M. Bornand*, sur la base d'une cartographie pédologique détaillée, montrent l'importance que peut prendre l'étude des paléosols dans l'étude des formations quaternaires très disséquées de la vallée du Rhône.

Le premier processus que nous serons amené à étudier est celui de l'altération du loess et de sa transformation en un matériau plus argileux. Il s'agit donc des mécanismes de la "lehmification".

Relativement peu de travaux ont été consacrés à ce problème.

En 1942, *E. Brajnikov* expose succinctement ses conceptions sur la formation du lehm : décarbonatation avec libération de grandes quantités d'électrolytes riches en ions calcium, solubilisation de la silice en milieu alcalin, néoformation d'argile à partir de l'immobilisation du fer et de l'aluminium. *Brajnikov* observe l'apparition d'un minéral argileux qu'il nomme "minéral E" et qui constitue vraisemblablement une beidellite ferri-fère. Une décalcoification et désaturation provoqueraient ensuite un déséquilibre amenant la destruction des premiers produits et de nouvelles néoformations argileuses.

*H. Malterre* (1946), dans son travail sur les limons du bassin de Paris, ne donne que très peu d'explications sur l'altération proprement dite. La "terre à brique" serait issue du loess par simple décarbonatation, le processus d'illuviation intervenant immédiatement.

*R. Dudal* (1953), en décrivant le stade sol brun de sa séquence, écrit simplement que, simultanément à une décarbonatation partielle, les minéraux de la roche-mère s'altèrent par hydratation et hydrogénation, en faisant référence à *H. Laatsch* (1944). La floculation de composés de la silice et de sesquioxydes, en présence de cations bivalents, fournirait de l'argile de néoformation. Enfin, la couleur brune des niveaux altérés serait due à l'influence d'oxydes de fer libérés.

*G. Millot, Th. Camez et P. Wernert* (1957), en étudiant l'altération des loess en lehm, traitent exclusivement des modifications dans la nature des constituants minéraux. Les auteurs considèrent que l'altération provoque une fragmentation des minéraux argileux, les parties les plus petites étant les plus sensibles à un lessivage. Ils indiquent une ouverture des feuilletés et l'apparition de minéraux interstratifiés.

Les travaux de l'école de l'Université de Göttingen nous semblent les plus fondamentaux. Exposés successivement en 1960, 1962 et 1969, les études de *F. Scheffer, B. Meyer et H. Gebhards* concernant l'altération des loess peuvent être résumées comme suit. Les matériaux loessiques évoluant essentiellement en milieu non confiné, les néoformations ne pourraient être que réduites, sauf éventuellement dans des zones soumises à un engorgement temporaire ou permanent. L'influence des conditions périglaciaires - cryoclastiques serait prépondérante pour la préparation des matériaux à une fragmentation mécanique. Des phénomènes d'altération, notamment des minéraux micacés, seraient cependant à même d'intervenir.

Enfin, en 1967, *H. Zottel et H. Kussmaul*, travaillant sur des colonnes de sol, et étudiant un bilan d'évolution par lessivage, ont cependant pu effectuer une estimation précise de l'altération de matériaux loessiques.

La quantité d'argile néoformée correspond sensiblement à la diminution de teneur en limons fins, c'est-à-dire de dimensions comprises entre 2 et 20 microns.

L'ensemble des travaux que nous venons d'évoquer brièvement nous a permis d'orienter le premier volet de notre recherche, à savoir la caractérisation précise des matériaux limoneux dans lesquels les sols se sont développés, ainsi que les premières phases de leur évolution.

Dans le domaine de la stratigraphie des loess nous nous sommes essentiellement basés sur les travaux de F. Bordes dans le bassin de la Seine en faisant cependant références à ceux de J. P. Lauridon et des auteurs belges. Nous adopterons donc le principe de deux cycles principaux de sédimentation loessique : cycle récent subdivisé en trois parties : Würm III - Würm II - Würm I, et cycle ancien. Ces deux ensembles étant séparés par l'important interglaciaire Riss/Würm.

En ce qui concerne les tous premiers stades d'altération primaire d'un matériau loessique en place, deux notions fondamentales sont généralement présentées pour expliquer l'augmentation du taux d'argile observé :

- *néoformation* de minéraux secondaires par altération géochimique des minéraux primaires.
- *microdivision* mécanique de certains fragments présents dans le matériau originel.

Le problème restant en suspens, nous tenterons d'apporter nous-même une contribution à la connaissance des premiers processus intervenant dans l'altération des loess.

✱

✱

✱



### 3.3. LES MATERIAUX - LA COUVERTURE LOESSIQUE

Nous allons détailler dans ce chapitre l'ensemble des observations et des données que nous avons pu recueillir sur les différents types de matériaux originels loessiques rencontrés.

Le recouvrement limoneux loessique qui nous intéresse est sensiblement hétérogène quant à sa nature, son âge, son degré d'évolution.

En ce qui concerne la définition du loess, nous retiendrons celle proposée par la commission de terminologie des limons de l'Association des géologues du Bassin de Paris (1969) : "Formation limoneuse d'origine éolienne, appartenant à un cycle morphogénétique de climat froid et aride dont les modalités varient en fonction des conditions climatiques régionales".

La même commission a mis en évidence la grande disparité des conceptions pour une définition du terme "lehm". D'une manière générale, nous entendons par "lehm" un matériau résultant de l'altération du loess. *C. Manil* (1969) a tenté de proposer une définition plus fondamentale : "Processus pédogénétique amenant une certaine ségrégation (authigène ou allogène) d'argile dans un matériau meuble, sous la forme de masses peptisées plus ou moins volumineuses. Ségrégations authigène et allogène peuvent coexister".

Les loess de Picardie et du Soissonnais paraissent être des matériaux du Pléistocène tout à fait supérieur, c'est-à-dire appartenant aux sédimentations terminales du cycle du loess récent (*R. Tavernier*, 1948 - *F. Bordes*, 1954).

Les couvertures du socle ardennais et de la Thiérache d'une part, celles du Tardenois et de la Haute-Brie d'autre part, apparaissent comme étant beaucoup plus hétérogènes et probablement plus anciennes.

De l'ensemble de nos résultats, il apparaît que les dépôts récents présentent des teneurs en argile et en calcaire plus élevées que les limons correspondants du nord-ouest de la France et de Belgique, ce qui pourrait correspondre à un dépôt éolien plus éloigné du lieu d'origine. Ceci confirmerait un certain nombre d'observations effectuées antérieurement (*G. Jonet*, 1932 - *R. Tavernier*, 1948 - *J. Vandamme* et al., 1965).

La teneur en argile des loess calcaires varie entre 13 et 18 %, valeurs sensiblement plus élevées que celle des loess situés plus à l'ouest (*J. P. Lauridou*, 1969), la teneur en  $\text{CaCO}_3$  étant voisine de 14 %. Les "lehms" observés ont 20 à 22 % de leur répartition granulométrique situés sous 2 microns. Nous notons dans ces formations un rapport limon grossier/limon fin (20-50/2-20 microns), de l'ordre de 2 et souvent supérieur 2,5 à 3,5. Leur altération semble peu poussée, la capacité d'échange cationique de l'argile y est de 50/55 méq..

L'"ergeron" calcaire n'apparaît cependant le plus souvent qu'assez profondément dans les profils peu érodés.

On note en Soissonnais, au niveau de la surface structurale du calcaire grossier, une influence assez marquée des formations sableuses tertiaires amenant une teneur plus élevée en sable fin. Une certaine discontinuité entre les matériaux lehmifiés de surface et les dépôts loessiques sous-jacents y est d'autre part fréquemment observée.

La zone de transition entre les loess de Picardie et le secteur très important de recouvrement sableux éolien situé en bordure de la Champagne permet de déceler l'allure générale d'une courbe de sédimentation éolienne très typique, comme le suggère clairement la figure 7 située en deuxième partie de ce travail.



Le sud de la région étudiée, Tardenois et Haute-Brie, possède des couvertures loessiques que nous considérons comme plus anciennes, conformément d'ailleurs à certaines données fournies par les géologues et géographes du Quaternaire (A. Cailleux, 1954 - J. Tricart, 1956). Elles sont dépourvues de carbonates et paraissent avoir fait l'objet d'une altération plus poussée, les "lahms" ont une teneur en argile comprise entre 25 et 30 %, le rapport LG/LF est fréquemment inférieur à 1,5 et la partie superficielle est fortement évoluée. Nous n'y avons jamais observé de loess calcaire en profondeur. La capacité d'échange de la fraction argileuse présente des variations importantes : 30 méq. en surface et 50/55 méq. dans les matériaux sous-jacents, ceci vraisemblablement, comme nous le verrons plus loin, sous l'influence de processus pédogénétiques.

Les couvertures de surface peuvent surmonter des niveaux limoneux où des évolutions d'un type différent paraissent avoir joué, les teintes rougeâtres typiques de développements anciens s'y observent en effet assez souvent, ainsi que des figures d'hydromorphie particulières.

La partie septentrionale, au demeurant tout aussi complexe, nous pose des problèmes d'un autre ordre. La présence d'une ~~couverture~~ limoneuse d'apport vraisemblablement assez récent, postglaciaire, y est fréquente. Peu épaisse, quelques dizaines de centimètres, elle semble avoir été relativement peu affectée par les processus d'évolution pédologique.

Nous pensons que ce recouvrement serait issu de phénomènes locaux d'érosion et de redistribution. Sous ce voile, discontinu cependant, apparaît un limon plus ancien, beaucoup plus évolué, reposant fréquemment lui-même sur des formations limoneuses rougeâtres plus riches en argile. Le rapport LG/LF est là de l'ordre de 1,5 ; la capacité d'échange de l'argile des formations récentes est le plus souvent comprise entre 45 et 60 méq.. Une caractéristique fréquente est l'apparition de phénomènes liés aux conditions périglaciaires, et qui sont essentiellement localisés au contact entre le recouvrement récent et les limons plus anciens. Ils sont de natures diverses : involution, cryoturbation, présence de petits blocs bien individualisés qui, gelés à l'époque, auraient été repris dans une matrice limoneuse soumise à la solifluxion.

La démarche ayant permis de préciser suffisamment les propriétés des principaux matériaux originels limoneux découle de nombreuses observations de coupes de carrières et profils profonds ayant donné lieu à des corrélations. D'autre part, les sondages profonds réalisés systématiquement en cours de cartographie ont complété le premier réseau de manière particulièrement satisfaisante.

L'objet de ce chapitre étant essentiellement de présenter les matériaux en tant que tels, l'accent sera naturellement mis sur une caractérisation sédimentologique et stratigraphique, notre but étant de faire apparaître les grandes unités limoneuses. Les descriptions morphologiques seront volontairement succinctes, de nombreux détails apparaissant dans le paragraphe suivant décrivant les différents sols.

Pour donner une idée suffisamment claire de la couverture limoneuse de notre domaine d'étude nous décrirons tout d'abord (3.31.) quelques coupes caractéristiques de la région étudiée : localisation - description succincte - données analytiques : granulométrie, teneur en calcaire, pH, capacité d'échange de l'argile, fer libre, minéraux lourds. Certains résultats seront présentés graphiquement : teneur en argile, en calcaire, rapport limon grossier / limon fin, courbes cumulatives semi-logarithmiques de la granulométrie de certains échantillons, comptages de minéraux lourds. En ce qui concerne cette dernière technique, les interprétations tiendront

compte des possibilités d'altération de certains minéraux au cours de l'évolution, comme l'ont fait remarquer *H. Washer* et al. dès 1947, et plus récemment *C. Bocquier* (1971). Ces données seront complétées par un schéma de la coupe établi selon les normes préconisées par l'I. N. Q. U. A. (*J. Fink*, 1969). Les discontinuités lithologiques, ainsi que les horizons "diagnostiques" pédologiques que nous avons pu observer seront mentionnés.

Les discontinuités lithologiques ont été mises en évidence d'une part par l'analyse de l'évolution de la granulométrie : étude de la variation de la teneur en argile, de celle de certains indices granulométriques comme le rapport limon grossier/limon fin, comparaison de courbes cumulatives, d'autre part par des critères minéralogiques ou occasionnellement chimiques. Ces discontinuités ont été confirmées par des caractères morphologiques et pédogénétiques : structure, couleur, revêtements argileux, traces de remaniement...

En ce qui concerne le rapport entre fractions limoneuses, nous verrons que certaines variations sont cependant en relation avec les phénomènes d'altération. D'autre part, la faible quantité de constituants de dimensions supérieures à 50 microns ne nous a pas permis d'envisager de rapports granulométriques tenant compte des fractions sableuses.

La présentation se fera par régions naturelles afin de bien rendre compte de la distribution des unités dans le paysage. Nous traiterons donc successivement les principales régions limoneuses suivantes :

- l'*Ardenne*
- la *Thiérache*
- le *Marlois*
- la *Picardie*
- le *Soissonnais*
- la *Haute-Brie*

Il faut signaler que le *Marlois*, secteur d'étendue peu importante, sera cependant largement étudié car il représente une unité de transition remarquable à la fois en ce qui concerne la distribution des dépôts loessiques et le développement des sols.

De même sera analysée une coupe en limite de l'*Orxois*, pour des raisons essentiellement sédimentologiques et stratigraphiques.

L'étude des minéraux argileux des divers niveaux reconnus sera ensuite présentée par régions naturelles (3.32.).

Les différences de composition granulométrique de la couverture limoneuse de surface de l'ensemble de la région étudiée fera l'objet du paragraphe suivant (3.33.).

Nous présenterons alors une synthèse concernant la répartition des associations des minéraux lourds dans le manteau superficiel, de manière à mettre en évidence les influences dominantes (3.34.).

Un certain nombre de données complémentaires seront ensuite présentées, qui se rapportent à la composition chimique des loess, et à quelques déterminations palynologiques (3.35.).

Enfin, un dernier point (3.36.) permettra de conclure sur la grande hétérogénéité de la région qui nous occupe et de comparer nos matériaux à ceux d'autres grandes régions limoneuses.

### 3. 31. ANALYSE DES COUPES CARACTERISTIQUES

Parmi les nombreuses coupes, tranchées profondes ou fronts d'exploitation, observés, décrits et analysés dans le domaine limoneux que nous avons étudié, douze ont été retenus pour être présentés dans ce travail.

- ARDENNES	- Coupe 1 - Macquenoise
	- Coupe 2 - Saint-Michel
- THIERACHE	- Coupe 3 - Le Nouvion
- MARLOIS	- Coupe 4 - Marle
	- Coupe 5 - Pargny
- PICARDIE	- Coupe 6 - Saint-Quentin
	- Coupe 7 - Vermand
- SOISSONNAIS	- Coupe 8 - Vorges
	- Coupe 9 - Craonne
- SOISSONNAIS/ORXOIS	- Coupe 10 - Villers Cotterêts
- HAUTE-BRIE	- Coupe 11 - Le Tillet
	- Coupe 12 - Sablonnière

La présentation des coupes se fera systématiquement de la façon suivante : localisation - description succincte - données analytiques simplifiées - commentaires.

Chacune sera illustrée par les graphiques suivants :

- représentation schématique selon les normes préconisées par l'I. N. Q. U. A.
- répartition de l'argile 0-2  $\mu$  en fonction de la profondeur (trait plein), éventuellement du calcaire (tireté)
- variation du rapport limon grossier (20-50  $\mu$ ) / limon fin (2-20  $\mu$ ) en fonction de la profondeur
- diagrammes de fréquence des minéraux lourds pour les niveaux les plus importants : T = Tourmaline, Z = Zircon, R = Rutile, M = Minéraux de métamorphisme, G = Grenat, E = Epidote, H = Hornblende
- courbes granulométriques cumulatives pour certains niveaux caractéristiques.

#### Coupe 1. - ARDENNES - MACQUENOISE

Coordonnées : x = 730.650    y = 252.210    z = 278 m.

Cette coupe a été observée après creusement d'une profonde tranchée en forêt, en bordure de la route Hirson-Macquenoise, et caractérise la couverture limoneuse reposant sur le socle primaire de la plate-forme ardennaise, constitué par les schistes et grès de Revin.

Description succincte.

0 - 50 cm A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>	Partie supérieure d'un sol brun lessivé à pseudogley - Horizon humifère surmontant un horizon appauvri - Limon moyen, brun foncé : 10 YR 4/3 à brun jaune foncé : 10 YR 4/4 - Teneur en matière organique importante en surface - Taches de rouille assez nombreuses - Structure grumeleuse à granulaire - Friable - Limite distincte et ondulée.
50-100 B <sub>2</sub> <sup>tg</sup>	Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Taches d'oxydo-réduction nombreuses - Structure polyédrique angulaire à subangulaire - Revêtements argileux - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
100-130 B <sub>3</sub> <sup>g</sup>	Horizon de transition - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Taches d'oxydo-réduction - Structure polyédrique subangulaire - Revêtements argileux moins nombreux - Ferme - Limite graduelle et régulière.
130-150 C	Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/8 à taches disséminées brun jaune clair : 10 YR 6/4 - Structure polyédrique peu développée - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.
150-200 II	Limon moyen à argileux, brun vif : 7,5 YR 5/8 - Taches d'oxydation ocre-rouge : 5 YR 4/6 - Structure peu développée, assez perturbée : polyédrique à lamellaire - Traces de remaniements - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.
200-220 III	Limon peu argileux, brun franc : 7,5 YR 5/4 - Structure peu développée - Présence de petits blocs plus consistants, de quelques mm - Assez friable - Limite distincte et régulière.
220-310 III (B)gb	Horizon fortement structuré - Limon argileux, brun franc : 7,5 YR 5/6 - Taches d'hydromorphie - Structure polyédrique angulaire - Ferme - De moins en moins développée vers le bas - Limite graduelle et régulière.
310-350 IV	Transition, niveau hétérogène - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Peu structuré - Quelques petits cailloux - Assez ferme - Limite distincte et ondulée.
350-400 IV	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Structure polyédrique peu développée - Assez ferme.

.. ..

Données analytiques.

Les principales discontinuités sont fort bien mises en évidence par la variation du rapport des fractions limoneuses. Hormis la partie inférieure du sol superficiel, la texture se maintient près de 25 % d'argile ; la teneur en éléments sableux est particulièrement faible, comprise entre 3 et 5 %.

Les courbes cumulatives montrent la répartition des deux principaux matériaux, I et III.

Le pH, de 4,2 en surface reste inférieur à 4,7 jusqu'à 2 m, puis est pratiquement égal à 5 jusqu'au bas de la coupe. La C. E. C. de l'argile, relativement faible en surface du fait de l'évolution pédogénétique, est ensuite voisine de 45/50 m<sup>éq</sup>. sur l'ensemble de la coupe. Les teneurs en fer libre, comprises entre 1,5 et 2,1 dans le matériau de surface, passent pratiquement à 3 dans le matériau III.

En ce qui concerne les minéraux lourds on remarque essentiellement l'inversion du rapport Zircon/Epidote en fonction de la profondeur, et la présence de hornblende dans les niveaux supérieurs. Les minéraux ubiquistes sont présents partout, ceux de métamorphisme s'observent dans les niveaux I et III, pas en IV. On n'observe dans ce dernier ni chloritoïde, ni hornblende. Une différence marquée apparaît donc entre les matériaux III et IV.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphène	Chloritoïde	Andalousite	Staurotide	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Aic.	Corindon	Spinelle	Apatite
I - 120 - 140	4	27	12	4			1		2	1			2	3	39			2	+		1	
III - 240 - 300	3	45	15	2	1		1		2	+			3	3	20			1	1			
IV - 375 - 390	2	58	17	3	+				+	2	+		1		15				+			

Commentaires.

On constate on fait la présence de deux dépôts bien différenciés par un ensemble de caractères essentiellement pédogénétiques : I et III. Nous verrons que la couche de surface semble être assez altérée et marquée par des phénomènes liés à une redistribution dans le paysage.

Les traces de remaniements au contact II/III sont constituées par de petites involutions, la présence de liserés plus sombres ou appauvris en argile. Les petits blocs du niveau III 200-220 sont vraisemblablement dus à l'action gel/dégel en conditions climatiques périglaciaires. Enfin, la structure de la couche 220-310, ainsi que la couleur, caractérisent ce niveau comme horizon (E).

Il nous semble possible d'interpréter cette coupe comme la superposition de deux sols séparés par des produits de remaniement par érosion locale et déplacements.

Coupe 2. - ARDENNES - SAINT-MICHEL

Coordonnées : x = 753.750 y = 249.220 z = 255 m.

Tout comme pour la coupe précédente, les observations ont été effectuées dans une tranchée profonde creusée à cet effet. Située en forêt domaniale de Saint-Michel, elle précise également l'importance du dépôt limoneux recouvrant la surface d'érosion caractérisant le socle ardennais, ici également représenté par le Revinien.

# MACQUENOISE

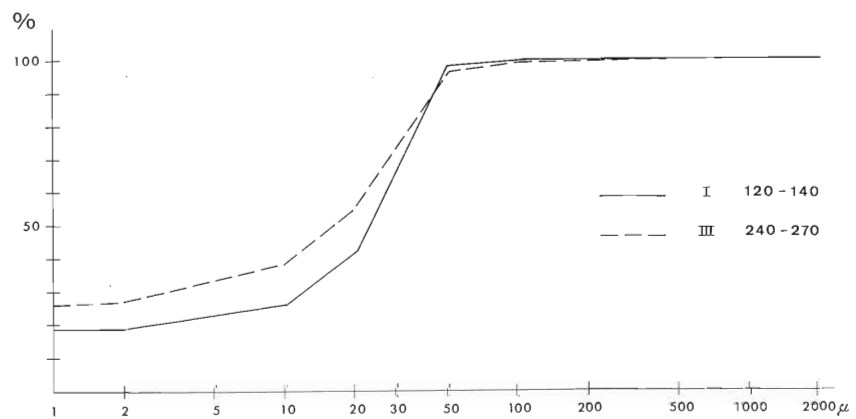
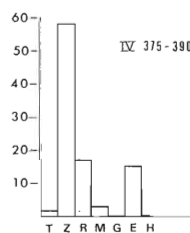
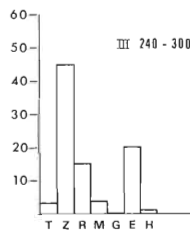
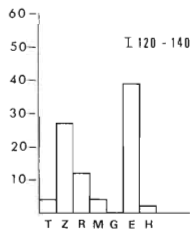
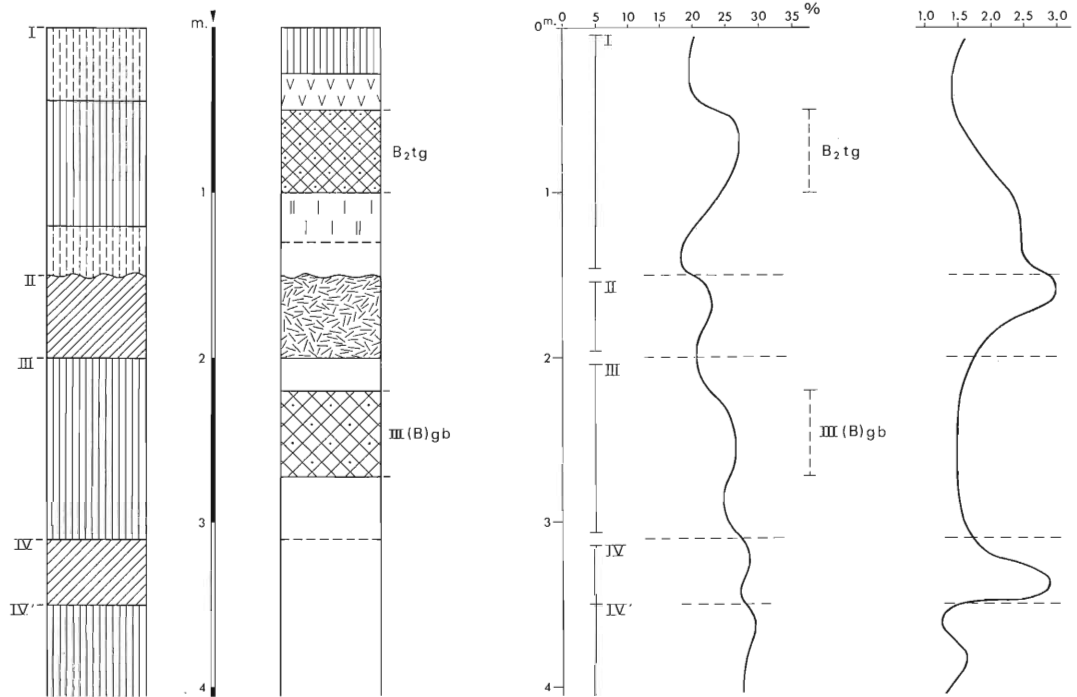


Fig. 24



Description succincte.

0-50 cm A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>	Horizons humifères et lessivés d'un sol à pseudogley - Limon moyen, brun gris foncé : 10 YR 4/2 puis brun clair - Teneur en matière organique importante, particulièrement en surface - Structure grumeleuse à polyédrique subangulaire - Friable - Limite graduelle et légèrement ondulée.
50-100 B <sub>2</sub> tg	Horizon argillique - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 à brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Traces d'hydromorphie assez marquées - Structure polyédrique subangulaire - Revêtements argileux - Friable à ferme - Limite diffuse et régulière.
100-140 B <sub>3</sub> + C	Horizon de transition - Limon argileux, brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Taches de réduction : 10 YR 6/3. et taches de rouille - Structure polyédrique subangulaire - Revêtements argileux peu nombreux - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
140-170 I	Limon moyen, brun jaune clair : 10 YR 6/6 - Quelques taches d'oxydo-réduction disséminées - Structure polyédrique à granulaire - Friable à ferme - Limite distincte et assez régulière.
170-200 II	Limon moyen à argileux, brun jaune à brun franc : 10 YR 5/6 à 7.5 YR 5/6 - Traces de redistribution - Quelques prisolithes ferrugineux - Pseudogley assez bien contrasté - Structure polyédrique subangulaire peu développée - Assez friable - Limite distincte et régulière.
200-250 II (B)gb	Horizon fortement structuré - Limon argileux, brun franc à brun jaune : 7.5 à 10 YR 5/6 - Traces d'hydromorphie - Structure polyédrique angulaire - Ferme - Limite graduelle et régulière.
250-330	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6-5/8 - Structure massive à grossièrement prismatique - Assez ferme - Limite distincte et légèrement ondulée.
330-400 III	Limon fortement argileux, brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Quelques taches d'oxydo-réduction - Structure polyédrique faiblement exprimée - Ferme

Données analytiques.

Les discontinuités, moins nettement mises en évidence que dans la coupe 1, sont cependant bien visibles sur la courbe de distribution de l'argile. Notons la teneur relativement élevée en argile du matériau III ; la teneur en sables y est analogue, très faible, moins de 5 %.

Les courbes cumulatives permettent de dissocier légèrement le matériau III des deux supérieurs.

La variation du pH est progressive, compris entre 4,5 et 5,0 dans le matériau I, il varie ensuite entre 5,3 et 5,8 en profondeur. La C. E. C. de l'argile présente une valeur assez constante en profondeur : 50 à 55 méq., elle diminue dans le matériau I, de bas en haut, de 45 à moins de 30 méq., en liaison avec l'évolution pédogénétique. La teneur en fer libre est comprise en surface entre 1,5 et 2,2 %, elle s'élève en profondeur dans les matériaux II et III jusqu'à 2,5 et 2,7.

Peu de différences notables sont fournies par la comparaison des minéraux lourds des deux échantillons prélevés.



NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphene	Chloritoïde	Andalousite	Staurotite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles AlC	Corindon	Spinelles	Apatite
II - 180 - 250	1	60	11	+	1		1		5	1	1	+	1		12			+				1
III - 330 - 370	2	51	19	1	2		1		1	3		1		1	12		+		+			1

Commentaires.

Tout comme pour la coupe précédente, nous observons deux matériaux différents, mais le passage est cependant plus progressif, et sans intervention discernable de phénomènes de remaniement importants.

Le niveau II 200-250, bien structuré, paraît tout comme dans le cas précédent être dû à une évolution pédologique ancienne.

Les observations que nous venons de faire sur ces limons des Ardennes rejoignent assez celles faites en 1958 par G. Manil sur les loess des plateaux ardennais de Belgique : redistribution des matériaux de couverture avec présence de "pédorélictiques" d'anciens sols.

D'autre part, l'examen des minéraux lourds indiquerait, essentiellement pour la coupe 1, l'influence de limons récents en surface, par l'abondance de l'Epidote par rapport au Zircon.

Coupe 3 - THIERACHE - LE NOUVION

Coordonnées : x = 703.510 y = 258.620 z = 220 m.

Située en limite nord de la forêt du Nouvion, cette coupe a été ouverte pour les travaux de la zone d'épandage des eaux résiduaires d'une laiterie. Localisée sur une légère butte, elle a permis l'observation de matériaux limoneux jusqu'à une profondeur d'environ 7 m.

Description succincte.

- 0-55/75 cm  
A + A<sub>2</sub>      Horizon appauvri d'un sol lessivé dégradé à pseudogley - Limon moyen, beige :  
10 YR 7/4 - Teneur en matière organique moyenne en surface - Nombreux petits nodules Fe - Mn - Taches d'oxydo-réduction et de dégradation - Structure granulaire à polyédrique subangulaire - Friable - Limite graduelle et ondulée.
- 55/75-120  
B<sub>2</sub>tg      Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Phénomènes d'oxydo-réduction très marqués - Structure polyédrique subangulaire - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.

# S<sup>T</sup> MICHEL

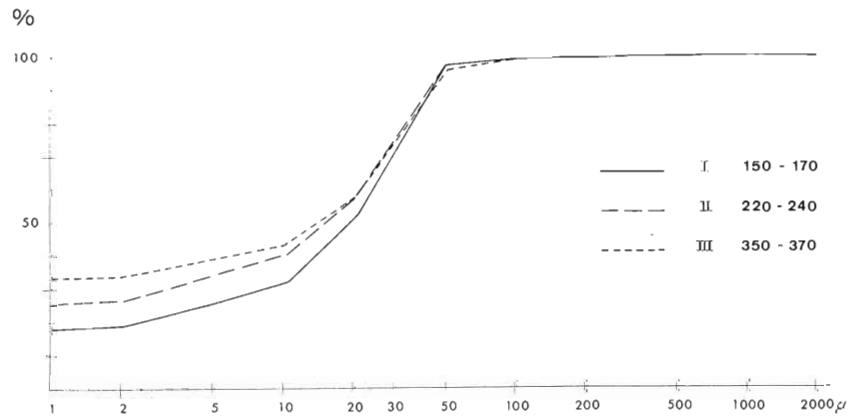
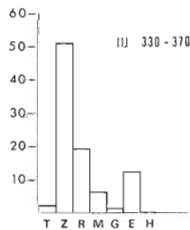
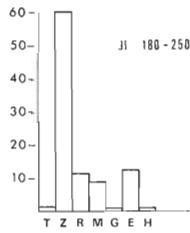
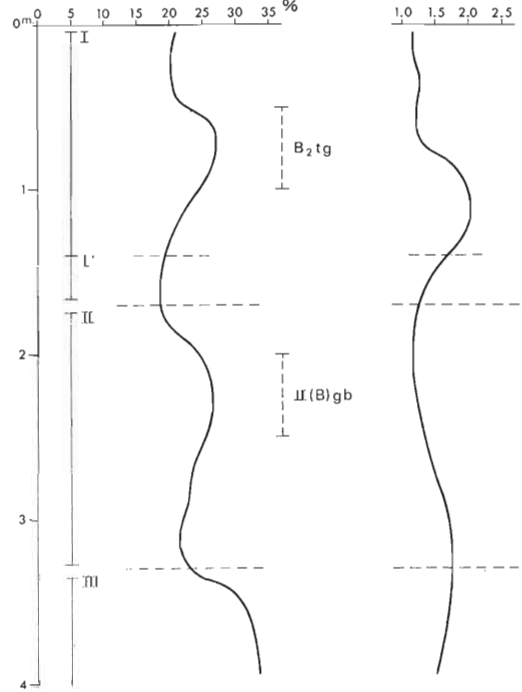
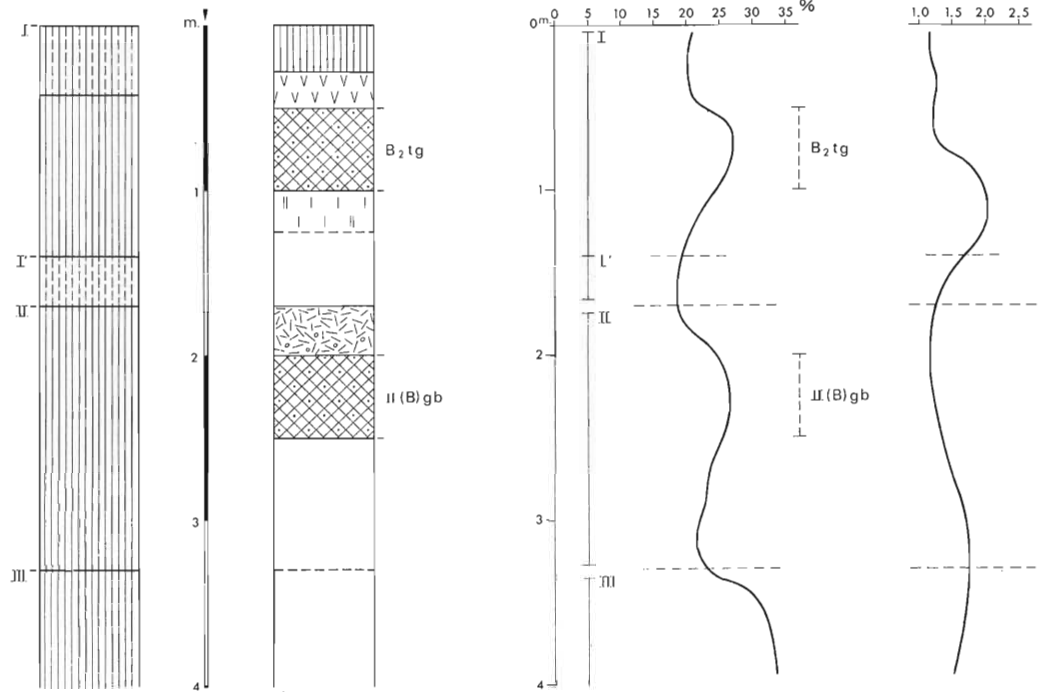


Fig. 25



120-150 B <sub>3g</sub>	Horizon de transition - Limon argileux à limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/6 à 5/8 - Panachage vertical - Structure prismatique très grossière - Très ferme - Revêtements argileux assez épais sur les faces verticales - Limite graduelle et régulière.
150-210 I'	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Quelques taches de réduction - Structure massive avec quelques faces verticales de dissociation - Revêtements argileux - Très ferme - Limite graduelle et régulière.
210-280	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Nombreux "points noirs" : petites indurations Fe - Mn - Structure analogue mais à sous structure lamellaire grossière - Encore quelques revêtements argileux discernables - Très ferme - Limite distincte et assez régulière.
280-310	Limon argileux, "orangé" : 7,5 YR 6/8-7/8 - Très ferrique, à oxydation très marquée - Structure lamellaire moyenne bien développée, devenant fine et très bien développée dans le bas - Friable - Limite nette et régulière.
310-330 II A <sub>1b</sub>	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/4 - Teneur en matière organique faible (0,5 à 0,9 %) - Structure en petites plaquettes horizontales - Friable - Limite distincte et assez régulière.
330-350	Limon moyen à limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure lamellaire très fortement développée - Phénomènes d'hydromorphie liée à la structure, à <b>tendance horizontale - Limite graduelle et ondulée.</b>
350-380 III	Limon argileux "panaché" remanié, brun franc : 7,5 YR 5/6 à gris pâle : 5 Y 7/2 - Structure particulière : très petits polyèdres subangulaires faiblement emboîtés repris dans le haut dans une structure lamellaire - Le panachage est incliné de 35 à 40° par rapport à la verticale - Assez nombreuses figures de cryoturbation - Friable - Limite graduelle et ondulée.
380-440 III B <sub>2</sub> tgb	Limon argileux panaché, de couleur analogue, à panachage vertical - Nombreux nodules ferriques - Structure polyédrique angulaire bien exprimée - Présence de revêtements argileux - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.
440-480	Limon moyen à limon argileux, brun franc : 7,5 YR 5/6 - Quelques taches d'oxydo-réduction - Structure à tendance prismatique - Ferme - Limite graduelle et régulière.
480-580	Limon argileux brun franc - Structure assez massive - Ferme - Limite graduelle et régulière.
580-660	Limon moins argileux, de caractéristiques analogues.

#### Données analytiques.

L'examen des courbes granulométriques fait apparaître la complexité de la succession des couches. La teneur en argile montre trois maxima : tout d'abord au niveau du B<sub>2t</sub> du sol de surface, ensuite au niveau de l'horizon organique enfoui, enfin à celui du limon panaché profond. Le premier et le dernier correspondent à des horizons argilliques assez bien développés, la couche organique pouvant constituer le reste d'un ancien sol assez fortement organique. Les sables sont toujours particulièrement peu représentés, toujours moins de 5 à 6 %.

Le rapport LG/LF présente peu de variation, en dehors des zones remaniées, et reste généralement proche de 1,5.

Les courbes cumulatives montrent l'analogie entre I et I', mais dissocient de manière satisfaisante les matériaux II et III.

Le pH varie relativement peu : voisin de 6,0 en surface, il atteint la valeur maximum de 6,8 en profondeur. La C. E. C. de l'argile varie entre 40 et 55 méq., les valeurs les plus faibles étant relevées dans les parties supérieures des deux horizons argilliques ainsi que dans l'A<sub>2</sub> du sol. Les teneurs en fer libre varient entre 1 et 2,2 % dans les trois premiers mètres, elles atteignent près de 3 % au niveau du limon panaché.

Les minéraux lourds dissocient les niveaux I et III de manière nette : peu de Rutile, beaucoup d'Epidote et présence de Hornblende, Clinozoisite et Zoisite pour le I, plus de Rutile et d'Anatase, moins d'Epidote et absence de Hornblende pour le III.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphene	Chloritoïde	Andalousite	Staurotite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinelle	Apatite	
I - 100 - 160	3	56	2	1	1		1		1	3			3	5	13			2					
III - 360 - 460	+	57	18	5					3	+					4		4		+				

Commentaires.

La particularité essentielle de cette coupe est la présence du niveau organique profond : II A<sub>1</sub>b qui devrait correspondre à un ancien horizon de surface. Il surmonte le limon lourd panaché constituant vraisemblablement la partie supérieure du loess du cycle ancien.

Déjà cité dans la littérature (R. Dudal - 1953 - F. Bordes - 1954), il a été interprété comme vestige d'un sol du type Chernozem. La teneur en argile assez élevée, du niveau qui nous concerne, ainsi que la structure lamellaire fortement développée nous inciteraient plutôt à penser qu'il s'agit d'un sol développé en conditions d'hydromorphie assez accentuées.

L'aspect à points noirs du matériau I' 210-280, la présence du niveau organique et celle du limon intensément panaché nous font penser au contact base du cycle du loess récent / cycle du loess ancien.

Coupe 4. - MARLOIS - MARLE

Coordonnées : x = 703.710    y = 226.910    z = 120 m.

La briquetterie de Marle nous paraît particulièrement intéressante de par sa position géographique : transition Picardie - Thiérache, et du fait des éléments d'industrie que nous avons eu la chance d'y trouver. Son analyse détaillée a fait l'objet d'une publication récente (M. Jamagne et C. Mathieu - 1972). Située sur un dôme léger, elle présente la succession

# LE NOUVION

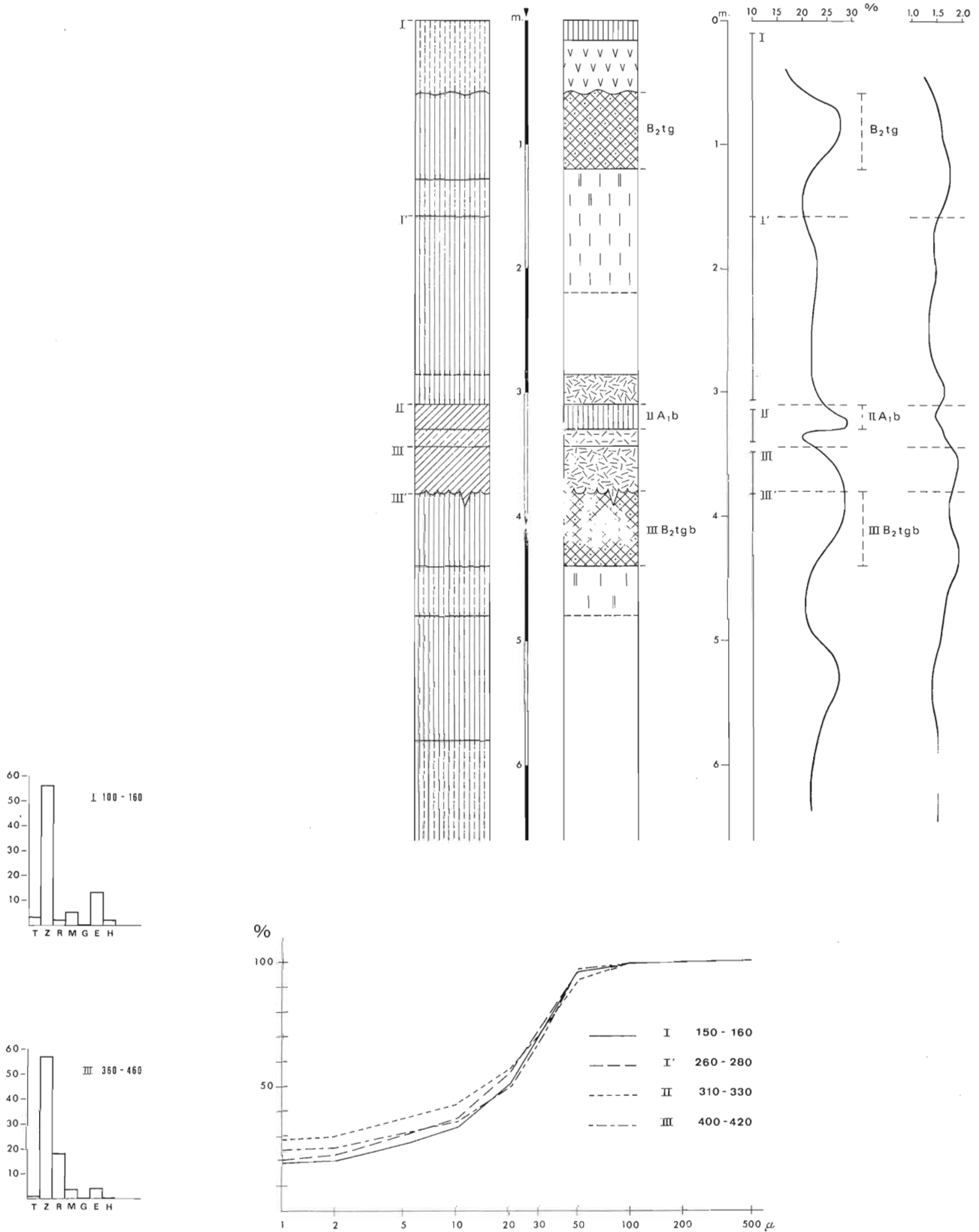


Fig. 26



de plusieurs dépôts limoneux, reposant en profondeur sur des produits d'altération de la craie sénonienne et sur la craie elle-même.

Description succincte.

0-35 cm Ap	Horizon humifère - Limon moyen à limon argileux, brun foncé à brun clair : 10 YR 4/3 - Structure polyédrique subangulaire à angulaire - Limite distincte et ondulée.
35-80 B <sub>2</sub> t	Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux, brun jaune à beige foncé : 10 YR 5/5 à 6/4 - Structure polyédrique angulaire à prismatique - Revêtements argilo-humifères et argileux - Friable - Limite graduelle et régulière.
80-140 B <sub>3</sub>	Limon argileux, brun foncé jaune : 10 YR 5/6 - Structure prismatique grossière - Quelques revêtements argileux sur les faces verticales dans la partie supérieure - Quelques concrétions Fe - Mn à la base - Assez ferme - Limite distincte et ondulée, avec quelques petits festons.
140-220 II (B)b	Horizon argillique remanié - Limon très argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Structure massive avec quelques faces verticales recouvertes de revêtements argileux - Ferme - Limite graduelle et régulière.
220-250 II B <sub>3</sub> b	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Structure lamellaire, avec faces verticales - Revêtements argileux - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
250-280/290	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6-5/8 - Structure lamellaire - Présence de taches d'oxydo-réduction au contact avec le niveau sous-jacent - Niveau d'industrie - Ferme - Limite distincte et régulière.
290-360 III B <sub>2</sub> tb	Base d'un horizon argillique enfoui - Argile limoneuse à limon très argileux, brun franc à ocre rouge : 7,5 YR 5/7 à 5 YR 5/6 - Structure prismatique grossière fortement développée - Nombreux revêtements argileux bruns : 7,5 YR 5/4 - Ferme - Limite graduelle et régulière.
360-420	Limon très argileux, brun franc : 7,5 YR 5/6 - Structure massive avec quelques faces verticales revêtues d'argile - Ferme - Limite graduelle et régulière.
420-480	Niveau probablement remanié - Limon argileux, brun franc : 7,5 YR 5/8 - Structure polyédrique à prismatique dans la partie inférieure - Revêtements argileux - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
De 480 à 640 IV - V - VI	Divers niveaux limono-sableux

Données analytiques.

La variation de la granulométrie nous permet de déceler un sol brun lessivé dans un matériau de couverture reposant à 140 cm sur un matériau assez complexe où un niveau d'accumulation d'argile est cependant évident ; vers trois mètres apparaît un horizon très argileux constituant un B<sub>2</sub>t très développé. Il faut noter des conditions de sédimentation vraisemblablement assez hétérogènes. La teneur en sables varie de la façon suivante : moins de 6 % pour les matériaux I et II, comprise entre 7 et 15 % pour le matériau III, assez nettement supérieure ensuite.

Les courbes cumulatives mettent en évidence les différents matériaux de manière satisfaisante, le III apparaissant bien comme plus sableux.



Le pH est élevé, de 7,5/7,6 en surface, il diminue légèrement jusqu'à 7,1 vers 350 cm, puis remonte ensuite, à 7,8 en profondeur. La C. E. C. de la fraction 0-2  $\mu$  présente peu de variation, comprise entre 45 et 55 méq. sur l'ensemble de la coupe. Le fer libre, compris entre 1,5 et 2,0 % dans les matériaux I et II, présente un maximum de 2,3 % dans le III B<sub>2</sub>tb.

L'examen du comptage des minéraux lourds montre une dissociation assez nette entre les matériaux I et II et le niveau III, basée pratiquement exclusivement sur la teneur en Disthène, beaucoup plus représenté en profondeur. La teneur en minéraux ubiquistes est particulièrement importante.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphère	Chloritoïde	Andalousite	Staurotite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinelles	Apatite	
I - 80 - 120	14	68	8					1		2		3			4								
II -220 - 260	9	75	2		1				1	2		1			2								
III -320 - 360	12	66	5					1	1	13					2								
III -420 - 440	15	63	4	1				2	2	9		1			3								

#### Commentaires.

La coupe nous permet de distinguer un sol brun lessivé dans un matériau de couverture reposant à profondeur relativement faible sur un matériau indiqué II, assez complexe. La partie supérieure de ce matériau semble être constituée par un ancien horizon B d'accumulation remanié et redistribué, il s'agit là de phénomènes qui pourraient être considérés comme liés à des conditions périglaciaires, ce qui est confirmé localement par des figures de cryoturbation plus ou moins accentuées et par la présence de petits blocaux irrégulièrement répartis dans une masse qui pourrait avoir été solifluée.

Le niveau indiqué II' correspond à la base d'un horizon d'accumulation d'argile, la structure qui y est observée correspondant à celle d'un horizon du type B<sub>3</sub>. A 3 m nous trouvons ensuite un matériau dont la partie supérieure correspond d'une manière très spectaculaire à un ancien horizon d'accumulation, de teinte beaucoup plus rougeâtre que l'ensemble des matériaux de couverture, très riche en revêtements argileux, et à teneur en argile importante. La partie basse de ce niveau présente un matériau altéré mais ne possédant pas de caractéristiques pédogénétiques nettes liés au processus d'illuviation. Certaines données archéologiques nous permettent de croire qu'il s'agit là d'un paléosol développé à l'interglaciaire Riss/Würm. En effet, sa limite supérieure correspond à un niveau d'industries typiques : Moustérien de tradition acheulienne et faciès levallois.

# MARLE

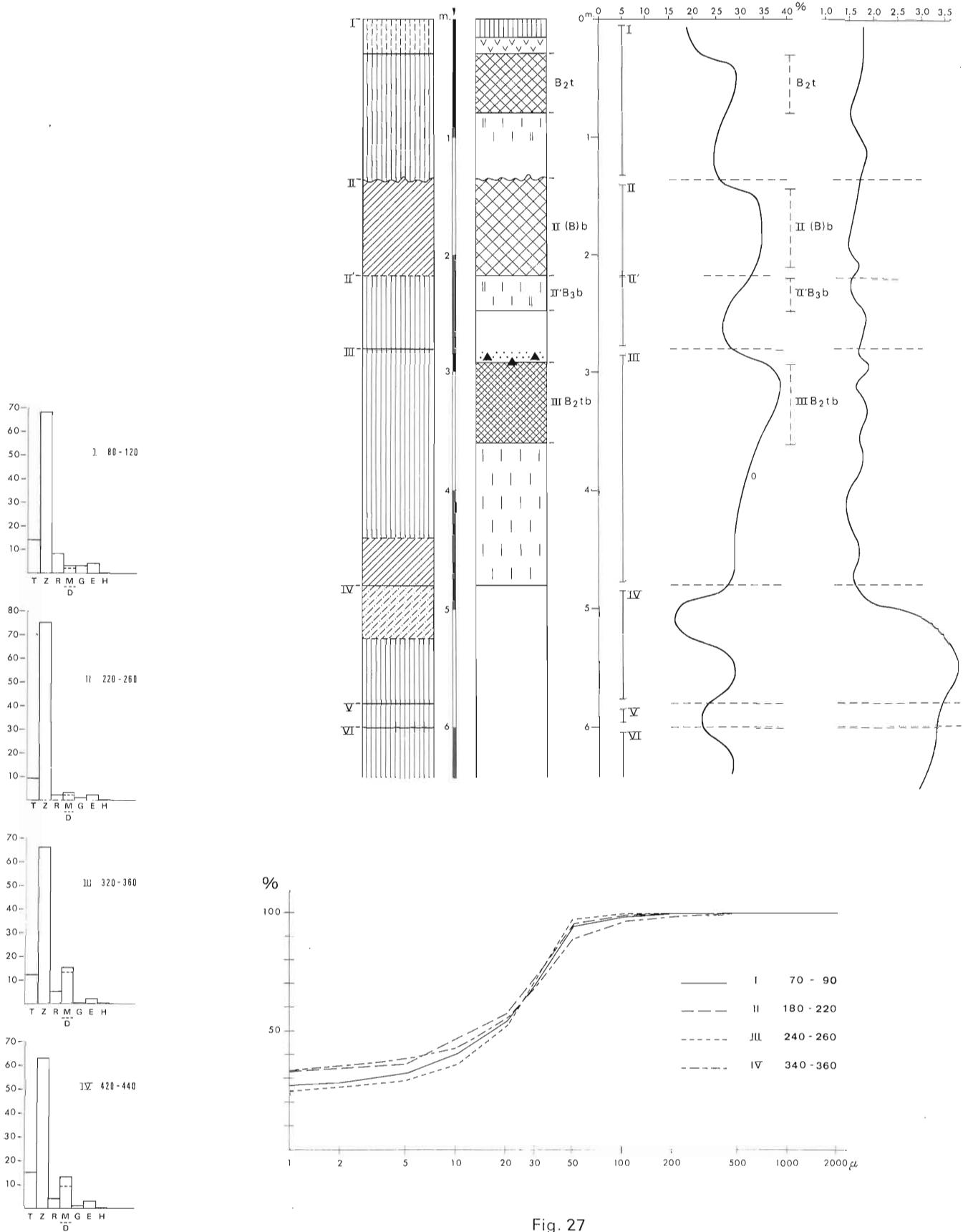


Fig. 27



Des niveaux anciens remaniés tels que ceux que nous observons ici (II) ont déjà été signalés par F. Bordes (1946). D'autre part, la teneur en argile et la couleur de la couche interprétée comme paléosol risien correspondent remarquablement à un niveau décrit par G. Manil (1960) et daté de manière analogue par l'auteur.

Coupe 5. - MARLOIS - PARGNY

Coordonnées : x = 892.840 y = 226.770 z = 102 m.

Cette coupe a été observée sur le plateau de Pargny-les-Bois, à la faveur d'un puits profond creusé en position plane.

Elle permet l'analyse d'une succession très caractéristique de dépôts limoneux appartenant au cycle du loess récent, reposant sur le crétacé.

Description succincte.

0-50 cm Ap + A <sub>2</sub>	Partie supérieure d'un sol brun lessivé - Limon moyen, brun foncé : 10 YR 4/3 - Faible teneur en matière organique en surface - Structure granulaire à polyédrique subangulaire - Friable - Limite graduelle et régulière.
50-110 B <sub>2</sub> <sup>t</sup>	Horizon argillique - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure polyédrique angulaire - Revêtements argileux moyennement nombreux - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.
110-140 B <sub>3</sub>	Limon argileux à limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure polyédrique angulaire à prismatique - Quelques revêtements argileux - Assez ferme - Limite diffuse et régulière.
140-220 C	Loess calcaire, ergeron - Limon moyen, beige : 10 YR 6/4 - Structure continue, massive, à granulaire localement - Mycelium calcaire gainant les pores - Friable - Limite distincte et légèrement ondulée.
220-240 II	Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure lamellaire à polyédrique - Accumulation de calcaire secondaire en petits amas et mycelium - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
240-330 II (B) <sub>2</sub> <sup>tb</sup>	Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux brun jaune : 10 YR 5/4-5/6 - Structure polyédrique angulaire - Traces de revêtements argileux - Un peu de calcaire réparti sur les faces structurales dans le haut de l'horizon - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
330-450	Limon moyen, brun jaune clair : 10 YR 5/8 - Structure granulaire à continue - Friable - Limite distincte et irrégulière avec traces de cryoturbation au contact du niveau sous-jacent.
450-480 III	Horizon de transition d'aspect remanié - Limon moyen brun jaune : 10 YR 5/6 - Petits points noirs de Fe - Mn - Structure granulaire, tendance squameuse localement - Friable - Limite distincte et légèrement ondulée.

480-560 III B <sub>2</sub> <sup>tb</sup>	Limon argileux. brun à brun franc : 10 YR 5/4 à 7,5 YR - Structure polyédrique angulaire - Présence de quelques revêtements argileux - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
560-600 III B <sub>3</sub>	Limon argileux. brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure prismatique peu développée - Ferme - Limite graduelle et régulière.
600-700	Limon argileux. brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure massive avec quelques faces de dissociation verticales - Assez ferme

Données analytiques.

La superposition des trois niveaux d'évolution est ici particulièrement bien mise en évidence par les courbes granulométriques ; ces niveaux sont de plus en plus argileux en fonction de la profondeur. Le rapport des fractions limoneuses présente une variation très progressive avec deux inflexions aux discontinuités, le matériau supérieur présentant les valeurs les plus élevées. Les teneurs en sables varient très nettement avec les trois matériaux : moins de 5 % pour le loess le plus récent, 7 à 10 % pour le matériau II, 10 à 15 % pour le matériau III.

Les courbes granulométriques cumulatives montrent de manière très nette les différences entre les quatre matériaux.

Le pH, très élevé, varie de 7,8 en surface à plus de 8 au niveau du loess calcaire pour redescendre ensuite progressivement pour atteindre 7,2 dans le fond de la coupe. La C. E. C. de l'argile, comprise entre 40 et 50 méq. dans le matériau III, remonte à 60 méq. dans le matériau II, pour revenir à 55 méq. dans le plus récent. Les teneurs en fer libre sont très homogènes, variant entre 1,1 et 2,2 %.

En ce qui concerne les minéraux lourds, la seule différence notable que l'on peut observer, mais qui n'est pas négligeable, est la variation de la teneur en Grenat, particulièrement bien représenté dans le dépôt supérieur.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphère	Chloritoïde	Andalousite	Staurotide	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc	Corindon	Spinelles	Apatite	
I - 140 - 180	12	53	6	1		2		2	2	5		12			2			1					
II - 350 - 410	17	49	9			1		2	5	6		4			5			1					

Commentaires.

Cette coupe est située dans une zone de transition entre le Marlois proprement dit et la Picardie ; nous précisons en fin de chapitre ce problème sur le plan minéralogique.

Peut-être avons nous là affaire à la succession de trois niveaux subdivisant le Würm. Aucune possibilité de datation ne nous a cependant permis de le confirmer.

PARGNY

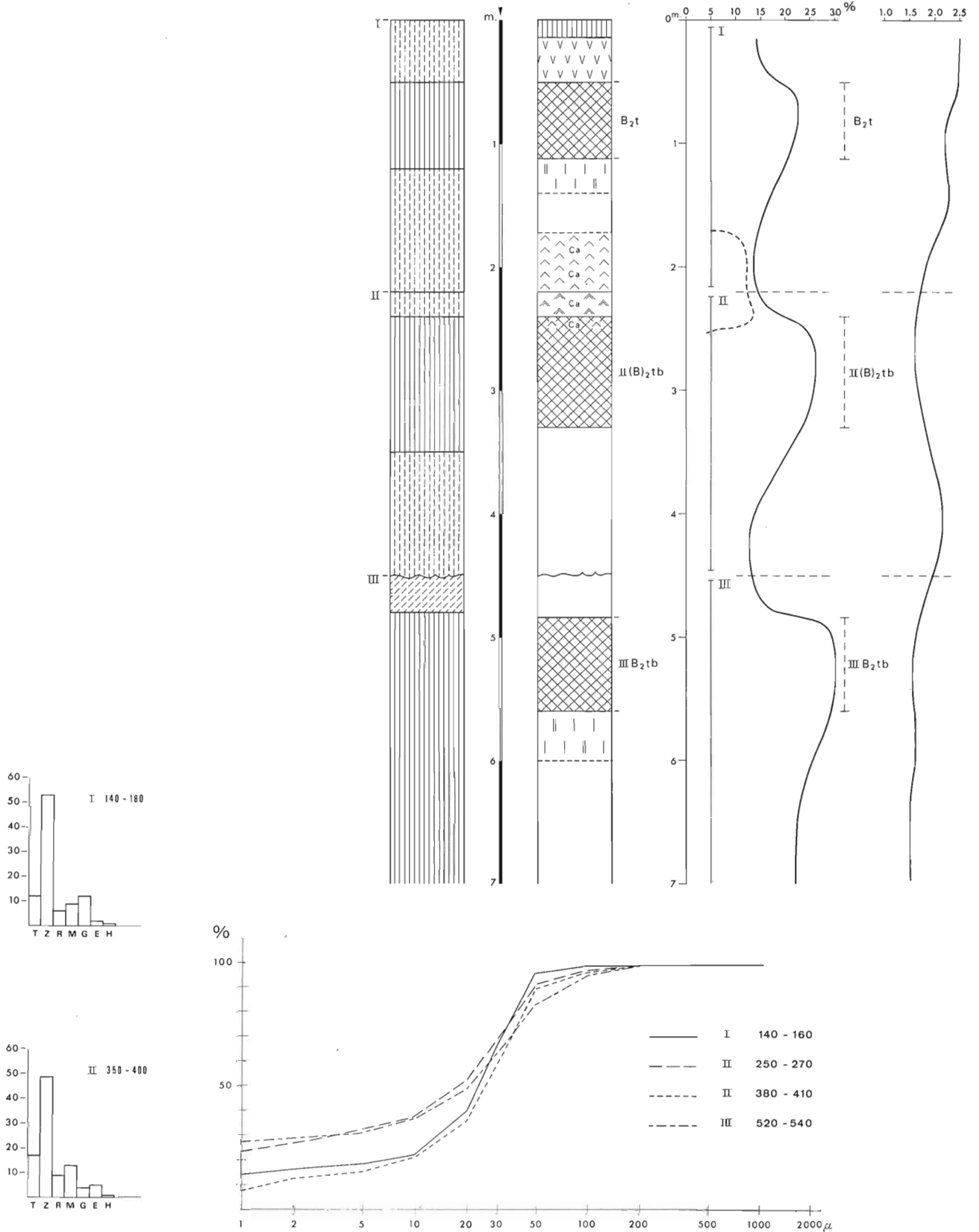


Fig. 28



Coupe 6. - PICARDIE - SAINT-QUENTIN

Cocordonnées : x = 665.340 y = 237.270 z = 85 m.

La carrière qui nous occupe est une ancienne briquetterie située sur la route Saint-Quentin - Paris, sur pente légère à exposition nord.

Elle représente un bon exemple de la succession stratigraphique de cette région, nous avons pu la confirmer par d'autres coupes situées aux environs ou plus à l'ouest, ou encore par de nombreux sondages profonds. Cependant, la partie intermédiaire présente une certaine complexité que l'on ne retrouve pas systématiquement.

Description succincte.

0-15 cm Ap	Horizon humifère et appauvri d'un sol brun lessivé - Teneur en matière organique moyenne - Limon moyen brun foncé : 10 YR 4/3 - Structure grumeleuse à granulaire - Friable - Limite distincte et régulière
15-70 B <sub>2</sub> <sup>t</sup>	Horizon argillique - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/4-5/6 - Structure polyédrique angulaire reprise dans des prismes à la base de l'horizon - Revêtements argilo-humifères et argileux - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
70-120 B <sub>3</sub>	Limon argileux brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure peu développée, prismatique très grossière - Aspect "varvé" et moucheté - Très poreux nombreux petits pertuis gainés de brun-noir : Fe - Mn - Assez ferme - Limite progressive.
120-170	Loess décarbonaté - Limon moyen brun jaune à beige foncé : 10 YR 5/6 à 6/4 - Structure continue avec quelques faces subverticales de dissociation - Matériau très poreux - Ferme à friable - Limite graduelle et légèrement ondulée.
170-200	Loess calcaire - Limon moyen beige foncé : 10 YR 6/4 - Structure continue - Présence de mycelium calcaire dans les pores - Assez friable - Limite distincte et régulière
200-250 II	Zone de transition - Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/6 - Phénomènes d'oxydo-réduction dans le bas de la couche - Sans structure - Aspect tacheté et remanié - Assez fortement calcarifère : mycelium et petits nodules - Friable - Limite distincte et régulière.
250-290 II'	Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/4 - 5/6 - Structure lamellaire très fine, à squameuse - Calcaire secondaire assez abondant - Friable - Limite distincte et régulière.
290-315 II''	Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure lamellaire fine fortement développée - Pseudogley "stratifié" en relation nette avec les éléments structuraux - Concrétions et nodules : "poupées" calcaires au contact du niveau sous-jacent - Friable - Limite nette et légèrement ondulée.
315-390 III B <sub>2</sub> <sup>tb</sup>	Horizon enrichi en argile - Limon argileux, à panachage d'orientation horizontale, brun jaune : 10 YR 5/6 à brun franc très localement - Structure finement feuilletée à polyédrique - Revêtements, enduits argilo-ferriques rougeâtres - Présence de calcaire dans la partie supérieure - Assez ferme - Limite graduelle et ondulée.
Plus de 390	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Structure continue - Assez ferme.



Données analytiques.

Les courbes granulométriques mettent en évidence de manière très nette deux matériaux, le I et le III, séparés par un niveau hétérogène intermédiaire. Le matériau I possède un rapport LG/LF compris entre 2 et 2,5, pour le III compris entre 1 et 2. L'accumulation de calcaire se répartit dans tout le niveau II de transition. La teneur en sable est très faible et voisine de 4 à 5 % sur toute la hauteur de la coupe.

Le loess I présente une courbe cumulative très caractéristique tandis que les niveaux II' et III fournissent des courbes assez analogues.

Le pH croît de 7,2 en surface à plus de 8,3 dans le niveau calcaire pour redescendre ensuite très progressivement à 7,2 dans les couches profondes. Egale à 50 méq. dans les matériaux I et II, la C. E. C. de l'argile s'élève à 60 dans le matériau III.

Le fer libre présente une variation assez analogue, compris entre 1 et 2 % dans les deux matériaux supérieurs, avec un minimum au niveau du loess calcaire, il dépasse légèrement 2 % dans les niveaux les plus profonds.

Peu de différence apparaît entre les deux examens de minéraux lourds effectués, excepté l'absence de Hornblende en I.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphene	Chloritoïde	Andalousite	Staurolite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles A/c	Corindon	Spinelles	Apatite	
I - 100 - 200	2	47	11	4		1			1			12	4	2	14								
III- 310 - 360		43	9	1	1	1			1			16	3	1	11			3					

Commentaires.

Deux niveaux importants, I et III, sont séparés par des matériaux remaniés, par colluvionnement ou solifluxion, mentionnés II, II' et II''.

La répartition du calcaire est très caractéristique : partie constituante du loess originel à la base du I, il se répartit sous des formes d'accumulation : mycolium et poupées dans les couches de transition et à la partie supérieure de l'horizon B enfoui où il présente sa teneur la plus élevée.

Si le loess de couverture est Würm III, ce qui est vraisemblable, nous serions en présence d'un contact Würm II / Würm III.

Il faut remarquer que la morphologie au niveau II' correspond assez à la description que donne I. Lieberoth (1963) du sol développé en Saxe sur le Würm II et qu'il qualifie d'"arthic brown soil" ; peut-être s'agirait-il ici d'une genèse analogue.

# ST QUENTIN

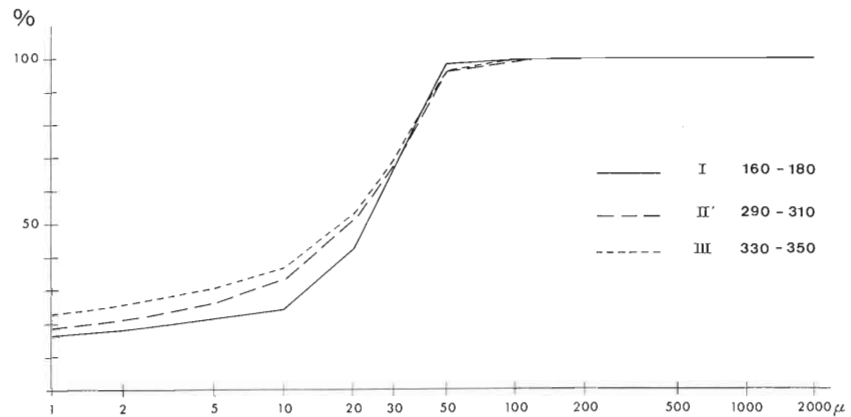
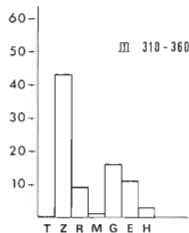
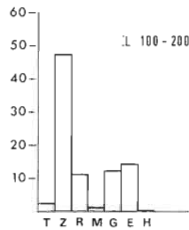
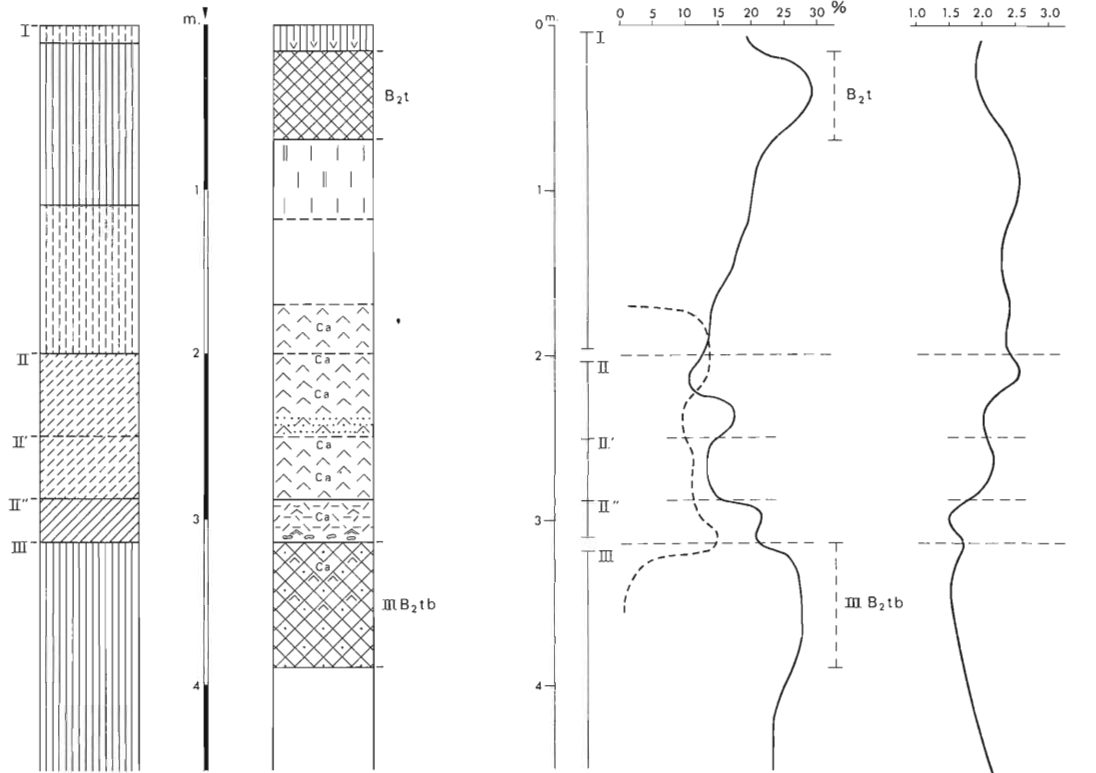


Fig. 29



Coupe 7. - PICARDIE - VERMAND

Coordonnées : x = 860.620 y = 241.700 z = 90 m.

Reposant à environ 5,50 m sur la craie du Sénonien, les limons observés dans cette coupe correspondent, tout comme ceux de la précédente, aux dépôts typiquement picards de la région étudiée.

Description succincte.

0-15 cm Ap	Horizon humifère et appauvri d'un sol brun lessivé - Teneur en matière organique moyenne - Limon moyen brun foncé : 10 YR 4/3 - Structure granulaire - Friable - Limite distincte et régulière.
15-60 B <sub>2</sub> <sup>t</sup>	Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/4 - Structure polyédrique angulaire - Revêtements argilo-humifères - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.
60-85 B <sub>3</sub>	Limon argileux brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure prismatique avec revêtements argileux sur les faces verticales de structure - Assez ferme - Limite progressive.
85-130 C	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure prismatique - Assez ferme - Limite graduelle et régulière
130-165	Loess décarbonaté - Limon moyen, brun jaune à beige foncé : 10 YR 5/6 à 6/4 - Structure continue avec quelques faces de dissociation verticale à la partie supérieure - Assez ferme - Limite distincte et assez régulière
165-270	Loess calcaire - Limon moyen beige foncé : 10 YR 6/3 - Structure continue - Teneur en calcaire importante, réparti dans la masse et dans les pores, plus densément à la partie inférieure - Ferme à friable - Limite distincte et légèrement ondulée
270-320 II	Zone de transition - Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/4 - Structure continue à tendance squameuse - Finement et irrégulièrement tacheté de gris - Taches d'hydromorphie assez contrastées au contact de l'horizon sous-jacent - Calcaires secondaires dans les pores - Assez friable - Limite distincte et régulière
320-400 II (B)h	Horizon fortement structuré - Limon argileux brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure lamellaire à polyédrique subangulaire - Accumulation de calcaire à la partie supérieure, sous forme de mycelium sur les faces structurales - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
Plus de 400	Limon argileux brun jaune : 10 YR 5/8 - Structure lamellaire à continue - Assez ferme

Données analytiques.

Les analyses granulométriques reflètent bien les deux principaux matériaux mis en évidence dans la coupe 6 : supérieur à rapport LG/LF élevé, inférieur à rapport nettement plus bas. Sur toute la profondeur des dépôts la teneur en sable ne dépasse pas 5 %.

Peu de différences apparaissent à la comparaison des courbes cumulatives des matériaux I et II.

Compris entre 6,3 et 6,8 en surface, le pH atteint des valeurs très élevées au niveau des couches calcaires, 8,3, pour redescendre à 7,5 en profondeur. La C. E. C. de l'argile présente des valeurs correspondantes de celles enregistrées pour la coupe précédente : légèrement supérieure à

50 méq. pour le matériau supérieur, voisine de 60 méq. pour le matériau inférieur. Le fer libre varie, quant à lui, entre 1,4 et 2,1 %.

L'analyse des comptages de minéraux lourds permet de constater une certaine similitude des trois échantillons prélevés : tous sont relativement pauvres en ubiquistes par rapport aux teneurs observées dans la région, ainsi qu'en minéraux de métamorphisme, et riches en Grenat et en Epidote, ainsi qu'en Chloritoïde et Hornblende.

Le niveau inférieur II est cependant moins riche en Epidote et plus riche en Hornblende que le dépôt supérieur. Ce dernier, par contre présente une quantité d'Augite importante dont l'origine serait peut-être due à la proximité des biefs à silex (S. Duplax - 1946).

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphène	Chloritoïde	Andalousite	Staurotite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc	Corindon	Spinelles	Apatite	
I - 90 - 160	1	30	8	2		1	2		1	+		19	3		17		9	3	1				
I - 160 - 230	2	33	9	7	+	3	1		2			12			17		7	1	3				
II - 310 - 370	3	35	6	3	2	1	1		+		+	21	4	3	11			8					

#### Commentaires.

Les deux niveaux de la coupe de Saint-Quentin se retrouvent ici. Ils sont bien mieux évidents, étant donné l'absence de l'importante couche intermédiaire de remaniement. Le calcaire présente une répartition très analogue, avec concentration assez importante aux abords de la discontinuité. L'horizon II (B)b ne présente pas de revêtements argileux et constituerait donc un horizon d'altération.

Ici également nous serions donc en présence d'un contact Würm II / Würm III.

#### Coupe 8. - SOISSONNAIS - VORGES

Coordonnées : x = 695.460 y = 201.510 z = 190 m.

Creusée sur la première ligne de crête du Soissonnais, la tranchée décrite ci-après est très caractéristique de la partie septentrionale de cette région naturelle. Les limons reposent en profondeur sur les faciès supérieurs du Lutétien.

#### Description succincte.

0-40 cm Horizon appauvri d'un sol lessivé légèrement marmorisé - Limon moyen sableux,  
 $A_1 + A_2$  brun gris foncé : 10 YR 3/2 à brun jaune : 10 YR 5/3 - Teneur en matière organique  
 1 assez importante en surface - Structure grumeleuse à granulaire - Friable - Limite graduelle et légèrement ondulée.

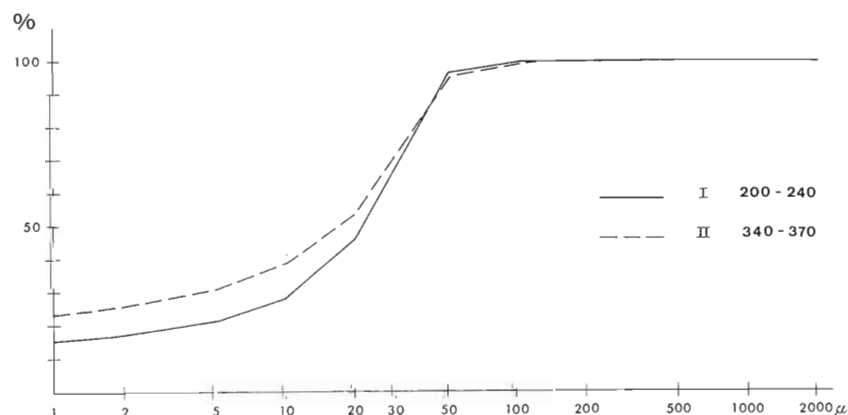
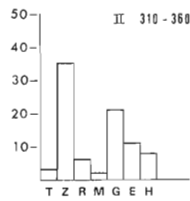
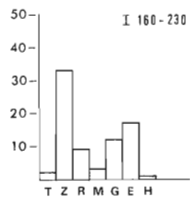
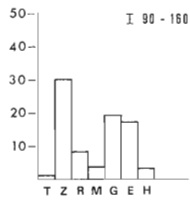
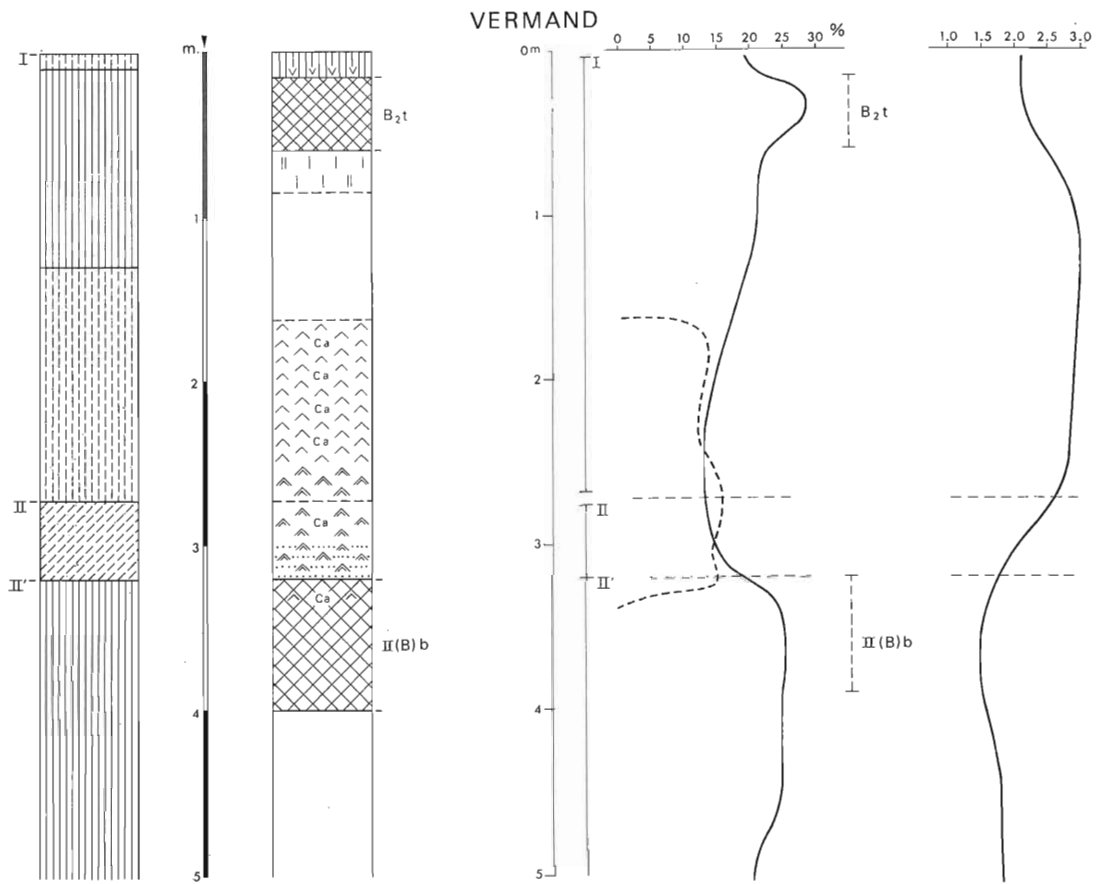


Fig. 30



10-100 B <sub>2</sub> t	Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux sableux. brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure polyédrique angulaire - Revêtements argileux nombreux - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.
100-160 B <sub>3</sub>	Limon argileux sableux. brun jaune : 10 YR 5/6 - Taches d'oxydo-réduction assez nombreuses - Structure polyédrique à prismatique dans le bas - Quelques revêtements argileux - Ferme - Limite progressive.
160-200	Limon argileux sableux. brun jaune : 10 YR 5/6 - Peu structuré, quelques faces verticales - Ferme - Limite graduelle et régulière.
200-250	Limon moyen sableux brun jaune : 10 YR 5/1 - Structure continue - Nombreuses petites taches de Fe - Mn - Loess décarbonaté ou non calcaire - Friable - Limite distincte et légèrement ondulée.
250-260 II	Niveau de transition - Limon moyen sableux. brun jaune : 10 YR 5/6 à 5/8 - Taches d'oxydo-réduction - Structure peu discernable, tendance granulaire - Friable - Limite distincte et régulière
260-360 II B <sub>2</sub> t(g)b	Niveau d'accumulation d'argile - Limon argileux brun jaune : 10 YR 5/6 - Phénomènes d'hydromorphie assez nets et contrastés - Structure à tendance polyédrique - Présence de revêtements argileux - Ferme - Limite graduelle et régulière
360-420	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure massive. quelques faces verticales - Quelques revêtements argileux - Ferme - Limite progressive.
Plus de 420	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6-5/8 - Légèrement hydromorphe - Peu structuré.

#### Données analytiques.

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent l'importance prise par la fraction sableuse 50-100 microns ; généralement comprise entre 15 et 20 %, elle présente un maximum vers 25/30 % dans le sol de surface. Le rapport LG/LF permet de voir que la sédimentation y a cependant été assez homogène, excepté pour la couche superficielle correspondant à l'horizon A<sub>2</sub>.

La courbe cumulative du matériau I est celle d'un loess sableux typique, et se dissocie nettement de celles des niveaux de prélèvement sous-jacents.

Moyen en surface : 5,8 à 6,7, le pH varie dans le dépôt supérieur pour atteindre un maximum de 7,3 à la discontinuité ; il se maintient ensuite à 7,0 pour rediminuer à 6,6 à plus de 6 mètres. La C. E. C. de l'argile est de 50 à 55 méq. en moyenne pour le matériau II, elle est de 60 méq. pour le matériau I. Le fer libre présente relativement peu de variation, compris entre 1,0 et 2,2 %.

L'examen des minéraux lourds n'apporte que peu de données sur la succession des couches, l'enrichissement en Tourmaline paraissant cependant progressif avec la profondeur. Les caractères les plus intéressants semblent être d'une part l'importance du Rutile, vraisemblablement due à la proximité des sables tertiaires, d'autre part celle des minéraux de métamorphisme, surtout la Staurotide et le Disthène. Notons la teneur importante en Epidote de la base du niveau I.



NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphene	Chloritoïde	Andalousite	Staurotite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoïsite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinelles	Apatite
I - 100 - 160	5	34	27					4	8	7		4	1		7		1	1				
I - 200 - 230	12	24	24	1					11	6		3		1	15							
II - 260 - 360	14	24	26	3	1				11	8	1	3	5		6			1				

### Commentaires.

La succession des deux matériaux loessiques est ici particulièrement nette, la transition étant marquée par le petit niveau II à 250-260 cm.

Par rapport à la succession picarde, il faut noter tout d'abord l'absence de carbonates, la discontinuité étant simplement marquée par une augmentation de la saturation en Ca. De plus, des caractères légers d'hydro-morphie apparaissent pratiquement dans tout le sédiment.

Il semble donc que ce loess assez sableux de couverture, déposé en limite géomorphologique nord de l'Île-de-France ait été nettement moins carbonaté à l'origine que les dépôts contemporains de Picardie ou, comme nous allons le voir, de ceux de la partie centrale du Soissonnais.

### Coupe 9. - SOISSONNAIS - CRAONNE

Coordonnées : x = 695.010 y = 183.060 z = 195 m.

La coupe est située sur le plateau séparant les vallées de l'Aisne et de la Vesle, et creusée dans un dépôt limoneux reposant à 615 cm sur le calcaire du Lutétien supérieur. Elle représente la couverture de la partie centrale et la plus caractéristique du Soissonnais.

### Description succincte.

- 0-40 cm      Horizon de culture et appauvri par lessivage - Limon moyen, brun : 10 YR 4/3 -  
Ap + A<sub>2</sub>      Teneur moyenne en matière organique, en surface - Structure grumeleuse à  
polyédrique subangulaire - Friable - Limite nette et légèrement ondulée.
- 40-100      Horizon d'accumulation d'argile d'un sol brun lessivé - Limon argileux, brun  
B<sub>2t</sub>      jaune : 10 YR 5/6 - Structure polyédrique angulaire - Nombreux revêtements  
argilo-humifères et argileux - Ferme à friable - Limite distincte et légèrement  
ondulée.
- 100-140      Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure prismatique - Quelques  
B<sub>3</sub>      indurations Fe - Mn - Revêtements argileux sur les faces verticales et dans  
des petits pores - Assez ferme - Limite distincte et légèrement ondulée.
- 140-165      Loess décarbonaté - Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/5 - Structure continue,  
quelques faces verticales - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.

VORGES

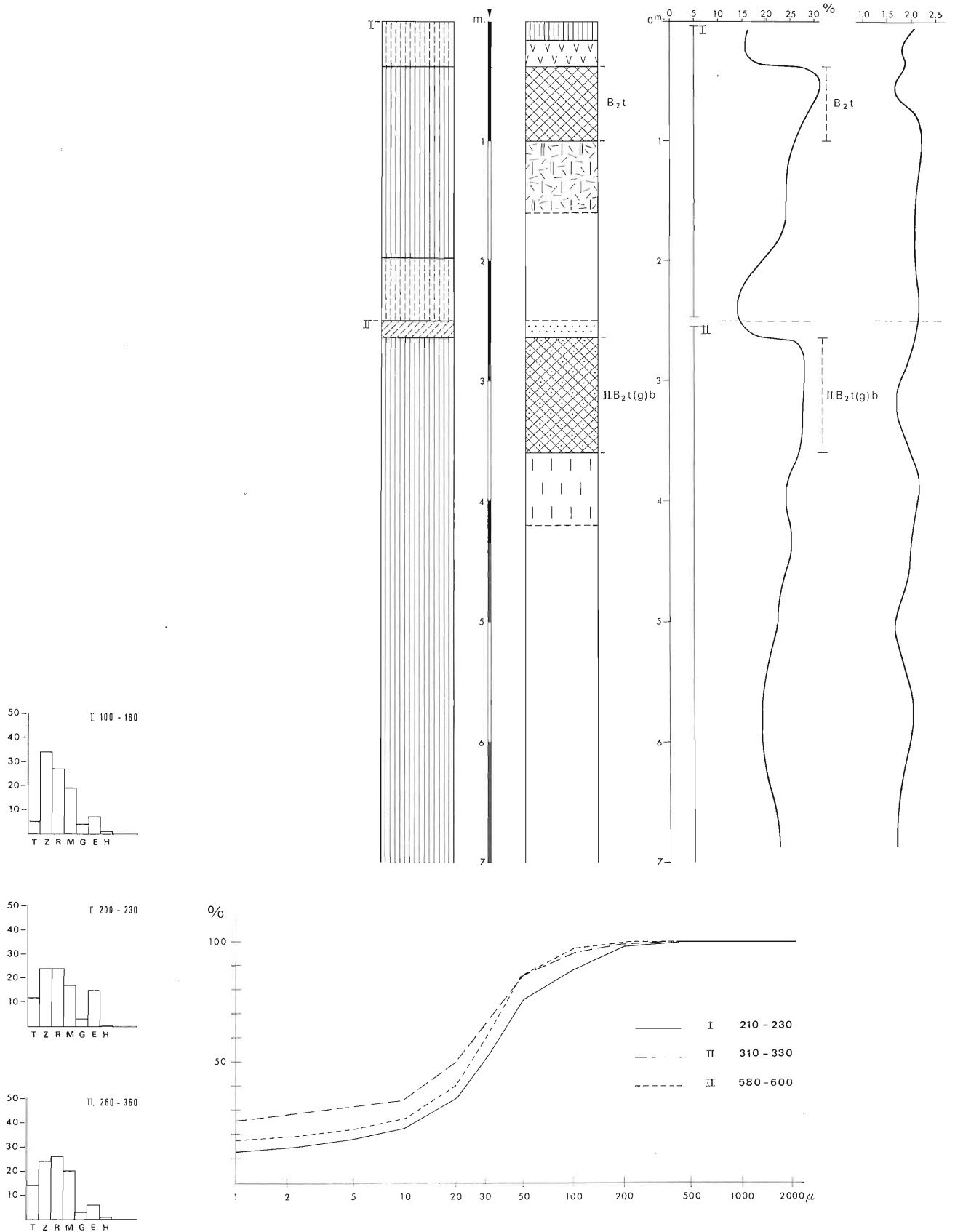


Fig. 31



165-210	Loess calcaire - Limon moyen, beige : 10 YR 6/4 - Structure continue avec quelques faces verticales - Mycelium calcaire abondant dans les pores et sur les quelques faces structurales - Friable - Limite distincte et ondulée.
210-220 II Ca	Lit de concrétions calcaires : poutres de 3 à 5 mm d'épaisseur, reprises dans un matériau limono-argileux peu structuré et brun : 10 YR 5/3 - Limite distincte et ondulée.
220-300 II (B)/B <sub>2</sub> tb	Horizon assez fortement structuré - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 à 6/6 - Structure lamellaire à polyédrique angulaire - Présence de mycelium calcaire diminuant avec la profondeur - Assez ferme - Limite distincte et régulière.
300-430	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Structure lamellaire à squameuse, peu exprimée - Un peu de mycelium calcaire localement - Assez friable - Limite progressive.
Plus de 430 II'	Limon argileux, devenant moins lourd en profondeur, brun jaune : 10 YR 5/6 à jaune : 10 YR 7/8 - Structure à tendance lamellaire - Assez friable.

#### Données analytiques.

La teneur en argile montre un premier maximum au niveau de l'horizon d'accumulation du sol lessivé, tandis qu'en profondeur on observe un niveau argileux très épais et enrichi en calcaire dans sa partie supérieure par décarbonatation du loess de couverture. Le rapport LG/LF très constant dans la partie médiane, devient plus élevé dans la partie supérieure. Les matériaux I et II possèdent une teneur en sable voisine ou légèrement inférieure à 10 %, tandis que la base de ce dernier, indiquée II', n'en contient que 4 à 6 %.

L'examen des courbes cumulatives nous montre nettement la présence d'un loess très pur en surface, surmontant une couche plus sableuse, particulièrement dans sa partie supérieure.

Le pH, très élevé et constant entre 7,7 et 7,8 sur l'ensemble de la coupe, présente cependant un maximum à 8,2 au niveau des matériaux calcaires. La C. E. C. de l'argile présente une certaine variation : voisine de 50 méq. dans le matériau de surface, elle augmente à 60 méq. et plus dans le niveau argileux enfoui, pour redescendre sous 50 méq. en profondeur. La teneur en fer libre, variant de 1,1 à 1,9 dans le sol brun lessivé de surface est ensuite remarquablement constante à 1,5/1,7 sur toute la profondeur de la coupe.

Les comptages de minéraux lourds montrent un ensemble sédimentaire ayant subi des influences analogues. La dissociation entre les deux matériaux se marque cependant par la présence de Hornblende et la teneur importante en Grenat en surface, c'est-à-dire influence de la province "Nordique", tandis que la Staurotide est un peu plus représentée en profondeur.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphene	Chloritoïde	Andalousite	Staurotite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinelles	Apatite
I - 125 - 170	8	33	18	3				1	8	10		11			5			3				
II - 220 - 310	9	37	21	3	1			1	14	8		3			3							

Commentaires.

Nous retrouvons ici l'aspect de superposition typique de Picardie, le limon enterré étant cependant ici plus sableux. La répartition du calcaire y est assez analogue, bien que la concentration au niveau de la discontinuité soit moins évidente. Il faut noter d'autre part une recarbonatation assez profonde du "lehm" sableux constituant la partie supérieure du matériau II.

On constate donc une certaine différence entre les couvertures de la partie nord du Soissonnais et de la partie centrale, que nous aurons la possibilité de confirmer aux paragraphes 3.32. et 3.33.

Coupe 10. - SOISSONNAIS - ORXOIS - VILLERS COTTERETS

Coordonnées : x = 662.210      y = 177.820      z = 248 m.

Lors des travaux d'élargissement de la route nationale 2 on forêt de Villers Cotterets, il nous a été possible d'observer une coupe intéressante caractérisant la partie sud-ouest de la région naturelle. Un dépôt de plus de 5 m de limon repose en profondeur sur des faciès du Bartonien.

Description succincte.

- 0-40 cm      Couverture d'apport colluvial récent comportant l'horizon humifère du sol actuel - Limon moyen, brun foncé : 10 YR 3/3 à 4/2 - Structure grumeleuse à granulaire - Forte teneur en matière organique - Friable - Limite graduelle et ondulée.
- 40-60  
A<sub>2</sub>      Horizon appauvri d'un sol lessivé légèrement dégradé - Limon moyen, gris pâle : 10 YR 7/3 - Structure granulaire à polyédrique subangulaire - Quelques taches d'hydromorphie - Friable - Limite graduelle et ondulée.
- 60-160  
B<sub>2</sub>tg      Horizon argillique - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Fortement marqué par l'hydromorphie - Structure polyédrique subangulaire à angulaire - Revêtements argileux - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
- 160-200  
B<sub>3</sub>      Limon argileux sableux, panaché, brun jaune : 10 YR 5/6 avec plages brun franc : 7,5 YR et grises 10 YR 7/1 - Structure prismatique à sous-structure lamellaire - Quelques revêtements argileux sont présents sur les faces verticales et horizontales - Compact - Ferme - Limite graduelle et régulière.

CRAONNE

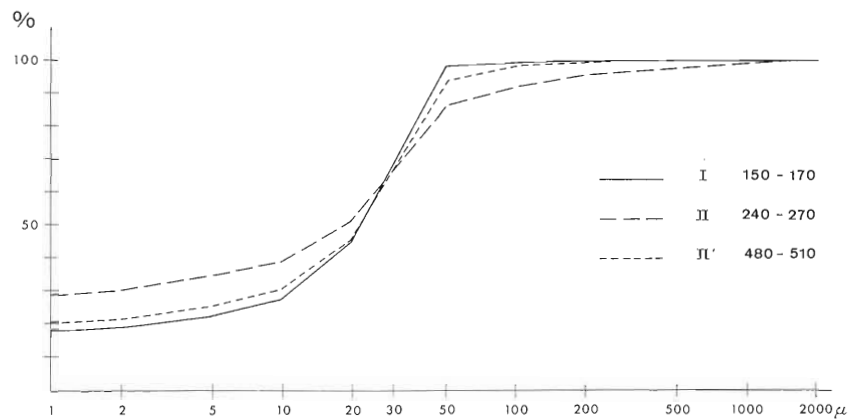
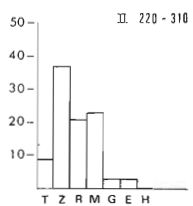
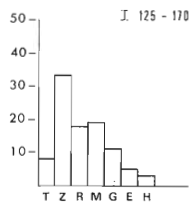
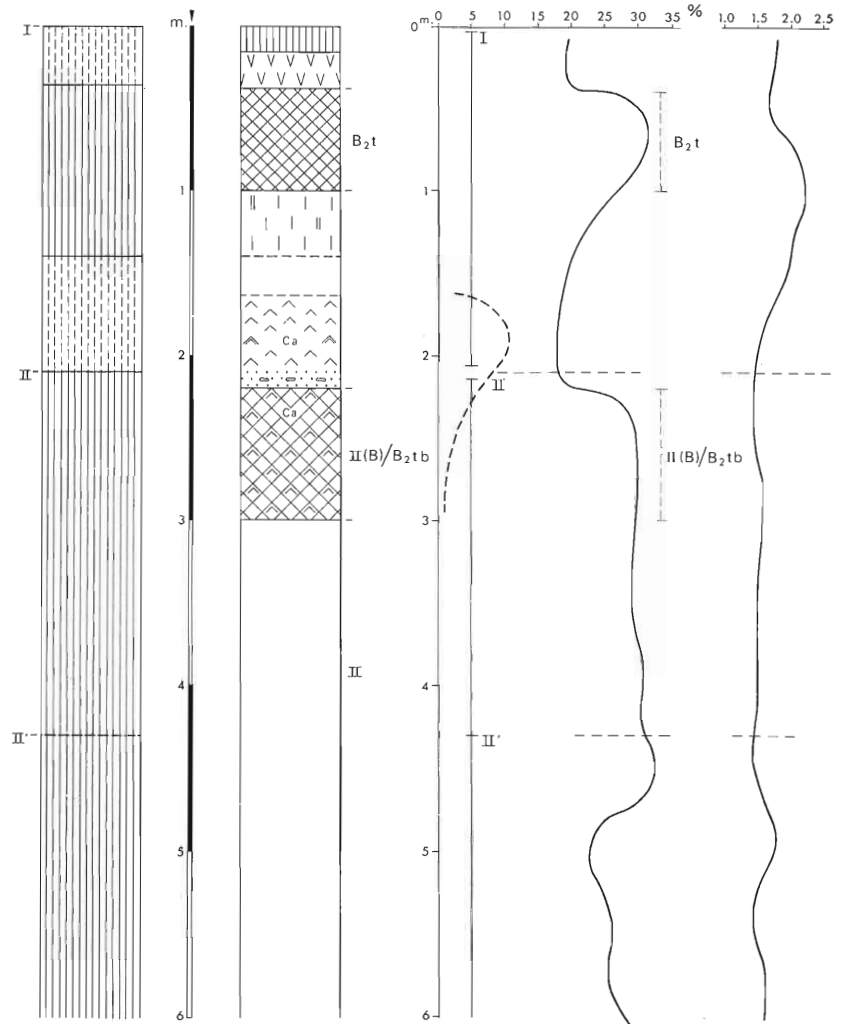


Fig. 32



200-250	Limon argileux sableux, brun jaune : 5/6 - Taches d'oxydo-réduction - Structure massive avec quelques faces de dissociation verticales - Ferme - Limite distincte et ondulée.
250-310 II	Niveau de redistribution - Matériau de ruissellement d'aspect moucheté, varvé irrégulièrement - Limon argileux sableux, brun jaune : 10 YR 5/4-5/6 - Peu structuré - Taches d'hydromorphie à la partie inférieure, au contact du niveau sous-jacent - Friable - Limite distincte et fortement ondulée.
310-400 III B <sub>2</sub> tgb	Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 à brun franc : 7,5 YR 5/6, avec plages ocre rouge : 5 YR - Structure polyédrique angulaire à lamellaire - Présence de revêtements rougeâtres - Ferme - Limite graduelle et assez régulière.
400-460	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure lamellaire avec quelques faces verticales revêtues d'une pellicule rougeâtre argilo-ferrique - Ferme - Limite progressive.
460-520	Limon moyen, brun jaune : 10 YR 5/8 - Pseudogley peu contrasté, diffus - Structure à tendance prismatique - Friable à ferme - Limite distincte et assez régulière.
520-580 IV	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Pseudogley marqué, à zones grises fortement contrastées - Structure continue avec quelques dissociations verticales - Ferme.

#### Données analytiques.

Deux niveaux d'augmentation d'argile sont nettement différenciés, correspondant à l'apparition de caractères d'horizons argilliques. Le rapport des fractions limoneuses montre une certaine variation entre 1,5 et 2,0 et met en évidence la transition entre les matériaux II et III. Une discontinuité partielle à 140 cm est marquée par une variation notable de la teneur en sable qui passe de 6/8 % pour I à 18/20 % en I'. Le matériau II, probablement ruisselé, est très riche en sable : 25 %, tandis que le matériau III redescend à des valeurs de 15 % environ.

Les trois principaux niveaux, ainsi que la variation observée dans le dépôt supérieur se dissocient très nettement à l'examen des courbes cumulatives.

Le pH est acide dans le dépôt supérieur : de 4,4 en surface à 4,8 ; égal à 5,0 dans la couche de transition, il s'élève quelque peu en profondeur où il varie entre 5,3 et 5,8. La C. E. C. de l'argile est comprise entre 50 et 60 méq. sur toute l'épaisseur des sédiments excepté dans la partie supérieure du sol actuel. La teneur en fer libre, comprise entre 1,0 et 2,0 % présente un maximum au niveau du III B<sub>2</sub>tgb, supérieur à 2 %.

Les trois niveaux indiqués se dissocient de manière assez satisfaisante sur la base de l'examen des minéraux lourds. Tous trois sont riches en ubiquistes, mais le plus ancien présente une teneur en minéraux de métamorphisme nettement plus importante. Le niveau supérieur est plus riche en Grenat, tandis que la couche de transition marque une diminution assez sensible en Epidote par rapport aux deux autres matériaux.



NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphère	Chloritoïde	Andalousite	Staurotite	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinnelle	Apatite	
I - 80 - 130	1	60	15	2	3			1	1	+		2	+	1	11			1	+				
II - 220 - 310	2	71	18					+	+	1		+			4	2	1	1					
III - 420 - 510	5	51	20	1	1	+			6	1		+	+		11		2	+				1	

Commentaires.

Dès l'abord, la superposition observée ici se distingue nettement des deux autres coupes du Soissonnais : limons plus argileux, probablement plus altérés, désaturés. Nous sommes ici en transition vers la partie méridionale de la zone étudiée, et beaucoup de caractères rapprochent ces limons de ceux que nous allons décrire immédiatement après.

Les deux matériaux principaux I et II présentent chacun un horizon diagnostique argillique bien développé, le plus ancien portant quelques traces de rubéfaction.

Ces données et la confrontation des caractères morphologiques nous amènent à penser que la discontinuité entre I et III, matérialisée par la transition II constitue la limite entre les cycles du loess ancien et la base du cycle du loess récent.

Coupe 11. - HAUTE-BRIE - LE TILLET

Coordonnées : x = 661.170 y = 140.330 z = 182 m.

La coupe de la carrière du Tillet donne la possibilité d'observer plusieurs niveaux très importants.

L'exploitation est située en bordure de plateau, légèrement en contre-bas d'une ligne de crête, sur un éperon entouré par un méandre important de la Marne. Cette coupe a été examinée lors du colloque sur les limons organisé en 1967 par l'A. G. B. P. (Association des Géologues du Bassin de Paris).

Description succincte.

- 0-35 cm  
A<sub>2</sub> Horizon humifère et appauvri d'un sol brun lessivé - Teneur en matière organique moyenne - Limon moyen, brun foncé : 10 YR 4/3 - Structure grumeleuse - Friable - Limite distincte et régulière.
- 35-90  
B<sub>2</sub><sup>t</sup> Horizon d'accumulation d'argile - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Structure polyédrique angulaire - Revêtements argilo-humifères : 10 YR 4/4 à 5/4 - Ferme à friable - Limite graduelle et ondulée.
- 90 -150  
B<sub>3</sub> Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Quelques concrétions Fe - Mn - Structure polyédrique subangulaire, tendance lamellaire - Quelques revêtements argileux - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- 150-180 Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6-5/8 - Quelques nodules et taches d'oxydation - Structure lamellaire, quelques faces verticales importantes - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.

VILLERS - COTTERÊTS

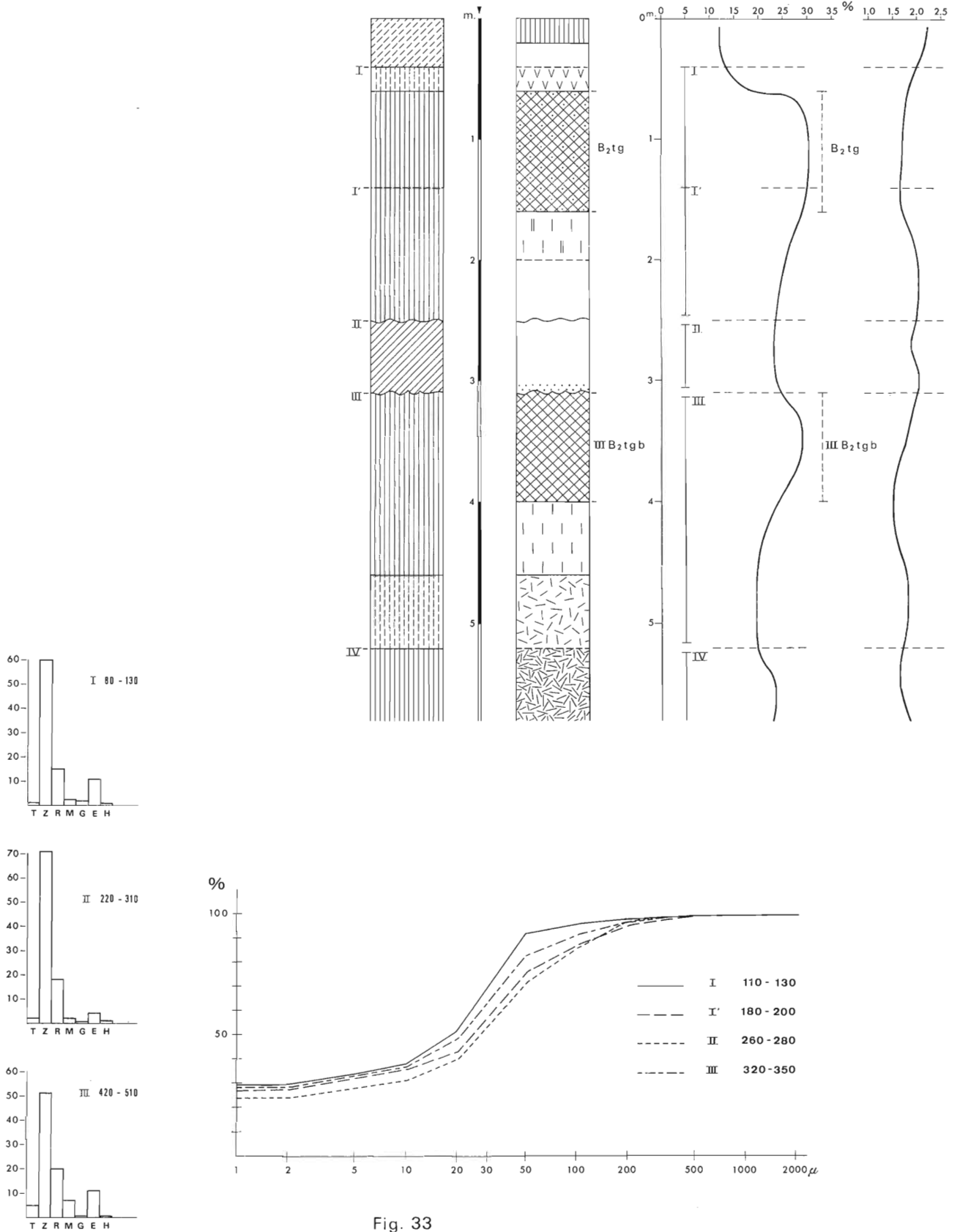


Fig. 33



- 180-205 Limon argileux à limon moyen, brun jaune clair : 10 YR 6/6 - Plages oxydées, nodules et indurations Fe - Mn - Structure polyédrique angulaire à subangulaire, très fine - Friable - Limite distincte et régulière.
- 205-280 Horizon argillique - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Phénomènes d'oxydo-réduction très nets : taches oxydées brun franc : 7,5 YR 5/8 et réduites gris pâle : 5 Y 7/1 d'orientation verticale - Aspect légèrement dégradé - Structure polyédrique angulaire, tendance lamellaire dans le bas du niveau - Revêtements argileux - Friable - Limite diffuse et régulière.
- II B<sub>2</sub> tb
- 280-440 Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6-5/8 - Bariolage assez intense par l'oxydo-réduction ; nombreuses plages oxydées et réduites, taches et indurations ferro-manganiques - Structure lamellaire de moins en moins développée vers le bas du dépôt où le matériau est là peu structuré - Revêtements argileux bruns : 7,5 YR 5/4 dans des conduits et sur quelques faces structurales - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
- 440-510 Zone de remaniement - Limon argileux, brun jaune clair : 10 YR 6/6 à 6/8 - Pseudogley très marqué, oxydation brun franc : 7,5 YR 5/8, réduction gris vert : 2,5 YR 6/4 à 5 GY 7/1 - Peu structuré - Lit de concrétions Fe - Mn redistribuées et accumulées au contact du niveau sous-jacent, de dimensions moyennes 5 mm - Friable à ferme - Limite nette et régulière.
- 510-610 Horizon argillique - Argile limoneuse, brun franc à ocre rouge : 7,5 YR 5/6 à 5 YR 5/6 - Quelques nodules Fe - Mn - Oxydo-réduction nette : 5 YR 5/8 et 5 Y 6/2 à 5 GY 7/1 - Structure polyédrique à lamellaire - Revêtements argilo-ferrique ocre rouge : 5 YR 4/8 - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- III B<sub>2</sub> tb
- 610-630 Argile limoneuse à limon argileux, brun jaune à jaune clair : 10 YR 5/8 à 2,5 Y 8/6 - Taches de pseudogley à orientation verticale : 7,5 YR 5/8 à 10 YR 6/8 et 5 Y 7/1 à 5 GY 7/1 - Structure prismatique à sous structure lamellaire - Revêtements argilo-ferriques sur les faces verticales - Ferme.
- 630-660 Niveau de transition - Limon argileux, légèrement sableux, jaune clair : 2,5 Y 8/6 - Quelques concrétions - Phénomènes d'oxydo-réduction - Structure lamellaire à squameuse - Quelques revêtements argileux - Friable - Limite distincte et régulière.
- 660-740 Horizon argillique - Argile limoneuse lourde, fortement panachée par les phénomènes d'oxydo-réduction, brun franc : 7,5 YR 6/8 à 5/8 et gris à gris pâle : 5 Y 6/1 à 7/1 - Structure polyédrique angulaire fine - Revêtements argilo-ferriques ocre rouge et brun franc : 5 YR 5/8 et 7,5 YR 5/6 - Ferme à très ferme - Limite graduelle et régulière.
- IV B<sub>2</sub> tb
- 740-800 Argile limoneuse - Matrice masquée par oxydo-réduction brun franc : 7,5 YR 5/8 et gris à gris pâle : 5 Y 6,5/1, se marquant par bandes horizontales - Structure polyédrique angulaire, à lamellaire - Revêtements argilo-ferriques à ferriques - Ferme.

#### Données analytiques.

Les courbes granulométriques montrent très clairement la succession, en profondeur, de quatre sols de plus en plus développés. La teneur en argile des horizons argilliques s'élève progressivement ; le rapport LG/LF présente une variation très typique : voisine de 1 dans les matériaux III et IV, il est constant à 1,5 dans le matériau II pour remonter ensuite vers 2 dans le dépôt de couverture.

La variation de la teneur en sable des différents dépôts est également caractéristique, inférieur à 6 % dans le matériau I, très faible dans le niveau II : moins de 4 %, plus forte dans le III : environ 10 %, ainsi que dans le IV : 10 à 15 %. Les courbes cumulatives mettent en évidence les propriétés granulométriques des différents apports ; le plus pur d'entre eux est le matériau II, tandis que le limon de couverture plus récent est légèrement sableux.

La variation du pH est relativement peu importante sur l'ensemble de la coupe. Voisin de 7,0 jusqu'à la profondeur de 3 mètres, il s'abaisse ensuite assez progressivement jusqu'à 6,2 à la base du matériau III. Le niveau le plus profond est plus acide : 6,1 à 5,5. En ce qui concerne la C. E. C. de l'argile, elle oscille entre 40 et 45 méq. dans les matériaux profonds, en marquant un minimum dans la partie inférieure du niveau II ; elle remonte dans le matériau I à 50 méq. environ. Les taux de fer libre sont naturellement les plus élevés en III : 3,5 % et IV : 2,5 %, ainsi que dans le II B<sub>2</sub>tb : 2,5 %. La variation dans le matériau I est comprise entre 1,3 et 2 %.

A l'examen des comptages de minéraux lourds, le niveau I se caractérise par des teneurs importantes en minéraux paramétamorphiques : Staurotide et dysthène, ainsi que par la présence de Grenat et de Hornblende. Le niveau II, très épais, ne possède pas de Grenat et sa teneur en Dysthène est faible.

Les matériaux anciens III et IV se distinguent essentiellement par l'abondance des minéraux de métamorphisme, particulièrement le Dysthène avec présence de Grenat en quantité appréciable. Ce dernier caractère est probablement à mettre en relation avec l'influence sableuse subie par ces sédiments.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphène	Chloritoïde	Andalousite	Staurotide	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoisite	Epidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinelles	Apatite
I - 250 - 200	11	43	16	3				1	11	7		1			10			1				
II - 300 - 330	19	45	12	4					6	1	2				5							
III - 520 - 580	11	54	9	2					4	10	1	3			5					1		
IV - 660 - 720	12	52	14	1					6	9		2			4							

#### Commentaires.

Cette carrière a fait l'objet de plusieurs études dont la plus ancienne semble être celle de *Givincny* vers 1911, et la plus récente et la plus complète celle de *Bordes* en 1953.

- Ce dernier auteur y a distingué plusieurs niveaux :
- tout d'abord un niveau de *loess récents* constituant la partie tout à fait supérieure de la carrière, d'environ 2m.
  - ensuite un "lohm" et son loess datés comme *loess anciens*, vraisemblablement riss, ; l'horizon plus rougeâtre qui se distingue aisément serait le "limon rouge fendillé".
  - à la base de ce second dépôt loessique, se trouve un niveau de concrétions ferro-manganiques.





- le matériau sous-jacent nettement plus rouge fut daté par *F. Bordes* comme *loess ancien I*. L'auteur considérait que la rubéfaction n'était pas suffisamment intense pour penser à un sol datant de l'interglaciaire Mindel/Riss.

Des traces d'industrie furent trouvées en surface : Périgordien supérieur ; à la base du loess récent : Moustérien de tradition acheuléenne et faciès Levallois ; au niveau des concrétions : Acheuléen supérieur, faciès Levallois (Série blanche).

Nous avons observé la succession de quatre matériaux dont les discontinuités sont bien marquées ; chacun de ces niveaux présente un horizon argillique relativement fortement développé.

- Le matériau I correspond à un sol du type sol brun lessivé développé dans un limon récent.

- Le matériau II correspond à un sol lessivé dont l'horizon Bt est caractéristique d'un stade de dégradation peu accentuée.

- On passe ensuite au matériau III par l'intermédiaire d'un niveau de concrétions ferro-manganiques, dont les pisolithes ont visiblement été redistribués et sont liés à une pédogenèse antérieure à leur mise en place. Ce matériau III est caractérisé par un horizon d'accumulation d'argile à faciès d'altération marqué.

- Le matériau IV enfin, présente un horizon Bt très panaché, à traces de rubéfaction très nettes, particulièrement bien visibles pour les revêtements argileux assez nombreux.

On observe donc en profondeur la présence d'horizons pédogénétiques caractéristiques très développés. Il semble que les deux horizons Bt enfouis profondément doivent correspondre à des évolutions pédologiques liées à des conditions climatiques nettement plus agressives que celles qui règnent actuellement.

Sur le plan analytique on constate par des analyses chimiques et minéralogiques qu'une différence importante existe entre les matériaux I + II et III + IV. Une étude analytique détaillée de ces différents niveaux sera présentée et discutée au chapitre traitant des paléosols (3.4.).

Si l'on considère l'ensemble des données mises ainsi à notre disposition nous pouvons avancer les hypothèses suivantes :

- le contact entre les matériaux II et III devrait correspondre à la limite cycle récent / cycle ancien.

- l'horizon III B<sub>2</sub>tb représenterait le sol interglaciaire Riss/Würm.

- l'horizon IV B<sub>2</sub>tb constituerait un paléosol puissant du cycle ancien, peut être Mindel.

## Coupe 12. - HAUTE-BRIE - SABLONNIERE

Coordonnées : x = 662.800    y = 149.750    z = 210 m.

Cette importante tranchée a été creusée sur un plateau relativement étroit représentatif des grandes surfaces limoneuses de Haute-Brie.

L'épaisseur de la couche limoneuse dépasse 6 m, ce limon reposant sur les argiles à meulière du Sannoisien.



Description succincte.

0-40 cm A <sub>1</sub> + A <sub>2</sub>	Horizon humifère et lessivé d'un sol lessivé dégradé à pseudogley - Faible teneur en matière organique en surface - Limon moyen, brun clair à beige : 10 YR 5/3 à 7/4 - Quelques concrétions Fe - Mn - Phénomènes d'oxydo-réduction nets - Structure granulaire à tendance lamellaire - Friable - Limite graduelle et irrégulière.
40-130 B <sub>2</sub> tg	Horizon d'accumulation d'argile dégradé à la pente supérieure - Présence de poches et langues de l'horizon précédent pénétrant dans le matériau - Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/6 - Phénomènes d'oxydo-réduction très importants ; oxydation brun franc : 7,5 YR 5/8, réduction gris pâle : 10 YR 7/1 à 5 Y 7/2-6/1 - Organisation verticale de ces caractères - Structure polyédrique subangulaire dans le haut de l'horizon, à prismatique et sous structure lamellaire dans le bas - Revêtements argileux localisés à la partie inférieure sur les importantes faces structurales verticales - Nodules et taches Fe - Mn plus ou moins indurées sur les faces horizontales - Assez ferme à ferme - Limite graduelle et régulière.
130-160 B <sub>3</sub> gx	Limon argileux, brun jaune clair à jaune : 10 YR 6/6 à 2,5 Y 7/6 - Oxydo-réduction très nette, contrastée - Structure massive à lamellaire - Quelques taches Fe - Mn - Ferme - Limite graduelle et ondulée.
160-190	Limon argileux, jaune olivâtre : 2,5 Y 6/4 - Taches Fe - Mn indurées, assez nombreuses avec quelques nodules - Hydromorphie distribuée dans la masse - Structure massive - Très ferme - Limite graduelle et régulière.
190-370 II	Limon argileux, brun jaune clair : 10 YR 6/4, avec plages brun franc : 7,5 YR 5/8 - Hydromorphie ; oxydation brun jaune : 10 YR 5/8, réduction gris pâle : 10 YR 7/1 - Quelques nodules ferriques - Peu structuré, tendance à une structure polyédrique dans les plages brunes - Revêtements argileux dans certains pores - Assez ferme et compact - Limite distincte et régulière.
Plus de 370 jusqu'à 500	Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/8 - Phénomènes d'oxydo-réduction répartis dans la masse - Structure massive, à tendance lamellaire localement - Ferme.

Données analytiques.

La teneur en argile montre un fléchissement très classique sous l'horizon argillique, puis remonte immédiatement au niveau du matériau plus ancien jusqu'à 30 % ; une légère diminution s'observe à nouveau vers 370. Indépendamment d'une légère inflexion aux abords de la discontinuité, la courbe du rapport LG/LF ne montre pas de variation significative. La teneur en sable, voisine de 4 % pour le matériau I, passe ensuite à des valeurs comprises entre 7 et 10 % dans les matériaux plus profonds.

Les courbes cumulatives montrent peu de différences entre les deux matériaux distingués, la partie profonde du dépôt II est visiblement légèrement enrichie en sables.

Le pH varie entre 6,1 et 6,9 dans le sol actuel, situé sous culture, il est compris entre 5,6 et 5,9 dans les niveaux plus profonds. Faible en surface, du fait de la dégradation, la C. E. C. de l'argile passe à 50-55 méq. dans les horizons successifs du matériau I ; elle présente des valeurs comprises entre 40 et 50 méq. dans le matériau II. Le fer libre présente également une variation très nette dans les horizons supérieurs, passant de moins de 1 % en surface à plus de 2,5 au niveau du B<sub>2</sub>tg ; les valeurs sont pratiquement toutes voisines de 2 % en profondeur.<sup>2</sup>

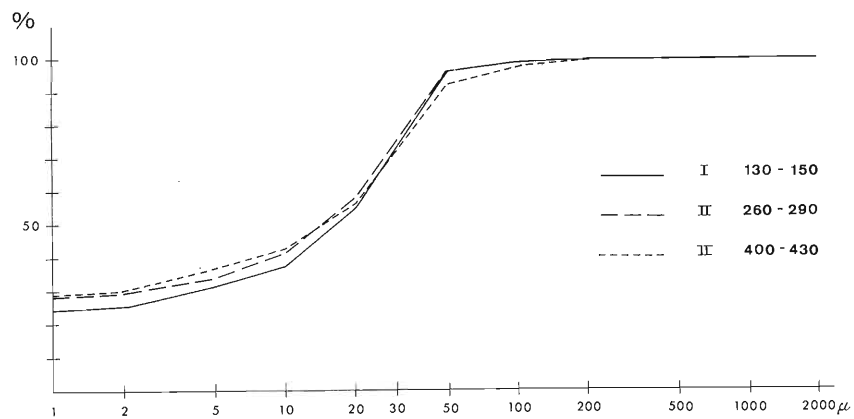
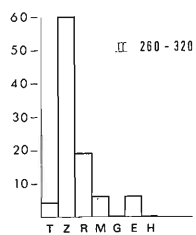
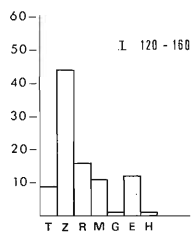
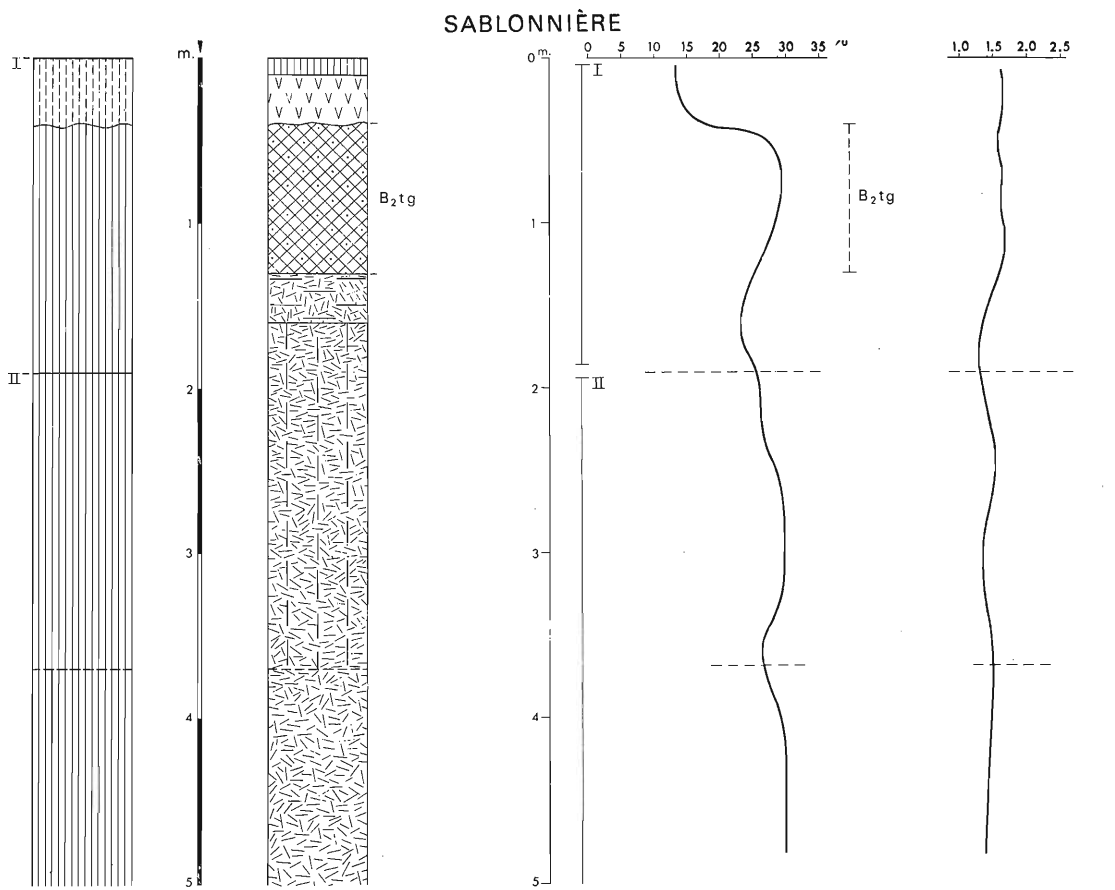


Fig. 35



L'examen des minéraux lourds permet de constater une certaine teneur en Tourmaline, tandis que les minéraux de métamorphismes sont assez bien représentés à côté des ubiquistes dominants. Le matériau I se distingue légèrement par plus de Tourmaline, moins de Zircon et de Rutile, plus d'Épidote, avec présence de Grenat, de Chloritoïde et de Hornblende.

NIVEAUX	Tourmaline	Zircon	Rutile	Anatase	Brookite	Sphene	Chloritoïde	Andalouzite	Staurotide	Dysthène	Sillimanite	Grenat	Zoisite	Clinozoïsite	Épidote	Enstatite	Augite	Hornblende	Amphiboles Alc.	Corindon	Spinelle	Apatite	
I - 120 - 160	8	43	15	8	+		1	1	4	3	+	1	1		12			1					
II - 260 - 320	4	60	19	6				2	2	1	1		1		6		1						

### Commentaires.

La distinction entre les niveaux I et II est donc essentiellement basée sur des caractères morphologiques, la limite étant en fait assez graduelle.

- Le matériau I porte un sol dégradé correspondant pratiquement à un des stades les plus évolués d'une séquence d'évolution sous climat tempéré humide.

- Le matériau II ne présente d'une manière générale pas d'horizon diagnostique très net, mais des caractères pédologiques liés à d'anciens horizons B s'y remarquent cependant fréquemment.

Les observations réalisées en cours de cartographie et concernant la distribution relative en surface des matériaux anciens et récents, nous incite à penser que le matériau I de cette coupe correspond au matériau II de la coupe du Tillot. L'évolution très nettement accentuée des sols dégradés observés en surface devrait correspondre à une intensification d'une évolution déjà entamée lorsque le matériau a été enfoui sous un apport plus récent.

Ce niveau pourrait correspondre à la base du cycle récent que d'autres auteurs ont déjà considéré comme ayant subi une évolution importante (R. Tavernier et J. de Heinzelin - 1957).

### 3.32. LES MINÉRAUX ARGILEUX

Le problème de l'identification et de l'interprétation des minéraux argileux présents dans les différentes formations que nous avons étudiées est également très complexe. Notre but dans ce paragraphe n'est pas de faire une étude exhaustive de la fraction fine des différents niveaux observés, mais de caractériser succinctement les principaux d'entre eux.

Il ne nous est pas possible de présenter ici l'ensemble des analyses effectuées, et nous avons choisi de sélectionner par région naturelles des niveaux, correspondant à ceux décrits dans les coupes présentées, représentatifs des différentes couvertures limoneuses. Ceci, bien entendu, sur la base de toutes les autres propriétés observées ou déterminées.

Il s'agit donc en l'occurrence des niveaux définis I, I', II... IV, en évitant des transitions peu significatives. Autant que possible, particulièrement pour les loess récents, nous présentons le matériau originel probable, ou horizon C. Parfois cependant il s'agit d'un "lehm" : horizon B<sub>3</sub> ou B/C. Pour les limons plus anciens, enterrés, nous aurons fréquemment affaire à un niveau plus altéré correspondant souvent à un horizon diagnostique pédogénétique.

L'évolution des sols actuels que nous étudierons plus loin, ainsi que l'étude de l'altération des loess pour laquelle nous introduirons quelques hypothèses, permettront de compléter très utilement le contenu du présent paragraphe.

Les échantillons ont été analysés par diffractométrie aux rayons X, après traitement au citrate de Na. Les diffractogrammes présentés correspondent respectivement à des échantillons traités au Mg, ayant subi le traitement au glycerol, ou saturés avec K. Les distances basales 7,2, 10 et 14 Å sont indiquées comme points de repère.

Les résultats et interprétations sont donc présentés par région naturelle, après quoi nous tirerons de cette analyse une synthèse et quelques conclusions.

#### Minéraux argileux des limons de l'Ardenne.

Les matériaux analysés correspondent aux deux niveaux que nous avons retrouvés très systématiquement dans cette région : un dépôt de couverture présentant à sa base une diminution de la teneur en argile, et un sédiment plus ancien, plus lourd et paraissant un peu plus altéré.

L'échantillon du dépôt de couverture représente l'horizon C du sol actuel, le second est un prélèvement du niveau enfoui très peu influencé par les phénomènes pédogénétiques.

#### Matériau I - C.

Le diffractogramme Mg montre trois réflexions à 7,2, 10 et 14 Å modérément marquées ; l'échantillon gonfle au glycerol, et présente de ce fait une légère réflexion à 17 Å. Le traitement K provoque une fermeture incomplète sur la distance basale de 10 Å.

L'échantillon comporte donc de l'illite, de la kaolinite ainsi que des interstratifiés gonflants, qui restent en grande partie contractés après traitement K.

#### Matériau II - B/C.

Deux pics très nets apparaissent à 7,2 et 10 Å, une réflexion peu marquée vers 15 Å ; le gonflement est important, avec traces de réflexion à 17 Å. La fermeture au traitement K est très nette.

Ici également nous avons donc de l'illite, de la kaolinite et des minéraux gonflants.

Peu de différence est donc à observer entre les deux niveaux, hormis la fermeture meilleure enregistrée dans le matériau plus ancien. Ceci pourrait signifier une meilleure organisation minéralogique en II, avec une teneur en interstratifiés moins importante.

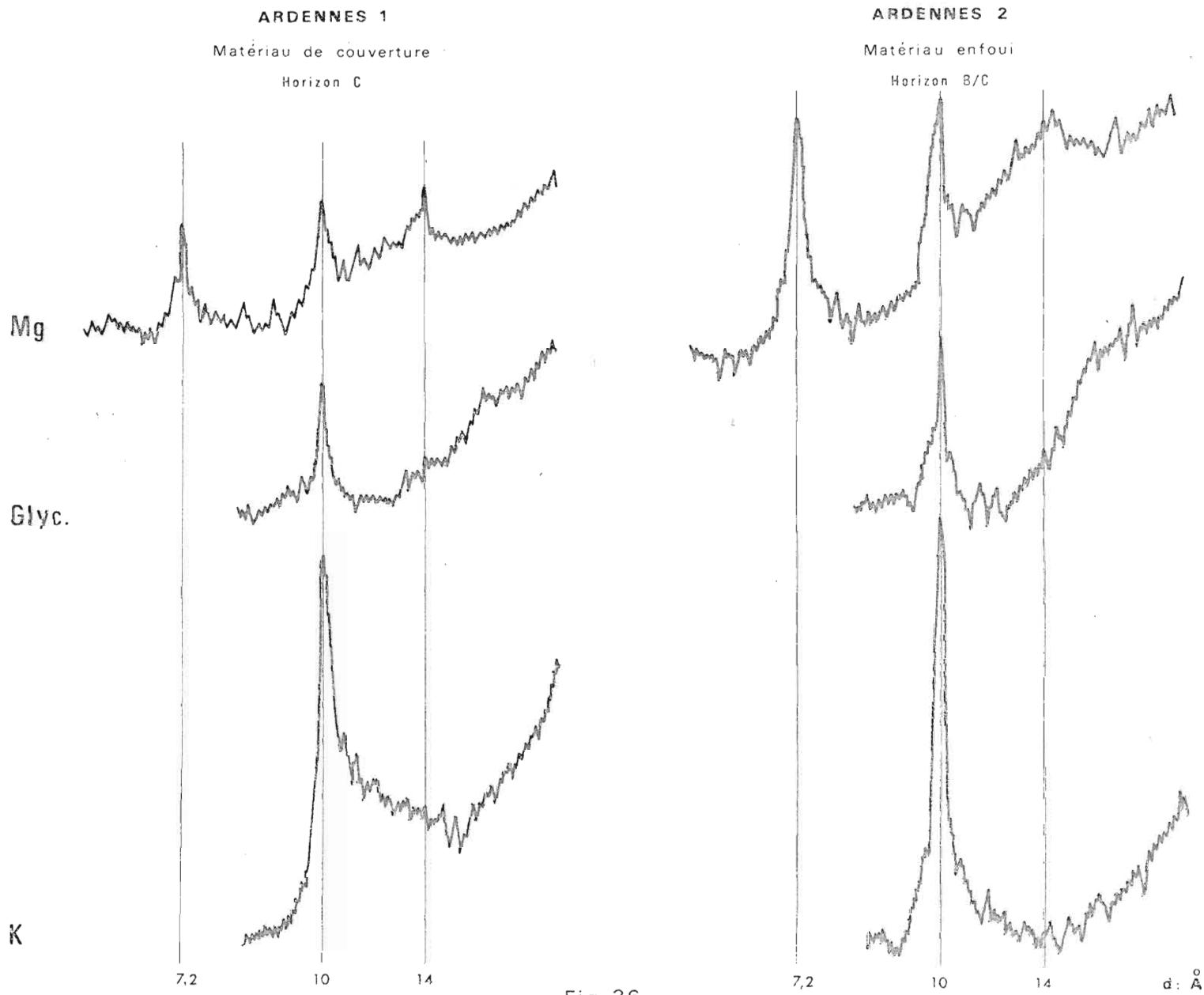


Fig. 36



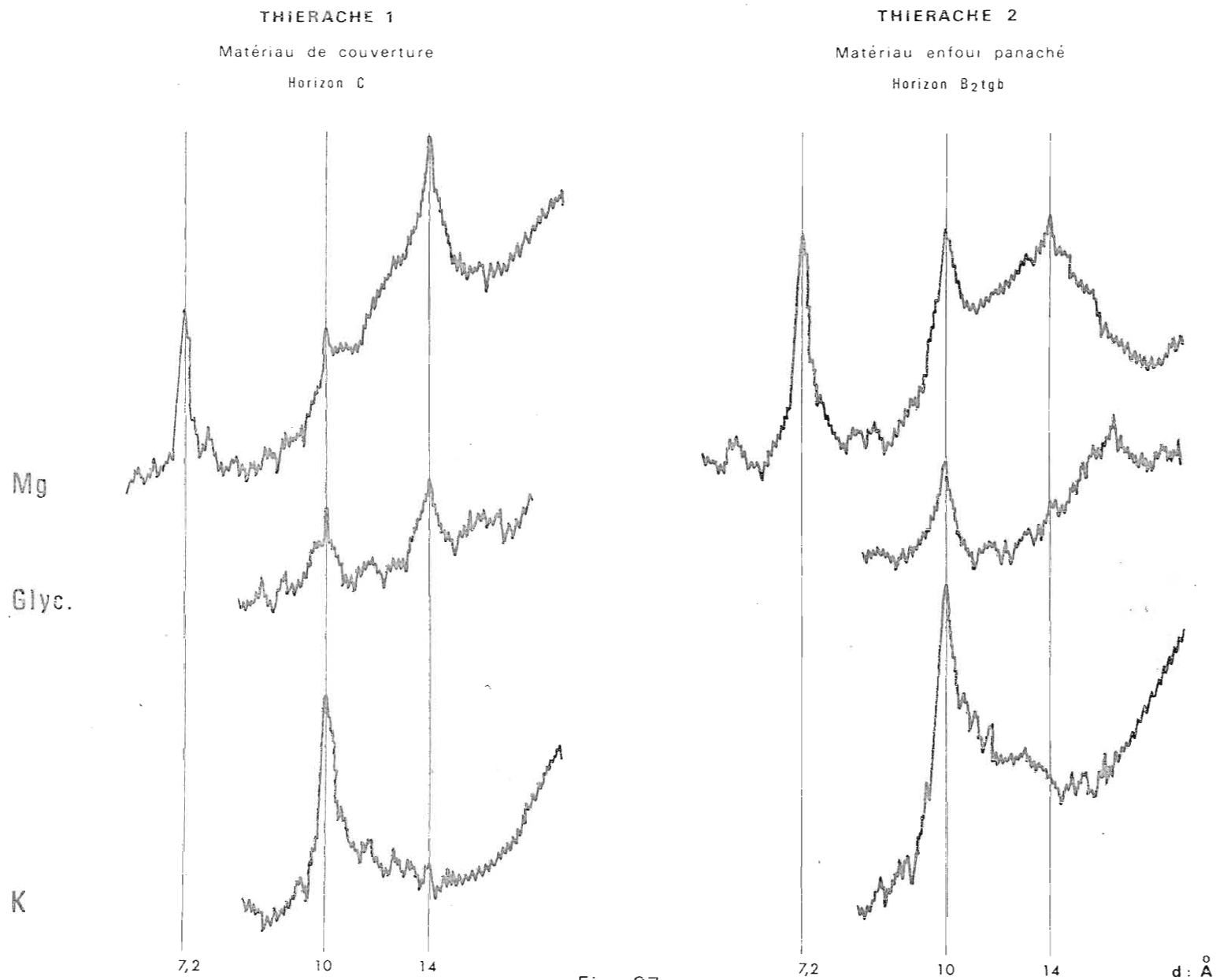


Fig. 37





### Minéraux argileux des limons de Thiérache.

Les échantillons présentés correspondent respectivement à la couverture appartenant au cycle récent, dans laquelle la majorité des sols actuels sont développés, et au matériau le plus souvent sous-jacent, rougeâtre, fréquemment panaché, appartenant selon toute vraisemblance au cycle du loess ancien.

Le premier a été prélevé dans un horizon C, le second dans un horizon argillique B<sub>2t</sub>.

#### Matériau I de couverture - C.

On remarque sur le diffractogramme Mg une réflexion nette à 7,2 Å, peu marquée à 10 et très nette à 14 Å ; l'échantillon gonfle très peu, une partie très importante se maintenant à 14 Å. Le traitement K provoque une assez bonne fermeture du minéral.

Nous sommes donc en présence d'un mélange de kaolinite - illite - vermiculite, avec un peu de minéraux gonflants.

#### Matériau enfoui - B<sub>2tq</sub>.

Les pics à 7,2 et 10 Å sont nets, particulièrement le premier, tandis qu'une réflexion d'intensité moyenne se présente à 14 Å ; l'échantillon gonfle bien et présente un maximum assez net à 17 Å. La fermeture après traitement K est progressive.

Nous trouvons donc, à côté de kaolinite et d'illite, une quantité appréciable de minéraux gonflants du type montmorillonite.

La différence est ici très nette entre les deux matériaux : présence de vermiculite dans le niveau I, absence dans le niveau II où apparaissent des minéraux vraisemblablement issus d'une altération importante, comme nous le verrons plus loin (3.4.).

### Minéraux argileux des limons du Verlois.

Trois échantillons représentatifs sont présentés pour cette région où on trouve très régulièrement une couverture superficielle assez récente surmontant un niveau plus lourd, souvent rougeâtre, par l'intermédiaire d'un dépôt de transition.

L'échantillon du matériau I correspond à l'horizon B<sub>3</sub> du sol actuel, l'horizon C paraissent fréquemment influencé par les couches sous-jacentes. Le deuxième prélèvement correspond au niveau de transition décrit notamment dans la carrière de Marle, il s'agit d'un horizon (B). Le dernier est représentatif du limon ancien enfoui, constituant un horizon du type B/C.

#### Matériau I - B<sub>3</sub>.

Le traitement Mg met en évidence trois réflexions nettes à 7,2, 10 et 14 Å ; l'échantillon gonfle partiellement au traitement glycérol, avec maintien d'une partie à 14 Å et apparition d'une double réflexion à 16/17 Å. La fermeture au potassium est très progressive.

La kaolinite, l'illite et la vermiculite sont donc présentées, en compagnie de minéraux interstratifiés gonflants.

### Niveau intermédiaire - (E).

Les pics à 7,2 et 10 Å sont nets sur le diffractogramme Mg, celui à 14 est d'importance moyenne ; le traitement au glycérol provoque le gonflement d'une fraction à 16/17, tandis qu'une autre ne gonfle pas et reste à 14. L'échantillon traité au potassium montre une réflexion assez intense à 10 Å et une fermeture imparfaite.

Nous trouvons ici également de la kaolinite, de l'illite, de la vermiculite et des minéraux gonflants.

### Matériau enfoui, assez altéré - B/C.

Avec Mg apparaissent une réflexion très nette à 7,2 Å, nette à 10 et un double pic assez étalé vers 13/14 Å ; le gonflement montre un déplacement très net à 17 Å. La fermeture au traitement K est progressive.

A côté de la kaolinite et de l'illite, une grande quantité de minéraux du type montmorillonitique apparaît ici.

Une différence assez marquée apparaît donc entre les deux premiers échantillons et le troisième : présence de vermiculite dans la partie supérieure, absente dans le niveau profond où une teneur importante en montmorillonite se présente.

Nous verrons plus loin que ce dernier est assez caractéristique des paléosols de la partie supérieure des loess du cycle ancien (3.4.).

## Minéraux argileux des Limons de Picardie.

Certains éléments nous permettant d'envisager dès maintenant l'influence des loess du nord-ouest de la France sur la partie picarde de notre région, ce que nous précisons dans le paragraphe suivant, nous présenterons ci-dessous tout d'abord l'analyse d'un échantillon représentatif d'un loess récent de l'extrémité ouest de notre domaine d'étude. Les deux autres analyses correspondent à la zone est de Picardie, qui nous concerne plus directement : Saint-Quentinois. La deuxième est celle de l'horizon C de la couverture de surface décrite dans les coupes 6 et 7, la dernière celle de l'horizon Bt enfoui dont la partie supérieure est fréquemment recarbonatée.

### Loess récent - Zone Ouest - C.

Le traitement Mg montre des pics à 7,2 Å, net, à 10 Å, très net, et à 14 Å, peu intense mais bien marqué ; l'échantillon ne gonfle pratiquement pas sous l'action du glycérol. Après traitement au potassium on observe une intensification relative des réflexions à 10 et 14 Å.

Nous sommes donc en présence de minéraux du type kaolinite, illite et chlorite, peut-être accompagnés d'un peu de minéraux gonflants.

### Loess récent - Zone Est - C.

Le diffractogramme Mg montre des réflexions nettes à 7,2 et 10 Å, nette mais assez étalée à 14 Å ; le minéral gonfle partiellement avec un maximum net à 17 Å, tandis qu'une autre partie se maintient à 14 Å. Le traitement K provoque une fermeture partielle vers 10 Å.

A côté de la kaolinite et de l'illite, on enregistre la présence d'un peu de vermiculite et de minéraux gonflants en quantité appréciable.

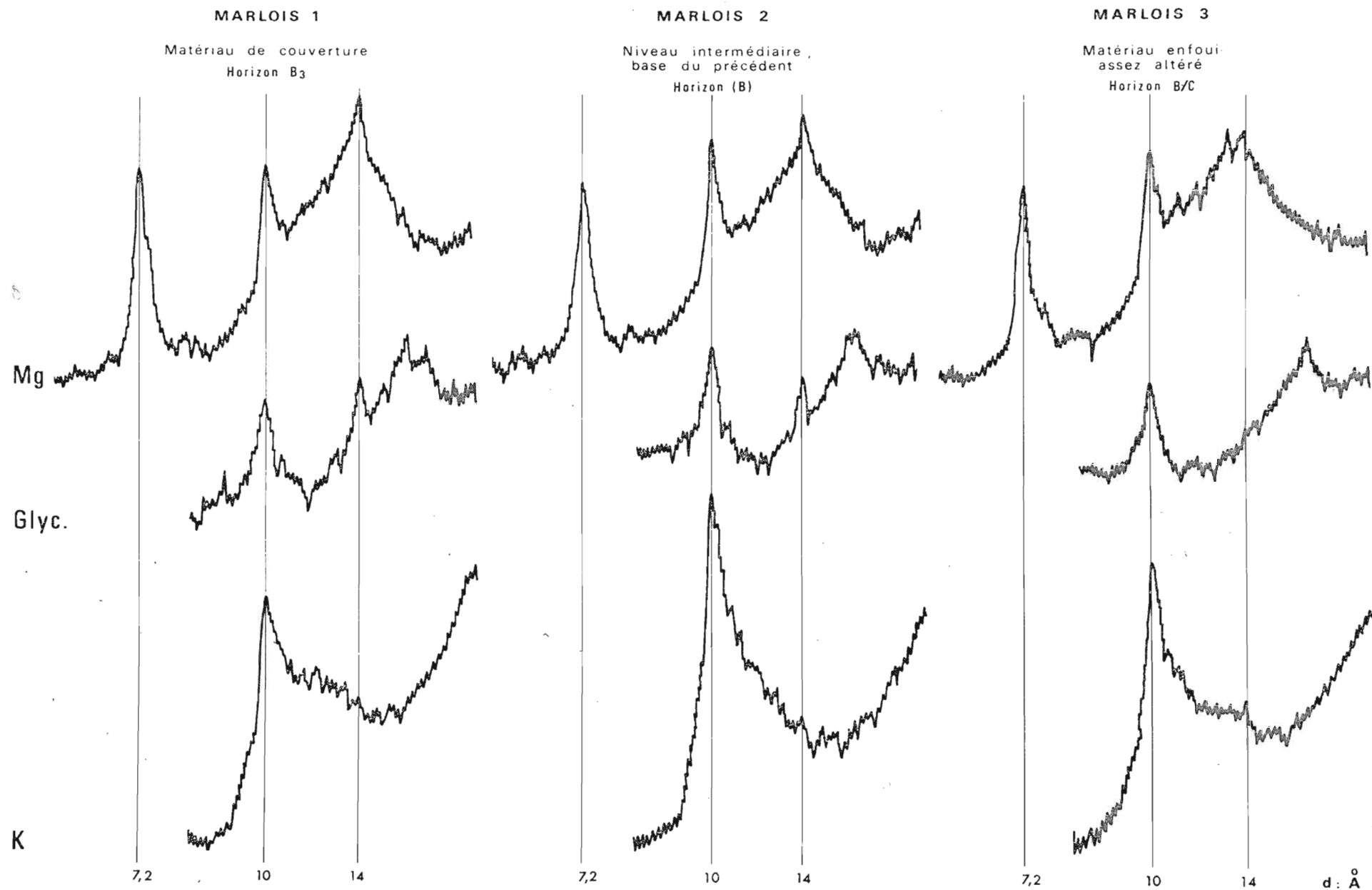


Fig. 38



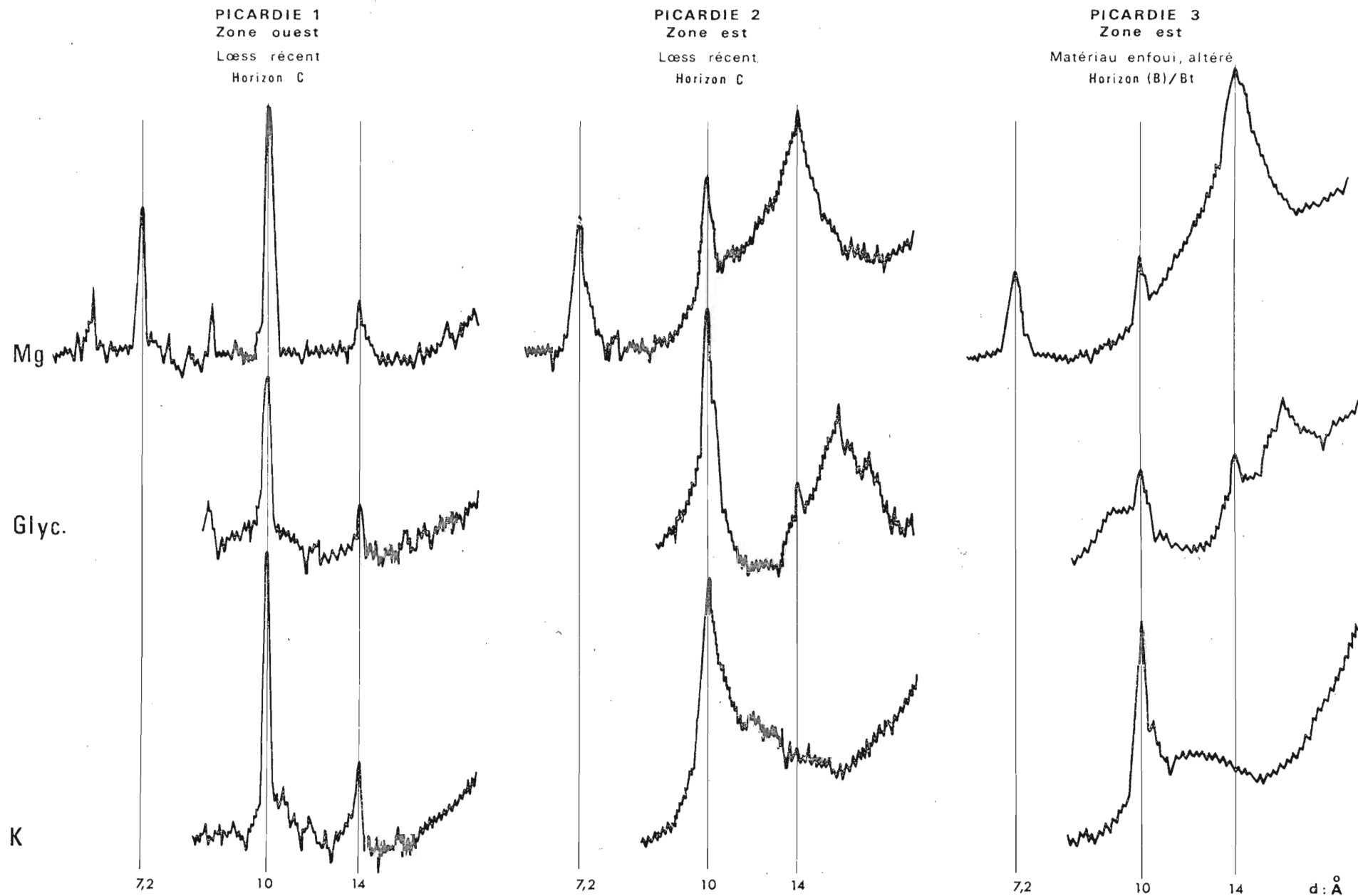


Fig. 39



Matériau enfoui - (E)/Bt.

Les pics du premiers diffractogramme sont d'importance moyenne à 7,2 et 10 Å, très net mais assez étalé à 14 Å ; le gonflement fait apparaître un déplacement d'une partie vers 17 Å, tandis qu'une autre se maintient à 14. La fermeture au K paraît bonne.

Nous aurions donc affaire à un mélange de kaolinite, illite, vermiculite et minéraux gonflants.

Une différence assez importante existe donc entre le loess de la zone ouest et celui de la zone est, par la présence de chlorite et absence de vermiculite dans le premier cas, et l'inverse dans l'autre.

En ce qui concerne le Saint-Quentinnois, on observe dans le matériau ancien des teneurs un peu plus importantes en vermiculite et minéraux gonflants que dans le dépôt le plus récent.

Minéraux argileux des limons du Boissonnois.

Ici également nous avons été amenés à dissocier la partie centrale de la région de la bordure nord, plus sableuse et semble-t-il plus altérée, en ce qui concerne le dépôt de surface.

Le matériau plus ancien sous-jacent à cette couverture a subi un prélèvement au niveau plus lourd et souvent recarbonaté à la partie supérieure, et qui constitue un horizon (B).

Loess récent - Centre - C.

L'échantillon traité au Mg montre des réflexions très nettes à 10 Å, et nettes à 7,2 et 14 ; le gonflement au glycérol amène un déplacement vers les distances basales plus grandes, avec un maximum léger vers 14,5 et autre vers 16/17 Å. L'échantillon se ferme de manière satisfaisante après traitement K, avec une réflexion modérée à 14 Å.

Nous serions donc en présence d'illite, de kaolinite, de chlorite, d'un peu de minéraux gonflants et de vermiculite.

Limon récent - Nord - B/C.

Les réflexions à 7,2 et 10 Å sont nettes, celle à 14 est peu différenciée ; le gonflement amène un étalement du diffractogramme, avec peut-être une légère réflexion vers 14 Å. Le traitement K ne procure qu'une très mauvaise fermeture du minéral.

Il semble que des minéraux gonflants interstratifiés voisinent la kaolinite et l'illite avec peut-être un peu de vermiculite.

Matériau enfoui - II (E).

Le traitement Mg montre des pics à 7,2 et 10 Å très moyens, mais une réflexion importante bien qu'étalée à 14 ; le gonflement provoque un déplacement d'une fraction à 17 Å, une autre restant à 14. La fermeture au potassium est modérée vers 10 Å.

Nous avons affaire ici à un mélange de kaolinite, illite, vermiculite et minéraux gonflants.



La zone centrale du Scissonnais présente donc de la chlorite dans le loess récent de couverture, tandis que les dépôts de la bordure nord en seraient dépourvus. Ces derniers semblent particulièrement riches en minéraux gonflants interstratifiés.

Le niveau ancien présente quant à lui de la vermiculite de manière beaucoup plus évidente que les sédiments qui le recouvrent.

### Minéraux argileux des limons de Haute-Brie.

Nous avons sélectionné ici trois des échantillons les plus représentatifs de l'ensemble des plateaux de Haute-Brie, réservant l'analyse de la très intéressante coupe du Tillet pour un prochain chapitre (3.4.). D'autre part, la partie sud-ouest de la région présente localement des recouvrements plus récents d'étendue relativement peu importante, comme le matériau I du Tillet en est un exemple.

La couverture de la région semble assez altérée et probablement relativement ancienne. Son épaisseur étant assez importante, nous y avons prélevé à deux niveaux, tout d'abord l'horizon  $E_3$  du sol actuel, ensuite un niveau C. Le troisième échantillon appartient au matériau assez argileux, parfois légèrement rougeâtre, que l'on retrouve fréquemment en profondeur.

#### Limon de couverture - $E_3$ .

Le traitement Mg permet de distinguer un pic net à  $7,2 \text{ \AA}$ , un autre à 10, peu marqué, et une réflexion très étalée à  $14 \text{ \AA}$ ; le gonflement au traitement glycerol est très important avec un maximum à  $17 \text{ \AA}$ . La fermeture au traitement K est très mauvaise.

Nous aurions donc affaire à de la kaolinite, de l'illite et des interstratifiés gonflants du type montmorillonite.

#### Limon de couverture - C.

Une réflexion très nette à  $7,2 \text{ \AA}$  se présente sur le diffractogramme Mg, en compagnie d'un pic un peu étalé à 10 et d'une réflexion très faible et très étalée vers  $14 \text{ \AA}$ ; le minéral gonfle fortement vers des distances basales assez grandes, sans maximum observable. La fermeture au potassium paraît assez satisfaisante, avec intensification très importante de la réflexion à  $10 \text{ \AA}$ .

A côté de la kaolinite et de l'illite, une quantité importante de minéraux interstratifiés gonflants semble être présente.

#### Matériau profond - B/C.

Le traitement au Mg fait apparaître un pic net à  $7,2 \text{ \AA}$ , peu marqué à 10, ainsi qu'une réflexion nette mais large à  $14 \text{ \AA}$ ; le traitement au glycerol provoque un gonflement du minéral à  $14 \text{ \AA}$ , mais sans maximum discernable. La fermeture au traitement K est assez mauvaise.

Ici également nous aurions affaire à de la kaolinite, de l'illite et des interstratifiés gonflants.

Ces niveaux peuvent se caractériser par l'abondance de minéraux interstratifiés gonflants du type montmorillonite. Peu de différences apparaissent entre les trois niveaux, bien que le premier et le troisième, théoriquement légèrement plus évolués, semblent en contenir de plus grandes quantités que l'horizon C du matériau de couverture.

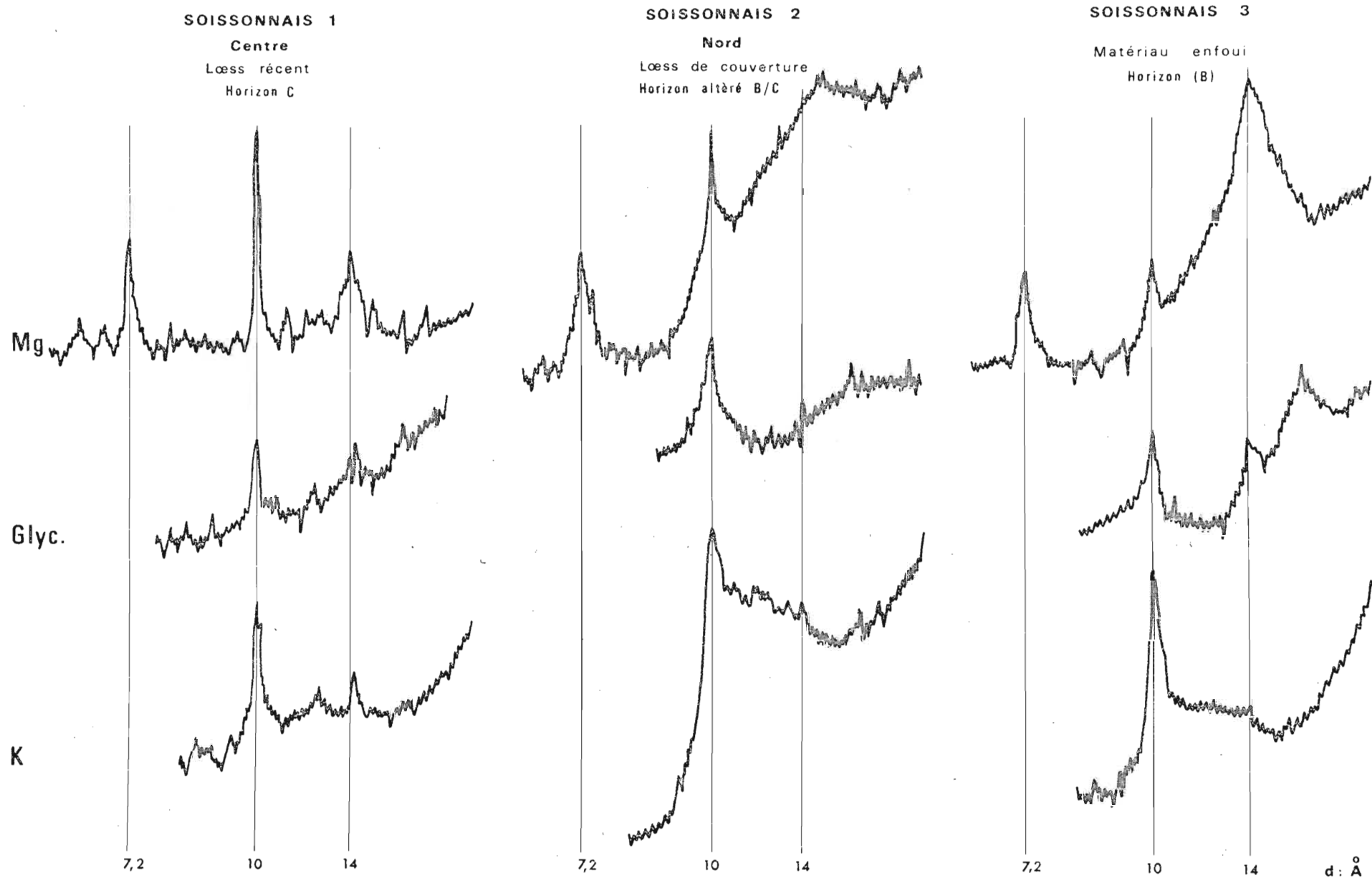


Fig. 40



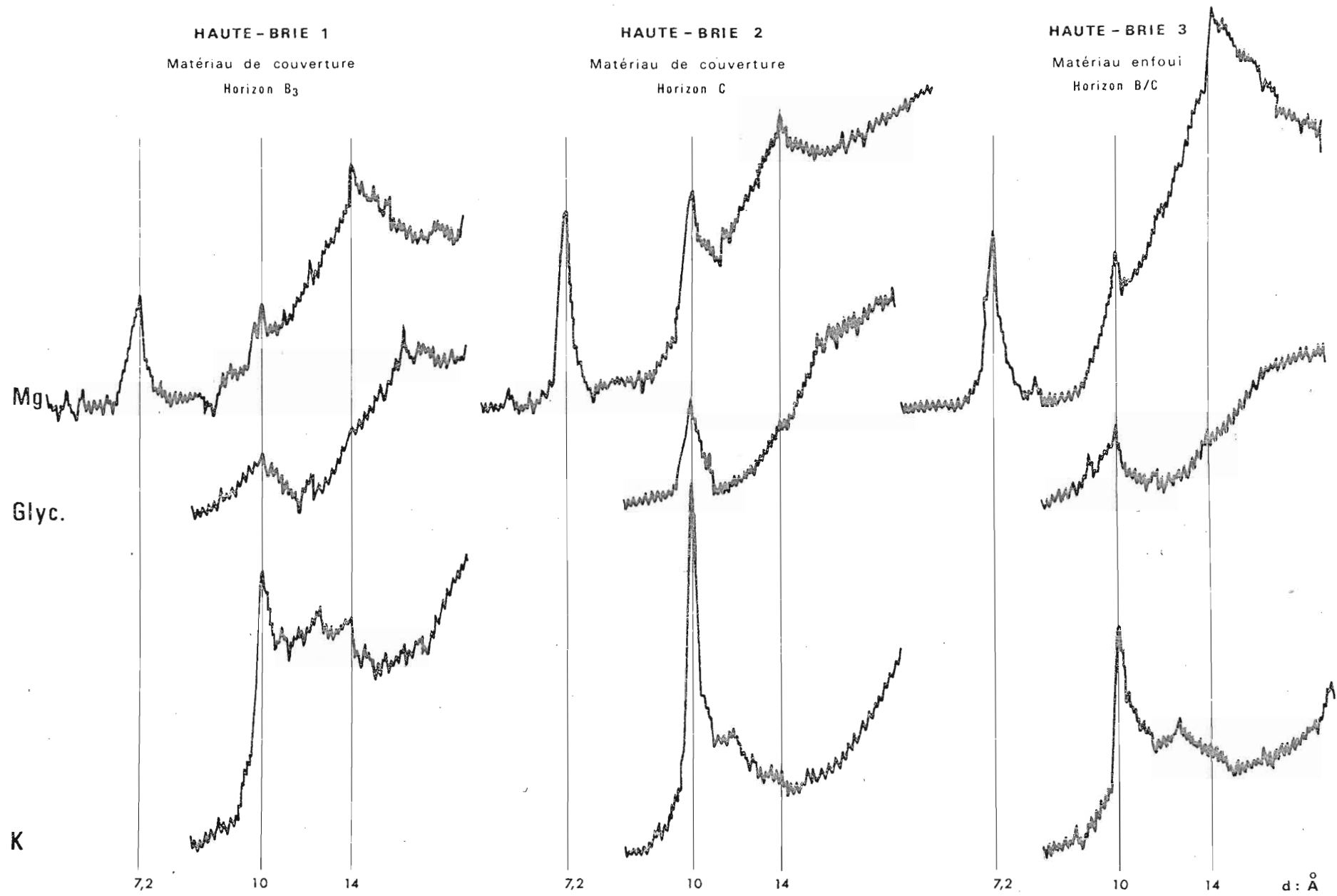


Fig. 41



Synthèse - Comparaisons régionales - Conclusions.

L'examen de l'ensemble des résultats que nous venons de présenter permet de dégager certains traits caractéristiques de la minéralogie de la fraction fine des dépôts étudiés.

Pratiquement tous les niveaux présentent des proportions variables de *kaolinite* et d'*illite*.

La *chlorite* caractérise les limons de la partie ouest de la Picardie, et est présente dans la couverture de surface de la partie centrale du Soissonnais.

La *vermiculite*, quant à elle, apparaît dans ce que nous pensons être les vrais loess récents de couverture : très nettement dans les matériaux I de la Thiérache, du Marlois et de la partie centrale de Picardie, de manière beaucoup plus discrète en Soissonnais. Elle est également présente dans les niveaux II de Picardie et du Soissonnais qui constituent des horizons évolués. Il faut cependant noter son absence dans le loess très caractéristique de la limite ouest de la région étudiée.

Comme nous le préciserons plus loin, la *vermiculite* semble donc assez typique de la couverture limoneuse du "cycle du loess récent".

Des *minéraux gonflants* relativement bien exprimés se présentent dans la majorité des niveaux que nous venons de citer : matériaux I de Thiérache, Picardie zone Est et Soissonnais, matériaux II de Picardie et Soissonnais.

Les horizons pédogénétiques enfouis, rougeâtres ou panachés de Thiérache et du Marlois en contiennent des teneurs importantes. Ces niveaux constituent des paléosols fortement développés.

Des minéraux *interstratifiés gonflants*, très hétérogènes, semblent typiques des limons anciens redistribués des Ardennes, matériaux I et II, ainsi que de toute l'épaisseur des limons de couverture des plateaux de la Haute-Brie.

Les discontinuités que nous avons mises en évidence dans la première analyse de nos coupes caractéristiques sont donc assez fréquemment bien étayées par des arguments minéralogiques.

Comparativement aux loess d'autres grandes régions, d'après les données de G. Milloz (1964), il semblerait que les limons loessiques du Nord du Bassin de Paris sont plus pauvres en chlorite que ceux d'Alsace et de la majorité de l'Europe de l'Ouest, plus riches en kaolinite que ceux d'Allemagne, et qu'ils présentent une teneur en minéraux du type montmorillonitique moins importante qu'aux Etats-Unis.

Ces déterminations peuvent paraître relativement succinctes, mais il faut rappeler que notre objectif présent n'est pas une étude proprement dite de stratigraphie du Quaternaire, mais la mise en évidence des principaux caractères qui devront être pris en considération et intervenir dans nos interprétations pédogénétiques.

Au demeurant, certaines d'entre elles seront largement détaillées et confirmées dans la quatrième partie.

### 3.33. CARACTERISATION GRANULOMETRIQUE DE LA COUVERTURE LIMONEUSE DE SURFACE

De manière à synthétiser les données concernant la granulométrie des matériaux au sein desquels les sols que nous allons étudier se sont développés, nous avons regroupé les courbes cumulatives d'un certain nombre de niveaux caractéristiques de la couverture de surface. Il s'agit donc de sédiments représentatifs des niveaux I des coupes que nous avons décrites au paragraphe 3.31.

Nous présenterons tout d'abord un graphique regroupant des courbes correspondant aux matériaux originels du type loess récent. Elles représentent donc la distribution granulométrique des horizons C des sols développés sur les limons de Picardie, du Marlois et du Soissonnais.

Ensuite sont regroupées les courbes caractérisant les horizons de sols développés dans des limons argileux de couverture. Il s'agit vraisemblablement de limons plus anciens, soit non perturbés depuis leur sédimentation comme en Thiérache, dans la partie sud du Soissonnais ou en Haute-Brie, soit probablement remaniés et redistribués postérieurement, comme en Ardenne et dans certaines parties de la Thiérache.

#### - Loess récents -

Le graphique permet tout d'abord de constater un groupement assez satisfaisant des courbes Picardie-Marlois et Soissonnais centre, ce qui, nous le verrons plus loin, correspondrait à l'extension vers l'est des limons récents du nord-ouest de la France.

L'aspect est donc celui de sédiments typiquement éoliens.

En ce qui concerne la teneur en sable, les limons de Picardie et de la partie centrale du Soissonnais en possèdent particulièrement peu. Une légère influence se marque dans le Marlois, vraisemblablement due à la présence des buttes témoins résiduelles qui caractérisent le paysage de cette région.

La partie nord du Soissonnais montre une intervention relativement importante des formations sableuses tertiaires sous-jacentes et avoisinantes. L'aspect sigmoïdal plus aplati de la courbe semble caractéristique de cette pollution.

La variation, peu importante certes, de la teneur en argile peut se prêter cependant à une interprétation.

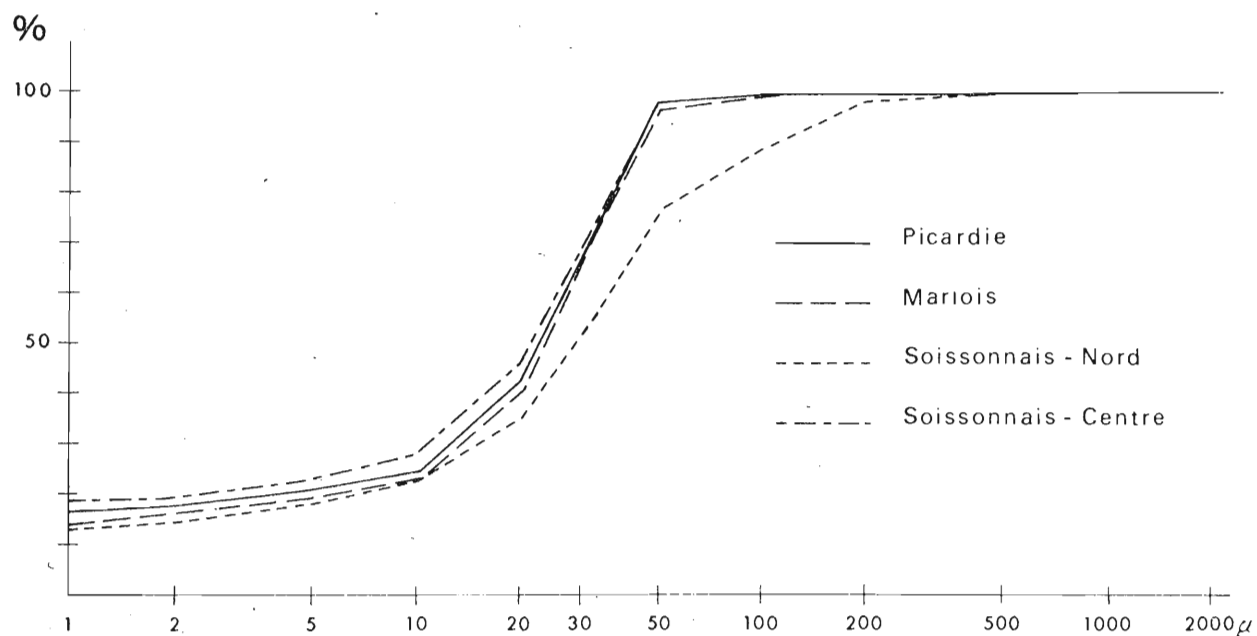
Le loess de Picardie peut être considéré comme celui se rapprochant le plus de la composition moyenne des loess récents typiques du nord-ouest de la France (A. Cailleux - 1954 - J. P. Lauvridou - 1967).

Le fait que le matériau du centre du Soissonnais soit légèrement plus argileux pourrait correspondre à un éloignement un peu plus grand de la province d'origine. D'autre part, les loess relativement plus sableux du Marlois, et surtout de la partie nord du Soissonnais présentent une teneur en argile légèrement moindre.

#### - Limons argileux de couverture -

Il faut tout d'abord remarquer que dans ce cas il ne nous est pas possible d'interpréter la variation de teneurs en argile des sédiments en présence, étant donné les différences possibles dans le degré d'évolution des matériaux.

### LOESS RÉCENTS



### LIMONS ARGILEUX DE COUVERTURE

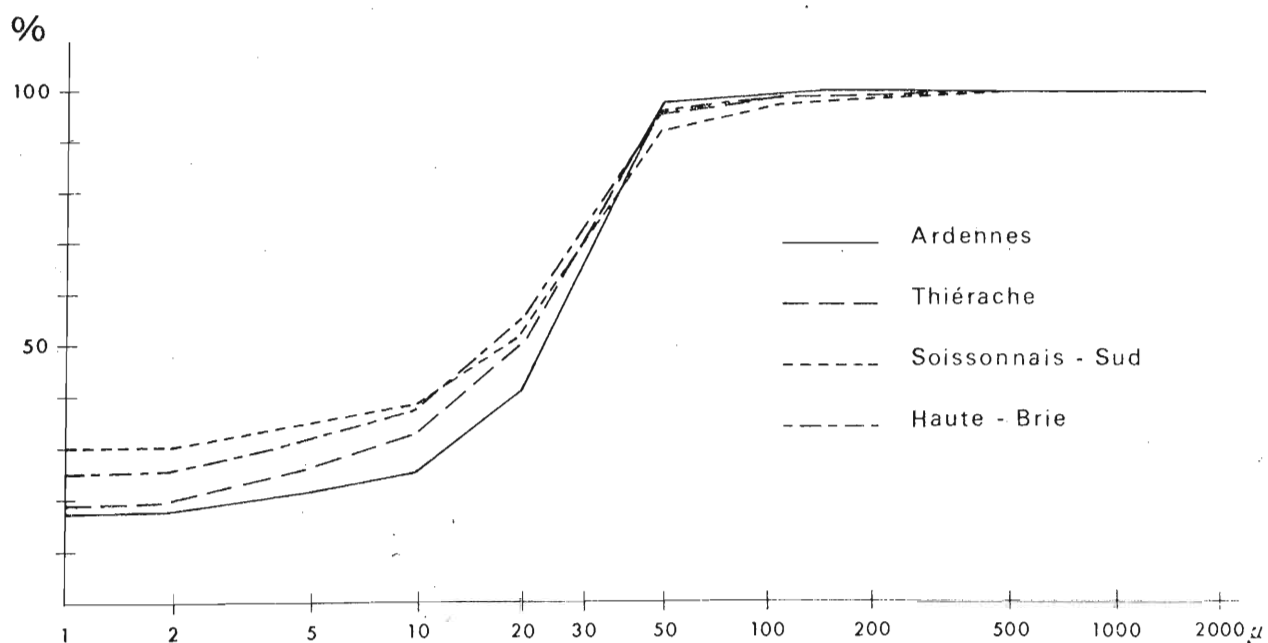


Fig. 42





Nous ne pouvons que constater la très faible proportion de fractions sableuses contenues dans les limons de couverture de Haute-Brie, de Thiérache et tout particulièrement de l'Ardenne.

L'échantillon caractérisant la partie sud du Soissonnais présente une teneur en sable un peu supérieure, due vraisemblablement à la proximité de certains faciès sableux de l'Eocène supérieur. L'aspect de la courbe se rapproche quelque peu de celle du loess de la bordure nord du Soissonnais.

Ces quelques considérations sur la granulométrie du manteau limoneux des différentes régions naturelles du Nord du Bassin de Paris nous permettront de justifier et de confirmer certaines variations que nous avons pu constater pour d'autres données, ainsi que d'étayer quelques unes de nos interprétations concernant la genèse et la répartition des sols développés dans les diverses régions naturelles.

### 3.34. LES MINÉRAUX LOURDS DE LA COUVERTURE LIMONEUSE DE SURFACE

Pour tenter de mieux définir les diverses couvertures limoneuses auxquelles nous avons affaire sous l'aspect minéralogique, et ce pour les différentes régions naturelles, nous avons complété les comptages présentés dans la description des coupes par un réseau d'observations plus dense. Ceci exclusivement pour les matériaux de surface, de manière à confronter ces résultats à ceux obtenus par l'interprétation pédogénétique. Des moyennes ont donc été calculées, ce qui nous a permis de dresser le tableau que nous présentons ci-après.

Certaines régions naturelles sont subdivisées lorsque plusieurs secteurs se différencient nettement ou sont en transition vers d'autres régions. La présentation des régions a été faite du nord au sud et de l'ouest à l'est.

L'étude des minéraux lourds des sédiments limoneux du bassin de Paris a fait l'objet d'un certain nombre de travaux, citons essentiellement S. Duplaix (1946), S. Duplaix et H. Malterre (1946), C. Pomerol (1967), J. P. Lauridou (1967 - 1970), J. P. Michel (1971).

Nous référant à ces études, ainsi qu'à celles de C. Edelman (1946) et R. Tavernier (1946), nous avons regroupé les minéraux en associations déjà élaborées par ces auteurs, ou classiquement utilisées.

Nous avons retenu les associations suivantes :

- *Minéraux de métamorphisme* : Andalousite - Staurotide - Dysthène - Sillimanite - Grenat.
- *Association Grenat - Epidote - Hornblende* (caractéristiques de la province "Nordique" de C. Edelman).
- *Minéraux typiquement ubiquistes* : Zircon - Rutile - Epidote.

Nous présentons dans le schéma joint (fig. 43) la variation de ces associations, le Grenat étant de plus représenté indépendamment, ainsi que la Tourmaline qui est cependant cumulée à l'association des ubiquistes. Ce schéma appelle les commentaires suivants.

- Les ubiquistes dominent très nettement dans toute la zone étudiée, excepté en Picardie, et contrairement à ce que la plus grande partie de la lit-

térature mentionne, nous ne retrouvons nulle part de prédominance de la Tourmaline sur le Zircon, bien au contraire.

- Les minéraux de métamorphisme, bien que relativement peu représentés, sont pratiquement présents partout.

- L'association Grenat - Epidote - Hornblende (G. E. H.) présente quant à elle une importante variation.

Nous notons un certain parallélisme entre l'évolution des minéraux de métamorphisme et l'association G. E. H. en Ardenne et en Thiérache, moins nettement dans le sud de la région. Dans le Marlois, la Picardie et le Soissonnais ce parallélisme disparaît par augmentation spectaculaire de la province "Nordique", c'est-à-dire l'association Grenat - Epidote - Hornblende, en Picardie et d'une manière générale par celle des minéraux de métamorphisme, surtout le Grenat en Picardie. Une certaine analogie entre l'évolution de l'association G. E. H. et les ubiquistes paraît se marquer en Marlois, Picardie et Soissonnais.

Globalement, trois grandes zones semblent se dissocier :

- Ardenne et Thiérache (zone I)
- Picardie-Marlois-Soissonnais (zone II)
- Orxois-Haute-Brie (zones III et IV)

Une analyse plus détaillée permet de dissocier la Picardie (II'') du Marlois (II') et du centre du Soissonnais (II'''), de regrouper le sud du Soissonnais avec l'Orxois (Z. III) et d'individualiser la Haute-Brie (Z. IV).

#### Zone I : Ardenne et Thiérache.

La teneur en ubiquistes est importante, celle en minéraux de métamorphisme est faible. Une diminution progressive de l'association "Nordique" s'observe du nord au sud, essentiellement marquée par celle de l'Epidote, le Grenat et la Hornblende étant relativement peu abondants. On observe très peu de Tourmaline également, qui disparaît dans l'est de la Thiérache.

#### Zone II : Marlois - Picardie - Centre du Soissonnais.

Ces régions sont marquées par l'augmentation du Grenat, particulièrement en Picardie, et par une sensible diminution des ubiquistes. La zone picarde qui, en relation avec les loess du nord-ouest de la France, paraît entrer "en coin" entre le Marlois et le Soissonnais, s'individualise bien de ces deux secteurs.

##### Zone II' : Marlois.

Augmentation des minéraux de métamorphisme et de la Tourmaline.

##### Zone II'' : Picardie.

Diminution des minéraux de métamorphisme, augmentation très nette de l'association G. E. H., due à celle spectaculaire du Grenat, mais également à celle de l'Epidote et à un degré beaucoup moindre de la Hornblende ; teneur très faible en Tourmaline.

##### Zone II''' : Soissonnais-Centre.

Teneur importante en minéraux de métamorphisme, mais diminution du Grenat par rapport à la Picardie ; augmentation légère de la Tourmaline.

#### Zone III : Soissonnais sud et Orxois.

Cette zone présente à nouveau une teneur importante en ubiquistes avec diminution des minéraux de métamorphisme, Grenat inclus.

## ASSOCIATIONS DE MINÉRAUX LOURDS

- Association Grenat – Epidote – Hornblende
- Métamorphisme : Andalousite + Staurotide + Dysthène + Sillimanite + Grenat
- · - · Ubiquistes : Zircon – Rutile – Epidote
- Grenat
- - - - Tourmaline cumulée aux ubiquistes

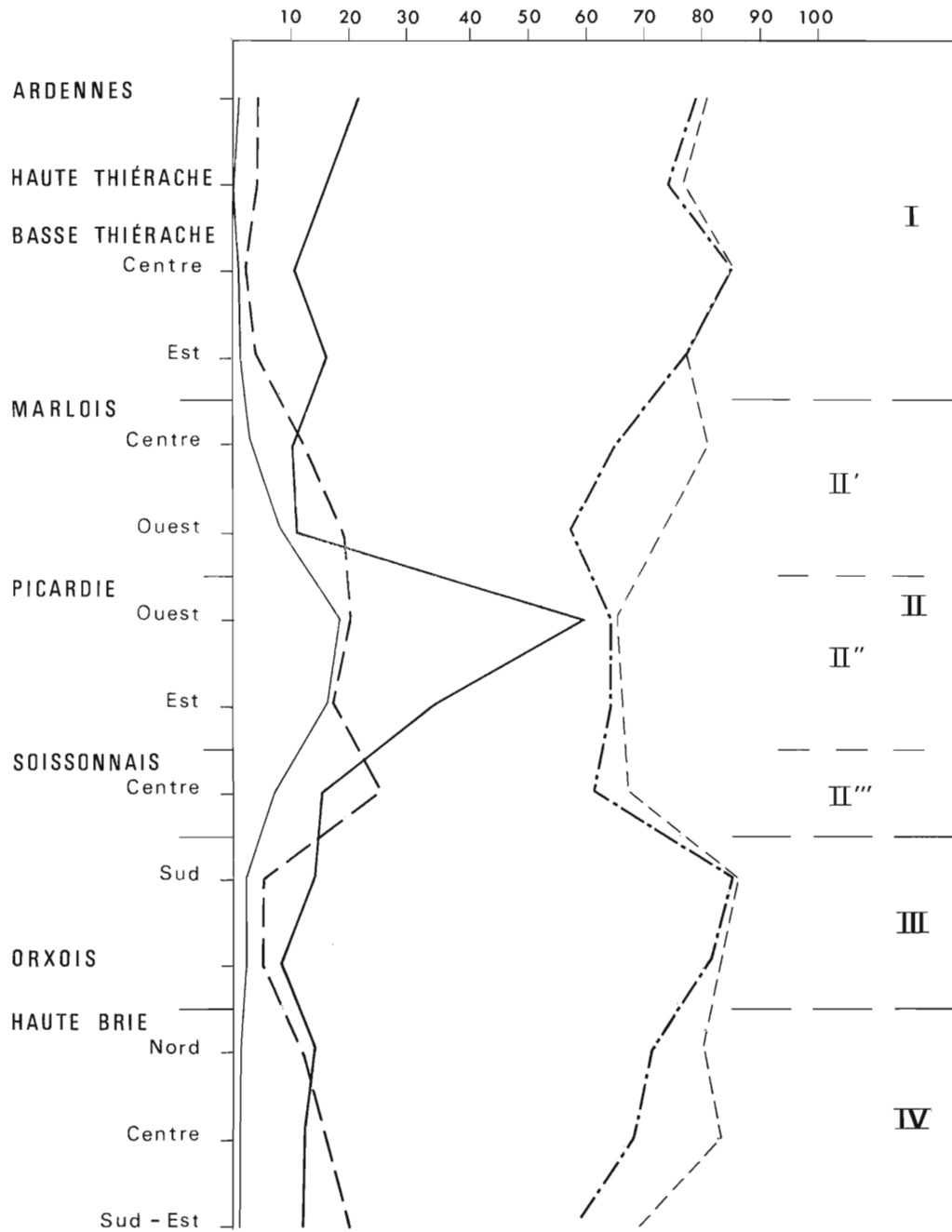


Fig. 43



<u>REGIONS</u>																						
	<u>NATURELLES</u>	TOURMALINE	ZIRCON	RUTILE	ANATASE	BROOKITE	SPHENE	CHLORITOIDE	ANDALOUSITE	STAURITOIDE	DISTHENE	SILLIMANITE	GREVAT	ZOISITE	CLINOZOISITE	EPIDOTE	AUGITE	HORNBLENDE	AMPHIBOLES ALCALINS	CORINDON	SPINELLE	APATITE
<u>ARDENNE</u>	2	49	15	3	+		1		2	1	+	1	3	1	18	+		2			1	
<u>HAUTE-BRIE</u>	3	58	5	2	1		1		1	3			3	5	16			2				
<u>BASSE-THIERACHE</u>																						
Centre		63	17	1	2				1	1		1			10			1			1	1
Est		52	19	2	1				3		1	1	1	1	15	1		1				
<u>MARLOIS</u>																						
Centre	15	48	12	5			1	+	3	6		3			5			2				
Ouest	16	51	8	1	+	1			2	3	6	8			2			2				
<u>PICARDIE</u>																						
Ouest	1	19	9	1		+	1		1	1		18	2		39	+		4	3			
Est	2	37	10	3		1	1		1	+		16	4	1	16	5		2	1			
<u>SOISSONNAIS</u>																						
Centre	6	35	22	2					3	8	7	7	1		6	1		2				
Sud	1	60	15	2	3				1	1	1	2	+	1	11			1	+			
<u>ORXOIS</u>	2	57	20	1	1	+			3	1		2	3		7	1		1				
<u>HAUTE-BRIE</u>																						
Nord	8	43	15	8	+		1	1	4	3	+	1	1		12			1				
Centre	15	33	16	6			+	1	9	4	1	1	1		10			1		2		
Sud-Est	10	43	15	3					1	10	6	1			10			1				

#### Zone IV : Haute-Brie.

On observe dans cette région, du nord au sud, une augmentation progressive des minéraux de métamorphisme, Grenat inclus, et une diminution des ubiquistes, avec augmentation de la teneur en Tourmaline.

#### Conclusions.

Le cortège des minéraux de la Picardie est bien individualisé par l'influence de l'association Grenat-Epidote-Hornblende. Il s'agit de loess récents, et ceci confirme les travaux de S. Duplaix et J. P. Laustridou

Le Marlois paraît être en prolongement de la région picarde, tout comme le centre du Soissonnais, les matériaux de couverture présentant une teneur en Grenat progressivement décroissante de l'ouest vers l'est-nord-est (Marlois) et l'est-sud-est (Soissonnais). L'augmentation de la teneur en minéraux de métamorphisme autres que le Grenat dans ces deux secteurs pourrait provenir de l'influence de certains substrats riches en ces éléments : crétacé comme l'Albien, ou tertiaire (C. Pomerol, 1967).

D'après la littérature, la présence de Tourmaline dans les loess du Bassin de Paris proviendrait des Ardennes. Nos résultats ne confirment pas clairement cette hypothèse, les limons ardennais étant pauvres en ce minéral, contrairement à ceux du Marlois où il est le plus abondamment représenté sur l'ensemble de la région étudiée.

En ce qui concerne le cortège ardennais, l'influence de l'association "Nordique" est vraisemblable, à côté des nombreux ubiquistes ; ces derniers étaient considérés jusqu'à présent comme caractéristiques de la région centrale du bassin parisien. Notons le peu d'importance prise par les minéraux de métamorphisme.

On retrouve dans le sud du Soissonnais, et en Orxois la prépondérance des ubiquistes, l'influence de l'association G. E. H. restant discrète.

En Haute-Brie, les minéraux ubiquistes diminuent, avec cependant apparition de teneurs assez importantes en Tourmaline. Le point sud-est correspondrait à un limon plus récent, ce qui serait confirmé par une teneur plus importante en minéraux de métamorphisme.

L'examen de ces résultats paraît donc confirmer l'ensemble de nos observations et de nos hypothèses concernant l'âge des sédiments limoneux auxquels nous avons affaire : limons relativement récents en Picardie, Marlois et Soissonnais, dépôts plus anciens en Orxois et Haute-Brie, avec localement recouvrements plus récents, matériaux relativement anciens mais perturbés et redistribués dans le nord de la zone étudiée.

Nous joignons une esquisse cartographique donnant la représentation schématique de la répartition des minéraux lourds (fig. 44).

# DIAGRAMMES DE RÉPARTITION DES MINÉRAUX LOURDS

EXTENSION DE LA COUVERTURE LÆSSIQUE EN GRISÉ

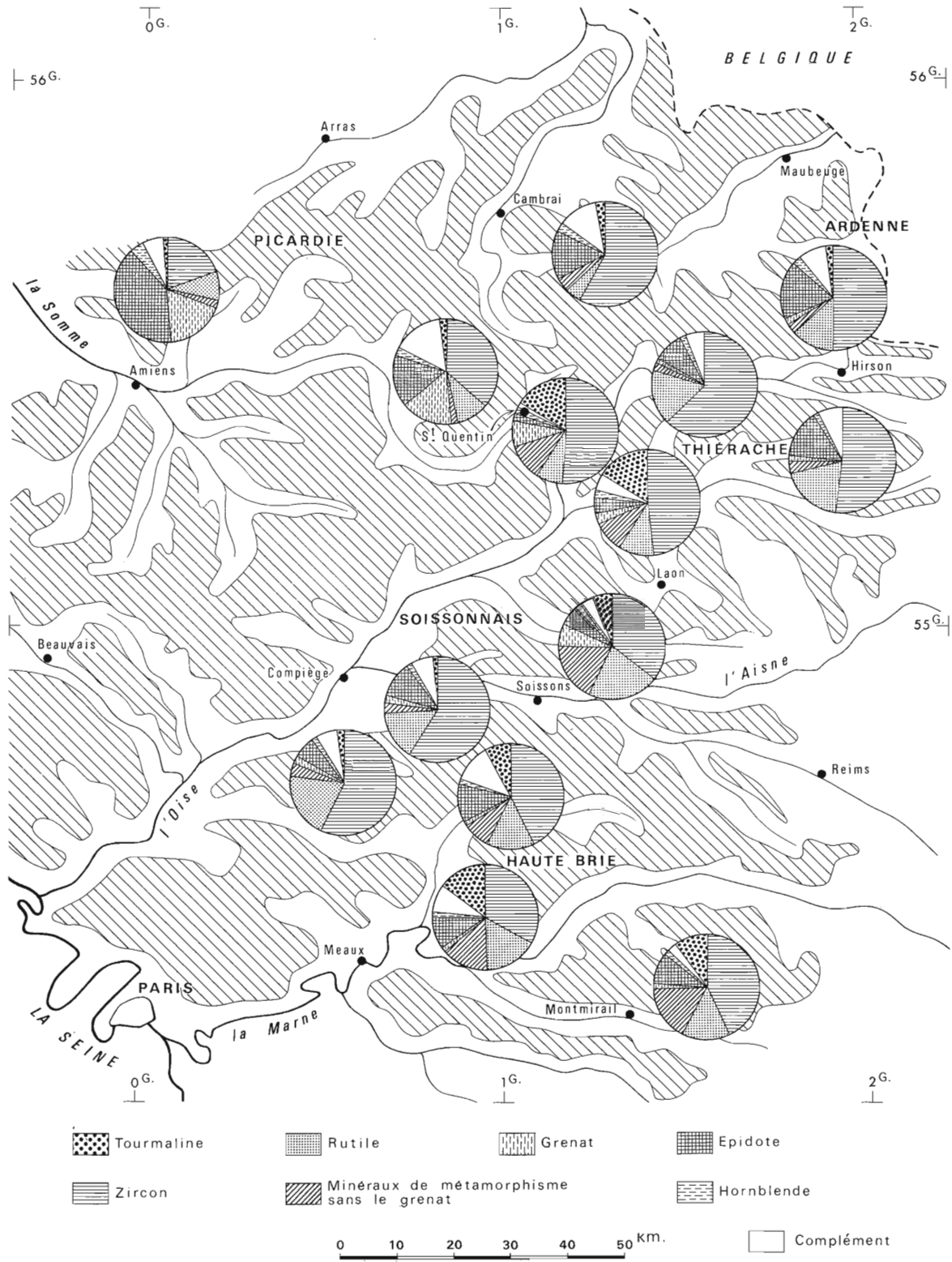


Fig. 44





### 3.35. QUELQUES DONNEES COMPLEMENTAIRES

Afin de compléter le mieux possible la définition des matériaux originels auxquels nous avons affaire, quelques déterminations complémentaires ont été effectuées :

- d'une part des analyses chimiques totales destinées à bien préciser au départ les possibilités d'évolution géochimique des matériaux.
- d'autre part un essai d'analyse pollinique de manière à tenter une meilleure approche des conditions de sédimentation.

#### 3.35.1. COMPOSITION CHIMIQUE DES LOESS

Pour caractériser quelque peu les principaux matériaux originels sous l'aspect géochimique, et introduire les études que nous allons commenter dans les chapitres suivants, un certain nombre d'analyses chimiques globales ont été effectuées sur des niveaux typiques de quelques coupes. Les résultats de ces analyses sont donnés dans le tableau ci-après, pour échantillons calcinés à 1 000°C.

La majorité correspondent à des matériaux de loess récents, un échantillon de limon ancien a également été analysé.

Les quatre premières colonnes : "Le Hamel 1" - "Le Hamel 2" - "Vermand" et "Saint-Quentin" présentent beaucoup d'analogies, il s'agit de loess décarbonatés.

Les teneurs en  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sont importantes : de l'ordre, respectivement de 80 et 10 %. La teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  est moyenne, et nous verrons plus loin que la plus grande quantité de cet élément se trouve dans la fraction argileuse.

Les loess calcaires sont représentés par les analyses d'"Aubigny" et de "Pargny".

Le  $\text{CaO}$  y est naturellement présent en quantité importante : 8 à 9 %, ce qui peut expliquer en partie les teneurs en  $\text{SiO}_2$  plus faibles. Notons cependant que ces deux niveaux sont très nettement les moins sableux parmi ceux que nous avons étudiés. Il faut noter également un peu plus de  $\text{MgO}$  que dans les quatre premiers échantillons, ce qui pourrait être mis en relation avec la présence de chlorite ; corrélativement, le  $\text{K}_2\text{O}$  diminue quelque peu.

"Vorges" montre une teneur en  $\text{SiO}_2$  très élevée, pour des quantités naturellement plus faibles de tous les autres éléments, notamment  $\text{Al}$  et  $\text{Fe}$ . Il s'agit d'un matériau fortement sableux caractérisant les limons du Soissonnais.

Enfin, l'échantillon du "Tillet" présente des caractères très différents que nous attribuerons à une altération plus prononcée.

Les teneurs en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y sont sensiblement plus élevées, tandis que  $\text{K}_2\text{O}$  y est important par rapport à  $\text{Na}_2\text{O}$ . Ce dernier élément pourrait correspondre à une altération préférentielle des plagioclases par rapport aux feldspaths potassiques. Il faut y noter également (résultat non repris dans le tableau) que la perte en eau est très importante pour cet échantillon, plus de 10 %.

Nous avons cherché dans la littérature d'autres données concernant la composition chimique des matériaux loessiques, mais sans grand succès. Tous les auteurs (Malycheff - 1929 - Malicorne - 1946 - Cailleux - 1954) font référence à d'anciennes analyses effectuées par Agafonoff.

- T A B L E A U -

Analyses chimiques globales de quelques loess typiques.

	<u>Lo Hamel 1</u>	<u>Lo Hamel 2</u>	<u>Vermand</u>	<u>St-Quentin</u>	<u>Aubigny</u>	<u>Pargny</u>	<u>Vorges</u>	<u>Lo Tillet</u>
	5.061	5.062	687	651	976	9.377	714	7.884
SiO <sub>2</sub>	80.62	81.17	79.66	81.74	73.53	72.94	88.06	75.86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.39	9.41	10.34	9.43	8.56	9.27	6.51	11.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.64	2.67	2.95	2.65	2.36	2.92	1.73	3.68
FeO	0.56	0.49	0.66	0.66	0.62	0.56	0.46	0.71
TiO <sub>2</sub>	0.35	0.32	0.38	0.37	0.34	0.34	0.27	0.45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.15	0.19	0.16	0.16	0.14	0.07	0.10
MnO	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10	0.12	0.18	0.09
CaO	0.77	1.11	0.82	0.86	8.99	8.09	0.27	0.52
MgO	0.57	0.64	0.65	0.63	0.99	1.01	0.20	0.66
K <sub>2</sub> O	1.97	2.00	2.22	2.02	1.84	1.87	1.56	2.06
Na <sub>2</sub> O	1.23	1.32	1.28	1.32	1.13	1.10	0.55	0.73

Nous les avons reprises à titre de référence dans le travail de V. Malychéff (1929 - "Le loess", Revue de géogr. phys. et géol. dyn. Vol II, pp. 173-180).

Commentant ces résultats, l'auteur signale comme traits communs à toutes les déterminations : forte prédominance de Si, teneurs en Al considérables, ainsi que pour Ca dans les loess calcaires. Il note que l'alrératicn provoque une augmentation relative en Al et Fe, avec diminution sensible en Ca et Mg.

Nous n'avons pas cru indispensable de représenter les résultats d'Agafonoff ici, étant donné la grande similitude entre ces anciennes données et les résultats que nous avons obtenus.

Notons que les échantillons de loess calcaires d'"Aubigny" et de "Pargny" sont pratiquement identiques à ceux analysés par Agafonoff en provenance de la région de Cambrai et de Villejuif. D'autre part, le "loess décalcifié" de Villejuif correspond fort bien à notre niveau de "Vorges". Enfin, les quelques variations régionales mentionnées par Malychéff se retrouvent dans nos échantillons du Bassin de Paris.

Il est évident que des analyses plus nombreuses, systématiques, seraient à même de fournir des éléments d'interprétation intéressants, mais ce que nous avons fait nous semble actuellement suffisant pour la présentation du travail qui va suivre.

### 3.35.2. ANALYSES PALYNOLOGIQUES

Quelques déterminations palynologiques ont été effectuées sur deux coupes représentatives, celles de Marle et de Saint-Quentin (\*).

En effet, l'interprétation de l'ensemble des autres données nous permettaient de penser à deux types de contacts possibles :

Marle : Würm (matériaux I et II) / Riss (matériau III et IV).

Saint-Quentin : Würm III (matériaux I et II) / Würm II (matériau III).

Les résultats ont été décevants, et ne nous ont pas poussé à poursuivre dans cette voie, étant donné le but essentiel de notre travail.

#### Série de Marle :

- I : *Betula* (1) *Fougère trilete* (1). *Selaginella radiata* (1) *Helianthemum* (2) *Graminées* (2).
- II : *Pinus* (3) *Alnus* (2) *Corylus* (2) *Ombellifères* (1) *Rosacée*, cf. *Dryas* (1) *Epilobium* (1) *Graminées* (2).
- III : *Pinus* (1) *Helianthemum* (1).
- IV : *Pinus* (1) *Alnus* (1) *Corylus* (1) *Quercus* (1) *Fougère monolete* (1) *Graminées* (1).

#### Série de Saint-Quentin :

- I : *Pinus* (3) *Corylus* (1) *Artemisia* (1) *Plantago* (1) *Graminées* (2).
- II : Pas de pollen décelé.
- III : *Betula* (2) *Pinus* (1) *Corylus* (1) *Fougère trilete* (1) *Ericacées* (1) *Spores de mousses* (9).

---

(\*) Nous remercions très cordialement B. GUILLET du Centre de Pédologie du C. N. R. S. à Nancy pour ces déterminations.

Les pollens sont, pour chaque niveau, en nombre insuffisant pour que des arguments paléoclimatiques puissent être tirés de ces résultats.

Il faut noter que plusieurs facteurs sont très certainement intervenus pour expliquer la présence peu importante ou la faible conservation de pollen dans ces niveaux : érosion des couches superficielles, pH élevé, teneur en  $\text{CaCO}_3$  notable.

### 3.36. SYNTHESE - CONCLUSIONS.

Nous allons tenter de tirer quelques conclusions sur les caractères principaux des sédiments limoneux loessiques du nord du Bassin de Paris.

Une première constatation est la grande hétérogénéité d'aspects de la couverture limoneuse à laquelle nous avons affaire.

Nous pensons que la raison essentielle réside dans la localisation géographique de notre région par rapport au grand domaine d'extension des loess du nord de la France. Nous sommes en effet en limite d'extension à l'est de cette zone, seuls quelques lambeaux résiduels épars se présentant en bordure orientale de l'Ile-de-France.

Cela pourrait justifier d'une part la relativement faible épaisseur des dépôts successifs observés, d'autre part le degré d'altération plus avancé de la majorité d'entre eux, par rapport à ce qui a été décrit ou observé dans les secteurs plus occidentaux. Ces épaisseurs peu importantes ont naturellement provoqué l'apparition de nombreuses interférences d'un niveau à l'autre.

L'ensemble des observations effectuées sur les différentes coupes présentées ainsi qu'au cours des nombreux travaux de cartographie pédologique et géologique, dans des tranchées et à l'occasion de sondages profonds, complétées par de très nombreux résultats analytiques et confrontées avec l'analyse de la littérature existante, nous ont permis de tenter une synthèse pour la région étudiée.

Certains loess sont, sans conteste, d'apport récent, comme la couverture de Picardie, du Marlois et du Soissonnais. D'autres sont vraisemblablement plus anciens, comme en Haute-Brie et en limite nord de notre région.

Les régions concernées par les *limons récents* sont essentiellement d'ouest en est : la *Picardie*, le *Soissonnais* et le *Marlois*.

La *Picardie* présente une couverture limoneuse très continue reposant sur la craie sénonienne, fréquemment par l'intermédiaire de formations à silex. Ce dépôt est caractérisé par une teneur en sable très faible et une épaisseur d'environ 6 à 7 m au maximum.

On y constate la présence d'une couverture d'environ 3 m d'une formation constituant une entité sédimentaire, reposant sur un niveau altéré plus ancien. Le sol de surface présente donc un profil de sol brun lessivé absolument caractéristique, l'ergeron calcaire apparaissant en profondeur. Cependant, la partie inférieure peut présenter localement un petit niveau d'altération intermédiaire, ce niveau étant recalcastrifié par la décarbonatation du loess de couverture. Les minéraux argileux sont

constitués essentiellement de kaolinite, illite, minéraux gonflants, chlorite et vermiculite. L'association Grenat-Epidote-Amphiboles domine très nettement le cortège des minéraux lourds.

Ce dépôt surmonte un matériau qui présente à sa partie supérieure un niveau présentant les caractères pédogénétiques soit d'un horizon d'altération plus ou moins fortement structuré : (B), soit celui d'un horizon argillique modérément développé : B<sub>2</sub>t. Un caractère absolument général de ce niveau est celui d'une recarbonatation manifeste :

- présence de "mycelium" calcaire tapissant les faces structurales de ce sol ancien.
- colmatage des pertuis radiculaires présents.
- apparition de nodules calcaires dans des vides laissés par l'évolution pédogénétique ancienne.

On y note l'absence de chlorite mais une teneur en vermiculite plus importante.

Le *Soissonnais* fait partie de l'Ile-de-France, et est caractérisé par la présence des étages de l'Eocène inférieur. Une couverture loessique recouvre les plateaux et se retrouve localement au niveau de certains replats morphologiques.

Notons que la couverture limoneuse du *Soissonnais* présente une teneur en sable sensiblement plus importante que celle de Picardie, particulièrement sur les premières lignes de crêtes aux abords de la falaise de l'Ile-de-France. L'épaisseur de cette couverture sur plateau est de l'ordre de 5 à 6 m.

Le sol de surface nous montre un profil de sol brun lessivé à sol lessivé à horizon argillique plus puissant qu'en Picardie. La granulométrie un peu plus grossière de ce matériau semblerait justifier, sur la base de nos observations cartographiques, cette évolution légèrement plus accentuée. Là, tout comme en Picardie, nous retrouvons à une profondeur un peu moins importante, d'une part la discontinuité granulométrique, d'autre part la présence d'un niveau constituant soit un horizon (B), soit un horizon Bt d'accumulation ; une recarbonatation de ce niveau semble également liée à l'élimination du calcaire du loess le plus récent. Il n'est cependant pas rare, en *Soissonnais*, d'observer une décarbonatation complète du loess légèrement sableux de couverture.

Les minéraux argileux du manteau superficiel sont assez analogues à ceux observés en Picardie, la chlorite étant cependant moins bien représentée, et disparaissant dans la partie nord aux abords de la falaise d'Ile-de-France. Dominés par les ubiquistes, les minéraux lourds contiennent cependant une quantité assez importante de minéraux de métamorphisme.

La zone sud de la région se raccorde progressivement aux formations de Haute-Brie par les transitions de l'*Orxois* et du *Tardenois*.

Le *Marlois*, quant à lui, semble constituer l'extension est des formations de Picardie. Une couverture limoneuse relativement pure recouvre soit la craie plus ou moins en place, soit des formations à silex. On passe progressivement d'ouest en est des dépôts typiquement picards à des niveaux représentés sur des épaisseurs moins importantes, et entièrement décarbonatés.

Un sol brun lessivé caractérise le matériau supérieur qui passe, par l'intermédiaire ou non d'une couche hétérogène de transition, à un sédiment plus argileux présentant quelques traces de rubéfaction et des caractères d'horizon argillique.

La fraction fine contient de la kaolinite, de l'illite, de la vermiculite et des interstratifiés gonflants en surface, tandis que le sol enfoui voit disparaître la vermiculite au profit d'édifices gonflants. Les minéraux lourds ubiquistes sont relativement moins importants dans les fractions sableuses fines, le caractère le plus intéressant étant la présence de Grenat et de Tourmaline.

Les différences importantes observées entre les horizons diagnostiques enfouis, d'une part de Picardie et du Soissonnais, d'autre part du Marlois, nous font penser que les paléosols observés dans les deux régions naturelles font partie du cycle du loess récent, celui plus rouge et nettement plus argileux du Marlois faisant partie du cycle du loess ancien, niveau supérieur.

La *Thiérache* possède une couverture limoneuse d'épaisseur généralement moindre que dans les autres régions, mais pouvant cependant atteindre plusieurs mètres, comme dans la partie nord. Ce limon repose soit sur un cailloutis à silex surmontant les formations du crétacé, soit directement sur les assises géologiques en place.

Le recouvrement supérieur repose entre 1,5 et 2,5 m sur un niveau plus argileux présentant des caractères de pédogenèse parfois avancés : panachage par hydromorphie ou phénomènes d'illuviation matérialisés par des revêtements argileux brun à brun rougeâtre. Nous avons vu que le contact entre ces deux dépôts pouvait localement contenir une certaine quantité de matière organique. Les argiles du matériau supérieur contiennent de l'illite, de la kaolinite, de la vermiculite et des minéraux gonflants. Les minéraux lourds présentent une répartition assez analogue à celle de l'Ardenne, avec une dominance assez nette des minéraux ubiquistes.

Le niveau de paléosol enterré est marqué par l'absence de vermiculite et la dominance de minéraux gonflants, d'une manière analogue à ce que nous avons enregistré dans le Marlois pour les couches correspondantes.

Les limons plus *anciens* se répartissent essentiellement en *Brie et Haute-Brie*, ainsi que d'une manière moins importante dans la zone septentrionale de la bordure des *Ardennes*.

La *Brie et la Haute-Brie* présentent, en substrat, la succession des assises de l'Eocène moyen à supérieur, et de l'Oligocène inférieur. Les plateaux constituent une surface d'érosion façonnée au niveau des formations de l'Oligocène ; ces plateaux portent une couverture limoneuse fortement altérée, épaisse de 4 à 6 m environ, et liée à une hydromorphie importante.

Une discontinuité se présente fréquemment aux environs de 2 m, peu marquée cependant. Un sol lessivé dégradé hydromorphe est développé dans la couche de surface, tandis qu'en profondeur apparaissent des caractères pédologiques liés à d'anciens horizons B, sans que l'on puisse cependant y distinguer d'horizon diagnostique bien net.

La fraction argileuse contient, à côté de kaolinite et d'illite plus ou moins bien représentées, une grande quantité d'édifices 2/1 gonflants, probablement fortement interstratifiés. Dans les minéraux lourds, on constate la présence de Tourmaline et d'assez nombreux ubiquistes, ainsi qu'une augmentation des minéraux de métamorphisme du nord au sud de la région.

L'extrémité sud-est, en transition vers la Brie proprement dite montre la présence locale de lambeaux limoneux plus récents comme celui mis en évidence à la carrière du Tillet. Des paléosols très anciens et fortement développés ont pu être observés dans cette dernière coupe.

L'*Ardenne* est caractérisée quant à elle par le socle primaire constituant une plate-forme d'érosion caractéristique. La couverture limoneuse que l'on peut observer est d'épaisseur variable, généralement relativement peu épaisse : 1,5 à 4 m. Il s'agit d'une manière générale de limons paraissant anciens mais ayant fréquemment subi des déplacements et redistributions importants. Une discontinuité plus ou moins bien caractérisée dissocie ici également deux dépôts principaux. Le matériau le plus profond présente quelques caractéristiques pédogénétiques.

La texture de ces formations est particulièrement limoneuse pure, la quantité de sable étant très faible. Les minéraux argileux comprennent essentiellement de la kaolinite, de l'illite et des interstratifiés gonflants du type montmorillonite. Les ubiquistes dominent largement le cortège des minéraux lourds, bien qu'une influence de l'association Grenat-Epidote-Hornblende soit évidente.

Il faut remarquer que sur la totalité de la superficie du domaine étudié existent en surface des dépôts qui ont subi l'action de pédogénèses ayant agi sous des conditions de milieu différentes de celles régnant actuellement. Ils se retrouvent soumis aux influences présentes, ayant été remis à jour ou ramenés à faible profondeur, ou encore redistribués en surface par les phénomènes d'érosion. De nombreuses interférences entre caractères pédogénétiques plus ou moins anciens ou actuels peuvent donc bien évidemment s'y présenter.

Leur étendue principale est située, comme nous l'avons vu, dans le nord-est de la région étudiée : Thiérache et bordure des Ardennes.

En conclusion, nous pouvons constater une convergence satisfaisante entre les arguments morphologiques et analytiques que nous avons utilisés pour la caractérisation de la couverture limoneuse loessique du nord du Bassin de Paris.

Les matériaux limoneux auxquels nous avons affaire sont d'une manière générale plus argileux que ceux des régions situées plus à l'ouest et plus au nord (*Malycheff*, 1932 - *Joret*, 1932 - *Malterre*, 1946 - *Tavernier*, 1946 - *Bordes*, 1954 - *Manil*, 1958 - *Vandamme et al.*, 1965 - *Lautridou*, 1968) ; l'hypothèse d'un éloignement plus important du lieu d'origine pourrait être valablement avancée. Au demeurant, une certaine unité pétrologique : granulométrie, minéralogie, semble marquer cette distribution d'ouest en est et du nord-nord-ouest au sud-sud-est.

Cependant, la partie sud de la région étudiée, appartenant au centre du Bassin de Paris, montre une importance assez grande de l'influence des substrats locaux, comme divers auteurs l'avaient mis en évidence auparavant dans ce même secteur, ou dans des domaines limoneux voisins (*Duplaix et Malterre*, 1946 - *Malterre*, 1946 - *Manil*, 1958).

Si l'origine dominante des formations limoneuses qui nous occupent nous paraît donc effectivement éolienne (*Tavernier*, 1948 - *Bordes*, 1954 - *Lautridou*, 1968/1970), il convient de ne pas négliger l'importance parfois très grande de l'intervention de remaniements et redistributions régionales par lesquels sont intervenus des éléments en provenance des diverses formations sédimentaires locales ou voisines. Ceci correspondrait, au moins partiellement aux conceptions exprimées par *Berg* (1960) et *Guerassimov* (1969).



En ce qui concerne la stratigraphie, l'ensemble de nos observations nous amènent à nous rattacher aux notions avancées par *Tavernier* (1948), *Bordes* (1954), *Tavernier* et de *Heinzelin* (1957) : existence de deux cycles principaux de sédimentation loessique, le plus récent se décomposant en trois stades successifs.

La répartition géographique des différentes formations limoneuses que nous avons définies vient d'être décrite et correspond sensiblement aux hypothèses avancées précédemment par *A. Cailleux* (1954) et *J. Tricart* (1956).

✱

✱

✱

### 3.4. PALEOSOLS SUR LOESS DE LA REGION ETUDIEE

Le problème des sols enfouis, hérités, fossiles, des *paléosols*, a souvent été évoqué lors des études consacrées aux matériaux loessiques.

Notre étude nous a permis d'observer un nombre assez important de ces niveaux, et nous allons rendre compte ci-dessous, de manière succincte, des caractéristiques fondamentales des principaux d'entre eux, sur la base des éléments du chapitre précédent.

La connaissance de ces paléosols qui échappent actuellement à un grand nombre des mécanismes de la pédogenèse actuelle est importante à plusieurs points de vue. Tout d'abord ces formations constituent en quelque sorte des matériaux originels particuliers lorsque des phénomènes d'érosion provoquent leur réapparition en surface, ils représentent ensuite un point de comparaison intéressant avec les sols actuels, ils permettent enfin de pouvoir comparer les caractères d'évolution actuels et anciens.

Les données qui suivent permettront d'autre part l'élaboration d'une synthèse et des possibilités de corrélations interrégionales.

Les types de sols représentés par des profils complets ont dû, lors des cycles d'érosion plus ou moins intenses, être généralement fortement perturbés. Il apparaît de ce fait évident que dans la majorité des cas, seules les couches les plus résistantes ont eu éventuellement la possibilité de se maintenir.

Dans les matériaux limoneux, de nombreux niveaux appartenant à des paléosols constituent des horizons Bt illuviaux, ou des horizons d'altération du type "lehm". Les sols originaux ont donc été plus ou moins fortement tronqués, souvent avec ravinement ou décapage important au niveau du B<sub>2t</sub> ou du B<sub>3</sub>.

Certains sont brun jaunâtre, d'autres présentent de la rubéfaction, parfois assez superficielle, uniquement liée à des revêtements argileux, parfois plus intensément dans la masse. Des caractères d'hydromorphie sont assez fréquents : taches d'oxydo-réduction dispersées ou panachage intense.

Des niveaux particulièrement riches en matière organique ont également été décelés, essentiellement en Europe Centrale.

A partir des nombreuses études effectuées jusqu'à présent, quelques données semblent assez générales.

- Paléosols des loess du cycle récent : aucune rubéfaction marquée n'a semble-t-il jamais été décelée. Ont été mentionnés fréquemment : des couches constituant des (B) ou Bt, des horizons organiques, des niveaux correspondant à des sols développés sous climat froid.

- Paléosols datés Riss : ce sont des sols à B plus ou moins rougeâtres, où la rubéfaction est souvent limitée aux revêtements superficiels enrobant les agrégats. Parfois cependant, on peut également l'observer dans la masse. Il semble que ce soit un climat chaud et humide à saison sèche légèrement marquée qui soit à l'origine de ces développements.

D'une manière générale, les niveaux sont assez lourds et bien structurés ; certains correspondent aux "fendillés" souvent décrits.

- Paléosols supposés *Mindel* : ils sont généralement assez fortement rubéfiés et présentent d'assez nombreux revêtements. Souvent panachés de gris, marbrés, ils correspondraient à un sol forestier très développé. Le climat qui aurait présidé à leur formation serait un climat nettement plus chaud et plus humide que celui régnant actuellement, avec cependant une saison sèche assez importante. La teneur en argile y est assez élevée, parfois de l'ordre de 40 à 50 %.

- Le problème des *niveaux de nodules et concrétions* ferromagnétiques fréquemment observés en liaison avec des cailloutis de base, souvent de dimensions assez importantes et relativement indurées, est certainement très important. Il s'agit le plus souvent de concrétions romaniées et redistribuées, c'est-à-dire héritées d'une pédogenèse plus ancienne que celle qui affecte ou qui a affecté le matériau qui les englobe ou qui les surmonte.

- Certains paléosols du type *chernozem*, ou présentant des caractéristiques proches de ces types de sol ont été notés. Des traces en ont été mentionnées en France à la base du loess récent I.

### 3.41. PRINCIPAUX PALEOSOLS OBSERVES SUR LOESS

Certains paléosols observés correspondent à l'un ou l'autre des stades de la séquence d'évolution sur loess que nous avons esquissée plus haut, souvent parmi les plus évolués. D'autres paraissent avoir subi l'influence de processus liés à des conditions de genèse différentes. Rappelons cependant qu'il y a lieu d'être prudent lorsqu'on tente un parallélisme entre stades d'évolution actuels et anciens, compte tenu de l'intervention d'une diagenèse parfois importante sur les niveaux enfouis (*Guerassimov - 1969*).

L'action des principaux mécanismes suivants a pu être mise en évidence : - altération et illuviation plus ou moins importantes - ferruginisation - hydromorphie - gel, liés aux climats glaciaires et périglaciaires - solifluxion, correspondant à des conditions péri- ou tardiglaciaires.

Nous allons présenter succinctement les caractéristiques essentielles des types de paléosols que nous avons pu observer.

#### 3.41.1. MORPHOLOGIE

Pour préciser les caractères et les propriétés des paléosols étudiés, nous allons prendre quatre exemples typiques. Le choix effectué se justifie, soit parce qu'il s'agit de matériaux relativement bien datés, soit parce que possédant des caractères bien définis d'ancienneté.

Nous traiterons successivement des caractéristiques de paléosols correspondant aux parties supérieure et inférieure du *cycle du loess récent* et de même pour le *cycle du loess ancien* (*F. Bordes - 1954-1969*).

##### - CYCLE RECENT - PARTIE SUPERIEURE.

La majorité de la couverture limoneuse récente du nord de la France présente un développement de *sol brun lessivé* caractéristique, dont la partie inférieure du solum est généralement constituée par un "lehm", un niveau de loess décarbonaté ou, plus rarement, un loess calcaire.

Nous avons vu que sous ce recouvrement on observe, à profondeur variable, un matériau plus ancien présentant les caractères pédogénétiques soit d'un horizon (B), soit d'un horizon argillique B<sub>2t</sub>. Un caractère général de ce niveau est celui d'un enrichissement en calcaire secondaire, probablement dû à la décarbonatation du loess de couverture.

Ce niveau, de texture limono-argileuse, brun jaune à brun franc : 10 YR 5/6 à 7,5 YR 5/6, présente une structure polyédrique à lamellaire, parfois reprise dans une structure prismatique moyenne de plus en plus grossière vers le bas. Des revêtements argileux peuvent être présents sur les faces structurales, ils sont généralement fins et discontinus.

Il s'agirait donc ici du "lehm" du loess récent II de F. Bordes, correspondant au Würm II.

Nous donnons ci-après les caractéristiques moyennes observées pour ce niveau dans le nord du Bassin de Paris.

II (B)<sub>2</sub> tb      Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Oxydation légèrement marquée - Structure polyédrique angulaire moyenne modérément développée, à lamellaire ; localement tendance squameuse - Assez compact - Peu plastique - Mycelium calcaire sur les faces structurales, avec revêtements argileux fins et discontinus : 7,5 YR 4/4 - Pertuis radiculaires avec gaines extérieures calcaires et remplissage central argileux de couleur brune : 7,5 YR 5/4 à brun rougeâtre : 5 YR 5/4 - Ferme - Limite distincte et ondulée.

II B<sub>3</sub> b      Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 6/6 - Quelques nodules ferromanganiques, légèrement indurés - Structure lamellaire, légèrement squameuse, faiblement développée - Ferme - Mycelium calcaire dans les pertuis recouverts d'une fine pellicule argileuse brune : 7,5 YR 5/4 - Limite distincte et ondulée.

II B/C      Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 6/6 - Quelques taches et nodules ferromanganiques légèrement indurés - Structure lamellaire faiblement développée, reprise dans une structure prismatique grossière - Mycelium calcaire important, localement légèrement induré - Certains pertuis sont en partie colmatés - Petits lits de concrétions calcaires : "poupées" de 3 à 5 mm d'épaisseur, assez fortement indurés.

#### - CYCLE RECENT - PARTIE INFÉRIEURE.

Les limons appartenant à ce niveau se retrouvent au nord et au centre du Bassin de Paris. Ils sont surmontés par une couverture récente présentant un degré d'évolution relativement peu important, et d'épaisseur variant entre 80 cm et 150 cm.

L'évolution de ces sols plus anciens correspond à un stade proche de la dégradation, et présentent d'assez nombreuses taches d'hydromorphie. Plus lourds que les précédents, limono-argileux à argilo-limoneux, ils sont toujours de couleur brun-jaune : 10 YR, et possèdent une structure polyédrique angulaire à subangulaire modérément développée. Des taches de limon appauvri en argile et en fer apparaissent sur les agrégats, tandis que des revêtements argileux plus ou moins épais et fréquemment partiellement déferriés peuvent se présenter.

D'autre part, nous avons pu observer en un seul endroit la présence d'un niveau plus noir, légèrement organique et à structure du type lamellaire, à la base du sol que nous venons d'évoquer.

Nous serions donc ici en présence du "lehm" du loess récent de F. Bordes, correspondant au Würm I.

Voici les données caractéristiques de ce niveau pour la région que nous avons étudiée.

- II B<sub>2</sub> tb      Argile limoneuse - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Quelques taches ferromanganiques -  
Assez nombreuses taches d'oxydation, brun franc : 7,5 YR 5/8 localisées suivant des  
fentes verticales, et en auréoles entourant des zones de réduction de faible importance,  
gris pâle : 5 Y 7/1 - Structure polyédrique angulaire fine, bien développée -  
Friable - Revêtements modérément épais et continus, brun franc : 7,5 YR 4/4 -  
Traces de dégradation plus ou moins nettes sur les faces de certains agrégats - Limite  
graduelle et régulière.
- II B<sub>3</sub>      Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Nombreuses petites taches Fe - Mn -  
Quelques taches d'oxydation peu contrastées, brun franc : 7,5 YR 5/8 et réduites  
gris pâle : 5 Y 7/1 - Structure lamellaire moyenne, assez bien à modérément  
développée, reprise dans une structure prismatique grossière - Revêtements argileux  
sur les faces verticales - Limite diffuse et régulière.
- II C<sub>1</sub>      Limon argileux, Brun jaune : 10 YR 5/8 - Taches ferromanganiques assez nombreuses -  
Plages oxydées brun franc : 7,5 YR 5/8 et plages réduites gris pâle : 5 Y 7/1 -  
Structure lamellaire grossière, faiblement développée - Ferme.

- CYCLE ANCIEN - PARTIE SUPERIEURE.

Les paléosols de la limite cycle récent / cycle ancien peuvent présenter des aspects relativement différents selon les régions où ils sont observés.

Une caractéristique générale est la couleur brun-rougeâtre de la majorité d'entre eux : 7,5 YR vers 5 YR. La structure peut être soit polyédrique angulaire plus ou moins bien développée, soit à tendance prismatique assez nette, ce qui leur confère fréquemment un aspect "fendillé" assez caractéristique en période de sécheresse.

Tous possèdent généralement des traces de phénomènes d'oxydo-réduction, mais à des degrés très divers : simples taches plus ou moins contrastées réparties dans la masse du matériau, ou "marmorisation" intense le long des faces structurales ou d'anciens canaux racinaires. Les phénomènes de rubéfaction affectent le plus souvent essentiellement les revêtements argileux.

Nous avons donc affaire ici au grand "lehm" interglaciaire ou "limon rouge fendillé" des auteurs.

Les caractéristiques présentant certaines variations entre le nord et le sud du Bassin de Paris nous décrirons successivement un paléosol de ce niveau observé en Thiérache (Nord), ensuite un autre typique de la Haute-Brie (Sud).

- Thiérache -

- III B<sub>2</sub> tb      Argile limoneuse - Brun franc à ocre rouge : 7,5 YR 5/7 à 5 YR 5/6 - Structure  
prismatique très grossière, bien développée ; sous structure polyédrique angulaire  
moyenne - Revêtements argileux fins et continus, brun : 7,5 YR 5/4 - Assez  
ferme - Limite graduelle et régulière.
- III B<sub>3</sub>      Argile limoneuse à limon très argileux - Brun franc à ocre rouge : 7,5 YR 5/6 à 5 YR  
5/6 - Structure prismatique grossière modérément à faiblement développée - Revê-  
tements argileux modérément épais et continus, brun : 7,5 YR 5/4 - Assez ferme -  
Limite graduelle et régulière.

III B/C Limon argileux à argile limoneuse - Brun franc : 7, 5 YR 5/6 à 5/8 - Structure assez massive avec faces verticales de dissociation - Présence de revêtements argileux fins et assez continus sur les faces structurales, brun : 7, 5 YR 5/4 - Assez ferme.

- Haute-Brie -

YR

III B<sub>21</sub> tb Argile limoneuse - Brun franc à ocre rouge : 7, 5<sup>1</sup>5/6 à 5 YR - Quelques nodules ferromanganiques - Nombreuses taches d'oxydo-réduction, modérément contrastées, ocre rouge : 5 YR 5/8 et gris olive à gris verdâtre pâle : 5 Y 6/2 à 5 GY 7/1 - Structure polyédrique subangulaire fine, assez bien développée - Revêtements argilo-ferriques ocre rouge : 5 YR 4/8, sur une grande partie des faces de structure - Ferme - Limite graduelle et régulière.

III B<sub>22</sub> tb Argile limoneuse - Matrice brun franc : 7, 5 YR 5/6 - Très nombreuses taches d'oxydo-réduction brun franc à ocre brun : 7, 5 YR 5/8 à 6/6, et gris olive pâle à gris verdâtre pâle : 5 Y 6, 5/2 à 5 GY 7/1 - Structure polyédrique angulaire moyenne, assez bien développée, et lamellaire moyenne modérément développée localement - Revêtements argilo-ferriques ocre rouge à brun franc : 5 YR 4/8 à 7, 5 YR 5/6 - Ferme - Compact - Limite graduelle et régulière.

III B<sub>3</sub> Argile limoneuse à limon argileux - Matrice brun jaune à jaune clair : 10 YR 5/8 à 2, 5 Y 8/6 - Quelques petits nodules ferromanganiques - Taches d'oxydo-réduction à orientation verticale, brun franc à brun jaune clair : 7, 5 YR 5/8 à 10 YR 6/8, et gris pâle à gris verdâtre pâle : 5 Y 7/1 à 5 GY 7/1 - Structure lamellaire fine à moyenne bien développée, reprise dans une structure prismatique grossière modérément développée - Revêtements argilo-ferriques fins et discontinus sur les faces verticales de structure, brun franc à brun foncé : 7, 5 YR 5/6 à 4/4 et ocre rouge : 5 YR 4/8 - Revêtements très ferriques sur les faces horizontales - Ferme.

- CYCLE ANCIEN - PARTIE INFÉRIEURE.

Ces niveaux ne sont observés qu'en d'assez rares endroits. Très argileux, ils semblent correspondre à une altération importante, et sont fréquemment assez rubéfiés : 5 YR ; cependant, des zones plus jaunâtres peuvent être présentes. La structure est le plus souvent grossièrement prismatique, avec revêtements argileux sur les faces structurales, ou englobés dans la matrice ; les phénomènes d'hydromorphie y sont pratiquement toujours fortement développés.

Voici ci-dessous les caractéristiques d'un paléosol très net de la base du cycle ancien, prélevé à la carrière du Tillet, et qui selon les auteurs (F. Bourdier - 1967, F. Bordes - 1969) serait daté de la base du Riss ou du Mindol.

IV B<sub>21</sub> tb Argile limoneuse - Matrice masquée par oxydo-réduction ocre brun : 7, 5 YR 6/8 et gris à gris pâle : 5 Y 6/1 à 7/1 - Structure polyédrique angulaire très fine à fine, assez bien développée - Très ferme - Revêtements argilo-ferriques ocre rouge : 5 YR 5/8, modérément épais et assez continus sur les faces structurales - Limite graduelle et régulière.

IV B<sub>22</sub> tb Argile limoneuse lourde - Matrice masquée par oxydo-réduction brun franc : 7, 5 YR 5/8 et gris : 5 Y 6/1 - Structure polyédrique angulaire fine, assez bien développée - Ferme - Revêtements argilo-ferriques brun franc : 7, 5 YR 5/6, sur la majorité des faces de structure - Limite graduelle et régulière.

IV B<sub>23</sub> t Argile limoneuse - Matrice masquée par oxydo-réduction brun franc : 7, 5 YR 5/8 et gris à gris pâle : 5 Y 6, 5/1 - Structure polyédrique angulaire très fine, assez bien développée, à lamellaire moyenne assez bien développée - L'oxydo-réduction semble se marquer par bandes horizontales - Ferme - Revêtements argilo-ferriques : 7, 5 YR 5/4 ; très ferriques sur les faces horizontales.

### 3.41.2. MICROMORPHOLOGIE

Nous avons repris dans un tableau synthétique la description succincte des quatre niveaux présentés.

Le Squelette, toujours assez homogène, est dominé par les fractions limoneuses. On constate une diminution très sensible des altérables en fonction de l'ancienneté, ce qui correspondrait à un degré d'altération de plus en plus important.

Le Plasma, le plus souvent argile-ferrugineux, peut présenter dans les faciès les plus anciens un aspect très riche en fer. Certaines plages moins ferrugineuses s'observent dans le niveau supérieur du cycle récent, tandis que de nombreuses ségrégations parfois très rouges imprègnent un fond matriciel de couleur brun à brun rouge dans le paléosol le plus ancien. Un caractère général est donc l'hétérogénéité souvent très importante du plasma.

Les séparations plasmiques sont généralement très nombreuses, et appartiennent essentiellement aux types squelettepique et masépique, la présence de vosépique, insepique ou bimaspépique étant mentionnée, ce dernier type dans le niveau le plus altéré. Les assemblages plasmiques y sont toujours assez complexes.

La structure de base de ces matériaux, où la teneur en argile est toujours assez importante, peut posséder dans le niveau du cycle ancien un plasma presque aussi important que le squelette, et présente une distribution relative, ou assemblage élémentaire à dominance porphyrique très nette.

Les vides sont de nature et de forme variable, pratiquement toujours du type "méta", excepté pour certaines plages paraissant liées à la dégradation dans la partie inférieure du cycle récent. Pour les plus argileux de ces paléosols, des "joints planes" et "skew planes" paraissent assez caractéristiques ; ces faciès sont vraisemblablement en relation avec une certaine dynamique interne des horizons.

Les caractéristiques pédologiques peuvent prendre des aspects très variés selon la nature et l'intensité des processus ayant joué.

Des cutanes du type ferriargilanes se retrouvent dans tous les niveaux, plus ou moins épais et orientés, parfois associés à des lits de limons fins, à des sesquanes ou manganés.

On peut observer dans le niveau supérieur du cycle récent, d'une part la présence de calcitanes typiques de la recarbonatation de cet horizon, d'autre part celle d'argilanes plus récents issus de l'évolution du sol sus-jacent. La partie inférieure de ce même cycle possède des caractères de sol en voie de dégradation : argilanes jaune clair d'illuviation probablement secondaire.

Le cycle ancien présente une ferruginisation et même localement une rubéfaction typique des cutanes, ainsi que des traces de redistribution d'argiles sous forme de concentrations secondaires jaune clair.

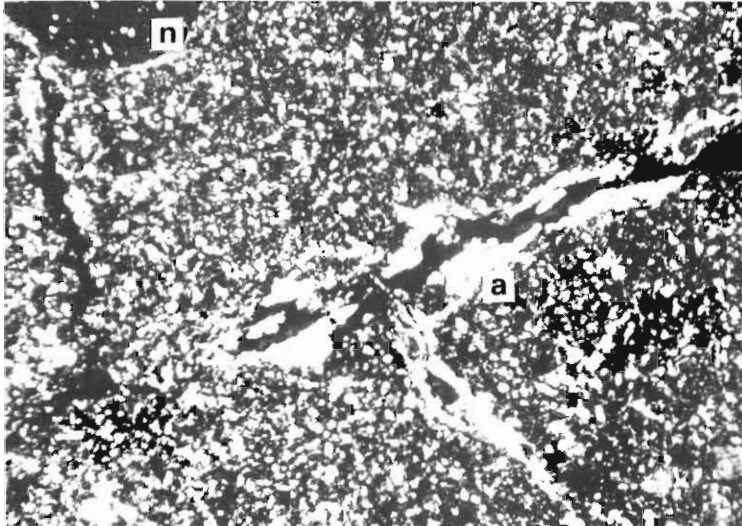
Des glæbules, nodules ou concrétions ferrugineuses ou ferromanganiques, sont assez largement répartis dans ces différentes formations, à limites souvent très nettes dans le cycle récent, beaucoup plus hétérogènes dans le cycle ancien, où ils sont de couleur brun à brun rouge. Cristallites et isotubules sont également représentés.

De nombreux "pedorelicts" sont distribués dans le fond matriciel ; ils sont essentiellement constitués par des fragments de concentrations plasmiques du type ferriargilanes, et par des petits nodules ferrugineux à fond matriciel très indépendant de la matrice qui les englobe, et à limites très nettes.

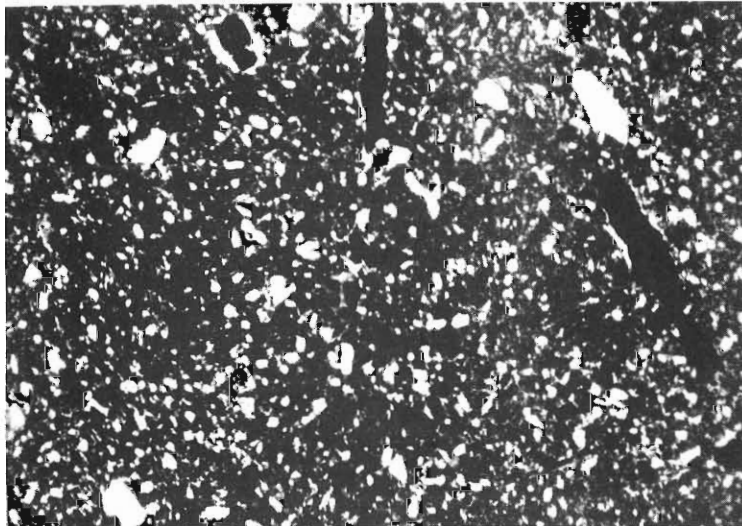
<p style="text-align: center;">NIVEAUX →</p> <p style="text-align: center;">UNITES DE DESCRIPTION</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p style="text-align: center;">CYCLE RECENT</p> <p style="text-align: center;">PARTIE SUPERIEURE.</p>	<p style="text-align: center;">CYCLE RECENT</p> <p style="text-align: center;">PARTIE INFERIEURE.</p>	<p style="text-align: center;">CYCLE ANCIEN</p> <p style="text-align: center;">PARTIE SUPERIEURE.</p>	<p style="text-align: center;">CYCLE ANCIEN</p> <p style="text-align: center;">PARTIE INFERIEURE.</p>
<p><u>S. Matrix</u></p> <p><u>Squelette</u></p> <p><u>Plasma</u></p> <p>Séparations plasmiques</p> <p><u>Assemblages plasmiques</u></p> <p><u>Structure de base</u></p> <p>Assemblage élémentaire</p> <p><u>Vides</u></p> <p><u>Caractéristiques pédologiques</u></p> <p>Orthic. <u>Séparations</u> (v. plasma)</p> <p><u>Concentrations</u></p> <p>Cutanes</p> <p>Glaebules</p> <p>Hérités - <u>Pedorelicts</u></p>	<p>Quartz - Feldspaths - Zircon - Hornblende - Glauconie altérée.</p> <p>Assez homogène - Quelques grains grossiers.</p> <p>Argileux à argilo-ferrique - Assez hétérogène.</p> <p>Sur squelette, près des parois des vides, quelques unes dans la masse.</p> <p>vo-ma-Squelsepique.</p> <p>SK &gt; Pl.</p> <p>Porphyrique.</p> <p>Cavités méta, régulières et irrégulières, "mamillated" - Chenaux méta, simples et anastomosés.</p> <p>Ferriargilanes simples, modérément épais, fortement orientés, sur parois des vides. Quelques argilanes plus récents recouvrant localement les ferriargilanes. Calcitanes : "Normal void calcitans" dans pores, "ped" et "diffusion calcitans"</p> <p>Petits nodules ferriques très distincts, sphériques, à limites très nettes. Nodules plus importants à limites progressives.</p> <p>Fragments de ferriargilanes très orientés repris dans la masse.</p>	<p>Quartz - Feldspaths - Minéraux lourds. Traces de glauconie.</p> <p>Assez homogène.</p> <p>Argilo-ferrique - Hétérogène, plus dense en bordure d'agrégats.</p> <p>Sur squelette, en bandes plus ou moins orientées dans la masse.</p> <p>in-ma-Squelsepique.</p> <p>SK &gt; Pl.</p> <p>Porphyrique.</p> <p>Cavités méta, régulières et irrégulières - Quelques cavités ortho - Chenaux méta, simples.</p> <p>Ferriargilanes simples, modérément épais : "Normal void" et "ped cutans". Ferriargilanes composés, comportant du "silt". Quelques sesquanes et manganés. Quelques argilanes jaune clair.</p> <p>Nodules ferriques à limites nettes. Quelques cristallites. Quelques isotubules.</p> <p>Ferriargilanes fragmentés et redistribués.</p>	<p>Quartz - Quelques feldspaths - Minéraux lourds.</p> <p>Assez homogène avec quelques dominances localement</p> <p>Argilo-ferrique essentiellement - Très hétérogène.</p> <p>Sur squelette et en bandes orientées dans la masse, près des parois des vides.</p> <p>(vo)-ma-Squelsepique.</p> <p>SK &gt; Pl.</p> <p>Porphyrique.</p> <p>Cavités méta, irrégulières - Chenaux méta, anastomosés et dendroïdes - Quelques "joints planes".</p> <p>Ferriargilanes très ferrugineux certains pratiquement rubéfiés, assez fortement orientés : "Normal void" et "ped cutans". Quelques argilanes jaune très clair.</p> <p>Nodules et concrétions ferro-manganiques à limites progressives à nettes. Isotubules assez nombreux.</p> <p>Nombreux fragments de concentrations plasmiques redistribués et englobés dans la matrice : ferriargilanes et glaebules ferriques. Petits nodules relictés à limites très nettes. Blocaux de S. Matrix indépendants, redistribués dans la masse.</p>	<p>Quartz essentiellement - Minéraux lourds.</p> <p>Assez homogène.</p> <p>Argilo-ferrique - Très hétérogène - Très nombreuses ségrégations ferriques rouges à très rouges.</p> <p>Sur squelette et en bandes orientées groupées dans la masse, près des parois des vides.</p> <p>vo-bima-ma-Squelsepique.</p> <p>SK ≈ Pl ; localement SK &lt; Pl.</p> <p>Porphyrique.</p> <p>Cavités méta, irrégulières - Chenaux méta anastomosés ou simples - "joints planes" et "Skew planes".</p> <p>Ferriargilanes très rouges, modérément orientés - "Normal void" - "Channel" et "ped cutans". "Channel" sesquanes et manganés présents. Quelques ferriargilanes plus jaunes.</p> <p>Nodules et concrétions ferriques très nombreux, de teinte brune à rouge intense, à biréfringence modérée. Localement importance très grande de ces ségrégations. Présence d'isotubules.</p> <p>Nombreux fragments de ferriargilanes rouges répartis dans la masse.</p>



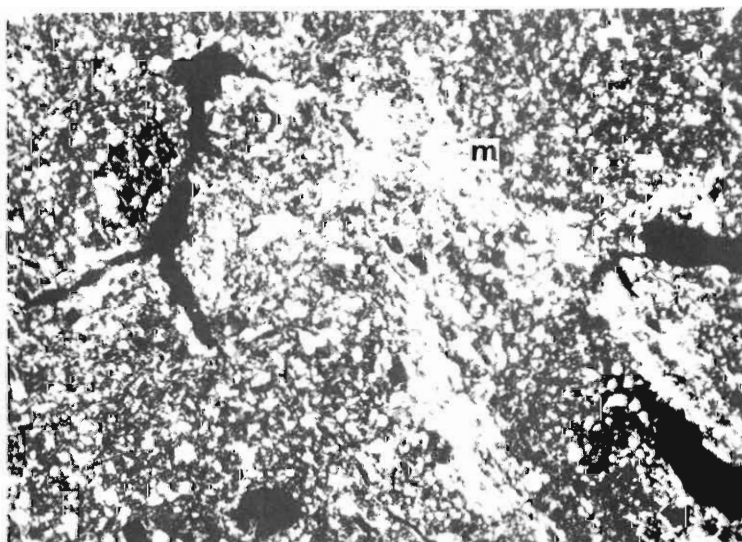




Cycle récent - Supérieur - II B<sub>2</sub> tb -  
 Ferri-argilanes simples ( a ), forte -  
 ment orientés - Nodule ferrique à li-  
 mites très nettes ( n ) - L. P. x 70.

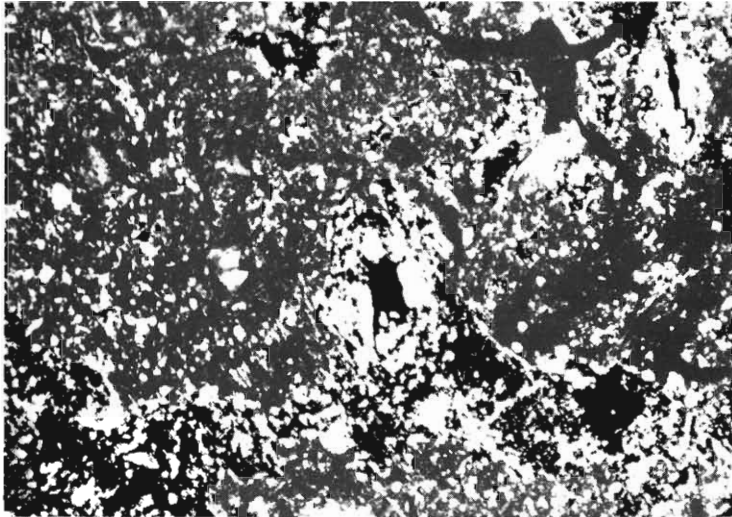


Cycle récent - Inférieur - II B<sub>3</sub> b -  
 Nombreux fragments de ferri-argi-  
 lanes redistribués - Quelques argila-  
 nes jaune clair dans les vides -  
 L. P. x 70.

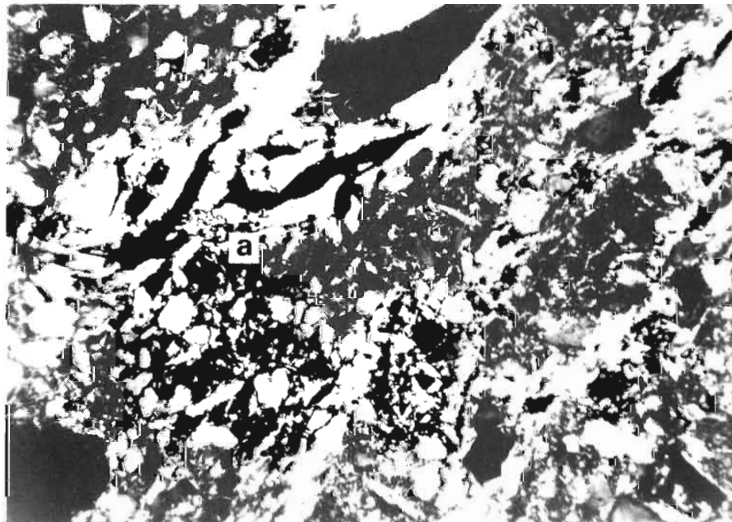


Cycle récent - Inférieur II B<sub>3</sub> b - Noter  
 les nombreuses séparations plasmiques,  
 dont certaines du type masepique ( m )-  
 L. P. x 70.

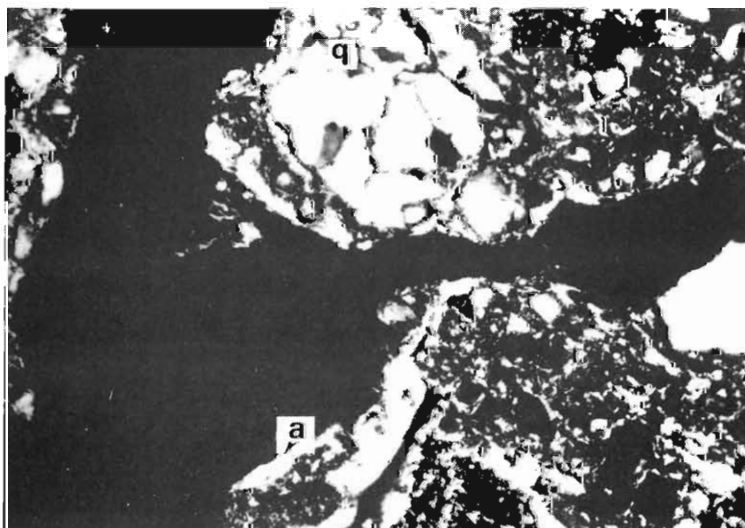




Cycle récent - Inférieur - Horizon III B<sub>3</sub> b -  
Nombreuses ségrégations ferriques - Sépara-  
tions et concentrations plasmiques complexes -  
L. P. x 70.



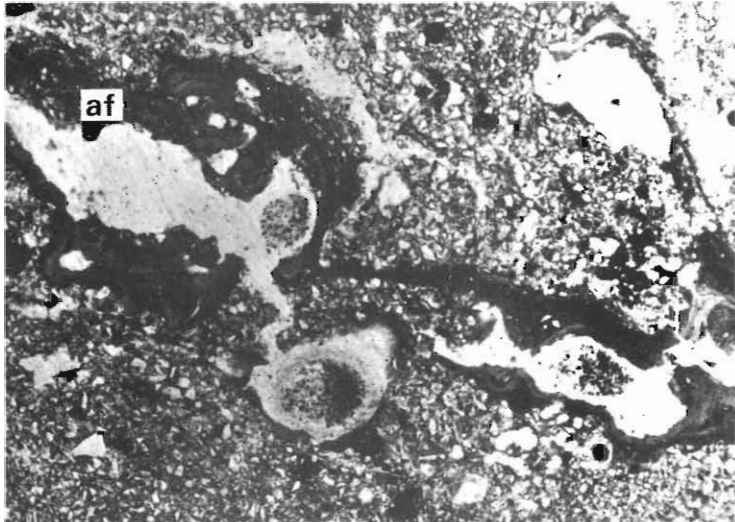
Cycle ancien - Supérieur - Horizon II B<sub>2</sub> tb -  
Fragmentation des ferri-argilanes ( a ) - Assem-  
blage plasmique du type squelsepique et mase-  
pique - Assemblage élémentaire du type porphy-  
rique - L. P. x 80.



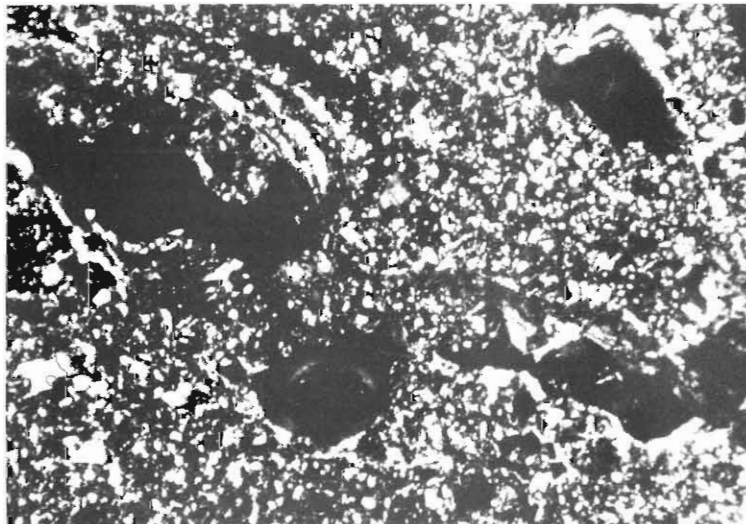
Cycle ancien - Supérieur - Horizon III B<sub>3</sub> b -  
Gros grain de quartz fragmenté ( q ) - ferri -  
argilanes discontinus ( a ) - L. P. x 70.



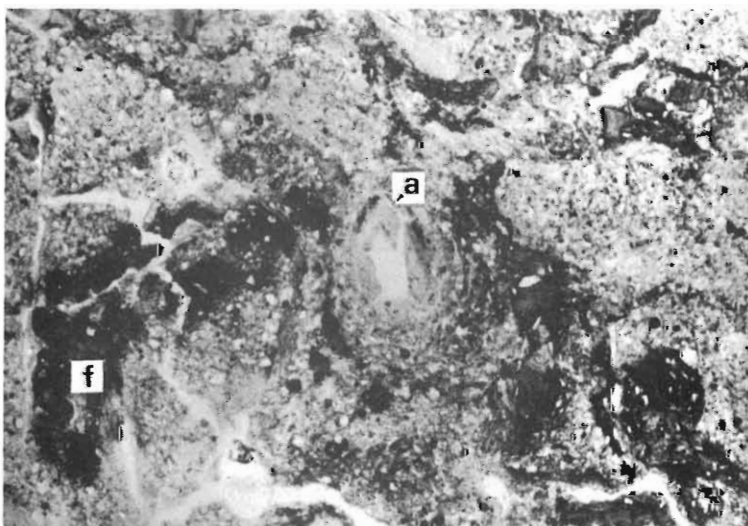
PLANCHE 3



Cycle ancien - Supérieur - III B<sub>22</sub> tb -  
Cutanes composés avec forte individualisation des oxydes de fer ( af ) - Rubéfaction partielle - L. N. x 70.



Id. - L. P. x 70.



Cycle ancien - Inférieur - IV B<sub>22</sub> tb -  
Nombreuses concentrations plasmiques très rubéfiées ( f ) - Quelques ferruginanes plus clairs ( a ) - L. N. x 70.



De petits blocs de dimensions voisines de 500 à 1 000 microns ont été observés dans le niveau supérieur du cycle ancien. Il pourrait s'agir de fragments de sols gelés transportés par solifluxion.

Il est vraisemblable que l'action du gel et des conditions périglaciaires sont parmi les agents les plus importants des remaniements internes observés dans ces différents paléosols.

Les photographies des planches 1, 2 et 3 illustrent ce que nous venons d'exposer.

### 3.41.3. CARACTERISATION ANALYTIQUE

Quelques données analytiques sont fournies dans le tableau ci-après ; elles correspondent aux horizons décrits plus haut. Sur la base de ces résultats, quelques commentaires peuvent être faits.

En ce qui concerne la granulométrie, la différence de teneur en argile entre les cycles récent et ancien est manifeste : 30 % dans le premier, souvent voisine de 40 % dans le second. D'autre part, le premier et le dernier niveaux sont légèrement plus riches en sables ; pour l'un comme pour l'autre, la proximité de formations secondaires sableuses semble en être la cause.

Les valeurs du pH et de la saturation peuvent difficilement être interprétées étant donné l'influence prépondérante des couvertures plus récentes et fréquemment calcaires ou calciques surmontant les paléosols. Notons cependant les pH particulièrement élevés du niveau le plus récent, calcaire, ainsi qu'une diminution relative dans le cycle ancien.

La capacité d'échange de l'argile présente les valeurs moyennes les plus importantes dans le loess le plus récent ; pour les autres elles varient entre 40 et 55 méq.

En ce qui concerne les bases échangeables, les teneurs assez importantes en calcium correspondent vraisemblablement au même processus que celui ayant influencé le pH. Nous enregistrons des teneurs en potassium assez élevées à la partie supérieure du cycle ancien, ainsi que des taux de magnésium notables à la base du cycle récent et dans le paléosol de Haute-Brie, ce qui pourrait correspondre à un degré d'évolution assez poussé.

Les analyses de fer libre montrent des teneurs assez importantes pour l'ensemble des niveaux étudiés, excepté pour le plus récent où elles sont moindres. Le rapport fer libre / fer soluble HCl présente une variation assez analogue, inférieur à 0,50 dans le limon récent, proche ou supérieur à cette valeur dans les autres niveaux, hormis le sol le plus vieux où la teneur importante en fer HCl semble en être responsable. Nous verrons plus loin quelles sont les interprétations possibles de ces données.

Afin de tenter de mettre en évidence une variation du degré d'altération des différents paléosols sur loess observés nous avons effectué une analyse chimique des fractions limoneuses de quelques échantillons représentatifs, avec dosage de K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O et CaO (exprimés en % de l'échantillon) ; nous en présenterons les résultats dans le tableau suivant.



	2-10 $\mu$			10-20 $\mu$			20-50 $\mu$		
	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO
Cycle récent Sup.	2.79	0.89	0.63	2.09	1.35	0.61	1.53	1.20	0.73
Cycle récent Inf.	2.83	0.61	0.18	2.30	0.92	0.38	1.52	0.72	0.38
Cycle ancien.	0.98	0.17	0.15	0.88	0.30	0.18	0.38	0.20	0.10

L'examen de ces données permet de constater tout d'abord que d'une manière générale le potassium est le mieux représenté dans la fraction 2-10  $\mu$ .

Si l'on interprète la variation des teneurs en K, Na et Ca comme un indice de la réserve en minéraux altérables des différentes formations, on constate d'une manière générale une diminution nette de cette réserve en fonction de l'ancienneté, particulièrement marquée entre le cycle récent et le cycle ancien. La rupture importante observée pour K<sub>2</sub>O entre les deux cycles est vraisemblablement due à la résistance particulière des feldspaths potassiques à l'altération.

Les valeurs proches ou inverses de K<sub>2</sub>O entre les parties supérieure et inférieure du cycle récent pourraient s'expliquer par une concentration relative des feldspaths potassiques résistants, du fait de la disparition de certains plagioclases. Ces notions seront traitées de manière plus approfondie dans le chapitre suivant.

#### 3.41.4. MINÉRALOGIE

Des analyses minéralogiques ont été effectuées sur les fractions inférieures à 2 microns des quatre niveaux de paléosols considérés : analyse aux rayons X par diffractométrie et analyse thermique différentielle. Pour rendre plus aisément interprétables les diffractogrammes il s'est avéré indispensable d'effectuer préalablement sur les échantillons un traitement au citrate de sodium (Méthode T. Tamura - 1957).

Nous présentons ci-après les diffractogrammes obtenus sur échantillons ainsi traités, d'abord rendus Mg, ensuite Mg-glycérolés, enfin rendus K (fig. 45).

La comparaison entre les quatre paléosols appelle les commentaires suivants.

La réflexion à 7,2 Å apparaît de plus en plus nettement lorsque l'on passe du loess le plus récent au plus ancien. Celle à 10 Å varie peu, bien que moins bien exprimée dans le paléosol le plus vieux. La réflexion à 14 Å reste toujours bien marquée pour les échantillons Mg, mais présente un étalement progressivement plus important en fonction de l'ancienneté.

Le traitement au glycérol met en évidence, dans les sols du cycle récent, un gonflement avec déplacement vers les distances basales plus grandes : 17 Å, mais également le maintien d'une autre fraction à 14 Å. Dans les paléosols du cycle ancien, ce traitement semble provoquer un gonflement de la totalité des minéraux de 14 Å, particulièrement pour le plus vieux sol pour lequel un maximum assez net apparaît à 17 Å.

	Granulométrie ( $\mu$ )					Ca CO <sub>3</sub>	pH H <sub>2</sub> O	C.E.C. 0-2 $\mu$	Bases échangeables (méq.)				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
	0-2	2-10	10-20	20-50	>50				Ca	Mg	K	Na	Lib.	HCl	Rapt.
CYCLE RECENT - SUPERIEUR															
II (B) <sub>2</sub> tb	29.6	9.9	14.0	34.4	10.9	6.4	8.0	60	31.8	1.85	0.20	0.10	1.74	3.78	46
II B <sub>3</sub> b	29.9	9.1	12.5	34.0	13.5	1.2	8.0	56	27.8	1.50	0.20	0.11	1.94	4.04	48
II B/C	28.2	9.2	14.9	36.2	8.1	0.9	7.9	50	23.6	1.26	0.24	0.09	1.73	3.53	49
CYCLE RECENT - INFÉRIEUR															
II B <sub>2</sub> tb	31.3	9.5	16.8	38.5	3.9		7.0	44	14.8	1.6	0.26	0.05	2.43	4.87	50
II B <sub>3</sub>	29.8	10.0	16.5	40.1	3.6		7.0	40	13.4	2.5	0.26	0.05	2.10	3.90	54
II C <sub>1</sub>	28.0	10.8	16.5	41.2	3.5		6.8	47	13.2	2.9	0.30	0.04	2.16	3.90	55
CYCLE ANCIEN - SUPERIEUR															
<i>Thiérache</i>															
III B <sub>2</sub> tb	39.1	8.1	12.2	31.8	8.8		7.3	46	18.7	1.1	0.40	0.11	2.26	4.78	47
III B <sub>3</sub>	35.1	8.2	11.4	36.3	9.1		7.2	51	18.7	1.3	0.41	0.11	2.19	4.29	51
III B/C	35.0	8.2	12.2	34.3	10.3		7.1	53	19.0	1.5	0.43	0.11	1.86	3.72	50
<i>Haute-Brie</i>															
III B <sub>21</sub> tb	42.6	10.0	14.2	29.8	3.4		6.4	41	16.2	3.2	0.31	0.05	3.00	4.70	71
III B <sub>22</sub> tb	39.3	8.4	16.7	33.6	2.0		6.7	40	16.5	3.6	0.35	0.06	2.80	4.66	60
III B <sub>3</sub>	30.0	10.8	15.8	42.7	1.7		6.5	56	15.5	3.0	0.30	0.05	2.02	3.48	58
CYCLE ANCIEN - INFÉRIEUR															
IV B <sub>21</sub> tb	42.8	10.1	10.1	25.5	11.5		6.5	47	24.8	1.9	0.25	0.55	2.50	5.18	48
IV B <sub>22</sub> tb	51.2	7.5	6.7	20.1	14.5		6.5	40	25.6	2.0	0.23	0.54	2.53	5.40	47
IV B <sub>23</sub> t	45.3	6.8	8.4	24.9	14.6		5.5	44	20.8	2.3	0.25	0.54	2.32	4.78	48



- PALEOSOLS -

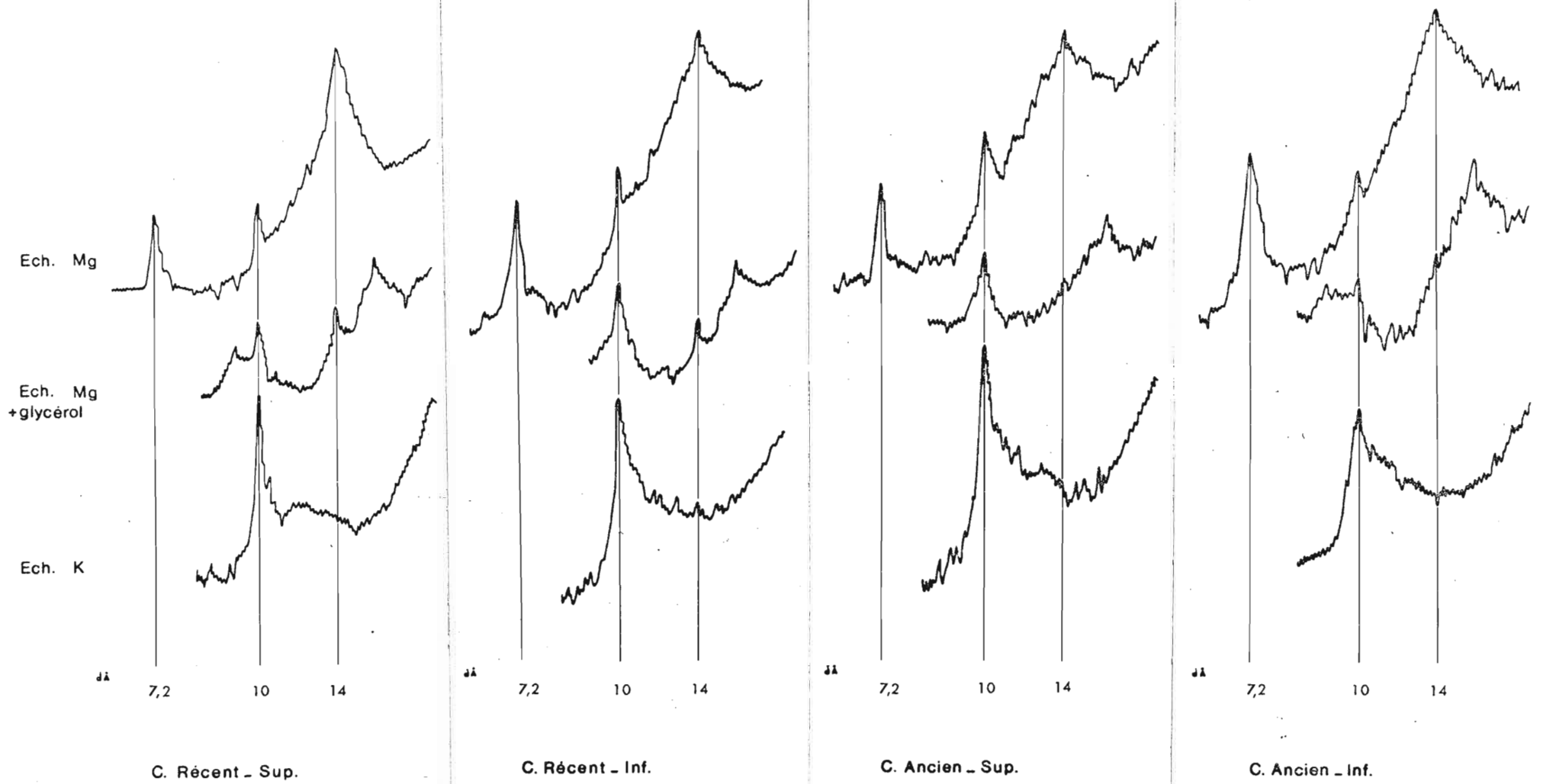


Fig. 45



D'autre part, le traitement K permet d'observer une fermeture des minéraux argileux de moins en moins nette vers 10 Å, en fonction de l'ancienneté.

La présence de kaolinite paraît donc générale, et un peu plus importante semble-t-il dans le sol le plus vieux. L'illite est représentée dans les différents paléosols, mais se différencie moins bien à la partie inférieure du cycle ancien. Un minéral de type vermiculite apparaît nettement dans les paléosols du cycle récent, tandis que la teneur en une argile du type montmorillonite est de plus en plus importante lorsque l'on passe du paléosol le plus récent au plus ancien, où elle semble être franchement dominante.

L'examen de ces analyses minéralogiques, confronté avec l'ensemble des autres données permet de penser que l'évolution du loess au cours du Quaternaire n'a pas amené de modification fondamentale dans la constitution minéralogique des argiles, mais une certaine transformation progressive mais nette des édifices 2/1 : vermiculitisation et formation de minéraux gonflants. Nous reviendrons sur ces notions en cours d'étude.

### 3.42. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Nos travaux d'inventaire détaillé dans le nord de la France nous ont permis d'observer un nombre important de sols et paléosols développés sur loess. Il nous a été possible d'en établir une chronologie relative et de sélectionner les plus typiques et représentatifs d'entre eux.

La grande majorité des paléosols sur loess observés constituent des horizons Bt illuviaux ou argilliques, ou des horizons d'altération du type "lehm". Une caractéristique générale est donc la part très importante prise par les processus d'illuviation dans la formation de ces différents sols dont la partie supérieure a pratiquement toujours été éliminée par l'action des différents facteurs de l'érosion.

De l'ensemble des données que nous avons exposé, un certain nombre d'hypothèses peuvent être introduites.

Le degré d'altération des paléosols du cycle récent paraît relativement peu important : une quantité notable de minéraux altérables sont encore présents dans les fractions limoneuses, tandis que la teneur en argile ne dépasse guère 30 %. L'évolution minéralogique est marquée essentiellement par le développement d'un processus de vermiculitisation bien exprimé dans les deux paléosols décrits.

Le niveau supérieur présente des traces nettes d'illuviation, sans phénomènes d'hydromorphie marqués, il correspond à un Bt de sol brun lessivé.

Le niveau inférieur présente, quant à lui, certaines caractéristiques évolutives qui font penser à une dégradation naissante : plages dépourvues de plasma, revêtements complexes, traces d'hydromorphie parfois assez accentuées ; il pourrait correspondre à un horizon d'accumulation en voie de dégradation lors de son enfouissement par les dépôts postérieurs. D'autres auteurs, Bordes (1954) et Manil (1960) ont également considéré ces dépôts comme fortement altérés, et susceptibles de présenter une évolution pédologique très marquée lorsque maintenus ou ramenés en surface par les agents de l'érosion.

En ce qui concerne le cycle ancien, des caractères évidents d'une altération beaucoup plus poussée sont présents : grande quantité d'argile, hétérogénéité importante du plasma, nombreuses ségrégations et concentrations plasmiques, hydromorphie souvent marquée, peu d'altérables dans les fractions limoneuses, teneur importante en édifices 2/1 gonflants.

Le niveau supérieur présente peu de rubéfaction dans la masse, les revêtements argileux apparaissant par contre comme très riches en fer.

Le niveau le plus ancien est caractérisé par de nombreuses concentrations plasmiques brun rouge à rouge, et par une accentuation générale des caractères d'évolution. Les données analytiques de ce sol fossile sont par ailleurs très proches de celles mentionnées par *Manil* (1955) pour un paléosol anté-rissien.

Les périodes glaciaires ont d'autre part laissé fréquemment de nombreuses empreintes dans ces différents sols : fragmentations, redistributions, cryoturbations, solifluxions...

Une datation des niveaux considérés peut être tentée à partir des données fournies par d'autres disciplines que la pédologie. Les paléosols du cycle récent appartiendraient au Würm II et Würm I, ceux du cycle ancien à l'interglaciaire Riss-Würm et probablement au Mindel.

L'évolution des formations lessiques au cours du Quaternaire dans la région que nous avons étudiée paraît donc pouvoir être caractérisée par une altération assez importante lors du cycle ancien, due à la fois à l'influence de climats plus agressifs que celui régnant actuellement, et à une très longue période de pédogenèse, associée au processus d'illuviation, et par une altération beaucoup plus modérée, toujours associée au lessivage, lors du cycle récent.

✱

✱

✱

### 3.5. REGOGENESE

Nous tenterons dans ce chapitre une mise en évidence et une caractérisation des premiers processus affectant les loess après leur dépôt.

Depuis très longtemps les termes de "lehm" et de "lehmification" sont utilisés pour désigner d'une part le produit d'altération argileux de limons loessiques décarbonatés, d'autre part les niveaux dits de "terre à brique" qui représentent les horizons Bt de sols bruns lessivés ou sols lessivés (J. P. *Lautridou* - 1970).

Nos observations nous incitent à penser qu'il y a lieu de dissocier ces deux aspects et d'individualiser une première phase d'altération indépendamment du processus d'illuviation.

Il s'agit donc d'essayer de caractériser les phénomènes d'altération in situ amenant une augmentation du taux d'argile granulométrique, sans que des déplacements colloïdaux importants n'interviennent, et de définir à quoi correspond la formation du limon argileux souvent considéré comme horizon C ou matériau originel de nombreux profils.

Deux hypothèses principales sont possibles et ont été introduites par divers auteurs (*Brajnikov - Dudal - Zottl et al.* - *Scheffer et al.*) : "argilification" par fractionnement de certains composants du loess, ou transformations et néoformations de minéraux argileux.

Nos matériaux nous ont permis d'effectuer quelques recherches sur cet aspect de l'évolution des matériaux loessiques.

Il faut cependant remarquer qu'il ne peut s'agir ici que d'un simple essai destiné à poser un problème qui nous semble important, et à ouvrir éventuellement la voie à une recherche plus approfondie. Il ne nous était cependant pas possible de négliger dans le présent travail un aspect indispensable à de nombreuses interprétations.

Il serait naturellement plus intéressant d'avoir la possibilité d'étudier ce problème dans une zone où le développement est partout, "zonalement" et "normalement", limité à cette première phase d'évolution.

#### 3.51. METHODES UTILISEES

Nous avons travaillé sur des loess appartenant à la couverture la plus récente, parce que ces formations sont les seules dans la région à présenter un degré d'évolution relativement peu important, ce qui a permis de sélectionner les niveaux les plus intéressants.

Le choix s'est porté sur trois localisations en bordure de la Picardie, où des coupes profondes sur limon originellement homogène offrent un développement de sol brun ou sol brun faiblement lessivé.

Les prélèvements ont été effectués dans la partie inférieure du profil, sous le "solum" proprement dit, en dehors de la zone de pédogenèse intense actuelle. Ce dernier aspect a été confirmé par un examen micromorphologique approfondi.

Nous présenterons tout d'abord la caractérisation des trois successions d'horizons retenues sur le plan macromorphologique et micromorphologique, ensuite les analyses classiques sous forme d'un tableau analytique.

Ce tableau présentera les données suivantes :

##### - *Granulométrie* -

- Fractionnement granulométrique détaillé.
- Teneurs en argile fine et argile grossière.



- Pourcentages relatifs des argiles rapportés à 100 % d'argile totale.
- Pourcentages relatifs des fractions supérieures à 2 microns.

- *Analyses chimiques* -

- C. E. C. rapportée à la terre fine totale.
- C. E. C. rapportée à l'argile.
- Bases échangeables.
- Fer libre *Deb.*

Ensuite, les différentes fractions granulométriques ont été soumises à des analyses plus complètes, à savoir :

*Analyses chimiques totales.*

- Analyse chimique globale sur les fractions fines, avec dosage de Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na.
- Analyse chimique sur les fractions limoneuses 2-10, 10-20 et 20-50 microns, avec dosage de Ca, K et Na.
- Analyse chimique globale pour la séquence d'Aubigny.

*Analyses minéralogiques.*

- Analyses aux rayons X sur les fractions fines et les fractions limoneuses.

### 3.52. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

#### 3.52.1. MORPHOLOGIE

Nous présentons ci-dessous une description simplifiée valable pour nos trois séquences d'altération, les horizons profonds présentant cependant des teneurs variables en calcaire.

- |                     |   |
|---------------------|---|
| B <sub>3</sub>      | Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/4-5/6 - Structure prismatique moyenne modérément à bien développée, devenant plus grossière à la base de l'horizon - Présence de revêtements argileux fins et discontinus sur les principales faces verticales de structure - Ferme.                                   |
| B/C                 | Limon argileux, brun jaune : 10 YR 5/4 - Structure à tendance prismatique grossière, correspondant à des faces verticales de dissociation dans une masse à structure continue - Quelques rares revêtements argileux fins et discontinus peuvent être présents sur ces faces structurales - Friable à ferme. |
| C <sub>1</sub>      | Limon moyen à limon argileux, brun jaune à beige foncé : 10 YR 5/4 à 10 YR 6/4 - Structure continue - Friable.  |
| C <sub>2</sub>      | Limon moyen, beige foncé à brun jaune : 10 YR 6/4 à 10 YR 5/4 - Structure continue - Très faible réaction à HCl localement - Friable à meuble.  |
| C <sub>2</sub> (ca) | Limon moyen, beige foncé : 10 YR 6/4 - Structure continue - Réaction importante à HCl - Présence visible de calcaire détritique et de calcaire secondaire sous forme de "mycelium" et de nodules plus ou moins indurés - Friable à meuble.  |

### 3.52.2. MICROMORPHOLOGIE

Un contrôle micromorphologique a été réalisé dans les différents niveaux qui nous occupent, pour permettre les interprétations que nous serons amenés à faire ultérieurement. Les caractéristiques microscopiques des premiers stades d'évolution des matériaux loessiques seront exposées de manière détaillée dans un prochain chapitre, nous reprendrons simplement ici les éléments essentiels qui nous intéressent.

Peu de modifications apparaissent dans le *squelette*, le calcaire détritique étant cependant bien représenté dans le loess calcaire originel. Le *plasma*, argileux et homogène dans les horizons C, perd un peu de son homogénéité dans les niveaux altérés, et s'oriente plus nettement, tandis que des *séparations plasmiques* bien individualisées apparaissent autour des grains du squelette ainsi que de manière indépendante dans la matrice. L'*assemblage élémentaire*, peu définissable dans les niveaux non altérés, devient progressivement du type intertextique.

Les *vides* d'entassement simple observables dans le loess font progressivement place à des cavités et chenaux à parois adoucies et localement tapissées d'enduits plasmiques très fins.

Les "*traits pédologiques*" sont relativement peu représentés. Des concentrations de calcaire dans les horizons profonds constituent des "calcitanes" de diffusion qui s'organisent à partir des vides ; des nodules et concrétions plus denses sont localement assez abondantes.

D'autre part, dans les niveaux altérés apparaissent, en plus des séparations déjà citées, de légères concentrations plasmiques vraisemblablement issues de déplacements très locaux au sein du matériau, et se localisant dans les pores et les vides. Au demeurant, les revêtements argileux très minces mentionnés sur les faces verticales de structure dans la description morphologique, correspondent à des argilanes jaunes, fins et assez fortement orientés.

Il semble donc confirmé par cette analyse que l'augmentation de la teneur en argile entre niveaux originels et niveaux altérés ne puisse être expliquée par des entraînements colloïdaux importants per descensum, dont nous n'avons pas trouvé de trace tangible, et que des processus d'évolution en place de certains constituants du loess interviennent très certainement.

### 3.52.3. CARACTERISATION ANALYTIQUE

Le tableau suivant regroupe donc les analyses classiques qui vont nous permettre un certain nombre d'observations.

#### Granulométrie.

On observe tout d'abord une augmentation de la teneur en argile totale 0-2  $\mu$  de 10 % environ en passant du loess le moins altéré au "lehm".

Le fractionnement de l'argile permet immédiatement de mettre en évidence la libération d'une certaine quantité d'argile fine lors de la *décarbonatation*, les proportions restant ensuite relativement constantes dans les niveaux plus altérés. *Duciaux* (1968) avait déjà signalé la possibilité d'une telle libération par dissolution des carbonates.

En ce qui concerne la répartition des fractions limoneuses, on remarque tout d'abord un rapport limon grossier / limon fin élevé, compris entre 2,5 et 3,5, très caractéristique des limons récents. Une homogénéité très satisfaisante existe pour les matériaux des trois séquences.

On peut cependant constater une diminution relative assez nette de la fraction 10-20  $\mu$  en fonction de l'altération, c'est-à-dire entre les niveaux de loess et de "lehm". Ceci confirmerait partiellement les résultats expérimentaux de Zottl et Kisimaul (1969).

### Analyses chimiques classiques.

En ce qui concerne tout d'abord le pH nous constatons un ensemble de valeurs élevées, supérieures à 7,5, et plus élevées que 8,0 dans les niveaux calcaires.

La *capacité d'échange cationique* rapportée à l'argile est voisine de 50 méq. pour les niveaux pas ou peu calcaires, de 40 méq. dans les deux échantillons les plus carbonatés.

Les *bases échangeables* présentent des teneurs assez variables, nous pouvons cependant noter plusieurs tendances générales :

- Ca : valeurs très élevées, dues en partie au protocole analytique et présentant une augmentation de bas en haut des profils, hormis naturellement pour les trois niveaux calcaires.
- Mg : une différence nette se marque pour la séquence d'Essigny où les valeurs sont sensiblement plus élevées que dans les deux autres cas.
- K : comme pour Ca, on constate une augmentation de bas en haut de la séquence.
- Na : valeurs à peu près constantes, excepté pour le loess du Hamel où elles sont particulièrement basses.

On remarque donc une variation peu importante dans la fixation de Mg et Na sur le complexe en fonction de l'altération, l'absorption de ces éléments étant limitée. En ce qui concerne Ca et K, il apparaît que ces éléments suivent l'augmentation de la capacité d'échange totale de la terre fine en fonction de l'altération.

Le *fer libre* présente des valeurs relativement faibles dans le loess calcaire, tandis qu'une augmentation sensible se marque de bas en haut dans les niveaux étudiés.

Nous avons effectué les rapports en fonction des taux d'argile respectifs, ce qui nous donne les valeurs suivantes :

<u>ESSIGNY</u>	<u>AUBIGNY</u>	<u>LE HAMEL</u>
6.8	7.5	6.9
8.9	9.5	6.9
8.7	8.4	8.5
10.1	9.0	9.5

On constate donc une quantité de fer libre plus importante dans les niveaux altérés, mais relativement moins lié à l'argile.

### Analyses chimiques globales.

#### Fractions fines 0-2 $\mu$ .

Nous présentons ci-après les analyses chimiques totales des fractions argileuses de nos trois séquences (produits calcinés).





ESSIGNY

	<u>A 984</u>	<u>A 985</u>	<u>A 986</u>	<u>A 987</u>
SiO <sub>2</sub>	53.5	54.4	57.0	56.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.2	25.4	24.0	24.95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.8	13.4	15.2	14.8
CaO	0.8	0.65	0.6	0.9
MgO	1.45	1.3	0.5	0.3
Na <sub>2</sub> O	0.5	0.5	0.5	0.5
K <sub>2</sub> O	3.3	3.2	3.2	3.3
Total	<u>98.55</u>	<u>98.85</u>	<u>101.0</u>	<u>101.55</u>
Ki	<u>3.5</u>	<u>3.6</u>	<u>4.0</u>	<u>3.9</u>

Une diminution relative des teneurs en Si et Fe s'observe en fonction de l'altération, avec augmentation de Al et Mg, les autres éléments restant constants.

Le Ki présente une diminution, il passe de 4.0 à 3.5.

AUBIGNY

	<u>A 974</u>	<u>A 975</u>	<u>A 976</u>	<u>A 977</u>
SiO <sub>2</sub>	53.2	54.8	52.6	51.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.5	27.6	24.2	22.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.0	14.8	13.6	13.2
CaO	0.0	0.0	4.5	4.75
MgO	0.0	0.0	0.8	-
K <sub>2</sub> O	3.2	3.3	3.2	3.1
Na <sub>2</sub> O	0.55	0.6	0.7	0.55
Total	<u>97.45</u>	<u>100.5</u>	<u>99.60</u>	<u>96.30</u>
Ki	<u>3.4</u>	<u>3.36</u>	<u>3.7</u>	<u>3.87</u>

On ne peut observer ici qu'une augmentation de la teneur en Al de bas en haut de la séquence, ainsi que les valeurs importantes de Ca pour les niveaux de loess calcaires.

Le Ki diminue dans ce cas-ci de 3.9 à 3.4.

LE HAMEL

	<u>5.059</u>	<u>5.060</u>	<u>5.061</u>	<u>5.062</u>
SiO <sub>2</sub>	56.6	55.9	55.6	56.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.5	25.5	25.25	24.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.0	11.5	12.25	12.5
CaO	traces	-	-	traces
MgO	1.1	0.54	0.4	1.6
Na <sub>2</sub> O	0.36	0.36	0.4	0.32
K <sub>2</sub> O	3.1	3.2	3.1	2.6
Total	<u>98.66</u>	<u>97.00</u>	<u>97.00</u>	<u>97.72</u>
Ki	<u>3.78</u>	<u>3.72</u>	<u>3.74</u>	<u>3.81</u>

Ici également l'augmentation de la teneur en Al est présente ainsi que celle de Mg au-dessus du niveau calcaire.

Le Ki varie ici relativement peu.

D'une manière générale on constate donc relativement peu de variations dans la composition chimique des fractions argileuses en fonction des niveaux d'altération successifs. La légère augmentation de la teneur en Al, avec diminution correspondante du Ki, pourrait correspondre à l'élimination d'une faible quantité de Si.

Fractions limoneuses.

Afin de mettre en évidence l'altération éventuelle de certains composants des fractions granulométriques limoneuses entre les différents niveaux de chaque séquence, nous avons effectué l'analyse chimique des échantillons correspondants, avec dosage de K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O et CaO (exprimés en %). Nous en présentons les résultats dans le tableau suivant :

	2-10 μ			10-20 μ			20-50 μ		
	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO
<u>ESSIGNY</u>									
984	2.78	0.96	0.60	2.00	1.32	0.54	1.60	1.22	0.70
985	2.68	1.02	1.30	2.05	1.31	0.44	1.60	1.24	0.85
986	2.50	1.07	0.60	2.14	1.40	0.50	1.56	1.16	0.58
987	2.68	0.97	0.70	2.05	1.40	0.74	1.60	1.26	0.75
<u>AUBIGNY</u>									
974	2.84	0.90	0.60	2.14	1.37	0.75	1.48	1.18	0.60
975	2.84	0.89	0.64	2.14	1.41	0.90	1.56	1.24	0.64
976	2.40	0.79	9.90	1.88	1.20	4.50	1.40	1.18	6.70
977	2.20	0.68	14.25	1.86	1.10	7.95	1.44	1.12	6.05
<u>LE HAMEL</u>									
5.059	2.75	0.82	0.70	2.14	1.37	0.55	1.52	1.20	0.90
5.060	2.90	0.81	0.70	2.22	1.36	0.75	1.65	1.24	0.70
5.061	2.68	0.87	0.70	2.10	1.32	0.50	1.56	1.18	0.60
5.062	2.65	0.82	0.90	2.18	1.32	0.55	1.70	1.28	0.64

Si nous examinons tout d'abord la répartition dans les différentes fractions granulométriques, par horizon, nous pouvons faire les constatations suivantes :

K<sub>2</sub>O - la plus grande quantité se trouve dans la fraction 2-10 μ, ensuite dans 10-20, puis 20-50 μ.

Na<sub>2</sub>O - la plus grande quantité se trouve ici dans la fraction 10-20 μ, ensuite 20-50, puis 2-10 μ.

CaO - se répartit de manière assez homogène entre les différentes fractions, excepté pour les horizons carbonatés, où la quantité la plus importante s'observe dans la fraction la plus fine : 2-10 μ.

Ceci pourrait signaler d'une part la présence d'une quantité plus importante de minéraux micacés dans la fraction 2-10 μ, d'autre part celle de plagioclases dans les fractions plus grossières.

- AUBIGNY -

		0 - 2 $\mu$									2 - 10 $\mu$										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ki	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ki
974		53.2	26.5	14.0	.	.	0.0	0.0	3.2	0.55	3.40	70.7	14.3	6.3	0.6	0.20	0.57	1.15	3.16	1.08	8.41
975		54.6	27.6	14.8	.	.	0.0	0.0	3.3	0.6	3.36	69.7	13.5	6.6	0.6	0.13	0.63	1.25	3.09	1.05	8.75
976		52.6	24.2	13.6	.	.	4.5	0.8	3.2	0.7	3.70	69.0	14.8	5.8	0.6	0.09	0.76	1.79	3.16	1.12	7.90
977		51.9	22.8	13.2	.	.	4.75	.	3.1	0.55	3.87	68.9	14.6	6.2	0.6	0.13	1.14	1.58	3.07	1.02	8.06

		10 - 20 $\mu$									20 - 50 $\mu$										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ki	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ki
974		82.1	9.7	2.8	0.4	0.08	0.58	0.56	2.29	1.52	14.38	89.1	5.9	1.3	0.3	0.06	0.52	0.16	1.61	1.33	25.86
975		81.4	9.5	2.7	0.4	0.06	0.59	0.58	2.26	1.57	14.50	88.4	6.4	1.5	0.4	0.06	0.59	.	1.70	1.41	23.61
976		79.3	9.5	3.1	0.4	0.09	0.90	1.55	2.42	1.54	14.25	86.2	6.8	1.6	0.3	0.04	0.71	1.03	1.73	1.47	21.67
977		79.0	10.1	3.4	0.4	0.09	1.07	1.24	2.44	1.50	14.28	86.2	6.2	1.7	0.4	0.04	0.60	0.69	1.75	1.40	23.54





Pratiquement aucune interprétation n'est possible en fonction des *différences entre horizons pour chaque séquence*, hormis l'importance probable de mécanismes liés à la décarbonatation.

Il semble donc que très peu de variations dans la composition chimique interviennent à ce stade.

Afin de pouvoir examiner de manière plus détaillée la variation de composition des différentes fractions granulométriques, nous avons effectué l'analyse globale des fractions limoneuses de la séquence d'AURIGNY.

Cependant, une correction très importante s'impose : le CaO dosé provient à la fois des plagioclases et du  $\text{CaCO}_3$  présent dans les deux niveaux inférieurs. Cette correction a été effectuée et nous amène à présenter un tableau dans lequel le CaO dû à la présence du calcaire a été soustrait. Nous y avons repris les analyses de la fraction argileuse, à titre comparatif.

La comparaison entre les différentes *fractions* permet de confirmer les premiers résultats en ce qui concerne la répartition de  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et CaO.

Pour les autres éléments on constate des fractions fines aux fractions grossières :

- une augmentation nette de  $\text{SiO}_2$  : 50 à 90
  - une diminution assez nette pour  $\text{Al}_2\text{O}_3$  : 27 à 6,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : 15 à 1,9, MnO : 0,20 à 0,04.
  - une diminution pour MgO, à partir de 2-10 $\mu$  jusqu'à 20-50  $\mu$ .
- Les Ki varient naturellement de manière importante : de 3,4 à

26.

L'analyse des résultats des différents *niveaux* amène un certain nombre de commentaires que nous allons exposer successivement ; les comparaisons se feront toujours des niveaux profonds aux niveaux supérieurs.

L'augmentation en  $\text{SiO}_2$ , faible, est cependant générale dans les fractions limoneuses.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  varie relativement peu.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  diminue très légèrement dans les fractions 10-20 et 20-50  $\mu$ .

CaO diminue assez sensiblement, ainsi que MgO de manière plus faible dans les trois fractions.  $\text{K}_2\text{O}$  diminue très légèrement dans les fractions 10-20 et 20-50  $\mu$ . Les variations de  $\text{Na}_2\text{O}$  ne sont pas interprétables.

On peut donc raisonnablement déduire de ces résultats une légère accumulation relative de  $\text{SiO}_2$ , vraisemblablement par faible altération de minéraux tels que les plagioclases.

Nous pensons donc que les phénomènes les plus sensibles prennent naissance au niveau du front de décarbonatation où les conditions de milieu pourraient permettre une certaine altération des minéraux primaires. Cette altération doit cependant vraisemblablement être de très faible importance ; les minéraux ainsi formés viendraient enrichir la fraction fine héritée du loess originel.

### 3.52.4. DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Des analyses minéralogiques ont été effectuées sur les fractions 0-2, 2-10, 10-20 et 20-50  $\mu$  de tous les niveaux étudiés : analyses aux rayons X par diffractométrie.

Nous présenterons successivement les résultats correspondant aux fractions inférieures à 2 microns, ensuite ceux des fractions limoneuses.

Les échantillons ont été rendus Mg, Mg traités au glycol, ou traités au KCl ; des chauffages progressifs ont été réalisés : à 250°, 400° et 550°.

#### Fractions fines.

##### ESSIGNY.

On n'observe aucune différence sensible entre les quatre horizons constitutifs.

Les échantillons Mg montrent une réflexion assez large à 14,5 Å, qui domine un pic bien différencié à 10 Å ; deux autres réflexions sont bien distinctes : à 7,2 et 3,34 Å. Le traitement au glycol provoque un étalement assez irrégulier jusqu'à 17 Å, tandis que la réflexion à 10 Å se différencie bien. Les échantillons K montrent une fermeture très imparfaite à 10 Å. Le chauffage à 250° provoque une fermeture pratiquement complète.

On note donc la présence d'illite, de kaolinite, de quartz, à côté d'édifices gonflants du type montmorillonite. Le gonflement irrégulier et la fermeture difficile et incomplète correspondraient à des minéraux intergrades.

De bas en haut de la séquence on peut deviner une ouverture plus grande des minéraux du type illitique, ainsi qu'une fermeture de plus en plus difficile.

##### AUBIGNY.

La réflexion à 14,5 Å est très bien exprimée, celle à 10 Å l'est plus nettement que dans la séquence précédente ; les autres sont analogues à cette dernière. Le traitement au glycol montre une réflexion très nette à 10 Å et le gonflement assez marqué d'une partie de l'échantillon vers des distances basales plus grandes.

Le chauffage permet d'observer un comportement légèrement différent entre les niveaux profonds et les niveaux supérieurs. L'horizon C<sub>3</sub> se ferme dès 250°, tandis que le B/C ne marque une fermeture sensible que vers 400°, la fermeture paraissant complète pour tous les niveaux à 550°.

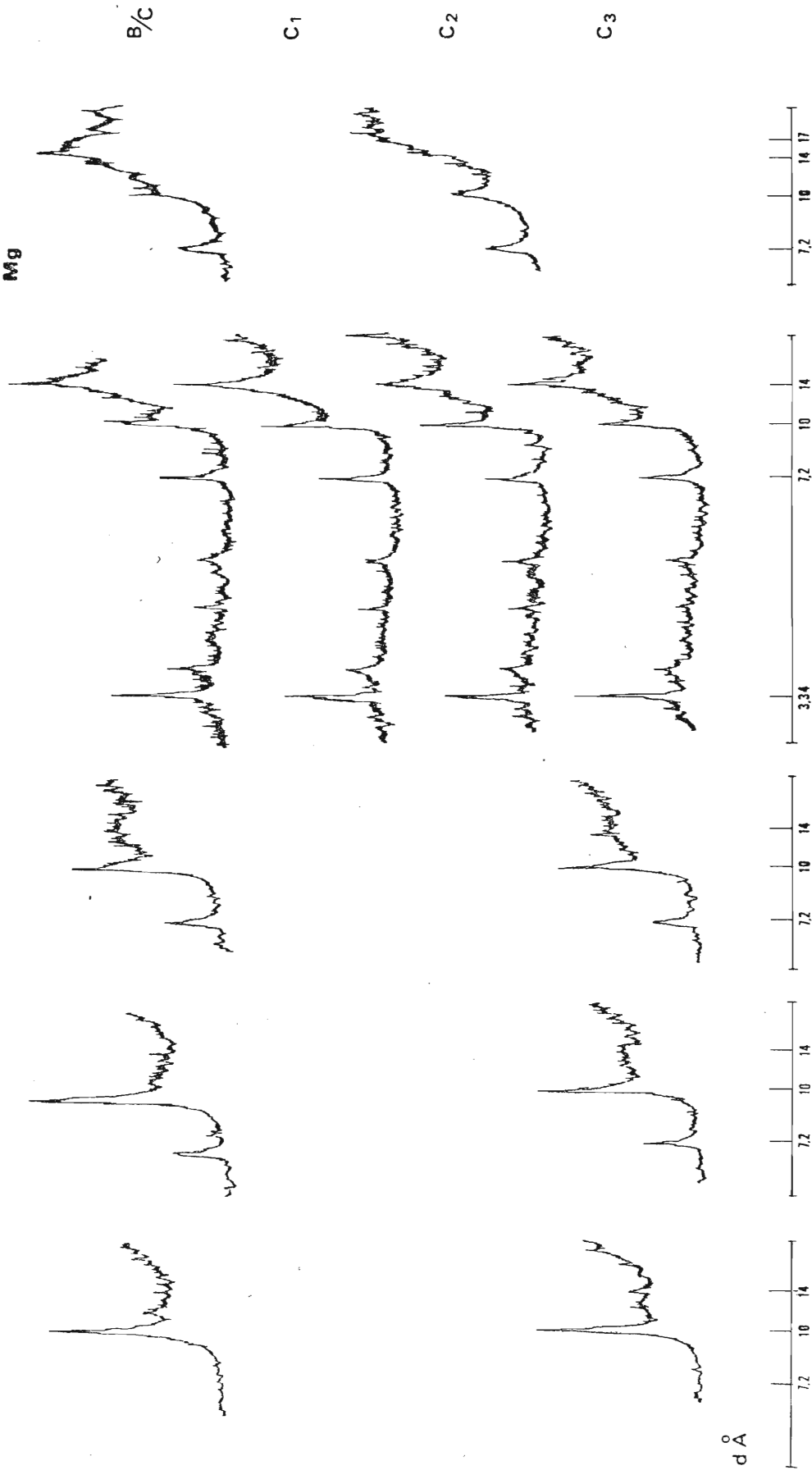
Le traitement au potassium provoque une fermeture assez bonne pour le C<sub>3</sub>, simplement moyenne pour le B/C ; tout se ferme de manière satisfaisante à 250°.

Les minéraux sont donc essentiellement les suivants : quartz, kaolinite, illite et gonflants à 14 Å.

On peut donc constater ici, essentiellement, la fermeture plus difficile au chauffage et au traitement K des niveaux plus altérés. Ceci pourrait correspondre à une transformation plus avancée des minéraux argileux dans les horizons supérieurs.

AUBIGNY  
O-2  $\mu$

Mg



G.

N.

250°

400°

550°

Fig. 46







### LE HAMEL.

Les fractions fines des niveaux de cette séquence présentent beaucoup d'analogies avec celles des deux autres.

On observe, au Mg, une réflexion nette à 14,5 Å, une autre moins bien exprimée à 10 Å, d'autres à 7,2 et 3,34 Å. On peut déceler quelques accidents mineurs à 3,20/3,25 Å, surtout dans les horizons B/C et B<sub>3</sub>, qui correspondraient à des feldspaths. Le traitement au glycol provoque un gonflement partiel pour tous les échantillons, avec maintien de traces à 14 Å. Le traitement K provoque une fermeture sur 10 Å et met plus nettement en évidence les réflexions à 3,20 Å. Le chauffage a été appliqué aux échantillons extrêmes B<sub>3</sub> et C<sub>2</sub>, et provoque une amélioration de la fermeture : pratiquement complète à 250° pour le C<sub>2</sub>, à 400° pour le B<sub>3</sub>.

Les mêmes minéraux sont donc présents avec, semble-t-il, de petits fragments feldspathiques.

### DISCUSSION.

Nous pouvons résumer les faits d'observations de la manière suivante :

- réflexion à 14,5 Å, se déplaçant vers des distances basales plus grandes par gonflement, avec fermeture vers 10 Å assez facile au niveau des loess, plus difficiles dans les "lehms".
- réflexion généralement nette à 10 Å.
- réflexion à 7,2 Å.
- réflexion à 3,34 Å.

Nous aurions donc affaire dans tous les niveaux à du quartz, de la kaolinite, de l'illite et à des minéraux intergrades 10-14 Å, dont une partie est gonflante.

L'altération du loess <sup>en</sup> "lehm" ne se marquerait que par une "ouverture" plus importante des minéraux.

Les traces de feldspaths décelés dans les échantillons du HAMEL pourraient être liés à des mécanismes de microdivision.

### Fractions limoneuses.

Les différentes fractions limoneuses présentent d'une manière générale beaucoup d'analogies dans leur constitution.

Les diffractogrammes permettent d'observer les faits suivants (exemple pris sur AUBIGNY C<sub>2</sub>) :

- réflexion nette à 14,2 Å.
- réflexion très nette à 10 Å.
- réflexion nette à 7,2 Å.
- réflexions à 4,26 - 3,53 - 3,34 - 3,25 - 3,20 - 3,05 - 2,9 Å.

La réflexion à 14 Å n'est pas toujours nette, tandis que l'intensité des autres peut être variable.

Il semble donc que nous avons affaire aux minéraux suivants, présents en quantité variable dans les différentes fractions :

- quartz - feldspaths - micas - chlorite - kaolinite - calcite dans certains niveaux.



Entre les diverses *fractions* on peut constater quelques différences :

- les feldspaths sont de plus en plus abondants des fractions fines aux fractions grossières.
- les minéraux micacés (10 Å) présentent une variation inverse, avec parfois une légère dominance apparente dans la fraction 10-20 µ.
- la chlorite apparaît le plus distinctement dans la fraction intermédiaire 10-20 µ, elle semble plus altérée (réflexion plus large et moins bien exprimée) dans 2-10 µ, et moins abondante dans 20-50 µ. La fraction 2-10 µ marque un certain gonflement après traitement au glycol, tandis que la fermeture après traitement au potassium et chauffage est très incomplète. Ceci pourrait signifier la présence de minéraux chloritiques mal cristallisés dans cette fraction, ou d'une chlorite en voie d'altération. L'enrichissement en Mg observé dans la fraction argileuse des horizons altérés d'Essigny et du Hamel en représenterait éventuellement une conséquence.
- la kaolinite est essentiellement représentée dans les fractions 2-10 et 10-20 µ.
- lorsque présente, la calcite paraît progressivement plus abondante dans les fractions fines.

Pratiquement aucune variation ne peut être décelée sur les diffractogrammes entre les différents *niveaux* d'une même séquence.

Enfin, pour confirmer la présence de chlorite, une attaque acide, par HCl, a été réalisée sur les niveaux présentant une réflexion marquée à 14 Å. Après traitement, cette réflexion a disparu, celle à 7 Å étant maintenue, bien qu'ayant diminué.

Comme d'autre part, après chauffage à 550° on observe pour ces mêmes échantillons une intensification de la réflexion à 14 Å, il semble que la chlorite soit bien présente, en association avec la kaolinite.

Quelques déterminations de surfaces spécifiques effectuées sur les fractions argileuses de niveaux caractéristiques de loess et horizons d'altération correspondants ont confirmé la faible évolution minéralogique.

En effet, ces surfaces assez importantes : de l'ordre de 300 m<sup>2</sup>/g, présentent très peu de variation. Par exemple pour la séquence d'*Aubigny* : A 977 = 308 m<sup>2</sup>/g, A 974 = 306 m<sup>2</sup>/g.

De l'ensemble de nos résultats d'analyses minéralogiques il semble donc évident que très peu de variations qualitatives des constituants minéraux interviennent dans les phénomènes d'altération initiale des formations loessiques, ce qui confirme les premiers résultats déduits du bilan chimique.





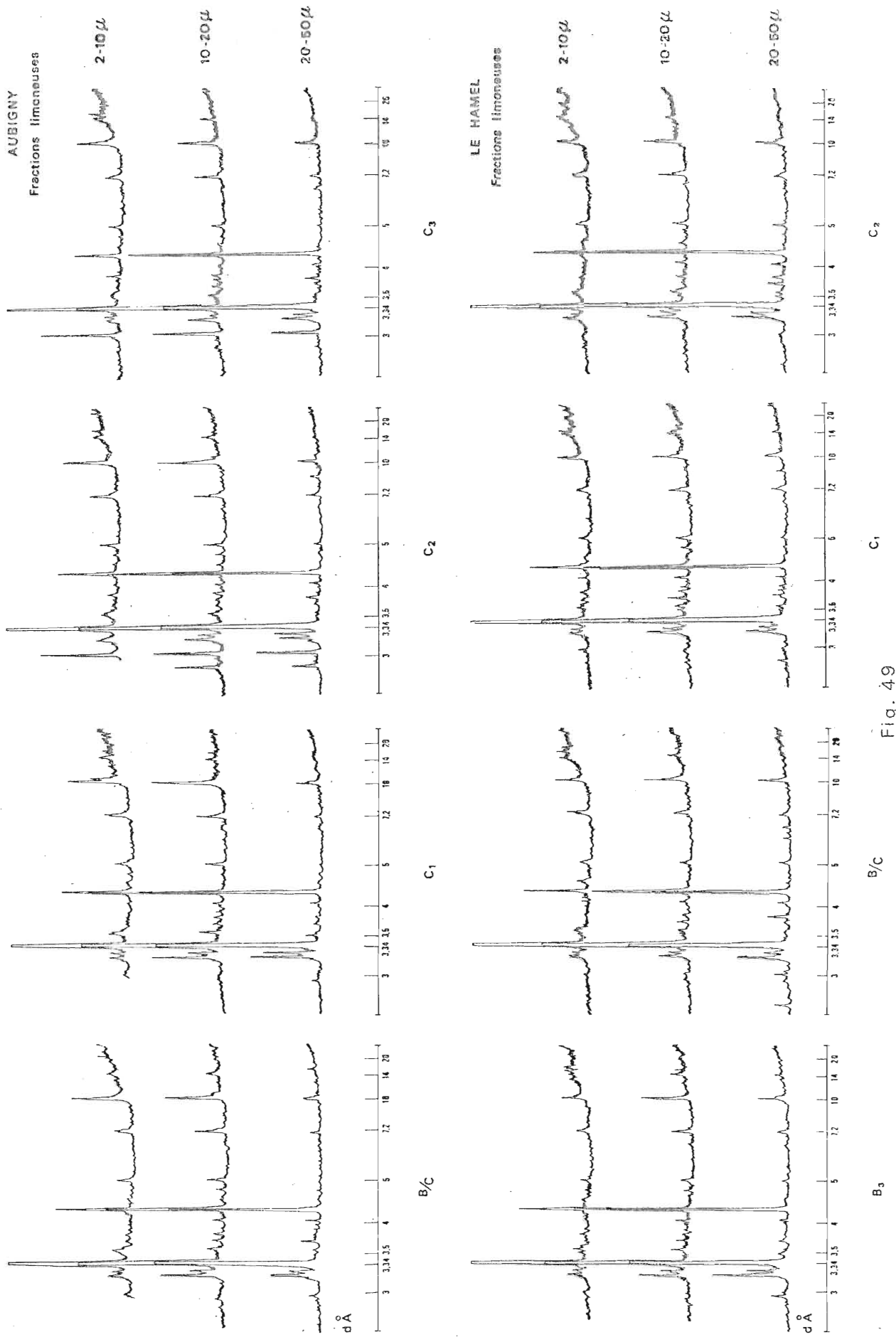


Fig. 49



### 3.53. DISCUSSION - CONCLUSIONS.

Les trois séquences que nous avons étudiées constituent, avec quelques variations, comme la teneur en calcaire des horizons profonds, des répétitions destinées à confirmer la constance de nos observations et interprétations.

L'homogénéité du matériau de départ pour chacune d'entre elles peut être considérée comme satisfaisante sur la base des tests suivants : distribution des minéraux lourds - répartition granulométrique des fractions limoneuses et sableuses - absence de discontinuités.

L'examen micromorphologique ne nous a pas permis de déceler les traces de déplacements colloïdaux importants dans les différents niveaux, hormis quelques migrations de très faible amplitude.

L'analyse granulométrique détaillée a mis en évidence la diminution relative de la fraction 10-20  $\mu$  en fonction de l'altération, ainsi qu'une libération assez sensible d'argile fine au niveau du front de décarbonatation, ces résultats confirmant respectivement les données obtenues par *Zotál et al.* (1969) et les conceptions de *Duchaufour* (1968).

L'étude de la variation des bases échangeables nous a montré une augmentation relative de la saturation du complexe en Ca et K dans les niveaux altérés, que nous pourrions mettre en relation avec une certaine altération des minéraux primaires.

L'analyse chimique globale des fractions argileuses des différents horizons de nos trois séquences a montré peu de variations dans la composition pour les différents niveaux. Une diminution assez générale du K<sub>i</sub> en fonction de l'altération semble systématique.

L'analyse chimique des fractions limoneuses des trois séquences nous a apporté relativement peu de renseignements permettant une interprétation relative à l'altération progressive. Nous avons cependant pu préciser la répartition préférentielle probable des différents minéraux altérables dans chacune des fractions.

Pour la séquence d'Aubigny a été réalisée une analyse chimique très détaillée de toutes les fractions inférieures à 50  $\mu$ . Après avoir effectué une correction destinée à éliminer l'influence du CaCO<sub>3</sub> nous avons pu mettre en évidence d'une part une accumulation relative de SiO<sub>2</sub> due vraisemblablement à une certaine altération des minéraux primaires du type feldspaths, la diminution des teneurs en CaO et K<sub>2</sub>O étant, faibles peut-être, mais assez systématique.

Au demeurant, il faut remarquer que les phénomènes d'altération les plus sensibles se présentent au niveau du front de décarbonatation.

Des analyses minéralogiques ont été effectuées à la fois sur les fractions argileuses et limoneuses des différents niveaux.

En ce qui concerne les argiles, la constitution de la fraction inférieure à 2 microns paraît être essentiellement la suivante : illite - kaolinite - quartz et minéraux gonflants 10-14 Å.

Les fractions limoneuses comportent du quartz, des feldspaths, des micas, de la chlorite, de la kaolinite et éventuellement de la calcite dans les niveaux profonds. Nous avons pu confirmer la répartition préférentielle de ces minéraux en fonction des différentes fractions étudiées.

Peu de variations notables ont pu être mises en évidence sur la base de ces analyses, excepté une certaine "ouverture" des minéraux phyllitiques correspondant à une simple transformation au cours de l'altération.

En conclusion, nous pouvons résumer de la façon suivante nos observations et interprétations en ce qui concerne les premiers processus d'altération des formations loessiques dans la région étudiée, et introduire quelques hypothèses : - libération d'argile fine par dissolution des carbonates - altération probablement très faible, de minéraux primaires du type plagioclases, au niveau du front de décarbonatation - fractionnement vraisemblable de minéraux micacés et autres silicates suggéré par l'examen des données granulométriques - ces mécanismes d'altération paraissent affecter essentiellement la fraction 10-20  $\mu$ , comme l'ont prouvé à la fois les résultats des analyses granulométriques et chimiques.

Ces conceptions rejoignent assez sensiblement certaines hypothèses avancées par les chercheurs de l'école de Göttingen, *Scheffer, Meyer, Gebhardt, Kalk, Fölster* (1960-1966), par *Millot et al.* (1957-1962), et par *Zöttl et Kusmaul* (1967).

Sous réserve du nombre relativement restreint de données que nous avons à notre disposition, l'altération initiale des loess, faisant partie du phénomène dit de "lehmification", correspondrait donc essentiellement :

- à une *microdivision* d'éléments de la taille des limons fins amenant une augmentation de la fraction argileuse, notamment en minéraux du type illitique,
- à une légère augmentation de la teneur en minéraux gonflants par *libération* lors de la décarbonatation,
- à une *transformation* minéralogique modérée provoquant l'ouverture des feuillets des minéraux argileux à 10 Å.

✱

✱

✱

### 3.6. CONCLUSIONS GENERALES

Nous nous sommes donc attachés, dans cette partie de notre travail, à l'étude du loess en tant que matériau original.

L'inventaire détaillé que nous avons réalisé était justifié par l'importance de ce type de matériau en tant que facteur pédogénétique.

L'étude des variations de la couverture loessique nous a tout d'abord permis de définir l'extension des dépôts récents et celle des formations limoneuses plus anciennes, de les caractériser essentiellement aux plans granulométrique et minéralogique, et de retenir une stratigraphie de référence.

Les caractères essentiels des principaux paléosols observés ont été cernés dans le troisième chapitre, données que nous serons amenés à utiliser pour l'étude des sols polygéniques. Ces éléments devraient d'autre part pouvoir constituer un élément de comparaison pour des études ultérieures consacrées à la paléopédogenèse, particulièrement dans la zone d'Europe occidentale.

Dans le dernier chapitre, nous avons pu mettre en évidence la nature des mécanismes fondamentaux qui agissent au cours des premiers stades d'évolution du matériau loess. Ces résultats seront intégrés par la suite dans la succession des processus pédogénétiques qui sont à l'origine du développement des sols sur limons loessiques.

Nous pensons que la caractérisation des matériaux originaux limoneux représentés dans la région étudiée que nous venons d'effectuer peut être considérée comme suffisante pour l'étude pédogénétique de ces formations à laquelle nous allons maintenant nous consacrer.





- QUATRIEME PARTIE -

-----

LES PHENOMENES PEDOGENETIQUES.



#### 4.1. GENERALITES

Cette quatrième partie constitue le corps principal de notre étude où nous traitons de l'analyse détaillée de notre fond d'observations et des interprétations qu'elle nous suggère.

Notre objectif est donc de tenter de définir la nature et le mode d'action des différents processus pédogénétiques qui ont agi ou agissent encore sur les matériaux loessiques pour y provoquer le développement des sols.

Nous allons examiner dans les pages qui suivent, en fonction de différents stades de développement bien définis, le comportement d'un grand nombre de paramètres du sol de manière à préciser l'évolution de chacun d'entre eux.

Ceci devrait nous amener d'une part à mettre en évidence les conditions de milieu prédisposant et favorisant les grands processus du lessivage et de la dégradation des horizons d'accumulation d'argile, d'autre part à caractériser avec suffisamment de précision les produits de déplacement et les produits résiduels.

Au cours de l'analyse de notre fond d'observations, et au travers des grands ensembles représentés par les régions naturelles, nous sont apparues plusieurs unités de regroupement qui correspondent essentiellement à l'ancienneté et au type de mise en place des matériaux.

Nous pouvons en effet distinguer les sols développés sur limon récent du Pléistocène terminal, ceux développés sur limons d'apport plus ancien, et enfin les sols polygéniques ayant subi l'action de plusieurs cycles pédogénétiques. Les premiers pourraient être âgés de quelques dix mille ans, tandis que les autres porteraient des traces d'évolution dont certaines dateraient de plusieurs dizaines de milliers d'années.

La littérature concernant les problèmes qui nous préoccupent est abondante et nous avons dû effectuer une sélection en fonction de l'orientation de notre travail.

Les sols développés dans les matériaux loessiques, sols d'évolution actuelle ou différents paléosols ont été étudiés par de nombreux auteurs en Europe et aux Etats-Unis.

Dans un premier chapitre nous effectuerons tout d'abord une revue bibliographique en faisant le point des connaissances actuelles.

Les autres chapitres traiteront de la pédogenèse proprement dite des sols limoneux. Nous y analyserons de manière détaillée un nombre restreint de profils représentatifs, ainsi que du matériel provenant d'échantillonnages très sélectifs de façon à bien définir la nature des déplacements au sein des profils.

L'analyse s'effectuera en deux temps.

Une caractérisation la plus complète possible des types de sols retenus sera tout d'abord réalisée. Treize profils ont été sélectionnés : cinq sur limons récents - cinq sur limons plus anciens - et trois sols polygéniques dont un dans une superposition limon récent sur limon ancien et deux dans des matériaux anciens redistribués et soumis à une pédogenèse actuelle.

Ensuite, étant donné l'importance prise par les phénomènes d'éluviation / illuviation dans la genèse des sols qui nous occupent, des échantillons de revêtements argileux ou argilo-limoneux caractéristiques des différents stades d'évolution, ainsi que les plages dégradées prélevées dans les sols glossiques, feront l'objet d'analyses particulières.

Des premières conclusions pourront être tirées de l'ensemble des analyses détaillées effectuées.

L'ensemble des données exposées dans cette partie du travail servira de base aux interprétations générales que nous tenterons dans la cinquième partie.

\*

\*

\*

#### 4.2. REVUE ET ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Il ne nous est naturellement pas possible de présenter, dans le cadre du présent travail, une analyse détaillée de l'abondante littérature concernant les sols développés sur formations limoneuses et les processus de leur évolution.

Nous nous limiterons donc, tout comme pour les travaux se rapportant aux loess en tant que matériau, aux études qui nous paraissent les plus fondamentales et à celles en liaison directe avec notre propre travail. Seront traitées successivement les études ayant pour objet les sols développés sur loess en Europe de l'Ouest, en Europe continental et pour quelques unes aux Etats-Unis.

Ensuite, nous envisagerons une série de travaux concernant différents aspects des principaux processus de la pédogenèse affectant les matériaux limoneux.

Faisant suite aux recherches de *V. Agafonoff* sur les matériaux loessiques, *G. Joret* étudie en 1932 les sols de limons de Picardie. Se basant sur les travaux de *J. de Lapparent* et *A. Demolon*, l'auteur analyse la variation de la composition granulométrique des sols limoneux d'ouest en est. Il constate une augmentation progressive de la teneur en argile et en limon fin, alors que l'épaisseur de la couche limoneuse diminue.

En 1946, *H. Malterre* explique la formation de la "terre à briques" par l'évolution pédogénétique du loess, et constate l'absence d'altération des réseaux cristallins des minéraux argileux.

Le même auteur, en 1948, analyse des sols limoneux de la Brie, de la Beauce et du Santerre et remarque la rareté de l'ergeron en région briarde.

Dès 1949, *G. Aubert* met en évidence certaines différences dans le degré d'évolution des sols sur limon loessique, selon des variations climatiques locales et la granulométrie, les sols sur limons sableux étant lessivés, parfois très légèrement podzoliques.

*C. Riedel* et *J. Franc de Ferrière* (1951) publient un ouvrage sur les sols de la Brie où ils lient des degrés d'évolution différents à l'ancienneté de la mise en place des matériaux limoneux. Cependant, une certaine ambiguïté marque la définition des niveaux stratigraphiques et celle des horizons du sol.

*J. Dupuis* (1952) caractérise fort bien quelques importantes unités de sols dans le centre du Bassin de Paris.

*R. Dudal* effectue, en 1953, une remarquable synthèse sur l'évolution des limons loessiques de Belgique.

L'auteur décrit les principaux stades d'évolution pédologique de formations limoneuses du Pléistocène supérieur, il émet l'hypothèse d'une libération puis d'une néoformation d'argile au stade sol brun puis dans les étapes postérieures par altération des feldspaths et micas dans les horizons supérieurs. L'illite est le minéral argileux dominant, alors que la kaolinite est plus importante en surface que dans les horizons profonds, ceci particulièrement dans les sols lessivés désaturés. Des sols podzoliques sont décrits, avec dégradation partielle de la partie supérieure de l'horizon Bt, et appa-

rition d'un horizon fragipan en profondeur. *Dudal* envisage une séquence d'évolution en fonction des différents facteurs de la pédogenèse : chronoséquence, climoséquence, toposéquence, lithoséquence, bioséquence. Il montre comment les caractéristiques morphologiques traduisent les variations des propriétés intrinsèques du sol.

En 1953 également, *A. Caloux* étudie l'influence d'une monoculture de hêtres sur la dégradation des sols forestiers loessiques, particulièrement fragiles et sensibles à la modification ou destruction du manteau végétal naturel. Les sols limoneux ayant évolué durant plus de deux siècles sous des massifs purs de hêtres accusent de profondes modifications biologiques et physico-chimiques.

Ce même problème est abordé en 1954 par *A. Louis* qui caractérise les types de sols à tendance "glossique" de la forêt de Soignes.

Enfin, dans son étude sur les sols de la Hesbaye occidentale, *R. Pérot* (1956) discute des principales hypothèses concernant la formation de l'horizon B<sub>2t</sub> dans les sols limoneux : migration de substances colloïdales, néoformation d'argile. La couleur brune serait due aux hydrates ferriques provenant de minéraux comme la biotite et la hornblende. Les horizons B<sub>t</sub> tachetés correspondent à un début de dégradation, avec reprécipitation des colloïdes dans un horizon "beta" (β) situé au contact du matériau originel calcaïque. L'auteur analyse les différentes formes de fer, notamment dans la partie supérieure des sols dégradés où la teneur en formes très mobiles est importante.

Dans le cadre de ses observations sur les loess anciens, *G. Manil* décrit en 1955 un paléosol typique développé dans un loess anté-rissien, probablement d'âge Mindel. Ce sol fossile présente une teneur en argile importante, cette argile possédant une capacité d'échange relativement faible par rapport à celle des sols lessivés développés dans les limons récents supérieurs.

Etudiant l'évolution des minéraux argileux dans les limons de la vallée du Rhin, *Th. Camez*, *G. Millot*, *C. Roth* et *P. Vernert* précisent, en 1956 et 1957, les modifications qui interviennent au cours de la "lehmification" et du lessivage. Les auteurs montrent l'importance des phénomènes de dislocation des feuillettes, provoquant l'apparition de nombreux interstratifiés qui migrent ensuite préférentiellement verticalement dans le profil. Ils constatent l'instabilité de la chlorite dans l'évolution pédogénétique des loess, déduisent que l'altération provoque un fractionnement des minéraux argileux, et observent une accumulation des parties les plus fines dans la partie moyenne du sol ou au niveau de contact avec des matériaux lehmifiés sous-jacents. Dans sa thèse, *Th. Camez* note que le processus de lessivage provoque une modification dans les proportions des différents minéraux argileux : montmorillonite, chlorite, illite, kaolinite, et que dans les sols très évolués intervient de plus en plus une évolution par transformation avec tendance à la formation de vermiculite et de minéraux interstratifiés illite / vermiculite et chlorite / vermiculite.

En 1958, *R. Maréchal*, dans son travail sur la région condruzienne, donne une description très détaillée des sols limoneux très typiques présentant des degrés d'évolution différents, notamment du point de vue intensité de l'hydromorphie. L'année précédente, *R. Tavernier* et *R. Maréchal* avaient décrits les sols à horizon compact, ou fragipan, de la même région.

*G. Manil* exprime, en 1960, la possibilité de développement de sols du type planosolique sur des affleurements de limon ancien. En 1962, le même auteur définit deux formes sensiblement différentes de lessivage : - en milieu aéré, peu acide et toujours riche en calcium - en milieu moins aéré, et plus acide.

A cette époque, les matériaux limoneux loessiques sont étudiés essentiellement par *A. Vink* et *J. Van den Broek*. *Van den Broek* et *Van der Marel* (1962) étudient notamment les relations Ca/Mg et K/Mg dans les sols loessiques du Limbourg. Ils en déduisent une vitesse relative de décarbonatation, localisent la calcite et la dolomite dans les fractions granulométriques, et examinent l'évolution des rapports en fonction de l'évolution.

En 1962, *G. Millot*, dans son ouvrage sur la géologie des argiles, fait une synthèse des connaissances. L'auteur donne la composition de la fraction inférieure à 2 microns des dépôts éoliens de plusieurs grandes régions loessiques : Alsace, Bassin de Paris, Etats-Unis. Il reprend les modifications minéralogiques qui apparaissent au cours de l'altération du loess en lehm, résultats des études antérieures.

*G. Millot* esquisse ensuite l'évolution des minéraux argileux dans les grands processus pédogénétiques, dont nous ne donnerons que quelques aperçus.

- Répartition uniforme de l'illite dans les sols bruns, de plus en plus abondante en surface par rapport à la profondeur lorsque le lessivage s'intensifie.
- Fragilité de la chlorite et de la montmorillonite qui se dégradent en surface et dont l'importance diminue donc de bas en haut du profil.
- Apparition de minéraux interstratifiés dans le haut du solum.
- L'apparition du processus de podzolisation intensifie les variations. L'illite est moins importante en surface, avec apparition de nombreux interstratifiés illite/vermiculite et illite/chlorite, tendance à la vermiculitisation.

En ce qui concerne le processus d'illuviation, le lessivage paraît le plus aisé pour les minéraux du type montmorillonite et les minéraux altérés. Il s'exerce sur des matériaux fractionnés, dispersés, ayant atteint une taille favorable, donc généralement pour l'argile fine. Les déplacements auraient lieu dans l'ordre suivant : montmorillonite, vermiculite, minéraux interstratifiés, chlorite, illite, kaolinite.

Dans les sols les plus évolués, où apparaît la vermiculite, on observerait ensuite l'apparition d'intergrades vermiculite/montmorillonite, puis celle de la montmorillonite elle-même.

*G. Plaisance* (1964) analyse de façon détaillée les sols limoneux de la forêt de Chaux. Il émet de nombreuses hypothèses sur l'origine des différents faciès d'hydromorphie, et examine particulièrement l'évolution des minéraux argileux. Les sols bruns et sols bruns lessivés développés dans des dépôts relativement récents montrent une dominance de vermiculite sur des minéraux interstratifiés, eux-mêmes mieux représentés que l'illite et la kaolinite, présentes cependant. L'altération en surface de sols lessivés dégradés hydromorphes développés dans des vieux dépôts éoliens se manifeste par l'apparition de teneurs très importantes en vermiculite ainsi que par l'augmentation de la kaolinite aux dépens des interstratifiés **et surtout de l'illite**. Dans l'horizon d'accumulation d'argile de ces sols les interstratifiés montmorillonitiques sont plus abondants que la vermiculite et la kaolinite, l'illite étant présente à l'état de traces. *Plaisance* en déduit l'importance du processus de vermiculitisation et de l'apparition de minéraux interstratifiés par ouverture des illites et dégradation de la chlorite.

A cette époque (1964) nous avons décrit quelques uns des sols limoneux les plus représentatifs de la partie nord du Bassin de Paris, allant du sol brun lessivé au sol lessivé glossique hydromorphe.



*J. Vandamme* et al. (1965) étudient la variation de la teneur en argile des sols limoneux belges en fonction de la localisation géographique et de leur degré d'hydromorphie. Ils arrivent à la conclusion que les sédiments éoliens, provenant du nord-ouest, deviennent de plus en plus fins, de plus en plus altérés et plus argileux avec l'éloignement de la région d'origine, tant dans l'horizon illuvial que dans le matériau originel. Les auteurs remarquent ensuite l'influence dégradante faiblement podzolisante de l'hydromorphie entraînant une certaine altération du complexe argileux.

A l'occasion d'un colloque sur les limons du Bassin de Paris, nous avons nous-mêmes présenté en 1967, quelques aspects morphologiques et micromorphologiques **des sols développés sur loess**, ainsi qu'une séquence chronologique théorique regroupant les principaux types d'évolution observés en Europe occidentale. Nous reprendrons ces notions au cours du présent travail.

*F. Le Tacon* (1967) effectue une cartographie et une analyse détaillée de plusieurs grandes unités de sols limoneux des Basses-Vosges. Il en déduit plusieurs phases successives de pédogenèse dont les principales très anciennes ; l'auteur décrit **notamment des sols lessivés très épais** à horizon d'accumulation rendus imperméables à cause d'une hydromorphie marquée. Il observe une libération d'aluminium liée à une destruction d'argile et étudie le rapport des formes de fer, libre et total. Le rapport fer libre / fer total est d'une manière générale inférieur à 0,5 pour les sols lessivés, supérieur à 0,5 pour les sols plus anciens rubéfiés.

En 1968, *Ph. Duchaufour* et *B. Souchier*, sur la base de travaux réalisés sur des sols limoneux de Lorraine, précisent les différences existant entre des sols lessivés mésotrophes et oligotrophes, des sols lessivés podzoliques et podzoliques à pseudogley. Ils montrent que l'entraînement d'argile peut se poursuivre en milieu très désaturé, et que l'aluminium libéré vient s'accumuler au niveau de l'horizon Bt préalablement formé.

*N. Fedoroff* (1968) expose un classement des divers types d'horizons Bt présents en France atlantique. Partant de la séquence évolutive que nous avons mis en évidence sur limon loessique, l'auteur en présente des variations pour des sols développés sur d'autres matériaux. *N. Fedoroff* y oppose deux types d'horizons textural : statique et dynamique. L'horizon Bt des sols développés sur limon loessique récent serait intermédiaire : pseudostatique.

En 1969, *J. Lozet* présente un travail concernant la genèse des horizons du type fragipan dans la région condruzienne. Il conclut à l'origine glaciaire probable de cet horizon, en accord avec les auteurs britanniques, mais en opposition avec la majorité des chercheurs américains.

En 1968 et 1969, *J. Bouma*, *J. Van Schuylenborgh* et *L. Pons* publient, dans le cadre de travaux concernant la genèse des sols en climat tempéré humide, une série de travaux sur les sols limoneux. Les auteurs décrivent avec beaucoup de précision les caractères des sols glossiques plus ou moins fortement hydromorphes. Ils signalent la présence importante d'argile orientée au niveau de l'horizon de transition B<sub>3</sub>, la dissociation partielle entre fer et argile au cours des phénomènes de déplacement, ainsi que la différence qui existe entre la composition des langues de dégradation et la matrice des horizons au même niveau. Ils attribuent, au moins partiellement, la genèse de ces langues à des processus d'oxydo-réduction.

Les auteurs signalent d'autre part l'absence de revêtements argileux dans les sols les plus hydromorphes, cependant que des argiles bien orientées sont présentes dans la masse de l'horizon. Des accumulations de grains de squelette sont enfin bien mises en évidence.

Très récemment, *J. Van den Broek* et *H. Van der Marel* (1969) ont effectué une analyse particulièrement détaillée de l'altération, de l'illuviation et de la tendance à la podzolisation d'un sol hydromorphe sur loess. Ils en déduisent que des processus très différents caractérisent ce sol et en rendent la classification particulièrement difficile.

Actuellement, en France comme dans les pays immédiatement voisins, de nombreuses études sont en cours sur les sols développés dans les formations limoneuses loessiques.

Parmi les nombreux travaux effectués sur les sols qui nous occupent, en Allemagne et en Europe centrale, certains sont particulièrement intéressants.

Nous avons déjà cité *J. Fink* (1956) qui présente une synthèse des sols et paléosols sur loess d'Autriche, en soulignant l'importance des variations climatiques du territoire dans la différenciation des sols.

En 1957, *H. J. Altemüller* établit, pour les sols sur loess de Basse Saxe, une séquence évolutive progressive. *E. Meuer* (1960) considère que les sols bruns lessivés sur loess se sont développés durant toute la période postglaciaire, c'est-à-dire environ 10.000 ans. *P. Kundler* (1961) montre que les sols bruns lessivés sont caractérisés par la migration des argiles fines et par celle du fer.

Au Congrès de Nouvelle-Zélande, en 1962, *F. Scheffer* et al. exposent leurs conceptions sur l'altération et l'évolution pédologique des matériaux meubles comme les limons. Ils opposent l'altération en milieu clos ou confiné, à l'altération en milieu ouvert. Le premier étant favorable à la néogenèse d'argile, le second à l'"argilification", c'est-à-dire au fractionnement mécanique. L'altération du loess s'opérant essentiellement en milieu ouvert, les processus seraient de façon dominante de nature mécanique : microdivision des micas par libération des oxydes de fer puis desquamation. L'évolution des sols en conditions acides amènerait ensuite une ouverture des illites : apparition des "Hemi-expandites". Dans un stade plus avancé, apparition des "Holo-expandites", phénomène correspondant à la vermiculitisation. Un stade plus avancé verrait ensuite la genèse de chlorites secondaires.

*I. Lieberoth*, en 1963 et 1964, étudie les loess de Saxe et les sols et paléosols qui s'y sont développés. Nous avons vu plus haut l'apport très important de ces travaux dans la connaissance de la stratigraphie du Pléistocène supérieur. L'auteur décrit des types de sols successifs contemporains des périodes interglaciaires : sols podzoliques à pseudogley sur loess russe, sol brun arctique sur würm ancien, sol lessivé sur loess récent.

*Lieberoth* (1964) compare ensuite les caractéristiques de deux types de sols très importants sur loess : "Parabraunerde" et "Fahlerde". Il compare notamment la morphologie des profils, les indices d'entraînement de l'argile totale et de l'argile fine, les capacités d'échange et la répartition de différentes formes du fer. Il conclut à une dynamique différente de ces deux types de sols qui correspondent aux stades de sol lessivé et sol lessivé glossique.

En 1965, *E. Kundler* publie un gros travail sur les différents types de sols forestiers de la D. D. R.. Il distingue deux phases d'évolution pour les sols lessivés : une phase de migration mécanique et une phase de blocage résultant de l'acidification progressive.

F. Scheffer, B. Meyer et H. Cebhards (1966) étudient l'"argilification" et l'évolution minéralogique au cours de la décarbonatation et de l'acidification des sols sur loess. Deux zones ou fronts d'évolution principaux sont distingués : zone de décarbonatation en milieu saturé, zone d'acidification en milieu riche en aluminium. La rapidité des processus paraît liée étroitement à l'économie en eau. L'enrichissement en argile apparaissant au cours de l'altération du loess serait issue partiellement de phénomènes cryoclastiques et partiellement de processus pédogénétiques.

Il convient de citer également les nombreux travaux de E. Mückenhausen et de l'Université de Bonn sur les sols limoneux, souvent hydromorphes, de l'ouest de l'Allemagne. Il s'agit fréquemment des "pseudogleys" de la systématique des sols utilisée en Allemagne.

La littérature se rapportant aux sols développés sur formations limoneuses en Europe centrale est beaucoup trop importante pour pouvoir être analysée ici. Cependant, les contacts que nous avons eus avec les pédologues roumains nous permettent de citer les travaux très intéressants de N. Cernescu, N. Spirescu, N. Githulescu et A. Conă. Les chercheurs soviétiques sont nombreux ; indépendamment de ceux que nous avons cités plus haut il faut noter le travail de S. V. Zonn (1966) qui traite des sols limoneux de la Russie d'Europe, et qui esquisse une séquence d'évolution sous climat continental.

En ce qui concerne l'abondante littérature américaine, nous en avons retiré ce qui nous paraît essentiel pour le travail que nous réalisons et avons intégré ces études dans l'analyse qui suit et qui se rapporte aux principaux processus pédogénétiques affectant les sols sur formations limoneuses.

Le processus de *lessivage*, ou déplacement de particules argileuses dans le sol, pratiquement sans altération des minéraux argileux constitutifs, n'a vraiment été étudié que depuis une cinquantaine d'années. Cette notion fut introduite pour expliquer la différence de teneur en argile de l'horizon Bt par rapport à l'horizon A.

En 1928, pour rendre compte de ce mécanisme, M. Baldwin introduit les "Grey Brown Podzolic soils" dans la classification américaine. G. Aubert et A. Demolon (1938), ensuite Ph. Duchaufour (1956) adoptent une conception analogue pour la systématique française des sols, et y introduisent la notion de sol lessivé.

En 1938, Baldwin définit déjà des sols à horizon Bt très enrichi comme "planosols". Nous verrons plus loin les conceptions actuelles concernant ce type de développement.

Cependant, l'origine de la différence granulométrique entre horizons A et B paraît toujours fortement controversée. Deux écoles importantes sont en présence. D'une part l'école russe pour laquelle intervient une destruction par attaque acide dans les horizons supérieurs, les produits d'altération se déplaçant ensuite en solution dans le sol pour se reconstituer en feuillets minéraux dans l'horizon B. Les chercheurs de l'autre école, la majorité, considèrent que les particules se déplacent sans destruction importante, en suspension, pour se déposer au niveau de l'horizon Bt. Différentes hypothèses sont émises pour expliquer les conditions de milieu nécessaires aux déplacements et aux dépôts.

Sur le terrain, les caractères du lessivage, ou de l'illuviation, sont constitués par les revêtements argileux présents dans les pores et sur les agrégats structuraux. Dès 1928, *Baldwin* avait observé des "coatings" sur les faces des agrégats ; depuis lors de nombreux auteurs en ont donné des descriptions précises : "clay skins" de *Cline* (1949), *Buol* et *Hole* (1959), "clay films" de *Thorpe* et al. (1957), "cutans" de *Brewer* (1960), "tonhauchten" de *Kunze* et *Oakes* (1957) ; très bien analysés par *Laruelle* en 1958 dans les sols limoneux de Belgique.

Ces revêtements sont le plus aisément discernables dans des matériaux de granulométrie intermédiaire : limoneuse, limono-sableuse, limono-argileuse... Dans les sédiments sableux, l'argile tend à entourer les grains individuellement et à former des ponts, tandis que dans les dépôts argileux les tensions caractéristiques de ces matériaux peuvent faire disparaître, au moins partiellement, ces enrobements.

*V. Malycheff* (1929) et *A. Allen* (1930) furent les premiers à étudier des sols sur loess au microscope polarisant ; il fallut cependant attendre 1938 pour qu'une méthodologie soit mise au point par *W. Kubiena*. Depuis lors de nombreux travaux ont été réalisés : *Frei* et *Cline* (1949), *Caleb* (1954), *Altemüller* (1956), *Jongerius* (1956), *Laruelle* (1957), *Stephen* (1960) et surtout *Brewer* (1956-1964).

Il faut cependant noter qu'ici également une controverse existe entre certains chercheurs soviétiques et la majorité des micromorphologistes. *Varilova* et *Parfenova* (1957-1958), *Karpachevskiy* et *Shleymis* (1966) considèrent en effet que les argiles orientées présentes dans les horizons d'accumulation d'argiles constituent des "colloform clays" issues de la précipitation de gels.

*Brewer* (1960) précise par ailleurs que les argiles orientées ne proviennent pas toutes de déplacements, mais peuvent résulter de processus d'altération en place.

Très peu d'études, par contre, ont été effectuées sur la composition et les propriétés des produits argileux illuviés.

*S. Buol* et *F. Hole* (1959-1961) comparent la composition des revêtements argileux de l'horizon Bt d'un sol lessivé sur limon à celle de la fraction argileuse des agrégats correspondants. Les revêtements, très argileux (plus de 80 % pour la fraction 0-2  $\mu$ ), sont plus riches en C, N, Fe, Al, Mn, K que l'argile des agrégats, mais plus pauvres en Si. De l'analyse du rapport fer libre / fer total les auteurs déduisent un déplacement du fer indépendant de l'argile sous formes de complexes organo-ferriques.

*R. Grossman* (1959), analysant la nature minéralogique des "coatings" de quelques sols de l'Illinois montre qu'ils sont plus riches en montmorillonite que les agrégats correspondants, et conclut que ce type d'argile se déplace plus aisément que les autres minéraux qui lui sont associés.

*I. Khalifa* et *S. Buol* (1967) montrent que la fraction fine des argiles des revêtements est beaucoup moins bien cristallisée que celle des agrégats correspondants.

Les mécanismes de déplacement ont fait l'objet d'un certain nombre de théories et de travaux expérimentaux.

En 1934 et 1935, *G. Smith*, *J. Jenny* cherchent l'origine des "illuvial pans" par une théorie sur les solutions électrolytiques.

*Bray* (1934) considère la dispersion de colloïdes très petits, même saturés par des ions défavorables à cette dispersion, qui intervient dès qu'une percolation d'eau rapide apparaît dans le sol au début des principales chutes de pluie.

*E. Frei* et *M. Cline* (1949) examinent les différentes possibilités de déplacement de l'argile et concluent à l'éluviation de l'argile sous forme colloïdale à partir de l'horizon A<sub>2</sub>, avec la protection de colloïdes organiques.

*M. Cline* (1949) montre que la présence de carbonates de calcium inhibe les déplacements colloïdaux, sans cependant totalement les bloquer.

*R. Bétrémieux*, en 1951, publie une étude expérimentale très intéressante sur l'évolution du fer et du manganèse dans les sols. Il met en évidence l'importance des phénomènes d'oxydo-réduction dans le comportement de ces éléments réductibles.

En 1956, *Ph. Duchaufour* considère les valeurs de pH optimales pour les déplacements d'argiles : entre 5 et 6,5. Plus bas que 5 une floculation intervient par l'ion Al, au-dessus de 6,5 par l'ion Ca.

De nombreux travaux expérimentaux ont été réalisés pour déterminer les conditions de milieu permettant ou favorisant le lessivage : *Thorp* et al. (1957), *Brewer* et *Haldane* (1957), *Bartelli* et *Odell* (1960), *Hallsworth* (1963), *Dijkerman* et al. (1967).

Nous avons vu qu'en 1962, *G. Manil* considère deux types de lessivage différents, l'un en milieu aéré et saturé, l'autre en milieu plus asphyxiant et désaturé. *Kundler* (1965) et *Duchaufour* (1966) reprendront ces notions.

En 1964), *Ph. Duchaufour* étudie la dynamique de l'aluminium dans plusieurs types importants de sols désaturés, et en montre l'intérêt pour l'étude des processus d'altération et de migration. L'auteur en déduit pour les sols bruns lessivés une altération modérée libérant de l'aluminium essentiellement sous forme échangeable, qui constituerait la raison de l'acidité de ces sols.

*C. Juste*, en 1965, met en évidence l'influence de l'aluminium dans l'évolution des sols acides du Sud-Ouest atlantique.

*H. Gebhardt* (1964) note, à partir d'un certain stade d'évolution des sols lessivés, un comportement différent de l'argile et du fer, dénotant probablement le seuil d'intervention d'un processus complémentaire.

*Ph. Duchaufour* et *B. Souchier* (1965-1966) analysent le comportement de divers types de sols en fonction de plusieurs paramètres, dont le fer, l'aluminium et les composés humiques. Les sols bruns lessivés sont caractérisés par un entraînement modéré de l'argile et du fer, les sols lessivés mésotrophes et oligotrophes continuent à montrer des phénomènes de déplacements colloïdaux, malgré une libération de plus en plus importante d'aluminium qui vient progressivement s'accumuler dans l'horizon textural.

Dans un même ordre d'idées, les travaux de *Schwertmann* (1966) et *Lefevre-Drouet* (1963-1966) montre l'importance de Al échangeable dans l'acidité des horizons minéraux et hémorganiques des sols lessivés.

*S. Zonn* (1966) confirme le comportement différent de l'argile et du fer dans les sols fortement évolués.

En 1969, *B. Souchier* et *Ph. Duchaufour* prouvent que même en milieu très acide et riche en aluminium, le lessivage des argiles peut se produire grâce à l'action de composés organiques solubles provoquant leur dispersion.

La 7ème approximation de classification américaine des sols donne actuellement une définition précise de l'horizon d'accumulation d'argile, ou horizon "argillique", à laquelle il peut être intéressant de se référer (1960-1967).

Certains auteurs : *Mick* (1949), *Brewer* (1955), *Vertel* (1961) mettent en garde contre la sous-estimation des altérations en place dans l'augmentation de la teneur en argile des horizons B. Enfin, *A. Corte* (1961) émet l'hypothèse de l'influence de conditions tardiglaciaires dans la genèse de certains horizons d'accumulation d'argile.

Le comportement particulier de certains sols lessivés très désaturés et fréquemment à caractères d'hydromorphie a justifié un nombre croissant de travaux, essentiellement depuis une vingtaine d'années. Ces sols peuvent présenter quelquefois en surface une tendance à une podzolisation discrète.

Il s'agit des sols lessivés à horizon Bt dégradés, sol lessivés glossiques, parfois planosoliques.

Leur étude a tout d'abord été menée presque exclusivement par les chercheurs américains, bien que certaines observations leur correspondant soient de très loin antérieures.

Dès 1889, *Glinka* note des taches blanchies sur les faces des agrégats structuraux des horizons B de Chernozem podzolisés et sols forestiers gris en U. R. S. S.. En 1924, il précisera ses observations en parlant de sable fin "lavé" de son fer et de son argile. *A. Rode* rend compte également, dès 1930, de semblables observations.

Aux Etats-Unis, *M. Cline*, *E. Frei* et *S. B. Mac Caleb* (1949-1950), constatent la présence, dans l'état de New-York, de différents sols lessivés à acidité croissante. Le solum s'approfondit, l'horizon A<sub>2</sub> s'acidifie, l'horizon Bt s'épaissit sans augmentation du taux d'argile, des "silty coatings" apparaissent sur les agrégats de la partie supérieure du Bt.

*M. Cline* (1949) interprète les caractères de ces revêtements de limon fin comme une perte d'argile sous l'influence d'un intense lessivage acide. L'auteur n'exclut cependant pas la possibilité d'une décomposition chimique avec déplacement en profondeur ; il note d'autre part la présence de taches de dégradation dans des sols moins désaturés. *E. Frei* et *M. Cline*, examinant des échantillons d'agrégats de Bt au microscope polarisant observent la présence, à l'intérieur, de reliques constituées par des particules d'argiles orientées, tandis qu'en limite d'agrégats les éléments limoneux et sableux dominant.

*R. Dudal* (1953) présente, dans sa séquence sur limon loessique, un sol lessivé podzolique dont l'horizon A<sub>2</sub> pénètre en langues dans le B<sub>2t</sub>. Il observe, sous monoculture de hêtres, une micropodzolisation marquée, particulièrement dans les zones les plus humides. Cette dégradation va de pair avec la présence d'un horizon du type fragipan en profondeur. L'auteur émet l'hypothèse d'une induration de ce niveau par de la silice colloïdale provenant de la dégradation des minéraux argileux. *Dudal* observe dans l'horizon A<sub>2</sub> des valeurs de capacité d'échange assez faibles, et note la présence de kaolinite.

A. Rode et S. Feofarova (1955) étudient les chernozems podzolisés et les "grey forest soils" des steppes forestières et analysent les "poudres silicatées" des horizons B. Ces plages sont plus riches en quartz et feldspaths et plus pauvres en argile que les agrégats du sol.

En 1959, G. Manil définit un processus de "délehmification", correspondant à la destruction progressive de l'horizon Bt illuvial et la reconstitution d'un horizon compact en profondeur.

Thorpe et al. (1959) mettent en évidence, par examen de lames minces, des traces d'ancien horizon Bt dans un horizon de transition A<sub>3</sub>/B<sub>1</sub> qui constitue en fait un horizon A & B de la nomenclature actuelle.

P. Grossman (1959) étudie plus particulièrement les surfaces de dégradation, en les comparant avec l'intérieur des agrégats. Cette dégradation est très localisée aux abords des limites d'agrégats, et l'auteur en déduit l'influence d'un processus pédogénétique du type éluvial.

R. Arnold (1963) caractérise les "silans" de certains sols, et confirme en tous points les observations de Frei, Cline et Thorpe.

Grossman (1959) puis Arnold (1963) trouvent moins de fer, de manganèse et de feldspaths dans les plages dégradées. Les minéraux argileux sont différents : moins de montmorillonite dans les zones altérées, et apparition d'intergrades alumineux.

En 1964 et 1967, nous présentons nous-mêmes d'une part une étude sur des sols glossiques à fragipan du nord de la France, d'autre part une synthèse générale concernant les sols sur loess d'Europe occidentale dont le sol lessivé glossique paraît être un stade ultime d'évolution.

P. Bullock (1968) réalise enfin un travail directement axé sur l'étude de la zone de dégradation des sols lessivés. Il constate essentiellement : un départ d'argile fine des plages dégradées, avec migration à grande profondeur, une composition des revêtements argileux intermédiaire entre les matériaux dégradés et ceux de l'intérieur des agrégats. L'auteur ne constate pas de destruction d'argile à proprement parler, mais une altération des micas en vermiculite, avec transformation en chlorite secondaire dans les horizons supérieurs. Bullock n'exclut pas la possibilité de l'élimination d'une certaine quantité d'argile hors du solum.

F. de Coninck (1968) expose très clairement l'évolution des podzols de Campine où les processus de dégradation du Bt précèdent ceux de la podzolisation proprement dite. Il définit une illuviation dite "secondaire" correspondant à la remobilisation des argiles de l'horizon Bt en milieu acide et réducteur.

De Coninck, Herbillion, Tavernier et Fripiat (1968) précisent ensuite les conditions d'altération d'un tel horizon.

En 1969, P. Ranney et M. Beattu étudient les déplacements d'argile et la formation de langues de dégradation dans deux sols glossiques du Wisconsin. Aucune destruction d'argile ne peut être mise en évidence, et la formation du "tonguing" résulte d'un processus éluvial.

Enfin, il faut rappeler les travaux de J. Bouma et al. (1968-1969), J. Van den Broek et al. (1969) sur les sols limoneux glossiques des Pays-Bas, et que nous avons commentés plus haut.

En ce qui concerne l'évolution des minéraux argileux au cours de la pédogenèse, les travaux les plus importants ont été réalisés par G. Millot et G. Pedro, aux Etats-Unis par M. Jackson.

Il faut noter tout d'abord que les particules colloïdales représentent le plus souvent des produits d'altération relativement stables et moins altérables, d'une manière générale, que les minéraux primaires à partir desquels ils se sont fermés.

En 1948, M. Jackson et al. établissent une séquence d'altération des minéraux argileux dans les sédiments et les sols. Les mêmes auteurs suggèrent (1952) que les micas s'altèrent en montmorillonite par l'intermédiaire des phases illitique et vermiculitique. De nombreux travaux américains ont suivi, confirmant et précisant la séquence de Jackson.

En 1964 et 1965, G. Millot et al. définissent avec précision les mécanismes de l'évolution des minéraux phylliteux, leur "dégradation" et leur "agradation". Nous avons vu plus haut l'importance de leurs travaux pour la connaissance de l'évolution des loess.

Depuis 1964, G. Pedro étudie expérimentalement les aspects fondamentaux de l'altération des roches ainsi que les processus géochimiques de la pédogenèse.

M. Jackson et al. (1963) introduisent la notion de l'effet "antigibbsite" : introduction de composés alumineux en position interfoliaire des minéraux 2/1, qui amène progressivement la formation de vermiculite alumineuse puis de chlorite secondaire.

Des travaux récents de M. Robert et G. Pedro (1972) ont précisé les conditions de milieu permettant la formation de ces minéraux alumineux.

S. Hénin et al. (1968) montrent que la stabilité des minéraux secondaires pédogénétiques est, d'une manière générale, relativement importante.

En 1969, G. Pedro effectue une synthèse sur l'évolution des minéraux dans les sols durant le Quaternaire, et traite particulièrement de celle de la séquence phylliteuse correspondant aux transformations pédominéralogiques.

M. Robert (1972) vient de définir les conditions de transformation pour une séquence d'évolution illite / smectite.

D'assez nombreux chercheurs ont noté, au sein des profils de sols développés dans les matériaux limoneux, la présence d'horizons compacts dont certains correspondent à la définition du "fragipan" des auteurs anglo-saxons. L'origine de cet horizon a déjà été abondamment discutée.

La majorité des auteurs américains sont partisans d'une genèse strictement pédologique : Russel (1961), Carlisle et al. (1957), Knox (1957), Grossman et al. (1959), Vassoglou et al. (1960), Iha et al. (1963). Les arguments présentés sont basés essentiellement sur la disposition, la profondeur, la granulométrie, la morphologie, la saturation de cet horizon.

D'autres, Fitzpatrick (1956), Crampton (1965), voient deux phases dans la formation de cet horizon compact. La première, phase d'induration, daterait des périodes glaciaires, la seconde, phase de cimentation, serait due à des phénomènes pédogénétiques.



La nature du ciment éventuellement présent a fait l'objet de diverses hypothèses. En 1953, *P. Fudal* pense à de la silice colloïdale. En 1966, *Vanderford* et *Snaffer* supposent que certaines formes d'accumulation d'argile pourraient en être la cause.

*J. Lozet* (1969), étudiant un type de "fragipan" dans le Condroz, conclut à l'influence prépondérante des conditions glaciaires sur la formation de cet horizon compact.

Nous venons de voir, à travers la littérature consacrée aux sols limoneux, que certains de ces sols, parmi les plus évolués, paraissent présenter certains symptômes de podzolisation.

La différence entre processus de lessivage et de podzolisation, ainsi que leur nature et leur signification ont fait l'objet de travaux importants. Il ne nous est pas possible d'entrer dans le détail des diverses conceptions émises, nous nous référerons aux définitions récemment précisées par *Ph. Duchaufour* dans sa publication de 1968 sur l'évolution des sols.

Dès 1948, *Duchaufour* montre la succession et l'interaction possible des deux processus dans son travail sur la chênaie atlantique.

Les auteurs américains que nous avons cité plus haut (*Cline, Frei et Cline - Mac Cale's*) sont partisans d'une "clay translocation without destruction" en conditions faiblement acides, et d'un début de destruction en conditions progressivement de plus en plus acides.

Les auteurs soviétiques, antérieurement à 1950, étaient pratiquement unanimes à considérer une destruction des minéraux argileux dans les horizons supérieurs et une synthèse de néoformation dans l'horizon d'accumulation.

En 1958, *V. Fridland*, sur la base d'analyses globales des argiles, dissocie les processus d'"illimerisation" et de podzolisation, conceptions qui rejoignent celles des auteurs occidentaux.

*I. Parfenova* et *S. Varilova* (1960), ainsi que *A. Rode* (1964) sont en désaccord avec *Fridland* sur de nombreux points. *Rode* souligne l'importance des mécanismes de formation d'argile en place dans les horizons B et d'une resynthèse à partir de produits d'altération issus de l'horizon A.

*Ph. Duchaufour* et *F. Lelong* (1968) admettent la possibilité d'élimination sous forme soluble des produits d'altération des argiles dans des sols lessivés podzoliques hydromorphes.

En 1988, sont publiés, comme nous l'avons vu, les travaux de *F. de Coninck* et *P. Sullock* traitant respectivement des processus de dégradation-podzolisation et de dégradation des horizons argilliques.

*R. Brinkman* (1969) introduit une nouvelle notion, celle de "ferrolyse", mécanisme cyclique d'oxydo-réduction provoquant l'attaque des minéraux argileux. Ce processus serait à l'origine de nombreux types de sols comme les glossisols et les planosols.

En 1970, *R. Fudal* passe en revue l'ensemble des conceptions concernant les sols appelés podzoliques dans la littérature et propose un classement à l'échelon international pour l'élaboration de la carte des sols du monde.

Les travaux que nous venons de citer et d'analyser brièvement représentent la somme des connaissances actuelles sur les sols développés sur matériaux limoneux et les processus pédogénétiques qui sont à l'origine de leur développement. Ces données nous ont naturellement permis d'orienter notre démarche de recherche.

Le lessivage d'argile sous forme colloïdale a été reconnu depuis de nombreuses années par beaucoup d'auteurs, indépendamment des quelques controverses que nous venons d'évoquer.

Il ne nous est matériellement pas possible d'entrer dans le détail des diverses prises de position, hypothèses et nuances avancées par les différents chercheurs.

Les deux points les plus importants sont représentés d'une part par les *conditions de milieu* permettant et favorisant les mécanismes du processus, d'autre part par la *nature des produits de déplacement*.

En ce qui concerne les conditions de migration, nous nous référons au travail de Ph. Duchaufour (1968) qui distingue deux formes de lessivage que signalait déjà G. Manil en 1962 :

- lessivage en milieu aéré, calcique ou modérément désaturé,
- lessivage en milieu mal aéré et acide.

Ces deux types pouvant se présenter successivement sur matériaux limoneux.

La composition des dépôts résultant de ces migrations a fait l'objet d'un nombre restreint d'analyses, bien que constituant naturellement un élément important d'interprétation. Rappelons les travaux de Crossman (1959) Buol et Koler (1959-1961) qui signalent la quantité importante de minéraux gonflants dans les "clay skins" analysés.

Trois hypothèses principales ont été émises par la majorité des pédologues pour expliquer les phénomènes de *dégradation secondaire*, c'est-à-dire l'altération des horizons d'accumulation d'argile.

P. Bullock (1968) les présente de la façon suivante :

- altération et désintégration des feuilletts argileux avec élimination d'une partie ou de la totalité des produits obtenus.
- approfondissement de l'horizon A<sub>2</sub> avec déplacement d'argiles de la partie supérieure de l'horizon B<sub>t</sub> et accumulation à un niveau inférieur dans le solum.
- interventions simultanées des deux premiers processus.

De son propre travail sur les zones de dégradation, Bullock conclut à l'absence de destruction d'argile proprement dite, mais à une altération dans le sens d'une "agradation" par aluminisation des minéraux phylliteux. Cependant, il ne considère pas comme impossible l'élimination à grande profondeur de certains constituants.

De Coninck (1968) montre l'importance des conditions de réduction et de désaturation dans l'origine de la dégradation des niveaux d'accumulation d'argile, et dans l'apparition d'une illuviation dite "secondaire".

Rappelons enfin que Duchaufour et Lelong (1968) émettent l'hypothèse d'une élimination de produits d'altération sous forme soluble dans des sols hydromorphes à tendance podzolique.

*Grossman* (1959), *Arnold* (1963), *Bullock* (1968) et *Ranne* et al. (1969) analysent un certain nombre d'échantillons de plages dégradées et de revêtements argileux. Ces différents auteurs en déduisent un départ d'argiles fines essentiellement montmorillonitiques et une aluminisation des minéraux argileux résiduels des zones blanchies.

Nous nous sommes efforcés, au cours de notre travail, de tester ces différentes hypothèses sur notre matériel d'étude, et d'apporter notre propre contribution à la connaissance des sols limoneux et de leur genèse.

\*

\*

\*

#### 4.3. CARACTERISATION ET ETUDE DES PROFILS TYPES

Les profils suivants ont donc été retenus pour une étude détaillée ; ils présentent des degrés de développement sensiblement différents compte-tenu de l'âge du matériau, de sa composition, des conditions de mise en place, de la tendance climatique, de la position topographique, de l'occupation végétale.

Ces sols appartiennent à la couverture limoneuse des différentes régions naturelles.

##### Sols sur limons d'apport récent.

ESSIGNY 3	- Picardie
CRAONNE 47	- Soissonnais
LAON 1	- Soissonnais
VERVINS 10	- Marlois
EPERNAY 3	- Haute-Brie

##### Sols sur limons d'apport plus ancien.

CHATEAU-THIERRY 11	- Haute-Brie
MONTMIRAIL 32	- Haute-Brie
MONTMIRAIL 31	- Haute-Brie
MONTMIRAIL 15	- Haute-Brie
CHATEAU-THIERRY 22	- Tardenois

##### Sols polygéniques.

HIRSON 16	- Thiérache
HIRSON 55	- Ardenne
LA FERRE 6	- Soissonnais

La présentation, au sein de chaque groupe, sera faite en fonction d'une progression dans le degré d'évolution des sols.

Pour chaque profil seront présentés une description morphologique détaillée, les résultats des différentes déterminations analytiques et ceux de l'examen micromorphologique. Les principales caractéristiques seront mises en évidence tandis que la place du type de sol dans les systèmes de classification français et américain, ainsi que dans la légende de la carte des sols du monde de la F. A. O. sera précisée.

En ce qui concerne les déterminations minéralogiques effectuées sur les fractions d'argiles fines et grossières d'échantillons particuliers : revêtements et plages dégradées, les données seront traitées dans le chapitre 4.4..

On remarque dans cette sélection l'importance prise par les unités de la Haute-Brie, la raison en est le stade d'évolution très poussé de ces sols, permettant l'étude des principaux aspects de la "dégradation" et de l'hydromorphie.



#### 4.31. SOLS SUR LIMONS D'APPORT RECENT

Nous avons sélectionné quatre profils caractéristiques des régions à couverture de loess récent : Picardie, Soissonnais et Marlois, ainsi qu'un cinquième typique des zones dispersées à recouvrement plus récent sur les matériaux anciens de Haute-Brie.

Le profil *Essigny 3* est caractéristique de la région picarde, ceux du Soissonnais sont *Crœonne 47* et *Laon 1*, celui du Marlois *Hervins 10*, tandis qu'*Epernay 3* représente le limon récent du Sud de la région.

#### - PROFIL ESSIGNY 3 -

Situé dans la partie ouest de la région étudiée, ce sol est développé dans la couverture loessique très pure de Picardie. Il représente le degré d'évolution le plus répandu : décarbonatation et illuviation modérée, avec différenciation d'un horizon Bt très caractéristique.

Ce profil a fait l'objet d'un examen micromorphologique approfondi, et d'une détermination des minéraux argileux de l'horizon d'accumulation et de l'horizon C.

#### DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Essigny-le-Grand - Sud-ouest de l'église.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	14/5/63 - Temps pluvieux.
<u>Végétation</u>	Blé
<u>Position géomorphologique</u>	Milieu d'une pente longue, faible (2-3 %) à exposition ouest.
<u>Altitude</u>	105 m.
<u>Matériau originel</u>	Couverture homogène de loess récent.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : moyen Drainage interne : favorable.
<u>Activités biologiques</u>	Très importantes. Excellente activité faunique - Conduits de lombricides présents jusqu'à plus de 150 cm.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé Hapludalf typique à Agrudalf.
<u>Remarques.</u>	Sol développé dans une couverture loessique décarbonatée reposant à 200 cm sur un lehm ancien recarbonaté. Cette transition, qui ne constitue pas une discontinuité typique, a cependant été indiquée par le symbole II.

Ap 0 - 24/26 cm	Limons moyens - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Assez frais - Teneur assez élevée en matière organique - Radicelles assez nombreuses - Structure polyédrique subangulaire moyenne, moyennement développée ; localement tendance vers une structure grumeleuse - Présence d'une semelle de labour caractérisée par une structure lamellaire à muciforme moyennement développée, à la partie inférieure de l'horizon (3 à 4 cm) - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.
B <sub>1</sub> - 24/26 - 37	Limons argileux - Brun foncé : 10 YR 4/3 - Assez frais - Infiltration de matière organique moyenne - Radicelles encore assez nombreuses - Horizon légèrement tacheté de points d'oxydation - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne, moyennement développée - Friable à ferme - Revêtements argileux à argilo-humifères épais et continus recouvrant 50 à 60 % des faces des agrégats structuraux - Les conduits de lombrics sont tapissés d'une pellicule humifère assez épaisse - Limite graduelle et régulière.
B <sub>21</sub> <sup>t</sup> - 37 - 48	Limons argileux - Brun jaune foncé : 10 YR 4/4 - Assez frais - Infiltration de matière organique diminuant progressivement, mais restant moyenne localement - Quelques radicelles d'orientation verticale - Taches d'oxydation très dispersées et peu contrastées - Structure graduelle et régulière - Revêtements argileux et argilo-humifères épais et assez continus sur toutes les faces des unités structurales - Limite graduelle et régulière.
B <sub>22</sub> <sup>t</sup> - 48 - 70	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais - Faible infiltration de matière organique - Quelques radicelles - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne bien développée reprise dans une structure prismatique fine à moyenne, moyennement développée - Ferme - Revêtements argileux moyennement épais et continus sur la majorité des faces structurales - Limite graduelle et régulière.
B <sub>3</sub> - 70 - 100	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Frais - Quelques traces d'infiltration humifère - Quelques traces d'oxydo-réduction peu accentuées - Ferme - Structure prismatique grossière faiblement développée - Revêtements argileux minces et discontinus sur les faces verticales - Limite distincte et régulière.
B/C - 100 - 120	Limons moyens - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Frais - Traces oxydo-réduction éparses - Peu structuré, quelques faces verticales se dissocient dans la masse à structure continue - Friable - Revêtements argileux minces et discontinus de moins en moins étendus - Limite graduelle et régulière.
C <sub>1g</sub> - 120 - 145	Limons moyens - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Frais à humide - Phénomènes d'oxydo-réduction plus marqués avec prédominance des caractères gleyifiés - Structure massive - Friable à ferme - Traces de revêtements argileux minces sur quelques faces préférentielles de dissociation verticales - Limite graduelle et régulière.
C <sub>2g</sub> - 145 - 200	Limons moyens - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Frais à humide - Oxydo-réduction assez marquée - Structure massive. Loess décarbonaté.
II C <sub>3</sub> - 200 - 225	Limons moyens - Prélèvement à la tarière.
II C <sub>4</sub> - 225 - 255	Limons moyens - Prélèvement à la tarière.
II C <sub>5</sub> - 255 - 280	Limons argileux - Prélèvement à la tarière.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argile		Limons			Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
				0-2µ	2-10µ	10-20µ	20-50µ	50-100µ	100-200µ	200-2000µ	0-0,2µ			0,2-2µ	
A 980	Ap	0 - 24/26	10 YR 6/3	20.8	9.1	16.5	43.7	4.8	0.8	1.1			2.6	11.3	9.5
A 981	B <sub>1</sub>	- 37	10 YR 6/4	24.0	10.8	16.5	42.3	4.0	0.3	0.3			1.0	13.5	10.5
A 982	B <sub>21t</sub>	- 48	10 YR 6/4	28.0	12.5	13.3	41.3	3.4	0.2	0.2			-	15.0	13.0
A 983	B <sub>22t</sub>	- 70	10 YR 6/4	26.4	10.0	13.3	44.3	4.4	0.2	0.4				16.3	10.1
A 984	B <sub>3</sub>	- 100	10 YR 6/4	25.6	5.8	12.5	51.4	3.5	0.1	0.1				14.3	11.3
A 985	B/C	- 120	10 YR 6/4	20.0	6.6	13.3	55.7	3.5	0.1	0.1				8.8	11.2
A 986	C <sub>1g</sub>	- 145	10 YR 7/6	20.0	5.7	15.5	55.0	3.2	0.1	0.1				9.5	10.5
A 987	C <sub>2g</sub>	- 200	10 YR 7/6	16.0	6.5	16.4	58.5	2.1	0.1	0.1				9.0	7.0
A 988	IIC <sub>3</sub>	- 225	10 YR 7/6	19.2	10.9	17.2	48.5	3.7	0.1	0.1				10.0	9.2
A 989	IIC <sub>4</sub>	- 255	10 YR 8/6	19.2	11.5	18.0	46.4	3.1	0.2	1.1	9.7			6.0	13.2
A 990	IIC <sub>5</sub>	- 280	10 YR 8/6	27.6	11.5	18.0	49.1	3.0	0.2	0.1	10.1			15.8	11.8

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure						Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %	
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.				3 H.
Ap	1.42	2.67	46.6	11.6	3.8	2.2	1.79	1.32	1.26	1.22	30.3	9.5	20.8
B <sub>1</sub>				15.2	3.8	2.4	1.82	1.18	1.15	1.08	29.8	10.1	19.7
B <sub>21t</sub>	1.62	2.63	38.4	10.0	0.8	2.8	2.04	1.05	1.01	1.01	30.6	11.3	19.3
B <sub>22t</sub>	1.59	2.50	36.4	9.2	0.4	2.4	2.07	1.21	1.19	1.17	32.3	11.3	21.0
B <sub>3</sub>	1.56	2.50	37.6	6.6	1.0	3.0	2.01	1.19	1.11	1.05	29.5	10.2	19.3
B/C				3.4	1.0	2.2	2.23	1.10	0.98	0.94	29.3	10.8	18.5
C <sub>1g</sub>	1.59	2.53	37.2	1.6	0.1	0.8	2.75	1.02	1.02	1.02	27.9	11.4	16.5
C <sub>2g</sub>				1.0	0.04	0.1	3.03	0.85	0.85	0.81	27.4	9.0	18.4
IIC <sub>3</sub>				-	-	-	-	-	-	-	27.0	8.6	18.4
IIC <sub>4</sub>				-	-	-	-	-	-	-	26.7	8.3	18.4
IIC <sub>5</sub>				-	-	-	-	-	-	-	26.6	8.3	18.3

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCL Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 100
	eau	KCl				CEC T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap	7.6		13.2	1.46	9.0	11.4	17.0	0.83	0.65	0.21	18.69	Sat.	-	1.55	2.22		
B <sub>1</sub>	7.7		4.7	0.06	7.8	10.9	13.8	0.92	0.27	0.19	15.18	"	-	1.83	2.79		
B <sub>21t</sub>	7.9					11.85	18.7	1.02	0.30	0.23	20.25	"	42	2.02	3.36		
B <sub>22t</sub>	7.7					12.45	16.0	1.26	0.40	0.24	17.90	"	48	1.85	3.58		1.68
B <sub>3</sub>	7.5					11.90	13.5	1.13	0.26	0.17	15.46	"	48	1.73	3.43		
B/C	7.8					10.45	13.0	1.28	0.23	0.18	14.69	"	49	1.77	2.93		
C <sub>1g</sub>	7.6					9.35	11.7	1.47	0.23	0.18	13.58	"	43	1.73	2.86		
C <sub>2g</sub>	7.7					8.25	10.3	1.13	0.20	0.16	11.79	"	49	1.61	2.07		
IIC <sub>3</sub>	7.6					9.75	13.8	1.16	0.22	0.18	15.16	"	47	1.45	2.93		1.18
IIC <sub>4</sub>	8.2					8.05	26.8	1.49	0.24	0.25	28.78	"	44	1.51	2.50		1.15
IIC <sub>5</sub>	8.2					9.05	25.7	1.52	0.20	0.22	27.64	"	42	1.55	2.57		





Le profil s'est différencié dans un dépôt loessique homogène d'une épaisseur de 200 cm, reposant sur un autre loess plus ancien, recarbonaté. Il faut remarquer d'une part la très faible quantité de sable, d'autre part la variation brutale de la teneur en limon grossier au niveau de la discontinuité, compte tenu de la teneur en argile différente.

Ce sol présentant visiblement un degré de troncature assez important, il ne nous est pas possible de calculer un indice d'entraînement à partir des chiffres que nous possédons. L'évolution générale du sol correspondrait à un taux d'entraînement de 1,6 à 1,7 pour l'argile totale, probablement un peu supérieur pour l'argile fine. Remarquons que la teneur maximum en argile étant relevée au niveau de l'horizon B<sub>2t</sub>, c'est le niveau B<sub>22t</sub> qui contient le plus d'argile fine.

Le calcaire présent dans les horizons profonds C<sub>4</sub> et C<sub>5</sub> l'est sous forme de "mycelium" vermiculé emplissant des pores, ils constituent donc une recarbonatation de ces niveaux enfouis par évolution du loess de couverture.

Notons une teneur en matière organique assez importante dans la couche arable, et moyenne jusqu'à 40 cm.

La densité apparente et la porosité totale restent assez constantes dans tout le profil dès les horizons minéraux : voisines respectivement de 1,6 et de 37 %.

La stabilité structurale décroît très progressivement avec la profondeur, tandis que le test de percolation met en évidence un maximum relatif au niveau du B<sub>22t</sub>.

En ce qui concerne la réserve en eau, elle est remarquablement élevée dans tout le profil.

Largement saturé, et à pH supérieur à 7,5, ce sol présente des capacités d'échanges moyennes, comprises entre 42 et 49 méq. pour l'argile.

Le fer libre est présent en quantité moyenne, ainsi que le fer soluble HCl. Quelques dosages d'Al libre ont été effectués dans les horizons B<sub>2t</sub> et C, de manière à pouvoir effectuer des comparaisons ; nous reviendrons sur ces données plus loin.

## MICROMORPHOLOGIE

*Squelette* - Nature. Le squelette présente une composition assez homogène sur l'ensemble du solum : quartz, feldspaths.

Quelques cristaux à relief fort s'observent : zircon ou épidote, avec présence de hornblende verte. Sur tout le profil, de petits fragments de biotite sont observables. La glauconie est présente dans tous les horizons et semble plus ou moins altérée en surface et jusqu'au B<sub>3</sub>.

Les dimensions sont assez homogènes avec quelques gros cristaux de quartz dans l'horizon Ap.

La distribution s'effectue au hasard, l'orientation étant généralement modérée.

*Plasma* - La répartition du plasma est assez homogène dans les horizons supérieurs, sauf dans l'horizon Ap où on note certaines accumulations préférentielles. Dans la partie inférieure du B<sub>2t</sub> ainsi que dans le B<sub>3</sub>, une certaine hétérogénéité s'observe, le B/C et le C sont à nouveau très homogènes.

Les séparations sur squelette s'observent dans tout le profil, principalement dans les horizons B où l'on note également d'une part

des séparations dans la masse, d'autre part la présence de papules. L'assemblage plasmique caractéristique est donc du type squalepique avec masepique au niveau des horizons B, et vasepique associé.

La nature du plasma est essentiellement argileuse pour ces séparations sur squelette, celles liées au "Masepic fabric" sont beaucoup plus ferriques, la distribution de base du plasma s'effectue principalement au hasard, la distribution par référence est cutanique sur squelette ou subcutanique pour le type vasepique.

L'orientation de base a un degré modéré à fort, la trame est essentiellement modérément à fortement striée, particulièrement au niveau des horizons B.

Structure de base - Le squelette est toujours supérieur au plasma. Notons un assemblage élémentaire des constituants qui, intertextique dans l'horizon Ap, devient du type porphyrique au niveau des horizons B pour redevenir intertextique dans les C.

Vides - Un caractère remarquable est le suivant : les "irregular orthovughs" de l'Ap font place dès l'horizon B<sub>1</sub> à des vides à parois plus lisses, donc tous "smoothed metavughs". Dès le B<sub>2t</sub> apparaissent des chenaux liesses, simples ou "dendroïdes", ainsi que quelques chambres. Dans la partie inférieure du B<sub>22t</sub> on observe des "craze planes" qui semblent liés au développement maximum de structure secondaire. Le bas du solum présente des vides réguliers et irréguliers, quelquefois "mammillated", à parois liesses, les chenaux étant de moins en moins représentés.

Caractéristiques pédologiques - Cutanes. Des concentrations plasmiques du type argilanes, tous "normal void cutans", apparaissent dans certains vides dès l'horizon B<sub>1</sub> et sont présents dans les horizons B et C. Assez continus dans les horizons B<sub>21t</sub> et B<sub>22t</sub>, ils deviennent plus épais et discontinus dans le bas du B<sub>22t</sub>. Notons, pour les revêtements épais du B<sub>22t</sub>, une nature plus ferrique ou une pigmentation très importante. Dans les horizons B<sub>3</sub> et C<sub>1</sub>, présence de grains de "silt" interstratifiés dans les revêtements. Des concentrations plasmiques très ferriques probablement "relict" s'observent dans le B<sub>1</sub>, recouverts par des cutanes actuels. La distribution de ces "true cutans" est donc typiquement cutanique.

L'orientation de base est généralement forte, la trame modérément à fortement striée. L'orientation de référence est donc parallèle aux parois des vides.

Des concentrations calcaires du type calcitanes de diffusion s'observent au niveau de l'horizon le plus profond. Ils représentent le résultat de la décarbonatation du loess.

Glaebules. On observe des glaebules sur l'ensemble du solum. Dans la partie supérieure des nodules argilo-ferriques semblent être en formation, caractérisés par la présence de "halos", certains sont déjà bien différenciés. On note dans la partie inférieure de l'horizon B<sub>22t</sub> des glaebules de couleur foncée, anisotropes. A ce même niveau, on observe des nodules de formes amygdaloïdes, avec présence de manganèse, caractéristique qui semblerait liée à des conditions très locales d'hydromorphie. Cette humidité localisée serait due à la perte de macrostructure au contact de l'horizon B<sub>3</sub> sous-jacent. Enfin, de petits nodules de fer et manganèse, à limites très nettes, et de forme sphérique, s'observent dans le bas du profil et sembleraient liés aux conditions de dépôt.

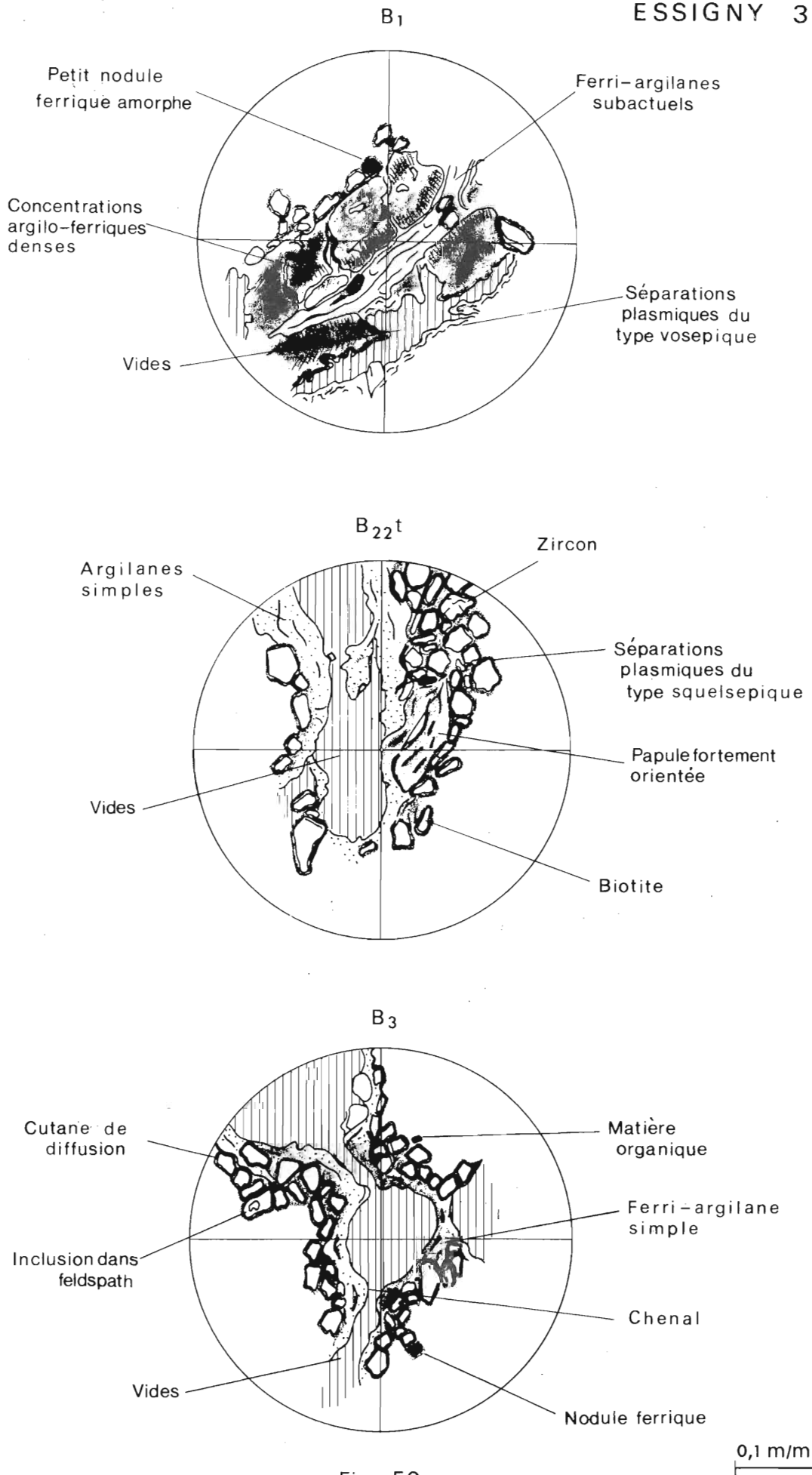


Fig. 50



ESSIGNY 3

Horizons + Unités de description ↓	Ap	B <sub>1</sub>	B <sub>21</sub> t	B <sub>22</sub> t	B <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2ca</sub>
<u>S. Matrix</u>							
<u>Squelette</u>	Quartz - Assez homogène	Feldspaths - Zircon - Assez homogène	Epidote - Homogène	Homblende verte - Biotite Assez homogène	- Glauconie plus Assez homogène	ou moins altérée Assez homogène	Assez homogène
<u>Plasma</u>	Argileux à argilo-ferrique Débris de matière organique, Hétérogène. Accumulations locales	Argileux, très ferrique localement, Matière organique humifiée, Assez homogène, plus deux localement	Argileux à argilo-ferrique Quelques débris organiques, Assez homogène	Argileux à argilo-ferrique Assez hétérogène	Argileux à argilo-ferrique localement, Assez hétérogène	Essentiellement argileux Assez homogène	Argileux - Présence de CaCO <sub>3</sub> par plaques. Assez homogène
<u>Séparations plasmiques</u>	Fines sur squelette	Sur squelette peu marquée près des parois des vides	Sur squelette peu marquée dans la masse et près des vides	Sur squelette, près parois des vides, quelques unes dans la masse	Sur squelette, dans la masse, en bandes ± concentriques par rapport aux vides	Sur squelette, très faibles près parois des vides	Quelques unes sur squelette, quelques unes dans la masse, indépendantes
<u>Assemblages plasmiques</u>	in-Squelepique	(vo)-Squelepique	ma-vo-Squelepique	vo-ma-Squelepique	(ma)-Squelepique	(vo)-Squelepique	-
<u>Structure de base</u>	SK >> PI	SK >>PI	SK > PI	SK > PI	SK > PI	SK >> PI	SK >> PI
<u>Assemblage élémentaire</u>	Intertextique	Intertextique à porphyrique	Porphyrique	Porphyrique	Porphyrique	Intertextique	Intertextique
<u>Vides</u>	Cavités ortho, irrégulières	Cavités méta, adoucies régulières et irrégulières Quelques cavités ortho, Chenaux méta, simples et dendroïdes, irréguliers Quelques chambres	Cavités et chenaux méta, adoucis et assez réguliers	Cavités méta, régulières et irrégulières "mammillated", Chenaux simples et anastomosés, Quelques chambres	Cavités méta, régulières Quelques cavités ortho, irrégulières Quelques chenaux	Cavités méta, "mammillated", régulières et irrégulières, Quelques cavités ortho	Vides d'entassement et cavités ortho
<u>Caractéristiques pédologiques</u>							
<u>Orthic, Séparations (voir plasma)</u>							
<u>Concentrations</u>							
<u>Cutanes</u>		Quelques argilanes fins et discontinus, modérément orientés, dans pores. Cutanes composites : argilanes fins recouvrant des ferri-argilanes épais.	Argilanes simples, épais sur parois des vides, fortement orientés	Ferr-argilanes simples, modérément épais, fortement orientés, sur parois des vides	Argilanes simples, assez continus, fortement orientés	Argilanes simples englobant quelques grains de "silt"	Cutanes de CaCO <sub>3</sub> : calcitanes de diffusion à partir des vides
<u>Glaebules</u>	Nodules ferriques, petits à limites très nettes Quelques cristallites	Quelques nodules argilo-ferriques ou ferriques Quelques papules à limites très nettes Quelques cristallites	Petits nodules très ferriques à limites nettes Quelques papules fortement orientées Cristallites	Petits nodules très ferriques à limites assez nettes Quelques papules et cristallites	Petits nodules très distincts plus ou moins sphériques, à limites nettes, Nodules plus importants à limites progressives. Très petites papules fortement orientées Cristallites	Quelques petits nodules Fe Mn à limites assez nettes. Quelques cristallites	Quelques petits nodules Fe Mn
<u>Hérités Pedorelicts</u>		Ferri-argilanes fortement orientés	Petits nodules ferriques très denses				
<u>Elementary fabric (Kubiessa)</u>	Intertextic à plectoamictic	Porphyropectic	Porphyropectic	Porphyropectic	Porphyropectic	Intertextic à porphyropectic	Intertextic



Papules. Les papules mentionnés dans la description du plasma sont généralement modérément à fortement orientés, leur trame étant essentiellement striée.

Cristallites. Des cristallites ferriques sont présents dans une grande partie du profil. Un maximum est observable dans l'horizon B<sub>21</sub> ; leur orientation est généralement modérée à forte.

*Assemblage élémentaire selon Kubiena* - L'assemblage du type "plectoamictic" à "intertextic" de l'horizon Ap fait place immédiatement à l'assemblage "porphyropectic" qui représente le reste du profil, jusqu'au niveau de l'horizon C, à nouveau "intertextic".

*Stade d'évolution* - Nous sommes en présence d'une "Braunerde" avec présence de "Braunlehm-Teilplasma" important, dû vraisemblablement à une altération en place, ainsi que de cutanes de "braunlehm" issus d'une illuviation très nette.

*Conclusions* - La répartition des revêtements argileux paraît indiquer une évolution relativement marquée liée aux unités les plus ferriques. Ceux-ci sont situés assez profondément, et sont relativement épais. Une évolution actuelle ou récente moins intense aurait provoqué l'apparition des revêtements plus fins, assez continus et beaucoup moins pigmentés que l'on trouve au niveau des horizons B<sub>21t</sub> et à la partie supérieure du B<sub>22t</sub>. Une hypothèse pourrait être avancée : le lessivage maximum daterait par exemple de la période atlantique, l'évolution plus récente ayant suivi ce premier lessivage assez accentué.

#### DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

L'ensemble des résultats des analyses classiques nous ayant prouvé que peu de différences étaient à prévoir dans la composition minéralogique de la fraction fine des horizons de ce sol, nous nous sommes contentés d'effectuer une analyse aux rayons X sur deux échantillons d'argile 0-2  $\mu$  provenant des horizons B<sub>22t</sub> et C<sub>4</sub> ; ceci afin de comparer les deux niveaux d'apport successifs.

- B<sub>2t</sub> L'échantillon Mg montre trois réflexions, à 7,2 et 10 Å bien différenciées, à 14 Å assez large. Le traitement au glycérol provoque un déplacement avec étalement entre 16 et 18 Å. L'échantillon K montre une fermeture partielle sur 10 Å, avec semble-t-il un léger maintien à 14 Å.
- II C<sub>4</sub> L'échantillon saturé Mg présente, en plus des réflexions nettes à 7,2 et 10 Å, un pic particulièrement net à 14 Å. Le gonflement au glycérol permet de voir le maintien assez net d'une partie à 14 Å, tandis qu'une autre se déplace pour se centrer très nettement sur 17 Å. La fermeture au traitement potassium est assez analogue à celle enregistrée pour l'horizon B<sub>2t</sub>.



Les minéraux constitutifs de la fraction argileuse de ces deux horizons sont donc essentiellement de l'illite, de la kaolinite et des minéraux gonflants, tandis qu'une certaine quantité de chlorite est présente. Cette dernière apparaît particulièrement bien au gonflement dans l'horizon C.

Une différence est cependant sensible entre les deux horizons, la netteté de la réflexion à 14 Å et son déplacement après traitement au glycérol indique une certaine évolution vers une interstratification dans l'horizon Bt, confirmée par la fermeture moins avancée après traitement K.

La présence de chlorite en faible quantité dans ce sol confirme la caractérisation des limons récents faite précédemment et qui la mentionnait.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

L'ensemble de nos observations et l'interprétation des différentes données analytiques nous montrent que ce sol a atteint un degré d'évolution modérément avancé : décarbonatation et illuviation.

Développé dans une couverture limoneuse récente en prolongement de la Picardie, il représente le sol brun lessivé typique de cette région. La phase la plus intense d'illuviation serait intervenue sous le climat de la période atlantique, comme nous tenterons de le mettre en évidence dans les pages qui vont suivre.

Les caractéristiques physiques ne montrent guère de variations sur l'ensemble du solum, tandis que celles enregistrées au plan minéralogique sont très faibles.

Mis en culture depuis très longtemps, ce sol a de ce fait été partiellement érodé, tandis qu'une activité biologique importante se manifeste très profondément.

Caractérisant une évolution modérée, ce sol se classe comme "sol brun lessivé" dans la classification française, comme "Typic Hapludalf" en transition vers "Agrudalf" dans la classification américaine. Il entrerait d'autre part comme "Orthic Luvisol" dans la légende de la carte des sols du monde de la F. A. O...

#### - PROFIL CRAONNE 47 -

Ce profil est particulièrement représentatif des sols sur limons des plateaux du Soissonnais.

Ils représentent le degré de développement caractéristique de la couverture du limon récent, les sols étant fréquemment partiellement tronqués par les mécanismes de l'érosion anthropique.

ESSIGNY 3

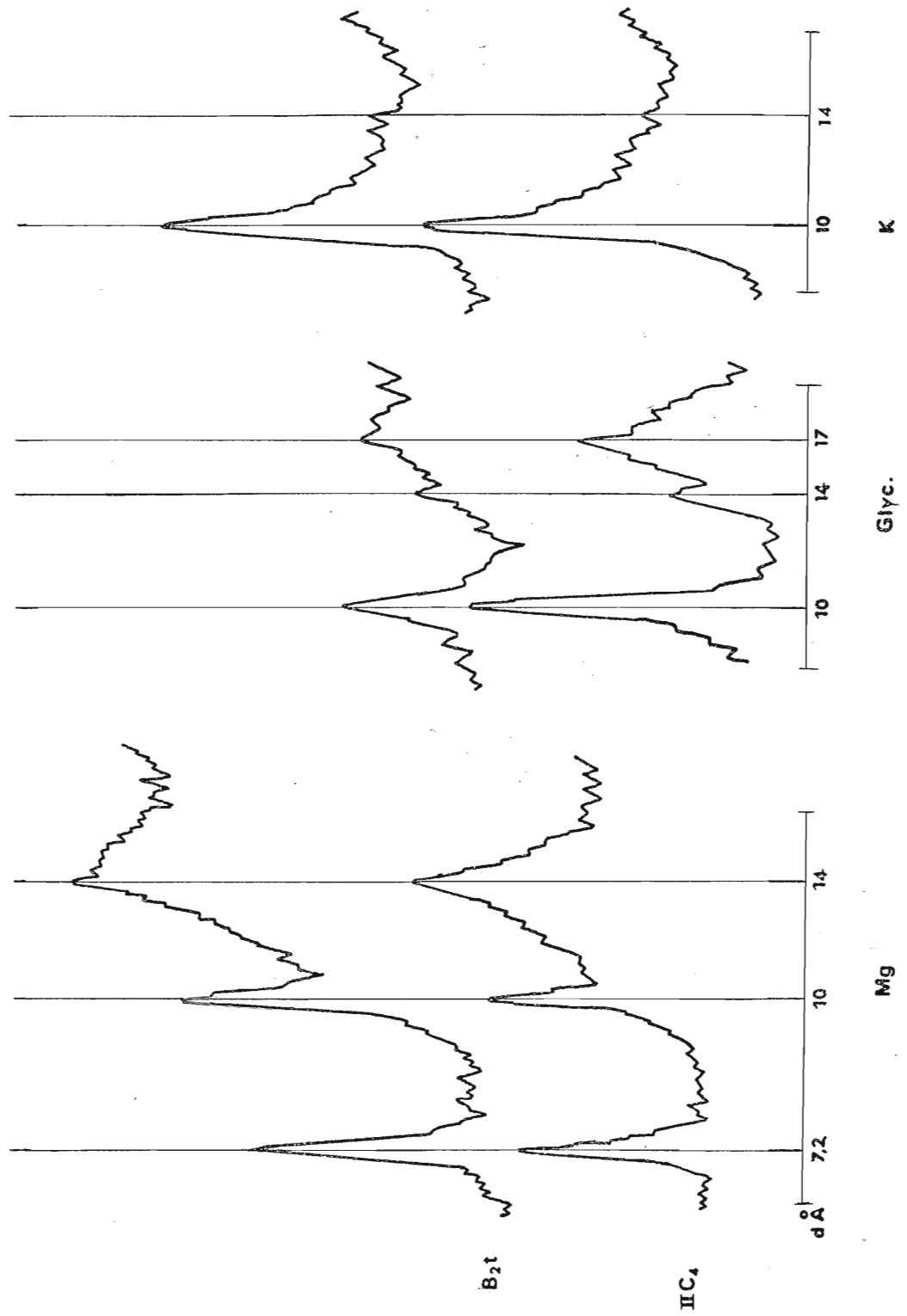


Fig. 51



DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Plateau de Blansy-les-Fismes x = 695 510, y = 183 060
<u>Date - Condition atmosphériques</u>	15/5/67 - Temps frais
<u>Végétation</u>	Chaume de blé
<u>Positions géomorpho- logiques</u>	Relief subnormal - Pente très faible à exposition Sud.
<u>Altitude</u>	195 m.
<u>Matériau originel</u>	Couverture homogène de loess récent.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : moyen Drainage interne : favorable
<u>Activités biologiques</u>	Très importantes activités biologiques jusqu'à 150 cm - Importantes jusqu'à 200 cm.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé Agrudalf typique
Ap <sub>1</sub> O - 21/24 cm	Limon moyen à limon argileux - Brun : 10 YR 4/3 - Assez frais à frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation racinaire très faible - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne, modérément développée : grumeleuse fine localement - Friable - Limite distincte et régulière.
Ap <sub>2</sub> -37/40	Limon argileux - Brun : 10 YR 4/3 - Frais - Réaction à l'aide chlorhydrique faible (amendements) - Teneur moyenne en matière organique - Quelques radicelles - Quelques concrétions - Structure polyédrique subangulaire moyenne modérément développée, grumeleuse fine par endroits - Friable à ferme - Horizon tassé - Limite nette et légèrement ondulée.
A/B -40/46	Limon argileux - Brun à brun foncé : 10 YR 4/3 à 7, 5 YR 4/4 - Frais - Teneur faible en matière organique - Structure polyédrique subangulaire moyenne, très faiblement développée - Assez compact, tassé - Revêtements argilo-humifères bruns : 10 YR 4/3 - Limite nette et discontinue.
B <sub>21</sub> ta -56/60	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques petites concrétions - Quelques traces d'oxydation - Structure polyédrique angulaire fine, bien développée, moyenne à la base de l'horizon - Friable à ferme - Revêtements argilo-humifères brun clair : 10 YR 5/3, continus dans la partie supérieure, discontinus à la base - Assez nombreux pertuis fauniques brun foncé : 10 YR 4/2, 5 - Limite distincte et régulière.

- B<sub>22</sub><sup>t</sup>  
- 74/80  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques traces de matière organique - Quelques concrétions friables ferro-manganiques - Traces d'oxydation - Structure polyédrique angulaire moyenne à grossière, assez bien développée à prismatique moyenne - Revêtements argileux brun légèrement foncé 7,5 YR 4/5 à brun jaune : 10 YR 5/4, fins, presque continus - Ferme à friable. Limite distincte et ondulée.
- B<sub>3</sub>  
- 97/105  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques traces de matière organique - Quelques concrétions et taches ferro-manganiques - Oxydation en petites taches locales - Structure prismatique grossière modérément développée - Ferme - Revêtements argileux très fins et continus sur les faces verticales, brun jaune : 10 YR 5/4 - Enduits le long des pertuis fauniques, de teinte brune : 7,5 YR 5/2. Limite distincte et ondulée.
- C<sub>1</sub>  
- 124/130  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/5 - Plus frais - Quelques traces de matière organique très localisées - Oxydation légèrement plus importante - Structure assez continue, avec de nombreuses faces verticales se dissociant dans la masse - Friable - Matériaux poreux. - Limite graduelle et ondulée.
- C<sub>2</sub>  
- 146/152  
Limon moyen à limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/5 - Frais - Oxydation présente mais peu contrastée - Structure assez analogue au C<sub>1</sub> - Friable - Limite nette et légèrement ondulée.
- C<sub>3g</sub>  
- 170/184  
Limon moyen à limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/5 - Frais - Oxydation assez bien marquée (15 à 20 % de recouvrement) sous forme de bandes brun jaune : 10 YR 5/8 - Quelques phénomènes de réduction - Structure continue à aspect massif - Ferme - Limite nette et fortement ondulée.
- C<sub>4</sub>  
Limon moyen à limon argileux - Beige foncé : 10 YR 6/4 - Frais - Teneur moyenne en calcaire - Assez nombreux pores colmatés par infiltration calcaire - Taches ferro-manganiques assez nombreuses, peu indurées - Structure continue avec quelques faces verticales - Friable.
- C<sub>4ca</sub>  
Lit de concrétions calcaires (poupées de 3 à 5 cm d'épaisseur) à la discontinuité. Limite nette et ondulée.
- II C<sub>1</sub>  
- 230/240  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques traces de calcaire - Oxydation légèrement marquée - Structure à tendance lamellaire, légèrement squameuse - Compact - Pertuis radiculaires avec gaines extérieures calcaires et remplissage central argileux de couleur brune : 7,5 YR 5/4 à brun rougeâtre 5 YR 5/4 - Limite distincte et ondulée.
- II C<sub>2</sub>  
- 285/295  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 6/6 - Frais - Quelques concrétions ferro-manganiques, légèrement indurées - Structure lamellaire, légèrement squameuse, faiblement développée - Ferme - Mycélium calcaire dans les pertuis recouverts d'une fine pellicule argileuse.

La couverture limoneuse présente une faible quantité de sable, et on remarque une transition vers 200 cm où on passe à un limon plus ancien altéré et recarbonaté ; il faut noter la teneur plus faible en limon grossier de ce dernier matériau.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argile				Limons				Sables fins		S. G.		Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
				<math>0-2\mu</math>	<math>2-10\mu</math>	<math>10-20\mu</math>	<math>20-50\mu</math>	<math>50-100\mu</math>	<math>100-200\mu</math>	<math>200-2000\mu</math>	<math>0-0,2\mu</math>	<math>0,2-2\mu</math>	>2μ							
A 8270	Ap1	0 - 21/24	10 YR 6/3	21.2	9.3	15.4	40.3	6.6	2.0	0.6	2.8	1.8	11.2	10.0						
A 8271	Ap2	- 37/40	10 YR 6/4	19.6	9.0	14.7	43.7	6.6	1.4	0.6	2.7	1.7	10.2	9.4						
A 8272	AB	- 40/46	10 YR 5/4	28.0	10.7	13.2	39.6	5.6	1.4	0.4	ε	1.1	13.9	14.1						
A 8273	B <sub>21</sub> ta	- 56/60	10 YR 5/6	31.5	8.3	14.1	40.0	4.1	1.1	0.2	-	0.7	18.2	13.3						
A 8274	B <sub>22</sub> t	- 74/80	10 YR 5/6	30.9	6.6	14.1	44.8	2.9	0.6	0.1	-	-	18.6	12.3						
A 8275	B <sub>3</sub>	- 97/105	10 YR 6/6	28.0	6.6	14.0	47.3	3.4	0.6	0.1	-	-	14.4	13.6						
A 8276	C <sub>1</sub>	- 124/130	10 YR 6/4	21.2	7.8	17.2	50.5	2.8	0.4	0.1	-	-	10.7	10.5						
A 8277	C <sub>2</sub>	- 146/152	10 YR 7/5	19.6	8.2	18.0	52.3	1.6	0.2	0.1	-	-								
A 8278	C <sub>3</sub> g	- 170/184	10 YR 6/6	19.0	13.0	16.5	45.3	4.6	1.4	0.2	-	-								
A 8279	C <sub>4</sub>	- 204/216	10 YR 7/5	18.1	10.7	18.1	42.1	3.5	0.8	0.3	6.5	-								
A 8279'	C <sub>4</sub> ca	-	-	23.9	11.6	13.2	29.9	4.9	1.9	0.5	14.1	ε	9.8	14.1						
A 8280	IIC <sub>1</sub>	- 230/240	10 YR 7/4	29.6	9.9	14.0	34.4	6.3	3.2	1.4	1.2	-								
A 8281	IIC <sub>2</sub>	- 285/295	10 YR 5/6	29.9	9.1	12.5	34.0	6.0	3.6	3.9	1.0	-								

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
Ap <sub>1</sub>				5.5	1.5	1.6	2.29	0.79	0.73	0.68	27.9	12.2	15.7
Ap <sub>2</sub>				4.5	1.0	1.6	2.375	0.89	0.84	0.75	28.3	9.4	18.9
AB				9.4	0.8	2.0	2.11	0.93	0.92	0.78	28.8	11.5	17.3
B <sub>21</sub> ta				17.1	0.8	5.0	1.79	1.02	0.94	0.85	30.4	13.9	16.5
B <sub>22</sub> t	1.54	2.69	42.8	10.6	0.8	4.1	1.93	0.91	0.87	0.82	32.5	13.5	19.0
B <sub>3</sub>	1.54	2.70	43.0	5.2	0.5	2.2	2.28	0.80	0.75	0.74	31.9	11.1	20.8
C <sub>1</sub>	1.55	2.69	42.4	3.9	0.4	1.3	2.40	0.76	0.74	0.71	30.1	9.5	20.6
C <sub>2</sub>	1.58	2.66	40.6								30.2	8.6	21.6
C <sub>3</sub> g											30.1	11.1	21.0
C <sub>4</sub>											26.1	8.8	17.3
C <sub>4</sub> ca											27.6	10.7	16.9
IIC <sub>1</sub>	1.68	2.68	37.3								27.8	12.4	15.4
IIC <sub>2</sub>											28.7	13.3	15.4

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre	Fer HCl	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap <sub>1</sub>	7.8		8.9	1.02	8.9	10.8	21.2	0.99	0.34	0.02	22.55	Sat	-	1.36			
Ap <sub>2</sub>	7.8		8.8	0.92	9.6	9.9	26.3	1.12	0.46	0.03	27.91	"	-	1.26			1.35
AB	7.8		5.6	0.70	8.0	12.7	17.8	1.30	0.34	0.04	19.48	"	-	1.55			
B <sub>21</sub> ta	7.8		3.5	0.54	6.5	15.1	17.9	1.49	0.38	0.04	19.81	"	48	1.68	4.64		1.38
B <sub>22</sub> t	7.4					15.4	15.1	1.59	0.28	0.05	17.02	"	50	1.91	4.70		1.85
B <sub>3</sub>	7.7					12.7	15.7	1.89	0.25	0.05	17.89	"	45	1.73			
C <sub>1</sub>	7.7					11.9	13.9	1.69	0.17	0.05	15.81	"	56	1.68	3.96		
C <sub>2</sub>	7.7					10.5	13.4	1.64	0.16	0.05	15.25	"	54	1.74			1.32
C <sub>3</sub> g	7.8					11.6	16.3	2.12	0.16	0.07	18.65	"	61	1.67	4.07		
C <sub>4</sub>	8.0					11.3	27.9	1.92	0.15	0.08	30.05	"	63	1.58			1.38
C <sub>4</sub> ca	8.2					-	-	-	-	-	-	-	-	-			
IIC <sub>1</sub>	8.0					17.9	31.8	1.89	0.20	0.10	33.95	"	60	1.71			
IIC <sub>2</sub>	8.0					17.0	27.8	1.50	0.20	0.11	29.61	"	57	1.79			



L'horizon B<sub>2t</sub> est particulièrement bien différencié, et se divise en B<sub>21ta</sub> et B<sub>22t</sub>. Le B<sub>21ta</sub> constitue un horizon "anthropique" lié à une mise en culture ancienne et caractérisé d'une part par une importante activité biologique, d'autre part par la présence de très nombreux revêtements argilo-humifères sur les faces des agrégats structuraux.

L'enracinement descend très profondément, sans aucune entrave ; de gros conduits de lombrics tapissés d'une épaisse pellicule humifère s'observent jusque dans l'horizon C, ainsi que de nombreux grumeaux coprogènes.

En ce qui concerne les phénomènes d'illuviation, il faut remarquer la présence de revêtements argileux assez épais et continus sur les faces de dissociation verticales dans les horizons C.

Aucun indice d'entraînement ne peut être interprété à partir de ce sol érodé. Des profils analogues situés sous végétation forestière et n'ayant pas subi d'érosion marquée présentent des indices d'environ 1,7 pour l'argile comme pour le fer. La répartition du fractionnement de l'argile nous montre cependant une augmentation très importante de l'argile fine au niveau du B<sub>2t</sub>.

Le calcaire présent dans l'horizon Ap est dû aux amendements.

Le niveau de contact entre les deux dépôts limoneux montre une accumulation de calcaire sous forme de "mycelium" tout comme dans le profil d'Essigny que nous venons de décrire.

La porosité totale reste très bonne sur l'ensemble du profil : plus de 40 %, elle diminue légèrement dans le niveau enfoui indiqué II.

La stabilité structurale est faible dans les trois horizons supérieurs, mais nettement meilleure au niveau des horizons Bt. La matière organique présente une teneur insuffisante dans la couche arable, bien qu'infiltrée assez profondément.

La réserve en eau est élevée pour tout le profil, atteignant 20 % dans quelques horizons.

Ce sol est, comme le précédent, largement saturé, et les capacités d'échange y sont moyennes. Voisines de 50 méq. dans le solum, les C. E. C. de l'argile augmentent dans les horizons C, ainsi que dans le matériau II.

Le fer libre est présent en quantité modérée, le rapport fer libre / fer HCl étant voisin de 40, ce qui est normal pour un sol développé dans un limon récent. Les déterminations de l'Alumine libre indiquent des valeurs faibles et analogues à celles du profil précédent.

## MICROMORPHOLOGIE

L'examen micromorphologique n'a pas amené de complément particulier par rapport au profil précédent, nous ne reprendrons donc pas de description systématique, les grandes lignes restant les mêmes.

Il faut cependant noter la dominance des *assemblages plasmiques* du type insepique et squelsepique, tandis que les *assemblages élémentaires* sont essentiellement aggloméré à intertextique, le type porphyrique n'apparaissant que par places.



Les *concentrations plasmiques* sont représentées surtout par des argilanes jaunes assez fortement orientés, certains paraissant nettement plus ferrugés que d'autres.

Quelques nodules apparaissent à la base de l'horizon d'accumulation, tout comme dans le profil précédent.

Au plan micromorphologique, le stade d'évolution est donc sensiblement analogue à celui du sol brun lessivé de Picardie.

#### DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Trois échantillons d'argile 0-2  $\mu$  provenant des horizons A<sub>2</sub>, B<sub>2t</sub> et C ont fait l'objet de déterminations minéralogiques par diffractométrie aux rayons X.

Un prétraitement au citrate de Na a été appliqué.

- A<sub>2</sub> Le diagramme Mg montre deux réflexions très nettes à 7,2 et 14 Å, ainsi qu'une légère différenciation à 10 Å. Le traitement au glycérol provoque un déplacement d'une grande partie à 17 Å, une partie étant maintenue à 14. Une fermeture partielle intervient après traitement au potassium.
- B<sub>2t</sub> Assez analogue à l'horizon précédent ; on note cependant une réflexion meilleure à 10 Å sur le diffractogramme Mg, et à 14 Å lors du gonflement.
- C Trois réflexions nettes se présentent sur le diagramme Mg : 7,2, 10 et 14 Å. Après traitement au glycérol on note une réflexion marquée à 14 Å, et une autre bien exprimée à 17 Å. La fermeture après traitement K est meilleure que pour les deux horizons précédents.

Le profil présente donc très peu d'évolution sur le plan des minéraux argileux.

On note dans les trois horizons la présence de kaolinite, d'illite, de vermiculite et de minéraux gonflants du type montmorillonite.

La kaolinite paraît relativement plus abondante dans l'horizon A<sub>2</sub>, tandis que la montmorillonite est la mieux exprimée dans le C.

L'étalement de la réflexion à 17 Å après gonflement dans les deux niveaux supérieurs fait penser à une plus grande quantité de minéraux interstratifiés, ce qui est confirmé par une fermeture beaucoup plus partielle après traitement au potassium.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

Décarbonatation et illuviation en milieu saturé caractérisent ce sol qui présente donc un degré d'évolution très analogue au précédent.

Il est cependant développé dans un matériau originel un peu plus argileux que celui d'Essigny, et d'une manière générale légèrement plus sableux. Le matériau limono-argileux enfoui constitue un horizon d'altération dont l'évolution date vraisemblablement d'un interstade de la dernière glaciation.

Assez fortement érodé, le sol présente une activité biologique très importante et une grande abondance de revêtements humifères et argilo-

-SBL-  
CRAONNE 47

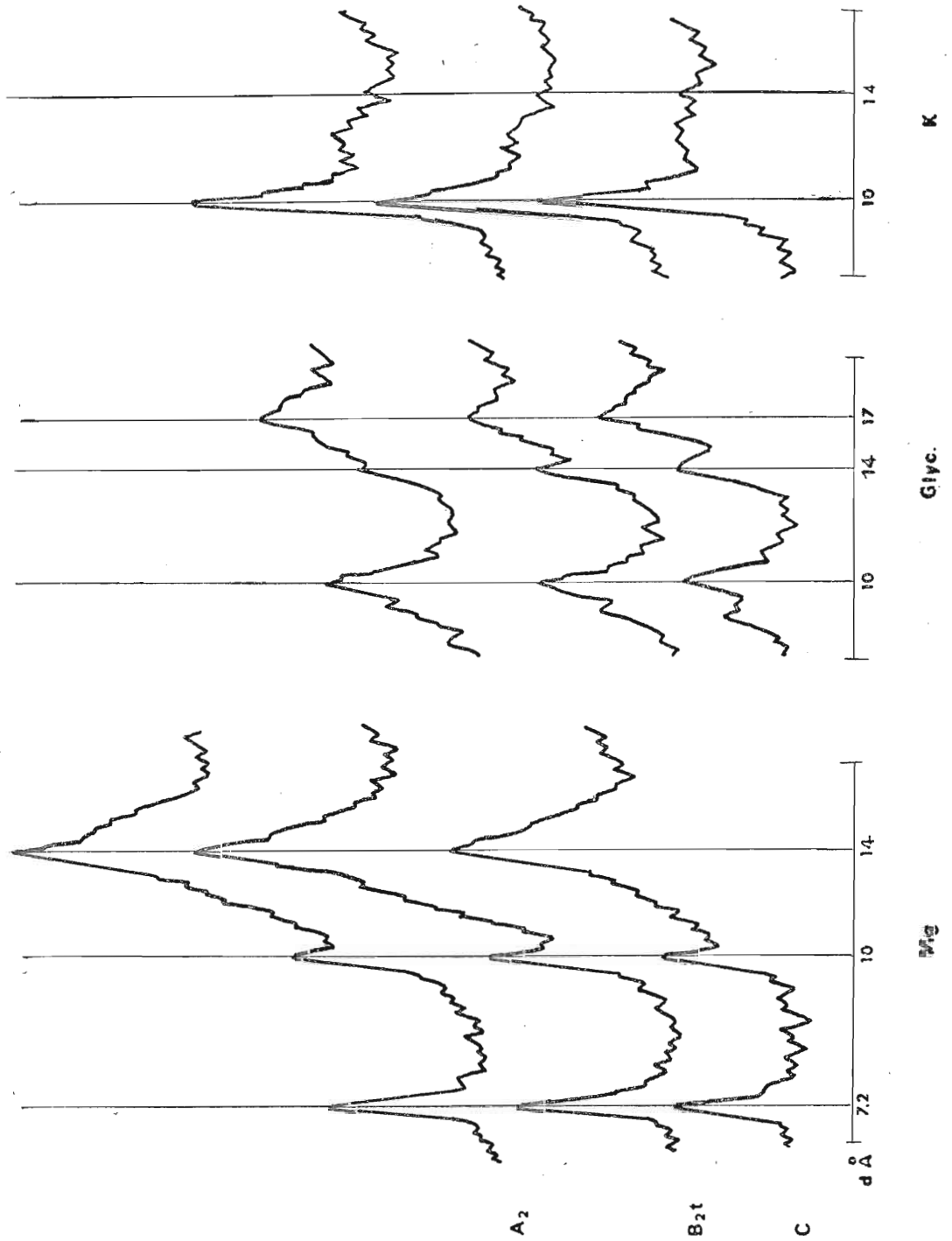


Fig. 52



humifères dans les couches de surface.

L'évolution minéralogique est très faible, on note essentiellement une augmentation des minéraux interstratifiés dans l'horizon A<sub>2</sub> et l'horizon B<sub>2t</sub>.

Le sol typique de la couverture limoneuse récente du bassin de Paris, ce profil est à classer de la façon suivante :

- classification française : "sol brun lessivé"
- 7<sup>e</sup> approximation : "Typic Agrudalf"
- légende F. A. O. : "Orthic luvisol".

### - PROFIL LAON 1 -

La bordure de l'Ile-de-France, au Nord et Nord-Est, présente une couverture limoneuse fortement influencée par les formations sableuses des assises tertiaires.

Liée à cette granulométrie et à une couverture forestière plus fréquente, des sols un peu plus évolués que ceux que nous venons de décrire peuvent s'observer.

Le profil Laon 1 est caractéristique de ce stade.

### DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Carte Laon 5-6 Montbérault - Les Hauts Combies.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	19/5/61 - Après quelques jours de sécheresse.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie : charmes, coudriers, érables, bourdaines ; réserves : frênes chancreux, châtaigniers, bouleaux, trembles.
<u>Positions géomorphologiques</u>	Très léger replat sur dôme situé à l'Ouest.
<u>Altitude</u>	190 m.
<u>Matériau originel</u>	Limon quaternaire (Würm) reposant sur substrat tertiaire à plus de 4 m.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : assez lent. Drainage interne : modéré.
<u>Activités biologiques</u>	Très importantes dans les horizons de surface (A <sub>11</sub> et A <sub>12</sub> ) ; diminuant fortement après. Deviennent nulles au contact du C.
<u>Classification</u>	Sol lessivé légèrement marmorisé. Hapludalf typique.
O <sub>1</sub>	Litière très peu importante. Fâne à décomposition très rapide.
A <sub>11</sub>	Limon moyen sableux - Brun gris très foncé : 10 YR 3/2 - Assez sec - Légère accumulation de matière organique - Quelques grosses racines - Feutrage radiculaire important - Rares petits cailloux épars - Structure grumeleuse moyenne, moyennement développée - Friable - Limite assez régulière.
- O - 7 cm	

A <sub>12</sub> - 7 - 22	Limon moyen sableux - Brun jaune : 10 YR 4/3 - Assez sec - Très légère infiltration de matière organique - Nombreuses racines dans colonisation racinaire assez importante - Quelques fragments de grès localement - Structure grumeleuse moyenne, moyennement développée - Friable - L'activité biologique est meilleure dans cet horizon que dans le précédent - Limite diffuse et ondulée.
A <sub>2</sub> - 22 - 38	Limon moyen sableux - Brun jaune : 10 YR 5/3 - Assez sec - Très légère infiltration de matière organique - Quelques grosses racines et activité racinaire moyenne - Structure granulaire fine moyennement développée - Friable - Limite graduelle et légèrement ondulée.
B <sub>1</sub> - 38 - 46	Limon moyen sableux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez sec - Colonisation racinaire moyenne - Marmorisation le long des canaux radiculaires - Revêtements argileux bruns : 10 YR 4/4, de plus en plus nombreux dans le bas de l'horizon où la structure s'améliore - Structure polyédrique angulaire moyenne, faiblement développée - Friable à ferme dans le bas de l'horizon - Limite graduelle et régulière.
B <sub>21</sub> <sup>t</sup> - 46 - 65	Limon argileux sableux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - "Coatings" légèrement plus foncés : 7,5 YR 4/4 - 7,5 YR 5/6 à 10 YR 6/2 pour la marmorisation - Assez sec - Quelques petites racines - Structure polyédrique angulaire fine, assez bien développée - Revêtements nombreux sur les faces des unités structurales (70 à 80 %) - Marmorisation poussée près des pertuis radiculaires - Ferme - Limite graduelle et régulière.
B <sub>22</sub> <sup>t</sup> - 65 - 85	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez sec - Quelques radicelles - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne, modérément développée - Assez nombreux revêtements argileux sur les faces de structures, bruns : 7,5 YR 4/4 - Traces de marmorisation - Ferme - Limite graduelle et régulière.
B <sub>3</sub> - 85 - 105	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez sec - Structure polyédrique angulaire moyenne, modérément développée - Revêtements argileux sur les faces verticales de structure - Traces de marmorisation - Ferme - Limite progressive.
B/C - 105 - 135	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez sec - Quelques petites racines - Marmorisation localement, diminuant vers le fond du profil - Structure polyédrique angulaire moyenne, moyennement développée - Limite progressive et régulière.
C <sub>1</sub> - 135 - 160	Limon argileux sableux - Brun jaune 10 YR 5/6 - Assez sec - Toujours quelques petites racines - Structure polyédrique angulaire moyenne faiblement développée - Limite progressive.
C <sub>2</sub> - 160 - 175	Limon argileux sableux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez sec - Peu structuré - Faces de dissociation verticales - Limite progressive.
C <sub>3</sub> - 220 - 260	Limon moyen sableux - Brun jaune : 10 YR 5/4 plus passage 6/1 - Assez sec à sec - Structure continue - Nombreuses taches de Mn - Loess décarbonaté.

Le matériau originel paraît assez homogène, le rapport LG/LF oscillant entre 2,5 et 3,0. La teneur en sable est particulièrement importante, et se répartit principalement dans la fraction 50 à 100 microns.

Ce sol semble très peu érodé, et l'horizon A<sub>2</sub> est très différencié. Il faut noter quelques petites taches de dégradation sur les agrégats de l'horizon B<sub>1</sub> et du B<sub>21</sub><sup>t</sup> ; ceci semble en relation avec la légère marmorisation qui s'observe le long des canaux racinaires.

## ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE :

CARTE : LAONPROFIL N° 1

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argile		Limons			Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
				0-2 µ	2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ	0-0,2 µ			0,2-2 µ	
J 705	A <sub>11</sub>	0 - 7	10 YR 6/2	19.8	5.8	10.0	32.5	17.2	9.3	1.0		4.4	9.2	10.6	
J 706	A <sub>12</sub>	- 22	10 YR 6/3	16.4	6.6	10.7	34.0	19.2	9.6	1.0		2.5	7.1	9.3	
J 706'	A <sub>2</sub>	- 38	10 YR 6/4	16.5	5.8	10.7	27.5	25.0	10.1	3.5		0.9	9.0	7.5	
J 707	B <sub>1</sub>	- 46	10 YR 7/4	18.9	6.6	10.8	34.9	17.1	10.8	0.9			10.0	8.9	
J 708	B <sub>21t</sub>	- 65	10 YR 7/6	31.5	6.8	11.1	26.5	16.7	6.9	0.5			18.0	13.5	
J 709	B <sub>22t</sub>	- 85	10 YR 7/6	28.0	6.8	8.5	33.0	16.6	6.5	0.6			16.2	11.8	
J 710	B <sub>3</sub>	- 105	10 YR 6/6	26.3	5.9	10.2	35.5	14.0	7.6	0.5			17.8	8.5	
J 711	B/C	- 135	10 YR 6/6	24.6	7.6	10.2	38.2	13.0	6.2	0.3			15.6	9.0	
J 712	C <sub>1</sub>	- 160	10 YR 7/4	26.3	7.6	11.1	38.7	10.6	5.5	0.2			16.4	9.9	
J 713	C <sub>2</sub>	- 175	10 YR 7/4	25.3	6.7	11.8	34.7	10.2	5.2	0.3			15.4	9.9	
J 714	C <sub>3</sub>	220- 250	10 YR 7/4	14.0	8.2	12.3	37.3	12.4	10.0	1.8			1.4	12.6	

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>				34.8	28.8	30.4	1.04	1.93	1.88	1.88	27.2	22.0	5.2
A <sub>12</sub>	1.45	2.44	40.6	39.6	21.8	21.8	1.10	1.91	1.86	1.86	21.5	14.0	7.5
A <sub>2</sub>				15.2	3.4	6.0	1.44	1.50	1.48	1.49	20.7	10.4	10.3
B <sub>1</sub>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B <sub>21t</sub>				14.2	2.4	3.6	1.63	1.53	1.46	1.46	23.6	14.2	9.4
B <sub>22t</sub>	1.65	2.53	34.8	7.6	1.4	2.8	1.76	1.35	1.32	1.32	27.1	13.1	14.0
B <sub>3</sub>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B/C				5.0	0.8	1.8	2.02	1.24	1.24	1.20	28.8	16.5	12.3
C <sub>1</sub>	1.64	2.53	35.2	6.8	1.0	1.8	2.04	1.40	1.42	1.37	28.5	16.2	12.3
C <sub>2</sub>				-	-	-	-	-	-	-	20.6	9.6	11.0
C <sub>3</sub>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7.0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCL Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>11</sub>	6.1		21.8	1.55	14.1	13.7	13.2	1.69	0.61	0.12	15.62	Sat	-	1.18	-	0.04	1.37
A <sub>12</sub>	5.8		12.4	1.04	11.9	10.1	12.0	0.75	0.34	0.12	13.21	Sat	-	1.05	2.45	0.07	1.31
A <sub>2</sub>	6.7		4.7	0.45	10.4	8.2	14.2	0.34	0.18	0.12	14.84	Sat	(43)	1.11	2.28	0.02	1.23
B <sub>1</sub>	6.9					-	-	-	-	-	-	-	-	1.36	2.05	0.04	1.37
B <sub>21t</sub>	7.3					11.2	13.8	0.47	0.27	0.13	14.67	Sat	36	2.03	4.40	0.03	2.13
B <sub>22t</sub>	7.0					13.8	16.0	1.53	0.41	0.19	18.13	Sat	49	2.14	4.32	0.02	1.98
B <sub>3</sub>	6.1					-	-	-	-	-	-	-	-	2.02	4.00	0.02	1.90
B/C	6.5					15.7	14.6	2.23	0.27	0.14	17.24	Sat	64	1.90	2.91	0.04	1.65
C <sub>1</sub>	6.9					15.6	14.0	2.45	0.33	0.16	16.94	Sat	59	1.86	3.76	0.04	1.85
C <sub>2</sub>	7.1					-	-	-	-	-	-	-	-	1.71	3.25	0.03	1.65
C <sub>3</sub>	7.2					6.8	6.8	1.22	0.24	0.09	8.35	Sat	49	1.23	2.51	0.02	1.44



L'activité biologique est assez bonne dans le solum, elle diminue ensuite sensiblement en profondeur.

L'indice d'entraînement de l'argile totale est de plus de 1,9, tandis que celui de l'argile fine est de 2,5. La fraction inférieure à  $0,2 \mu$  est nettement dominante, avec cependant un maximum assez net dans les horizons Bt.

La densité apparente moyenne du sous-col est de 1,65 pour une porosité totale de 35 %, ce qui est caractéristique de ce stade d'évolution. La teneur en eau utile est moindre que dans les profils limoneux purs : 10 à 14 %. La stabilité structurale de ce profil forestier est bonne en surface, et reste satisfaisante dans le solum ; on note des valeurs plus faibles en profondeur.

Un rapport C/N assez élevé caractérise la matière organique de l'horizon A<sub>1</sub> : 14, ceci en conditions de pH modérées : 6 en moyenne, le complexe restant saturé.

La C. E. C. de l'argile varie légèrement dans le solum : 36 méq. dans l'horizon Bt, maximum de plus de 55 au niveau B/C - C.

L'indice d'entraînement du fer libre est de 2, donc légèrement supérieur à celui de l'argile. Le rapport fer libre / fer soluble HCl varie, pour les quatre niveaux où ce dernier a été dosé, entre 46 et 50 %. Quant à l'aluminium échangeable, on note un ensemble de valeurs très faibles, ce qui est normal vu le taux de saturation du complexe. La variation de l'alumine libre est plus intéressante à étudier. La répartition en fonction de la profondeur présente en effet un "profil" très net, l'indice d'entraînement étant de 1,76. Il faut noter que la valeur la plus élevée s'observe au niveau du B<sub>2t</sub> où la C. E. C. est la plus faible.

#### MICROMORPHOLOGIE

*Squelette - Nature.* Quartz, Feldspaths (Microcline), cristaux à relief fort, certains isotropes, quelques fragments de Biotite, Glauconie altérée (en proportions augmentant vers le bas du solum).

*Dimensions.* Elles sont assez irrégulières, caractéristique du limon sableux.

*Distribution.* Au hasard, une partie cependant est reprise dans les cutanes au niveau du B<sub>2t</sub>.

*Orientation.* La majorité des grains sont fortement orientés.

*Plasma - Répartition.* Variable sur l'ensemble du solum, un caractère commun à tous les horizons étant l'assemblage plasmique du type squelsepique. Les horizons A présentent cependant une dominance du type insepique. L'assemblage squelsepique, peu marqué dans le A<sub>1</sub> et le A<sub>2</sub> ainsi que dans le C, est très net dans le B<sub>2t</sub> et le B<sub>3</sub> ; il s'agit donc de *séparations plasmiques* sur squelette. Dans le A<sub>11</sub> et le A<sub>12</sub>, la répartition s'effectue par agglomérats, tandis qu'aux niveaux B<sub>2t</sub>, B<sub>3</sub> et C, la répartition est assez homogène. Les horizons Bt et B<sub>3</sub> présentent quelques séparations dans la masse, assez peu importantes cependant.

*Nature du plasma.* Essentiellement argileuse, quelquefois argilo-ferrique.

La *distribution* est "sans relation" pour la masse, mais subcutanique à cutanique pour les séparations sur squelette qui sont faiblement à modérément *orientées*.

La *trame* en est tachetée et faiblement à modérément striée.



*Structure de base* - Le squelette est plus abondant que le plasma, particulièrement dans l'horizon A<sub>2</sub>. Notons que la masse plasmique est assez dense dans l'horizon B<sub>3</sub>, et devient nettement plus lâche dans l'horizon C, ce qui correspond à la variation de teneur en argile.

L'assemblage élémentaire des constituants peut donc être considéré comme du type aggloméré à intertextique dans les horizons A<sub>11</sub> et A<sub>2</sub> et porphyrique dans les horizons B<sub>2t</sub>, B<sub>3</sub> et C.

*Vides* - Les vides irréguliers, cavités ortho, des horizons de surface font place au niveau du B<sub>t</sub> à des vides irréguliers à parois adoucies, quelques uns étant "mammillated". On observe dans l'horizon B des chenaux et quelques chambres simples ou "dendroïdes" à parois lisses. Dans les horizons profonds on retrouve les vides réguliers ou irréguliers à parois lisses ou localement rugueuses ; notons dans l'horizon C un grand nombre de vides réguliers. L'horizon B présente donc des chenaux qui semblent en relation avec la structure macromorphologique polyédrique typique.

*Caractéristiques pédologiques* -

Concentrations plasmiqes.

Cutanes. Ces concentrations ou argilanes apparaissent au niveau du B<sub>2t</sub> où elles constituent des "normal vughs" et "channel cutans". On remarque une pigmentation ferrique à la partie limitrophe au vide ; celle-ci semble représenter une évolution relativement récente de ces formations. Dans le B<sub>3</sub> ; les cutanes sont beaucoup plus minces et ne recouvrent que 50 % des parois des vides ; dans le C, quelques traces seulement peuvent être observées. Remarquons cependant que, dans cet horizon C, peuvent apparaître des séparations subcutaniques, et qu'un remplissage de matériaux très fins et peu orientés peut être localisé entre le revêtement argileux et la séparation.

Glaebules. Les glaebules sont représentés par des *nodules* essentiellement ferriques qui, dans la partie supérieure du solum, présentent des limites assez diffuses à localement nettes. Au niveau de l'horizon B, on observe des nodules et *concentrations* ferriques (ferrisegregans) à limites nettes.

Remarque. Les revêtements d'apport récent à pigmentation ferrique semblent moins fortement orientés que les revêtements d'apport plus ancien.

Au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>, on observe deux types de nodules, soit très nets à limite abrupte, soit à limite très diffuse : glaebules en formation. Dans le bas du profil, seuls des nodules en formation sont observables. A partir du A<sub>2</sub>, on observe sur toute la profondeur du sol des *crystallites* ferriques faiblement à modérément orientés.

Pédotubules. On remarque localement, au niveau de l'horizon B, quelques "isotubules" ; ils sembleraient dus à un remplissage relativement récent de vides.

*Assemblage élémentaire selon Kubiena* - Les assemblages du type "agglomeratic" à "intertextic" de la partie supérieure du sol passent au type "porphyropectic" dans le reste du solum.

*Stade d'évolution* - Nous sommes en présence d'une "Braunerde" avec présence de "Braunlehm Teilplasma", particulièrement bien représenté dans les horizons B, ainsi que de "Braunlehm" secondaire sous forme de cutanes (argilanes), observables dans l'horizon B, et moins distinctement dans le C.

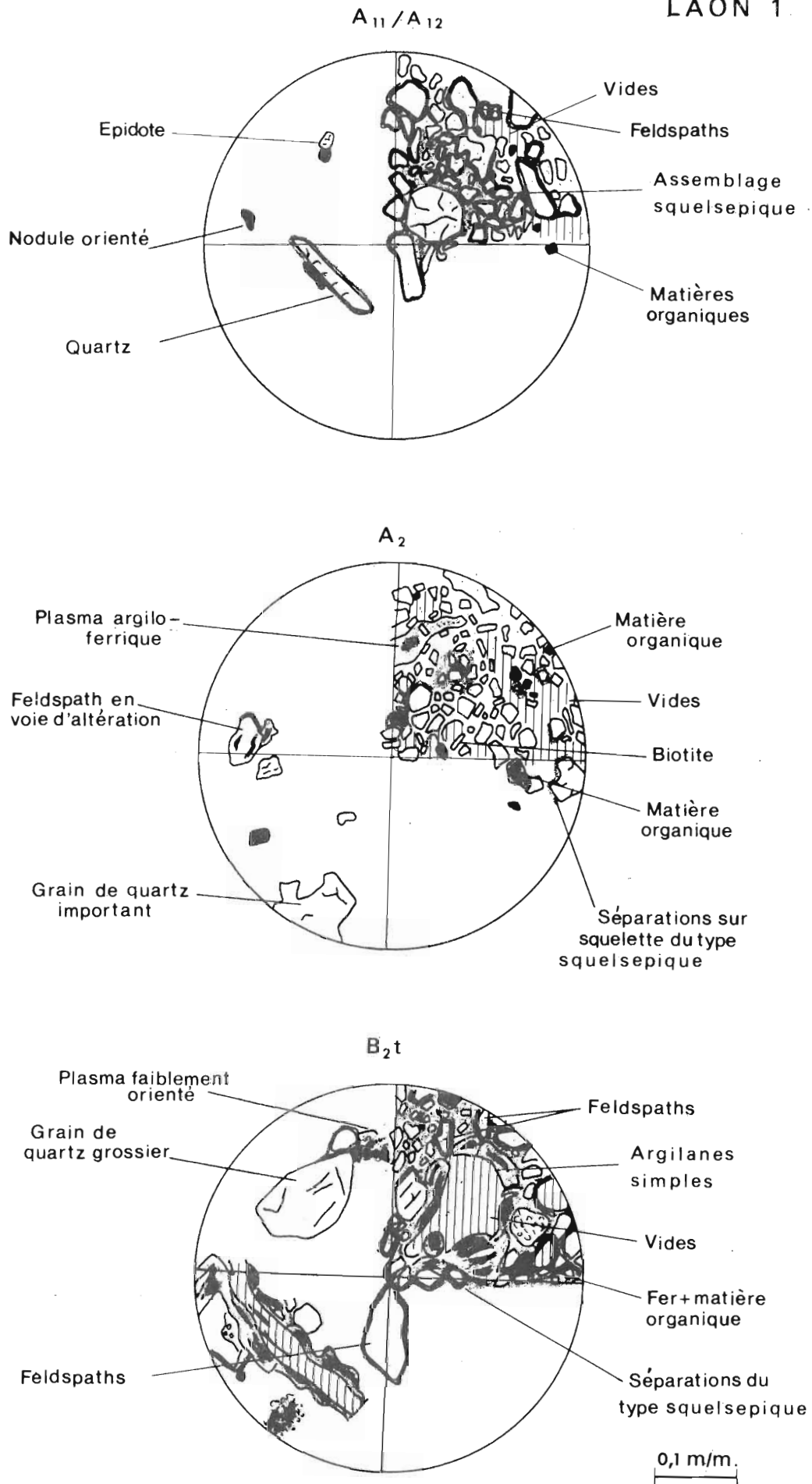
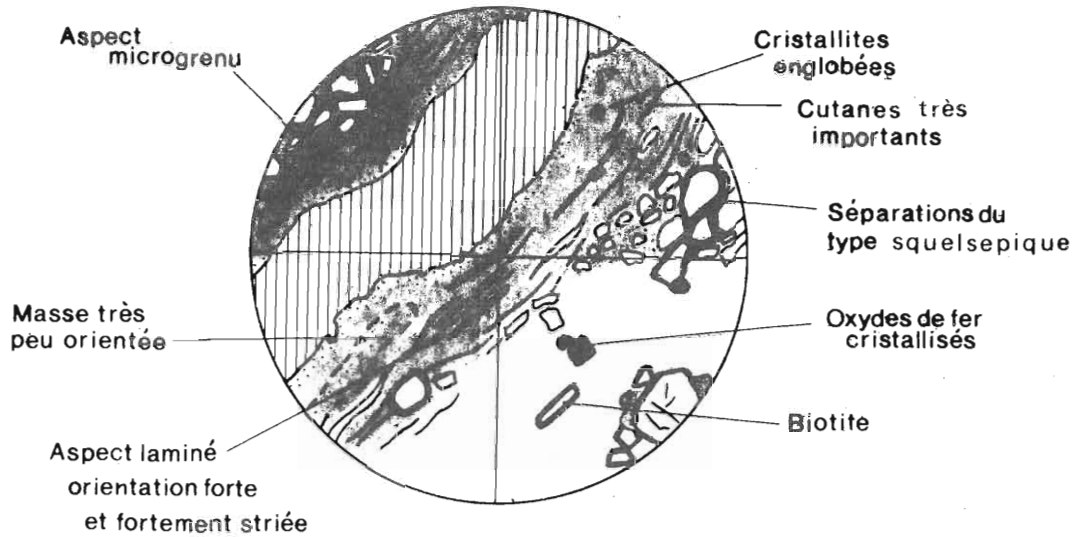


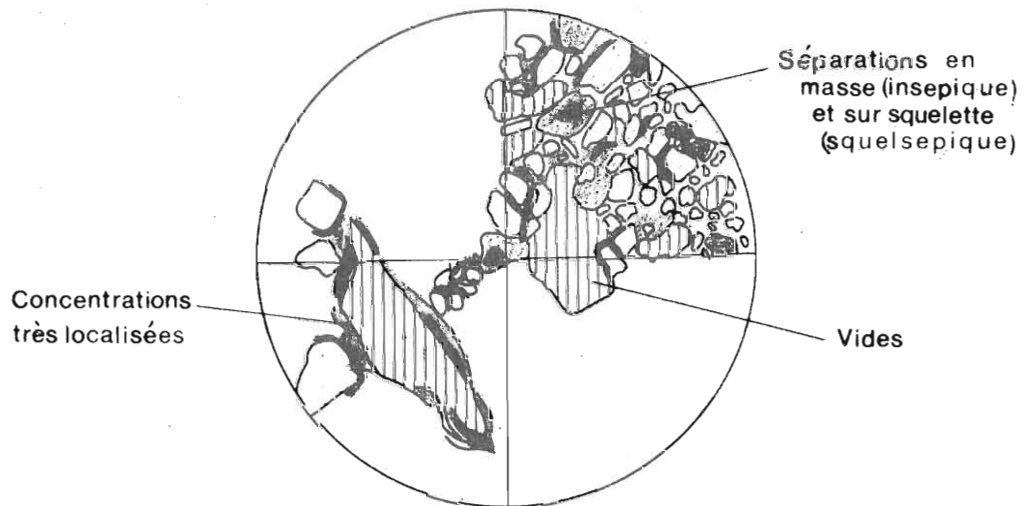
Fig. 53.



B<sub>3</sub>



C



0,1 m/m.

Fig. 54



Horizons → Unités de description ↓	A <sub>11</sub> / A <sub>12</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> <sup>t</sup>	B <sub>3</sub>	C
<u>S. Matrix</u>					
<u>Squelette</u>	Quartz - Assez hétérogène	Feldspaths - Cristaux Hétérogène	à relief fort - Biotite Hétérogène	- Glauconie plus ou Hétérogène	moins altérée, Hétérogène
<u>Plasma</u>	Argileux à argilo-ferri- que - Très nombreux dé- bris de matière organique Hétérogène, aggloméré localement	Argileux dans séparations, argilo-ferrique dans la ma- sse - Traces de matière organique - Répartis en agglomérats et ponts sur squelette.	argilo-ferrique - Traces de matière organique Assez homogène	Argilo-ferrique Homogène	Argilo-ferrique Assez homogène
<u>Séparations plasmiques</u>	Sur squelette dans les zones les plus denses	Locales sur squelette	Sur squelette, rares dans la masse	Sur squelette, quelques unes dans la masse	Sur squelette
<u>Assemblages plasmiques</u>	Skel-Insepique	Skel-Insepique	Squelsepique	Squelsepique	Squelsepique, tendance insepique localement
<u>Structure de base</u>	SK >> P1	SK >> P1	SK > P1	SK > P1	SK > P1
<u>Assemblage élémentaire</u>	Aggloméré	Tendance intertextique	Porphyrique	Porphyrique	Porphyrique à intertextique.
<u>Vides</u>	Cavités ortho, irrégulières	Cavités ortho, irrégulières et "mammillated"	Cavités méta, régulières et irrégulières, quelques "mammillated" - Canaux méta, simples ou dendroïdes - Quelques chambres.	Cavités ortho et méta, régulières et irrégulières	Cavités ortho, régulières très nombreuses cavités méta, régulières.
<u>Caractéristiques pédologiques</u>					
<u>Orthic Séparations (Voir Plasma)</u>					
<u>Concentrations Cutanes</u>			Argilanes simples dans la majorité des vides, à orientation d'intensité variable - Ferri-argilanes très ferriques recouvrant localement les argilanes.	Argilanes simples présents dans 50 % des vides, fortement orientés	Quelques <b>argilanes simples</b> fins et discontinus, à orientation modérée. Quelques grains de "silt" y sont localement englobés
<u>Glaebules</u>	Nodules ferriques à limites diffuses à assez nettes	Nodules ferriques à limites diffuses	Nodules et concrétions ferriques sphériques à limites très nettes	Deux types de nodules : - Bien différenciées à limites nettes - En formation à limites diffuses - Quelques cristallites.	Assez nombreux nodules en formation, à limites diffuses - Quelques cristallites.
<u>Pedotubules</u>			Quelques isotubules		
<u>Hérités - Pedorelicts</u>					
<u>Elementary fabric (Kubiena)</u>	Agglomeratic à intertextic.	Tendance intertextic	Porphyropectic	Porphyropectic	Tendance porphyropectic



*Conclusions* - Le matériau paraissant homogène du point de vue origine sur l'ensemble du solum, toutes les caractéristiques concordent pour faire de ce type de sol un sol (brun) lessivé à développement subactuel, c'est-à-dire relativement récent. Nous serions en présence d'un loess Würm enrichi en fractions sableuses à partir des substrats tertiaires, éventuellement remanié par voie éolienne à une époque postérieure.

En ce qui concerne les concentrations plasmiqes il faut remarquer à ce stade d'évolution la "pigmentation" ferrique apparaissant en bordure des vides dans les ferri-argilanes de l'horizon Bt, et qui pourrait représenter le début d'un mécanisme de dissociation du fer et de l'argile.

#### DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Deux horizons ont fait l'objet de l'analyse aux rayons X, après traitement au citrate de Na : le B<sub>21</sub>t et le C<sub>1</sub>.

B<sub>21</sub>t Le diagramme Mg montre trois réflexions principales : 7,2 et 10 Å très nettes, celle à 14 Å constitue une différenciation peu marquée et très large.

Après traitement au glycérol on observe un pic très net à 10 et un étalement très important de la réflexion à 14 vers des distances plus grandes, avec palier à partir de 17 Å.

Le traitement au K ne provoque qu'une fermeture très partielle, avec réflexion à 10 et petit accident vers 12/13 Å.

C<sub>1</sub> L'échantillon saturé au Mg présente une réflexion très nette à 7,2, assez nette mais de plus faible amplitude à 10, assez large mais bien dessinée à 14/15 Å.

Cet échantillon gonfle assez nettement avec déplacement à 17 Å et plus, avec un léger maximum à 17.

La fermeture après traitement au K est pratiquement complète.

Ces déterminations permettent de constater la présence dans les deux niveaux étudiés de kaolinite, d'illite et de minéraux interstratifiés gonflants.

On remarquera essentiellement le gonflement plus anarchique et la faible fermeture de l'horizon B<sub>21</sub>t qui semble indiquer une teneur plus importante en minéraux interstratifiés, ainsi qu'éventuellement l'action de composés alumineux interfoliaires.

L'évolution des minéraux secondaires apparaît donc comme assez nettement plus avancée que dans les deux profils précédents.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

L'évolution de ce profil est plus avancée que celle des sols décrits jusqu'à présent. Deux raisons sont, semble-t-il, à invoquer : d'une part la teneur en sable plus importante, d'autre part l'influence de la végétation. Nous avons pu constater par les travaux de prospection que les limons sableux présentaient, toutes autres conditions égales, un développement pédogénétique plus accentué que les matériaux limoneux purs.



Une illuviation importante marque donc ce profil, avec répartition profonde de l'argile fine. L'horizon Et apparaît un peu "tacheté" à la partie supérieure, et présente des traces assez nettes de marmorisation.

Si l'on considère la dissociation relative entre le déplacement du fer et de l'argile dans ce sol, on peut admettre une très légère tendance à la dégradation, confirmée par ailleurs par le comportement de l'aluminium et la variation de la capacité d'échange cationique de l'argile. Les données de la micromorphologie confirment cette manière de voir.

Ce sol caractérise le stade d'évolution atteint, sous végétation forestière, par les recouvrements loessiques récents, de texture limono-sableuse. Il constitue un sol en transition entre "sol brun lessivé" et "sol lessivé". Dans la classification américaine il se classe comme "Typic Hapludalf" à "Aquic Hapludalf", et dans la légende F. A. O. comme "Orthic Luvisol".

#### - PROFIL VERVINS 10 -

Le profil Vervins 10 est représentatif de la couverture du nord-est du Bassin de Paris, c'est-à-dire des régions de Thiérache et du Marlois. Situé sous forêt, son degré d'évolution est assez important et il possède des caractéristiques pédogénétiques très bien exprimées qui ont justifié son choix pour une étude assez approfondie.

#### DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Commune de Saint-Pierremont, lieu dit "Bois de Saint-Pierremont"
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	22/6/67 - Temps orageux, pas de pluie depuis 3 semaines
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie - <u>Strade arborescente</u> - Fraxinus excelsior, Betula verrucosa, Quercus sessiliflora. <u>Strade arbustive</u> - Carpinus betulus, Corylus avellana, Acer campestre, Tilia cordata. <u>Strade herbacée</u> - Rubus fruticosus (60 % de recouvrement), Lonicera periclymenum, Listera ovata, Paris quadrifolia, Geranium robertianum, Polygonatum vulgare, Primula elatior, Galium aparine, Lamium sp., Asperula odorata, Circea lutetiana, Millium effusum, Scrophularia nodosa, Stachys silvatica, Epipactis latifolia, Molinia caevilea.
<u>Position géomorphologique</u>	Relief normal - Bordure de plateau.
<u>Altitude</u>	132 m.

LAON 1

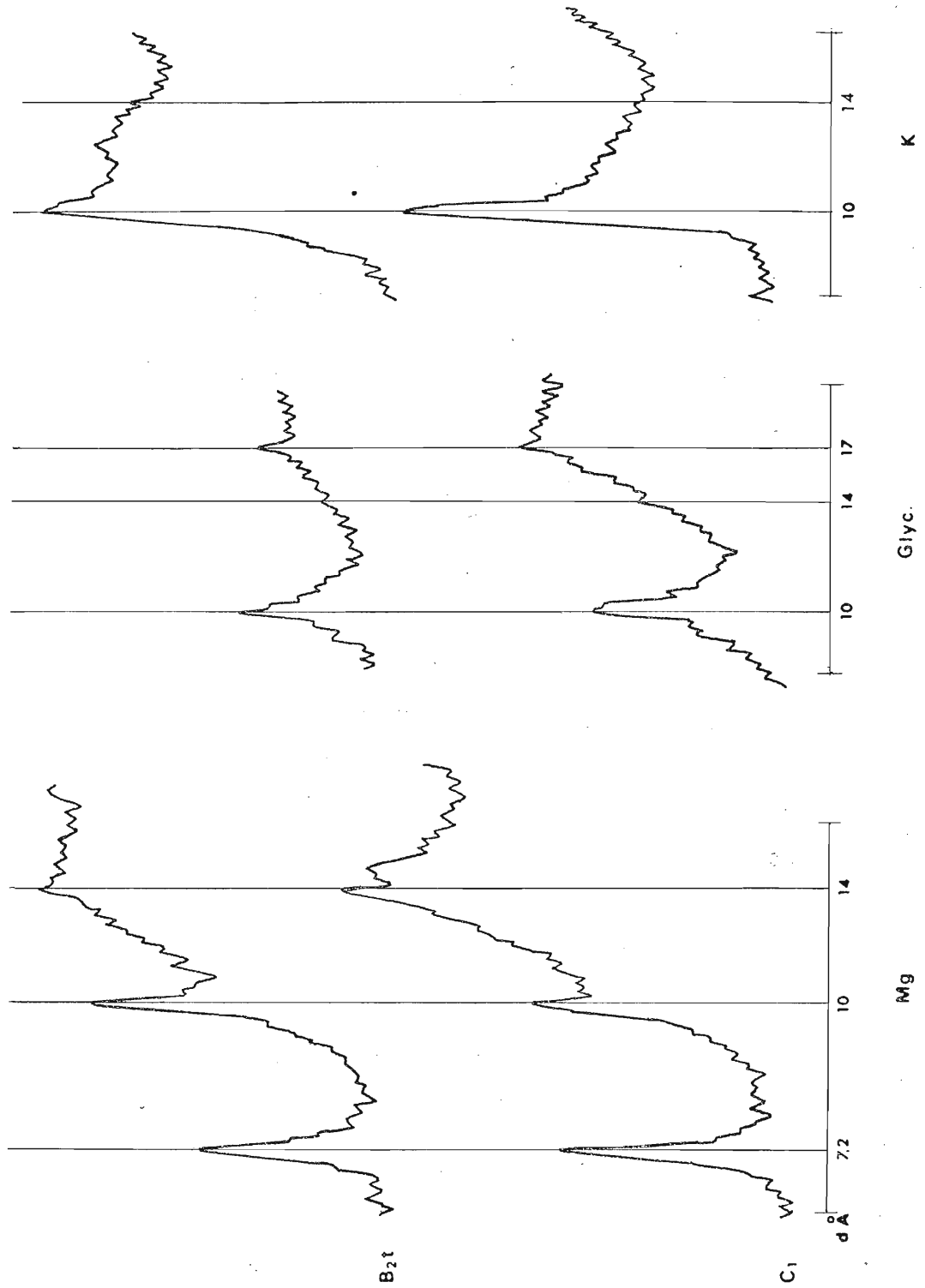


Fig. 55



<u>Matériau originel</u>	Recouvrement limoneux supérieur à 7 m.
<u>Economie en eau</u>	Ecoulement superficiel : moyen Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes. - Radiculaires : assez intenses dans les 40 premiers cm, puis bonnes en dessous - pénétration des racines moyennes et fines le long des "cracks", et ce jusqu'à 2 m - Orientation : diffuse dans les 40 premiers cm, puis devenant verticale en-dessous. - Fauniques : intenses dans les horizons A <sub>1</sub> et A <sub>2</sub> , galeries d'animaux fouisseurs jusqu'à la base de l'horizon B <sub>1</sub> - Dans l'horizon A <sub>2</sub> , les conduits de lombrics sont colmatés par du matériau venant de l'horizon A <sub>1</sub> - Ces conduits s'observent jusqu'à l'horizon compact B <sub>3gx</sub> .
<u>Classification</u>	Sol lessivé à fragipan, à pseudogley, légèrement dégradé. Fragiudalf typique / aquique.
O <sub>1</sub>	Couche L peu importante. Couche F1 très mince et discontinue.
O <sub>2</sub>	Couche F2 pratiquement nulle.
A <sub>1</sub> 0 - 7/10	Limon moyen - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Assez sec - Teneur assez forte en matière organique - Très forte colonisation raculaire bien répartie - Quelques petits éclats de silex noirs (apports anthropiques) - Structure grumeleuse fine faiblement développée - Très friable - Limite distincte et très légèrement ondulée.
A <sub>2</sub> - 20/26	Limon moyen - Gris brun et brun clair : 10 YR 5/2 - 10 YR 5/3 - Assez frais - Teneur moyenne en matière organique - Forte colonisation raculaire - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne faiblement développée - Friable - Limite nette et ondulée.
B <sub>1</sub> - 43/48	Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Faible teneur en matière organique - Colonisation raculaire moyenne - Structure polyédrique subangulaire à angulaire fine à moyenne modérément développée - Friable - Quelques revêtements argilo-humifères très fins et discontinus (20 % de recouvrement), brun franc : 7, 5 YR 5/6 - Limite distincte et légèrement ondulée.
B <sub>21</sub> tg - 66/72	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Colonisation raculaire assez faible, principalement petites racines - Phénomènes d'oxydo-réduction bien contrastés, 10 à 15 % de recouvrement d'oxydation, ocre rouge : 5 YR 5/8 ; 7 à 10 % de réduction, beige foncé : 10 YR 6/3, à orientation préférentielle verticale - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne bien développée - Revêtements argileux fins et presque continus (70 à 80 % de recouvrement), brun franc : 7, 5 YR 5/6) - Quelques concrétions ferro-manganésifères - Présence de petites plages de limon fin - Limite distincte et ondulée.
B <sub>22</sub> tg - 93/98	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Faible colonisation raculaire, principalement radicales - Oxydation sur 10 à 15 %, réduction sur 7 à 10 % à contraste bien prononcé, couleurs et "Mottling" analogues à ceux du B <sub>21</sub> tg - Structure prismatique moyenne assez bien développée - Très ferme - Compact - Revêtements argileux très épais, parfois quelques uns bruns : 7, 5 YR 5/4, localisés principalement sur les faces structurales verticales - Quelques concrétions ferro-manganésifères (1 à 2 %) - Limite graduelle et régulière.

B <sub>3g</sub> (x) - 113/120	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Très faible colonisation radiculaire, uniquement des radicelles - Oxydation sur 7 %, brun jaune : 10 YR 5/6, réduction sur 2 %, beige foncé : 10 YR 6/3 - Structure prismatique grossière modérément développée - Très ferme - Compact - Revêtements argileux analogues à ceux du B <sub>22</sub> tg - Concrétions ferro-manganésifères (3 à 4 %, Ø moy. 1 mm) - Limite graduelle et régulière.
B/C - 134/136	Limon très argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Très faible colonisation radiculaire, uniquement des radicelles - Oxydation sur 5 %, pas de traces de réduction - Structure massive avec quelques faces verticales très nettes à revêtements argileux très épais, bruns : 7,5 YR 5/4 - Très ferme - Concrétions ferro-manganésifères (3 à 4 %) - Limite nette et régulière.
II C <sub>1</sub> - 157/160	Limon argileux - Brun franc : 7,5 YR 5/6 - Frais - Quelques radicelles - Oxydation sur 5 % - Structure massive avec quelques faces verticales très nettes à revêtements argileux très épais - Friable à ferme - Concrétions ferro-manganésifères (2 % et Ø moy. 3 mm) - Limite distincte et régulière.
II C <sub>2</sub> - 180/184	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Quelques radicelles - Quelques traces d'oxydation - Structure lamellaire moyenne modérément développée - Friable - Concrétions ferro-manganésifères (2 %) - Limite distincte et régulière.
II C <sub>3</sub> - 195	Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Quelques radicelles - Structure lamellaire moyenne faiblement développée - Friable - Concrétions ferro-manganésifères (5%).

Prélèvements sélectifs. Trois échantillons complémentaires ont été prélevés

E<sub>1</sub> revêtements argileux épais au niveau B<sub>22</sub>tg/B<sub>3g</sub>(x)

E<sub>2</sub> matrice d'agrégats au même niveau

E<sub>3</sub> petites plages dégradées à la partie supérieure du B<sub>21</sub>tg.

La partie supérieure du profil pourrait avoir été quelque peu remaniée anciennement par des phénomènes de redistribution dus à l'érosion mais l'ensemble du matériau peut être considéré comme suffisamment homogène que pour permettre les interprétations pédogénétiques.

Une certaine endohydromorphie apparaît ici, matérialisée par des taches d'oxydo-réduction réparties au niveau des horizons B<sub>22</sub>t et B<sub>3</sub>. D'autre part, de petites taches de dégradation, ou "podzol flours" sont présentes sur les agrégats du B<sub>21</sub>t. Enfin, les horizons B<sub>3</sub> et B/C offrent une compacité assez importante et un réseau de faces structurales qui leur confère un aspect du type "fragipan", sans être tout à fait caractéristique, loin s'en faut.

Le matériau limoneux est très pur, avec une teneur en sable égale ou inférieure à 5 %. Le rapport limon grossier / limon fin est compris entre 1,5 et 1,7, excepté près de la surface où il est légèrement supérieur pour les raisons que nous avons invoquées.

L'indice d'entraînement de l'argile totale est de 2,5, tandis que celui de l'argile fine est de 3,2. L'accumulation de cette dernière se répartit sur toute la partie inférieure du solum avec un maximum dans l'horizon B/C où nous avons noté les épais revêtements argileux sur les faces verticales de structure. Les revêtements présentent une teneur en argile élevée, 65 %,

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argile		Limons				Sables fins			S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
			0-2 $\mu$	2-10 $\mu$	10-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-100 $\mu$	100-200 $\mu$	200-2000 $\mu$	0-0,2 $\mu$	0,2-2 $\mu$						
A 9410	A <sub>1</sub>	0 - 7/10	14.8	7.4	16.1	49.9	3.5	0.5	0.5		5.3		5.3	9.5			
A 9411	A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub>	- 20/26	12.2	9.7	17.1	53.9	3.7	0.4	0.7		2.3		5.0	7.2			
A 9412	B <sub>1</sub>	- 43/48	13.8	9.0	17.2	54.3	3.5	0.5	0.6		1.1		5.6	8.2			
A 9413	B <sub>21</sub> tg	- 66/72	25.0	9.9	16.6	44.9	2.9	0.3	0.4				14.0	11.0			
A 9414	B <sub>22</sub> tg	- 93/98	30.2	10.0	15.9	41.0	2.3	0.3	0.3				15.8	14.4			
A 9415	B <sub>3</sub> gx	-113/120	30.1	12.6	15.9	36.6	3.7	0.7	0.4				15.7	14.4			
A 9416	B/C	-134/136	31.0	11.7	15.1	37.2	3.8	0.8	0.4				16.1	14.9			
A 9417	II C <sub>1</sub>	-157/160	27.2	10.8	13.2	43.1	4.5	0.7	0.5				13.6	13.6			
A 9418	II C <sub>2</sub>	-180/184	20.6	11.5	18.1	44.3	4.5	0.6	0.4				9.7	10.9			
A 9419	II C <sub>3</sub>	- 195	17.5	11.7	17.4	47.4	4.3	0.7	1.0				5.0	12.5			
J 623	E	Revêtements	64.5	5.2	6.1	21.7	2.0	0.3	0.2				46.4	18.1			

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>1</sub>				22.6	34.8	17.7	0.99	1.60	1.55	1.53	28.5	11.3	17.2
A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub>				18.3	18.9	15.6	1.11	1.50	1.42	1.36	26.5	7.1	19.4
B <sub>1</sub>				12.2	3.6	10.0	1.56	1.36	1.32	1.28	27.1	6.5	20.6
B <sub>21</sub> tg				15.1	1.0	5.2	1.73	1.30	1.22	1.07	30.1	12.4	17.7
B <sub>22</sub> tg				6.2	1.0	2.6	2.15	1.01	1.01	0.98	32.4	12.6	19.8
B <sub>3</sub> gx				4.8	0.8	1.9	2.35	0.94	0.94	0.90	32.4	12.5	19.9
B/C				3.8	0.8	1.9	2.42	0.73	0.73	0.68	30.6	10.1	20.5
II C <sub>1</sub>				2.5	0.8	1.7	2.61	0.43	0.43	0.43	27.0	6.6	20.4
II C <sub>2</sub>				1.9	0.7	1.6	2.61	1.93	1.93	1.93	27.2	10.6	16.6
II C <sub>3</sub>				11.1	3.1	8.1	1.75	0.16	0.16	0.16	26.1	6.3	19.8

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7.0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre %	Fer HCL %	Alum. éch. %	Alum. libre %
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>1</sub>	5.8	5.4	26.5	2.3	11.5	9.3	6.9	1.44	0.57	0.08	8.99	96.7	-	1.23	-	0.14	1.61
A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub>	6.5	5.5	11.5	1.1	10.5	6.0	3.8	0.81	0.11	0.05	4.77	79.5	-	1.16	2.12	0.65	1.69
B <sub>1</sub>	5.9	4.8	5.5			5.6	2.2	0.78	0.08	0.05	3.11	55.5	(30)	1.39	2.52	1.83	1.76
B <sub>21</sub> tg	5.9	4.8				11.2	5.1	1.76	0.16	0.08	7.10	63.4	45	2.23	4.38	3.20	2.49
B <sub>22</sub> tg	5.9	4.9				13.7	8.7	2.18	0.20	0.12	11.20	81.8	45	2.32	4.67	1.88	2.17
B <sub>3</sub> gx	5.8	5.1				15.4	11.4	2.40	0.19	0.16	14.15	91.9	51	2.52	4.86	1.50	2.12
B/C	5.9	5.0				15.1	11.6	2.60	0.19	0.20	14.59	96.6	49	2.46	4.32	0.92	2.09
II C <sub>1</sub>	5.9	5.0				13.1	10.3	2.25	0.14	0.18	12.87	98.2	48	2.26	3.85	0.63	1.69
II C <sub>2</sub>	6.3	5.2				8.7	7.1	1.61	0.08	0.14	8.93	Sat	42	1.70	3.22	0.33	1.26
II C <sub>3</sub>	6.0	5.2				6.6	5.4	1.25	0.07	0.14	6.86	Sat	38	1.57	2.60	0.21	1.54
E						-	-	-	-	-	-	-	-	2.40	6.86	-	-



à dominance d'argile fine : 46 %, c'est-à-dire 72 % de l'argile totale. Nous verrons en micromorphologie qu'il s'agit de ferri-argilanes très typiques.

La porosité totale, obtenue dans ce cas-ci sur agrégats, montre une diminution assez marquée au niveau des horizons B<sub>3</sub> et B/C : 30 à 35 %, la densité apparente y étant plus élevée : 1,7 à 1,8.

Ce profil présente une stabilité structurale très bonne en surface du fait de la teneur en matière organique relativement bien humifiée. Elle devient assez brutalement beaucoup plus faible à la base du Bt et surtout dans les B<sub>3</sub> et B/C.

Nous noterons des teneurs en eau utile particulièrement élevées, vraisemblablement en relation avec la teneur importante en argile et limon fin.

La C. E. C. rapportée à l'argile paraît assez faible dans le B<sub>1</sub> puis passe immédiatement à des valeurs comprises entre 45 et 50 méq. dans les horizons sous-jacents ; elle redescend ensuite dans le matériau II.

En ce qui concerne le taux de saturation, nous noterons la désaturation assez marquée de la partie supérieure de l'horizon Bt par rapport à l'ensemble du solum dont le pH est en moyenne très légèrement inférieur à 6.

L'indice d'entraînement du fer libre est ici de 2,2 environ. Le rapport Fe libre / Fe HCl varie entre 50 et 55, avec un maximum au niveau du limon II enfoui : 60. Il faut remarquer la teneur assez importante en fer des revêtements argileux, fer libre et surtout fer soluble à HCl, le rapport y étant de 35.

La variation de l'aluminium échangeable et de l'alumine libre dans le solum est assez spectaculaire. On constate une valeur très élevée de Al échangeable dans l'horizon B<sub>21t</sub> : 3,2 méq., là où la C. E. C., liée à la teneur en argile, augmente nettement, et où la désaturation en Ca est toujours importante. L'alumine libre présente, par ailleurs, un maximum à ce même niveau, avec un indice Bt/A<sub>2</sub> de 1,55.

## MICROMORPHOLOGIE

*Squelette - Nature.* Dominé par le quartz et quelques feldspaths, on observe de petits fragments de biotite et des grains de glauconie, essentiellement dans le B<sub>3</sub> et le C.

*Dimensions.* Assez homogènes, correspondant à un limon relativement pur.

*Distribution.* La distribution de base s'effectue au hasard, celle par référence apparaît sans relation.

*Orientation.* Le squelette est modérément à fortement orienté.

*Plasma - Répartition.* La répartition du plasma est très variable sur l'ensemble du sol. Assez homogène au niveau du A<sub>2</sub>, elle devient particulièrement hétérogène dans les horizons B pour retrouver une certaine homogénéité dans le C.

*Séparations.* De petites séparations plasmiques réparties dans la masse s'observent dans l'horizon A<sub>2</sub>, tandis qu'une plus grande variété caractérise les horizons B, avec dominance de séparations allongées en bandes dans les zones denses du B<sub>21t</sub>, et dominance de séparations sur squelette dans le B<sub>3</sub>. Dans les parties dégradées elles sont isolées par taches.



Les assemblages plasmiques sont donc très variés : insepique dans la partie supérieure, masepique ou squelsepique dans les horizons d'accumulation, à nouveau à tendance insepique dans le bas du profil.

Nature. Argileux à argilo-ferrique dans le A<sub>2</sub>, la nature du plasma devient essentiellement argilo-ferrique au niveau des horizons B<sub>21t</sub> et B<sub>3</sub>.

Dans le B<sub>21t</sub>, des zones plus délavées correspondent aux plages dégradées partiellement déferrifiées.

Distribution. Dans les horizons supérieurs, cette distribution présente quelques localisations plus denses correspondant aux séparations en taches. En sous-sol, elle est caractérisée par les bandes plasmiques de l'assemblage masepique, ainsi que par la distribution par référence du type cutanique liée à l'assemblage squelsepique.

Orientation. Le degré d'orientation, modéré dans l'horizon A<sub>2</sub>, devient plus important dans les horizons sous-jacents, surtout dans les séparations ; la trame, faiblement striée en surface, devient modérément striée en profondeur.

*Structure de base* - Le squelette est largement dominant par rapport au plasma, particulièrement dans le A<sub>2</sub> et les plages dégradées de la partie supérieure du Bt. Dans des zones d'accumulation préférentielles de concentrations plasmiques, le plasma peut être dominant localement dans le B<sub>3</sub>.

L'assemblage élémentaire des composants passe du type aggloméré de l'A<sub>2</sub> aux organisations intertextiques puis porphyriques dans les niveaux les plus argileux. Notons que dans la partie supérieure du Bt, la distribution du type aggloméré correspond aux zones légèrement dégradées, le type intertextique aux zones d'accumulation.

*Vides* - Les cavités et chenaux ortho de l'horizon A<sub>2</sub> et des plages dégradées font place à des vides du type méta, à parois adoucies dans les zones plasmiques plus denses au B. De nombreux chenaux apparaissent ensuite, ainsi que quelques "planes" liés à la structure macromorphologique à tendance prismatique du B<sub>3</sub>.

*Caractéristiques pédologiques.*

*Concentrations plasmiques.*

Cutanes. De très nombreux fragments de ferriargilanes redistribués dans la masse correspondent d'une part à un processus de dégradation, d'autre part à une activité biologique importante ; ils s'observent dans l'ensemble du Bt.

Dans les parties dégradées apparaissent des argilanes jaunes partiellement déferrifiés et modérément orientés qui constitueraient l'argile préparée pour une migration secondaire.

Au niveau du B<sub>3</sub> se présentent deux types de cutanes bien définis : des ferriargilanes très épais, parfois de l'ordre du millimètre, fortement orientés, accompagnés de ferranes et de manganés, ensuite des argilanes secondaires, très fluidaux et faiblement orientés ("flecked orientation"). Très peu de revêtements y sont fragmentés.

Dans l'horizon C apparaissent encore quelques ferriargilanes accompagnés d'un peu de limon fin.

Glaebules. Les horizons A<sub>2</sub> et B<sub>21t</sub> présentent des *nodules* en formation à limites diffuses caractérisant un engorgement très temporaire de la partie supérieure du solum. Par contre, les niveaux

Horizons → Unités de description ↓	A <sub>2</sub>	B <sub>t</sub> 21	B <sub>3</sub>	C
<u>S. Matrix</u>				
<u>Squelette</u>	Quartz - Assez homogène et hétérogène.	Feldspaths - Assez homogène	Epidote - Glauconie Assez homogène	Biotite Assez homogène
<u>Plasma</u>	Argileux à argilo-ferrique localement - Traces de matière organique - Assez homogène	Argilo-ferrique à argileux dans zones dégradées - Traces de matière organique - Très hétérogène	Argilo-ferrique essentiellement, argileux dans certaines concentrations - Hétérogène	Argileux à argilo-ferrique Ségrégations de fer - Assez homogène
<u>Séparations plasmiques</u>	Quelques unes dans la masse, en très petites plages	Dans la masse et sur squelette dans zones denses.	Sur squelette et dans la masse, en petites bandes	Sur squelette et en petites taches dans la masse
<u>Assemblages plasmiques</u>	(Insepique)	Squel-in-masepique à in-ma-Squelsepique - Insepique localement.	in-ma-Squelsepique	in-Squelsepique à squel-Insepique
<u>Structure de base</u>	SK >> PI	SK > PI à SK >> PI	SK > PI, très localement PI > SK	SK > PI
<u>Assemblage élémentaire</u>	Aggloméré	Intertextique à aggloméré	Porphyrique	Porphyrique à intertextique
<u>Vides</u>	Cavités et chenaux ortho, quelques méta.	Cavités et chenaux méta dans zones denses, essentiellement ortho dans plages dégradées	Cavités et chambres métallégulières à irrégulières chenaux dendroïdes et anastomosés - Quelques "planes".	Cavités et chambres ortho assez régulières - Quelques cavités méta.
<u>Caractéristiques pédologiques</u>				
<u>Orthic - Séparations (v. Plasma) Concentrations</u>				
<u>Cutanes</u>	Quelques argilanes jaunes faiblement orientés	. Horizon très complexe Zones denses : Très nombreux ferriargilanes fragmentés et redistribués, fortement orientés concentrations plasmiques jaune clair en petites masses avec remplissage de "silt". Zones dégradées : Argilanes jaune clair modérément orientés.	Plusieurs types : - Ferriargilanes très épais, striés et fortement orientés - Manganés ou ferranes recouvrant localement les premiers - Argilanes jaunes, très fluidaux, faiblement orientés. Du "silt" se retrouve dans le premier et le dernier type.	Ferriargilanes peu nombreux mais très épais, peu striés, fortement orientés, "Normal void" cutanes, Différenciation locale du fer - Un peu de "silt" intégré.
<u>Glaebules</u>	Quelques ionodules et figures de ferruginisation	Nodules à limites diffuses et "halos glaebulaires".	Petits nodules arrondis ou elliptiques à limites très nettes - Nodules plus diffus mais très concentrés	Nodules foncés isotropes à limites très nettes à assez nettes pour quelques uns - Quelques concrétions à limites nettes.
<u>Pedotubules</u>		Tendance à la formation d'isotubules	Quelques isotubules	
<u>Hérités - Pedorelicts</u>				
<u>Elementary fabric (Kubiena)</u>	Agglomeratic à Intertextic	Tendance générale Intertextic	Porphyropectic	Porphyropectic à intertextic



inférieurs sont caractérisés par de petits nodules ferromagnétiques généralement très sombres et à limites très nettes, accompagnés dans l'horizon C par quelques *concrétions*. *Pedotubules*. Les horizons B présentent quelques isotubules assez nets constitués par le remplissage de certains vides par du limon fin.

*Assemblages élémentaires selon Kubiena.* -

Les assemblages "agglomeratic" à "intertextic" des horizons supérieurs font place essentiellement au type "porphyropectic" dans les horizons B<sub>22t</sub> et B<sub>3</sub>. Le type "intertextic" réapparaît dans le C.

*Stade d'évolution* - Le matériau est du type général "Braunerde" avec du "Braunlehm-Teilplasma" assez bien représenté, et "Braunlehm" illuvial.

*Conclusions* - L'analyse micromorphologique de ce sol confirme sa tendance à une certaine dégradation de l'horizon Bt : perte d'orientation des revêtements argileux et caractéristiques d'asphyxie temporaire de la partie supérieure du sol. La présence de revêtements assez ferrugineux particulièrement épais au niveau du B<sub>3</sub> pourrait être en relation avec ce stade d'évolution dans la majorité des dépôts limoneux de la région de Thiérache.

#### DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Le profil a été caractérisé par trois horizons : A<sub>2</sub> - B<sub>2t</sub> et C pour lesquels les fractions inférieures à 2 microns ont été examinées.

Ce profil présentant un début de dégradation morphologique dans la partie supérieure du solum, ainsi que des caractères d'illuviation primaire très marqués dans les niveaux plus profonds, certains prélèvements sélectifs ont fait l'objet d'analyses minéralogiques plus poussées qui seront présentées dans le chapitre suivant.

Ces prélèvements particuliers ont été les petites zones dégradées, les épais revêtements primaires et la matrice correspondant à ces derniers ; une séparation en argile fine (0-0,2 μ) et grossière (0,2-2 μ) a été réalisée. Pour certains d'entre eux, des traitements au citrate de sodium ont été appliqués. Nous en commenterons les résultats simultanément.

A<sub>2</sub> Le traitement normal de l'échantillon Mg fournit un diffractogramme où les réflexions sont très nettes à 7,2, 10 et 14 Å. Le glycol provoque ensuite le gonflement d'une certaine partie, tandis que l'autre partie est maintenue à 14. Le traitement au potassium provoque une fermeture, avec cependant maintien d'une partie à 14 Å.

B<sub>2t</sub> Les réflexions à 7,2 et 10 sont moins importantes que dans le A<sub>2</sub>, sur échantillon Mg, tandis que le pic à 14 est nettement plus étalé. Le traitement au glycol provoque un gonflement plus important du minéral à 14, avec cependant maintien d'une certaine réflexion. Une faible partie est également maintenue à 14 après traitement au potassium.

C Cet horizon a un comportement assez analogue au B<sub>2</sub>t ; on constate néanmoins une meilleure fermeture au traitement K.

Pour l'ensemble des trois horizons on peut remarquer :

- des réflexions larges avec maximum très net à 14 Å, celle à 10 étant parfois relativement peu différenciée.
- l'apparition par gonflement de réflexions très larges à partir de 14 avec étalement jusqu'à 20 Å.
- plusieurs réflexions généralement bien différenciées entre 10 et 14 Å sur les diffractogrammes des échantillons K.

Des chauffages successifs de l'échantillon K à 250°, 400° et 550°C ont permis de faire les constatations suivantes :

- dès 250° et jusqu'à 400° la fermeture est quasi-complète dans le C, beaucoup moins nette dans le B<sub>2</sub>t, et reste partielle avec petite réflexion nette à 14 Å dans le A<sub>2</sub>.
- à 550° la fermeture est meilleure dans les deux horizons supérieurs, et la réflexion à 14 Å disparaît dans le A<sub>2</sub>.

De l'analyse de ces trois horizons il ressort que les minéraux argileux sont essentiellement constitués par de la kaolinite, de l'illite et des minéraux gonflants, avec apparition dans l'horizon A<sub>2</sub> d'intergrades hydroxyalumineux.

Ces données seront complétées par les résultats que nous exposerons dans le chapitre 4.4.

## DISCUSSION - CONCLUSIONS

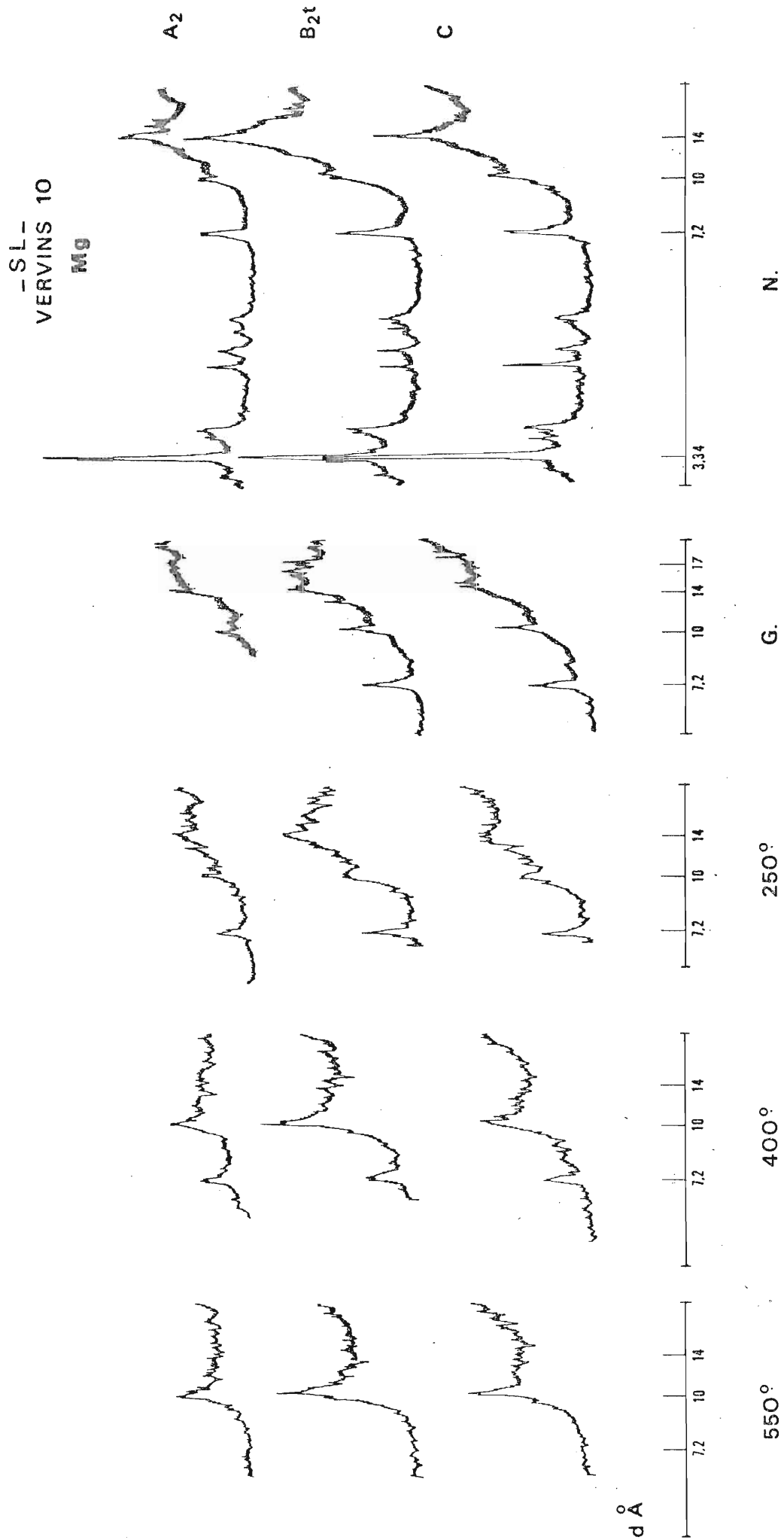
Le profil présente des caractères de lessivage prononcé : indices d'entraînement de l'argile et du fer supérieurs à 2, respectivement 2,5 et 2,2.

De plus on y constate, en milieu désaturé, une dynamique assez nette de l'aluminium, avec enrichissement marqué à la partie supérieure de l'horizon Bt.

L'étude minéralogique nous a montré l'apparition dans les parties appauvries en argile et en fer de minéraux du type vermiculite alumineuse, peu importante cependant. Ceci pourrait être mis en relation avec la présence des petites plages blanchies de l'horizon Bt. L'étude micromorphologique ne nous a cependant pas permis d'observer de caractères particuliers liés à une dégradation marquée.

Au demeurant, la légère endhydromorphie et la compaction de la partie inférieure de l'horizon B sont des aspects de sols relativement fortement évolués. Nous avons donc affaire à un stade tout à fait débutant de dégradation de l'horizon d'accumulation.

Ce sol est du type "sol lessivé à pseudogley peu accentué, à fragipan peu marqué, et légèrement dégradé". Il s'agit d'un "Typic Fragiu-dalf" de la classification américaine qui correspond à un "Orthic Luvisol" de la légende F. A. O.





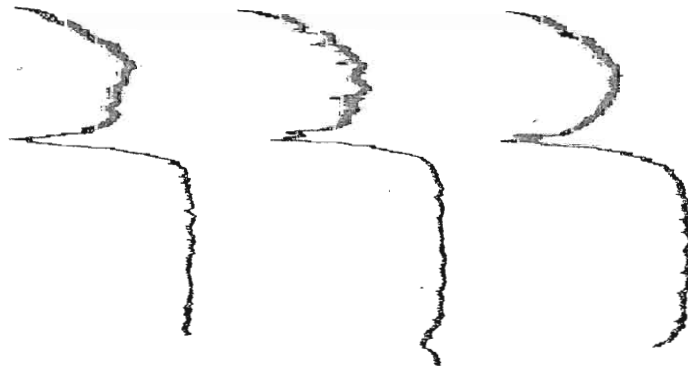
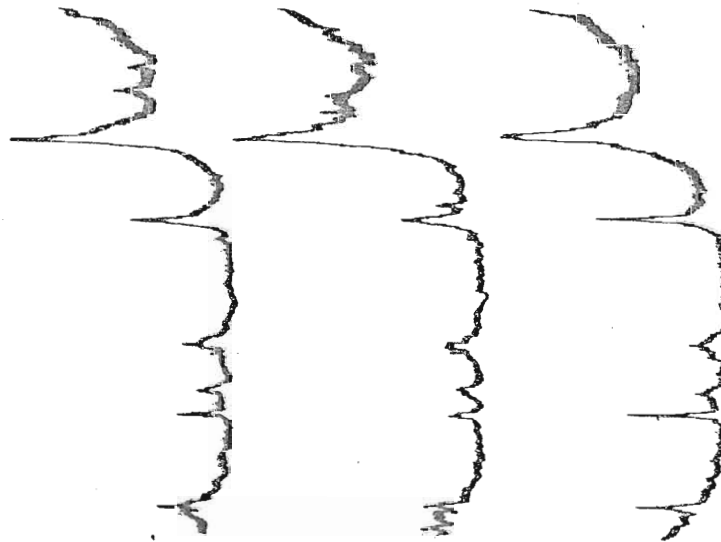
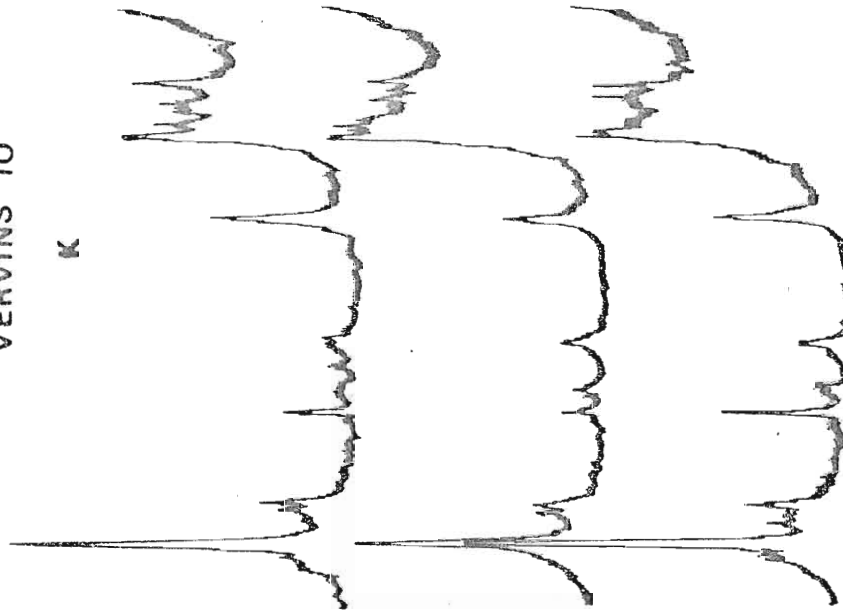
-SL-  
VERVINS 10

K

A<sub>2</sub>

B<sub>2t</sub>

C



d Å



550°

400°

N.

Fig. 57





- PROFIL EPERNAV 3 -

Ce profil a été choisi parce qu'il représente l'évolution atteinte par une couverture de redistribution récente, du Pléistocène supérieur, sur un substrat argileux tertiaire, en l'occurrence les argiles à meulière. Cependant, aucune hydromorphie marquée n'apparaît dans le profil.

Ce type de sol de Haute-Brie est un peu particulier, la majorité de la couverture limoneuse y étant plus ancienne et d'épaisseur plus importante. Le profil est situé sous bois, et en milieu modérément acide.

DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Epernay 5 - Bois de la Hutte.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	10/4/64 - Beau temps ensoleillé.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie à réserve de chênes. <u>Strate arborescente</u> - chênes sessiles, hêtres, bouleaux, frênes, châtaigniers, merisiers, quelques peupliers, trembles. <u>Strate arbustive</u> - charmes, noisetiers, bouleaux, saules, grisards, aulnes. <u>Strate herbacée</u> - anémones sylvie, primevères, fraisiers, pâturin des bois, ronces, lierre, aspérule, endymion, muguet, carex.
<u>Position géomorphologiques</u>	Relief normal : pente très faible, légèrement concave - Important replat.
<u>Altitude</u>	212 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement loessique reposant vers 1,70 m sur argile à meulière probablement remaniée (solifluxion).
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : favorable à modéré.
<u>Activités biologiques</u>	Intenses dans les horizons B, encore assez bonnes jusqu'à 1,60 m.
<u>Classification</u>	Sol lessivé acide. Hapludalf typique.
<u>Remarques</u>	Assez nombreuses cavités d'animaux fouisseurs, principalement localisées au contact des horizons A et B. La transition entre les horizons A <sub>2</sub> et B <sub>1</sub> est assez diffuse. La colonisation racinaire est bonne sur l'ensemble du profil, il n'y a pas de direction privilégiée sauf peut-être pour les grosses racines à orientation préférentielle horizontale.
O <sub>1</sub>	Couche L faible et discontinue.
O <sub>2</sub>	Couche F <sub>1</sub> très localisée

- A<sub>1</sub>  
0 - 7/13 cm  
Limon moyen - Brun clair à brun foncé : 10 YR 5/3 vers 4/3 - Frais - Teneur assez forte en matière organique - Quelques grosses racines, nombreuses petites (feutrage) - Structure grumeleuse fine faiblement à moyennement développée - Friable - Très nombreux grumeaux coprogènes - Limite graduelle et légèrement ondulée.
- A<sub>2</sub>  
- 26/34  
Limon moyen - Beige foncé : 10 YR 6/4 vers 6/3 - Frais - Faible teneur en matière organique, assez nombreuses grosses racines, nombreuses petites - Structure granulaire très fine, moyennement développée, avec localement une tendance lamellaire fine - Meuble - Assez nombreux conduits lombricides tapissés et assez nombreuses cavités remplies de fins grumeaux - Limite graduelle et légèrement ondulée.
- B<sub>1</sub>  
- 37/42  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques infiltrations humifères - Grosses racines, rares petites - Structure polyédrique subangulaire très fine, faiblement développée - Friable - Quelques petites plages de lessivage préférentiel (dégradation naissante) - Petites taches Fe Mn peu nombreuses sur certaines faces structurales horizontales - Nombreux conduits lombricides tapissés et quelques cavités (id. A<sub>2</sub>) - Limite graduelle et légèrement ondulée.
- B<sub>21</sub><sup>t</sup>  
- 50/54  
Limon argileux - Matrice brun franc : 7, 5 YR 5/6 - Revêtements bruns : 7, 5 YR 5/4 vers 4/4 - Frais - Quelques infiltrations humifères - Petites et grosses racines (id. B<sub>1</sub>) - Structure polyédrique angulaire à subangulaire fine à très fine, bien développée - Friable - Nombreuses taches Fe Mn sur les faces structurales - Assez nombreux revêtements argileux très fins et discontinus - Nombreux conduits lombricides tapissés (quelques très rares plages lessivées du A<sub>2</sub>) - Limite distincte et légèrement ondulée.
- B<sub>22</sub><sup>t</sup>  
- 62/65  
Limon argileux - Matrice gris rose : 7, 5 YR 6/2 - Revêtements bruns foncés : 7, 5 YR 4/4 - Frais - Très rares infiltrations humifères (lombrics) - Grosses et petites racines encore (id. au B<sub>1</sub>) - Structure polyédrique angulaire à subangulaire fine, bien développée - Friable à ferme - Nombreux revêtements très fins et assez continus sur les faces de structure ainsi que d'assez nombreuses taches Fe Mn en surimposition - Nombreux conduits lombricides tapissés - Limite distincte et légèrement ondulée.
- B<sub>3</sub>  
- 69/73  
Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6 - Revêtements bruns foncés : 7, 5 YR 4/4 - Assez frais à frais - Rares grosses racines, quelques petites plus radicelles - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne, moyennement développée reprise dans une structure prismatique moyenne faiblement développée - Assez ferme - Nombreuses taches Fe Mn sur les faces structurales - Revêtements argileux fins et continus sur les principales faces verticales de structure - Assez nombreux conduits lombricides tapissés - Limite distincte et légèrement ondulée.
- B/C  
- 89/93  
Argile limoneuse - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6 - Revêtements bruns foncés : 7, 5 YR 4/4 - Assez frais - Quelques petites racines - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne, faiblement développée, reprise dans une structure prismatique moyenne assez mal développée - Assez ferme - Quelques taches Fe Mn assez bien réparties dans la masse - Quelques revêtements argileux fins et continus sur les principales faces structurales - Assez nombreux conduits lombricides tapissés - Limite distincte et légèrement ondulée.
- C<sub>1</sub>  
- 105/110  
Argile limoneuse - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6 - Revêtements bruns : 7, 5 YR 5/4 - Assez frais - Quelques petites racines - Petites trainées de rouille le long des conduits radiculaires - Structure prismatique moyenne, moyennement développée avec localement sous structure polyédrique - Quelques taches Fe Mn également réparties - Revêtements argileux fins et discontinus sur les principales faces de structure - Encore quelques conduits lombricides tapissés d'humus - Limite graduelle et légèrement ondulée.





- C<sub>2</sub> Argile limoneuse - Matrice brun jaune à brun franc : 10 YR 5/8 vers 7,5 YR 5/8 -  
- 131/136 Revêtements bruns : 7,5 YR 5/4 - Assez frais à frais - Encore quelques petites racines  
et radicelles - Quelques traînées de rouille le long des pertuis radiculaires - Structure  
prismatique moyenne à grossière, moyennement développée - Ferme - Assez nom-  
breuses taches et indurations Fe Mn - Revêtements argileux assez épais et continus  
sur les principales faces de structure, plus fins sur les autres - Limite graduelle et  
faiblement ondulée.
- II C<sub>1</sub> Argile limoneuse - Matrice brun franc : 7,5 YR 5/8 - Revêtements bruns : 7,5 YR 5/4 -  
131/136 - 160 Frais - Encore quelques radicelles - Structure prismatique grossière faiblement dévelop-  
pée - Ferme - Revêtements argileux fins et continus sur les principales faces structu-  
rales, très fins et discontinus sur les autres faces - Quelques taches et indurations Fe Mn  
assez locales et rares conduits lombricides tapissés - Limite graduelle et régulière.
- II C<sub>2</sub> Argile limoneuse - Brun franc : 7,5 YR 5/8 - Structure prismatique grossière faiblement  
160 - 175 développée - Quelques revêtements sur les faces verticales - Ferme - Limite progres-  
sive.
- II C<sub>3</sub> Argile - Brun franc : 7,5 YR 5/8 - Structure assez massive - Très ferme.  
+ 175

Un horizon A<sub>2</sub> bien différencié surmonte donc un ensemble d'horizons du type Bt passant très progressivement au substrat argileux.

On observe déjà dans les horizons C du profil l'influence du matériau sous-jacent, particulièrement sur le plan granulométrie.

La couverture limoneuse à laquelle nous avons affaire est très pure, elle contient pratiquement moins de 3 % de sable. L'influence du tertiaire se marque en profondeur par une légère augmentation de cette teneur en sable, particulièrement nette évidemment dans la couche II C<sub>3</sub>.

Le rapport limon grossier / limon fin est de l'ordre de 1,5 ou légèrement inférieur, ce qui tendrait à nous faire penser qu'il s'agit de produits de redistribution de matériaux déposés antérieurement aux limons que nous avons envisagés jusqu'à présent dans ce chapitre.

La teneur en argile augmente progressivement en profondeur avec un léger fléchissement au niveau des horizons B/C et C<sub>1</sub>.

L'indice d'entraînement calculé entre les horizons A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub> est de 1,9 pour l'argile totale et de plus de 3 pour l'argile fine. Cette dernière valeur paraît un peu particulière, tout comme les teneurs assez importantes et relativement constantes de l'argile grossière (0,2-2 µ) sur l'ensemble du profil.

Les revêtements argileux sont fins d'une manière générale, mais plus épais cependant sur les faces verticales de la structure prismatique en profondeur.

Une porosité moyenne de 35 % caractérise le profil, avec cependant un minimum dans l'horizon C<sub>1</sub>.

La stabilité de structure est assez bonne, particulièrement en surface du fait de la teneur en matière organique, et plus bas compte-tenu de l'importante teneur en éléments fins. Il faut cependant noter les valeurs de percolation assez faibles à la partie inférieure du solum proprement dit, c'est-à-dire en B<sub>3</sub>, B/C et C<sub>1</sub>. La réserve en eau est naturellement assez élevée.

La C. E. C. de l'argile présente des valeurs relativement faibles dans la couverture limoneuse : 31 dans le B<sub>1</sub> et voisine de 40 ensuite, elle monte à 47 dans le C<sub>2</sub>.

Les valeurs enregistrées pour le fer libre sont relativement peu élevées, ce qui pourrait être lié au fait que le matériau constitue le produit d'un remaniement de dépôts déjà un peu appauvri antérieurement. L'indice d'entraînement du fer libre est de 1,9, c'est-à-dire exactement celui de l'argile. Hormis dans les horizons de surface où il est légèrement plus élevé, le rapport fer libre / fer HCl est compris entre 40 et 45.

L'aluminium échangeable est bien représenté dans ce profil, la teneur la plus importante étant relevée au niveau B<sub>2t</sub>/B<sub>3</sub>. L'alumine libre présente une répartition caractéristique, avec un maximum bien marqué dans le B<sub>2t</sub>, l'indice de déplacement calculé étant de 1,6.

### MICROMORPHOLOGIE

Nous n'avons pas repris ici de description systématique. En effet, les caractères micromorphologiques sont typiquement ceux des sols lessivés : présence de traits pédologiques du type cutanes : *argilanes* et *ferriargilanes* et du type glæbules : quelques *nodules*.

Le stade de développement est confirmé par ces observations.

### DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Des analyses aux rayons X ont été effectuées sur cinq échantillons d'argile 0-2  $\mu$  provenant des horizons A<sub>2</sub> - B<sub>21t</sub> - B<sub>22t</sub> - B/C - C. Tous ont subi le prétraitement au citrate.

Nous allons commenter globalement les résultats, en mettant en évidence les différences entre horizons.

#### Echantillons Mg.

Une première analogie apparaît immédiatement entre les différents diffractogrammes, tous présentent trois réflexions principales : à 7,2, 10 et 14 Å.

Les différences entre horizons sont les suivantes :

- l'intensité des réflexions à 7,2 et 10 Å diminue progressivement de haut en bas du profil.
- le pic à 14 est toujours très large, étalé : il est le plus net dans le A<sub>2</sub>, bien marqué également dans le B/C et le C.

#### Echantillons traités au glycérol.

Le gonflement de tous les échantillons est assez net jusqu'à 17 Å et plus. La variation de la réflexion à 10 Å est toujours très marquée : plus nette dans A<sub>2</sub> et de moins en moins différenciée, avec élargissement, en profondeur.

Un léger maintien vers 14 Å apparaît dans le A<sub>2</sub>, avec une faible inflexion à 17 Å.

Le B/C et le C montrent une réflexion peu importante à 17 Å, tandis que les autres échantillons du Bt montrent un étalement très progressif vers les distances basales plus grandes.

-SL-  
EPERNAY 3

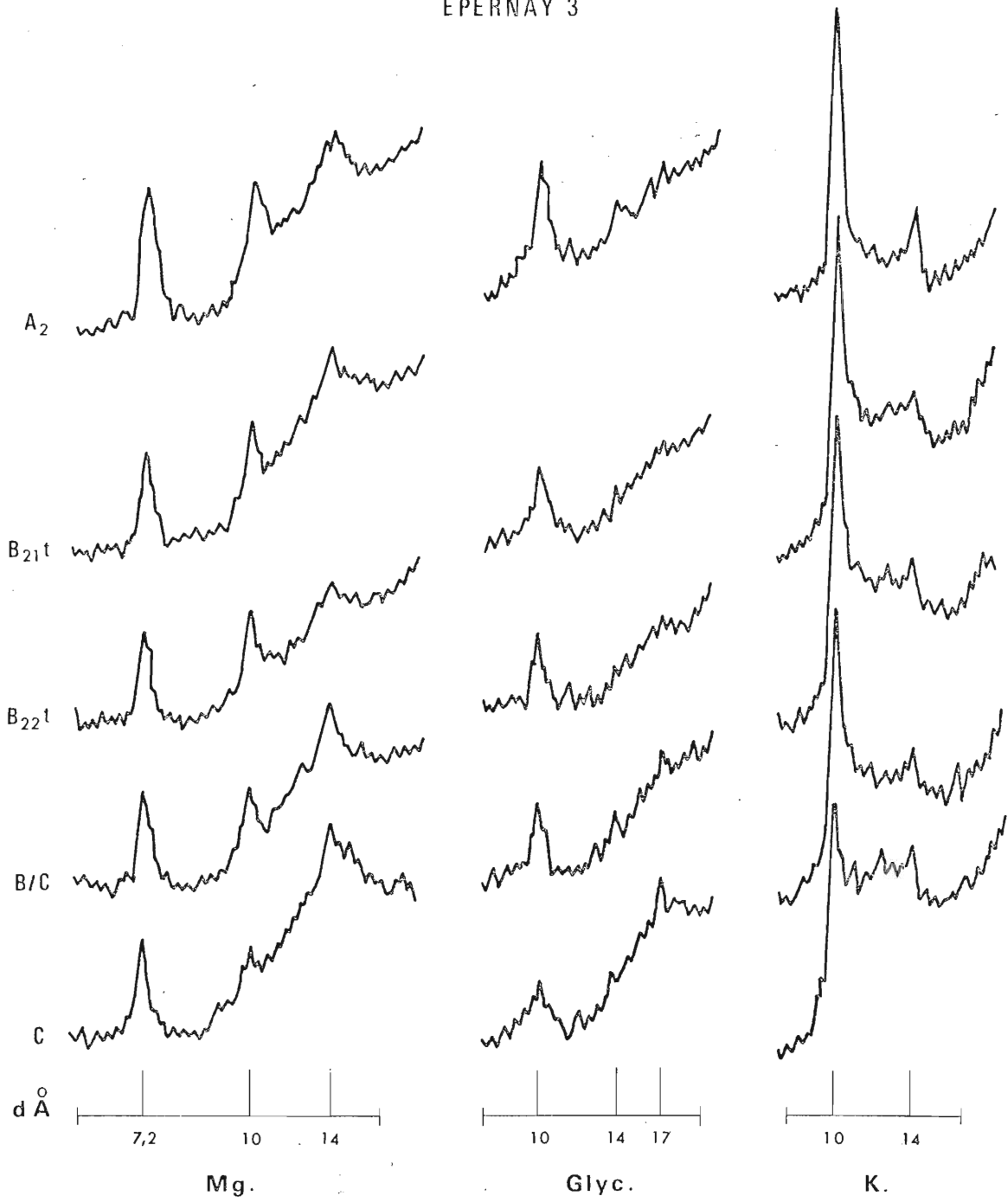


Fig. 58





### Echantillons K.

L'échantillon A<sub>2</sub> se distingue assez nettement des autres par une fermeture assez bonne sur 10 Å, avec présence nette d'un minéral à 14 Å. Les horizons B montrent une fermeture incomplète avec peut-être quelques traces vers 14. Le C présente une fermeture très partielle.

Une certaine évolution minéralogique est donc décelable ici.

Tout d'abord, les variations progressives observées pour les réflexions à 7,2 et 10 Å nous font penser à un enrichissement relatif en kaolinite et illite de bas en haut du profil. Cela pourrait correspondre aux teneurs relatives en argile fine et argile grossière.

De la montmorillonite est vraisemblablement présente dans l'horizon C, tandis que des minéraux interstratifiés gonflants sont décelés dans tous les horizons et plus particulièrement semble-t-il dans les horizons Bt.

Dans l'horizon A<sub>2</sub> apparaît un minéral à 14 Å du type vermiculite qui se maintient après traitement au glycérol ; il s'agit donc probablement d'un intergrade alumineux.

Peut-être la mauvaise fermeture des échantillons B<sub>21</sub><sup>t</sup> et B<sub>22</sub><sup>t</sup> est-elle liée également à la présence de constituants alumineux.

.  
.  
.

### DISCUSSION - CONCLUSIONS

Les caractères les plus marquants de ce profil sont d'une part l'illuviation relativement importante et l'acidité modérée pour un matériau de dépôt assez récent.

Aucune dégradation morphologique n'est décelable, tandis que les minéraux argileux présentent une certaine évolution : faible capacité et présence probable de minéraux du type intergrades alumineux.

Ce sol est donc en transition entre les sols bruns lessivés et les sols lessivés acides. Nous verrons plus loin qu'il s'agit vraisemblablement d'une évolution ayant affecté un matériau déjà sensiblement altéré par des phénomènes pédogénétiques antérieurs.

Nous classerons ce sol comme "sol lessivé acide", et comme "Typic Hapludalf". Tout comme les précédents, il s'agit d'un "Orthic Luvisol" de la légende de la carte des sols du Monde de la F. A. O.

.  
.  
.



#### 4.32. SOLS SUR LIMONS D'APPORT PLUS ANCIENS.

Ici également cinq profils ont été retenus pour analyse détaillée, les quatre premiers : *Chateau-Thierry 11*, *Montmirail 15*, *31* et *32* étant caractéristiques des matériaux limoneux anciens de la Haute-Brie, datant vraisemblablement de la base du dernier cycle du loess, le cinquième : *Chateau-Thierry 22*, représentant les sols en transition vers le Tardenois.

#### - PROFIL CHATEAU-THIERRY 11 -

De nombreux indices que nous avons présentés plus haut nous permettent de penser que cette couverture est d'apport assez ancien. Cependant, le développement de ce sol apparaît, comme nous allons le voir, moins avancé que l'ensemble du manteau limoneux de Haute-Brie.

Peut-être un dépôt plus récent a-t-il recouvert celui qui nous occupe et temporairement protégé de l'influence des facteurs de la genèse. Il s'agit donc d'un sol parmi les moins évolués que nous avons observé en Haute-Brie sur limon ancien.

Vraisemblablement occupé par la culture depuis assez longtemps, il a subi une troncature relativement importante.

#### DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Ouest de Courboin - Ferme Redon.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	10/9/63 - Temps couvert - Pluies la veille et les jours précédents.
<u>Végétation</u>	Chaume de blé.
<u>Position géomorphologiques</u>	Relief subnormal - Haut de plateau en bordure de la ligne de crête (pente quasiment nulle).
<u>Altitude</u>	221 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement loessique sur plus de 4, 20 m.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent. Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Importantes jusqu'au B <sub>1</sub> - Assez bonnes ensuite.
<u>Classification</u>	Sol lessivé en voie de dégradation, à fragipan et pseudogley.
<u>Remarques</u>	Le profil creusé depuis 6 jours est pratiquement immergé jusqu'à la partie supérieure des horizons B (eaux de précipitations et suintements importants au niveau du fragipan). Phénomènes de dissolution en langues de l'horizon B atteignant un maximum de développement dans le B <sub>2t</sub> .
Ap 0 - 27/29 cm	Limon moyen - Brun clair : 10 YR 5/3 - Frais - Proportion moyenne de matière organique, nombreuses petites racines - Structure grumeleuse fine à très fine moyennement développée, localement assez bien (feutrage radiculaire et cavités d'animaux) et polyédrique subangulaire fine assez faiblement développée - Nombreux grumeaux coprogènes - La structure polyédrique est à tendance angulaire à la base de l'horizon (semelle de labour) - Friable - Limite distincte et régulière.

- A/B  
- 30/36  
Limon moyen à limon argileux - Beige foncé à brun jaune : 10 YR 6/4 vers 5/4 - Frais - Faible proportion de matière organique - Quelques petites racines et radicelles - Petites concrétions Fe Mn friables et taches de rouille (2 à 5 %) - Structure polyédrique subangulaire fine à très fine moyennement développée dans les infiltrations humifères - Nombreux canaux lombricides tapissés d'humus, assez nombreuses cavités avec grumeaux coprogènes - Horizon irrégulier et très aminci par endroits (repris en partie dans le Ap) - Friable - Limite graduelle et légèrement ondulée.
- B<sub>1</sub>g  
- 47/50  
Limon argileux - 10 YR 6/4 vers 5/4 - Frais - Rares infiltrations humifères - Quelques radicelles - Petites concrétions Fe Mn friables - Rouille et gley en taches (15 % de recouvrement pour les deux) - Structure polyédrique subangulaire à angulaire fine à moyenne, moyennement développée - Encore assez nombreux conduits lombricides tapissés et grumeaux coprogènes - Friable à ferme - Limite distincte et légèrement ondulée.
- B<sub>21</sub>tg  
- 60/67  
Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6 - Rouille brun franc : 7,5 YR 5/6 - Gley gris : 5 Y 6/1 - Plages dégradées blanchâtres : 2,5 Y 8/1 - Assez frais à frais - Rares infiltrations humifères - Quelques radicelles et petites concrétions Fe Mn - Phénomènes d'oxydo-réduction importants (50 % en recouvrement) - Dégradation assez importante en "tonguing" environ 30 % en recouvrement de la masse - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne assez bien développée, localement bien - Nombreuses indurations Fe Mn sur les faces structurales - Nombreux revêtements argileux orientés très fins et discontinus - Encore quelques conduits de lombrics tapissés d'humus ainsi que de rares conduits avec grumeaux coprogènes - Assez ferme - Limite graduelle et ondulée.
- B<sub>22</sub>tg  
- 75/90  
Limon argileux - Matrice brun jaune à brun jaune clair : 10 YR 5/8 vers 6/6 - Rouille brun franc : 7,5 YR 5/8 - Gley gris brun pâle : 2,5 Y 6/2 - Assez frais - Quelques radicelles - Rouille et gley (id. B<sub>21</sub>tg) - Structure polyédrique angulaire à subangulaire fine à moyenne, moyennement développée, localement plus angulaire, très fine et mieux développée plus structure lamellaire (base de l'horizon) assez grossière, sans faces bien différenciées - Nombreuses indurations Fe Mn sur les faces structurales - Revêtements argileux fins et discontinus - Quelques conduits lombricides légèrement tapissés d'humus - Ferme - Limite diffuse et irrégulière.
- B<sub>3</sub>gx  
- 110/135  
Limon argileux - Matrice - Rouille, gley, (id. B<sub>22</sub>tg) - Assez frais à assez sec - Rouille et gley très importants et localisés dans le long des fentes verticales de dissociation ou déterminées par un système racinaire fossile - L'ensemble, assez régulier, dessine dans un plan horizontal un réseau polygonal très net (fragipan typique) - Structure polyédrique angulaire à subangulaire moyenne, moyennement développée et lamellaire grossière à très grossière, moyennement développée - Nombreuses taches Fe Mn et indurations - Revêtements discontinus sur les faces structurales - Très ferme - Limite diffuse et interrompue.
- B/Cgx  
- 140/170  
Limon argileux - Matrice ocre brun : 7,5 YR 6/8 - Rouille brun jaune : 10 YR 5/8 - Gley gris olive pâle : 5 Y 6/2 - Assez sec - Rouille et gley un peu moins importants et localisés - Horizon sec et tassé (fragipan) - Structure peu développée délimitée par les fentes verticales (réseau polygonal) et horizontales gleyifiées - Très ferme - Limite graduelle et régulière.
- Cg  
+ 170  
Limon moyen - Couleurs analogues à l'horizon sus-jacent - Assez sec - Peu structuré, quelques faces verticales - Très ferme.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argile 0-2 µ	Limons				Sables fins			S. G. 200-2000 µ	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
					2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	0-0,2 µ	0,2-2 µ					
A 3315	Ap	0 - 27/29	10 YR 5/3	16.2	8.9	31.7	33.3	2.8	0.5	1.4		2.2	9.8	6.4		
A 3316	A/B	- 30/36	10 YR 6/4	21.4	9.9	16.5	49.5	2.6	0.4	1.4		1.1	10.3	11.1		
A 3317	B <sub>1</sub> g	- 47/50	10 YR 5/4	25.0	10.8	17.5	40.0	2.4	0.4	2.0			13.3	11.7		
A 3318	B <sub>21</sub> tg	- 60/67	10 YR 5/6	26.9	11.8	16.0	37.9	2.4	0.8	2.6			16.6	10.3		
A 3319	B <sub>22</sub> tg	- 75/90	10 YR 6/6	26.9	11.8	18.5	40.3	2.1	0.4	0.7			13.5	13.4		
A 3320	B <sub>3</sub> gx	-110/135	7,5 YR à 2,5Y	24.3	14.2	18.6	42.7	2.3	0.4	0.5			12.9	11.4		
A 3321	B/Cgx	-140/170	10 YR 6/8	26.1	14.7	16.3	39.4	2.4	0.4	0.4			13.3	12.2		
A 3323	Cg	> 170	10 YR 6/8	17.1	19.6	18.0	36.7	2.1	0.4	1.7			10.0	7.1		

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure						Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %	
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.				3 H.
Ap				16.4	3.8	8.0	1.64	0.99	0.93	0.86	23.6	8.4	15.2
A/B				31.4	3.2	13.4	1.45	0.74	0.69	0.69	24.6	8.1	16.5
B <sub>1</sub> g	1.55	2.60	40.4	28.0	3.6	14.2	1.55	0.58	0.58	0.58	25.6	10.5	15.1
B <sub>21</sub> tg	1.54	2.57	40.1	30.7	6.8	15.9	1.50	0.55	0.55	0.55	27.1	13.1	14.0
B <sub>22</sub> tg				16.4	2.2	6.9	1.73	0.27	0.33	0.33	27.3	12.3	15.0
B <sub>3</sub> gx	1.67	2.63	36.5	6.3	1.2	3.3	2.16	0.10	0.18	0.10	26.7	12.5	14.2
B/Cgx	1.82	2.60	30.0	3.2	1.1	1.9	2.52	-1.72	-1.72	-1.72	23.9	10.7	13.2
Cg				-	-	-	-	-	-	-	25.1	10.2	14.9

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCL Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> °/∞
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap	7.7		10.7	1.12	9.55	8.3	17.3	0.65	0.28	0.08	18.31	Sat	-	1.32	2.78	0.03	1.73
A/B	8.1		5.6	0.66	8.48	8.0	17.4	0.70	0.19	0.08	18.37	"	33	1.46	3.22	0.03	1.67
B <sub>1</sub> g	8.0					10.2	13.8	0.70	0.20	0.08	14.78	"	41	2.16	3.98	0.03	1.99
B <sub>21</sub> tg	7.9					12.9	16.5	1.03	0.24	0.10	17.87	"	48	2.56	5.05	0.05	1.99
B <sub>22</sub> tg	7.8					13.3	15.7	1.40	0.21	0.10	17.41	"	49	1.99	4.67	0.05	1.71
B <sub>3</sub> gx	7.0					13.7	13.9	2.43	0.19	0.10	16.62	"	56	1.93	4.30	0.05	1.42
B/Cgx	6.8					13.5	13.5	2.89	0.32	0.13	16.84	"	52	2.51	4.34	0.08	1.38
Cg	7.0					11.3	12.1	3.01	0.30	0.12	15.53	"	66	2.40	3.73	0.05	1.17



On passe donc de l'horizon Ap aux horizons d'accumulation par l'intermédiaire d'un A/B et d'un B<sub>1</sub>.

Les plages dégradées n'apparaissent qu'au niveau du B<sub>21</sub>tg, là où les traces d'hydromorphie commencent à prendre de l'importance. L'horizon compact constitué par le B<sub>3</sub>gx est modérément développé, son influence sur le profil est cependant marquée.

L'examen des données granulométriques appelle quelques commentaires. Tout d'abord, d'une manière générale le matériau est moins argileux que pour la majorité des formations décrites dans la région ; il est cependant tout aussi pur, à moins de 5 % de sables. Notons que les valeurs un peu plus élevées des sables grossiers dans les horizons B<sub>1</sub>g et B<sub>21</sub>tg correspondent à la présence de pisolithes ferrugineux.

Le rapport limon grossier / limon fin diminue progressivement en fonction de la profondeur, ce qui résulte probablement d'une variation dans les conditions de sédimentation : 1,40 et moins. La valeur un peu plus élevée des horizons de surface est vraisemblablement due à des phénomènes de remaniements superficiels en relation avec des mécanismes d'érosion.

L'indice d'entraînement de l'argile calculé entre le B<sub>2</sub>t et l'horizon Ap est de 1,7 pour les deux fractions. Nous ne pouvons cependant pas lui accorder beaucoup de valeur étant donné la troncature du profil.

La variation de la densité apparente, et de ce fait de la porosité totale, est importante. On passe respectivement de 1,55 à 1,62 et de 40 à 30 %.

La stabilité structurale est moyenne jusqu'au niveau du fragipan où elle devient très faible ; ceci est particulièrement bien mis en évidence par le test K. Notons également que c'est à ce même niveau que la teneur en eau utile est la plus faible.

L'influence de la culture est certainement à l'origine des pH élevés et de la saturation du complexe de ce sol.

La C. E. C. est plus faible en surface qu'en profondeur où, de 50/55 méq. en moyenne, elle passe à 60 au niveau de l'horizon Cg.

L'indice d'entraînement du fer libre, calculé sur les horizons actuels du profil est de 1,95, celui de l'alumine libre est de 1,2. Tout comme pour l'argile il ne faut cependant que leur accorder une importance toute relative. Le rapport des formes de fer présente assez bien de variations, compris entre 45 et 60.

## MICROMORPHOLOGIE

Peu de choses particulières sont à noter, hormis la présence de concentrations plasmiqes du type *glaebules* et *cutanes*.

En effet, des nodules et concrétions ferrugineux à limites assez nettes sont assez fréquentes, notamment dans les horizons B supérieurs là où les pisolithes sont morphologiquement bien différenciés, à l'examen du profil sur le terrain.

Il convient cependant de noter que les *ferriargilanes* de l'horizon Bt sont relativement peu orientés et que beaucoup d'entre eux, particulièrement au niveau du B<sub>21</sub>tg, offrent un aspect floconneux assez typique.

Peut-être serions-nous là en présence d'une caractéristique du processus de lessivage en milieu mal aéré, hydromorphie.



## DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

L'analyse des argiles aux rayons X a été effectuée sur l'ensemble des horizons de ce profil, A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2t</sub>, B<sub>3</sub>, B/C, C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>.

Nous commenterons globalement les résultats, en mettant en évidence les différences observées.

Notons que des revêtements caractéristiques ont été prélevés et ont subi une séparation à 0,2 μ ; les résultats de l'analyse minéralogique en seront exposés au chapitre suivant.

Les diagrammes Mg montrent une réflexion à 14,5 Å assez large, dont la base masque en partie la réflexion à 10 Å.

Dans A<sub>2</sub> et B<sub>1</sub> la réflexion à 14 Å est moins large et mieux différenciée. Le pic à 10 Å est mieux exprimé dans le haut du profil, et peu visible dans C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>.

Après traitement au glycol on constate un gonflement pour tous les échantillons, certains d'entre eux offrant cependant le maintien d'une partie à 14 Å :

- B<sub>1</sub> : gonflement modéré, une partie reste à 14 Å - réflexion à 10 Å modérément différenciée.
- B<sub>2t</sub> : une partie reste à 14, une autre gonfle avec maximum à 18/19 Å, pic à 10 peu distinct.
- B<sub>3</sub> : étalement vers les distances basales plus grandes, avec maximum vers 16 Å.
- C<sub>1</sub> : une partie reste à 14, une autre s'étale jusqu'à 17 Å.

Des chauffages successifs ont été appliqués au échantillons Mg :

- 250° : fermeture très partielle avec maintien du maximum vers 14 Å, réflexion à 10 Å faible.
- 400° : fermeture plus accentuée mais toujours incomplète, la réflexion à 10 apparaît plus nettement ; meilleure dans C<sub>2</sub> que dans A<sub>2</sub>.
- 550° : fermeture meilleure mais toujours incomplète, la réflexion à 10 Å est nettement marquée.

Les diagramme K offrent tous une réflexion très large à 10 Å et plus, d'intensité assez analogue pour tous les échantillons. On note de légères réflexions à 3,25/3,30 Å.

Des chauffages ont également été appliqués ici :

- 250° : fermeture assez prononcée de tous les échantillons avec maximum très net à 10 Å.  
Dans les horizons A<sub>2</sub> - B<sub>1</sub> et B<sub>2t</sub> : petit halo vers 14 Å.
- 400° : fermeture assez analogue, mais le halo à 14 Å a disparu.
- 550° : la réflexion à 10 Å est très nette, la fermeture est très peu modifiée dans le A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>, elle est meilleure dans le B<sub>3</sub> et le C<sub>2</sub>.

On constate donc pour tous les niveaux la présence de kaolinite, d'illite, de quartz et de minéraux 2/1 gonflants.

D'autre part, apparaît, dans le haut du profil, un minéral à 14 Å qui se ferme difficilement aux différents traitements et qui pourrait correspondre à une certaine "aluminisation". Nous pourrions l'interpréter comme une minéral intergrade vers les vermiculites alumineuses.

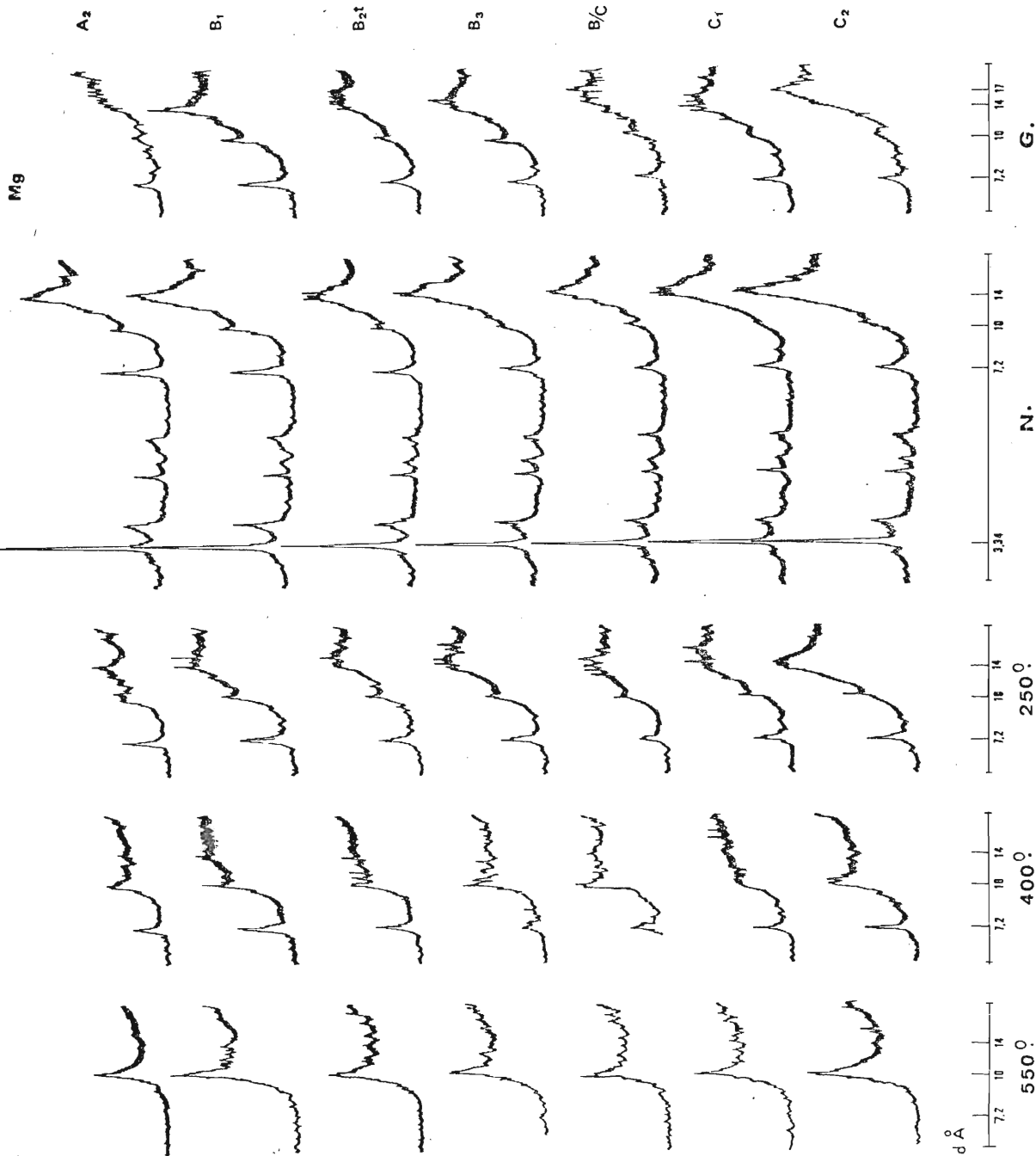


Fig. 59



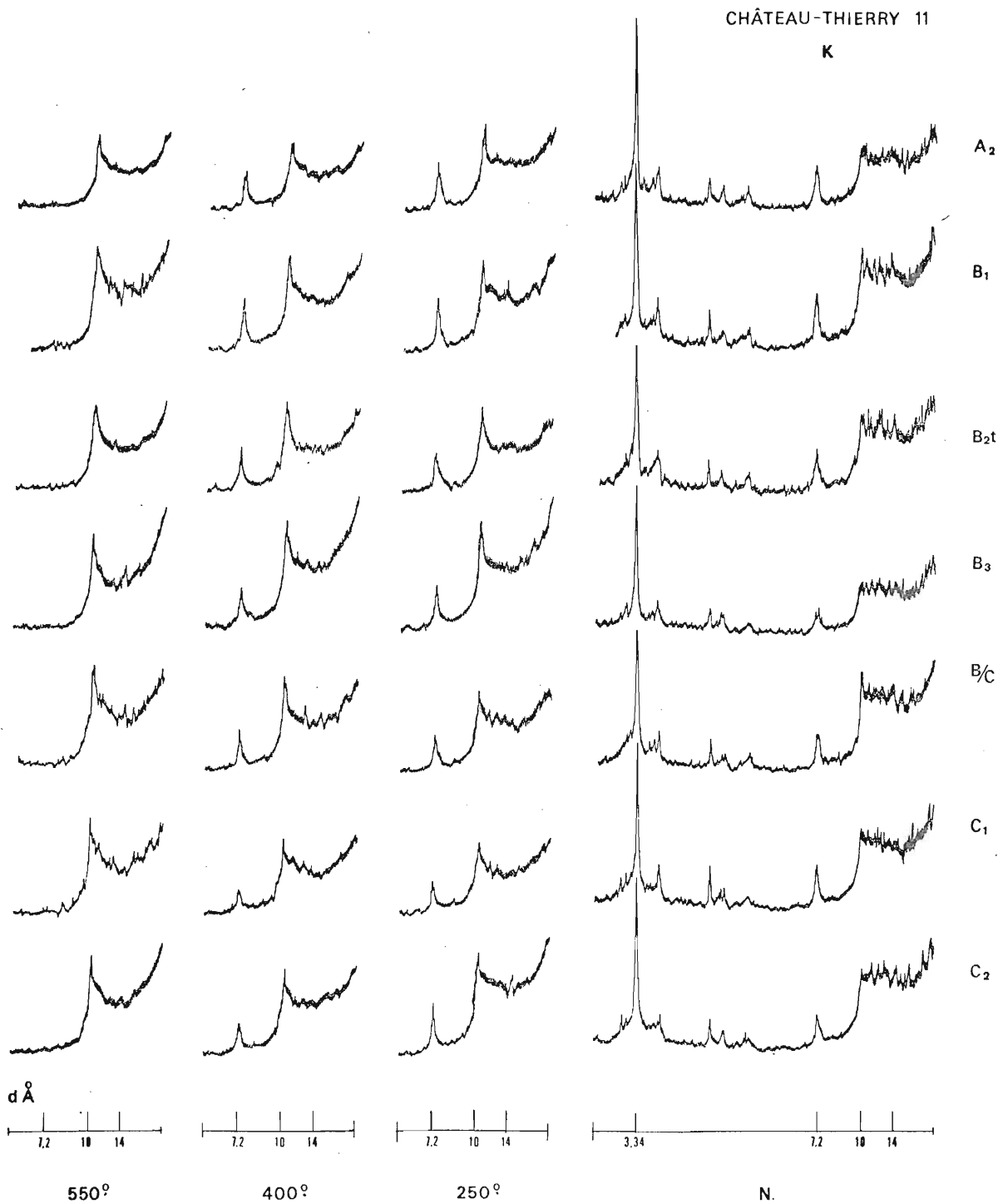


Fig. 60



Il faut remarquer enfin une meilleure dissociation de l'illite sur les diffractogrammes des horizons supérieurs, ainsi qu'une augmentation apparente de la kaolinite et de l'illite de bas en haut du profil, vraisemblablement due à une accumulation relative. Ce fait avait déjà été mis en évidence dans le profil précédent.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

Toutes les caractéristiques morphologiques et analytiques indiquent pour ce sol une tendance nette à la dégradation du Bt : plages altérées, compacité en profondeur, hydromorphie, ouverture des minéraux argileux et fermeture difficile en présence d'une quantité assez importante d'alumine libre. Une certaine altération des revêtements argileux a de plus été suggérée par l'examen micromorphologique.

Ce profil a certainement dû évoluer en milieu désaturé avant d'être profondément influencé par sa mise en culture.

Il faut remarquer que les indices d'entraînement que nous avons cités sont très certainement à moduler en fonction du degré d'érosion du sol.

Nous classerons ce sol comme "sol lessivé en voie de dégradation, à fragipan et pseudogley".

Dans la classification américaine il s'agirait d'un "Aquic Fragiu-dalf", et pour la légende F. A. O. d'un "Gleyic Luvisol".

#### - PROFIL MONTMIRAIL 32 -

Ce sol représente le degré de développement caractéristique de la majorité de la couverture limoneuse de Haute-Brie, couverture qui date vraisemblablement, comme nous l'avons vu, de la base du cycle récent.

Faiblement évolué, dégradé et hydromorphe, il constitue donc un stade parmi les plus avancés d'évolution sur loess.

Le profil a vraisemblablement toujours été sous végétation naturelle ou semi-naturelle, aucune trace de mise en culture n'apparaissant à l'examen.

#### DESCRIPTION

Localisation Grande Forêt - Est de Vieils-Maison.  
Date - Conditions atmosphériques 16/7/62 - Temps frais.

<u>Végétation</u>	Faibles sous futaie. Réserve : chêne pédonculé et frêne. Taillis : coudrier - aulnes - chênes - frênes.
<u>Position géomorphologique</u>	Relief subnormal - Pente pratiquement nulle.
<u>Altitude</u>	208 m.
<u>Matériau originel</u>	Couverture limoneuse probablement ancienne reposant sur substrat oligocène à plus de 450 cm.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : imparfait à faible.
<u>Activités biologiques</u>	Moyennes jusqu'au niveau du B <sub>3</sub> g <sub>x</sub> , diminuant ensuite très fortement.
<u>Classification</u>	Sol lessivé "glossique", à pseudogley. Fraglossudalf aquique / Fragiaqualf aérique.
O <sub>1</sub> 2,5 - 0,5 cm	Couche L : moyenne, assez importante localement. Couche F <sub>1</sub> : moyennement importante.
O <sub>2</sub> 0,5 - 0	Couche F <sub>2</sub> et H : quelques traces de produits humifiés.
A <sub>11</sub> 0 - 5/10 cm	Limon moyen - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Assez frais - Teneur assez importante en matière organique - Quelques grosses racines verticales, chevelu radicellaire assez abondant et diffus - Structure grumeleuse fine à très fine faiblement développée ; faiblement structuré localement - Petits amas de grumeaux coprogènes - Friable - Limite graduelle et régulière.
A <sub>12</sub> - 10/18	Limon moyen - Brun clair à beige foncé : 10 YR 5/3 - 6/3 - Assez frais - Infiltration moyenne de matière organique - Quelques racines importantes, nombreuses radicelles - Structure granulaire fine à très fine faiblement développée - Quelques taches d'oxydation de contraste faible à distinct - Friable - Limite distincte et légèrement ondulée.
A <sub>2</sub> - 30/40	Limon moyen - Beige foncé : 10 YR 6/3 - 6/4 - Assez frais - Infiltrations de matière organique - Colonisation radiculaire diminuant fortement - Structure granulaire moyenne faiblement développée, quelques petits polyèdres - Léger "Mottling" à contraste distinct - Quelques petites concrétions ferro-manganésifères - Friable - Limite graduelle et fortement ondulée, localement irrégulière, le matériau pénétrant en langues dans l'horizon sous-jacent ; "Tonguing" caractérisé.
A et Bg - 45/50	Limon argileux - Brun jaune à brun clair : 10 YR 5/3 à 5/4 - Horizon de dégradation, présence de poches plus légères dont la texture se rapproche de celle de l'horizon A <sub>2</sub> et dont la couleur est blanc-beige : 10 YR 8/2-8/3 - Assez frais - Quelques radicelles - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne faiblement développée, particulière farineuse dans le "Tonguing" - Revêtements argileux assez fins, et recouvrements de fer et de manganèse tapissant les principales faces structurales des agrégats polyédriques - "Mottling" assez important, en recouvrement de 10 à 25 %, de couleur brun jaune vif : 10 YR 5/8 à brun franc : 7,5 YR 5/6, très distinctement contrasté - Friable - Non adhésif ni plastique - Limite diffuse et fortement ondulée.

- B<sub>21</sub>tg  
- 50/68  
Limon argileux - Très marbré, à matrice brun-jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Quelques radicelles - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne bien développée, localement moyennement développée, les agrégats sont repris dans une surstructure prismatique grossière moyennement développée - Revêtements argileux brun bruns : 7,5 YR 5/4, moyennement épais et discontinus sur les faces des principaux agrégats structuraux - Nombreuses poches allongées verticalement de texture plus légère et se raccordant au "Tonguing" général du profil, de couleur gris pâle à gris : 10 YR 7/2 - 5 Y 6/1, et présentant une structure particulière - "Mottling" net : 30 à 40 % de recouvrement brun-jaune vif à ocre-rouge : 10 YR 5/8 à 5 YR 4/8 ; contraste prononcé - Nombreuses accumulations de fer et de manganèse - Ferme - Légèrement plastique, non adhésif - Limite graduelle et légèrement ondulée.
- B<sub>22</sub>tgx  
- 75/90  
Limon argileux - Matrice brun-jaune : 10 YR 5/6 - Principales caractéristiques analogues à celles du B<sub>21</sub>tg, mais développement plus accentué de la structure prismatique - Apparition, au contact des faces structurales verticales, de revêtements assez épais et rosés, très argileux - "Mottling" localisé en une "marmorisation" longeant les grandes faces verticales de structure - Tendance très légère à une dissociation des éléments structuraux suivant une direction préférentielle horizontale, avec revêtements argileux et fer et manganèse sur ces faces - Ferme à friable - Limite assez distincte et régulière.
- B<sub>3</sub>gx  
- 100/105  
Limon argileux - Matrice brun-jaune clair : 10 YR 5/6 - 6/6 - Fragipan typique **A**sez sec - Structure prismatique grossière moyennement développée avec sous-structure lamellaire fine à moyenne bien développée localement - Les faces verticales de la structure principale composent un réseau polygonal très caractéristique ; elles sont tapissées de revêtements argileux très épais et de couleur grise : 5 Y 7/2 - 6/1 - Présence locale de revêtements argileux fins et discontinus : 10 YR 5/3, et de petites taches d'accumulation de fer et de manganèse sur certaines faces horizontales - Les revêtements épais des faces verticales, au contact de la masse agrégée, sont brun-gris rosé : 7,5 YR 6/2 - 7/4 - Une frange ocre-brune : 7,5 YR 5/6 - 5/8 d'oxydation très nettement contrastée passe en transition à une matrice à "mottling" assez distinct **mais** peu important - Très compact - Assez ferme à friable - Non plastique et non adhésif - Limite distincte et régulière.
- Cgx  
- 150  
Limon argileux - Brun-jaune : 10 YR 5/6 - Assez sec - Structure prismatique très grossière moyennement développée à sous-structure lamellaire moyenne, moyennement développée - Réseau polygonal moins marqué - "Mottling" analogue mais moins accentué - Quelques revêtements argileux fins et discontinus, et petites taches Fe Mn sur certaines faces horizontales - Assez compact - Assez ferme à friable - Légèrement plastique, non adhésif - Limite distincte et assez régulière.

Prélèvements sélectifs.

- Quatre échantillons complémentaires ont été prélevés :

- E<sub>1</sub> : poches dégradées au niveau du A et Bg  
E<sub>2</sub> : frange oxydée au niveau du B<sub>3</sub>gx  
E<sub>3</sub> : revêtements d'illuviation secondaire  
E<sub>4</sub> : matrice des agrégats au niveau du B<sub>3</sub>gx.



Un horizon A<sub>2</sub> très bien différencié surmonte un horizon B<sub>2</sub>t<sub>g</sub> en voie de "dissolution" par l'intermédiaire d'un A & B<sub>g</sub> où de nombreuses reliques de Bt sont présentes. Le "Tonguing" est net, les langues de dégradation pénétrant profondément dans l'horizon d'accumulation.

Des revêtements gris et très épais enduisent les faces structurales verticales de la structure prismatique des horizons situés immédiatement sous le B<sub>2</sub>t. Ces horizons présentent des caractères très nets de "fragipan" : réseau polygonal de fentes apparaissant en plan, sous-structure lamellaire, compacité marquée.

Bien représentatif du limon des plateaux de la région, le matériau contient peu de sable, moins de 4 à 5 %, les teneurs en sable grossier supérieures à 1 % représentant des nodules et concrétions ferrugineuses assez indurées. Le rapport limon grossier / limon fin est bas, compris entre 1,10 et 1,40.

L'indice d'entraînement de l'argile totale est de 2,1, celui de l'argile fine de 3,8 ; cette dernière se répartissant profondément dans le profil, jusqu'au niveau du B<sub>3</sub>gx.

La densité apparente présente une valeur élevée en profondeur, où la porosité totale marque un minimum voisin de 30 %. Deux minima sont sensibles en ce qui concerne la stabilité structurale, aux niveaux A<sub>2</sub> et B<sub>3</sub>gx.

La teneur en eau utile est remarquablement élevée, excepté au niveau de l'horizon compact où elle est moins importante.

Ce sol à pH compris entre 4,3 et 5,6 est partiellement désaturé, l'état de désaturation le plus important s'observant dans l'horizon A<sub>2</sub> : 23 %. Le rapport C/N est assez élevé, près de 14 en surface.

Quant à la C. E. C. de l'argile, on constate une variation progressive de haut en bas du profil, passant de 23 méq. dans le A<sub>2</sub> à un peu moins de 50 méq. dans les horizons profonds.

En ce qui concerne le fer, l'indice d'entraînement est de 2,1 calculé sur le A<sub>2</sub>, tandis que le rapport fer libre / fer HCl est assez variable. La valeur la plus élevée s'observe dans le A<sub>2</sub> : 83, les plus faibles dans les horizons Bt : 59, tandis que les autres niveaux donnent en moyenne des valeurs supérieures à 70.

L'aluminium échangeable présente des valeurs élevées, avec un maximum dès les horizons A & B, B<sub>21</sub>t et B<sub>22</sub>t ; le degré de saturation du complexe en Al y étant respectivement de 70, 58 et 30 %. Un maximum d'alumina libre est présent dans le B<sub>21</sub>t, l'indice d'entraînement étant de 1,41.

#### - Echantillons particuliers.

Les rapports granulométriques limon grossier / limon fin (LG/LF) et argile fine / argile grossière (AF/AG) sont les suivants pour quelques échantillons susceptibles d'être comparés :

	<u>LG/LF</u>	<u>AF/AG</u>
A <sub>2</sub>	1.11	0.57
Dégradation	1.28	0.39
B <sub>2</sub> t	1.38	1.76
Revêtements	1.54	0.91
B <sub>3</sub>	1.45	1.94

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argile		Limons		Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 $\mu$	2-10 $\mu$	10-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-100 $\mu$	100-200 $\mu$	200-2000 $\mu$			0-0,2 $\mu$	0,2-2 $\mu$
9999	A <sub>11</sub>	0 - 5/10	14.0	15.7	14.8	36.3	2.7	0.3	0.8		7.3	6.5	7.5
10000	A <sub>12</sub>	- 10/18	14.7	15.6	20.5	37.7	2.7	0.3	0.8		4.7	4.9	9.8
A 1	A <sub>2</sub>	- 30/40	15.4	15.5	19.5	39.0	2.8	0.3	1.3		1.6	5.6	9.8
A 2	AetBg	- 45/50	21.4	12.4	16.5	40.3	2.9	0.5	1.7			10.3	11.1
A 4	B <sub>21</sub> tg	- 50/68	26.2	12.3	14.8	36.9	2.5	0.4	0.7			16.7	9.5
A 5	B <sub>22</sub> tgx	- 75/90	29.0	12.4	15.7	36.5	1.7	0.3	0.2			18.6	10.4
A 6	B <sub>3</sub> gx	-100/105	24.7	12.4	16.5	37.1	2.2	0.4	0.8			16.0	8.7
A 10	C <sub>1</sub> g	- 150	22.1	12.3	15.6	39.4	2.9	0.7	5.5			8.7	13.4
A 3	E <sub>1</sub>	Dégradation	17.1	13.8	17.9	40.7	2.9	0.3	0.4			5.1	12.0
A 9	E <sub>2</sub>	Oxydation	-	-	-	-	-	-	-			-	-
A 8	E <sub>3</sub>	Revêtements	31.0	9.8	16.3	40.2	2.1	0.3	0.3			14.8	16.2
A 7	E <sub>4</sub>	Matrice	23.8	11.5	15.6	39.4	2.4	0.4	2.0			15.7	8.1

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>				30.0	46.6	33.0	0.64	1.46	1.43	1.40	43.2	14.0	29.0
A <sub>12</sub>				29.4	46.4	26.0	0.79	1.48	1.42	1.38	41.7	14.3	27.4
A <sub>2</sub>	1.46	2.66	45.2	18.8	16.0	10.8	1.76	1.20	1.16	1.13	36.2	7.0	29.2
AetBg				18.0	6.2	7.6	1.58	1.24	1.20	1.17	37.9	9.7	28.2
B <sub>21</sub> tg	1.61	2.61	38.2	20.0	2.2	5.6	1.62	1.30	1.25	1.20	39.1	12.0	27.1
B <sub>22</sub> tgx				20.0	1.2	5.0	1.72	1.30	1.27	1.25	32.8	12.9	19.9
B <sub>3</sub> gx	1.84	2.56	28.2	9.0	1.8	2.6	2.25	1.00	1.00	0.97	22.4	10.4	12.0
C <sub>1</sub> g	1.79	2.56	30.1	11.8	8.2	9.8	1.00	0.94	0.94	0.94	23.6	9.5	14.1
E <sub>1</sub>											35.0	7.5	27.5
E <sub>2</sub>											26.1	13.4	12.7
E <sub>3</sub>											27.3	13.0	14.3
E <sub>4</sub>											21.9	10.2	11.7

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7.0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCL Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / <sub>100</sub>
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>11</sub>	4.7		36.4	2.61	13.9	10.4	2.8	1.42	0.58	0.11	4.91	47.2	-	1.21	1.76	1.34	2.13
A <sub>12</sub>	4.3		23.6	1.73	13.6	7.6	1.2	0.82	0.28	0.08	2.38	31.3	-	1.21	1.70	2.82	2.13
A <sub>2</sub>	4.7		7.8	0.66	11.8	4.6	0.4	0.42	0.15	0.08	1.05	22.8	(23)	1.33	1.60	2.51	1.90
AetBg	5.0					7.4	1.2	1.07	0.20	0.10	2.57	34.7	35	2.20	3.11	5.16	2.12
B <sub>21</sub> tg	5.2					10.9	2.4	2.03	0.26	0.09	4.78	43.9	42	2.36	3.97	6.31	2.68
B <sub>22</sub> tgx	5.5					13.3	5.0	3.37	0.26	0.17	8.80	66.2	46	2.46	4.26	4.00	2.53
B <sub>3</sub> gx	5.5					11.9	5.2	3.00	0.17	0.20	8.57	72.0	48	2.23	3.08	2.58	1.78
C <sub>1</sub> g	5.6					10.1	5.0	2.63	0.19	0.23	8.05	79.7	46	3.02	3.82	0.94	1.76
E <sub>1</sub>	5.2					6.5	1.6	1.40	0.20	0.13	3.33	51.2	38	0.93	2.12	4.31	1.74
E <sub>2</sub>	5.5					13.3	7.4	3.06	0.23	0.31	11.00	82.7	-	5.14	-	-	-
E <sub>3</sub>	5.6					13.5	7.2	3.29	0.31	0.26	11.06	81.9	44	0.39	2.15	2.82	-
E <sub>4</sub>	5.5					11.4	5.6	2.63	0.21	0.21	8.65	75.9	48	2.73	-	2.06	-



On peut faire les observations suivantes :

- LG/LF

Les échantillons provenant d'horizons montrent un accroissement en fonction de la profondeur : 1.11 - 1.36 - 1.45. L'altération pourrait donc avoir provoqué une microdivision, un fractionnement des limons grossiers, ou bien s'agit-il d'un enrichissement par déplacement mécanique ?

- Les plages dégradées sont en transition entre le A<sub>2</sub> et le B<sub>2t</sub>. Le A<sub>2</sub> serait donc plus altéré que les langues, ou ces dernières enrichies en limon grossier.

- Les plages sont plus dégradées que le B<sub>2t</sub>, ce qui est normal.

- Les revêtements argileux sont plus riches en limon grossier que la matrice qui leur correspond.

- AF/AG -

Les horizons successifs présentent un net accroissement de ce rapport : 0.57 - 1.76 - 1.94, d'où de plus en plus d'argile fine en profondeur.

- Moins d'argile fine dans la dégradation que dans le A<sub>2</sub> : élimination préférentielle.

- Relativement peu d'argile fine dans les revêtements.

Nous verrons l'interprétation de ces comparaisons d'une manière plus globale dans le chapitre suivant.

En ce qui concerne les caractéristiques chimiques on observe des variations importantes.

La saturation du complexe et la C. E. C. de l'argile enregistrées pour la dégradation donnent des valeurs un peu supérieures à celles du A<sub>2</sub> : respectivement 51 % et 38 méq.. Les revêtements sont un peu plus saturés que les horizons correspondants.

Les revêtements sont très appauvris en fer libre : 0.39, ainsi qu'à un degré moindre les plages dégradées : 0.93, qui le sont cependant nettement plus que le A<sub>2</sub>. La teneur de la frange d'oxydation est très élevée.

Le rapport fer libre / fer HCl est de 44 pour la dégradation et de 18 pour les revêtements.

L'Al échangeable est très important dans la dégradation, où il représente 66 % du complexe ; la teneur en alumine libre est faible : 1.74.

## MICROMORPHOLOGIE

Squelette - Nature. Essentiellement constitué par du quartz et des feldspaths, quelques cristaux à relief fort, transparents, anisotropes. On observe à partir des horizons B<sub>2</sub> et B<sub>3</sub>, ainsi que dans le C, des traces de glauconie.

Dimensions. Assez homogènes, les composants sont de taille petite, ce qui correspond à la texture limoneuse assez pure.

Quelques gros fragments sont disséminés.

Distribution. La distribution de base s'effectue au hasard, celle par référence est sans relation.

Orientation. La squelette est modérément à fortement orienté.

Plasma - Répartition. La répartition, hétérogène dans les horizons supérieurs A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> et B<sub>1</sub>, devient plus homogène au niveau du B<sub>2t</sub> et redevient hétérogène au niveau du B<sub>3x</sub> qui est l'horizon fragipan. Une certaine homogénéité reparait au niveau du Cx.

Séparations. Les séparations sur squelette se présentent faiblement dans l'horizon A<sub>12</sub>, un peu plus nettement dans l'horizon A<sub>2</sub>, et apparaissent très distinctement dans le reste du profil. Des séparations dans la matrix, allongées en bandes, ou partiellement incurvées, apparaissent dès le B<sub>1</sub> et jusqu'au B<sub>3</sub> avec un maximum d'intensité dans les horizons B<sub>2t</sub> et B<sub>3x</sub>. Certaines séparations subcutaniques sont discernables dans le B<sub>3x</sub> et moins nettement dans l'horizon C. L'assemblage plasmique est donc légèrement squelsepique à insepique dans la partie supérieure du solum, plus nettement dans le reste du profil. Il est en partie du type masepique dans les horizons B, et préférentiellement dans le B<sub>2t</sub> ; il est partiellement vosepique dans le B<sub>3x</sub> et le C.

Nature. Le plasma est argileux à argilo-ferrique dans les horizons A<sub>12</sub> et A<sub>2</sub>, particulièrement dans les zones où une certaine ségrégation semble vouloir amener à la formation de glæbules liés aux conditions d'hydromorphie.

A la base du A<sub>2</sub>, ainsi que dans le B<sub>1</sub>, des zones claires doivent correspondre à des plages dégradées d'où le fer et l'argile ont été partiellement éliminés. Les horizons B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> et C présentent un plasma de nature argileuse à argilo-ferrique suivant les conditions d'oxydo-réduction.

Distribution. Dans les horizons supérieurs, cette distribution est simplement caractérisée par la tendance aux ségrégations due à l'hydromorphie. Dans les horizons B, elle est caractérisée par la formation des bandes alignées ou incurvées de l'assemblage masepique, ainsi que par la distribution subcutanique par *référence* liée à l'assemblage vosepique. Dans tout le solum, la distribution cutanique de l'assemblage squelsepique se maintient.

Orientation. Le *degré* d'orientation, faible à modéré en surface, devient moyen à fort dans les horizons B et l'horizon C, particulièrement en ce qui concerne les séparations plasmiques ; la *trame*, tachetée à faiblement striée en surface, peut être qualifiée de modérément striée pour toutes les séparations des horizons B et C.

*Structure de base* - Le squelette est toujours nettement supérieur au plasma. La *distribution relative* des composants passe d'un aspect granulaire à intertextique dans les horizons A au type porphyrique pour le reste du profil. Une particularité importante est l'aspect très dense, compact, des horizons B<sub>3x</sub> et Cx, ce qui correspond à l'aspect macromorphologique et à la densité apparente très élevée.

*Vides* - Des niveaux à cavités ortho, régulières et irrégulières, de surface, en transition pour le A<sub>12</sub> vers le "simple packing voids" ou vides d'entassement, on passe vers le bas à des zones où la présence de chenaux devient plus importante. A partir du B<sub>1</sub> ces vides sont lisses, et au niveau du B<sub>3</sub> et du C apparaissent des "joints planes", qui correspondent vraisemblablement au "cracks" liés à la structure prismatique typique, ou à la sous-structure lamellaire caractéristique des horizons compacts.

#### *Caractéristiques pédologiques -*

*Concentrations plasmiques.*

Cutanes. Les concentrations plasmiques apparaissent dès l'horizon B & A, et se maintiennent dans les horizons B<sub>2t</sub>, B<sub>3</sub>, et C. De nature argilo-ferrique ou argileuse, localement à pigmentation ferrique, ces cutanes typiques sont accompagnés dans les horizons B<sub>3x</sub> et Cx par des manganés et sesquanes. On constate un maximum de ces derniers au niveau du B<sub>3</sub>.

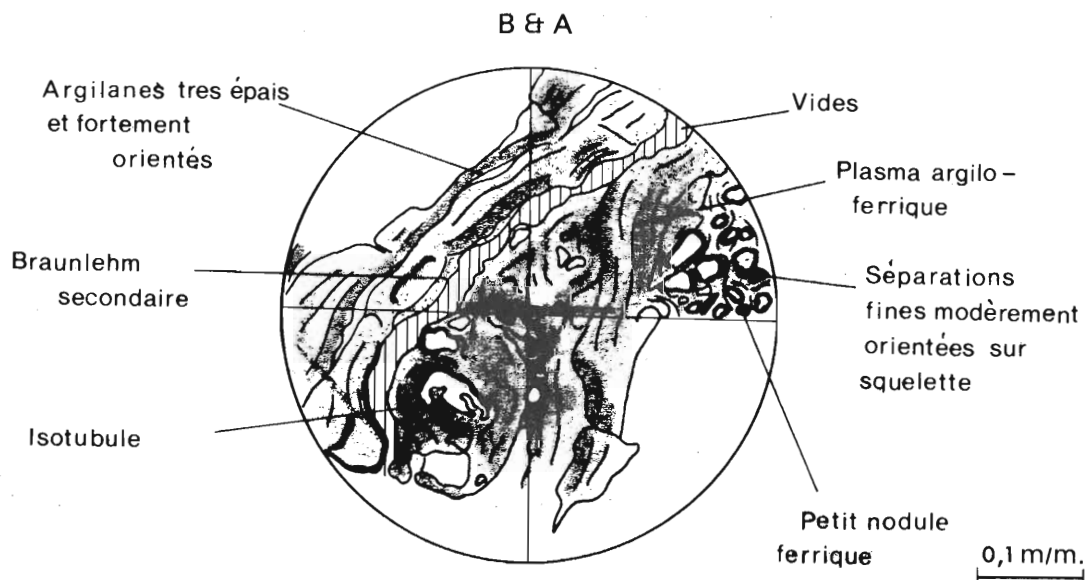
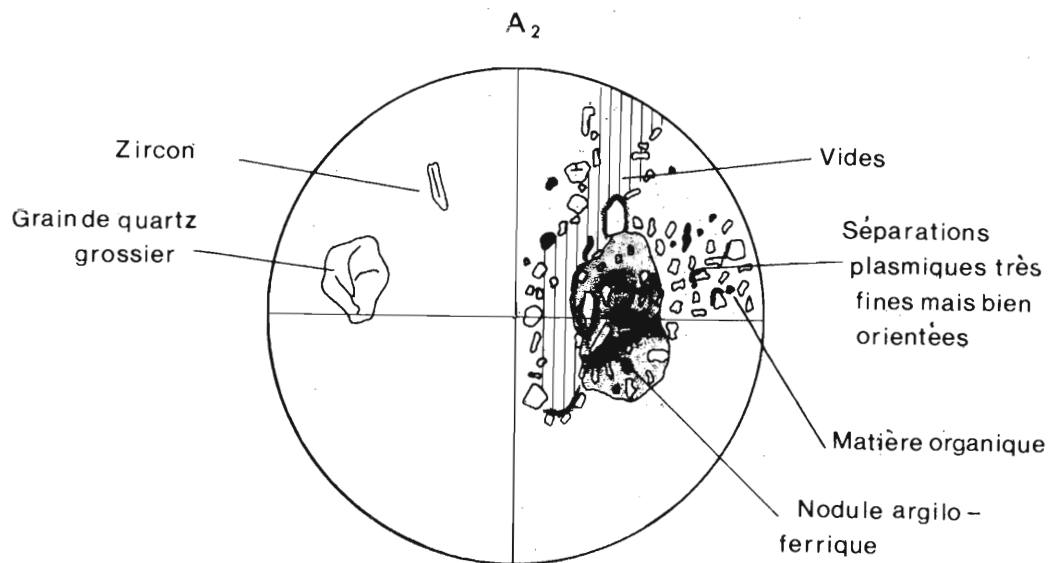
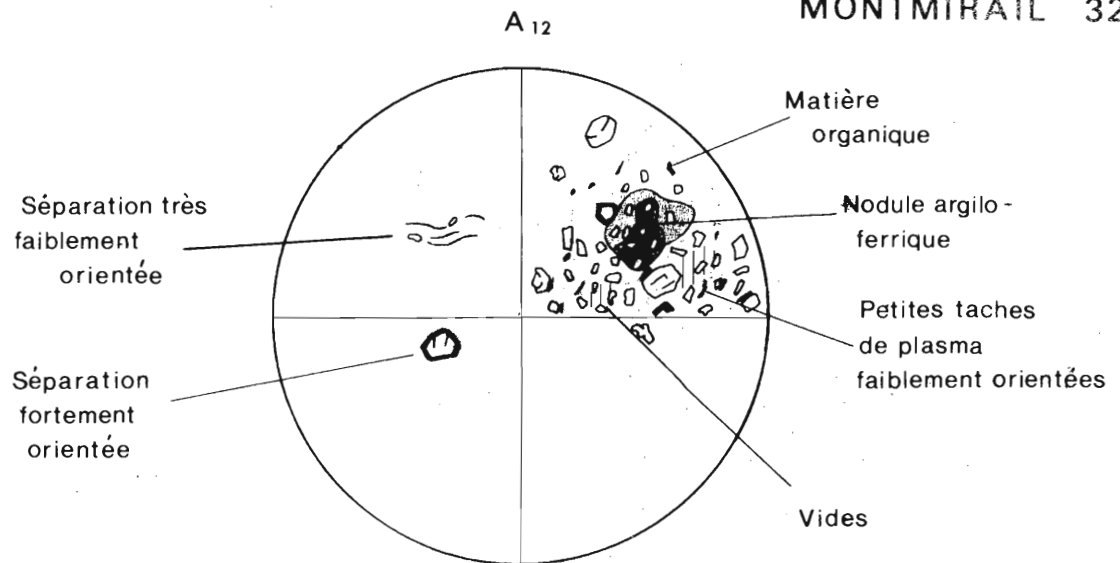


Fig. 61



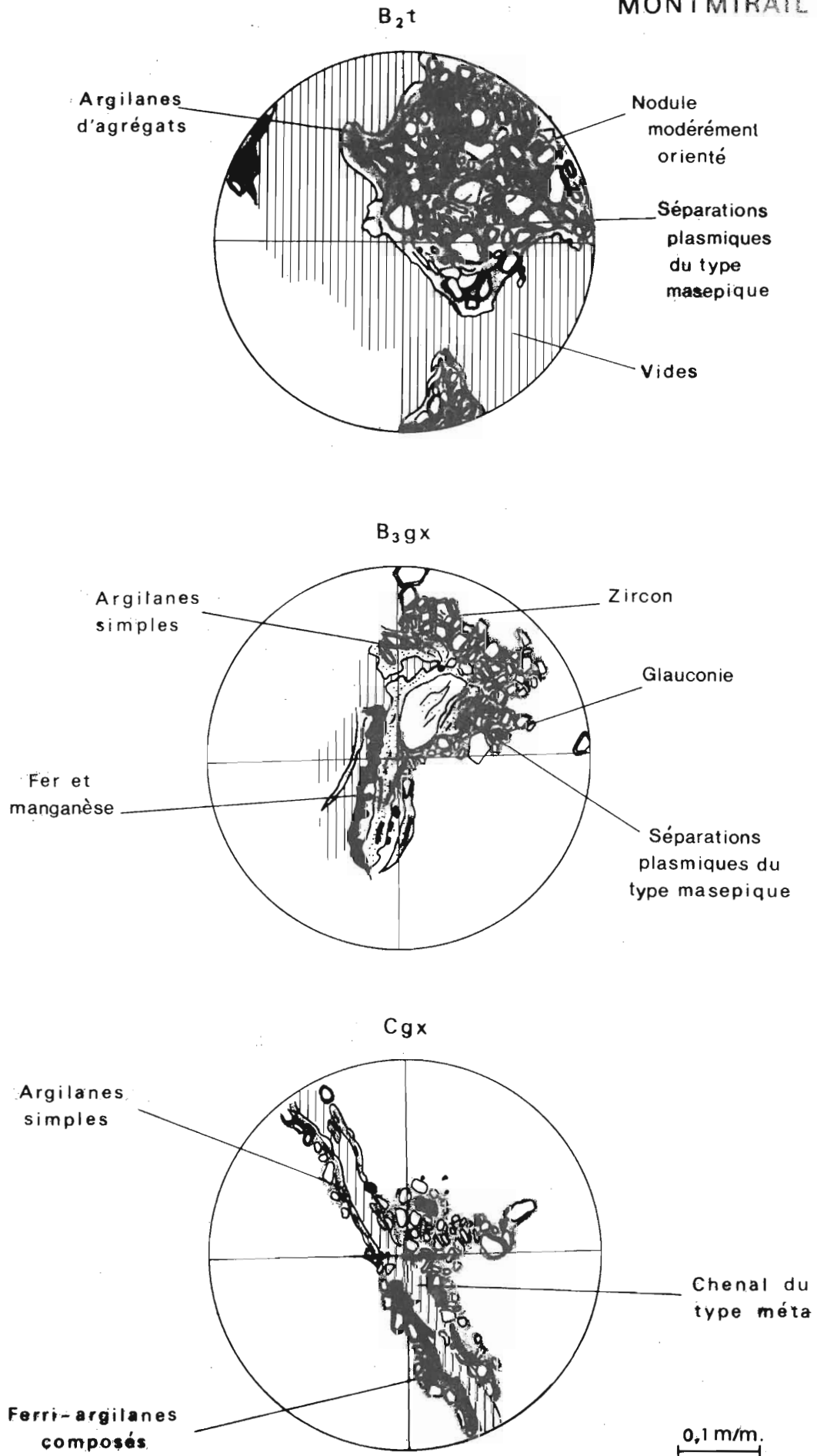


Fig. 62





Horizons → Unités de descriptions	A <sub>12</sub>	A <sub>2</sub>	A & Bg	B <sub>2</sub> tg	B <sub>3</sub> gx	Cgx
<u>S. Matrix</u>						
<u>Squelette</u>	Quartz Assez homogène	- Feldspaths - Assez homogène	Présence de cristaux à Assez homogène	relief fort - Traces de Assez homogène	glauconie. Assez homogène	Assez homogène
<u>Plasma</u>	Argileux, argilo-ferrique localement, Matière or- ganique - Dispersé en pla- ges d'éluses	Argileux à argilo-ferrique Nombreuses accumulations de matière organique peu humifiée - Assez hétéro- gène, en plages	Argileux à argilo-ferrique ségrégations ferriques - Traces de matière organi- que - Assez hétérogène par plages	Argilo-ferrique essentiel- lement - Assez homogène en répartition, grandes plages plus ferriques.	Argilo-ferrique Hétérogène, plus abon- dant en limite d'agrégats	Argileux à argilo-ferrique Assez homogène
<u>Séparations plasmiques</u>	Très fines sur squelette dans les zones les plus denses	Sur squelette surtout près des vides	Fines sur squelette, allon- gées dans la masse	Sur squelette, en bandes orientées dans la masse	Sur squelette, en bandes orientées dans la masse, particulièrement près des vides.	Sur squelette, peu indivi- dualisées en bordure des vides
<u>Assemblages plasmiques</u>	Squel-Insepique	in-Squelsepique	ma-Squelsepique	in-ma-Squelsepique	(vo)-in-ma-Squelsepique	(vo)-Squelsepique
<u>Structure de base</u>	SK >> PI	SK >> PI	SK > PI	SK > PI	SK > PI	SK > PI
<u>Assemblage élémentaire</u>	Granulaire à intertextuelle	Granulaire à intertextuelle	Intertextuelle à porphyrique	Porphyrique	Porphyrique	Porphyrique
<u>Vides</u>	Cavités ortho, irrégulières Vides d'entassement	Cavités ortho et méta, régulières et irrégulières Chenaux ortho et méta, simples.	Cavités ortho et méta, ré- gulières et irrégulières	Cavités méta et ortho, ré- gulières et irrégulières - Quelques chenaux méta, simples.	Cavités méta, régulières et irrégulières - Quelques cavités méta, simples - Quelques "méta joint pla- nes".	Cavités méta, régulières et irrégulières - Quelques cavités ortho - Chenaux méta, adoucis, incurvés, simples - Quelques "méta joint planes".
<u>Caractéristiques pédologiques</u>						
<u>Orthie Séparations (V, Plasma) Concentrations</u>						
<u>Cutanes</u>			"Normal void" argilanes fortement orientés dans les parties denses "Embedded grain cutans" en bordure des vides. Quelques fragments de ferri-argilanes.	Ferri-argilanes simples, "Normal-void" et "ped" cutanes, fortement orien- tés et striés - Argilanes de diffusion.	"Channel-plane-ped-nor- mal void" simple ferri- argilanes modérément épais - Ferri-argilanes composés, comportant du "silt" - Mangans et Ses- quans - Argilanes jaune- clair secondaires.	Ferri-argilanes simples dans vides et chenaux, Quelques argilanes jaune- clair - Orientation impor- tante.
<u>Glaebules</u>	Quelques nodules sphéri- ques argilo-ferriques à li- mites nettes	Nodules et concrétions el- liptiques argilo-ferriques à limites assez nettes.	Nombreux nodules et con- crétions argilo-ferriques, sphériques ou elliptiques, à limites variables - Des nodules englobent des res- tes d'argilanes.	Nombreux nodules ferri- ques à limites assez nettes à net- tes.	Nodules ferriques à limi- tes nettes. Cristallites ferriques	Nodules ferriques à limi- tes nettes - Quelques con- crétions ferriques - Cris- tallites assez nombreuses.
<u>Pedotubules</u>			Quelques isotubules	Quelques isotubules		Rares isotubules
<u>Hérités - Pedorelicts</u>						
<u>Elementary fabric (Kubiens)</u>	Agglomeratic à "blea- ched sand".	Tendance agglomeratic	Intertextic à porphyrope- ctic.	Tendance porphyropectic	Porphyropectic	Tendance porphyropectic



- Les argilanes jaunes bien orientés du B & A correspondraient à une déferrification des ferriargilanes que l'on retrouve localement fragmentés ou réenglobés dans la matrice.

Des restes de concentration plasmique argileuse sont bloqués au sein des "glaebules" ferriques.

Des argilanes de diffusion s'observent très nettement au niveau de l'horizon B<sub>2t</sub>.

Dans la partie inférieure du B<sub>2t</sub> et au niveau du B<sub>3</sub>, des ferriargilanes englobant du "silt", parfois sous forme de "skeletalans", sont très caractéristiques.

D'autre part, des revêtements jaunes très clair, très peu orientés, diffusant aisément dans la matrice constituent des revêtements d'illuviation secondaire, liée à la dégradation de l'horizon B<sub>2t</sub>.

Ces argilanes secondaires se maintiennent au niveau de l'horizon C. Glaebules. Des nodules et concrétions argilo-ferriques s'observent

très nettement dès l'horizon A<sub>2</sub>, les limites en sont généralement assez nettes. Dans le B<sub>1</sub>, ces nodules ou concrétions, sphériques ou ellipsoïdales, présentent des limites peu nettes à assez nettes.

A partir du B<sub>2t</sub>, et dans le B<sub>3</sub> et le C, ces nodules ferro-manganiques semblent nettement plus cristallisés, leurs limites étant assez nettes à nettes. Certains d'entre eux ont fossilisés des argilanes ou ferriargilanes résiduels de la destruction de l'horizon Bt. Dans le B<sub>3</sub> et C, un certain nombre de crystallites sont observables. Notons que dans le C, certaines séparations plasmiques entourent les nodules cristallisés, ce qui pourrait indiquer un caractère relict.

Pedotubules. Quelques "isotubules" ont été observées dans le A & B, le B<sub>2t</sub> et le C ; les plus nombreux dans le B<sub>2t</sub>.

#### Assemblages élémentaires selon Kubiena.

L'assemblage "agglomeratic" à "bleached sand" (A<sub>12</sub>, A<sub>2</sub>) fait place au type "porphyropectic" dans le reste du profil (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, C).

**Stade d'évolution** - Matériaux du type "Braunerde" caractéristique, avec présence de "Braunlehm-Teilplasma" assez bien représenté, même dans l'horizon A<sub>2</sub>, plus "cutans" de "Braunlehm" dus à l'illuviation.

**Conclusions** - Ce sol présente plusieurs caractéristiques essentielles.

- Il semble qu'on ait affaire à un limon ancien. Les caractéristiques pourraient en être : l'abondance du "Braunlehm-Teilplasma" dans tous les horizons, avec développement important de l'assemblage plasmique masepique et accessoirement de vosepique.

- Une dégradation importante liée à des phénomènes d'hydromorphie et d'illuviation secondaire. La cristallisation plus nette que l'on observe pour les concrétions et nodules ferriques pourrait également être liée à cette évolution poussée.

- L'horizon fragipan, situé au niveau des horizons B et C, est caractérisé par une densité et une compacité marquées du matériau, par la présence de "joint planes", ainsi que, peut-être, par l'importance prise par le "masepic fabric".

L'absence de rubéfaction très marquée tant en ce qui concerne la matrice que les revêtements ne permet pas de penser à un loess plus ancien que le Würm. On pourrait donc avoir affaire à un limon Würm I ou Würm II. Il apparaît de toute façon que l'ensemble des caractéristiques micromorphologiques confirme que ce sol est très fortement évolué.

## DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Etant donné que nous sommes arrivés ici à un stade d'évolution où la différenciation du profil est très importante, les analyses minéralogiques ont été poussées au maximum, compte tenu de nos possibilités.

Quatre horizons principaux ont été analysés :  $A_2$  -  $B_{2t}$  -  $B_{3gx}$  -  $C_2$ , ainsi qu'un prélèvement particulier, les revêtements gris, très épais, couvrant les faces structurales verticales au niveau du  $B_{3gx}$ .

Indépendamment de la préparation classique, nous avons effectué deux prétraitements complémentaires : l'un au dithionite plus citrate Na, l'autre à NaOH, ceci pour tenter de "purifier" au maximum les échantillons. Les diffractogrammes correspondant à ces traitements sont présentés en annexe.

Nous effectuerons une description globale des résultats des argiles 0-2  $\mu$ , mettant en évidence les différentes données et les faits les plus caractéristiques.

### Echantillons sans prétraitement particulier.

Les diagrammes Mg montrent tous des réflexions à 7,2, 10 et 14 Å. Celle à 7,2 est très exprimée dans tous les diffractogrammes. Le pic à 10 Å est peu différencié, excepté pour le  $A_2$  où il est très net et bien séparé de celui à 14 Å. La réflexion à 14,5 Å est nette dans tous les horizons, particulièrement dans le  $A_2$  où elle est très nette. Elle est moins bien dessinée dans les revêtements, étant plus étalée.

Le traitement au glycol provoque très peu de gonflement, un maximum restant marqué partout vers 14 Å. L'échantillon  $A_2$  ne présente pratiquement aucun gonflement. Notons que la dissociation avec la réflexion à 10 Å est peu marquée.

Les diagrammes K sont assez sensiblement différents.

La fermeture est très nette dans le  $C_2$ , beaucoup moindre dans le  $B_{3gx}$ , tandis que le  $B_{2t}$  et le  $A_2$  montrent une réflexion très nette à 14 Å, tout comme les revêtements.

Le chauffage provoque une amélioration de la fermeture pour le  $B_{3gx}$ , **et les revêtements, alors que l'échantillon  $B_{2t}$  présente toujours un petit maintien vers 14 ; le  $A_2$  offre toujours une réflexion importante à 14 Å.**

### Prétraitement Dithionite-Citrate.

Ce prétraitement a été appliqué à l'ensemble des échantillons.

Les diagrammes Mg sont assez analogues à ceux sans prétraitement, la réflexion à 14,5 Å étant toujours nette. Notons cependant dans le  $A_2$  une réflexion à 10 Å moins importante.

Le traitement au glycol fournit des diagrammes très analogues à ceux sans prétraitement, notons cependant un petit étalement avec diminution de la hauteur des pics.

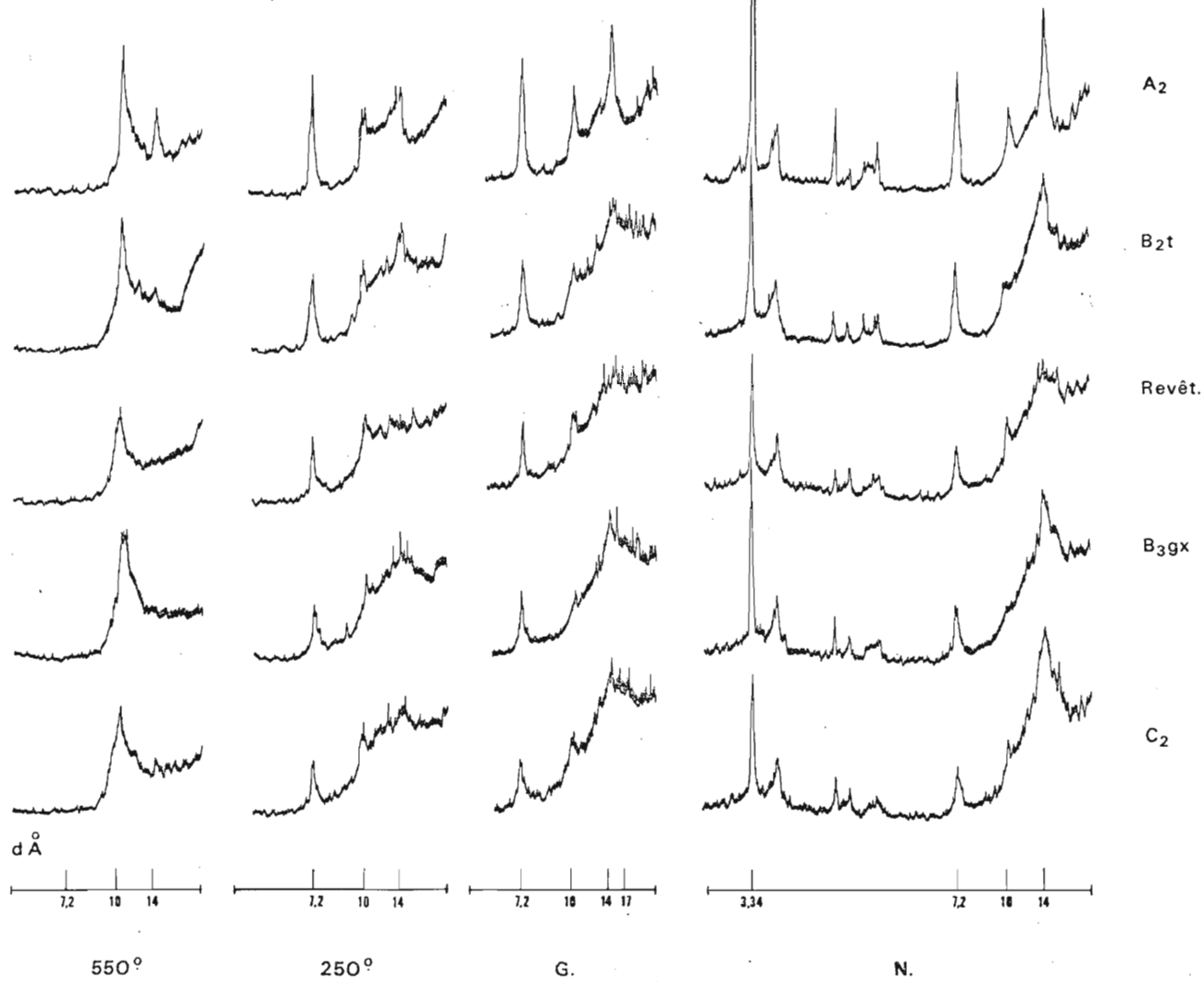
Les chauffages successifs des échantillons Mg donnent les résultats suivants :

- Peu de différences s'observent à 250° entre les diagrammes, cependant le  $A_2$  et le  $B_{2t}$  présentent une fermeture plus difficile, la réflexion à 14 Å y restant bien marquée.

- A 400° la fermeture est pratiquement la même pour tous les échantillons, excepté pour le  $A_2$  où une réflexion large à 12/14 Å est présente.

- A 550° la fermeture s'améliore dans le  $C_2$ , le  $C_1$  et les revêtements, une légère réflexion à 14 Å s'observe dans le  $B_{2t}$ , tandis que cette réflexion est très nette dans le  $A_2$ .

- SLG -  
MONTMIRAIL 32  
Mg



G.  
Fig. 63



- SLG -  
MONTMIRAIL 32

K

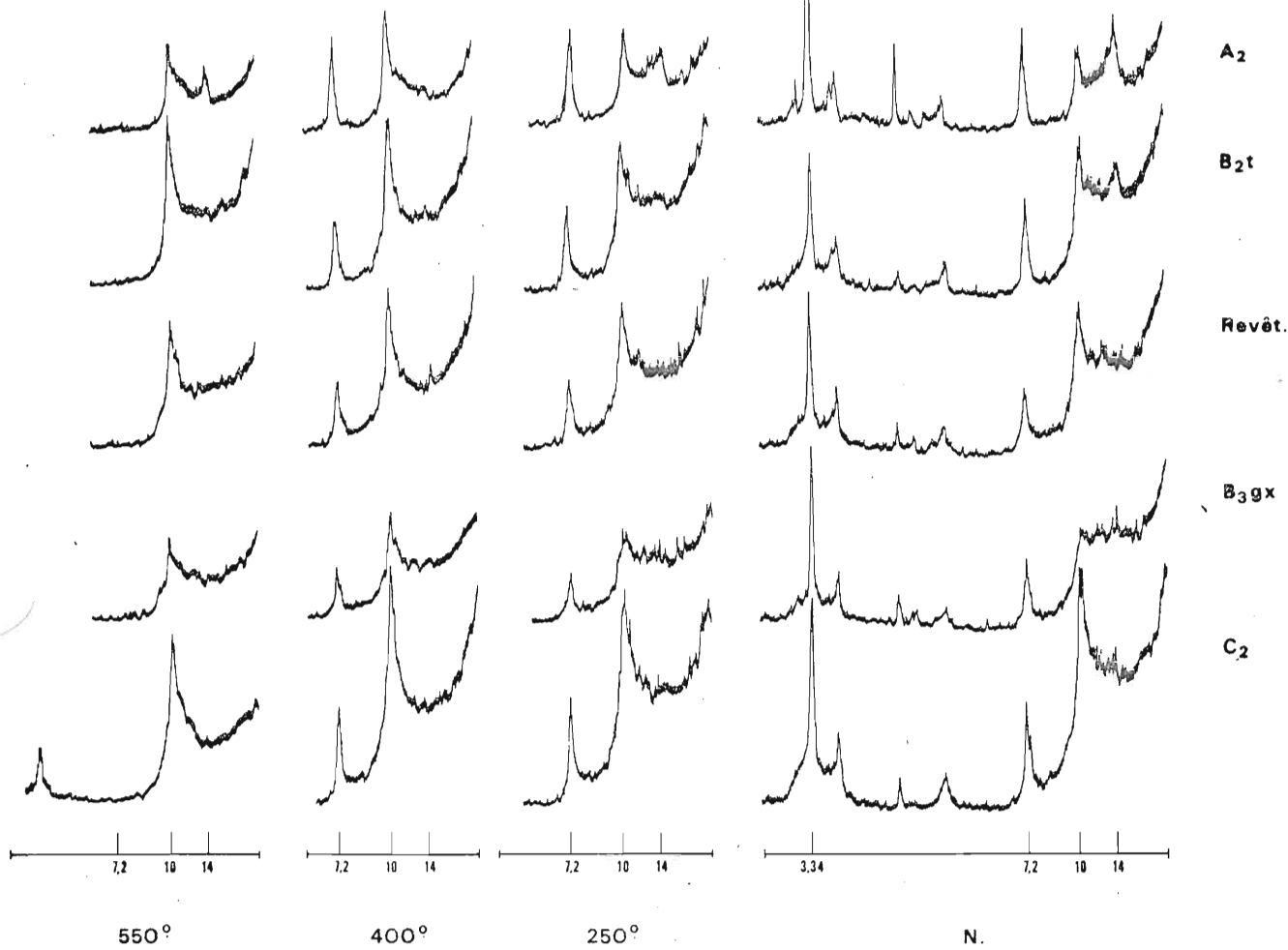


Fig. 64





Les diagrammes K montrent une tendance à une fermeture un peu meilleure des minéraux par rapport à ceux des échantillons sans prétraitement, excepté peut-être pour le B<sub>2</sub>t.

- Le chauffage à 250° n'amène que peu d'amélioration, hormis dans le C<sub>1</sub> où la fermeture s'accroît.
- A 400° on peut observer les modifications suivantes : pas de changement pour le C<sub>2</sub>, légère fermeture pour C<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>t, revêtements, fermeture assez nette pour A<sub>2</sub>.
- A 550° la réflexion à 14 Å est très nette dans A<sub>2</sub>, la fermeture étant un peu meilleure dans le B<sub>2</sub>t.

#### Prétraitement à NaOH.

Ce traitement avait pour but de tenter d'éliminer d'éventuels éléments amorphes de manière à clarifier le plus possible les diagrammes.

Très peu de modifications apparaissent par rapport aux résultats précédents, le chauffage donnant notamment des allures très analogues.

Nous retrouverons ici également la disparition de la réflexion à 14 Å à 400°, et sa présence très nette à 550°.

L'évolution minéralogique de ce profil est donc très importante.

On constate tout d'abord une accumulation relative très nette de quartz et de kaolinite de plus en plus importante de bas en haut du profil.

L'apparition d'intergrade alumineux du type vermiculite est très nette dans l'horizon A<sub>2</sub> et de manière beaucoup moins importante dans l'horizon d'accumulation ; quelques traces sont également décelables dans les revêtements.

Ces intergrades alumineux semblent relativement stables, et dans le A<sub>2</sub> il s'agit pratiquement de la formation d'une chlorite secondaire alumineuse, la réflexion à 14 Å s'améliorant nettement à 550°.

Nous verrons au paragraphe suivant la caractérisation minéralogique des argiles fines (< 0,2 µ) et grossières (0,2-2 µ) des revêtements typiques de ce sol très fortement évolué.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

L'ensemble des résultats que nous venons de commenter indique une évolution très importante pour ce sol.

La dégradation de l'horizon Bt est très poussée : dissolution avec pénétration en langues très profondes, reliques d'agrégats partiellement indurés par le fer, évolution minéralogique marquée avec apparition d'intergrades alumineux du type vermiculite Al ou chlorite secondaire.

La présence de l'horizon compact en profondeur donne naissance à une nappe temporaire qui influe sur la partie supérieure du solum une grande partie de l'année, y créant des conditions réductrices favorables à la mobilisation du fer et à la dissociation fer / argile.

Les revêtements grisâtres tapissant les faces verticales de structure du Bt résultent de déplacements colloïdaux en milieu hydromorphe et sont très fortement déferrifiés, nous les étudierons plus en détails dans les pages suivantes.

Les teneurs en aluminium échangeable et en alumine libre sont un indice d'altération certain, à mettre en relation avec l'évolution minéralogique observée.

Les processus fondamentaux qui paraissent être intervenus sont : illuviation en milieu bien drainé - hydromorphie progressive - altération minéralogique et illuviation en milieu hydromorphe et désaturé. Nous reviendrons plus tard sur ces notions.

Dans la classification C. P. C. S. ce sol se classe comme "sol lessivé glossique, à pseudogley".

La 7<sup>e</sup> approximation américaine le range dans les "Aquic Fraglosudalf" ou dans les "Aéric Fragiaqualf".

Dans la légende de la carte des sols du monde de la F. A. O. il serait intégré vraisemblablement dans les "Gleyic Podzoluvisols" ou éventuellement dans les "Dystric Podzoluvisols".

### - PROFIL MONTMIRAIL 31 -

Ce sol est très légèrement plus sableux que Montmirail 32, mais présente tout comme lui des caractéristiques d'évolution très importantes. Le "fragipan" y est particulièrement bien différencié, tandis que la dégradation et l'illuviation en milieu hydromorphe y sont très développés.

Il ne nous a pas été possible d'effectuer toutes les analyses sur les échantillons particuliers prélevés : dégradation - oxydation - revêtements.

Ce profil constitue en fait une confirmation des données fournies par l'examen et l'analyse détaillée du précédent.

### DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Grande-Forêt - Nord-est de Vieils-Maison.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	20/7/62 - Temps frais - Pluie la veille.
<u>Végétation</u>	Taillis sous fûtaie à réserve de chêne pédonculé, chêne et frêne.
<u>Position géomorphologique</u>	Très légère pente à exposition est.
<u>Altitude</u>	210 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement loessique reposant à 340 cm sur le substrat Sannoisien.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : faible.
<u>Activités biologiques</u>	Moyennes en surface, diminuant rapidement en profondeur.

<u>Classification</u>	Sol lessivé glossique à pseudogley Glossaqualf typique à Fraglossudalf aquique.
O <sub>1</sub> 1 - 0,5 cm	Couche L : Assez peu importante - Fâne de Chêne de l'année.
O <sub>2</sub> 0,5 - 0	Couche F : Peu importante - Feutrage dense Couche H : Présence par plages localisées.
A <sub>1</sub> 0 - 7/10 cm	Limon moyen - Brun gris : 5 YR 5/2 - Frais - Teneur assez importante en matière organique - Activité racinaire moyenne, nombreuses racelles - Quelques petites taches rouille - Structure grumeleuse à granulaire en profondeur, moyenne, modérément développée - Friable - Limite distincte et ondulée.
A <sub>2</sub> - 20	Limon moyen - Gris pâle : 10 YR 7/2 - Frais - Teneur moyenne en matière organique - Quelques grosses racines, nombreuses racelles - Présence de quelques taches de réoxydation de couleur rouille - Quelques nodules ferriques - Structure granulaire moyenne faiblement développée ; tendance polyédrique subangulaire localement - Friable - Assez poreux - Limite diffuse et régulière.
A et Bg - 30/35	Limon moyen - Beige foncé : 10 YR 6/3 - Assez frais - Faible teneur en matière organique - Petites racines - Taches de dégradation et d'oxydo-réduction fortement marquées, 15 à 30 % de recouvrement pour l'oxydation de couleur rougeâtre : 2,5 YR 7/2, 5 à 10 % pour les zones dégradées de couleur gris pâle : 10 YR 7/1 - Structure polyédrique assez grossière faiblement développée, et granulaire faiblement développée dans les zones A - Grande quantité de concrétions ferromanganiques - Assez ferme - Limite graduelle et ondulée.
B <sub>21</sub> tg - 55/60	Limon argileux - Matrice beige foncé : 10 YR 6/3 - Assez frais - Traces d'infiltration de matière organique - Quelques racelles - Taches de dégradation de couleur gris pâle : 2,5 Y 7/2 - Oxydo-réduction importante, 40 % pour l'oxydation, 5 % pour la réduction - Structure polyédrique subangulaire moyenne faiblement et modérément développée - Revêtements argileux fins et discontinus - Beaucoup de nodules ferromanganiques - Assez ferme - Limite graduelle et ondulée.
B <sub>22</sub> tg - 85/90	Limon argileux - Matrice beige foncé à ocre jaune : 10 YR 6/3 à 7/6 - Assez frais - Taches d'oxydation importante couvrant 30 %, les taches réduites plus ou moins 25 % - Structure polyédrique angulaire à subangulaire moyenne à grossière modérément développée - Revêtements argileux moyennement épais et assez continus - Ferme - Limite graduelle et ondulée.
B <sub>3</sub> gx - 110/120	Limon argileux - Matrice brun franc : 7,5 YR 5/8 - Assez frais - Oxydo-réduction moins importante, ox. : 25 à 30 %, réd. : 20 %, localisée le long des faces verticales de structure - Structure prismatique moyenne à sous-structure polyédrique grossière modérément développée - Revêtements argileux assez épais et discontinus sur les faces de structure - Ferme - Limite graduelle et irrégulière.
Cgx - 160	Limon moyen à argileux - Brun franc : 7,5 YR 5/8 - Assez frais - Les taches d'oxydation diminuent, les taches grises se maintenant le long des faces verticales - Structure prismatique grossière à sous-structure à tendance lamellaire, modérément développée - Revêtements argileux fins et discontinus - Très ferme.

Prélèvements sélectifs.

- E<sub>1</sub> : plages dégradées au niveau du A et Bg.
- E<sub>2</sub> : zones oxydées en bordure des "cracks" du B<sub>3</sub>gx.
- E<sub>3</sub> : revêtements réduits au niveau du B<sub>3</sub>gx.

L'aspect morphologique de ce profil est très typique : horizon de dégradation très marqué donnant naissance à des "languettes" s'insinuant dans le B<sub>2t</sub> et qui passent progressivement aux faces enrichies de la structure prismatique des niveaux du sous-sol. L'horizon compact est très exprimé, les traces d'hydromorphie très contrastées.

Notons que l'horizon A<sub>2</sub> est un peu moins épais que celui du profil précédent, peut-être ce sol a-t-il été très légèrement tronqué.

La texture peut avoir été quelque peu influencée par les sables stampiens très proches, le rapport limon grossier / limon fin est constamment inférieur à 1,5.

Les teneurs en argile sont d'une manière générale légèrement inférieures à celles du n° 32. Il faut noter que cette variation se présente également sur les revêtements. L'indice d'entraînement de l'argile, calculé sur les horizons actuels est de 1,7 pour l'argile totale et de 2,6 pour l'argile fine. Tout comme pour les autres profils évolués, l'argile fine se répartit profondément.

La variation de la densité apparente et celle de la porosité totale mettent fort bien en évidence la compacité de plus en plus marquée du matériau en fonction de la profondeur : respectivement 1,24 à 1,74 et 50 à 28 %. La stabilité structurale paraît relativement bonne dans ce cas-ci, avec diminution cependant au niveau de l'horizon compact.

Le pH varie de 4,6 à 5,6, le profil étant particulièrement désaturé en surface où le rapport C/N est voisin de 12. La saturation est minimum au niveau du A<sub>2</sub> : 33 %.

C'est également dans cet horizon que l'on enregistre la plus faible C. E. C. pour l'argile : environ 25 méq. ; on passe en profondeur à des valeurs plus élevées, jusqu'à 55 méq.

L'indice d'entraînement apparent du fer libre est de 1,95. Le rapport fer libre / fer HCl offre des valeurs élevées dans les horizons supérieurs, plus de 60 et particulièrement dans le A & B<sub>g</sub> : 80 ; elles diminuent ensuite dans le B : + 55.

L'aluminium échangeable est particulièrement bien représenté dans les horizons A & B<sub>g</sub>, B<sub>21t</sub> et B<sub>22t</sub> où il participe au complexe pour, respectivement : 44, 38 et 23 %. La distribution de l'alumine libre indique un certain entraînement, indice B<sub>21t</sub>/A<sub>2</sub> de 1,44.

#### Echantillons particuliers.

Nous examinerons tout d'abord les quelques rapports granulométriques que nous avons pu obtenir :

	<u>LG/LF</u>	<u>AF/AG</u>
A <sub>2</sub>	1.11	0.67
B <sub>21t</sub>	1.37	1.01
B <sub>22t</sub>	1.52	1.29
Revêtements	1.74	1.14
B <sub>3</sub>	1.55	1.32

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Stabilité de structure							Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
			A argile	Limons			Sables fins		S. G.			0-0,2 μ	0,2-2 μ	
				0-2 μ	2-10 μ	10-20 μ	20-50 μ	50-100 μ						
9983	A <sub>1</sub>	0 - 7/10	16,0	13,6	16,8	41,9	2,3	0,5	3,4		5,5	5,9	10,1	
9984	A <sub>2</sub>	- 20	16,0	14,4	21,6	39,6	2,1	0,6	2,4		3,3	6,4	9,6	
9985	AetBg	- 30/35	18,4	13,0	17,8	42,3	2,3	0,8	3,5		1,9	6,6	11,8	
9987	B <sub>21</sub> tg	- 55/60	24,8	12,8	15,2	38,3	3,4	1,8	3,7			12,5	12,3	
9988	B <sub>22</sub> tg	- 85/90	27,2	11,2	14,4	38,3	3,4	1,8	3,7			15,2	12,0	
9989	B <sub>3</sub> gx	-110/120	27,2	12,8	13,6	40,9	2,7	1,1	1,7			15,5	11,7	
9990	Cgx	- 160	20,0	13,6	15,2	43,8	2,8	0,9	3,7			11,1	8,9	
9986	E <sub>1</sub>	Dégradation	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
9992	E <sub>2</sub>	Oxydation	-	-	-	-	-	-	-			-	-	
9991	E <sub>3</sub>	Revêtements	28,9	9,9	14,8	42,8	3,1	0,3	0,2			15,4	13,5	

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>1</sub>				29,4	35,8	26,4	0,80	1,57	1,51	1,48	33,2	12,9	20,3
A <sub>2</sub>	1,24	2,56	51,6	30,6	28,6	26,2	0,96	1,30	1,26	1,24	31,6	19,1	12,5
AetBg				28,0	19,2	14,8	1,02	1,33	1,24	1,22	27,0	16,8	10,2
B <sub>21</sub> tg				43,2	14,8	26,4	1,29	1,53	1,52	1,50	30,0	14,8	15,2
B <sub>22</sub> tg	1,70	2,38	28,6	36,8	7,4	13,4	1,30	1,33	1,28	1,26	36,0	16,4	19,6
B <sub>3</sub> gx				17,2	4,4	6,8	1,64	1,10	1,04	1,01	28,8	12,9	16,7
Cgx	1,74	2,42	28,1	5,6	37,6	2,0	1,46	0,83	0,80	0,76	30,8	12,5	18,3
E <sub>1</sub>				-	-	-	-	-	-	-	26,0	13,1	12,9
E <sub>2</sub>				-	-	-	-	-	-	-	30,2	11,3	18,9
E <sub>3</sub>				-	-	-	-	-	-	-	34,0	15,1	18,9

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre %	Fer HCL %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 100 g
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	még. %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 100 g													
A <sub>1</sub>	4,6		28,9	2,47	11,7	9,3	2,0	1,31	0,53	0,12	3,96	42,6	-	1,51	2,82	1,87	2,04
A <sub>2</sub>	4,7		17,3	1,55	11,2	6,9	1,2	0,80	0,21	0,08	2,30	33,3	-	1,52	2,55	2,29	1,96
AetBg	5,0		9,8	0,82	11,9	6,0	1,4	0,95	0,18	0,11	2,64	44,0	(25)	2,28	2,83	2,64	1,88
B <sub>21</sub> tg	5,2					10,9	3,0	2,80	0,25	0,13	6,18	56,7	44	2,94	5,31	4,09	2,70
B <sub>22</sub> tg	5,4					13,1	7,2	2,89	0,28	0,17	10,54	80,5	48	2,89	5,43	3,04	2,66
B <sub>3</sub> gx	5,4					13,9	7,0	3,43	0,28	0,21	10,92	78,6	51	2,56	4,45	2,33	1,93
Cgx	5,6					11,0	8,2	3,16	0,17	0,4	12,01	-	55	2,43	-	0,59	1,75
E <sub>1</sub>	5,4					7,2	3,0	2,03	0,17	0,12	5,32	73,9	-	1,23	-	2,38	-
E <sub>2</sub>	5,5					12,1	9,2	3,55	0,20	0,42	13,42	-	-	4,71	6,06	0,27	1,25
E <sub>3</sub>	6,0					13,9	12,4	3,92	0,24	0,48	17,04	-	48	0,34	2,22	0,08	1,40



Nous pouvons faire les remarques suivantes :

- LG/LF.

- Un accroissement en fonction de la profondeur est évident : 1.11 - 1.52 - 1.55, tout comme dans le profil précédent.
- Les revêtements sont plus riches en limon grossier que la matrice qui leur correspond.

- AF/AG.

- L'accroissement dans les horizons successifs est très nette ici également : 0.67 - 1.01 - 1.29 - 1.32.
- Le rapport est cependant ici moins élevé que pour le profil n° 32.
- Moins d'argile fine dans les revêtements qu'au sein des agrégats et de la matrice.

Les données de l'analyse chimique permettent quelques commentaires.

La saturation du complexe est plus importante dans les plages dégradées que dans la partie supérieure du B<sub>2</sub>t.

Les revêtements argileux sont très déferrifiés, fer libre : 0,34, et rapport fer libre / fer HCl de 15. La teneur en fer libre de la dégradation est inférieure à celle du A<sub>2</sub>, tandis que la frange oxydée est très riche : 4,71 et rapport Fe libre / Fe HCl de 78.

La teneur en aluminium échangeable de la dégradation est élevée : 2,38 méq., qui représentent plus de 30 % du complexe. L'alumine libre est relativement peu représentée dans les revêtements argileux.

#### MICROMORPHOLOGIE

Toutes les caractéristiques micromorphologiques sont analogues à celles décrites dans le profil précédent.

Dépendant, on peut noter sur l'ensemble du profil une densité plus importante de glabules ferriques du type *nodules ou concrétions* ainsi que des *sesquanes* plus épais dans le B<sub>3</sub>gx. Des "*jointes planes*" assez nets sont par ailleurs présents dans ce même horizon.

Les *argilanes* secondaires présentent de très nombreuses intercalations de limon interstratifiés dans l'argile.

On peut également noter, au sein de l'horizon compact, de nombreuses petites plages jaune très clair, modérément orientées, qui pourraient représenter des concentrations secondaires d'argile fine.

#### DETERMINATIONS MINERALOGIQUES

Beaucoup de données rapprochent ce profil du précédent.

Nous avons effectué des analyses aux rayons X sur une séquence d'échantillons analogue : A<sub>2</sub> - B<sub>2</sub>t - B<sub>3</sub> - C, ainsi que sur des revêtements argileux très déferrifiés.



Etant donné l'expérience du profil Montmirail 32, un seul prétraitement complémentaire a été effectué : celui à NaOH.

#### Echantillons sans prétraitement.

Plusieurs réflexions caractérisent l'ensemble des diagrammes Mg : 3,34 - 7,2 - 10 - 14 Å. La réflexion à 14 Å est nette et large, particulièrement dans le C ; celle à 10 Å est peu nette.

Après traitement au glycol on observe le gonflement d'une partie, tandis qu'une autre reste nettement sous forme de réflexion à 14 Å. La réflexion à 10 Å est mieux différenciée.

Les chauffages successifs des échantillons Mg provoquent la fermeture progressive des minéraux. Notons qu'à 250° la tendance est plus accentuée dans le C ; à 500° l'échantillon provenant de cet horizon est relativement bien fermé.

Les diagrammes K sont sensiblement différents.

- C : fermeture assez nette sur 10 Å.
- B<sub>3</sub> : fermeture moins bonne.
- B<sub>2t</sub> : la fermeture est marquée sur 10 Å, une réflexion à 14 Å est nette.
- A<sub>2</sub> : on observe une réflexion à 10 Å, à 12 Å, ainsi qu'une autre intense à 14 Å.
- Revêtements : réflexions à 14 et 12 Å nettes, à 10 Å un peu moins nette.

Les chauffages à 250, 400 et 550° provoquent une amélioration de la fermeture, une réflexion à 14 Å restant présente dans l'échantillon A<sub>2</sub> jusqu'à 400°, alors que pour les autres échantillons la fermeture est bonne dès 250°.

#### Prétraitement à NaOH.

Comme pour le profil précédent, peu de différences sont décelables par rapport à l'ensemble des résultats que nous venons de commenter.

Des traces sont cependant observables à 14 Å, après chauffage à 550°, sur le diagramme de l'échantillon A<sub>2</sub>.

L'horizon A<sub>2</sub> montre une accumulation relative de quartz et de kaolinite, ainsi que l'existence d'intergrades alumineux du type vermiculite Al.

Dans le B<sub>2t</sub> et les revêtements cette tendance est peu avancée : le chauffage à 250° des échantillons K suffit à faire disparaître les réflexions à 14 Å.

Des résultats plus précis concernant la nature des revêtements argileux de ce profil seront présentés dans le chapitre suivant.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

Ce profil présentant beaucoup d'analogies avec le précédent, nous commenterons essentiellement les quelques caractères qui les différencient.

La texture est légèrement plus sableuse et l'indice d'entraînement de l'argile est plus faible. La "dégradation" paraît donc pouvoir intervenir à un stade pratiquement quelconque de l'illuviation, pour peu que la désaturation soit suffisante et les conditions réductrices présentes.

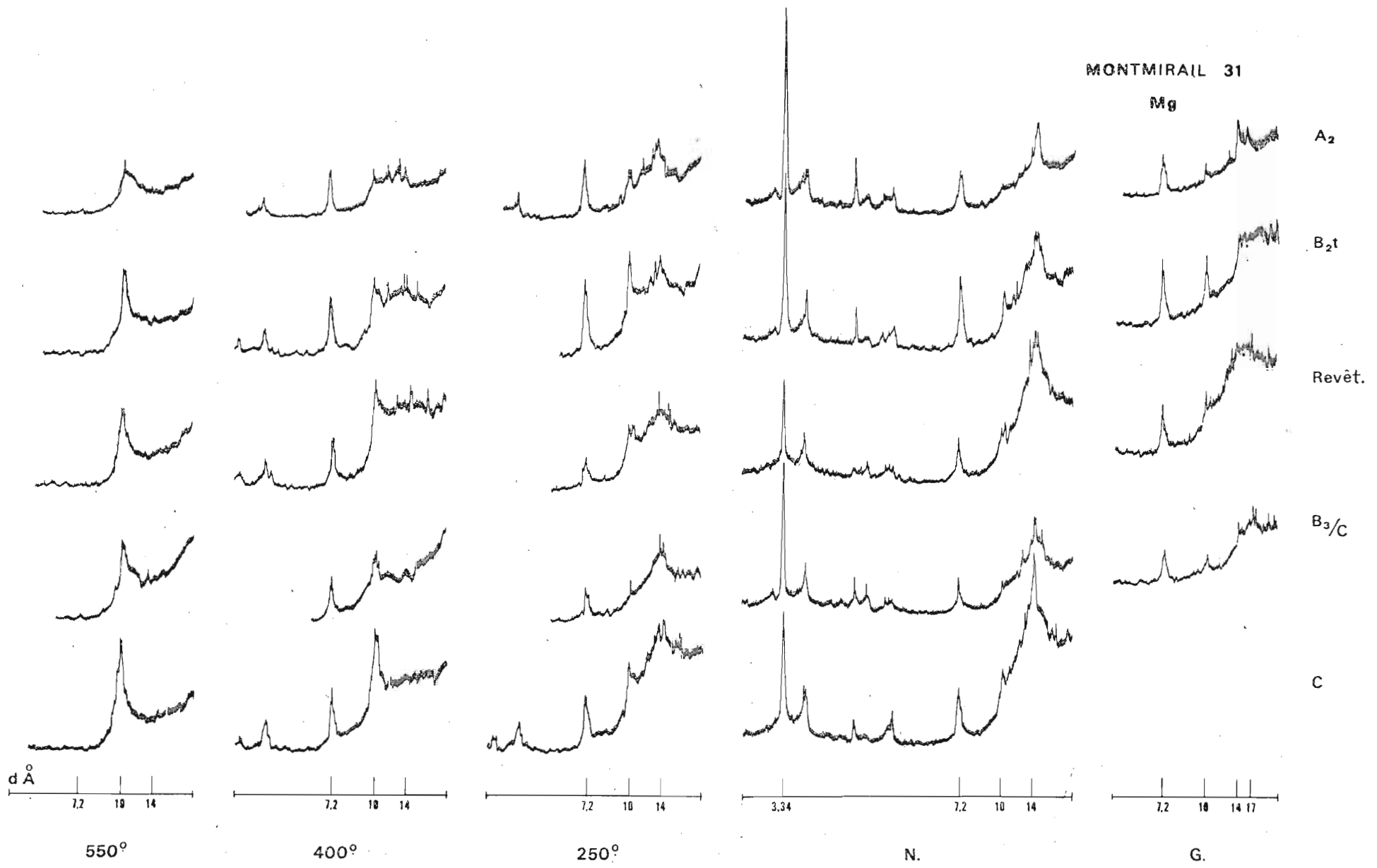
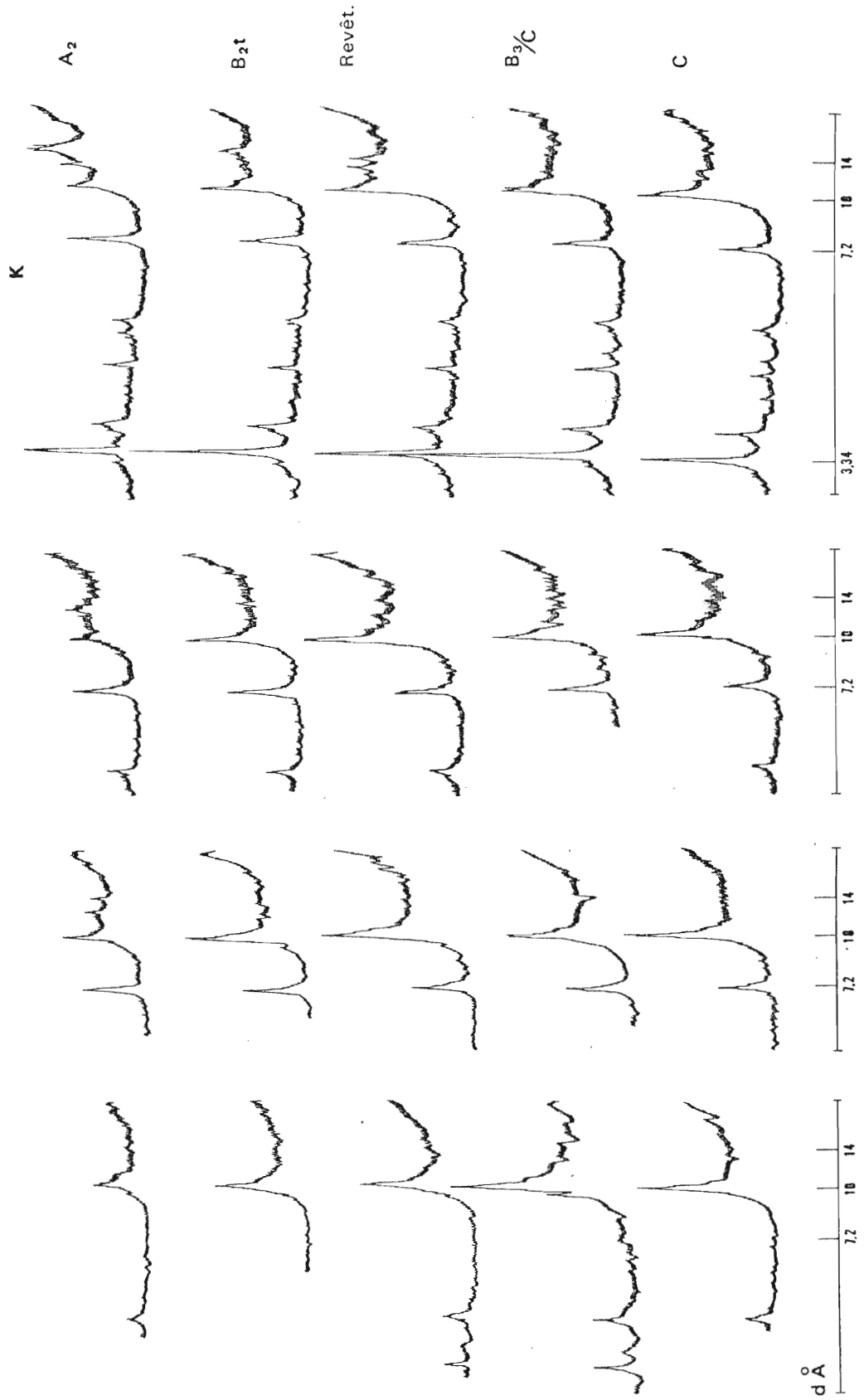


Fig. 65



MONTMIRAIL 31



N.

250°

400°

550°

Fig. 66



L'horizon fragipan est remarquablement développé, ce sol offrant de ce fait des caractères d'hydromorphie encore plus marqués, bien discernables à la fois sur le terrain et en lames minces.

La différence entre les indices apparents du fer libre et de l'argile est probablement due à l'hydromorphie qui apparaît ici comme un processus essentiel.

L'illuviation secondaire, hydromorphe, est naturellement importante.

Comme le précédent, il s'agit d'un "sol lessivé glossique à pseudogley" pour la classification française, compte tenu d'une légère restriction due à l'indice d'entraînement d'argile inférieur à 2.

Dans la 7<sup>e</sup> approximation il s'agit d'un sol intergrade entre "Typic Glossaqualf" et "Aquic Fraglossudalf".

Nous avons typiquement affaire à un "Gleyic Podzolvisol" de la légende F. A. O..

#### - PROFIL MONTMIRAIL 15 -

Ce profil a été sélectionné parce que représentatif des sols de Haute-Brie situés sous culture.

Beaucoup de caractères décrits sous végétation moins anthropiques se retrouvent ici ; certains cependant sont modifiés plus ou moins profondément.

L'étude détaillée de ce sol va nous permettre de mettre en évidence les principales différences induites par la mise en culture.

#### DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Sud-ouest de la Haute-Epine.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	19/3/62 - Beau temps ensoleillé - Dégel.
<u>Végétation</u>	Labour, ancien chaume.
<u>Position géomorphologique</u>	Plateau - Relief subnormal.
<u>Altitude</u>	197 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement loessique épais, de plus de 4 m.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : très lent Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Moyennes dans le Ap et le A <sub>2</sub> , faibles ensuite, nulles dès le B <sub>3</sub> .
<u>Classification</u>	Sol lessivé, dégradé, à pseudogley. Fraglossudalf aquique.

- Ap  
0 - 25/30 cm  
Limon moyen - Brun clair à brun-jaune : 10 YR 5/3 - 5/4 - Frais - Teneur assez faible en matière organique - Quelques petites radicules - Quelques taches d'oxydation peu importantes - Structure granulaire assez grossière, faiblement développée, localement grumeleuse fine - Tendances lamellaire très nette à la partie inférieure de l'horizon : semelle de labour - Quelques grumeaux coprogènes - Friable - Limite graduelle et régulière.
- A<sub>2</sub>  
- 30/39  
Limon moyen - Beige foncé à brun-jaune clair : 10 YR 6/3 pour la matrice et 10 YR 6/8 pour l'oxydation - Frais - Quelques petites radicules - Petites concrétions de Fe Mn - Taches d'oxydation peu importantes, 2-5 % de recouvrement - Structure granulaire moyenne à grossière, faiblement développée - Quelques canaux de lombricides tapissés d'humus - Friable - Limite graduelle et irrégulière, le matériau pénétrant en langues allongées dans l'horizon sous-jacent : "Tonguing" caractérisé.
- Bg et A  
- 48/60  
Limon argileux - Texture irrégulière résultant de la dégradation intense de l'horizon d'illuviation, des masses de matériau lourd présentant des revêtements argileux fins et discontinus étant séparées par d'importantes poches de matériau plus léger, dont la texture se rapproche de celle de l'horizon A<sub>2</sub> et dont la couleur est blanc-beige : 10 YR 6/3 - Les plages dégradées occupent environ 1/5 de la masse - Matrice brun-jaune : 10 YR 5/6 - Oxydation : brun franc : 7,5 YR 5/6 - Revêtements bruns : 10 YR 5/4 - Assez frais - Quelques petites radicules localisées sur les agrégats du B - Petites concrétions de Fe Mn - Oxydo-réduction contrastée (15-25 % de recouvrement pour l'oxydation, 2-5 % pour la réduction) - Structure polyédrique angulaire à subangulaire fine à moyenne, moyennement développée, particulière à farineuse dans les langues de dégradation - Quelques revêtements fins et discontinus sur les agrégats les mieux différenciés - Friable à ferme - Limite diffuse et irrégulière.
- B<sub>21</sub>tg  
- 70/75  
Limon argileux - Matrice brun-jaune : 10 YR 5/6 - Oxydation brun franc : 7,5 YR 5/6 - Réduction gris-brun pâle : 2,5 Y 6/2 - Plages dégradées gris pâle : 2,5 Y 7/2 - Revêtements brun clair : 10 YR 5/3 - Assez frais - Quelques petites radicules réparties sur les faces des éléments structuraux - Petites concrétions de Fe Mn friables - Oxydo-réduction assez distincte et contrastée : 20 % de recouvrement pour la rouille, 2-5 % pour le gley - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne, assez bien développée, bien localement, particulière dans le "tonguing" - Assez nombreux revêtements argileux, fins et discontinus - Quelques canaux de lombricides tapissés d'une fine pellicule humifère - Friable à ferme - Limite graduelle et ondulée.
- B<sub>22</sub>tg  
- 85/90  
Limon argileux - Matrice brun-jaune : 10 YR 5/8 - Oxydation brun franc : 7,5 YR 5/6 vers 5/8 - Réduction gris pâle : 5 Y 7/2 - Revêtements brun clair à brun-jaune : 10 YR 5/3 vers 5/4 - Assez frais - Très peu de radicules plaquées sur les faces verticales de structure - Petites concrétions de Fe Mn assez friables et moins abondantes que dans le B<sub>2t</sub> - Phénomènes d'oxydo-réduction fortement marqués : 15 à 20 % de recouvrement pour l'oxydation, 20 à 35 % pour la réduction - Le "mottling" se localise de plus en plus en marbrures longeant les grandes faces verticales de structure - Structure polyédrique angulaire moyenne, moyennement développée, tendance à la reprise dans une structure prismatique grossière - Apparition, au contact des faces structurales verticales, de revêtements assez épais et rosés, très argileux, allant de pair avec une augmentation assez rapide de la texture du matériau emplissant les poches étroites terminant la partie inférieure des langues de dégradation - Assez ferme - Limite diffuse et régulière.
- B<sub>3</sub>gx  
- 125/135  
Limon argileux - Horizon "fragipan" typique - Matrice brun-jaune : 10 YR 5/8 - Oxydo-réduction localisée aux abords des faces verticales de structure où une frange ocre-brune : 7,5 YR 5/6 - 5/8 d'oxydation très nettement contrastée passe en transition à la matrice où le "mottling" est assez distinct, mais de faible recouvrement - Structure prismatique grossière, moyennement développée, avec sous-structure à tendance lamellaire ; une structure lamellaire fine à moyenne, bien développée

s'observe localement - Les faces verticales de la structure principale composent un réseau polygonal très typique ; elles sont tapissées de revêtements argileux très épais et de couleur gris pâle à gris bleuté : 5 Y 7/2 - 6/1, due à des phénomènes de réduction - Notons la teinte brun-gris rosé : 7,5 YR 6/2 - 7/4 des revêtements au contact de la masse agrégée - Les faces horizontales de la structure lamellaire présentent localement des revêtements argileux fins et discontinus, ainsi que de petites taches d'accumulation d'oxydes de fer et de manganèse qui par endroits semblent s'indurer - Ces revêtements ont ici généralement une couleur brun clair : 10 YR 5/3 - La compacité est très prononcée et la porosité très faible - Ferme, friable sous une pression relativement faible - Limite diffuse et assez régulière.

- C<sub>1gx</sub>  
- 150  
Limon argileux - Matrice brun-jaune : 10 YR 5/6 - 5/8 - Oxydation brun franc : 7,5 YR 5/6 - 5/8 - Assez sec - Concrétions encore assez nombreuses - Structure prismatique très grossière, moyennement développée, et sous-structure lamellaire moyenne, moyennement développée - Présence d'un matériau très argileux et complètement réduit le long des faces verticales : 5 Y 6/1 ; bordant ces zones de réduction, une frange oxydée brun franc : 7,5 YR 5/5 - 5/8 s'atténue en contraste assez faible vers la matrice constituant la masse de l'agrégat - Revêtements argileux fins et discontinus tapissant de plus en plus sporadiquement les faces horizontales de la sous-structure lamellaire.
- C<sub>2g</sub>  
- 190  
Limon moyen à argileux - Brun-jaune : 10 YR 5/8 - "Mottling" de contraste moyen, 5 - 10 % de recouvrement d'oxydation brun jaune : 7,5 YR 5/8, réduction localisée le long de certaines faces verticales - Structure à tendance massive, quelques faces verticales se dissociant dans la masse.

Prélèvements sélectifs.

Quatre échantillons complémentaires ont été prélevés :

E<sub>1</sub> : poches dégradées au niveau du B et A.

E<sub>2</sub> : frange oxydée au niveau du contact B<sub>22t</sub>/B<sub>3x</sub>.

E<sub>3</sub> : revêtements réduits au niveau du contact B<sub>22t</sub>/B<sub>3x</sub>.

E<sub>4</sub> : matrice gleyifiée au niveau du contact B<sub>22t</sub>/B<sub>3x</sub>.

Ce sol est vraisemblablement légèrement érodé, mais l'horizon appauvri A<sub>2</sub> est cependant bien différencié. Les plages de dégradation sont nettes et pénètrent profondément dans l'horizon Bt, par l'intermédiaire d'un Bg & A où les agrégats résiduels du Bt sont bien individualisés. L'horizon compact de profondeur, ou fragipan, est très caractéristique.

La couverture limoneuse est très pure, elle contient moins de 4 % de sable, excepté dans le C<sub>2g</sub> où des pisolithes ferrugineux en sont la cause. Le rapport limon grossier / limon fin varie entre 1,15 et 1,60, il est un peu plus élevé au niveau de l'horizon A<sub>2</sub>.

L'indice d'entraînement de l'argile totale est de 2,24, celui de l'argile fine de 3,7, cette dernière paraissant s'être déplacée jusqu'au C<sub>1gx</sub>.

Ce profil est très caractéristique en ce qui concerne les données physiques.

La densité apparente augmente progressivement jusqu'à 1,84, faisant passer la porosité totale de 43 à 28 %.



La stabilité structurale est très faible, particulièrement dans le  $A_2$  et au niveau du fragipan. Cette faible stabilité est la cause de l'érodabilité très forte de la couche arable, sous l'influence de la battance, compte tenu ici de la faible teneur en matière organique du Ap.

Les teneurs en eau utile sont élevées dans le solum, mais diminuent nettement en profondeur.

Ce sol, probablement originellement acide, a été resaturé par la mise en culture, tout au moins dans les horizons supérieurs.

La C. E. C. de l'argile est plus intéressante à examiner. En effet, très faible dans le  $A_2$  :  $\pm 23$  méq., elle augmente jusqu'à environ 50 en profondeur.

L'indice d'entraînement du fer libre est de 1,9 ; notons des valeurs assez élevées en  $C_1$ , et  $C_2$ , dues vraisemblablement à la présence de nodules et concrétions ferriques. Le rapport fer libre / fer HCl est très variable dans ce profil, compris entre 43 et 55 dans le solum, il passe à plus de 70 au niveau des horizons C, en relation avec la teneur particulièrement élevée en fer libre que l'on y observe.

L'aluminium échangeable présente un maximum en  $B_{21t}$  et  $B_{22t}$  où il constitue 10 % de la saturation du complexe. Le profil de l'alumine libre est bien marqué, avec un rapport  $B_{2t}/A_2$  de 1,50.

#### Echantillons particuliers.

Comme pour les autres profils nous allons comparer les rapports granulométriques typiques.

	<u>LG/LF</u>	<u>AF/AG</u>
$A_2$	1.78	0.51
Dégradation	1.71	-
$B_{2t}$	1.55	1.39
Revêtements	1.34	1.00
$B_3$	1.41	1.19

Certaines modifications sont intervenues par rapport aux profils que nous venons de commenter.

#### - LG/LF.

- Le  $A_2$  et la dégradation présentent pratiquement le même rapport, nettement plus élevé que pour les deux autres profils.

- Les revêtements possèdent ici moins de limon grossier que les matrices.

Les autres différences ne sont pas suffisamment sensibles pour pouvoir être interprétées.

#### - AF/AG.

- Le  $A_2$  paraît très appauvri en argile fine.

- Les horizons profonds en possèdent moins que le  $B_{2t}$ .

- Les revêtements possèdent moins d'argile fine que les matrices correspondantes.

Les analyses chimiques montrent tout d'abord une saturation des échantillons de dégradation, d'oxydation et de revêtements due probablement aux amendements de surface.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argile								M. O.	Fractionnement de l'argile	
				Limons				Sables fins		S. G.	0-0,2 µ		0,2-2 µ	
				0-2 µ	2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ				
9296	Ap	0 - 25/30	10 YR 7/2	13.0	13.8	17.1	48.9	2.3	0.6	2.8	1.5	4.6	8.4	
9297	A <sub>2</sub>	- 30/39	10YR8/2-8/3	17.7	11.4	16.3	49.3	2.2	0.5	1.6	1.0	6.0	11.7	
9298	B <sub>g</sub> et A	- 48/60	10 YR 8/2	25.5	13.2	14.8	43.1	2.0	0.3	1.1		11.3	14.2	
9299	B <sub>21</sub> t <sub>g</sub>	- 70/75	10 YR 8/6	29.0	9.9	14.9	37.3	2.7	0.4	0.5		16.5	12.5	
9300	B <sub>22</sub> t <sub>g</sub>	- 85/90	10 YR 8/6	29.2	10.0	15.8	40.0	2.4	0.3	0.9		17.0	12.2	
9301	B <sub>3g</sub> x	- 125/135	10 YR 7/6	29.0	12.5	15.7	36.5	2.4	0.4	0.4		15.3	13.7	
9302	C <sub>1g</sub> x	- 150	10 YR 7/6	28.0	12.4	16.5	33.0	2.2	0.4	0.7		15.2	12.8	
9303	C <sub>2g</sub>	- 190	10 YR 8/6	20.6	14.0	15.6	38.6	2.8	1.0	6.4		10.3	10.3	
9378	E <sub>1</sub>	Dégradation		13.0	13.5	17.4	52.9	2.1	0.5	0.6		-	-	
9379	E <sub>2</sub>	Oxydation		22.4	14.2	18.9	41.3	2.0	0.3	0.9		-	-	
9380	E <sub>3</sub>	Revêtements		32.6	16.3	11.4	37.2	1.9	0.3	0.2		16.3	16.3	
9381	E <sub>4</sub>	Matrice		26.4	13.4	16.3	41.8	1.2	0.3	0.6		-	-	

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
Ap	1.48	2.59	42.9	6.0	4.6	4.8	1.95	1.19	1.12	1.09	29.7	6.1	23.6
A <sub>2</sub>				7.7	2.8	3.6	2.02	1.04	1.01	0.98	29.1	6.6	22.5
B <sub>g</sub> et A				12.3	1.2	3.8	2.00	1.27	1.18	1.16	29.5	9.2	20.3
B <sub>21</sub> t <sub>g</sub>	1.61	2.59	37.8	15.4	1.2	4.0	1.79	1.29	1.25	1.23	30.8	11.0	19.80
B <sub>22</sub> t <sub>g</sub>				12.0	2.5	4.4	1.82	1.25	1.19	1.16	30.1	12.0	18.10
B <sub>3g</sub> x				3.6	0.6	1.2	2.51	0.75	0.62	0.61	26.3	11.4	14.9
C <sub>1g</sub> x	1.84	2.56	28.1	4.0	0.5	1.4	2.54	0.74	0.65	0.65	25.8	10.6	15.2
C <sub>2g</sub>				3.1	1.2	1.9	2.42	0.82	0.81	0.79	28.9	12.8	16.1
E <sub>1</sub>											28.0	5.7	22.3
E <sub>2</sub>											26.9	11.5	15.4
E <sub>3</sub>											28.8	14.0	14.8
E <sub>4</sub>											25.7	11.1	14.6

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7.0							% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCL Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %/∞
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S							
Ap	6.1		7.6	0.79	9.6	5.9	5.9	0.73	0.19	0.12	6.94	Sat	-	1.21	2.20	0.08	1.32	
A <sub>2</sub>	6.0		5.4	0.64	8.4	5.9	5.8	0.81	0.17	0.15	6.93	Sat	(23)	1.13	2.56	0.05	1.38	
B <sub>g</sub> et A	5.5					8.4	6.7	1.27	0.26	0.16	8.39	Sat	33	1.78	3.55	0.08	1.67	
B <sub>21</sub> t <sub>g</sub>	5.0					12.0	7.0	2.30	0.35	0.18	9.73	81.0	41	2.13	3.95	1.21	2.07	
B <sub>22</sub> t <sub>g</sub>	5.2					14.6	8.2	3.64	0.39	0.30	12.53	86.1	50	1.88	4.40	1.53	2.08	
B <sub>3g</sub> x	5.1					13.4	8.6	3.53	0.26	0.35	12.74	95.4	46	1.98	3.82	1.08	1.78	
C <sub>1g</sub> x	5.1					13.7	8.0	3.33	0.29	0.39	9.01	88.0	49	2.93	3.76	1.02	1.73	
C <sub>2g</sub>	5.4					10.5	6.6	2.33	0.21	0.39	9.53	90.8	51	2.82	4.23	0.22	1.67	
E <sub>1</sub>	5.5					6.3	9.7	1.19	0.23	0.16	11.28	-	48	0.73	-			
E <sub>2</sub>	5.1					12.0	8.3	3.73	0.28	0.33	12.64	-	54	3.42	-			
E <sub>3</sub>	5.1					12.4	9.9	3.90	0.40	0.40	14.60	-	38	0.28	2.18			
E <sub>4</sub>	5.0					14.0	9.0	1.98	0.28	0.36	11.62	83.0	53	2.43				



Remarquons ensuite la C. E. C. assez faible de l'argile des revêtements argileux.

Ces revêtements sont particulièrement déferrifiés : 0,28 % de fer libre, avec rapport fer libre / fer HCl de 13. Comme dans les autres profils morphologiquement très dégradés la teneur en fer libre de la dégradation est inférieure à celle de l'horizon A<sub>2</sub>. Celle de la frange d'oxydation est naturellement élevée.

### MICROMORPHOLOGIE

Par rapport aux deux profils précédents il faut noter quelques points principaux.

Tout d'abord l'*assemblage élémentaire* un peu particulier du Ap, hétérogène et à tendance intertextuelle.

Ensuite les teintes très grises en lumière polarisée des revêtements d'illuviation hydromorphe, très déferrifiés.

Enfin l'importante quantité de *nodules* des horizons Cg, associés à des *iso* et *strio-tubules* assez nombreux. Des *papules*, vraisemblablement issues de la fragmentation de concentrations plasmiques du type *argilanes* ne sont pas rares dans les horizons inférieurs du profil.

### DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Des analyses aux rayons X ont été effectuées sur trois horizons principaux : A<sub>2</sub> - B<sub>2t</sub> - C, ainsi que sur des échantillons particuliers : zones de dégradation - revêtements argileux gris - matrice au niveau du B<sub>3</sub>.

Nous décrirons tout d'abord globalement les résultats concernant les horizons, ensuite ceux d'un échantillon d'argile 0-2 μ provenant d'une plage dégradée. Les autres données correspondant aux prélèvements particuliers seront présentées dans le chapitre 4.4..

#### Horizons A<sub>2</sub> - B<sub>2t</sub> - C.

Trois réflexions principales se présentent sur les diagrammes Mg, à 7,2, 10 et vers 14/15 Å. Le pic à 7,2 est de moins en moins important du A<sub>2</sub> au C ; celui à 10 est relativement bien marqué en A<sub>2</sub> et C, très peu différencié dans le B<sub>2t</sub>. La réflexion à 14 Å est assez nette bien qu'étalée dans le A<sub>2</sub> et le B<sub>2t</sub>, elle est très large dans le C.

Le traitement au glycérol provoque le gonflement des trois échantillons.

- dans le A<sub>2</sub> on observe un étalement avec maximum vers 17/18 Å, avec un très léger accident vers 14 Å.
- dans le B<sub>2t</sub> la réflexion est très nette à 17 Å.
- dans le C, seul un étalement vers les distances basales importantes est observable.

Les chauffages à 250, 400 et 550° amènent une fermeture progressive des échantillons :

- très peu importante à 250°, avec petit maintien à 14/15 Å dans le A<sub>2</sub>.
- irrégulière mais mieux prononcée dans le B<sub>2t</sub> et le C à 400°.
- meilleure à 550°, mais toujours très incomplète.

Les diffractogrammes des échantillons K montrent une fermeture modérée pour le A<sub>2</sub> et le B<sub>2t</sub> avec traces à 12 et 14 Å, tandis que la fermeture du C est meilleure.

Le chauffage à 250° amène la disparition du "halo" vers 14 Å dans le A<sub>2</sub>, tandis que peu de modifications sont ensuite observables à 400 et 550°.

On constate donc à nouveau une diminution relative de la kaolinite en profondeur, et la présence d'illite, moins bien exprimée cependant dans le B<sub>2t</sub>.

L'horizon A<sub>2</sub> montre des traces de vermiculite, peut-être très légèrement alumineuse.

Un minéral gonflant est présent dans les trois horizons, particulièrement semble-t-il dans le B<sub>2t</sub>.

#### Dégradation.

Deux réflexions très nettes à 7,2 et 10 Å caractérisent le diagramme Mg, avec un pic assez faible vers 11/12 Å et une réflexion assez nette mais large à 14 Å. L'échantillon gonfle avec un maximum peu marqué vers 18 Å. Les chauffages provoquent la fermeture qui reste cependant incomplète à 550°.

Le diagramme K montre une fermeture irrégulière mais nette cependant sur 10 Å.

Quartz, kaolinite, illite et minéraux gonflants constituent donc la fraction fine de ce prélèvement.

Les déterminations minéralogiques montrent donc pour ce profil des variations sensiblement moins importantes que pour les deux sols précédents.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

Morphologiquement très évolué, ce sol offre des différences assez fondamentales par rapport aux sols situés actuellement sous végétation naturelle.

En relation avec la mise en culture, une resaturation du complexe absorbant est intervenue. L'évolution minéralogique apparaît comme moins avancée, peut-être les influences anthropiques en sont-elles responsables. Au demeurant, les teneurs en aluminium sont moins importantes que pour les deux sols précédents.

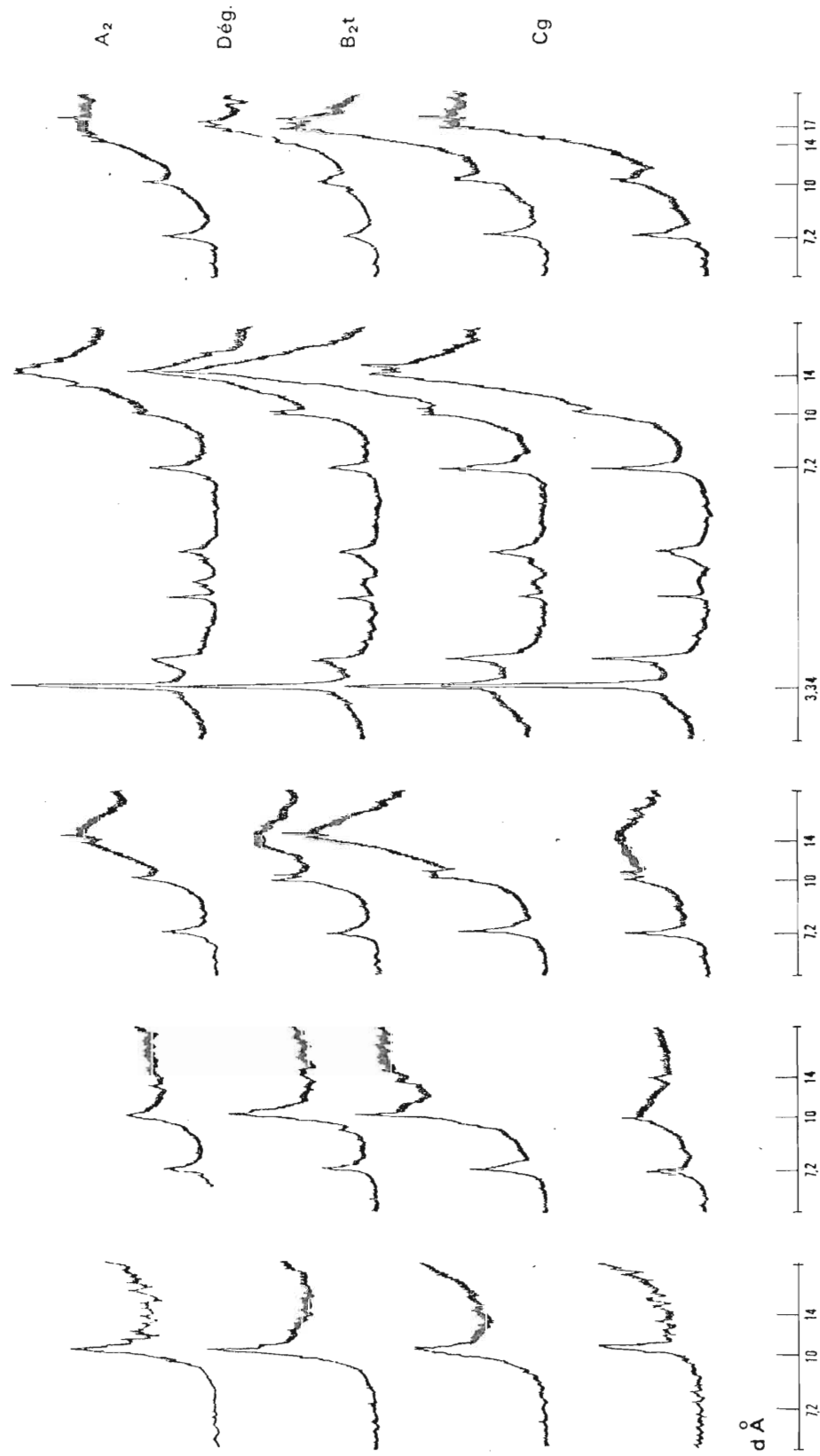
L'horizon compact est cependant remarquablement différencié.

Illuviation, "dégradation", hydromorphie sont donc comme prévu les processus fondamentaux qui sont intervenus dans le développement de ce sol très évolué.

Ce "sol lessivé dégradé, ou glossique, à pseudogley" de la classification française correspond donc à un "Aquic Fraglossudalf" de la 7e approximation.

La saturation importante pourrait en faire un "Eutric Podzolvisol" de la légende F. A. O..

MONTMIRAIL 15  
Mg



G.

N.

250°

400°

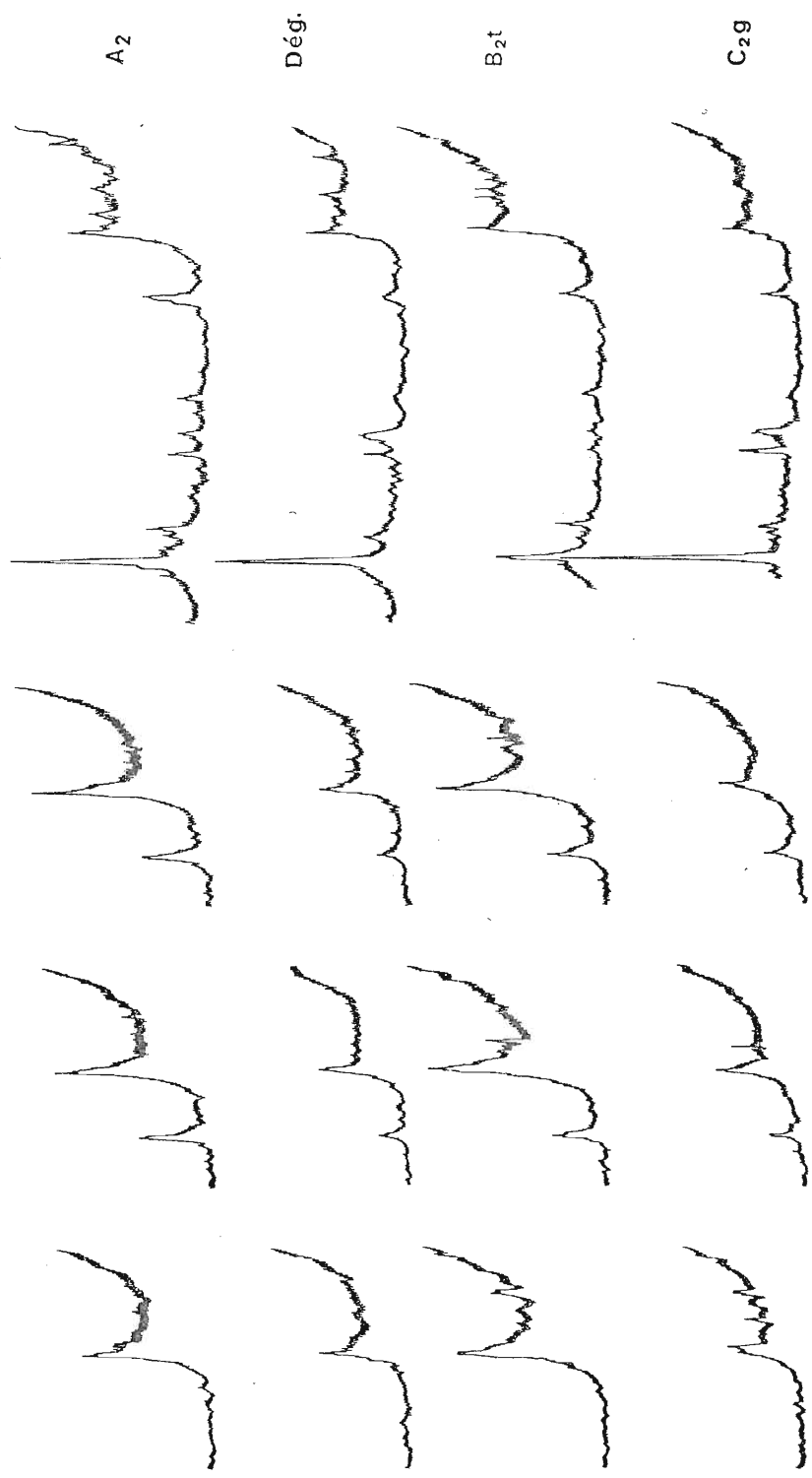
550°

Fig. 67



MONTMIRAIL 15

K



d Å



550°

400°

250°

N.

Fig. 68





- PROFIL CHATEAU-THIERRY 22 -

Le Tardenois constitue une région naturelle à "terres froides" : limons humides reposant en profondeur sur les argiles à meulière.

Le profil qui nous occupe est représentatif de cette couverture, unité en prolongement de celles de la Haute-Brie. Les processus d'évolution ont intensément affecté le matériau : illuviation - dégradation - hydromorphie - illuviation en milieu hydromorphe.

Situé sous culture, le profil a vraisemblablement été resaturé par influences anthropiques jusqu'à plus d'un mètre.

Quatre échantillons sélectifs ont été prélevés de manière à mettre en évidence les facteurs prépondérants de la pédogenèse.

DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Est-sud-est Courpoil.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	3/11/67 - Temps frais et pluvieux.
<u>Végétation</u>	Trèfle sur chaumes de blé.
<u>Positions géomorphologiques</u>	Relief normal - Large ligne de crête - Pente pratiquement nulle.
<u>Altitude</u>	216 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement loessique de plus de 3 m.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : faible.
<u>Activités biologiques</u>	Assez bonnes jusqu'à 0,70 m, devenant rapidement très faibles ensuite.
<u>Classification</u>	Sol lessivé dégradé à pseudogley, à tendance "planosolique". Fragiaqualf aérique intergrade vers les Albaqualfs.
Ap 0 - 21/23 cm	Limon moyen - Brun clair : 10 YR 5/3 - Assez frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation radicellaire assez faible - Structure grumeleuse fine modérément à assez bien développée dans la partie supérieure, à polyédrique subangulaire fine à moyenne modérément développée - Assez nombreux conduits de lombrics et cavités remplies de grumeaux coprogènes - "Mottling" fin et assez bien contrasté - Quelques nodules Fe Mn, petites, friables - Friable à ferme - Assez poreux - Limite abrupte et régulière.
A <sub>2</sub> - 25/30	Limon moyen - Gris pâle à beige : 10 YR 7/2 - 7/3 - Assez frais à frais - Traces de matière organique - Quelques radicelles - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne faiblement développée - Conduits de lombrics tapissés de matière organique - "Mottling" fin - Quelques nodules Fe Mn - Friable - Limite distincte et légèrement ondulée.
Ag et Bg - 35/40	Limon argileux - Beige : 10 YR 7/3 - 7/4 - Frais - Traces de matière organique - Quelques radicelles - Structure polyédrique subangulaire fine faiblement développée, localement modérément développée - "Tonguing" assez prononcé, environ 60 % de "silt", 5 à 15 % d'oxydation : "Mottling" et quelques taches grises d'appauvrissement et réduction - Quelques nodules et indurations Fe Mn et taches indurées sur les agrégats structuraux - Friable - Limite distincte et ondulée.

- B<sub>21</sub><sup>t</sup>g  
- 50/55  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques rares radicules - Structure polyédrique angulaire à subangulaire fine à très fine, assez bien développée, bien localement "Tonguing" plus diffus, environ 30 % de plages de "silt" - Oxydo-réduction marquée ; 20 à 25 % d'oxydation brun franc : 7,5 YR 5/6, 10 % de réduction gris pâle : 10 YR 7/2 - Présence de taches ferromanganiques indurées sur certaines faces structurales - Revêtements argileux assez nombreux, fins et assez continus, bruns : 7,5 YR 5/4 - Assez ferme - Limite graduelle et légèrement ondulée.
- B<sub>22</sub><sup>t</sup>g  
- 65/70  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques petites radicules - Structure polyédrique angulaire à subangulaire, fine à moyenne, assez bien développée à la partie supérieure de l'horizon, modérément à la partie inférieure où une structure lamellaire moyenne assez bien développée se différencie - Faces verticales grises argileuses terminant les langues de dégradation, de couleur 10 YR 7/1 - "Mottling" grossier à bandes oxydées et orientation verticale - Taches Fe Mn indurées sur certaines faces structurales - Revêtements argileux fins et assez continus sur les principales faces structurales, bruns : 7,5 YR 5/4 - Ferme - Limite distincte et légèrement ondulée.
- B<sub>3</sub>gx  
- 85/90  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/3 - Frais - Quelques radicules - Structure polyédrique subangulaire à angulaire fine à moyenne modérément développée à la partie supérieure ; prismatique moyenne à grossière modérément développée à sous-structure lamellaire grossière assez bien développée ) la partie inférieure - Oxydo-réduction marquée par 20 à 25 % de zones oxydées réparties essentiellement le long des faces verticales de structure, de couleur ocre rouge : 5 YR 5/8, et 30 à 35 % de zones réduites matérialisant les faces verticales de couleur gris pâle : 10 YR 7/1 - "Mottling" diffus et grossier, assez peu contrasté, dans la masse - Présence de quelques taches ferromanganiques légèrement indurées, principalement sur les faces horizontales - Assez nombreux revêtements argileux fins et discontinus sur les faces horizontales, épais et continus sur les faces verticales, de couleur brun rouge : 5 YR 5/4 à gris rosé : 7,5 YR 7/2 - Ferme - Limite distincte et ondulée.
- B/Cgx  
- 105/110  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Structure prismatique grossière faiblement développée à sous-structure lamellaire moyenne à grossière modérément développée - Taches importantes d'oxydo-réduction, environ 30 % de chaque, de couleur ocre brun à brun franc : 7,5 YR 6/8 à 5/8 pour l'oxydation, gris pâle : 10 YR 7/2 pour la réduction à orientation préférentielle verticale, et accompagnée de "Mottling" assez bien contrasté dans la masse. Nombreuses taches Fe Mn - Revêtements argileux grisâtres, modérément épais le long des faces verticales - Très ferme - Limite diffuse et assez régulière.
- C<sub>1</sub>g  
- 140  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Quelques grandes faces verticales et horizontales de dissociation - Oxydo-réduction analogue à l'horizon sus-jacent - "Mottling" fin et diffus - Très ferme - Limite diffuse et assez régulière.
- C<sub>2</sub>g  
+ 140  
Limon argileux - Brun jaune à brun franc : 10 YR 5/8 à 7,5 YR 5/8 - Assez frais - Structure à tendance continue - "Mottling" fin et assez bien contrasté, de couleur analogue aux horizons sus-jacents - Anciens conduits radiculaires colmatés par de l'argile partiellement réduite - Très ferme.

Prélèvements sélectifs.

- E<sub>1</sub> : langues de dégradation du Ag et Bg.  
E<sub>2</sub> : franges oxydées au niveau B<sub>3</sub>gx.  
E<sub>3</sub> : revêtements secondaires au niveau B<sub>3</sub>gx.  
E<sub>4</sub> : matrice des agrégats de la limite B<sub>22</sub><sup>t</sup>/B<sub>3</sub>g.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm		Argile		Limons		Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
				0-2 µ	2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ			0-0,2 µ	0,2-2 µ
A 9476	Ap	0 - 21/23		15.2	10.5	19.4	46.0	2.9	0.7	2.4		2.8	5.6	9.6
A 9477	A <sub>2</sub>	- 25/30		14.6	12.9	17.8	48.1	3.1	0.6	1.9		1.0	6.6	8.0
A 9478	AgetBg	- 35/40		29.1	13.3	15.8	36.0	3.0	0.9	1.4		0.5	15.0	14.1
A 9479	B <sub>21</sub> tg	- 50/55		30.2	13.9	15.5	37.0	2.2	0.5	0.7			15.8	14.4
A 9480	B <sub>22</sub> tg	- 65/70		31.8	10.6	16.3	38.8	1.7	0.4	0.4			18.0	13.8
A 9481	B <sub>3</sub> gx	- 85/90		30.1	8.9	15.5	42.7	1.9	0.3	0.6			16.0	14.1
A 9482	B/Cgx	- 105/110		29.4	12.3	16.3	38.9	1.9	0.5	0.7			14.2	15.2
A 9484	C <sub>1</sub> g	- 140		28.5	14.7	17.1	36.4	1.9	0.8	0.6			13.7	14.8
A 9485	C <sub>2</sub> g	- > 140		24.5	13.1	17.1	41.5	2.4	0.7	0.7			13.9	10.6
A9478'	E <sub>1</sub>	Dégradation		17.1	13.1	20.4	42.6	3.4	0.7	2.1		0.6	6.7	10.4
J 633	E <sub>2</sub>	Oxydation		26.2	13.1	16.4	40.5	2.3	0.8	0.7			9.3	16.9
J 632	E <sub>3</sub>	Revêtements		37.3	10.0	15.7	34.7	1.7	0.4	0.2			22.1	15.2
J 634	E <sub>4</sub>	Matrice		26.9	14.7	16.3	38.3	2.7	0.7	0.4			10.4	16.5

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure						Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %	
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.				3 H.
Ap				5.8	4.9	4.7	1.95	1.15	1.11	0.97	30.8	8.7	22.1
A <sub>2</sub>	1.45	2.55	43.1	7.8	2.7	3.4	2.01	1.09	1.06	1.01	27.6	7.7	19.9
AgetBg				12.4	2.8	3.7	1.92	1.21	1.19	1.17	30.1	14.0	16.1
B <sub>21</sub> tg				14.9	2.3	3.9	1.78	1.14	1.14	1.13	32.4	15.8	16.6
B <sub>22</sub> tg	1.63	2.58	36.8	7.1	2.7	4.9	2.10	0.74	0.71	0.68	32.1	15.5	16.6
B <sub>3</sub> gx				3.2	1.5	2.5	2.42	0.61	0.58	0.58	31.7	14.9	16.8
B/Cgx	1.78	2.61	31.7	5.3	1.2	2.6	2.37	0.63	0.57	0.56	29.4	13.7	15.7
C <sub>1</sub> g				7.0	1.7	2.5	2.21	0.70	0.67	0.63	27.6	12.0	15.6
C <sub>2</sub> g				6.9	1.8	3.8	2.11	0.72	0.68	0.66	27.0	12.3	14.7
E <sub>1</sub>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E <sub>2</sub>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E <sub>3</sub>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E <sub>4</sub>				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCL Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. még. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap	7.8	7.4	14.0	1.40	10.0	8.1	13.2	0.76	0.20	0.09	14.25	Sat	-	1.32	-	0.02	0.96
A <sub>2</sub>	7.6	6.9	5.0	0.75	6.7	6.8	7.1	0.64	0.18	0.09	8.01	"	(40)	1.63	2.74	0.02	1.04
AgetBg	7.5	7.0	2.5	-		13.4	12.9	1.02	0.31	0.11	14.34	"	(42)	2.89	3.05	0.02	1.91
B <sub>21</sub> tg	7.6	7.3				15.0	14.5	1.24	0.31	0.14	16.19	"	50	2.89	4.80	0.02	2.16
B <sub>22</sub> tg	7.8	7.2				15.7	15.6	1.64	0.33	0.14	17.71	"	49	2.75	4.55	0.04	1.77
B <sub>3</sub> gx	7.5	7.2				14.9	14.7	1.81	0.29	0.14	16.94	"	50	2.79	4.02	0.02	1.77
B/Cgx	7.4	7.0				14.5	13.6	1.92	0.26	0.12	15.90	"	49	2.49	3.72	0.04	1.69
C <sub>1</sub> g	6.3	5.5				14.4	11.8	2.85	0.21	0.12	14.98	"	51	2.89	3.85	0.14	1.61
C <sub>2</sub> g	6.2	5.5				12.0	9.8	2.65	0.17	0.11	12.73	"	49	2.37	3.41	0.10	1.49
E <sub>1</sub>	7.1	6.7				7.0	7.1	0.57	0.14	0.07	7.88	Sat	(38)	0.92	2.05	0.02	1.15
E <sub>2</sub>	-	-				-	-	-	-	-	-	-	-	3.06	4.77	-	1.48
E <sub>3</sub>	-	-				-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	3.07	-	1.95
E <sub>4</sub>	-	-				-	-	-	-	-	-	-	-	2.57	4.16	-	1.40



L'aspect morphologique le plus marquant de ce type de sol est la présence d'une part d'un horizon de transition Ag & Bg peu épais sous un A<sub>2</sub> très net, d'autre part celle d'un horizon argillique très compact sous-jacent. Le premier représente la dégradation de l'horizon argillique, le second est responsable de la nappe temporaire très superficielle créant des conditions d'hydromorphie pendant une partie importante de l'année.

De nombreuses plages de "silt", limon fin, sont présentes sur les agrégats du A & B et du B<sub>21t</sub>, associés à des poches de matériau appauvri, ces dernières paraissant cependant atténuées par rapport aux derniers profils analysés.

Le matériau limoneux dans lequel le sol s'est développé est, ici également, remarquablement dominé par les fractions limoneuses, avec une répartition équilibrée entre limon grossier et limon fin : rapport compris entre 1,4 et 1,7 sur l'ensemble du sol. La teneur en sable est très peu importante, inférieure à 4 %.

L'indice d'entraînement de l'argile totale est de 2,2, celui de l'argile fine est de 3,2. Nous noterons que des constituants plus grossiers se sont également déplacés de manière très sensible.

La stabilité structurale est faible en surface ainsi qu'au niveau de l'horizon compact où le test de percolation K présente par ailleurs des valeurs très faibles.

Relativement peu de différences sont enregistrées pour la C. E. C. rapportées à l'argile. Compte tenu d'une correction pour la teneur en matière organique, elle est d'environ 40 méq. dans les horizons A<sub>2</sub> et A & Bg, tandis qu'elle présente une valeur moyenne de 50 méq. pour le reste du profil. Notons que dans l'échantillon particulier prélevé dans les plages dégradées elle est de 38 méq.

Ce sol ayant subi très certainement de nombreux amendements et fumures, le pH est relativement élevé et le complexe saturé. Aucune interprétation ne paraît donc possible sur ces données.

Les résultats concernant le fer libre sont les suivants :

- indice d'entraînement de 2,2, c'est-à-dire le même que celui de l'argile,
- rapport fer libre / fer HCl de 80 pour les trois échantillons où ce dernier a été dosé.

En ce qui concerne l'aluminium échangeable les valeurs très faibles sont naturellement à mettre en relation avec la saturation importante du complexe par l'ion Ca. L'alumine libre est plus intéressante à interpréter ; en effet, la répartition offre une variation très nette, avec un minimum en surface et un maximum très net au niveau du B<sub>21tg</sub>, le rapport étant de 2,25.

#### Echantillons particuliers.

Nous présentons tout d'abord ci-dessous en un tableau quelques rapports granulométriques typiques d'échantillons sélectionnés en comparaison avec des horizons caractéristiques : rapports limon grossier / limon fin et argile fine / argile grossière.

	<u>LG/LF</u>	<u>AF/AG</u>
A <sub>2</sub>	1.58	0.82
Dégradation	1.27	0.64
B <sub>2</sub> t	1.44	1.30
Revêtements	1.35	1.45
B <sub>3</sub>	1.75	1.17

Son examen nous permet quelques interprétations concernant les déplacements d'éléments constitutants dans le profil.

- LG/LF.

La comparaison Dégr./A<sub>2</sub> permet de constater une diminution du rapport qui paraît indiquer une perte en limon grossier dans les plages dégradées. De même en ce qui concerne la comparaison entre Dégradation et B<sub>2</sub>t. Une remarque analogue peut être faite lorsqu'on compare le rapport des revêtements à celui du B<sub>3</sub>, niveau de prélèvement.

- AF/AG.

La comparaison de ces rapports montre :

- d'une part par l'élimination préférentielle de l'argile fine des plages dégradées par rapport au A<sub>2</sub>, malgré une teneur en argile totale un peu plus élevée.

- l'accumulation au niveau du B<sub>2</sub>t de cette fraction argileuse, par l'intermédiaire des revêtements.

Sur le plan des données chimiques les différences sont particulièrement nettes.

Les teneurs en fer libre sont très peu importantes dans les revêtements qui paraissent donc très déferrifiés, ainsi qu'également dans la dégradation où elle est moindre que dans le A<sub>2</sub> ; teneur importante par contre dans la frange d'oxydation. Le rapport fer libre / fer HCl présente également une variation très particulière : 45 dans la dégradation, 64 dans la frange oxydée, 62 dans la matrice et 15 dans les revêtements.

L'alumine libre est fortement représentée dans les revêtements 1,95 %.

Nous interpréterons de manière plus approfondie l'ensemble de ces résultats dans le chapitre suivant.

## MICROMORPHOLOGIE

Beaucoup de caractères sont très analogues à ceux que nous avons décrits pour les sols typiquement glossiques que nous venons d'analyser dans les pages précédentes.

Certaines différences apparaissent cependant dans l'horizon caractéristique A<sub>2</sub> et dans l'horizon argillique.

Le *squelette* est assez homogène dans le A<sub>2</sub> mais devient plus hétérogène au contact de l'horizon Bt où il se répartit dans des *tubules* issus de remplissages progressifs par accumulation.

Le *plasma* est très hétérogène, caractérisé dans l'horizon appauvri par de nombreux globules bien différenciés et délimités. On observe une anastomose entre les plages dégradées, particulièrement près de la limite inférieure de l'horizon A & B ; une grande partie du plasma en a été éliminée et très peu de reliques du Bt y sont encore observables.

Les *séparations plasmiques* sont peu nombreuses dans le A<sub>2</sub>, et essentiellement du type insepique et squelsepique. Dans l'important horizon argillique, ces séparations sont surtout squelsepiques, mesepiques et letti-sepiques très localement.

La distribution relative, ou *assemblage élémentaire*, est, dans l'horizon éluvié, à dominance granulaire, avec quelques plages du type intertextique, tandis que celui des horizons Bt est typiquement porphyrique. L'aspect de ces derniers est très dense, on y observe relativement peu de vides qui sont surtout constitués par des fentes jointives et déviées.

Les *concentrations plasmiques* sont nombreuses, on retrouve la majorité des traits pédologiques typiques des sols dégradés. En ce qui concerne les *argilanes*, il faut noter une importance plus grande des argilanes de diffusion, et la présence de fragments de *ferriargilanes* en plus grande quantité.

Les *glæbules* ont une répartition particulière. De nombreuses *concrétions* à organisation concentrique bien distincte, ainsi que des nodules à limites très nettes sont observables à la base du A<sub>2</sub>. De nombreux *nodules* et ségrégations ferriques sont présents dans l'horizon Bt, associés à des *iso* et *striotubules*.

Les caractères d'hydromorphie apparaissent donc comme plus accentués que dans les types de sols que nous venons d'examiner.

#### DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Deux échantillons d'argile totale caractérisent le profil, provenant des horizons A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub> ; tous deux ont subi un traitement au citrate de Na.

D'autre part, trois échantillons particuliers ont été prélevés et ont fait l'objet d'une séparation supplémentaire à 0,2 μ : zones dégradées du A & B, revêtements d'illuviation secondaire, matrice au même niveau, c'est-à-dire transition B<sub>2t</sub>/B<sub>3</sub>.

Les résultats en seront traités au prochain chapitre.

- A<sub>2</sub> Trois réflexions très nettes apparaissent sur le diagramme Mg : à 7,2, 10 et 14 Å.  
Le glycérol provoque un gonflement assez anarchique jusqu'à 18/20 Å, sans maximum bien net, mais avec traces à 14 Å.  
Le traitement au potassium amène une fermeture très incomplète vers 10 Å avec maintien sensible d'une partie à 14 Å.
- B<sub>2t</sub> L'échantillon Mg montre des réflexions très nettes à 7,2 et 14 Å, moins bien exprimées à 10 Å.  
La base du pic à 14 est plus étalée que dans l'horizon supérieur. Le traitement au glycérol amène un déplacement vers 17 Å et plus, assez étalé. Une légère trace à 14 Å est décelable.  
L'échantillon saturé K montre une fermeture très incomplète.

Les minéraux constitutifs de la fraction fine de ces deux horizons sont donc la kaolinite, l'illite, des minéraux 2/1 gonflants, en association avec du quartz.

Un minéral à 14 Å non gonflant est présent de manière assez nette dans le A<sub>2</sub>, à l'état de traces dans le B<sub>2t</sub>. Ce minéral ne semble donc pas



être hérité mais lié à l'évolution du sol, il s'agirait d'un intergrade du type vermiculite Al.

## DISCUSSION - CONCLUSIONS

Deux points particuliers distinguent immédiatement ce sol des sols glossiques que nous venons de voir : aspect morphologique et données minéralogiques.

Du point de vue morphologique tout d'abord, les caractéristiques "glossiques" paraissent s'estomper, les parties dégradées se présentant plus sous la forme de poches anastomosées que sous celles de langues typiques, provoquant l'apparition d'une transition plus abrupte entre horizon appéuvri et horizon d'accumulation.

D'autre part, la compacité ne paraît plus exclusivement caractéristique de l'horizon B<sub>3</sub>g<sub>x</sub>, mais affecte l'ensemble des horizons Bt.

L'hydromorphie se marque très haut dans le solum, tandis que les traces de déplacements colloïdaux en conditions réductrices sont nombreuses : illuviation de produits très appauvris en fer.

Nous avons d'autre part affaire ici à un profil où apparaît une modification très nette dans la composition des minéraux argileux suite à une évolution pédologique. Des minéraux du type vermiculite alumineuse se présentent en effet dans l'ensemble du solum, avec plus ou moins d'intensité il est vrai. Dans l'horizon A<sub>2</sub> et les zones dégradées il s'agirait pratiquement d'une chlorite secondaire. Le fractionnement de l'argile nous permettra de constater que ce type de minéral appartient presque exclusivement à la fraction argileuse grossière (cf. chapitre 4.4.).

La saturation par voie anthropique ne nous permet malheureusement pas une interprétation suffisante de la dynamique de l'aluminium.

Les propriétés que nous venons d'évoquer, particulièrement en ce qui concerne la morphologie du profil font penser à une évolution du type planosol, dont l'origine pourrait être des conditions d'hydromorphie de plus en plus défavorables.

Dans le système français de classification ce sol constitue un "sol lessivé à pseudogley", dégradé, que nous considérerons comme à tendance podzolique.

La 7<sup>e</sup> approximation le classerait probablement comme "Aéric Fragiaqualf" ou comme "Albaquic Fraglossudalf", peut-être intergrade vers les "Albaqualf".

Dans la légende de la carte des sols de la F. A. O. ce sol entrerait soit dans les "Gleyic Podzoluvisols", soit dans les "Albic Luvisols".

CHÂTEAU - THIERRY 22

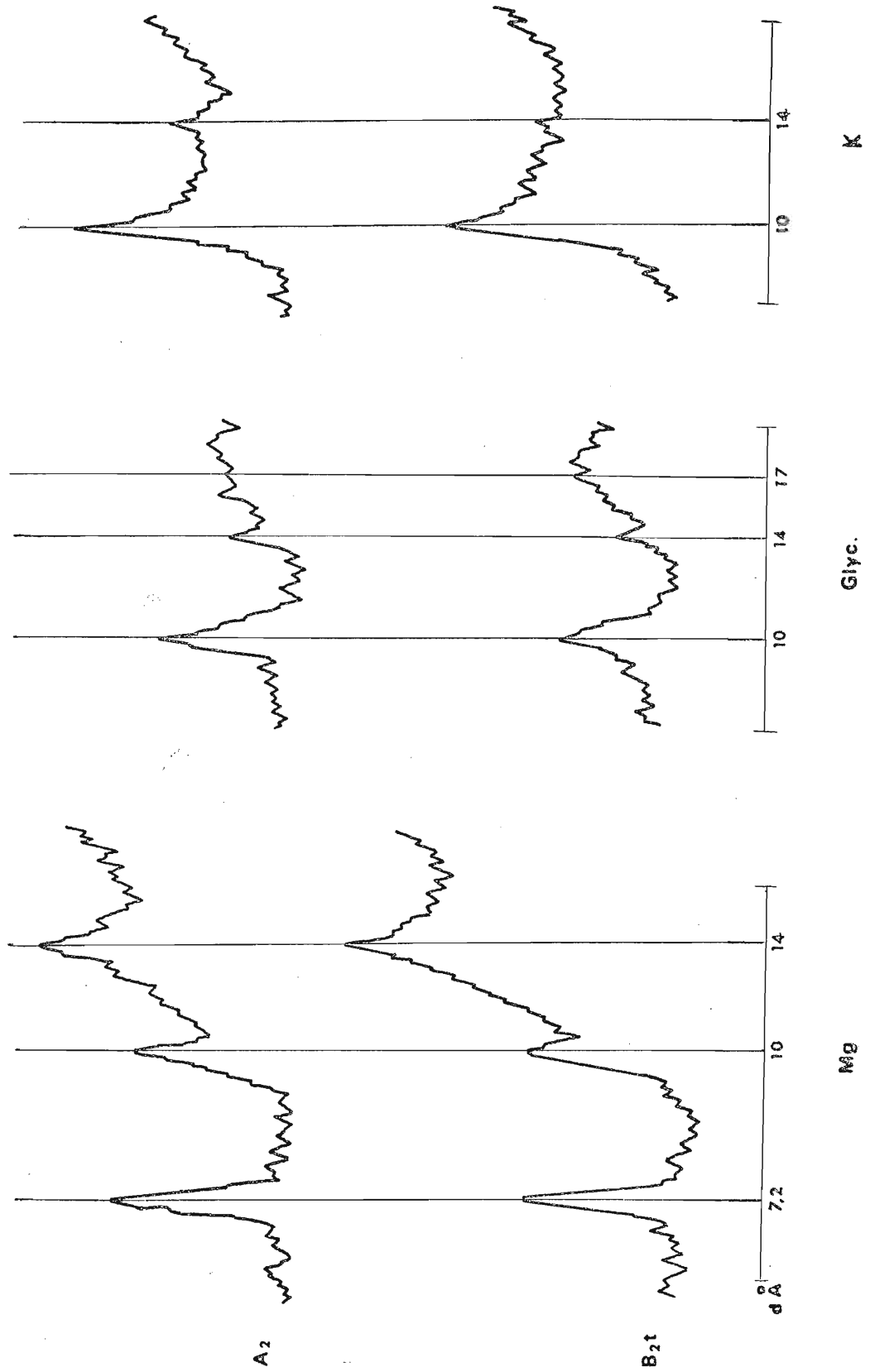


Fig. 69



#### 4.33. SOLS POLYGENIQUES.

Les nombreux sols développés dans des matériaux moins homogènes, dans des superpositions de dépôts, ou présentant des caractères d'évolution complexe sont représentés par trois profils assez caractéristiques : *Hirson 16* pour la Thiérache, *Hirson 55* pour la partie ardennaise et *la Fère 6* pour le Soissonnais.

#### - PROFIL HIRSON 16 -

Nous avons vu que la Thiérache et d'une manière plus générale, la partie nord-est de la région étudiée présentait fréquemment la superposition de deux matériaux successifs, la couverture la plus récente étant relativement peu épaisse.

Le profil Hirson 16 est représentatif de cette unité, et le niveau de contact entre les deux dépôts montre des caractères particuliers. Il s'agit d'un sol de prairie qui présente des taches d'oxydo-réduction dans le chevelu radicellaire.

#### DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Carte Hirson 5-6 - H 5 V - La Bouteille.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	12/12/62 - Temps couvert et pluvieux.
<u>Végétation</u>	Prairie permanente.
<u>Position géomorphologique</u>	Paysage faiblement ondulé - Légère pente ouest-sud-ouest.
<u>Altitude</u>	211 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement limoneux quaternaire, constitué de deux apports successifs.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : moyen Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Importantes jusqu'au B <sub>21</sub> , diminuent fortement ensuite. Assez nombreux grumeaux coprogènes dans le A <sub>11</sub> et le A <sub>12</sub> .
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé à pseudogley. Fragiudalf aquique.
A <sub>11</sub> 0 - 10 cm.	Limon argileux - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Très frais - Teneur en matière organique importante - Colonisation radiculaire importante - Quelques petits cailloux épais - Structure polyédrique subangulaire très fine, moyennement développée à grumeleuse fine moyennement développée - Friable - Limite graduelle et régulière.

- A<sub>12</sub>  
- 20  
Limon argileux - Brun à brun clair : 10 YR 4/3 - Très frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation radiculaire moyenne - Structure polyédrique subangulaire fine moyennement développée - Quelques taches de rouille disséminées - Friable - Limite graduelle et ondulée.
- A<sub>3</sub>  
- 35  
Limon argileux - Brun jaune foncé : 10 YR 4/4 - Frais - Quelques infiltrations de matière organique - Radicelles assez abondantes - Structure polyédrique subangulaire fine moyennement développée - Quelques taches d'oxydo-réduction - Friable - Limite graduelle et ondulée.
- B<sub>11</sub>  
- 45/50  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Ox. brun franc : 7,5 YR 5/6 - Réd. gris brun pâle : 10 YR 6/2 - Frais - Traces de matière organique - Présence de radicelles - Structure polyédrique angulaire fine moyennement développée - Mottling légèrement plus marqué - Présence de quelques revêtements argileux - Friable à ferme - Limite graduelle et ondulée.
- B<sub>12g</sub>  
- 70  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Ox. : 7,5 YR 5/6 - Réd. brun clair : 10 YR 5/3 - Frais - Quelques radicelles - Structure polyédrique angulaire moyenne, moyennement développée - Mottling net (Ox. 10-15 %, Réd. : 5 %) - Quelques revêtements argileux fins et discontinus - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- II B<sub>21</sub>tg  
- 110  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Ox. et Réd. id. B<sub>12g</sub> ; revêtements brun rouge : 5 YR 4/3 - Assez frais - Quelques rares radicelles - Structure polyédrique angulaire moyenne assez bien développée - Mottling marqué (Ox. : 10-15 % Réd. : 10 %) - Revêtements argileux assez épais mais discontinus, localement très épais sur certaines faces verticales - Très ferme - Limite graduelle et régulière.
- II B<sub>22</sub>tgx  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Ox. et Réd. : id. horizons sus-jacents - "Coatings" : 5 YR 4/3 - Assez frais - Structure lamellaire fine à moyenne assez bien développée, reprise dans une structure polyédrique grossière, moyennement développée - Mottling léger dans la matrice, net le long des faces verticales - Revêtements épais et continus sur les faces verticales, discontinus et beaucoup plus fins sur les faces horizontales - Très ferme à compact - Limite diffuse et ondulée.
- II B<sub>3</sub>gx  
- 160  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais - Structure lamellaire fine moyennement développée - Quelques taches de rouille - Quelques "coatings" épais, discontinus - Très ferme - Limite diffuse et régulière.
- II Cgx  
+ 160  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais - Structure lamellaire fine faiblement développée à granulaire - Friable mais assez compact.

Prélèvements sélectifs.

E : revêtements épais au niveau II B<sub>22</sub>tgx/II B<sub>3</sub>gx.

Comme pour tout sol sous pâture, le A<sub>1</sub> est épais et présente des phénomènes très localisés d'hydromorphie : le "gley de prairie".

L'horizon II B<sub>2</sub>t comporte des revêtements paraissant assez anciens, d'autres visiblement liés à une évolution actuelle. Des revêtements épais et brun-rougeâtre sont très caractéristiques de la base du solum.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Stabilité de structure									Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile			
			Argile			Limons			Sables fins					S. G.	0-0,2 μ	0,2-2 μ	
			0-2 μ	2-10 μ	10-20 μ	20-50 μ	50-100 μ	100-200 μ	200-2000 μ								
A 552	A <sub>11</sub>	0 - 10	20.8	9.8	14.7	41.9	4.5	1.3	1.1			5.5	10.3	10.5			
A 553	A <sub>12</sub>	- 20	21.6	10.6	14.6	47.5	3.7	0.9	0.7			1.4	11.8	9.8			
A 554	A <sub>3</sub>	- 35	27.9	8.2	14.7	44.8	3.1	0.5	0.8			ε	14.2	13.7			
A 555	B <sub>11</sub>	-45/50	27.3	9.1	16.5	43.7	2.5	0.3	0.6				14.5	12.8			
A 556	B <sub>12g</sub>	- 70	26.4	9.9	17.3	42.7	2.9	0.3	0.5				12.7	13.7			
A 557	IIB <sub>21tg</sub>	- 110	28.9	11.5	15.7	40.6	2.6	0.3	0.4				12.7	13.7			
A 558	IIB <sub>22tgx</sub>	- 130	28.9	12.4	16.5	39.4	2.4	0.2	0.2				15.0	13.9			
A 559	IIB <sub>3gx</sub>	- 160	23.8	10.6	16.4	44.0	2.8	0.3	2.1				7.7	16.1			
A 560	IICgx	- +160	23.8	10.7	16.4	42.9	2.7	0.4	3.1				7.2	16.6			
A 557'	E	Revêtements	57.0	8.7	6.9	25.6	1.3	0.3	0.2				41.0	16.0			

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %			
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K								
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.						
A <sub>11</sub>	1.28	2.56	50.0	38.4	27.6	26.2	0.82	1.83	1.26	1.74	39.7	15.6	24.1	51.6	33.7	17.9
A <sub>12</sub>	-	-	-	24.6	3.4	7.6	1.60	1.20	1.17	1.17	31.7	10.0	21.7	37.6	23.9	13.7
A <sub>3</sub>	1.46	2.60	43.8	20.8	2.0	4.4	1.80	1.20	1.16	1.16	32.9	12.6	20.3	40.2	22.6	17.6
B <sub>11</sub>	-	-	-	10.6	1.6	4.6	1.94	0.91	0.87	0.87	30.6	10.8	19.8	36.5	21.2	15.3
B <sub>12g</sub>	-	-	-	5.2	2.0	2.4	2.33	0.82	0.77	0.77	30.7	10.3	20.4	35.8	22.0	13.8
IIB <sub>21tg</sub>	1.75	2.63	33.5	2.4	0.6	1.2	2.76	0.25	0.25	0.25	26.0	10.7	15.3	30.1	20.8	9.3
IIB <sub>22tgx</sub>	1.75	2.63	33.5	4.6	0.6	1.4	2.52	0.55	0.50	0.50	27.1	9.5	17.6	29.6	20.7	8.9
IIB <sub>3gx</sub>	-	-	-	2.4	1.2	2.2	2.87	0.27	0.27	0.27	25.0	7.8	17.2	27.2	20.5	6.7
IICgx	1.62	2.63	38.4	8.0	1.80	5.0	2.22	0.60	0.60	0.60	30.8	9.3	21.5	32.1	20.9	11.2

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivaleants/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T x 100	T 100 g argile	Fer libre %	Fer HCl %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>11</sub>	5.8		27.3	2.7	10.1	13.3	9.1	1.33	0.89	0.14	11.46	86.4	-	1.65	3.32	0.03	
A <sub>12</sub>	6.3		7.1	0.76	9.3	10.1	10.9	0.79	0.50	0.12	12.31	Sat	47	1.95	3.25	0.02	
A <sub>3</sub>	6.7					12.3	13.3	0.68	0.37	0.14	14.49	"	44	2.44	4.04	0.11	
B <sub>11</sub>	6.9					11.9	13.2	0.70	0.53	0.14	14.57	"	44	2.43	3.86	0.11	
B <sub>12g</sub>	7.5					10.8	14.2	0.80	0.38	0.14	15.52	"	41	2.49	3.71	0.11	
IIB <sub>21tg</sub>	7.9					12.9	15.7	1.42	0.35	0.15	17.68	"	45	2.48	3.77	0.11	
IIB <sub>22tgx</sub>	7.7					11.9	13.7	0.94	0.35	0.13	15.12	"	41	2.46	3.88	0.16	
IIB <sub>3gx</sub>	7.2					8.3	9.7	0.83	0.26	0.10	10.89	"	35	2.49	3.11	0.12	
IICgx	7.4					8.7	9.5	0.95	0.34	0.10	10.89	"	37	2.23	3.31	0.14	



La couverture limoneuse est peu sableuse : moins de 5 % de sable, et comme fréquemment le sable grossier de profondeur est essentiellement constitué par des pisolithes ferrugineux. Le rapport limon grossier / limon fin du matériau I est voisin de 2, celui du dépôt enfoui voisin de 1,5.

La variation de la distribution des argiles dans ce profil est difficile à interpréter ; le dépôt de surface apparaît assez argileux dans l'ensemble, avec une teneur en argile grossière, comprise entre 0,2 et 2 µ assez élevée, ce qui est particulier.

L'indice d'entraînement théorique calculé entre le II B<sub>2</sub>t et le A<sub>11</sub> serait de 1,4 pour l'argile totale et 1,5 pour l'argile fine. Remarquons le rapport argile fine / argile grossière assez élevé dans les revêtements argileux prélevés : 2,56.

La densité apparente présente une valeur maximum au niveau de l'horizon de contact assez compact : 1,75, la porosité y étant la plus faible : 34 %. La stabilité de structure, bonne en surface du fait de la matière organique, diminue assez brutalement au contact I/II ; le test K étant particulièrement sensible.

Les teneurs en eau utile sont, comme toujours, assez élevées, avec un minimum dans ce même niveau plus dense.

L'horizon humifère, assez organique sous cette prairie permanente, a un rapport C/N de 10 mais est légèrement désaturé, avec un pH inférieur à 6 ; le reste du profil est à pH plus élevé et saturé.

La C. E. C. de l'argile ne présente pas de variation sensible, elle diminue cependant légèrement dans les horizons profonds.

Le fer libre est assez bien représenté sur toute la profondeur du sol, avec un rapport de 2,1 entre le B et le A<sub>11</sub>. Le rapport fer libre / fer HCl est compris d'une manière générale entre 60 et 70. On note enfin une faible teneur en aluminium échangeable sur tout le profil.

Les rapports des teneurs entre horizons Bt et A n'ont été données qu'à titre indicatif, compte tenu de la discontinuité lithologique.

## MICROMORPHOLOGIE

*Squelette* - Nature. Constitué de quartz et feldspaths essentiellement, quelques cristaux à relief fort probablement du zircon ou de l'épidote. On observe de la glauconie dans les horizons supérieurs, jusqu'au niveau du B<sub>2</sub>t.

Dimensions. Les composants du squelette sont de taille assez homogène sur l'ensemble du solum.

Distribution. La distribution de base se présente au hasard, excepté quelques grains repris dans les cutanes au niveau du B<sub>1</sub> ; celle par référence est sans relation.

Orientation. Le squelette présente dans son ensemble une orientation modérée.

*Plasma* - Répartition. La répartition est irrégulière au niveau de l'horizon A<sub>2</sub>, et est caractérisée par une densité très variable. Beaucoup plus homogène dans le B<sub>1</sub>, elle redevient hétérogène dans le B<sub>2</sub> et prend un aspect très hétérogène dans les deux horizons inférieurs.



Séparations. On observe des séparations sur squelette dans les zones les plus denses de l'horizon A<sub>2</sub>, ainsi que dans tous les horizons sous-jacents. Des séparations dans la masse apparaissent d'une manière très peu marquée dans le A<sub>2</sub>, plus nettement dans le B<sub>1</sub>, et d'une manière très accentuée dans les trois horizons inférieurs. Les assemblages plasmiques sont donc essentiellement du type squalsepique avec présence de masepique et vosepique dans les horizons supérieurs A<sub>2</sub> et B<sub>1</sub>, omnisepique et masepique dans les trois horizons inférieurs, particulièrement le B<sub>2t</sub> et le B<sub>3</sub>.

Nature. Essentiellement argileux dans le A<sub>2</sub>, il est cependant argilo-ferrique là où des glaebules semblent être en formation. Dans le B<sub>1</sub> et le B<sub>2</sub> des zones argilo-ferriques caractérisent certains agrégats plasmiques. Dans le B<sub>2t</sub>, le plasma est essentiellement argilo-ferrique, dans le B<sub>3</sub> argilo-ferrique à argileux.

Distribution. La distribution de base est essentiellement organisée par groupes dans l'horizon A<sub>2</sub>, ensuite elle peut être considérée comme étant au hasard avec quelques regroupements en ségrégations dans les deux horizons inférieurs. Une distribution en bandes caractérise les horizons, où les assemblages plasmiques du type masepique sont représentés. La distribution *par référence* est du type principalement subcutanique dans les trois horizons de surface, associés à "unrelated" ; là où l'assemblage vosepique se présente, la distribution est localement cutanique. Dans le bas du profil, liée à la présence de matériaux plus anciens, apparaît une distribution *par référence* du type "unrelated".

Orientation. Le degré d'orientation, fort en surface, s'atténue quelque peu en profondeur, dans l'horizon B<sub>1</sub>. Dans les horizons B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub>, il est très fort. La *trame* est faiblement à fortement striée dans toutes les séparations sur squelette, elle est généralement fortement à modérément striée dans les séparations du type masepique des horizons profonds.

*Structure de base* - Le squelette est toujours dominant par rapport au plasma dans les trois horizons supérieurs. Dans les horizons B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub>, le plasma, caractérisant une zone d'accumulation préférentielle, peut être localement très largement dominant. L'assemblage élémentaire des composants, du type aggloméré dans les horizons A, est du type intertextique à porphyrique sur l'ensemble des autres horizons. La variation de cette structure de base entre les deux horizons de surface et les deux horizons profonds, par l'intermédiaire d'un horizon de transition, pourrait matérialiser la présence de deux matériaux superposés dans le solum.

*Vides* - Les cavités ortho, régulières et irrégulières des horizons supérieurs, accompagnées de cavités méta, font place à des cavités méta, à parois adoucies, régulières et incurvées, localement "mammillated", dans l'horizon B<sub>3</sub>. Quelques cavités ortho s'observent cependant dans le bas du profil. Des chenaux méta simples sont présents dans tout le solum, cependant que des "metajoint-planes" semblent caractériser le matériau le plus ancien.

*Caractéristiques pédologiques* -

*Concentrations plasmiques.*

Cutanes. Des cutanes de nature argileuse, fortement orientés et striés, tapissent les parois des vides, légèrement au niveau du A<sub>2</sub>, d'une manière discontinue dans le B<sub>1</sub> où ils sont cependant

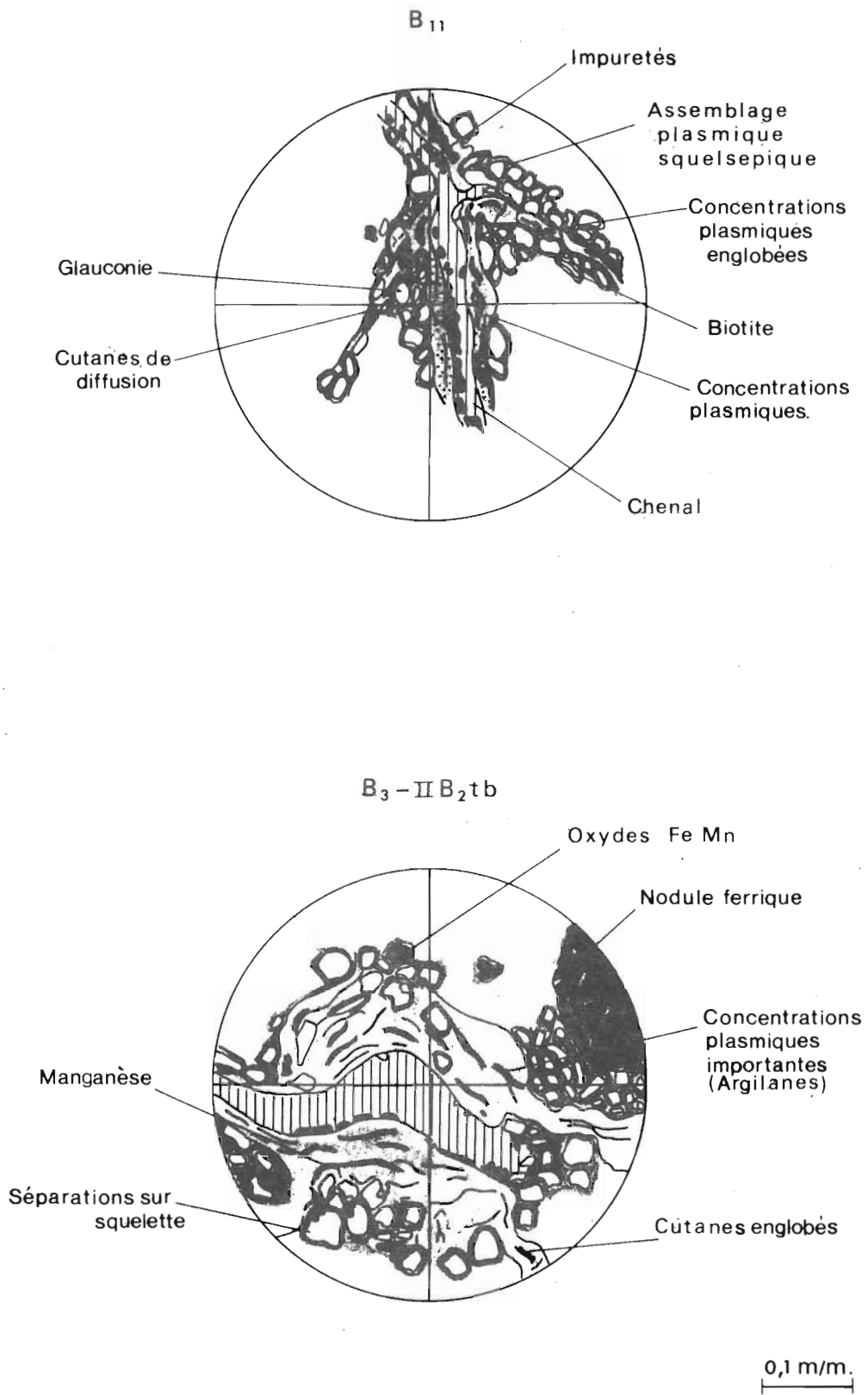


Fig. 70



Horizons →	A <sub>3</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>12g</sub>	B <sub>2</sub> tg (ll B <sub>2</sub> tb)	B <sub>3</sub> gx (ll B <sub>2</sub> tb)
Unités de description ↓					
<u>S. Matrix</u>					
<u>Squelette</u>	Quartz - Assez homogène	Feldspaths - Epidote - Assez homogène	Zircon - Glauconie - Biotite - Assez homogène	Quartz - Feldspaths Assez homogène	Zircon Assez homogène
<u>Plasma</u>	Argileux à argilo-ferrique - Traces de matière organique - Hétérogène plus dense localement	Argileux à argilo-ferrique - Assez hétérogène	Argileux à argilo-ferrique Hétérogène densité très variable	Argilo-ferrique à argileux, Très hétérogène très dense dans l'ensemble	Argilo-ferrique à argileux - Très hétérogène
Séparations plasmiques	Fines sur squelette dans zones denses	Sur squelette - Quelques unes dans la masse et le long des vides	Sur squelette, particulièrement dans zones denses, Quelques une importantes dans la masse	Sur squelette, et très importantes dans la masse	Sur squelette, et très importantes dans la masse, en bandes plus ou moins parallèles ou variables
<u>Assemblages plasmiques</u>	(ia)-Squelsepique	(vo)-ma-Squelsepique	ma-Squelsepique	(omni)-ma-Squelsepique	(omni)-ma-Squelsepique
<u>Structure de base</u>	SK >> Pl	SK >> Pl	SK > Pl	SK > Pl localement Pl >> SK	SK > Pl localement Pl > SK
<u>Assemblage élémentaire</u>	Aggloméré	Intertextique à porphyrique	Intertextique à porphyrique, aggloméré localement	Porphyrique	Porphyrique
<u>Vides</u>	Cavités ortho et méta, régulières et irrégulières Quelques chenaux simples	Cavités ortho et méta, régulières et irrégulières Quelques chenaux méta, simples	Cavités ortho et méta, régulières, irrégulières et incurvées. Quelques chenaux méta, simples	Cavités méta, régulières quelques ortho, Quelques chenaux simples, Rares fentes jointives	Cavités méta, régulières quelques une mammillonnées, Chenaux méta, simples, localement refermés. Quelques fentes jointives
<u>Caractéristiques</u>					
<u>pédologiques</u>					
<u>Orthic, Séparations</u>					
(voir plasma)					
<u>Concentrations</u>					
<u>Cutanes</u>	Quelques argilanes fins et discontinus dans pores, striés et fortement orientés	"Normal void" argilanes localement assez épais, discontinus, modérément orientés	Argilanes simples, peu épais et localisés - Ferriargilanes, "Normal void" cutans	Deux types de cutanes : - "Ped" et "normal void" argilanes, simples, très épais, fortement orientés, modérément striés; - "Normal void" ferriargilanes + mangans, simples, très fortement orientés et striés.	Deux types de cutanes : - "Ped" et "normal void" argilanes, simples, très - "Normal void" ferriargilanes, moins épais, Mangans, Orientation forte à très forte
<u>Glaebules</u>	Nodules argilo-ferriques à limites très diffuses	Nodules argilo-ferriques ellipsoïdaux à limites diffuses à nettes, Quelques cristallites	Nodules amygdaloïdes ou sphériques en formation. Limites peu nettes, Quelques cristallites	Nodules à limites assez nettes ; nodules en formations Quelques cristallites	Nodules ferriques très sombres, à limites assez nettes, Concrétions à limites assez nettes, Quelques cristallites,
<u>Pedotubules</u>		Quelques iso et striotubules à remplissage analogue à la S. Matrix.		Quelques pedotubules peu distincts	Plusieurs isotubules assez nets, à matrice analogue à la S. Matrix.
<u>Hérités, Pedorelicts</u>					Assez nombreux glaebules relictés, entourés de séparations plasmiques subcutaniques,
<u>Elementary fabric (Kubiena)</u>	Agglomeratic	Tendance porphyropectic	Intertextic à porphyropectic	Porphyropectic à porphyropectic	Porphyropectic à porphyropectic.



assez épais. Dans l'horizon de transition, ils sont peu épais et localisés, leur nature apparaissant localement comme beaucoup plus ferrugineuse (ferriargilanes) ; leur orientation y est forte, la trame y est très nettement striée. Dans les horizons inférieurs, on constate la présence de deux types de revêtements cutaniques différents :

- 1°) des revêtements argileux très épais qui constituent des "normal void cutans" et des "ped cutans" ;
- 2°) des revêtements argilo-ferrugineux, nettement striés, moins épais et constituant des "normal void cutans".

Beaucoup de cutanes semblent d'autre part avoir été enfermés par évolution successive dans les horizons anciens, et sont actuellement englobés dans la S-Matrix. Sur l'ensemble du solum apparaissent de plus des cutanes de diffusion, en connection avec les argilanes typiques.

Glaebules. Des nodules argilo-ferrugineux, localement enrichis en manganèse et de forme irrégulière, souvent assez allongée, à limites diffusées à assez nettes par endroits, s'observent dans les trois horizons supérieurs. Dans les horizons B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub>, on observe des nodules issus d'une ségrégation essentiellement ferrugineuse, à limites assez nettes. Le B<sub>3</sub> est caractérisé par la présence de certains nodules, possédant un noyau uniquement ferrugineux et de nature parfois très nettement cristallisée. Les limites en sont assez nettes.

Concrétions. Des concrétions sont observables, à limites nettes, et parfois entourées de séparations subcutaniques. Peut-être s'agit-il là de caractéristiques relictées ?

Cristallites. Quelques cristallites sont observables dans les trois horizons inférieurs.

Pedotubules. Quelques isotubules ont été observés dans le B<sub>1</sub>, ainsi que dans le B<sub>2t</sub>, ils sont plus nombreux dans le B<sub>3</sub>.

#### *Assemblages élémentaires selon Kubiena -*

L'assemblage à tendance "agglomeratic" dans les deux horizons de surface devient "porphyropeptic" à "intertextic" dans l'horizon de transition. Dans les horizons B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub> il est du type "porphyropeptic" à "porphyropeptic".

#### *Stade d'évolution -*

Nous avons affaire à un sol du type Braunerde avec présence de Braunlehm Teilplasma, particulièrement bien représenté dans le bas du profil (B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub>), ainsi que de Braunlehm cutans dus au lessivage.

*Conclusions* - Il semble que l'on soit ici typiquement en présence de deux limons d'âge et de degré d'évolution très différents. Les deux échantillons de surface constituant un recouvrement relativement récent, les deux échantillons du bas constituant un limon ancien et l'horizon intermédiaire représentant une transition. Les revêtements épais du B<sub>2t</sub> et du B<sub>3</sub> seraient dus à l'évolution ancienne, cependant qu'un développement subactuel se serait surimposé à l'ensemble.

## DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Deux échantillons d'argile 0-2  $\mu$  ont fait l'objet d'analyses aux rayons X, provenant des horizons A<sub>3</sub> et II B<sub>2</sub>tgx.

Nous commenterons très succinctement les résultats des échantillons Mg, glycérolés et saturés au K.

Les diffractogrammes Mg montrent trois réflexions à 7,2, 10 et 14 Å. Celles à 7,2 et 10 sont relativement nettes ; à 14 Å le pic est assez étalé.

Après traitement au glycérol on observe un gonflement des échantillons. Pour le A<sub>3</sub> une petite partie est maintenue vers 14 Å, tandis qu'une autre s'est déplacée à 17 et plus. Le II B<sub>2</sub>t montre une réflexion large avec maximum à 17 Å.

Le traitement au potassium provoque une fermeture partielle des deux échantillons, celle du A<sub>3</sub> paraissant légèrement plus incomplète que celle du II B<sub>2</sub>t.

Les deux échantillons comportent donc de la kaolinite, de l'illite, ainsi que des minéraux gonflants. De plus, des traces de vermiculite pourraient être présentes dans l'horizon supérieur.

## DISCUSSION - CONCLUSIONS

Ce sol présente donc plusieurs particularités.

Il s'agit tout d'abord d'un profil complexe dans lequel l'évolution actuelle surimpose ses caractères pédogénétiques à des phénomènes d'évolution plus ancienne, et ce essentiellement à la partie supérieure du dépôt enfoui.

Le matériau de couverture est assez lourd et pourrait avoir été repris à partir de sédiments déjà évolués antérieurement.

L'illuviation caractérise actuellement l'évolution de ce sol, avec déplacements au sein d'un matériau argileux.

L'horizon II B<sub>2</sub>t est le plus complexe, caractères d'évolution typiques de pédogenèse ancienne et actuelle y voisinant. La partie inférieure de cet horizon, ainsi que le B<sub>3</sub> constituent un niveau du type fragipan.

Peu de différences s'observent dans la minéralogie des argiles entre les deux horizons étudiés.

Nous sommes donc amenés à classer ce sol de la façon suivante :

- "Sol brun lessivé à pseudogley" - C. P. C. S.
- "Aquic / Typic Fragiudalf" - 7<sup>e</sup> approximation.
- "Gleyic orthic Luvisol" de la légende F. A. O.

HIRSON 16

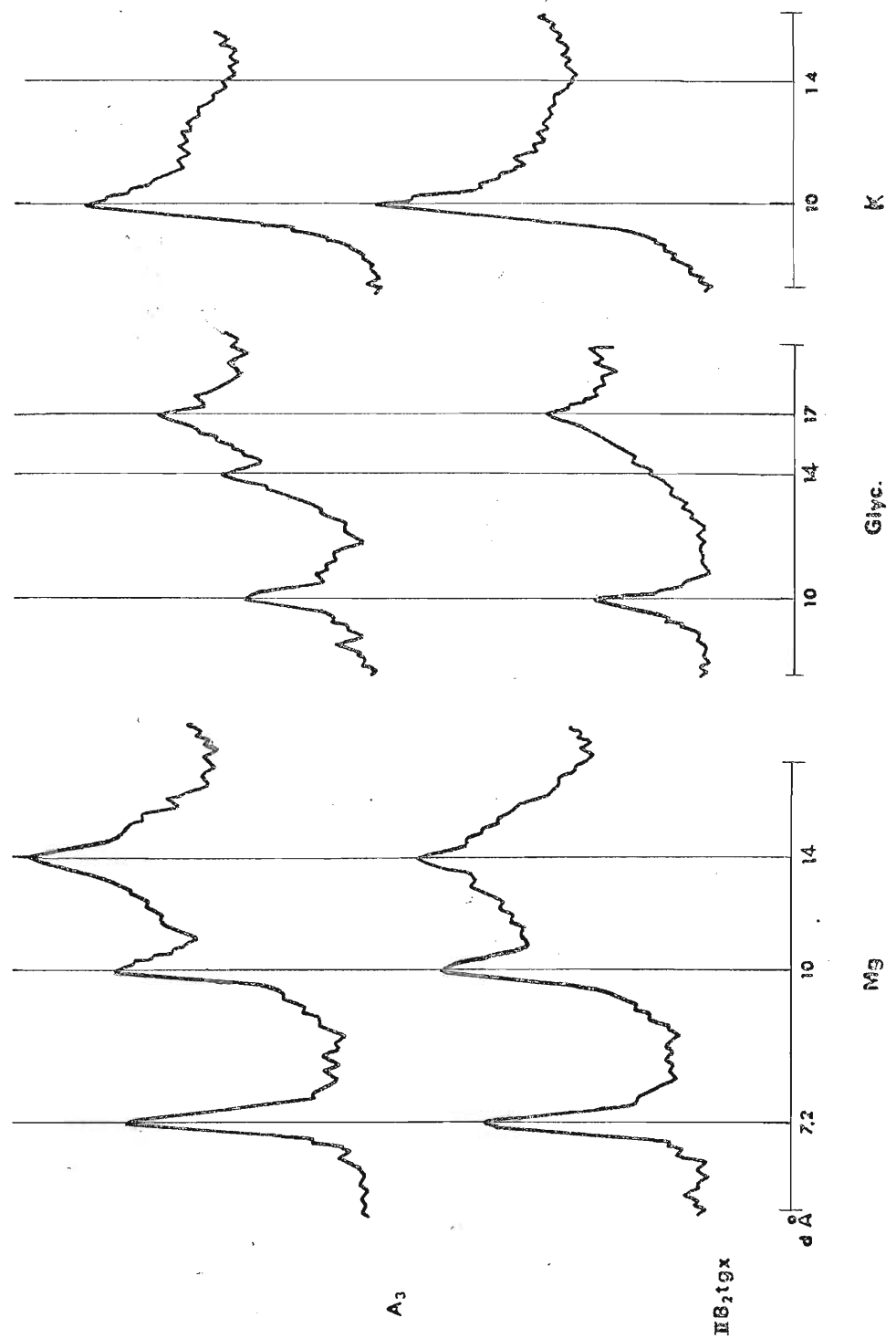


Fig. 71





- PROFIL HIRSON 55 -

Le socle ardennais possède, dans sa partie sud-ouest, comme nous l'avons vu plus haut, une couverture limoneuse parfois très épaisse mais de constitution assez hétérogène. Assez fortement altérée, située sous forêt et pratiquement toujours en milieu acide, elle résulte vraisemblablement d'une redistribution de limon assez ancien.

On note fréquemment en surface la présence d'un humus brut, tandis que l'hydromorphie y est importante.

DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	Forêt de Saint-Michel - Maison forestière de Cendron - 9e série - Coupe 24.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	8/6/64 - Temps couvert - Pluies orageuses la veille.
<u>Végétation</u>	Taillis sous Fûtaie - <u>Strate arborescente</u> : Quelques pedunculata - Fraxinus excelsior - Fagus sylvatica - Alnus glutinosa - Betula verrucosa. <u>Strate arbustive</u> : Quercus pedunculata - Quercus sessilis - Carpinus betulus - Fraxinus excelsior - Betula verrucosa - Betula pubescens - Fagus sylvatica - Coryllus avellana. <u>Strate herbacée</u> : Anémone xemorosa - Luzula albida - Lonicera periclymenum - Eryngium nutans - Teucrium scorodonia - Dryopteris spinulosa - Deschampsia flexuosa - Deschampsia coespitosa - Athyrium filix femina - Miliium effusum - Rubus sp.
<u>Position géomorphologique</u>	Bordure de dôme faiblement marqué.
<u>Altitude</u>	291 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement limoneux épais reposant sur les schistes et quartzites de Revin (Xd).
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent. Drainage interne : faible.
<u>Activités biologiques</u>	Moyennes en surface, peu importantes dès le B <sub>11</sub> .
<u>Classification</u>	Sol lessivé acide à pseudogley Glossaqualf aérique.
O <sub>1</sub> 1,5 - 0 cm.	Couche L : assez importante.
O <sub>2</sub>	Couche F : peu importante, localisée par plages.
A <sub>11</sub> 0 - 15 cm	Limon moyen - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Frais - Teneur importante en matière organique - Activités racinaire importante, nombreuses petites racines - Structure grumeleuse fine moyennement développée - Friable - Limite distincte et ondulée.
A <sub>12</sub> - 24	Limon moyen - Brun à brun clair : 10 YR 4/3 - Frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation radicellaire plus faible, quelques grosses racines - Présence de quelques petites taches rouille, 2/3 % de recouvrement de couleur ocre rouge : 5 YR 4/6 - Structure grumeleuse à granulaire fine à moyenne, moyennement développée - Friable - Limite distincte et irrégulière.

A <sub>2</sub> <sup>g</sup> - 46/50	Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Faible teneur en matière organique - Faible pénétration radicellaire et quelques grosses racines - Taches d'oxydo-réduction marquées, 10 % de recouvrement pour l'oxydation de couleur brun jaune : 10 YR 5/8, 10 à 15 % pour la réduction de couleur gris pâle : 10 YR 7/1 - Structure granulaire fine à moyenne faiblement développée - Friable - Limite distincte et ondulée, irrégulière localement, en forme de "tonguing".
B <sub>21</sub> <sup>tg</sup> - 72/75	Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Quelques traces d'infiltration de matière organique - Présence de poches verticales dégradées, en formes de langues - Quelques petites racines - Oxydo-réduction fortement marquée, 10 à 15 % de recouvrement pour l'oxydation, ocre rouge : 5 YR 4/6, 10 % pour la réduction, gris pâle : 10 YR 7/1 - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne, moyennement développée - Présence de revêtements argileux fins et discontinus sur les faces structurales - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.
B <sub>22</sub> <sup>tg</sup> - 98	Limon argileux - Matrice brun jaune clair : 10 YR 5/8 - Assez frais - Quelques petites racines - Phénomènes d'oxydo-réduction bien contrastés - 10 % de recouvrement pour l'oxydation et 5 à 10 % de recouvrement pour la réduction, de couleur analogue à celle de l'horizon sus-jacent - Structure polyédrique subangulaire moyenne, assez bien développée - Revêtements argileux orientés fins et discontinus sur les faces des agrégats structuraux - Ferme - Limite diffuse et ondulée.
B <sub>31</sub> <sup>g</sup> - 117	Limon moyen - Matrice brun jaune clair : 10 YR 5/8 - Réduction : beige foncé : 10 YR 6/3 - Assez frais - Quelques rares radicelles plaquées sur les faces structurales - Oxydo-réduction nettement marquée, à contraste moyen, 10 à 15 % de recouvrement pour l'oxydation : 5 YR 4/6 et 5 à 10 % de recouvrement pour la réduction, de couleur gris brun pâle : 10 YR 6/2 - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière assez bien développée - Présence de revêtements argileux orientés sur les faces de certains agrégats structuraux. Ferme - Limite distincte et ondulée.
B <sub>32</sub> <sup>g</sup> - 135	Limon moyen - Matrice brun jaune clair : 10 YR 5/8 - Frais - Quelques radicelles localement - Phénomènes d'oxydo-réduction identiques à ceux de l'horizon sus-jacent - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière, moyennement développée - Présence de quelques revêtements argileux - Ferme - Limite distincte et régulière.
C <sub>1</sub> <sup>g</sup> - 160	Limon moyen - Matrice brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Oxydo-réduction moins contrastée, 10 % pour l'oxydation, 5 % pour la réduction - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière moyennement développée, tendance lamellaire localement - Ferme - Limite graduelle et régulière.
II C <sub>2</sub> <sup>g</sup> - 180	Limon argileux - Brun jaune clair : 10 YR 5/8 - Frais - Oxydo-réduction analogue, "Mottling" peu contrasté - Structure à tendance prismatique à sous-structure lamellaire - Ferme - Limite graduelle et régulière.
II C <sub>3</sub> <sup>g</sup> - 220	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - 5/8 - Frais - "Mottling" peu contrasté - Structure assez massive, à faces verticales de dissociation - Ferme.

L'horizon appauvri est assez profond, et surmonte un horizon Bt où des traces particulières de dégradation sont observables. Aucun aspect de fragipan n'a d'autre part été décelé. On notera la répartition assez diffuse des revêtements argileux au niveau de l'horizon d'accumulation d'argile. Le solum repose sur un autre limon plus ancien en profondeur.





Très peu de sables sont contenus dans cette couverture, où le rapport limon grossier / limon fin varie de 1,3 à 1,8 dans le niveau I et se stabilise à 1,3 en profondeur dans le II.

L'indice d'entraînement de l'argile totale est de 1,4, celui de l'argile fine de 1,9. Il faut remarquer que cette dernière ne semble pas se déplacer de manière importante au delà du B<sub>3</sub>.

La densité apparente varie entre 1,5 et 1,6 dans le solum, elle marque un maximum à la zone de contact entre les deux dépôts : 1,7. Une variation analogue est naturellement enregistrée pour la densité apparente : 35 à 40 dans le solum, 33 au contact.

La structure présente une très grande stabilité jusqu'à 70 cm et devient assez brutalement très faible dès le B<sub>3</sub>, sous la zone où la matière organique agit ; on note en profondeur des valeurs de l'indice K particulièrement faibles. Les teneurs en eau utile sont naturellement très élevées.

Le milieu est particulièrement acide, le plus que nous ayons pu observer au cours de cette étude : pH de 3,7 en surface et inférieur à 5 jusqu'au matériau II. Le rapport C/N est très élevé : 18,6, pour une teneur en matière organique importante, de 10 % dans le A<sub>11</sub>.

La capacité d'échange rapportée à l'argile varie de 20 méq. dans le A<sub>2</sub> à 45/50 méq. en profondeur. Le degré de saturation du complexe est très faible en surface : 14 à 20 %, puis augmente progressivement vers le bas jusqu'à plus de 70 % dans l'horizon C.

Quant au fer libre, on note un indice d'entraînement théorique assez différent de celui de l'argile : 1,9, ce qui pourrait être dû à l'influence importante des conditions d'hydromorphie du sol. Le rapport fer libre / fer HCl est ici particulièrement élevé : près de 80 en surface, supérieur à 90 dans le B<sub>22t</sub> et le B<sub>3</sub>, proche ou supérieur à 70 ensuite. Nous verrons plus loin les possibilités d'interprétation de ces valeurs.

En relation avec l'acidité, les teneurs en Al échangeable sont très élevées, avec un maximum de 8 méq. dans le Bt. La saturation du complexe en Al est de 82 % dans le A<sub>2</sub> ; 92 dans le B<sub>21t</sub>, 74 dans le B<sub>22t</sub> et 41 dans le B<sub>31</sub>. L'alumine libre est présente de manière importante dans les horizons A et B<sub>2t</sub> : 3,5 à 4 %. On ne décèle pas de "profil" de répartition très net, le rapport des teneurs B<sub>2t</sub>/A<sub>11</sub> est de 1,35.

## MICROMORPHOLOGIE

Squelette - Nature. Composé essentiellement de quartz, avec feldspathes ; présence de cristaux à relief fort, vraisemblablement de l'épidote. De petits fragments de biotite s'observent sur l'ensemble du solum. De la glauconie et de la hornblende verte s'observent également pratiquement dans tous les horizons.

Dimensions. On observe une variation de taille assez importante dans tout le profil.

Distribution. La distribution de base se présente au hasard, ("Random"), celle par référence est sans relations ("Unrelated").

Orientation. Le squelette présente une orientation généralement modérée.

**Plasma -** Répartition. Au niveau de l'horizon A<sub>12</sub> la répartition présente quelques ségrégations, le plasma étant cependant assez régulièrement dispersé. Dans l'horizon A<sub>2</sub>, la répartition est assez homogène. Les horizons B<sub>21t</sub>, B<sub>22t</sub> et B<sub>3</sub> présentent, particulièrement les deux premiers, une hétérogénéité importante, dans la répartition du plasma.

Séparations. Des séparations sur squelette sont présentes dans tout le profil. Au niveau des horizons B, une flocculation caractéristique regroupe les agrégats plasmiques, particulièrement dans le B<sub>21t</sub>. Dans le B<sub>22t</sub> certaines ségrégations tendent à former des glaebules, cependant que dans l'horizon B<sub>3</sub> les séparations s'accroissent dans la matrice. Les assemblages plasmiques sont donc essentiellement du type "squelsepique" pour tout le profil ; le type "mosepique", et également le type "vosepique" apparaissent dans les horizons A<sub>2</sub> et surtout B, le type "masepique" apparaissant dans le B<sub>3</sub>.

Nature. Essentiellement argileux, très clair dans les horizons A<sub>12</sub> et A<sub>2</sub>, la teinte caractéristique semble être due à des phénomènes de réduction. Dans l'horizon B le plasma est nettement argilo-ferrique, excepté dans certaines séparations sur squelette où il semble plus franchement argileux.

Distribution. La distribution de base est essentiellement au hasard ("Random") dans la partie supérieure, tandis qu'au niveau des B<sub>21t</sub> et B<sub>22t</sub> elle se localise en groupe ("Clustered"). La distribution par référence présente, pour une partie du plasma, un type sans relation ("Unrelated") sur tout le profil, tandis que la distribution subcutanique caractéristique de l'assemblage squelsepique est présente d'une manière uniforme ; une distribution cutanique peu marquée apparaît localement pour le type vosepique.

Orientation. Le degré d'orientation du plasma peut être considéré comme modéré sur l'ensemble du solum. La trame, faiblement striée au niveau du B<sub>3</sub>.

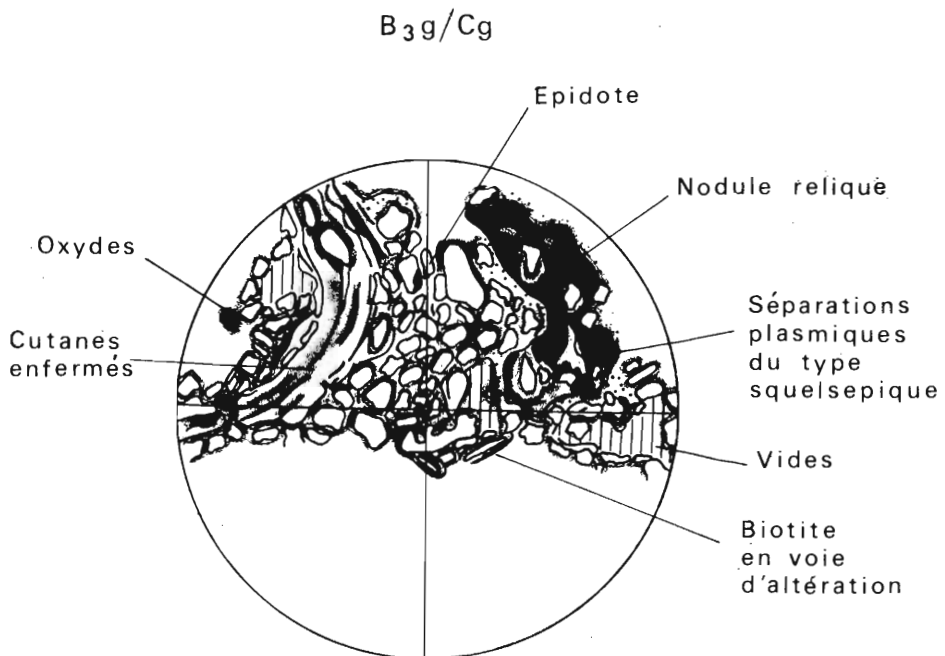
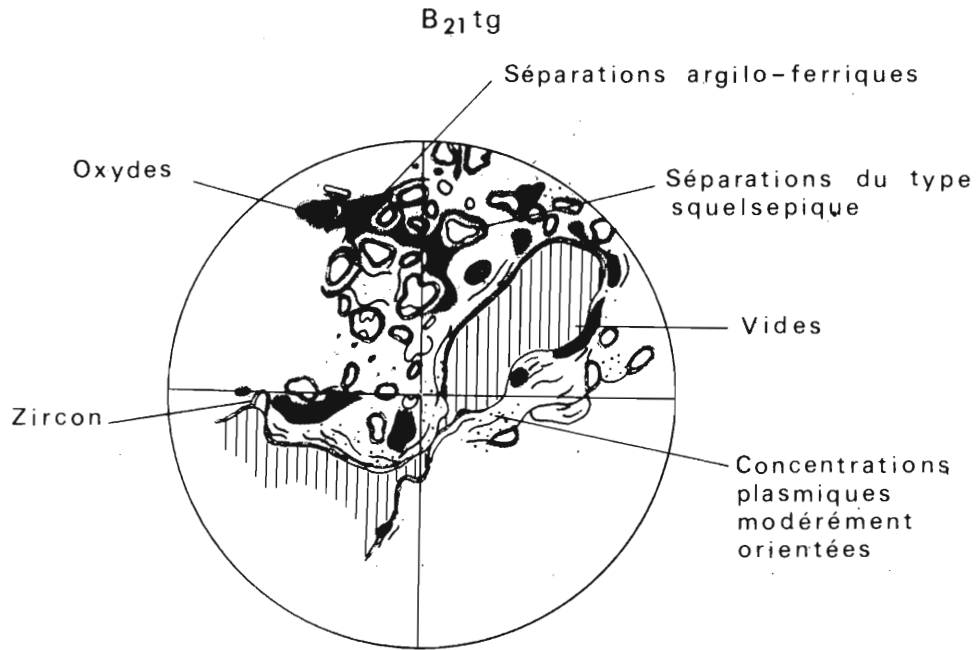
**Structure de base -** Le squelette est toujours dominant par rapport au plasma, particulièrement dans l'horizon A<sub>12</sub>. L'assemblage élémentaire des composants est difficilement déterminable dans les deux horizons supérieurs. Dans le B<sub>21t</sub> et le B<sub>22t</sub> on peut la considérer comme en transition entre le type porphyrique et intertextique, dans l'horizon B<sub>3</sub> comme intermédiaire entre aggloméré et intertextique.

**Vides -** Les cavités ortho irrégulières de surface deviennent plus régulières au niveau du A<sub>2</sub> ou, d'autre part, les porcs deviennent plus adoucis. Dans le B<sub>21t</sub> et le B<sub>22t</sub> les cavités méta dominent avec apparition de chenaux méta, simples ou dendroïdes qui sont fortement représentés. Dans le B<sub>3</sub>, on retrouve les cavités ortho et méta régulières et irrégulières. Il semble que les chenaux caractérisent la macrostructure bien développée de l'horizon B<sub>2t</sub>.

**Caractéristiques pédologiques -**

Concentrations plasmiques.

Cutanes. - Quelques revêtements argileux s'observent dans l'horizon A<sub>2</sub>. Deux types de cutanes s'observent dans le B<sub>21t</sub> : tout d'abord des revêtements de nature argilo-ferrique, assez fins et d'aspect granuleux ; il s'agit dans ce cas de ferriergilanes modérément orientés et très faiblement striés ; ensuite, des revêtements plus épais, de nature moins ferrique (argilanes), peu répandus cependant, assez fortement orientés et modérément striés. Notons



0,1 m/m.

Fig. 72





Horizon → Unités de description ↓	A <sub>11</sub> / A <sub>12</sub> g	A <sub>2</sub> g	B <sub>21</sub> tg	B <sub>22</sub> tg	B <sub>32</sub> g / Cg
<u>S. Matrix</u> <u>Squelette</u>	Quartz - Fort hétérogène - beaucoup de "silt"	Feldspaths - Très hétérogène	Epidote - Glauconie - Très hétérogène	Biotite - Hornblende - Très hétérogène	verte - Zircon - Très hétérogène
<u>Plasma</u>	Argileux - Débris de matière organique - Très dispersé	Argileux - Débris de matière organique - Dispersé - Homogène - Quelques ségrégations	Argilo-ferrique à argileux - Très hétérogène - Aspect floclé - Nombreuses ségrégations plasmiques	Argilo-ferrique à argileux - Hétérogène, densité variable - Ségrégations localisées	Argilo-ferrique à argileux - Assez hétérogène
<u>Séparations plasmiques</u>	Très fines sur squelette	Très fines sur squelette	Généralisées sur squelette	Sur squelette essentiellement	Sur squelette et quelques unes dans la masse
<u>Assemblages plasmiques</u>	Squelsepique - Silasepique localement	mo - vo - Squelsepique	mo - Squelsepique	mo - Squelsepique	ma - mo - Squelsepique
<u>Structure de base</u>	SK >> P1	SK >> P1	SK > P1 localement SK = P1	SK > P1	SK > P1
<u>Assemblage élémentaire</u>	-	Intertextique localement	Intertextique à porphyrique très localement	Porphyrique à intertextique	Aggloméré à intertextique
<u>Vides</u>	Cavités ortho, irrégulières	Cavités ortho, irrégulières et régulières - Cavités méta, irrégulières et régulières	Cavités ortho et méta irrégulières - Chenaux méta, simples ou dendroïdes	Cavités méta régulières, quelques ortho - Chenaux méta, simples	Cavités ortho et méta irrégulières et régulières
<u>Caractéristiques pédologiques</u>					
<u>Orthic</u> , <u>Séparations</u> (voir plasma) <u>Concentrations</u> <u>Cutanes</u>		Quelques concentrations argileuses très fines dans les pores	"Normal void" ferri-argilanes, fins, continus, d'aspect granuleux, modérément orientés et faiblement striés  D'autres plus épais, fortement orientés et modérément striés	Argilanes et ferri-argilanes simples, peu nombreux - "Normal void" cutanes - Fortement orientés et striés	Argilanes et ferri-argilanes, fortement orientés et modérément striés. Localement : éléments du squelette repris dans les cutanes
<u>Glaebules</u>	Quelques éonodules à limites très diffuses	Eonodules, modérément ferriques, à limites assez diffuses	Ségrégations ferriques nombreuses en amas, en voie de cristallisation - goethite	Nodules Fe-Mn très denses, avec cristallites incluses - Limites assez nettes - Concretions Fe/Mn à matrice id. à la S. Matrix, limites assez nettes Quelques papules fortement orientées et striées, disséminées	Nodules et concentrations sphériques, ou amygdoloïdes, très ferriques, à limites assez nettes → Pédot.: Isotubules limités par des cutans piégés
<u>Pédotubules, ...</u>					
<u>Hérités Pedorelicts</u>	Fragments de ferri-argilanes rouges, très épais	Nodules très nets, rougeâtres, orientés	Quelques nodules localement	Quelques glaebules	Glaebules entourés de séparations plasmiques
<u>Elementary fabric</u> (Kubiena)	Agglomeroplasmic à Plectoamictic	Plectoamictic à Intertextic	Intertextic à Porphyropeptic	Porphyropeptic à Intertextic	Intertextic à Porphyropeptic localement



pour ces revêtements une orientation de référence parallèle aux parois des vides. Dans le bas du profil on n'observe que peu de revêtements cutaniques (argilanes ou ferriargilanes), qui se rattachent à des "normal void cutans".

Glaebules. Des glaebules en formation sont présentes dans les horizons A<sub>12</sub> et A<sub>2</sub> ; les limites en sont diffuses. Ces formations peuvent être considérées comme des "éonodules". Dans le B<sub>21t</sub> des ségrégations plasmiques et des floculations ferriques très nombreuses s'observent ; ils créent un aspect inhabituel et très particulier de la distribution. Ces amas ferriques sont très importants. Dans les horizons B<sub>22t</sub> et B<sub>3</sub>, de nombreux *nodules* ferromanganésifères et des *concrétions* à limites assez nettes s'observent très largement. On constate cependant que le squelette situé dans ces glaebules correspond à celui de la S-Matrix. On observe quelques *papules* disséminées dans l'horizon B<sub>22t</sub> ; elles sont fortement orientées. Un certain nombre de *crystallites* sont réparties dans les horizons B, leur nature semble indiquer la présence de goéthite.

Pédorelicts. Quelques glaebules à cristallisation assez nette s'observent à partir de l'horizon A<sub>2</sub>. Ils sont localisés particulièrement dans cet horizon et dans l'horizon B<sub>3</sub>. Les limites en sont assez nettes à graduelles, des séparations subcutaniques semblant constituer une réaction secondaire au contact de la S-Matrix qui les englobe.

#### *Assemblages élémentaires (Kubiena).*

Les assemblages varient ici très fortement pour chacun des horizons : "agglomeroplasmic" à "plectocmictic" en surface, l'assemblage "porphyropectic" apparaît dans les horizons B ainsi que l'assemblage "intertextic". On note une prédominance du type "porphyropectic" dans les horizons B, tandis que l'"intertextic" semble prédominer dans le bas du profil (B<sub>3</sub>).

*Stade d'évolution* - Nous avons affaire à un sol du type Braunerde comportant du Braunlehm Teilplasma et des cutanes de Braunlehm cutans.

*Conclusions* - Ce sol, à hydromorphie nettement marquée, présente des caractéristiques de floculation plasmique au niveau du B qui pourraient être liées à des conditions climatiques particulières, celles du massif ardennais. La présence de glaebules relicts, ainsi que l'absence de cutanes très différenciés font penser à un matériau assez ancien redistribué plus récemment.

#### DETERMINATIONS MINERALOGIQUES

Quatre échantillons ont été étudiés par diffractométrie aux rayons X, qui correspondent aux horizons suivants : A<sub>2</sub> - B<sub>2t</sub> - C<sub>1</sub> - II C<sub>2</sub>.

Nous discuterons globalement des trois premiers échantillons qui appartiennent au matériau I et analyserons ensuite le II C<sub>2</sub>.

#### Echantillons A<sub>2</sub> - B<sub>2t</sub> - C<sub>1</sub>.

Les diffractogrammes Mg montrent trois réflexions principales à 7,2, 10 et 14 Å. Le pic à 7,2 est de moins en moins important de haut en bas, tandis que celui à 10 reste pratiquement constant. Le pic à 14 est très net dans le A<sub>2</sub>, tandis qu'il est moins bien différencié pour les deux autres horizons.

Après traitement au glycérol on constate un gonflement des trois échantillons. Une réflexion à 10 Å est présente sur les trois diagrammes avec une intensité pratiquement identique. Une réflexion à 14 Å se marque de manière modérée pour le A<sub>2</sub>, de façon très faible dans le B<sub>t</sub> : elle est pratiquement inexistante pour l'échantillon correspondant à l'horizon C<sub>1</sub>.

Le traitement au potassium provoque la fermeture partielle des minéraux avec réflexion très nette à 10 Å pour tous les échantillons. Cette fermeture est de plus en plus mauvaise de bas en haut du profil.

Une très légère réflexion vers 14 s'observe pour le A<sub>2</sub>, elle est absente pour le B<sub>2t</sub> et le C<sub>1</sub>.

Kaolinite, illite et minéraux 2/1 gonflants sont donc présents dans les trois échantillons. Ces minéraux gonflants apparaissent plus interstratifiés dans le haut du profil, tandis qu'un peu de vermiculite serait présente en A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>.

La réflexion à 14 Å après traitement K dans le A<sub>2</sub> indiquerait la présence de composés alumineux interfoliaires dans la vermiculite.

La variation d'intensité du pic à 7,2 Å entre les trois horizons pourrait indiquer une accumulation relative de kaolinite dans les horizons supérieurs.

#### Echantillons II C<sub>2</sub>.

Des réflexions très nettes à 7,2 et à 10 Å se présentent sur le diagramme Mg, une autre à 14 Å est faible et large.

Le gonflement au glycérol est important, jusqu'à 17 Å et plus, tandis que le pic à 10 Å est très net.

L'échantillon K montre un pic très net à 10 Å, la fermeture étant pratiquement complète.

On trouve donc dans ce niveau de la kaolinite, de l'illite et des minéraux interstratifiés 2/1 gonflants.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

Une évolution minéralogique assez sensible a donc été mise en évidence dans ce sol acide et riche en aluminium, ce qui caractériserait une certaine dégradation.

L'illuviation y est cependant modérée, tandis que la morphologie du profil ne décèle pas d'altération très importante du B<sub>t</sub>. Les conditions d'hydromorphie et la désaturation du complexe sont vraisemblablement responsables de l'évolution actuelle de ce sol.

Cet ensemble de données nous porte à croire que déjà lors de la mise en place du matériau, une évolution importante l'avait affecté, créant des conditions d'évolution très rapides et assez indépendantes de l'illuviation. Nous sommes typiquement en présence d'un lessivage en milieu acide et mal aéré.

Ce sol pourrait être considéré comme "sol lessivé acide à pseudogley" ou comme "sol hydromorphe lessivé" pour la systématique française.

Il correspond à un "Aéric Glossaqualf" de la classification américaine, avec cependant une restriction du fait de la morphologie peu exprimée.

Dans la légende F. A. O. ce serait un "Gleyic podzoluvisol".

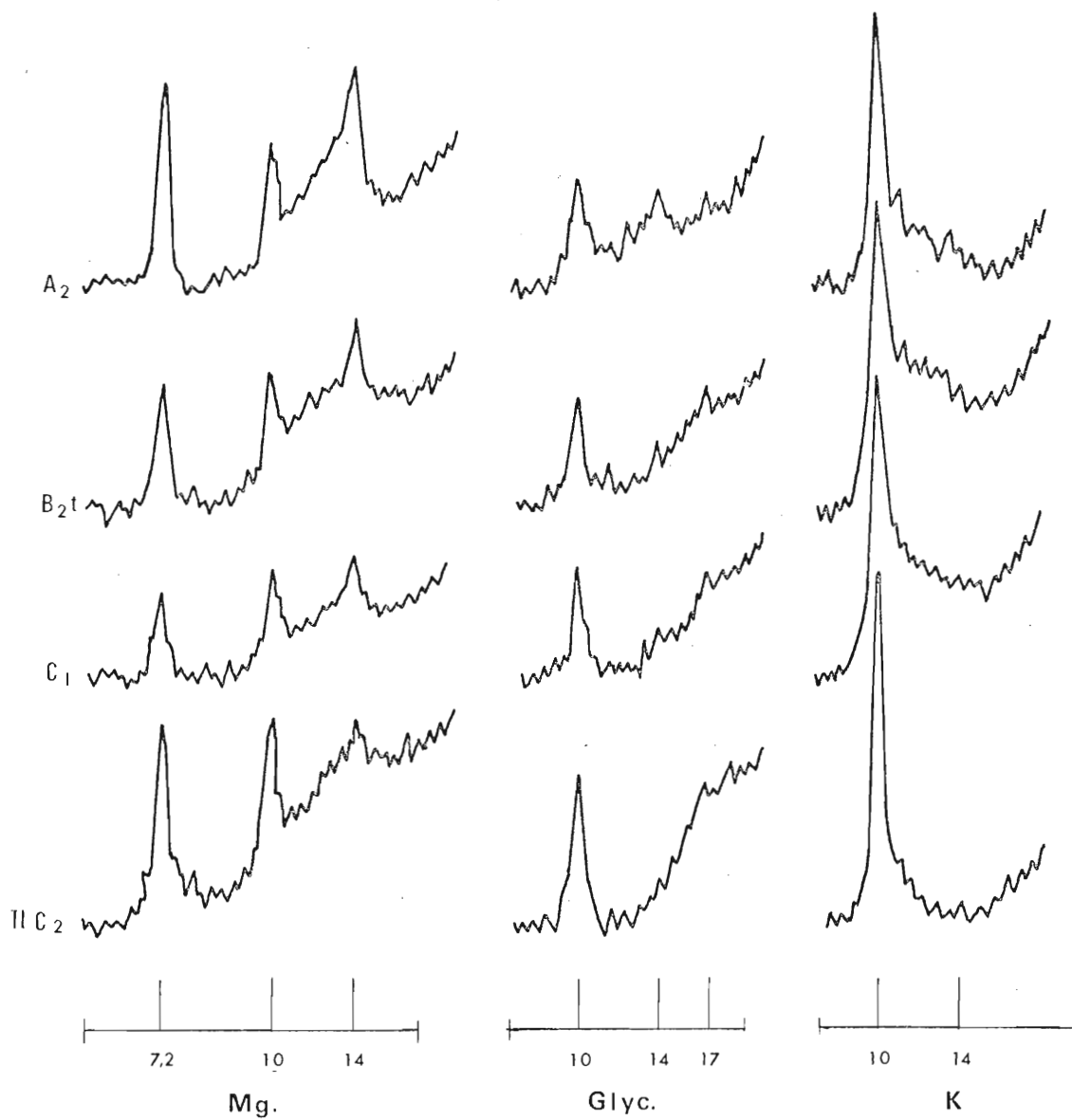


Fig. 73



- PROFIL LA FÈRE 6 -

Le profil La Fère 6 est situé en forêt de Saint-Gobain, massif localisé en bordure nord de l'Île-de-France. Il s'agit d'un sol dont le matériau originel a été fortement influencé par les formations sableuses tertiaires du Bartonien inférieur : Auversien. Il est très évolué, dégradé, hydromorphe et à tendance podzolique assez marquée. La dégradation est avancée et figurée nettement par les langues de matériau appauvri pénétrant profondément dans l'horizon Bt.

Au demeurant, le matériau originel, assez ancien, semble avoir été partiellement mélangé au substrat sous-jacent.

Le secteur n'a jamais été déforesté entièrement mais doit vraisemblablement avoir subi des exploitations abusives à certaines époques.

DESCRIPTION

<u>Localisation</u>	La Fère 7-8 - Forêt de Saint-Gobain -Le Pommelottier. x = 678.650 ; y = 209.060.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	10/4/67 - Temps frais.
<u>Végétation</u>	Fûtaie de bouleau, peuplier, châtaignier. <u>Strate arborescente</u> : chêne pédonculé, coudrier, sorbier, charme.
<u>Position géomorphologique</u>	Relief normal - Mi-pente faible, longue.
<u>Altitude</u>	195 m.
<u>Matériau originel</u>	Couverture limono-sableuse reposant sur un limon ancien fortement évolué.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : assez lent Drainage interne : imparfait à faible.
<u>Activités biologiques</u>	Moyennes en surface, diminuant très rapidement en profondeur.
<u>Classification</u>	Sol lessivé, dégradé, à pseudogley et fragipan. Fraglossudalf aquique.
O <sub>1</sub> 0,5 - 0 cm.	Mull acide - Couche L peu épaisse (moins de 1 cm) ne couvrant pas la totalité du sol - Fanés de hêtres, chênes, châtaigniers. Couche F <sub>1</sub> éparse.
O <sub>2</sub>	Couches F <sub>2</sub> et H pratiquement nulles.
A <sub>11</sub> 0 - 4/6	Limon moyen légèrement sableux - Brun gris très foncé et brun très foncé : 10 YR 3/2 et 3/3 - Frais - Forte teneur en matière organique - Assez bonne colonisation par les racines moyennes et petites - Petits silex rares - Structure polyédrique subangulaire fine, modérément développée - Quelques grumeaux moyens - Friable - Limite nette et régulière.
A <sub>12</sub> - 10/15	Limon moyen sableux - Brun gris foncé et brun foncé : 10 YR 4/2 à 3/3 - Frais - Assez forte teneur en matière organique - Bonne colonisation racinaire surtout par les petites racines, quelques grosses racines - Rares cailloux éclatés, traces de charbon de bois - Structure polyédrique subangulaire fine à très fine, faiblement développée - Quelques grumeaux - Friable - Limite distincte et ondulée.



- A<sub>2</sub>  
- 19/26  
Limon moyen sableux - Gris pâle : 10 YR 7/2 - Frais - Infiltration de matière organique localement dans les galeries d'animaux fouisseurs - Faible colonisation par des petites racines - Quelques concrétions Fe Mn à la base de l'horizon, de 2 mm à 1 cm, peu indurées, ocre rouge : 5 YR 4/8 ; plages réduites gris pâle : 10 YR 7/1 - Structure polyédrique subangulaire fine à très fine, très faiblement développée - Meuble - Limite distincte et irrégulière langues descendant jusqu'à 32 cm.
- Bg et A  
- 35/44  
Limon moyen sableux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Très faible infiltration humifère - Quelques racines mortes - Faible colonisation par les racines moyennes, assez bonne par les petites - Taches Fe Mn plus nombreuses, noires : 7,5 YR 2/1, quelques concrétions - Eclats de cailloux moins rares - 20 % de plages oxydées ocre rouge : 5 YR 4/6 à brun franc : 7,5 YR 5/8, 5 % de plages réduites gris pâle : 5 Y 7/1 - Structure polyédrique subangulaire fine, modérément développée, angulaire localement, présence de langues de A sans structure - Quelques revêtements argilo-humifères fins et discontinus sur les faces des agrégats - Friable à assez compact - Limite distincte et ondulée.
- B<sub>2</sub>tgx  
- 57/61  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Faible colonisation par les petites racines, plus importante par les moyennes - Enracinement à tendance verticale très nette - Quelques taches Fe Mn - Petits cailloux un peu plus nombreux - Plages oxydées à limites nettes, ocre rouge : 5 YR 4/6, canalicules tous oxydés - Taches réduites, gris pâle : 10 YR 7/1 à 5 Y 7/1 - Structure squameuse moyenne assez bien développée et polyédrique angulaire fine à très fine modérément développée - Ferme et compact - Revêtements argileux brun franc : 7,5 YR 5/8, assez épais et continus - Limite distincte et ondulée.
- B<sub>3</sub>gx  
- 78/83  
Limon argilo-sableux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Colonisation radiculaire localisée aux fentes verticales qui au sommet sont remplies d'un matériau limoneux très léger - Toujours une faible charge en éclats de silex - Plages oxydées rouges : 2,5 YR 4/6 plus contrastées que celles qui bordent les fentes brun franc : 7,5 YR 5/6 - Réduction localisée dans ces fentes olive pâle : 5 Y 6,5/3 - Ferme et assez compact - Revêtements fins et presque continus - Limite distincte et ondulée.
- II C<sub>1</sub>g(x)  
- 90/95  
Limon moyen sableux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Colonisation radiculaire plus faible et très localisée - Charge en débris de grès quartzites, silex et meulière - Plages oxydées ocre rouge : 5 YR 5/6 - Réduction localisée en bandes avec bordures réoxydées de part et d'autre - Structure prismatique moyenne à grossière, modérément développée, avec sous-structure lamellaire fine à moyenne, modérément développée - Ferme et assez compact - Revêtements argileux fins et discontinus - Un grès meuliérisé 20 x 30 cm dispersé à plat à la partie supérieure de l'horizon - Limite distincte et ondulée.
- II C<sub>2</sub>gx  
- 135/145  
Limon argilo-sableux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Très faible colonisation radiculaire - Faible charge en cailloux - Plages oxydées brun franc : 7,5 YR 5/6 ; certaines très contrastées, rouges : 2,5 YR 5/8 - Réduction gris pâle : 7,5 Y 7/1, localisée le long des fentes verticales qui ont un remplissage plus argileux que la matrice - Structure lamellaire moyenne, bien développée et sous-structure polyédrique angulaire grossière, modérément développée - Très ferme - Revêtements argileux bruns : 7,5 YR 5/4, assez épais et discontinus : restes d'un ancien "B<sub>2</sub>t" - Les fentes fortement, sur un plan horizontal, un réseau polygonal bien développé - Limite graduelle et ondulée.
- II C<sub>3</sub>g  
- 175/180  
Limon argileux plus sableux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais à frais - Quelques petites racines verticales - Plages oxydées ocre rouge : 5 YR 4/7 et réduites grises : 5 Y 6/1 à gris verdâtre : 5 GY 6/1 - Structure massive avec quelques faces verticales gleyifiées - Très ferme - Quelques revêtements bruns : 7,5 YR 5/4 - Limite distincte et ondulée.

## ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE :

CARTE : LA FERRE

PROFIL N° 6

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argile 0-2 µ	Limos			Sables fins			S. G. 200-2000 µ	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
					2-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ	0-0,2 µ				0,2-2 µ		
A 4282	A <sub>11</sub>	0 - 4/6	10 YR 6/2	10.6	16.3	41.6	9.6	10.2	2.7		9.0	1.8	8.8			
A 4283	A <sub>12</sub>	-10 / 15	10 YR 6/3	10.5	18.6	44.3	9.8	10.1	2.6		4.1	1.8	8.7			
A 4284	A <sub>2</sub>	-19 / 26	10 YR 6/3	11.3	18.6	45.5	9.9	10.5	2.5		1.8	1.8	9.5			
A 4285	B <sub>g</sub> et A	-35 / 44	10 YR 6/8	12.9	21.1	42.8	10.4	10.0	2.8			4.5	8.4			
A 4286	B <sub>2</sub> tgx	-57 / 61	10 YR 7/4	23.1	20.6	40.1	8.4	6.4	1.4			10.5	12.6			
A 4287	B <sub>3</sub> gx	-78 / 83	10 YR 6/8	20.5	20.6	37.2	9.7	9.7	2.3			6.5	14.0			
A 4288	IIC <sub>1</sub> gx	-90 / 95	10 YR 6/8	16.3	23.0	35.0	10.2	11.7	3.8			5.0	11.3			
A 4289	IIC <sub>2</sub> gx	-135 / 145	7,5 YR 5/8	22.5	25.0	31.5	8.2	9.8	3.0			4.0	10.5			
A 4290	IIC <sub>3</sub> g	-175 / 180	10 YR 6/8	20.0	21.7	29.2	7.0	18.9	3.2			5.5	14.5			
A 4291	IIIC <sub>1</sub>	-200 / 210	10 YR 6/8	14.9	14.1	16.5	5.3	42.3	6.9			-	-			
A 4292	IIIC <sub>2</sub>	-240	-	19.0	6.6	6.6	4.9	52.6	10.3			-	-			

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>				30.8	39.2	23.0	0.90	1.36	0.99	0.82	29.4	13.4	16.0
A <sub>12</sub>				21.2	34.5	22.0	1.06	1.32	1.08	1.13	21.4	7.2	14.2
A <sub>2</sub>	1.34	2.61	48.6	14.7	12.4	13.6	1.38	1.24	1.03	0.99	17.1	5.4	11.7
B <sub>g</sub> et A				24.6	1.6	13.6	1.93	1.25	1.03	0.73	18.6	5.8	12.8
B <sub>2</sub> tgx	1.77	2.60	31.9	7.2	2.8	3.9	2.04	1.03	0.93	0.68	30.8	11.0	19.8
B <sub>3</sub> gx				7.6	2.1	2.4	2.30	0.96	0.92	0.73	21.4	9.0	12.4
IIC <sub>1</sub> g	1.72	2.69	36.1	16.0	1.7	3.3	2.06	1.03	0.90	0.72	19.7	7.6	12.1
IIC <sub>2</sub> g				19.7	0.6	5.5	1.89	1.17	1.00	0.76	22.7	11.8	10.9
IIC <sub>3</sub> g	1.71	2.69	36.4	25.3	4.8	10.9	1.41	1.15	1.06	1.01	22.3	12.1	10.2
IIIC <sub>1</sub>				19.6	10.8	13.2	1.74	1.15	1.03	0.94	16.4	9.4	7.0
IIIC <sub>2</sub>													

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7.0							% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCL Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /∞
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S							
A <sub>11</sub>	4.6		45.2	3.2	14.1	10.3	4.0	1.55	0.55	0.05	6.1	59.9	-	0.79	-	1.04	1.44	
A <sub>12</sub>	4.8		20.5	1.6	12.8	5.9	2.8	0.87	0.29	0.03	4.0	67.4	-	0.77	-	1.87	1.53	
A <sub>2</sub>	4.5		8.9	0.8	10.7	4.2	0.6	0.30	0.12	0.02	1.0	25.0	(20)	0.71	1.64	3.07	1.54	
B <sub>g</sub> et A	4.6					4.7	0.7	0.35	0.11	0.02	1.2	26.1	36	0.97	2.52	3.53	1.57	
B <sub>2</sub> tgx	4.7					10.6	1.9	1.26	0.31	0.05	3.5	33.3	46	2.09	3.63	6.45	2.64	
B <sub>3</sub> gx	4.9					9.9	2.4	2.10	0.29	0.07	4.9	49.3	49	1.66	3.13	3.82	1.96	
IIC <sub>1</sub> gx	5.0					7.9	2.5	1.89	0.23	0.08	4.7	59.8	48	1.62	2.82	2.37	1.54	
IIC <sub>2</sub> gx	5.0					12.8	4.8	0.89	0.39	0.18	6.3	49.0	57	2.15	4.25	3.00	1.88	
IIC <sub>3</sub> g	5.0					14.0	5.4	2.92	0.45	0.27	9.0	64.5	70	2.02	3.71	-	1.97	
IIIC <sub>1</sub>	5.0					15.6	5.8	2.23	0.32	0.25	8.6	55.3	(105)	1.60	3.07	-	1.84	
IIIC <sub>2</sub>	5.0																1.32	



- III C<sub>1</sub>  
- 200/210  
Limon moyen très sableux - Mêmes couleurs que ci-contre - Assez frais à frais - Petites racines rares dans les fentes gleyifiées - Plages oxydées assez étendues - Structure massive - Très ferme - Horizon de transition de plus en plus enrichi en sable - Limite graduelle et régulière.
- III C<sub>2</sub>  
- 240  
Sable argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais à frais - Phénomènes d'oxydo-réduction assez importants - Structure massive - Très ferme.

Le profil est particulièrement complexe. La dégradation est très marquée, un A<sub>2</sub> très élevé surmontant un Bg & A se prolongeant par des langues assez importantes.

Deux horizons de compacité s'observent dans le profil. Le premier d'ordre exclusivement génétique se marque dans la partie inférieure de l'horizon en voie de dégradation ; le second est situé au niveau de la discontinuité entre les deux matériaux supérieurs.

Nous avons donc affaire à un limon sableux typique, le sable représentant environ 20 % de la composition granulométrique dans le matériau I. Le dépôt indiqué III apparaissant à plus de 2 mètres est un sable argileux très proche du substrat tertiaire sous-jacent. La teneur en argile est, d'une manière générale, assez peu importante, tandis que le rapport granulométrique des limons ne peut pas faire l'objet d'une interprétation étant donné l'hétérogénéité originelle des dépôts.

Les indices d'entraînement calculés sont de 2,2 pour l'argile totale, de 5,8 pour l'argile fine.

La densité apparente présente un maximum dans le B<sub>2</sub>tgx, où la porosité totale descend à 32 % ; sous ce niveau cette donnée se maintient à 36 %.

La stabilité structurale est moyenne en surface, la teneur en matière organique y étant importante, elle diminue fortement dans les horizons les plus compacts pour remonter ensuite. Les réserves en eau correspondent à la granulométrie du sédiment.

Nous sommes en présence en surface d'un mull acide, la matière organique offrant un rapport C/N de 14.

Le pH varie entre 4,5 et 5,0. La saturation du complexe est la plus faible en A<sub>2</sub> et Bg et A : 25 et 26 %, elle augmente ensuite progressivement en profondeur, avec quelques variations.

La C. E. C. rapportée à l'argile varie d'une manière très importante : d'environ 20 méq. dans le A<sub>2</sub> elle passe à 57 puis 70 dans le matériau II. Nous enregistrons dans le III C, une valeur de 105 méq. ce qui est tout à fait particulier.

Le fer libre est très peu représenté dans la partie supérieure du sol, tandis qu'il est très abondant dans le II C<sub>2</sub> et le II C<sub>3</sub>. L'indice calculé entre le B<sub>2</sub>t et le A<sub>2</sub> est de 2,95, c'est-à-dire plus élevé que celui de l'argile ; il est vraisemblable qu'une partie du fer a été éliminée latéralement sous forme réduite et donc très mobile. Le rapport fer libre / fer HCl est de 43 dans le A<sub>2</sub> pour passer ensuite à des valeurs comprises entre 50 et 60.

L'aluminium échangeable sature le complexe d'une manière importante, hormis dans le A<sub>11</sub>. Cette saturation, de plus de 70 %, dans le A<sub>2</sub> et le B<sub>g</sub> & A, diminue ensuite progressivement dans les horizons sous-jacents : 61 - 39 - 30 et 23 %.

Quant à l'alumine libre, elle présente une répartition en "profil" très net dans la partie supérieure du sol, avec un maximum très marqué au niveau du B<sub>2</sub>tgx : 2,64, et un rapport B<sub>2</sub>t/A de 1,83.

## MICROMORPHOLOGIE

**Squelette - Nature.** De nature essentiellement quartzeuse, le squelette présente cependant quelques feldspaths, des grains de glauconie plus ou moins altérée et un peu de biotite.

**Dimensions.** Très hétérogène, représentant la texture limono-sableuse du matériau. Le matériau enfoui comporte de gros grains de quartz à contours très arrondis.

**Distribution.** La distribution de base se présente au hasard, celle par référence paraît sans relation.

**Orientation.** Le squelette est généralement assez fortement orienté.

**Plasma - Répartition.** D'une manière générale très hétérogène, particulièrement dans les horizons B<sub>3</sub>gx et II B<sub>2</sub>tg où de nombreuses ségrégations ferriques apparaissent. Dans ce dernier horizon enfoui, des plages fortement appauvries en fer et même argile peuvent s'observer.

**Séparations.** La particularité de ce profil est de présenter de petites séparations réparties dans la masse dans le matériau supérieur, en association avec des séparations sur squelette assez peu discernables aux grossissements normaux. L'horizon II B<sub>2</sub>tg montre une dominance de séparations sur squelette ainsi qu'en bandes dans la masse, ou associées à des vides.

Les assemblages plasmiques passent donc essentiellement du type insepique au type squelsepique, avec masepique assez important dans les plages réduites, et associé au type vosepique.

**Nature.** Les conditions d'oxydo-réduction ont provoqué dans l'horizon A<sub>2</sub> une dissociation du fer et de l'argile, provoquant une hétérogénéité du plasma.

Des zones appauvries ou enrichies en fer sont bien évidentes. Argileux à argile-ferrique dans le B<sub>2</sub>tg, le plasma devient essentiellement argile-ferrique au niveau du B<sub>3</sub>g, pour présenter à nouveau de nombreuses plages déferrifiées dans les horizons profonds.

**Distribution.** Dans le haut du profil cette distribution représente la tendance aux ségrégations ferriques. Dans les horizons B<sub>2</sub>tg et B<sub>3</sub>g elle caractérise de plus l'apparition des plages isolées liées à l'assemblage insepique. Dans l'horizon II B<sub>2</sub>tg la distribution est assez complexe : formation de bandes plus ou moins alignées correspondant à l'assemblage masepique, distribution par référence du type cutanique ou subcutanique respectivement en relation avec les assemblages du type squelsepique et vosepique.

LA FERRE 6

Horizons →	B <sub>2</sub> tgx	B <sub>3</sub> gx	II Btg
Unités de description ↓			
<u>S, Matrix</u>			
<u>Squelette</u>	Quartz essentiellement Hétérogène grains importants	- Quelques feldspaths - Hétérogène grains importants	Biotite glauconie. Hétérogène - Quelques gros grains très arrondis.
<u>Plasma</u>	Argileux à argilo-ferrique Traces de matière organique - Hétérogène - Dense localement	Argilo-ferrique à argileux - Très denses par endroits - Hétérogène	Argileux à argilo-ferrique Hétérogène - Ségrégations Fe fortement appauvri localement.
Séparations plasmiques	Isolées dans masse - Sur squelette localement	Isolées dans la masse - Sur squelette dans zones plus denses.	Sur squelette, dans la masse et en bordure des vides
<u>Assemblages</u> <u>plasmiques</u>	(squel)-Insepique	(squel)-Insepique <sup>c</sup>	vo-ma-Squelsepique - Tendance Lattisepique localement.
<u>Structure de base</u>	SK > Pl	SK > Pl	SK > Pl
Assemblage élémentaire	Aggloméré à intertextique	Porphyrique	Porphyrique-Intertextique localement.
<u>Vides</u>	Cavités et chenaux ortho et méta, assez réguliers Quelques "planes"	Cavités ortho et méta, quelques chenaux méta.	Cavités méta, quelques ortho, Chenaux méta - Quelques "planes".
<u>Caractéristiques</u> <u>pédologiques</u>			
<u>Orthic - Séparations</u> <u>(v. Plasma)</u> <u>Concentrations</u> <u>Cutanes</u>	. Argilanes à ferri-argilanes fins et continus modérément orientés et striés . Fragments de ferri-argilanes réenglobés dans la S, Matrix, fortement orientés	. Argilanes jaune clair d'illuviation secondaire accompagnés de "silt", . Ferriargilanes anciens recouverts par argilanes plus récents, et /ou fragmentés.	. "Void" et "channel" ferriargilanes striés et bien orientés, . "Channel" et "plane" argilanes d'illuviation secondaire faiblement striés et orientés - Quelques skeletones
Glaebules	Nodules ferriques à limites diffuses - Ségragations Fe Mn sur les parois de certains vides Quelques papules	Quelques nodules à limites assez nettes à nettes  Quelques papules	Nodules biréfringents à limites très nettes,  Quelques papules peu orientés.
<u>Hérités - Pedorelicts</u>	Fragments de ferriargilanes repris dans la masse	Fragments de ferriargilanes réenglobés	Quelques nodules paraissant indépendants de la masse les englobant.
<u>Elementary fabric</u> <u>(Kubiena)</u>	Agglomeratic à Intertextic.	Porphyropectic	Porphyropectic



Orientation. Le degré d'orientation, assez faible en surface, devient relativement fort dans le B<sub>3</sub> et le II B<sub>2</sub>tg ; la trame, plutôt tachetée dans les horizons supérieurs, présente ensuite une striation beaucoup plus accentuée dans certaines fractions du plasma.

Structure de base - Le squelette présente toujours une assez nette dominance par rapport au plasma. L'assemblage élémentaire, du type granulaire à aggloméré dans les niveaux supérieurs passe aux types intertextique puis porphyrique en profondeur. Un aspect particulièrement dense caractérise le niveau B<sub>3</sub>gx.

Vides - Des vides d'entassement et cavités ortho des horizons supérieurs, on passe dans les horizons B à des cavités ortho et méta, accompagnées de quelques chenaux et faces planes en relation avec la compacité du fragipan.

Caractéristiques pédologiques -

Concentrations plasmiques.

Cutanes. Dans l'horizon B<sub>2</sub>tg apparaissent des revêtements argileux à argilo-ferriques fins et continus, ainsi que des ferriargilanes semblant en voie de fragmentation. Des fragments de cutanes s'observent par ailleurs réenglobés dans le S-Matrix. Dès le B<sub>3</sub>g se présentent des argilanes jaune clair d'illuviation secondaire, associés à du limon fin, relativement faiblement orientés. Des ferriargilanes y sont recouverts par des apports plus récents et beaucoup moins ferriques.

Dans le II B<sub>2</sub>tg des revêtements vraisemblablement anciens, assez ferriques et bien orientés cotoyent des revêtements secondaires et fortement déferrifiés. On observe quelques skeletanes limoneux.

Glaebules. De nombreuses ségrégations ferriques sont présentes dans tout le solum, particulièrement sur les parois des vides de l'horizon B<sub>2</sub>tg qui se trouve dans la zone de fluctuation caractéristique de la nappe temporaire.

On note une évolution typique de la netteté des limites des nodules en fonction de la profondeur : diffuses dans le B<sub>2</sub>tg, assez nettes à nettes dans le B<sub>3</sub>gx, très nettes dans le II B<sub>2</sub>tg. Quelques papules assez peu orientées se retrouvent dans tous les horizons du sous-sol.

Pedorelicts. Des fragments de ferriargilanes réenglobés profondément dans la matrice du matériau supérieur pourraient correspondre à une redistribution de traits pédologiques appartenant à un sol plus ancien, tout comme certaines nodules apparaissant aux environs de la discontinuité lithologique.

Assemblages élémentaires selon Kubiena. -

En fonction de la profondeur on passe successivement des assemblages "granular" ou "bleached sand" en surface, à "agglomeratic", "intertextic" puis enfin "porphyreptic".

Stade d'évolution - Le stade "Braunerde" caractérise l'ensemble du sol, associée à très peu de "Teilplasma" dans le matériau de couverture, et par contre une assez importante quantité de "Braunlehm" illuvial est partout présent en assez grande quantité.

Conclusions - Les caractéristiques micromorphologiques de ce sol permettent de confirmer plusieurs aspects importants.

- La discontinuité manifeste au niveau du II B<sub>2</sub>tg
- L'ancienneté du matériau enfoui
- La dégradation très importante de la formation de couverture.
- L'importance des processus d'hydromorphie dans cette dégradation.



## DETERMINATIONS MINÉRALOGIQUES

Nous nous sommes limités à étudier l'évolution minéralogique des trois horizons principaux développés dans le matériau I : A<sub>2</sub> - B<sub>2</sub>tgx - B<sub>3</sub>gx, ainsi que de deux prélèvements particuliers. Les échantillons ont été séparés à deux microns.

Nous commenterons tout d'abord les résultats des échantillons provenant des horizons, ensuite ceux des échantillons sélectifs.

### Horizons A<sub>2</sub> - B<sub>2</sub>tgx - B<sub>3</sub>gx.

Les trois réflexions classiques à 7,2, 10 et 14 Å sont présentes dans les diffractogrammes Mg. Le pic à 7,2 est très net partout, mais diminue d'intensité en fonction de la profondeur. Celui à 10 Å est très net dans A<sub>2</sub>, peu différencié dans le B<sub>2</sub> et à peine marqué dans le B<sub>3</sub>. La réflexion à 14 Å est très nette dans le A<sub>2</sub>, nette dans les deux autres échantillons où elle est plus large à la base.

Le traitement au glycérol provoque un gonflement plus ou moins important pour tous les échantillons. Une réflexion à 10 Å, assez nette mais cependant étalée est visible sur les trois diagrammes. Le A<sub>2</sub> montre une réflexion nette à 14 et assez nette à 17 Å, les deux autres présentent un léger maintien à 14 Å et un déplacement vers des distances plus grandes avec un maximum à 17 Å.

Le traitement au potassium provoque une fermeture plus ou moins importante. La réflexion à 10 Å est très nette partout mais son intensité diminue en fonction de la profondeur. L'échantillon A<sub>2</sub> présente une réflexion petite mais bien différenciée à 14 Å ; cette réflexion est très atténuée dans le B<sub>2</sub>t et à peine décelable dans le B<sub>3</sub>.

On constate donc dans les trois horizons la présence de kaolinite, d'illite et de minéraux gonflants. On note une diminution relative de la kaolinite et de l'illite en fonction de la profondeur.

Un minéral non gonflant à 14 Å est très net dans le A<sub>2</sub> et présent également, en moindre quantité probablement, dans les deux autres horizons. Il s'agit de vermiculite alumineuse.

### Dégradation.

Le diffractogramme Mg donne une réflexion très nette à 7,2, peu marquée à 10, et nette à 14 Å.

Après traitement au glycérol on note une réflexion nette à 10, une autre bien nette à 14, une autre assez large mais bien dessinée à 17 Å.

Le traitement K provoque une fermeture partielle avec léger accident vers 14 Å.

Indépendamment de la kaolinite et de l'illite, la vermiculite Al est donc bien représentée, comme dans le A<sub>2</sub>, ces minéraux étant accompagnés de minéraux interstratifiés gonflants.

### Revêtements réduits.

Sur le diagramme Mg trois réflexions nettes sont présentes : 7,2 - 10 et 14 Å.

Après traitement au glycérol un déplacement important intervient, avec maximum vers 16/17 Å.

L'échantillon K fournit un diffractogramme où la réflexion à 10 Å est très importante, la fermeture étant incomplète, sans accident particulier.

-SLG -  
LA FÈRE 6

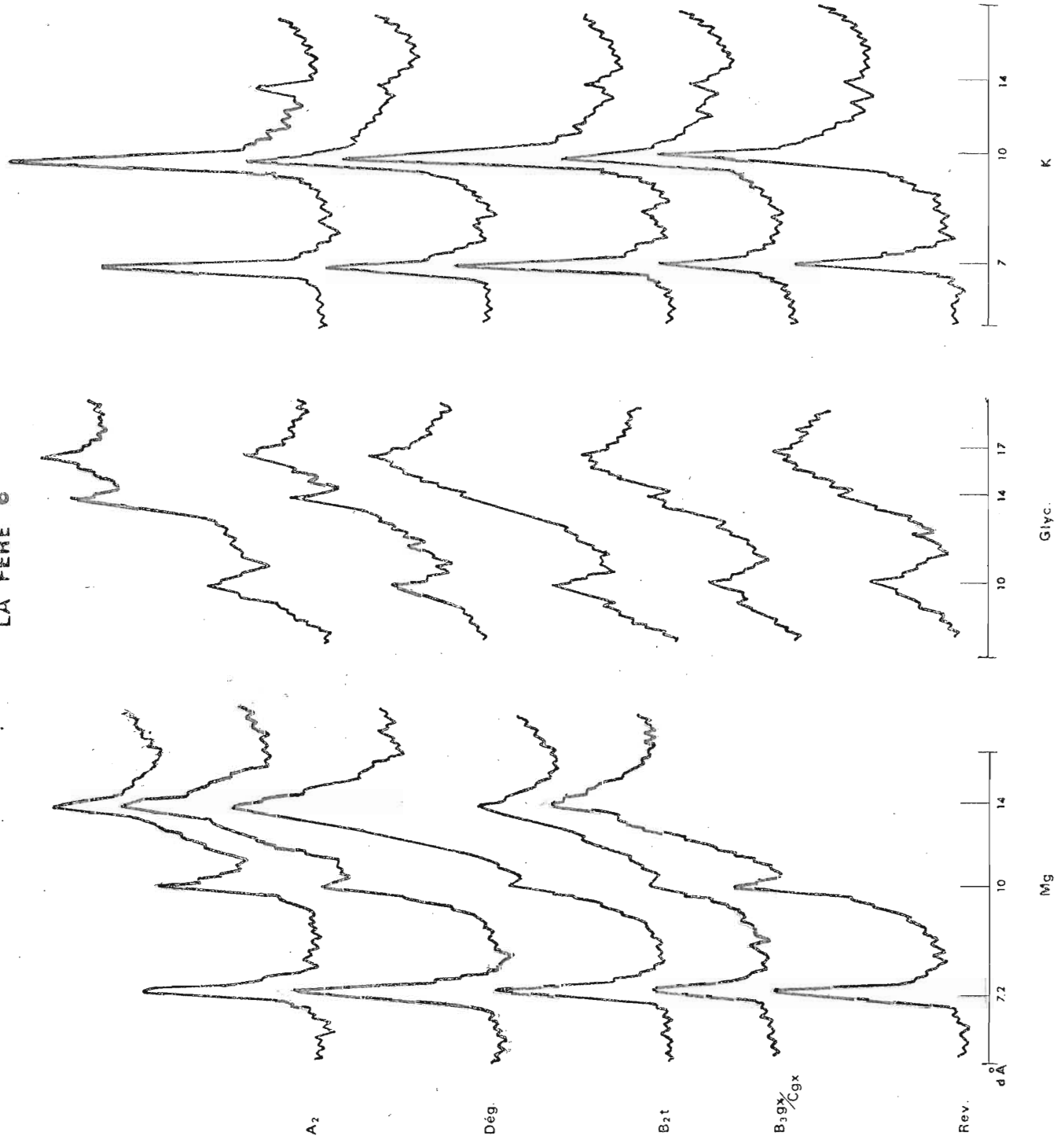


Fig. 74



Les revêtements contiennent donc de la kaolinite, de l'illite et des minéraux 2/1 gonflants du type montmorillonite.

Les déterminations minéralogiques mettent donc en évidence dans ce profil l'apparition d'une chloritisation secondaire se manifestant particulièrement dans les zones éluvées.

#### DISCUSSION - CONCLUSIONS

Nous avons donc affaire ici à un sol très évolué développé dans un matériau ancien redistribué et à teneur en sable importante.

La végétation est acidiphile et la colonisation forestière très ancienne, peut-être même la zone n'a-t-elle jamais été déforestée.

Les deux niveaux de compacité provoquent une endhydromorphie importante du sol, encore accrue par la présence du niveau imperméable des argiles de Saint-Gobain en profondeur. Cette ambiance réductrice très agissante au cours de l'année a certainement provoqué une tendance d'autant plus grande à la dégradation du sol.

Il faut noter également que sous une couverture encore plus acidifiante que celle actuellement en place aux abords du profil, nous avons pu observer dans le massif une tendance podzolique beaucoup plus accentuée.

La dégradation de ce sol est donc manifeste, elle est très nette morphologiquement et très bien traduite dans les résultats d'analyses, particulièrement sur le plan minéralogique.

Il s'agit cependant d'un matériau un peu particulier par rapport à tous ceux que nous avons étudié précédemment, la teneur en sable y étant très importante.

Au demeurant, ce profil est peut-être celui où la dynamique du fer est le plus sous la dépendance d'une hydromorphie importante, reflétée par la différence enregistrée entre l'entraînement apparent de l'argile et du fer libre.

Ce sol constitue un "sol lessivé glossique à pseudogley" ou un "sol hydromorphe lessivé (acido)".

Il correspond dans la 7<sup>e</sup> approximation soit à un "Aquic Fraglosudalf" soit à un "Glossaqualf" à fragipan.

Dans la légende de la carte des sols du monde de la F. A. O. il est à ranger parmi les "Gleyic Podzolusols".

#### 4.34. CONCLUSIONS SUR L'ETUDE DES PROFILS TYPES

Nous avons donc décrit en détail une série de profils qui représentent les principaux types de sols développés dans la couverture limoneuse étudiée.

Les degrés d'évolution observés sont sensiblement différents suivant l'ancienneté de la mise en place et l'action des autres facteurs de la genèse. Très fréquemment, des caractères typiques d'une évolution ancienne cotoyent des aspects directement liés à l'évolution actuelle.

Les différences enregistrées portent sur la morphologie : qualité de la structure, hydromorphie..., sur les particularités des horizons diagnostiques ou caractéristiques, enfin sur les données analytiques : teneur et répartition de l'argile, du fer, de l'aluminium, saturation du complexe, nature des minéraux argileux...

Les résultats que nous venons d'exposer ont prouvé qu'il était indispensable d'avoir constamment à l'esprit, au cours des interprétations, la notion d'âge du sol, même si nous sommes amenés ensuite à intégrer les différentes unités dans une seule séquence théorique.

Au sein de chacun des groupes présentés des différences ont été observées.

Les sols développés sur *limon d'apport récent*, âgés de quelques dix mille ans au maximum (*Dudal - 1953, Pecrot - 1956, Meyer - 1960*), sont différents en Picardie, Scissonnais et Haute-Brie. Ces différences tiennent essentiellement à la granulométrie et à l'état plus ou moins carbonaté ou calcique du matériau originel.

Sur *limon d'apport plus ancien* une variation semble apparaître lorsqu'on passe de la Haute-Brie à couverture très épaisse, au Tardenois à manteau moins épais sur substrat plus argileux, avec tendance à la "planosolisation" ; ces sols seraient naturellement beaucoup plus vieux. Notons que des unités-sols assez proches ont été décrites en France par d'autres auteurs (*Riedel et Franc de Ferrière - 1951, Plaisance - 1964*).

Quant aux *sols polygéniques*, deux types principaux se présentent en fait : -superposition de matériaux et interférence des processus - redistribution de dépôts préalablement évolués. Le premier serait le cas le plus général, le second étant plus localisé.

En ce qui concerne la *systematique des sols*, les principales unités rencontrées sont les suivantes :

- **C. P. C. S. - 1967** : Sol brun lessivé - Sol lessivé - Sol lessivé à pseudogley - Sol lessivé acide à pseudogley - Sol lessivé glossique.

Nous y ajouterons deux faciès de transition : Sol lessivé en voie de dégradation et Sol "planosolique", tous deux à hydromorphie.

- **7e approximation** : Typic Hapludalf - Typic Agrudalf - Typic Fragludalf - Aquic Fragludalf - Typic Fraglossudalf - Aquic Fraglossudalf - Typic Glossudalf - Albaqualf.

- **Légende F. A. O.** : Orthic Luvisol - Gleyic Luvisol - Dystric Podzoluisol - Eutric Podzoluisol - Gleyic Podzoluisol - Albic Podzoluisol.

L'analyse que nous venons de faire nous permet de mettre en évidence un certain nombre d'aspects qui nous paraissent fondamentaux.

Au plan *morphologique* tout d'abord :

- structure des horizons "argilliques", nature et répartition des produits d'illuviation.
- apparition des phénomènes de "dégradation" de ces horizons.
- importance prise par l'horizon du type B<sub>3</sub> dans l'évolution des sols.
- différenciation d'un horizon compact du type fragipan.

Au plan *micromorphologique* ensuite :

- nature et répartition des concentrations plasmiqes.
- comportement réciproque de l'argile et des oxydes.
- expression des phénomènes d'oxydo-réduction à l'échelon microscopique.

Au plan *analytique* enfin :

- importance de la répartition des argiles fines.
- dynamique du fer en fonction de l'argile.
- dynamique de l'aluminium en fonction de la désaturation de l'argile et de l'évolution des minéraux argileux.
- variation des propriétés physiques : porosité et stabilité structurale en fonction des stades d'évolution.
- évolution des minéraux argileux, au sein du solum et en fonction des degrés de développement, en relation avec la capacité d'échange de l'argile : accumulations relatives de certains minéraux et tendance à la chloritisation secondaire dans les stades les plus avancés.

Certains de ces problèmes ont naturellement déjà fait l'objet de recherches que nous avons évoquées au début de cette partie. Citons plus précisément celles de *Cline, Dudal, Tavernier et Smith* pour les aspects morphologiques, celles, très récentes de *Éouma et al.* pour la micromorphologie, celles de *Manil, Millot, Jackson, Scheffer et al., Schwertman, Pedro et Duchaufour* pour la partie analytique.

Afin d'avoir une vue d'ensemble suffisante des problèmes posés, il nous faut encore posséder un minimum de données concernant la nature des produits de déplacement ainsi que celle de zones particulièrement éluvées ; c'est ce que nous allons aborder dans le chapitre suivant.

\*

\*

\*

#### 4.4. ETUDE DETAILLEE DES PROBLEMES LIES AUX PROCESSUS D'ELUVIATION / ILLUVIATION

Les principaux caractères des profils que nous venons d'étudier en détail nous ont montré l'importance prise par les processus de lessivage à différents stades de l'évolution des sols.

Nous pouvons distinguer, suite à l'interprétation d'un grand nombre d'observations et de résultats analytiques, une illuviation dite "primaire" caractérisant les sols bruns lessivés et lessivés, et une illuviation dite "secondaire", liée aux phénomènes de dégradation des horizons Bt d'accumulation (De Coninck - 1968).

Les conditions de déplacement des produits colloïdaux sont relativement complexes.

L'illuviation "primaire", ou lessivage classique des sols sous nos climats, s'opère dans des conditions de milieu qui ont été précisées à maintes reprises, à savoir : formation de complexes organo-minéraux, désaturation partielle du complexe absorbant, alternance des conditions hydriques du sol (Suchautour - 1968, 7e approximation - 1964/67).

L'illuviation dite "secondaire" requiert des conditions plus particulières et d'une certaine manière, plus agressives : désaturation plus prononcée, milieu réducteur pendant une grande partie de l'année.

Pour avoir la possibilité de définir avec un maximum de précision et de sécurité les divers aspects des processus d'éluviation / illuviation dans les sols qui nous occupent, nous tenterons une caractérisation de différents types de revêtements liés à des stades d'évolution déterminés, en l'associant d'une part à celle de plages éluviées et dégradées, d'autre part à celle d'échantillons de référence provenant d'agrégats correspondants.

Les résultats obtenus complèteront ainsi l'analyse des profils réalisée au chapitre précédent.

##### 4.41. METHODOLOGIE

Les revêtements correspondant aux deux principaux types d'illuviation que nous venons de citer ont donc pu être observés et prélevés sur le terrain. Ils ont été examinés et analysés séparément.

D'autres, caractérisant des sols dont le degré d'évolution paraissait en transition entre ceux présentant des revêtements appartenant nettement à un type ou à l'autre, ont fait l'objet des mêmes observations.

Pour certains revêtements toutes les déterminations utilisées ont été appliquées, pour d'autres une partie seulement à titre de confirmation.

Afin de permettre des comparaisons intéressantes, nous avons également étudié dans certains cas des échantillons provenant des mêmes sols et représentant soit les zones de dégradation éventuelles soit, la matrice de l'horizon où les enduits argileux ont été prélevés.

Nous envisagerons donc successivement la caractérisation granulométrique détaillée, avec fractionnement de l'argile en classe fine : 0-0,2 micron et classe grossière : 0,2-2 microns, la teneur en fer libre, les analyses minéralogiques des argiles, enfin l'analyse chimique totale des fractions fines des échantillons sélectionnés.

Certaines analyses de produits d'illuviation ont déjà été exposées au chapitre précédent ; nous y ferons naturellement référence.

Nous terminerons par l'exposé de quelques résultats complémentaires obtenus par des techniques plus particulières.

L'intérêt de la détermination des surfaces spécifiques sera évoqué, ainsi que l'utilisation de la microscopie électronique : microscope à balayage et microsonde.

#### 4.42 DONNEES GRANULOMETRIQUES ET FER LIBRE

Nous présentons dans le tableau suivant les résultats de l'analyse granulométrique et du dosage du fer libre pour un certain nombre d'échantillons caractéristiques.

Ils correspondent à des revêtements d'illuviation primaire caractérisant des sols bruns lessivés et lessivés (6 premières lignes), à des produits correspondant à des sols en voie de dégradation (2 suivantes), et à des revêtements typiques d'illuviation secondaire (5 dernières lignes).

Les résultats de l'analyse granulométrique, sont présentés en pourcentage relatif de l'argile fine (0-0,2 microns) et de l'argile grossière (0,2-2 microns).

#### - CARACTERISATION DES REVETEMENTS -

	Granulométrie ( $\mu$ ).					Répartition de l'argile (%)		Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
	0-2	2-10	10-20	20-50	> 50	0-0,2	0,2-2	
V.14	65.1	5.3	3.5	24.4	1.7	75	25	3.17
V.10	64.5	5.2	6.1	21.7	2.5	72	28	2.40
H.16	57.0	8.7	8.9	25.6	1.8	72	28	2.27
V.3	52.4	6.8	8.8	30.0	2.2	70	30	2.77
V.2	52.2	8.5	10.3	26.8	2.2	65	35	2.43
V.5	41.0	13.6	6.8	33.8	4.8	64	36	2.49
R.24	52.0	6.8	9.4	28.5	3.3	68	32	2.15
R.32	49.8	8.6	8.6	29.7	3.3	62	38	2.47
M.15	32.6	16.3	11.4	37.3	2.4	48	52	0.28
M.30	31.9	11.8	15.1	36.7	4.5	54	46	0.41
M.31	28.9	9.9	14.8	42.8	3.6	50	50	0.31
M.32	31.0	9.8	16.3	40.2	2.7	57	43	0.39
C.T.22	37.3	10.0	15.7	34.7	2.3	60	40	0.46



On constate immédiatement la teneur en argile très importante des revêtements primaires par rapport aux prélèvements effectués dans les sols dégradés : 40 à 65 % dans le premier cas contre 30 à 33 dans le second. Ceci confirme la présence importante de fractions limoneuses dans le dernier type et l'interstratification fréquente que l'on y observe en lames minces.

L'analyse de la répartition des argiles met également en évidence la nette dominance de la fraction la plus fine dans le cas de l'illuviation primaire, tandis que les revêtements secondaires présentent des quantités pratiquement égales des deux fractions.

En ce qui concerne le fer libre, les différences sont particulièrement spectaculaires, passant de plus de 2,5 % dans le premier cas, à moins de 0,50 % dans le second. Ceci correspond naturellement à l'influence du milieu réducteur dans les sols dégradés hydromorphes, qui provoque une deferrification très nette des produits colloïdaux de déplacement.

La différence de coloration très visible des deux types de cutanes observés au microscope en est bien évidemment une conséquence. Au demeurant, la perte de biréfringence progressive enregistrée pour les revêtements hydromorphes pourrait éventuellement être liée à la diminution du pourcentage en argile fine que nous avons constatée.

Ces résultats confirment et précisent les hypothèses avancées précédemment par différents auteurs concernant la migration préférentielle d'argiles très fines (Crossman - 1959 - Tuol et hole - 1959-1961 - Duchaufour - 1968).

#### 4.43. ANALYSES MINÉRALOGIQUES

Les fractions argileuses des revêtements dont nous venons de commenter l'analyse granulométrique et les teneurs en fer libre ont fait l'objet de déterminations minéralogiques par diffractométrie aux rayons X.

Les différents traitements que nous avons utilisés pour obtenir les résultats déjà commentés antérieurement ont été appliqués.

De manière à compléter notre matériel, d'autres prélèvements, dont il ne nous a pas été possible de déterminer la composition granulométrique, ont également été analysés :

- revêtements primaires : CR 23 - V17
- revêtements secondaires : CT 11

D'autre part, pour faciliter nos interprétations, d'autres échantillons particuliers empruntés aux mêmes profils ont été analysés pour quelques cas.

De cette façon nous avons traité quelques matrices : V17 - V10 - V2 - CT22 - M31 - M32 - et deux échantillons provenant de plages dégradées : V10 - CT22.

Nous ferons, au cours de ce chapitre, références à des résultats déjà exposés précédemment et concernant certains échantillons faisant partie de profils typiques étudiés en détail au chapitre 4.3.

En fin de chapitre nous commenterons quelques résultats de déterminations de surfaces spécifiques.

#### 4.43.1. SOLS BRUNS LESSIVES

Les échantillons provenant de trois sols typiques caractérisent ce stade. Nous présenterons les résultats du profil V14, ceux des profils CR23 et V3 sont présentés en annexe.

##### - PROFIL V14 -

###### Revêtements.

Les revêtements auxquels nous avons affaire ici sont typiques d'une illuviation primaire, avec dominance d'argile fine et teneur en fer libre importante comme nous l'avons vu plus haut.

###### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

L'échantillon Mg montre une réflexion très large centrée sur 14 Å, quelques traces s'observent vers 7,2 Å. Le traitement au glycol provoque un léger déplacement vers des distances basales plus grandes. A 250° une réflexion à 10 Å se dessine et s'accroît à 400° et 550° tout en demeurant très large.

Après traitement K une réflexion large à partir de 10 Å est présente. Le chauffage à 250° provoque une fermeture très faible, la réflexion à 10 Å se dessinant faiblement ; à 400° et 550° cette réflexion est mieux marquée, mais la fermeture reste très incomplète.

###### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

Le diagramme Mg montre une réflexion très large à 14 Å, avec d'autres assez bien marquées à 7,2 et 3,34 Å. L'échantillon glycolé montre un déplacement relativement faible avec maximum vers 15 Å. Les chauffages ne provoquent qu'une fermeture très partielle des minéraux. Aucune réflexion n'est à 10 Å après 250°, un palier se présente à 400° ; il faut atteindre 550° pour voir se dessiner une réflexion assez mal différenciée à 10 Å. La fermeture est donc très mauvaise.

L'échantillon K présente une réflexion large à partir de 10 Å, ce pic étant cependant mieux différencié que sur les autres diffractogrammes. A 250° cette réflexion à 10 Å s'améliore ; elle s'accroît encore légèrement après chauffage à 400°, ainsi qu'à 550°, tout en demeurant très incomplète.

###### Conclusions.

La caractéristique principale de ces déterminations est la très mauvaise fermeture des minéraux après chauffage, ce qui incite à penser à une quantité importante de minéraux interstratifiés. Le gonflement au glycol est cependant assez peu important.

La fraction fine contient donc vraisemblablement une dominance de minéraux interstratifiés à 10-14 Å, ainsi qu'un peu de kaolinite.

La fraction grossière présente une quantité plus importante de kaolinite ainsi que du quartz. L'illite ne semble pas présente en quantité notable.

#### 4.43.2. SOLS LESSIVÉS

Trois sols ont été retenus pour illustrer ce stade d'évolution, dont le degré de développement est progressif : V5 - V17 - V10. Un quatrième, V2 est présenté en annexe.

##### - PROFIL V5 -

###### Revêtements.

Ces revêtements proviennent d'un profil de sol lessivé caractéristique de la partie sud de la Thiérache. Nous en avons donné l'analyse granulométrique plus haut.

###### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

On note sur le diagramme Mg une réflexion très large à maximum vers 14/16 Å, une autre à 10 Å plus ou moins bien différenciée, deux autres à 7,2 et 3,34 Å. Le gonflement au glycol est très net jusqu'à 17 Å et plus. La fermeture au chauffage reste incomplète à 250°, elle est plus avancée à 400 et 550°.

Le traitement K fournit un diagramme où une réflexion large à 10 Å et plus est présente, avec un maximum relativement net à 10/12 Å. La fermeture est légère à 250°, elle est presque complète à 400°, avec cependant une réflexion très large ; on note peu de changement à 550°.

###### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

L'échantillon Mg montre une réflexion très large à partir de 12 Å et maximum vers 14/16 Å ; un pic à 10 Å est assez net, d'autres vers 7,2 et 3,34 Å sont très nets. Le traitement au glycol provoque un gonflement assez net à 15 Å et plus, avec différenciation marquée à 10 Å. La fermeture est marquée à 250°, très nette dès 400°.

L'échantillon K montre une réflexion bien différenciée à 10 Å, tandis que la fermeture est bonne au chauffage dès 250°.

###### Conclusions.

Il faut noter une cristallinité moyenne des échantillons. La fraction grossière contient essentiellement du quartz, de la kaolinite, de l'illite et des minéraux gonflants du type montmorillonite. Une dominance de ce dernier type avec des traces de quartz et de kaolinite caractérise la fraction fine.

##### - PROFIL V17 -

###### Revêtements - Matrice.

Ici également, il nous a semblé intéressant de prélever deux types d'échantillons particuliers : revêtements argileux et matrice des agrégats de l'horizon B<sub>2</sub>t.

VERVINS 14  
Revêtements

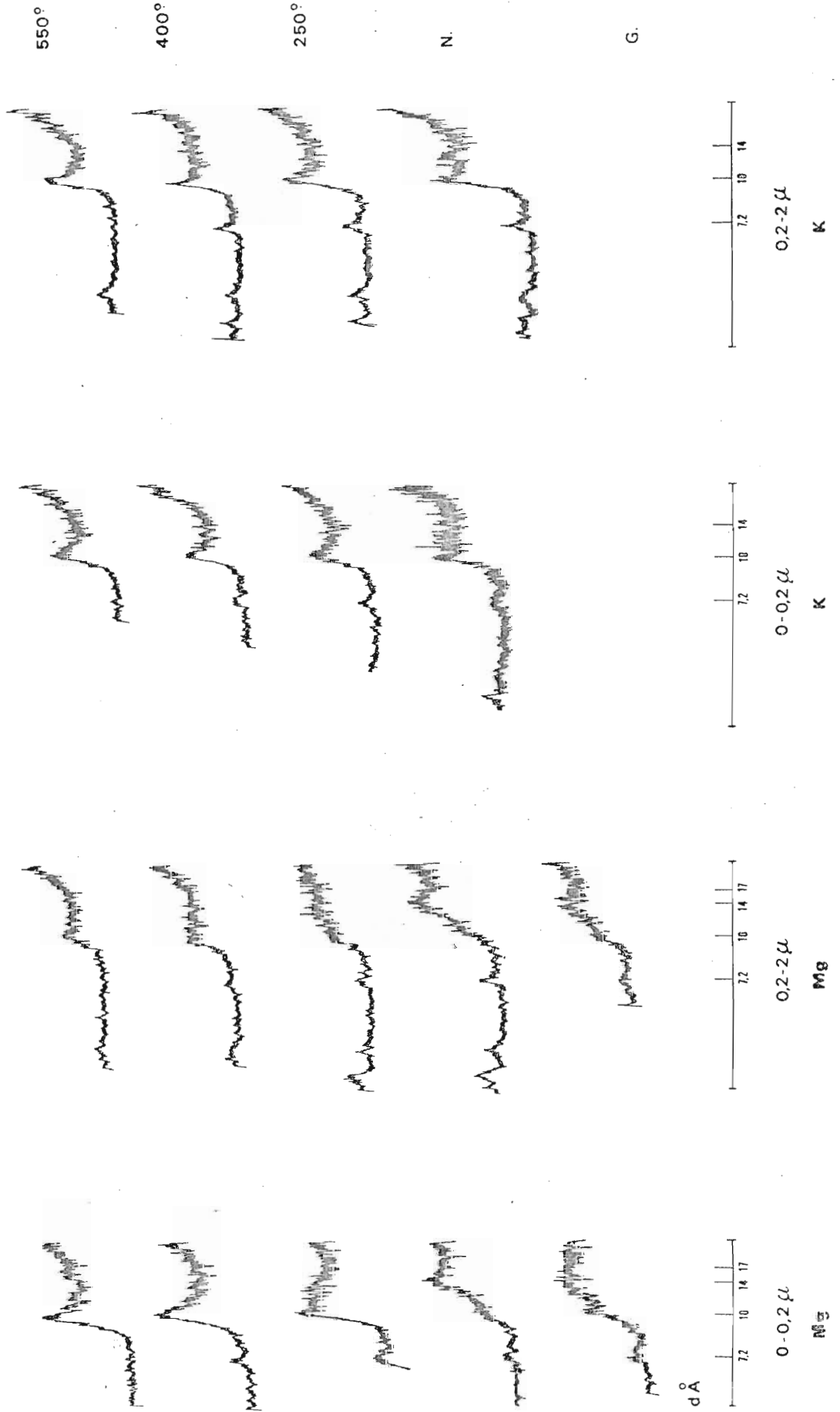


Fig. 75



VERVINS 5  
Revêtements

550°

400°

250°

N.

G.

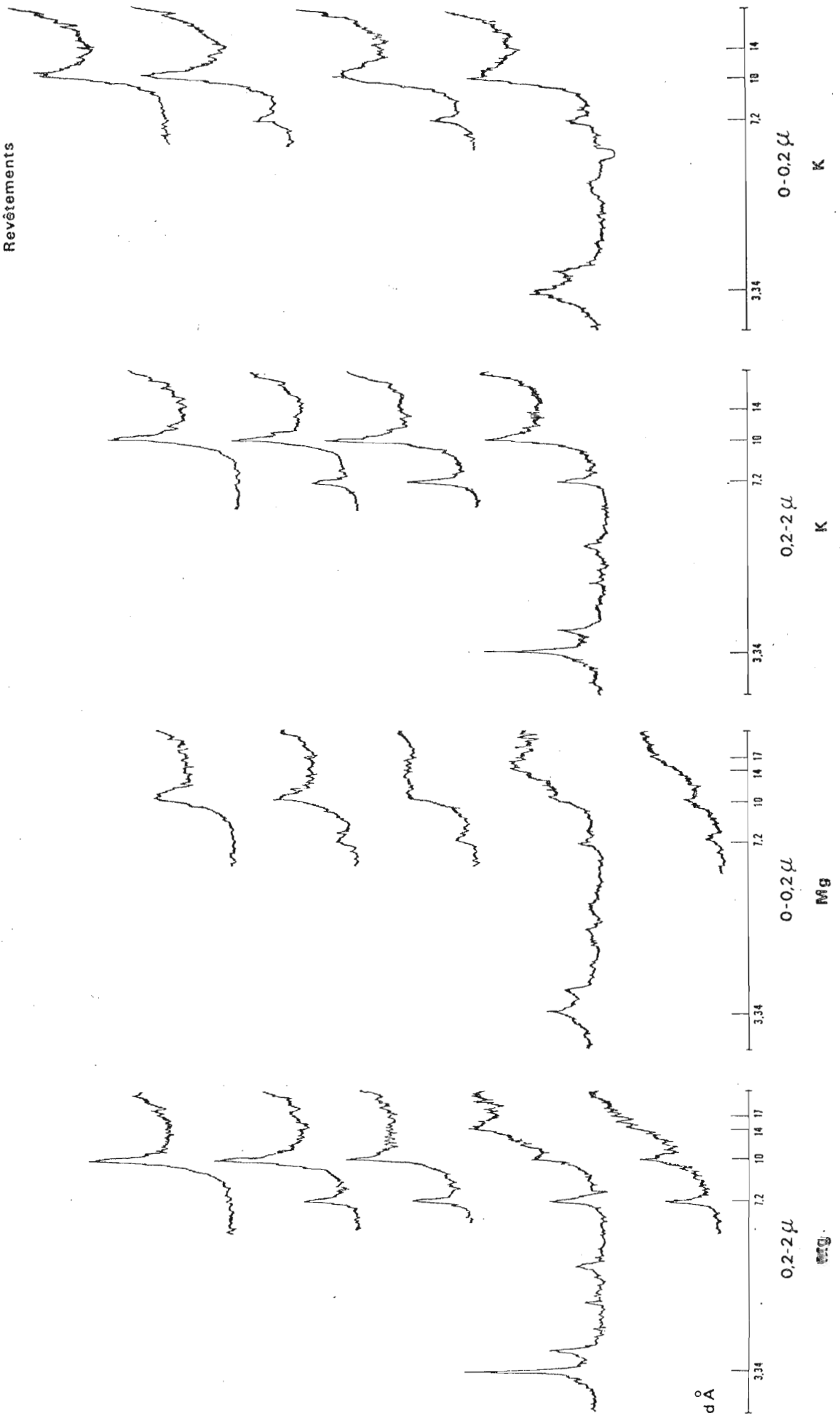


Fig. 76



VERVINS 17  
Revêtements

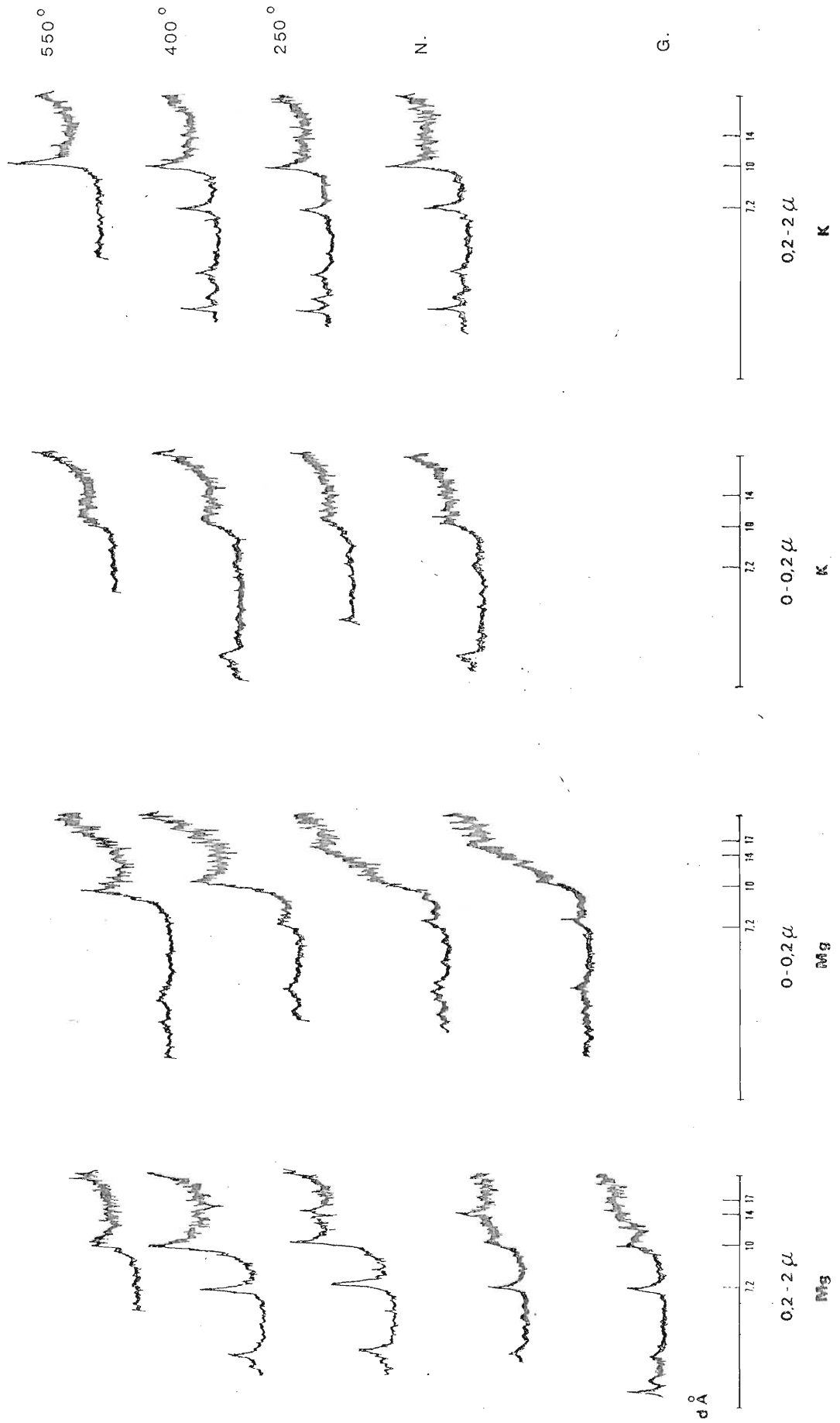


Fig. 77





VERVINS 17

Matrice

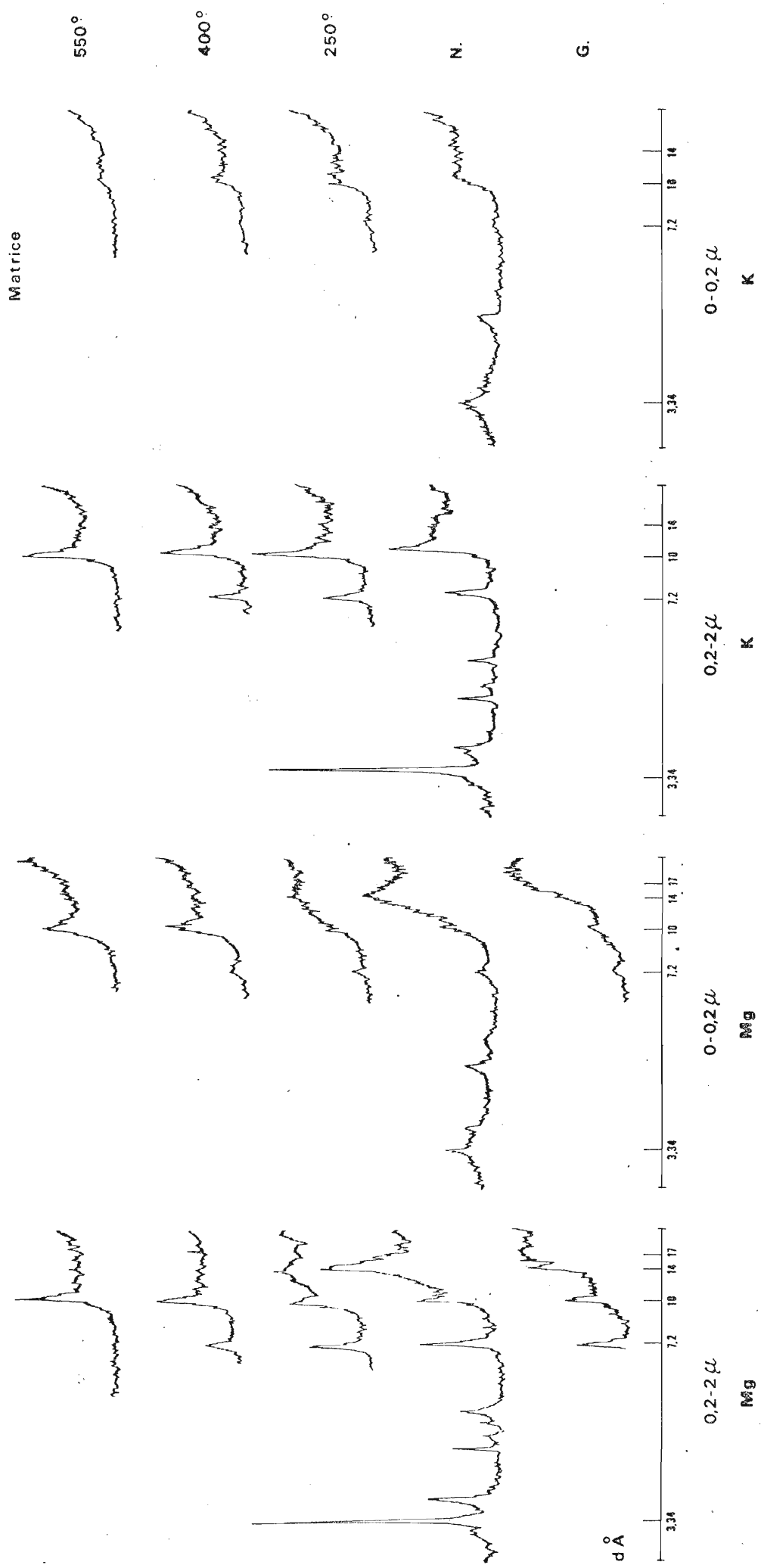


Fig. 78



### Revêtements.

#### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

L'échantillon Mg donne une réflexion très large à partir de 14 Å. Rien de bien discernable n'apparaît après gonflement au glycol. Le chauffage à 250° provoque une fermeture très faible, qui s'améliore assez nettement à 400 et 550°.

Après traitement au potassium une réflexion très large à partir de 10 Å apparaît. Le chauffage ne provoque pratiquement pas de fermeture, même à 550°.

#### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

Le diffractogramme Mg montre une réflexion très large à partir de 10 Å, avec un pic plus intense à 14 Å, ainsi que d'autres à 7,2 et 3,34 Å. Le glycol provoque un léger déplacement vers des distances basales plus grandes, avec différenciation d'un pic, faiblement marqué, à 10 Å. Le chauffage progressif amène une fermeture très incomplète, même à 550°.

L'échantillon K montre une réflexion assez nette à 10 Å, avec extension vers 14, ainsi que la présence de quartz et kaolinite. Les résultats du chauffage sont les suivants : - à 250° : fermeture assez nette - à 400° : réflexion intense à 10 Å, fermeture quasi complète - à 550° : pas de modification sensible.

### Matrice.

#### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

On note, après traitement Mg, une réflexion large à 14 Å, avec un pic léger à 10 Å ; des traces sont présentes à 7,2 et vers 3,3 Å. Le glycol provoque un gonflement jusqu'à 16/17 Å. Le chauffage à 250° montre un étalement de la réflexion ; à 400° la fermeture est incomplète avec apparition d'une réflexion à 10 Å ; à 550° on ne note aucune variation.

Le diffractogramme K montre une réflexion très large à 10 Å et plus. Le chauffage ne provoque pratiquement aucun changement jusqu'à 550°.

#### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

Des réflexions nettes à 14, assez nettes à 10, 7,2 et 3,34 Å sont présentes sur le diagramme de l'échantillon Mg. Le traitement au glycol provoque un déplacement avec maximum vers 17/18 Å. On observe, au chauffage : - à 250° : un étalement avec réflexion peu marquée à 14 et 10 Å - à 400 et 550° : une fermeture incomplète avec traces très légères à 14 Å.

L'échantillon K montre une réflexion à 10 Å assez bien différenciée, avec traces de quartz et kaolinite. Le chauffage provoque une assez bonne fermeture dès 250°, sans changement notable à 400 et 550°.

### Conclusions.

Revêtements. Dans la fraction fine se trouvent vraisemblablement des minéraux intergrades gonflants, tandis que l'argile grossière contient en plus de l'illite, de la kaolinite et du quartz.

Matrice. Les résultats sont assez analogues, avec cependant une meilleure différenciation de l'illite et de la kaolinite dans l'argile grossière.

- PROFIL V10 -

Revêtements - Dégénération - Matrice.

Ce profil a été étudié en détails au chapitre précédent. Rappelons qu'il représente un stade de transition vers les sols plus évolués, du type dégradé, que nous allons traiter dans les pages qui suivent.

Revêtements argileux.

Fraction 0-0,2  $\mu$ .

On distingue sur le diagramme Mg une réflexion large, en bande, avec maximum à 14 Å et peu de différenciations à 10 et 7,2 Å. Le gonflement provoque un déplacement vers 16 Å, avec un léger maintien à 14 Å, apparaissant après traitement au citrate.

Le traitement K montre une réflexion large à partir de 10 Å. Les chauffages provoquent une fermeture progressive mais toujours très incomplète. Notons l'apparition d'un petit maximum à 14 Å après chauffage à 400°.

Fraction 0,2-2  $\mu$ .

L'échantillon Mg montre un maximum très marqué à 14,5 Å, une réflexion légèrement différenciée à 10 et des traces peu nettes à 7,2 et 3,34. Le traitement au glycol provoque un étalement du pic à partir de 14 vers des distances basales plus grandes. Le traitement au citrate permet l'apparition d'une réflexion peu nette vers 14/16 Å.

L'échantillon traité au KCl montre une réflexion très large à 10 Å et au-dessus, avec un maximum faiblement marqué à 10/11 Å ; des traces sont discernables vers 7,2 et 3,3 Å. Le chauffage à 250° amène une fermeture partielle qui ne semble plus se modifier aux températures supérieures.

Dégénération.

Fraction 0-0,2  $\mu$ .

L'examen du diffractogramme Mg montre une réflexion faible à 7,2 Å et un maximum à 14 Å, assez flou, étalé, sans séparation nette à 10 Å. Le traitement au glycol provoque un déplacement de 14 à 16-18 Å. Le chauffage à 250° nous montre un étalement vers 10 Å, sans maximum bien marqué, à 400° la fermeture reste toujours partielle, à 550° elle est plus prononcée mais cependant toujours très incomplète.

Le traitement au potassium donne un diffractogramme où une réflexion floue à maximum vers 10/12 Å est présente ainsi qu'un pic peu marqué à 7,2 Å. Les chauffages successifs à 250, 400 et 550° n'amènent qu'une fermeture très partielle.

Fraction 0,2-2  $\mu$ .

L'échantillon Mg montre un pic excessivement net à 14 Å, un autre bien exprimé à 10, deux autres bien délimités à 7,2 et 3,34 Å. Le traitement glycol permet de discerner une partie différenciée à 14 avec gonflement irrégulier jusqu'à 20 Å avec deux petits maxima à 16 et 18 Å. Le chauffage provoque une fermeture entre 10 et 14 Å, avec une réflexion très nette à 14 Å. A 400 et 550° on constate une fermeture très avancée, mais des réflexions à 14 et 12 Å restent présentes.

Le traitement K permet de discerner essentiellement une réflexion très nette à 10, une autre modérée à 14 Å. Au chauffage, la réflexion à 14 Å se maintient légèrement à 250 et 400°.

-SBL-  
VERVINS 10  
Revêtements

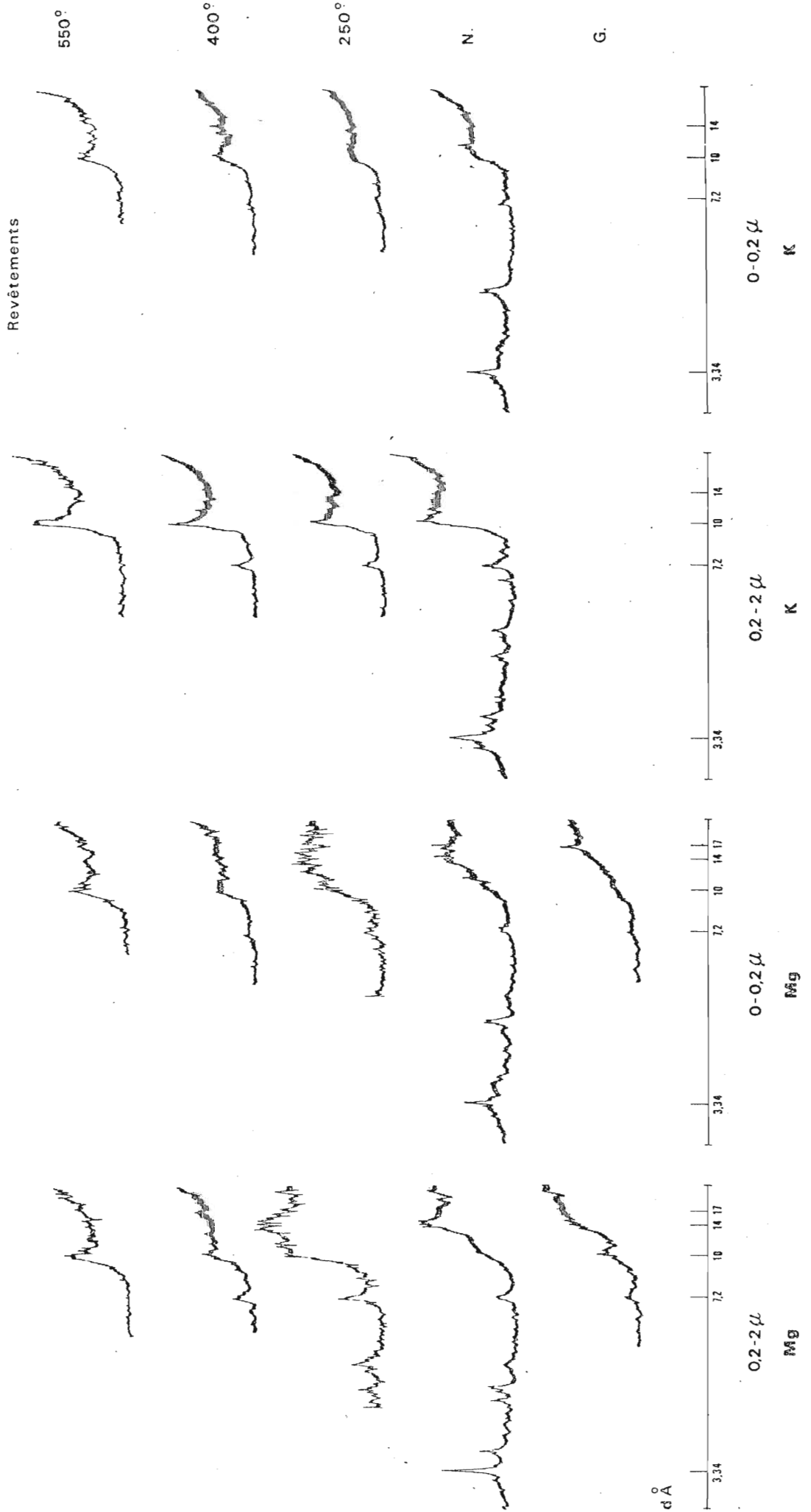


Fig. 79



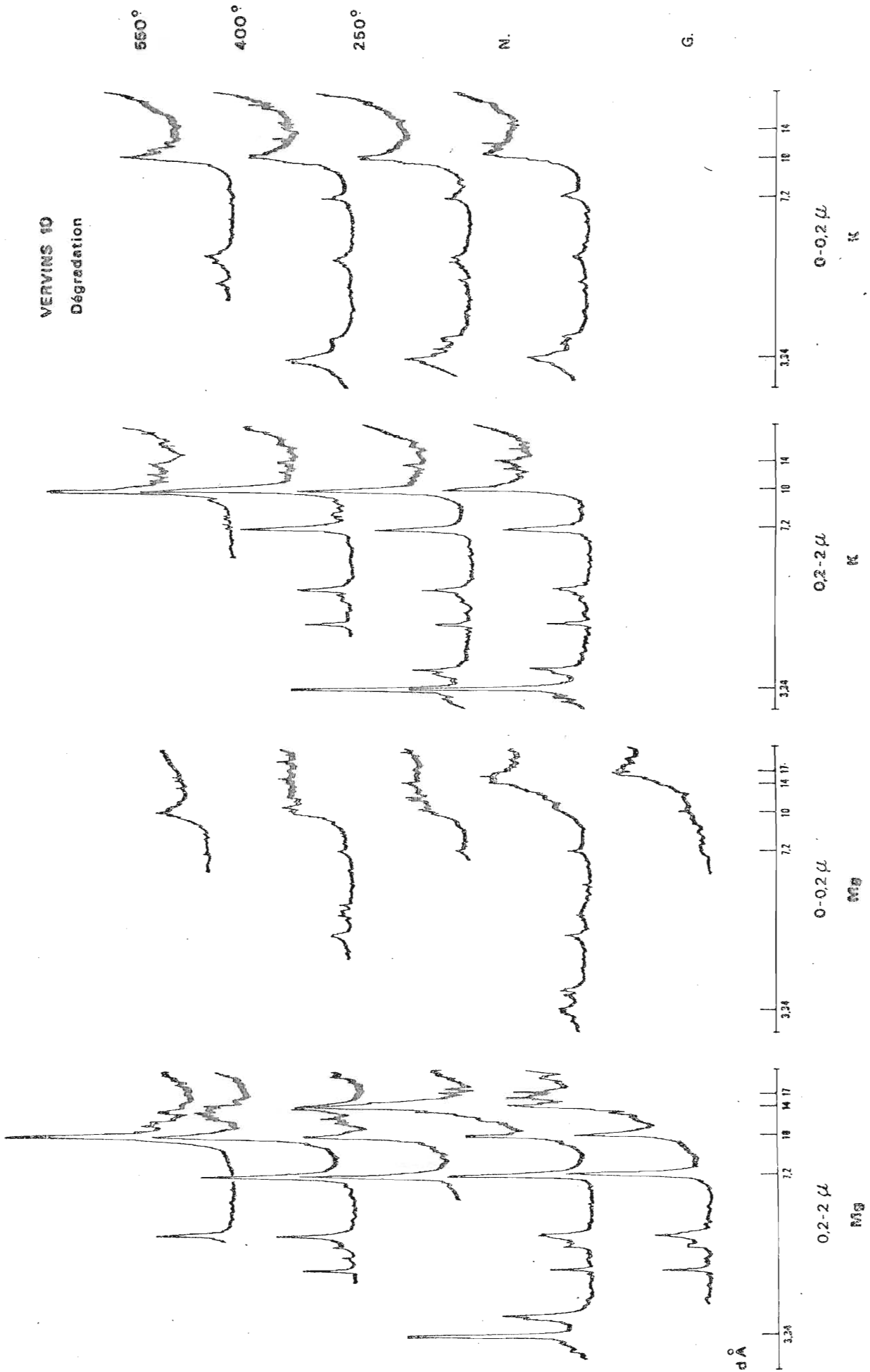


Fig. 80





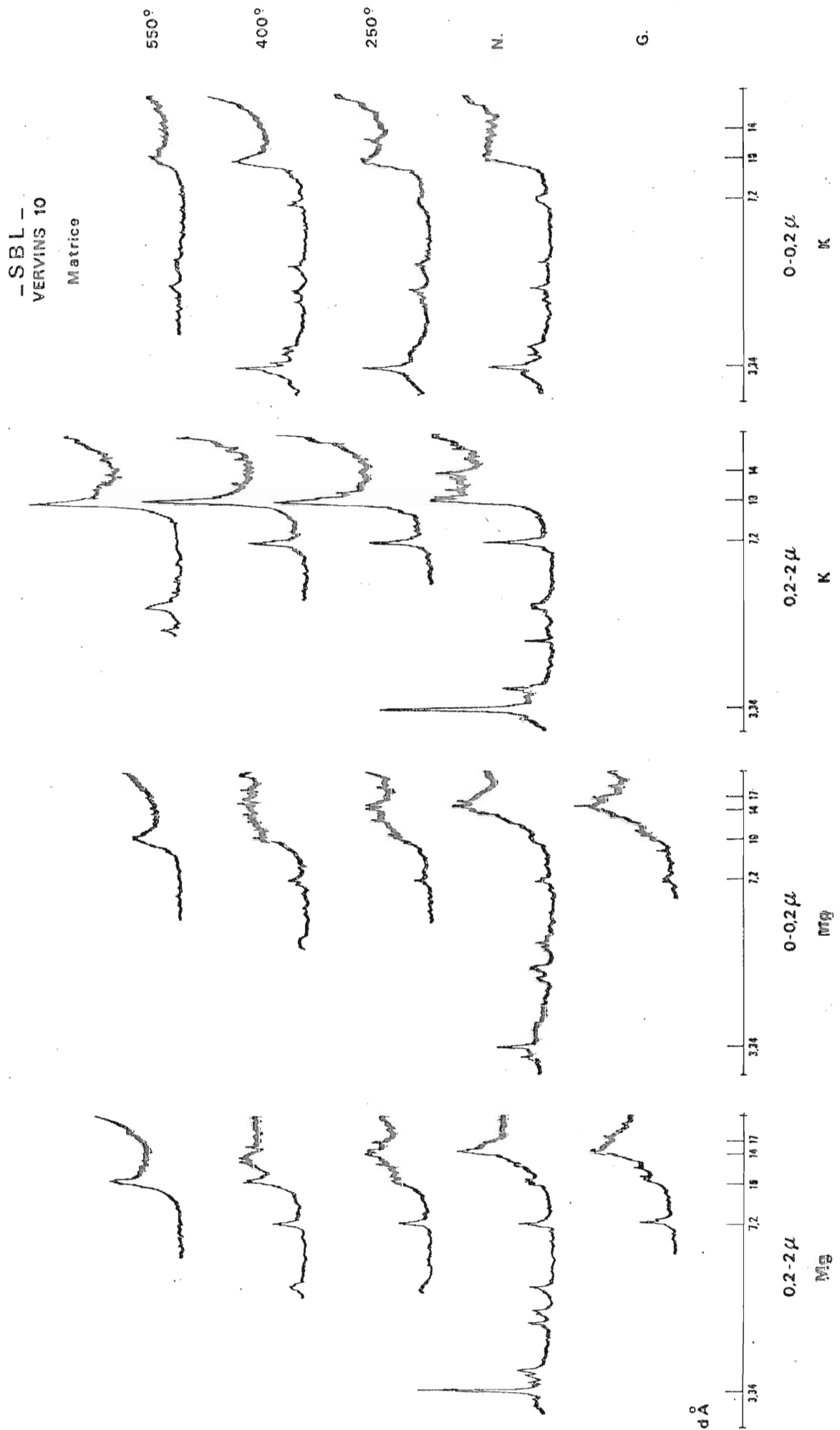


Fig. 81



### Matrice.

#### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

On constate tout d'abord la présence d'une réflexion très large à 14/15 Å, avec très peu de dissociation à 10 Å. Le glycol ne provoque pratiquement pas de gonflement. Au chauffage se présente un maximum à 14/15 Å malgré une légère fermeture qui va en s'accroissant à 400° ; à 550° la fermeture est très incomplète sur 10 Å.

Au potassium, une réflexion très large et floue apparaît vers 10 Å et plus. Le chauffage provoque une faible fermeture à 250°, qui s'accroît à 400° tout en demeurant incomplète. On note à 550° une fermeture moins bonne qu'à 400°, ce qui constitue une particularité.

#### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

L'échantillon Mg se présente de manière assez analogue au précédent, la réflexion à 14 Å étant cependant un peu plus nette. Peu de gonflement s'observe au traitement glycol, tandis que le chauffage provoque à 250° une légère fermeture avec maintien à 14/15 Å d'un maximum relatif. A 400° la fermeture est plus prononcée avec dissociation à 10 Å et réflexion large à 14. A 550° la fermeture est pratiquement complète sur une réflexion à 10 Å étalée cependant à la base.

Le traitement K montre une réflexion large avec deux maxima à 10 et 14 Å, et deux réflexions nette et très nette respectivement à 7,2 et 3,34 Å. Le chauffage à 250° amène une bonne fermeture avec cependant une faible réflexion à 14 Å, tandis qu'à 400° et 550° la fermeture est meilleure encore, avec disparition des traces à 14 Å.

### Conclusions.

Revêtements argileux. La fraction 0-0,2  $\mu$  comporte des quantités assez faibles de kaolinite et de quartz, relativement peu d'illite, mais une quantité assez importante de minéraux gonflants du type 2/1.

La kaolinite, le quartz et l'illite sont plus abondants dans la fraction grossière, toujours associés à des minéraux gonflants.

Dégradation. La fraction fine contient peu de kaolinite, mais essentiellement des minéraux gonflants intergrades du type montmorillonite.

La fraction grossière est riche en quartz, kaolinite, illite, et présente, à côté d'une certaine quantité de minéraux gonflants, un minéral à 14 Å du type vermiculite alumineuse ou chlorite secondaire.

Matrice. Très peu de minéraux gonflants sont présents dans les deux fractions envisagées.

Kaolinite et illite sont présentes, particulièrement dans la fraction grossière, accompagnées par un minéral à 14 Å non gonflant.

Ces déterminations nous confirment donc une certaine évolution de ce sol au plan minéralogique, déjà évoquée plus haut (cf. 4.31.).

Kaolinite et illite sont présentes dans tous les échantillons, en moindres proportions cependant dans l'argile fine, et ce particulièrement dans les revêtements argileux. Des minéraux intergrades gonflants sont présents, en faible quantité cependant dans la matrice.

Un minéral à 14 Å non gonflant se retrouve pratiquement partout, peut-être s'agit-il d'un peu de chlorite héritée.

Enfin, l'horizon A<sub>2</sub> et les petites plages de dégradation montrent la formation peu avancée d'intergrades du type vermiculite A1.

#### 4.43.3. SOLS LESSIVES À PSEUDOGLEY

Les échantillons des profils R32 et CT11 ont été analysés. Ce sont des sols qui présentent des caractères bien affirmés d'hydromorphie, avec un début de dégradation de l'horizon argillique.

Les résultats correspondant aux revêtements du profil CT11 sont présentés en annexe.

#### - PROFIL R32 -

##### Revêtements.

Les revêtements du profil Rozoy 32 sont très peu déferrifiés malgré un début d'hydromorphie du profil qui représente un sol lessivé à pseudogley de profondeur.

##### Fraction 0-0,2 μ.

L'échantillon Mg présente une réflexion très nette à 14/15 Å, avec une légère inflexion à 10 et des traces à 7,2 et 3,3 Å. Le traitement au glycol provoque un déplacement net à 17 Å et plus. Un étalement s'observe à 250°, à 400° la réflexion à 10 est distincte, la fermeture est modérée.

Après traitement au potassium se présente une réflexion large à partir de 10, mais avec maximum bien dessiné à 10 Å. Le chauffage à 250° provoque une fermeture très avancée, à 400 et 550° l'amélioration est faible.

##### Fraction 0,2-2 μ.

Le diagramme Mg montre une réflexion très nette à 14 Å, une faible différenciation à 10, et des pics bien dessinés à 7,2 et 3,34 Å. Le traitement au glycol provoque un déplacement très net avec un maximum à 16/17 Å. A 250° un étalement ne marque pas d'inflexion notable à 10 Å, à 400° la fermeture est pratiquement complète ; pas de changement sensible à 550°.

Le diffractogramme K présente une réflexion très nette à 10, d'autres correspondant au quartz et à la kaolinite. Le chauffage à 250° provoque une fermeture pratiquement complète, à 400 et 550° on ne note plus aucune modification particulière.

##### Conclusions.

La fraction fine semble donc contenir essentiellement des minéraux gonflants du type montmorillonite, avec très peu d'illite, de kaolinite et de quartz.

La fraction grossière contient moins de minéraux gonflants mais plus d'illite, de kaolinite et de quartz.

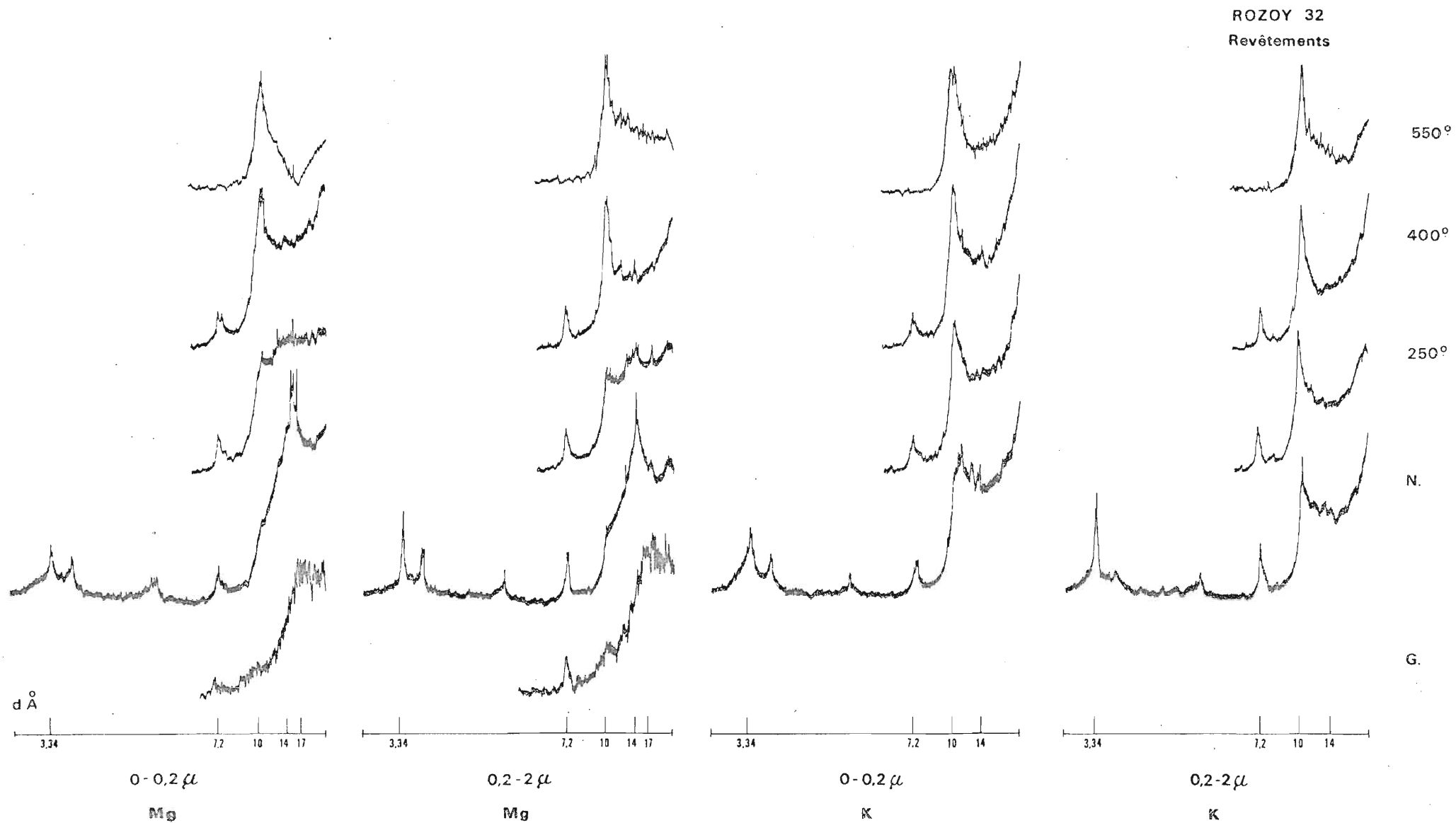


Fig. 82



#### 4.43.4. SOLS LESSIVES GLOSSIQUES

Les profils Montmirail 31, 32 et 15 (M31, M32, M15) ainsi que Château-Thierry 22 (CT22), ont été étudiés en détails au chapitre précédent. Nous allons pouvoir préciser nos premières interprétations minéralogiques grâce à l'analyse des échantillons complémentaires prélevés. Les données du profil M15 sont présentées en annexe.

##### - PROFIL M31 -

##### Revêtements - Matrice.

Le profil Montmirail 31 est très fortement évolué, il représente un des stades les plus dégradés que nous avons pu observer.

Les échantillons étudiés correspondent à des revêtements d'illuviation secondaire et à la matrice qui leur est liée dans le profil.

##### Revêtements.

##### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

Le diffractogramme Mg montre une réflexion très large à partir de 10 Å, avec maximum à 13/14 Å. Le gonflement au glycol provoque le déplacement très net à 17 Å et plus, avec maximum relatif à 17 Å. Les chauffages à 250, et 400° n'amènent pratiquement pas de fermeture.

Le diagramme K est très peu différencié, on observe un étalement progressif à partir de 10 Å, ainsi que des traces à 3,34 et vers 7 Å.

##### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

L'échantillon fournit un diagramme Mg où une réflexion très large à 10 Å et plus est présente ; on observe un maximum très net à 10 et un autre moins bon à 14 Å ; des réflexions à 7,2 et 3,34 Å sont également très nettes. Le traitement au glycol montre un déplacement à 17 Å et plus, avec un léger accident à 14 Å.

Les chauffages apportent les modifications suivantes : - à 250° : fermeture légère sur 10 Å, avec un maximum très net à 14 Å - à 400° : le maximum à 14 Å disparaît - à 550° : la fermeture est partielle sur 10 Å.

Le diagramme K montre une réflexion assez nette à 7,2 et 10 Å et très nette à 3,34 Å.

##### Matrice.

##### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

L'échantillon Mg fournit un diagramme à réflexion large centrée sur 15/16 Å, sans différenciation à 10, avec traces de quartz et kaolinite. Le traitement au glycol provoque un déplacement relativement peu important vers 16 à 18 Å. Après chauffage à 250° on observe un étalement avec maximum relatif vers 13/15 Å ; à 400° la fermeture s'ébauche avec apparition d'une réflexion à 10 Å ; à 550° la fermeture est meilleure mais toujours très incomplète.

Le diffractogramme K montre une réflexion à partir de 10 Å. Les chauffages à 250° et 400° provoquent une fermeture sur un maximum à 10 Å ; à 550° la fermeture est meilleure. Remarquons qu'après un chauffage de deux heures à 550° un élargissement de la réflexion à 10 Å apparaît.



### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

Une réflexion très large à maximum sur 14/15 Å se présente sur le résultat de l'analyse Mg, accompagné d'une réflexion à 10 moyenne et d'autres très nettes à 7,2 et 3,34 Å. Un gonflement jusqu'à 16/18 Å intervient après traitement au glycol, avec différenciation meilleure du pic à 10 Å. Le chauffage à 250° montre le maintien d'un maximum à 14 ; à 400° ce maximum disparaît tandis que la réflexion à 10 Å se marque bien ; à 550° la fermeture est nettement meilleure.

Le diffractogramme K montre un maximum très net à 10 Å, avec réflexion à 7,2 et 3,34 Å. A 250° la fermeture paraît quasi complète.

Remarque : Des traces de feldspaths semblent présentes dans la fraction grossière.

### Conclusions.

Revêtements. La fraction fine semble contenir une majorité de minéraux gonflants très désordonnés, accompagnés de très peu d'illite, kaolinite et quartz. L'argile grossière contient des minéraux gonflants du type montmorillonite, de l'illite, de la kaolinite, du quartz en quantité importante et un minéral du type vermiculite intergrade, probablement aluminose.

Matrice. Ici également des minéraux intergrades partiellement gonflants paraissent constituer la majorité de la fraction fine, en association avec de faibles quantités d'illite, kaolinite et quartz.

La fraction grossière contient des minéraux gonflants, de l'illite, de la kaolinite, du quartz et un peu de vermiculite Al.

### - PROFIL M32 -

#### Revêtements - Matrice.

Ce profil est un des plus dégradés que nous ayons étudiés.

Deux types d'échantillons ont été prélevés : revêtements argileux et matrice. Nous en avons donné les résultats de l'analyse granulométrique et du fer libre dans le premier tableau de ce chapitre.

#### Revêtements.

##### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

Le diagramme Mg montre une réflexion très large à partir de 10 Å, avec un maximum vers 15. Quelques traces de quartz et kaolinite sont présentes. Le diagramme K montre une très légère réflexion à 10 Å s'étalant vers les distances plus grandes ainsi que des traces à 7,2 et 3,34 Å.

##### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

Comme pour la fraction plus fine, une réflexion très large se présente sur le diagramme Mg à partir de 10 Å, avec deux maxima relatifs à 10 et 14,5 Å ; deux autres sont très nettes à 7,2 et 3,34 Å.

Le diagramme K montre une réflexion peu marquée à 10 Å avec un palier vers les distances plus grandes, ainsi que d'autres assez nette à 7,2 et très nette à 3,34 Å. Le chauffage à 550° amène une fermeture partielle avec réflexion assez bonne à 10 Å.

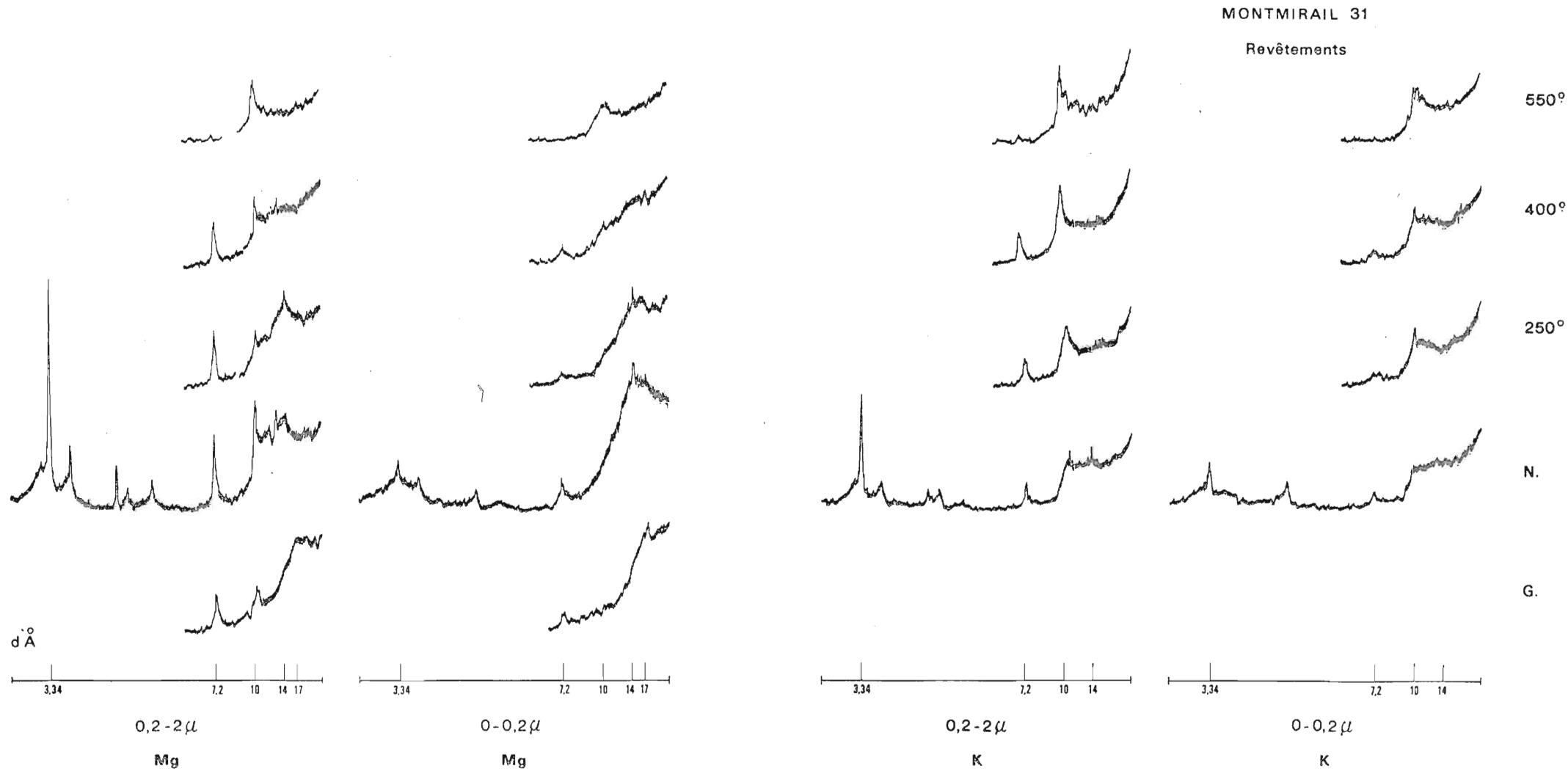


Fig 83



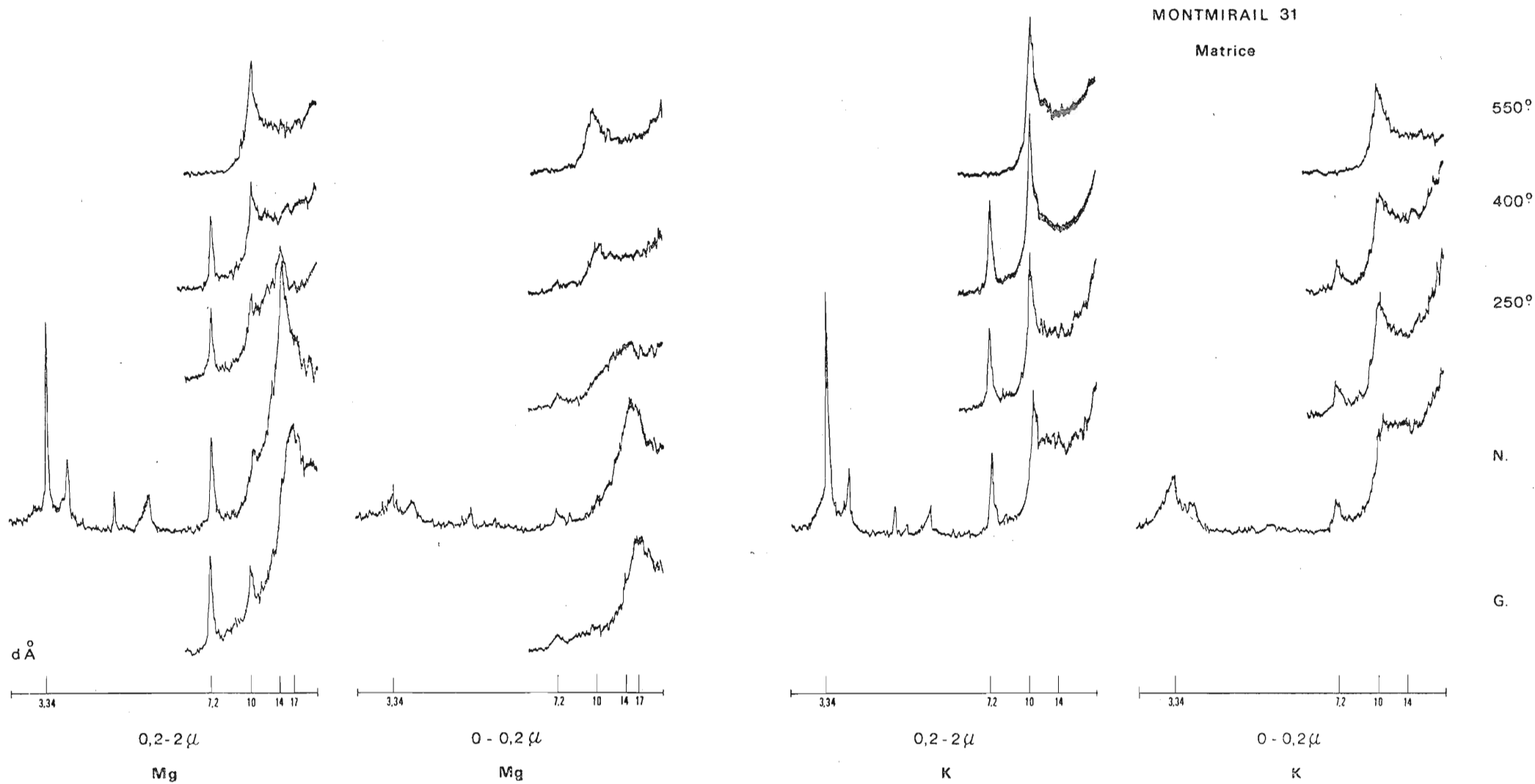


Fig 84



\_ S L G \_  
MONTMIRAIL 32  
Revêtements

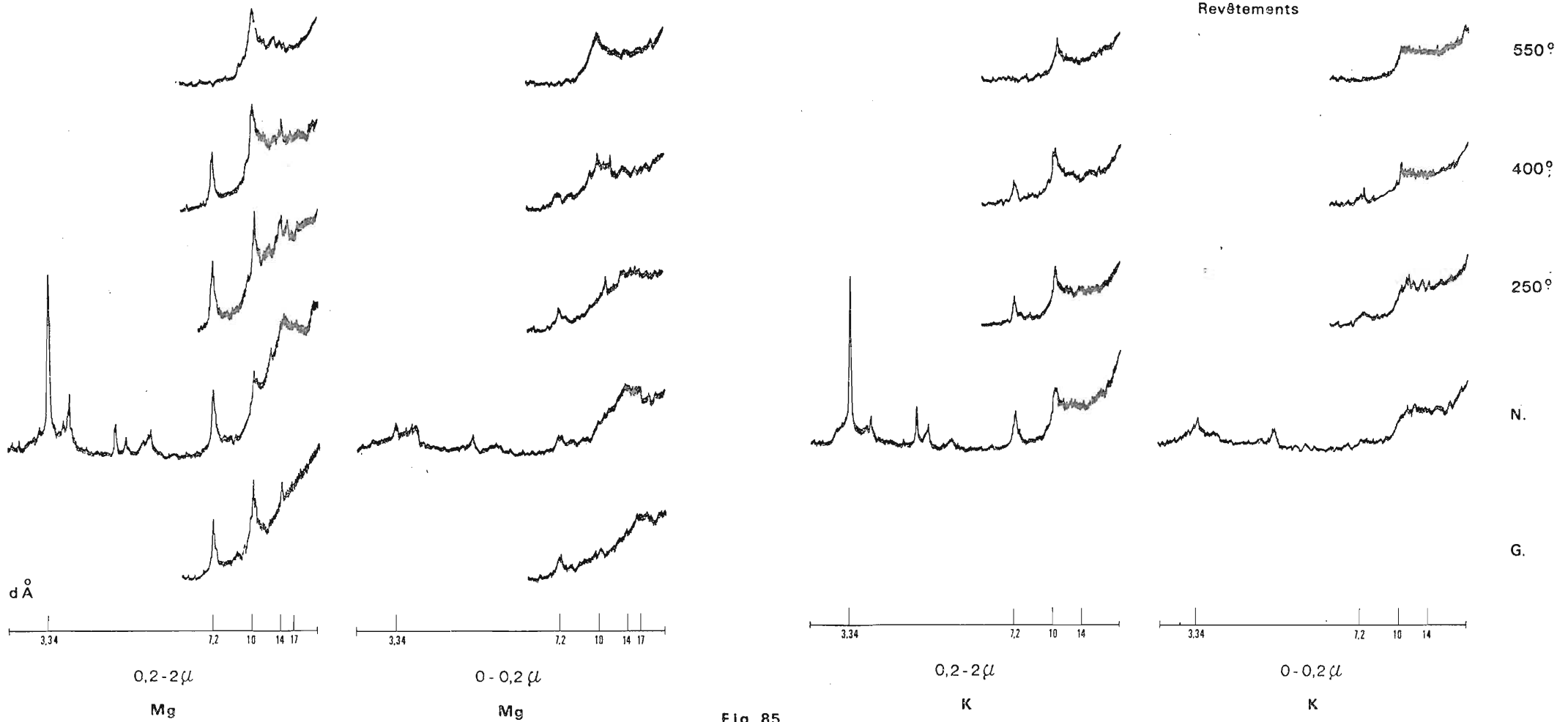


Fig 85



-SLG-  
MONTMIRAIL 32  
Matrice

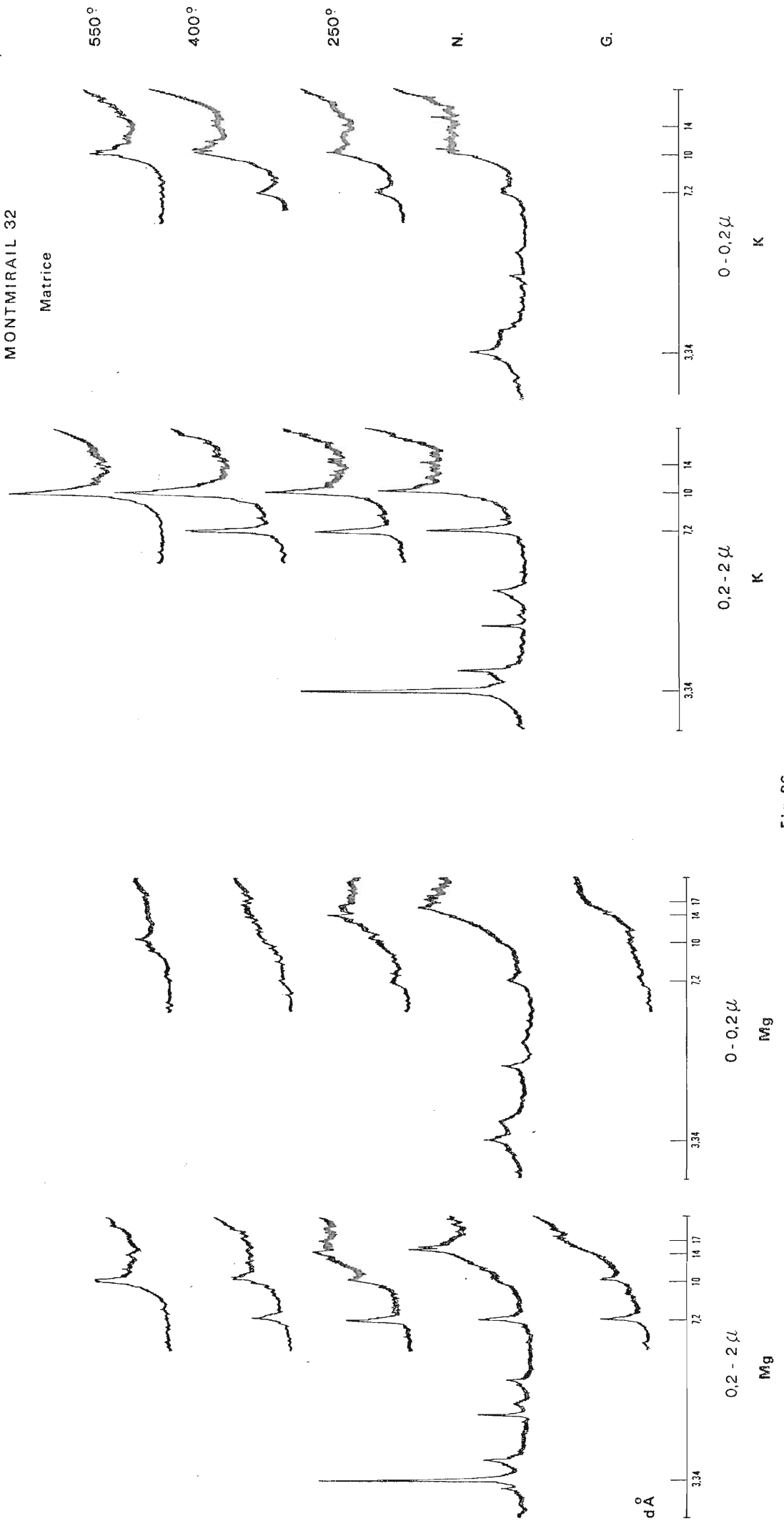


Fig 86





### Matrice.

#### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

L'échantillon Mg montre une réflexion très large à partir de 12 Å, avec maximum peu prononcé vers 15/17 Å ; des traces sont décelables à 7,2 et vers 3,34 Å. Après traitement au glycol on constate un "halo" débutant à 14, avec maximum à 17/18 Å. Le chauffage à 250° provoque peu de changement, le maximum demeurant à 14 Å ; à 400° nous avons un étalement sans maximum prononcé.

Le diagramme K montre une réflexion large à partir de 10 Å, sans maximum prononcé : et avec des traces à 7,2 et 3,3 Å. On observe, au chauffage :  
- à 250° : une légère fermeture, avec début de différenciation à 10 Å - à 400° : une fermeture un peu meilleure, avec une réflexion à 10 plus nette - à 550° : amélioration de la fermeture.

#### Fraction 0,2-2 $\mu$ .

Après traitement Mg, une réflexion très large à partir de 10 Å se présente, mais avec un maximum très net à 14 Å ; d'autres réflexions sont également marquées à 7,2 et 3,34 Å. Un gonflement apparaît après traitement au glycol : étalement avec différenciation à 10 et maximum vers 17/18 Å. Le chauffage à 250° apporte une fermeture légère, avec traces de réflexion à 10 et maximum à 14 Å.

Le diffractogramme de l'échantillon K montre une réflexion large à partir de 10, avec un maximum très net à 10 Å, d'autres réflexions sont nettes à 7,2 et 3,34 Å. Le chauffage à 250° amène une fermeture pratiquement complète.

### Conclusions.

Revêtements. Comme pour les cas précédents l'argile fine contient une dominance de minéraux gonflants avec un peu d'illite, kaolinite et quartz.

L'argile grossière présente nettement plus d'illite, kaolinite, quartz et un peu de vermiculite alumineuse.

Matrice. Intergrades partiellement gonflants, un peu d'illite, kaolinite et quartz caractérisent la fraction fine.

La fraction grossière est constituée par un mélange de minéraux de type montmorillonite, illite, et kaolinite, en mélange avec une quantité assez importante de quartz.

### - PROFIL CT22 -

#### Revêtements - Dégradation - Matrice.

Ce sol lessivé dégradé à pseudogley, à tendance "plansolique", a été étudié de manière détaillée au chapitre précédent. Nous y avons évoqué les caractéristiques d'échantillons particuliers : revêtements hydromorphes, plages de dégradation, matrice.

#### Revêtements argileux.

##### Fraction 0-0,2 $\mu$ .

Le diagramme Mg montre un petit pic à 10 Å, ainsi qu'une réflexion large étalée entre 14 et 18 Å, avec un maximum à 16. Le traitement au glycol provoque un déplacement compris entre 16 et 20 Å, avec un léger maintien à 14.

A 250° on observe un étallement de la réflexion ; à 400° la fermeture est légère mais très incomplète ; elle est plus nette à 550°, la réflexion à 10 Å restant cependant très large. Nous verrons que cette fermeture est beaucoup moins bonne que celle que nous enregistrerons dans la fraction plus grossière.

Le traitement K confirme ce que nous venons d'exposer : mauvaise fermeture sans amélioration particulière aux températures élevées.

#### Fraction 0,2-2 μ.

Réflexions nettes à 3,34 - 7,2 et 10 Å, large entre 14 et 17/18 Å. Au glycol, une partie ne gonfle pas et reste à 14, une autre se déplace à 17 Å. Le chauffage montre : - à 250° : peu de modifications - à 400° : fermeture vers 10 Å - à 550° : fermeture beaucoup plus complète avec réflexion nette à 10 Å.

Le traitement K montre les réflexions du quartz et de la kaolinite, une réflexion large à 10 Å et une petite à 14 Å. Le chauffage à 250° provoque peu de variations : faible fermeture avec maintien de la légère réflexion à 14 Å. A 400° cette dernière a disparu, tandis qu'après 550° la fermeture est incomplète sur 10 Å.

#### Dégradation.

##### Fraction 0-0,2 μ.

Le diffractogramme Mg est très flou, les réflexions du quartz et de la kaolinite sont peu nettes, une réflexion très large se présente à 14,5/15 Å. Le glycol provoque un déplacement vers 16 Å. Après chauffages successifs à 250 - 400 et 550° on constate une fermeture partielle des minéraux.

L'échantillon K montre une réflexion très large à 10 Å et plus, ainsi que d'autres assez faibles à 3,34 et 7,2 Å. La fermeture est très incomplète après les chauffages successifs.

##### Fraction 0,2-2 μ.

Diagramme Mg par contre très clair, avec réflexions très nettes à 7,2 - 10 et 14,5 Å. Le traitement au glycol ne provoque pratiquement aucun gonflement : maximum à 14,5 Å. Le chauffage donne les résultats suivants : - à 250° : fermeture sur une réflexion bien individualisée à 10 Å, maintien très net à 14 Å - à 400° : fermeture de la majeure partie sur 10, traces à 14 Å - à 550° : fermeture plus complète, apparition d'une réflexion plus nette à 14 Å.

Le diffractogramme de l'échantillon K montre des réflexions très nettes à 7,2 et 10 et 14 Å. A 250°, la fermeture est partielle avec réflexion à 14 ; à 400° la fermeture est pratiquement complète, aucune modification n'est décelable après chauffage à 550°.

#### Matrice.

##### Fractions 0-0,2 μ.

Nous constatons une grande analogie avec ce que nous avons observé pour les autres fractions d'argiles fines : peu de quartz, de kaolinite et d'illite, présence d'édifices gonflés désordonnés.

##### Fractions 0,2-2 μ.

Le diffractogramme Mg montre des réflexions nettes à 3,34 - 7,2 et 14 Å, peu différenciée à 10 Å. Le glycol provoque un gonflement très prononcé étalé entre 17 et 10 Å, alors qu'une réflexion à 14 Å est maintenue. Le chauffage provoque un élargissement de la réflexion principale vers 10 Å avec un maximum à 14 cependant maintenu jusqu'à 250°.

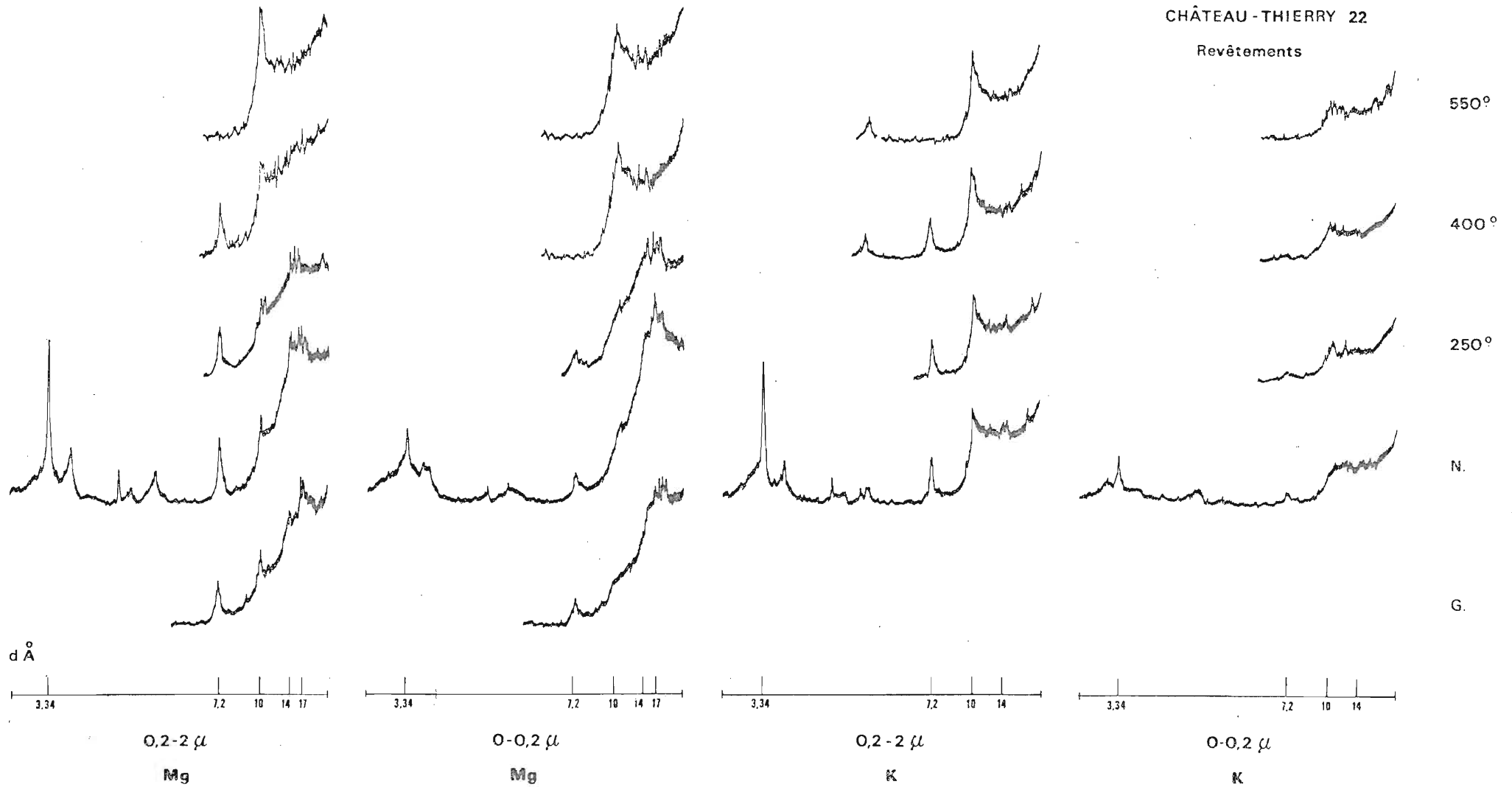


Fig. 87



**\_SLG\_**  
CHÂTEAU-THIERRY 22  
Dégradation

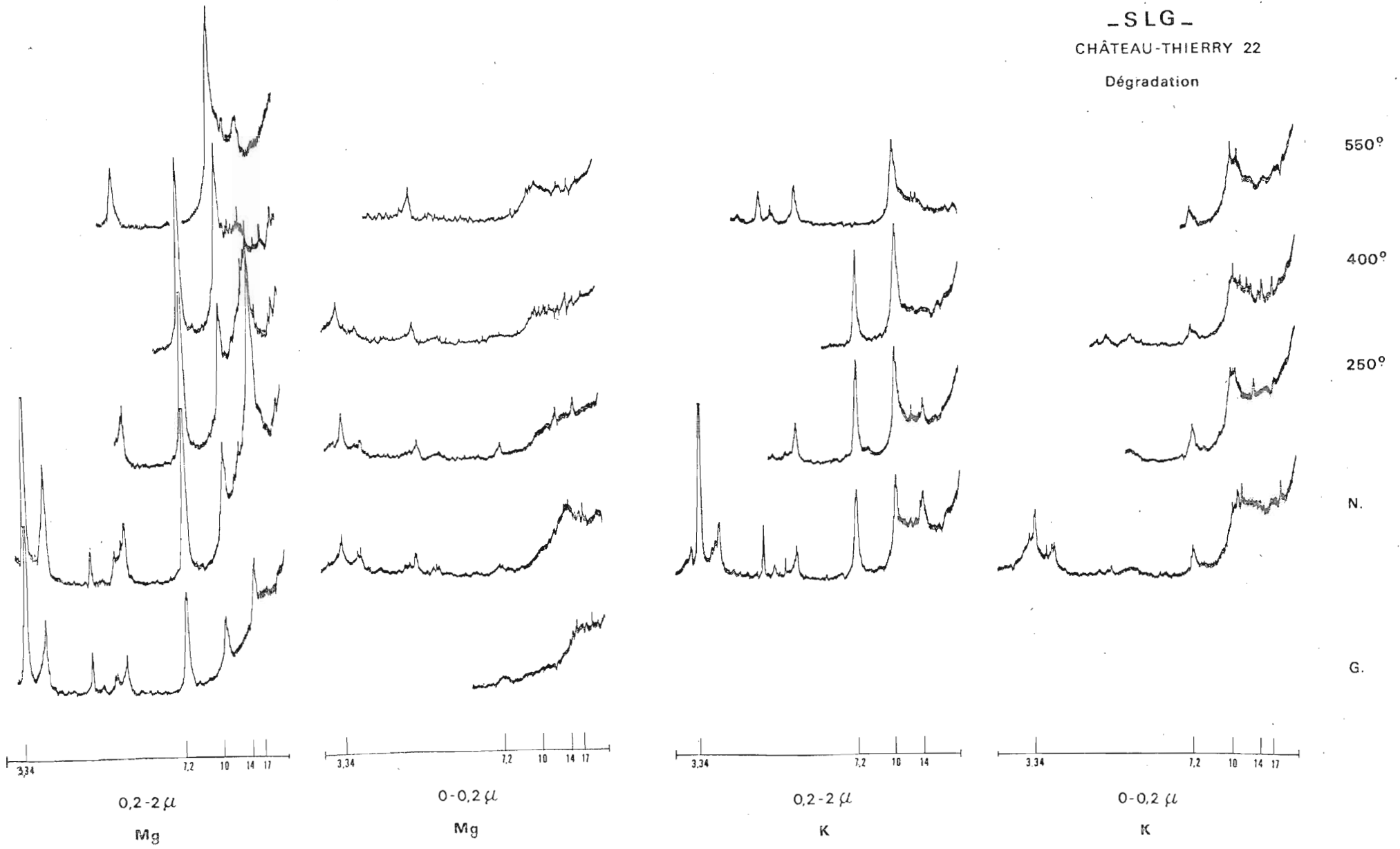


Fig. 88



CHÂTEAU - THIERRY 22

Matrice

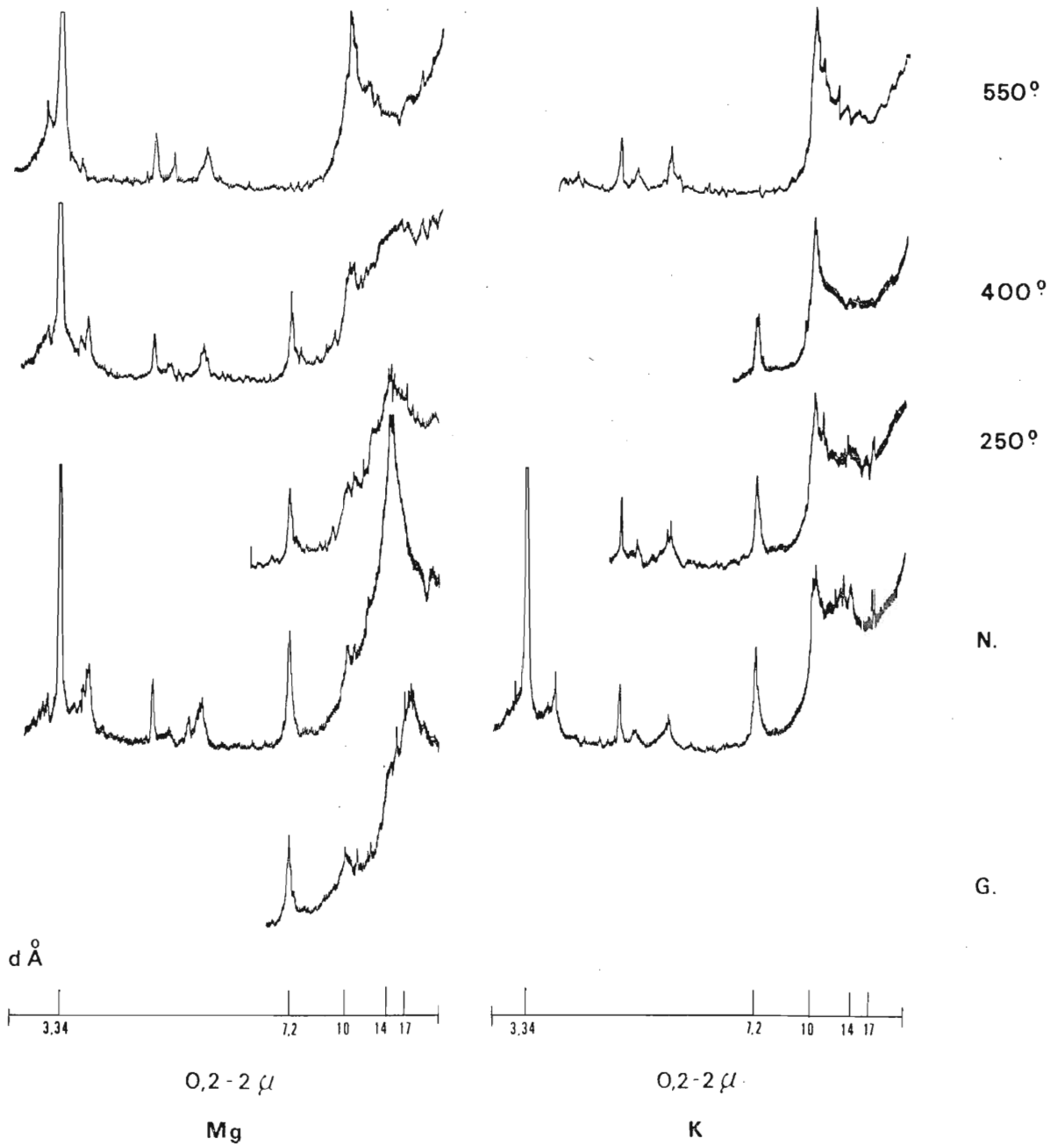


Fig. 89





Le diffractogramme de l'échantillon K est assez analogue au Mg, mais avec une réflexion large entre 10 et 14 Å. La fermeture au chauffage est bonne dès 250°, très bonne dès 400°, avec une réflexion cependant toujours très large à la base.

### Conclusions.

Revêtements argileux. La fraction argileuse fine contient donc essentiellement un peu d'illite en association avec des édifices 2/1 partiellement gonflants et mal définis.

L'argile grossière contient du quartz, de la kaolinite, de l'illite, des minéraux gonflants et un peu de vermiculite légèrement alumineuse. La netteté des réflexions, donc la cristallinité, apparaît nettement moins bonne que pour les échantillons de plages dégradées.

Dégradation. L'argile fine comporte très peu de quartz et de kaolinite, à côté de minéraux plus ou moins gonflants vraisemblablement mal cristallisés et interstratifiés.

L'argile grossière contient en quantité notable : quartz, kaolinite, illite, ainsi que des minéraux à 14 Å non gonflants et assez résistants : vermiculite Al et probablement chlorite secondaire. La qualité des pics obtenus pour cette fraction indique une très bonne cristallinité des minéraux présents.

Matrice. L'argile fine comporte très peu de quartz, peu d'illite et de kaolinite, mais une assez grande quantité d'édifices gonflants désordonnés.

La fraction grossière contient plus de quartz, de kaolinite et d'illite, des minéraux gonflants mieux cristallisés, ainsi qu'un minéral à 14 Å non gonflant type chlorite secondaire ou vermiculite Al.

Les fractions argileuses fines montrent dans les trois cas une dominance d'édifices gonflants peu définis, associés à très peu de quartz, kaolinite et illite. Les fractions grossières, par contre, présentent toutes une certaine teneur en quartz, kaolinite, illite et minéraux gonflants, ainsi qu'un minéral non gonflant à 14 Å du type intergrade alumineux.

La comparaison des diagrammes permet de constater une cristallinité bien meilleure pour les échantillons provenant des plages dégradées, pour lesquels le minéral à 14 Å est plus stable et mieux exprimé.

On constate donc, d'une manière générale, la présence sur tout le solum de minéraux du type vermiculite alumineuse, ce qui semblerait justifier un degré d'évolution très avancé de ce sol.

#### 4.43.5. DETERMINATIONS DE SURFACES SPECIFIQUES

La détermination des surfaces spécifiques a été effectuée sur la fraction argileuse de trois horizons caractéristiques ainsi que sur des prélèvements plus localisés, grâce à l'obligeance de Monsieur R. Guyot.

Sur la fraction inférieure à 2 microns d'un horizon B<sub>gt</sub> d'un sol brun lessivé du Soissonnais, cette analyse nous a donné une valeur de 220 m<sup>2</sup>/g, la C. E. C. de l'argile y étant de 50 à 55 méq.. Les minéraux argileux correspondent assez bien à ces valeurs : illite, kaolinite et minéraux intergrades partiellement gonflants.

Quatre échantillons d'un sol lessivé glossique ont fourni les résultats suivants :

- Horizon B<sub>2</sub>t : 291 m<sup>2</sup>/g.

L'augmentation par rapport à la valeur obtenue pour le sol brun lessivé correspond vraisemblablement à la teneur plus importante en minéraux gonflants enregistrés dans ces sols, particulièrement dans la fraction argileuse fine.

- Horizon A<sub>2</sub> : 145 m<sup>2</sup>/g - 168 m<sup>2</sup>/g.

Ces deux valeurs très nettement plus faibles caractérisent probablement les niveaux acidifiés, à C. E. C. de l'argile faible : 25/30 méq., et où les analyses minéralogiques ont décelé, d'une part, une accumulation relative de quartz et de kaolinite, d'autre part, la présence de quantités plus ou moins importantes de minéraux du type vermiculite alumineuse ou chlorite secondaire.

- Revêtements secondaires : 251 m<sup>2</sup>/g.

Ce résultat n'est pas en opposition avec ceux des analyses minéralogiques : intergrades gonflants dans la fraction fine, tendance à la chloritisation secondaire dans la fraction argile grossière.

Afin de pouvoir comparer deux stades de dégradation progressifs sur la base des données minéralogiques nous avons effectué la mesure des surfaces spécifiques sur des échantillons d'argile fine et d'argile grossière de zones dégradées et de revêtements d'illuviation secondaire.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	<u>Sol lessivé en voie de dégradation</u>	<u>Sol lessivé dégradé glossique</u>
<u>Dégradation</u>		
Fraction 0-0,2 μ	349	357
Fraction 0,2-2 μ	152	95
<u>Revêtements</u>		
Fraction 0-0,2 μ	321	338
Fraction 0,2-2 μ	305	284

On constate tout d'abord que les différences les plus importantes s'observent entre zones dégradées et revêtements pour les fractions argileuses grossières 0,2-2 μ. Les valeurs passent du simple au double pour le sol en voie de dégradation et du simple au triple pour le sol glossique.

Ceci confirme ce que nous venons de remarquer plus haut en ce qui concerne la différence B<sub>2</sub>t/A<sub>2</sub> du sol dégradé.

Entre les deux stades d'évolution nous observons :

- d'une part la variation des valeurs pour la fraction argile grossière, particulièrement pour la dégradation : 152/95. Encore une fois, ceci pourrait correspondre essentiellement à l'augmentation de la teneur en intergrades alumineux.

- d'autre part l'augmentation légère des valeurs enregistrées pour l'argile fine : apparition d'intergrades gonflants.

Ces quelques commentaires montrent que les résultats obtenus sont en bonne concordance avec les données recueillies par les autres types d'analyses et techniques de caractérisation.

#### 4.43.6. CONCLUSIONS SUR LES RESULTATS MINERALOGIQUES

Les déterminations effectuées sur les échantillons particuliers : revêtements argileux ou argilo-limonaux, matrices des agrégats, plages de dégradation, et dont nous venons de commenter les résultats, nous permettent un certain nombre de conclusions.

Il faut tout d'abord remarquer, et ce de manière générale pour l'ensemble des déterminations, que la composition de la fraction argileuse fine 0-0,2  $\mu$ , est très différente de celle de la fraction argileuse grossière : 0,2-2  $\mu$ . On observe dans le premier cas une dominance de minéraux intergrades généralement gonflants ainsi que l'absence quasi systématique de quartz ; dans le second cas, au contraire, le quartz est très largement représenté, associé à d'autres minéraux à 7,2, 10 ou 14 Å.

L'étude de la composition minéralogique des *revêtements* nous a montré des différences assez sensibles entre ceux issus d'une illuviation dite "primaire", en milieu favorablement drainé, et ceux dus aux phénomènes d'illuviation en milieu hydromorphe et désaturé, illuviation dite "secondaire".

Les revêtements des *sols bruns lessivés et lessivés* présentent dans la fraction 0-0,2  $\mu$  des minéraux intergrades plus ou moins gonflants, des illites couvertes, ainsi que de très faibles quantités d'illite, de kaolinite et quartz. Il faut noter, dans un des tout premiers stades d'évolution, la très faible organisation des minéraux constitutifs des revêtements argileux.

Les *sols dégradés hydromorphes* possèdent des revêtements où la fraction argileuse fine contient essentiellement des minéraux gonflants associés, ici également, à de très faibles quantités d'illite, de kaolinite et de quartz. La fraction argileuse grossière contient, à côté de minéraux gonflants nettement moins abondants que dans la fraction fine, de l'illite, de la kaolinite, du quartz en quantité importante, et des teneurs variables en vermiculite du type alumineux.

On constate donc que la différence la plus évidente entre les deux types de revêtements se retrouve essentiellement dans la fraction d'argile grossière.

Nos résultats sont à rapprocher de ceux de *Crossman* (1959), en ce qui concerne la dominance d'argiles montmorillonitiques dans les revêtements des sols lessivés, et confirment certaines hypothèses émises par *Milloy* (1962) et *Duchaufour* (1968). Les enrobements des sols glossiques présentent, comme *Bullock* (1968) l'avait déjà souligné, une composition qui peut être considérée comme intermédiaire entre celle du A<sub>2</sub> et du B<sub>2t</sub>. Nous pouvons préciser que cette observation s'applique surtout à la fraction d'argile grossière.

En ce qui concerne les *matrices* prélevées à titre de comparaison avec les revêtements argileux correspondants, on note quelques différences.

Si pour l'illuviation primaire peu de variations peuvent être mises en évidence, on constate par contre que les fractions fines des matrices des sols dégradés paraissent contenir des constituants relativement mieux cristallisés que ceux de la fraction correspondante des revêtements. Au demeurant, les fractions grossières ne contiennent pas ou très peu d'intergrades alumineux, excepté dans les sols les plus évolués ; ceci est en accord avec les résultats de *Bullock* (1968).

Les quelques échantillons prélevés dans des zones de dégradation montrent dans l'argile fine 0-0,2  $\mu$  la présence pratiquement exclusive de minéraux gonflants, tandis que l'argile grossière contient, à côté de quantités moindres de ces minéraux gonflants, de l'illite, de la kaolinite, beaucoup de quartz, ainsi que des intergrades alumineux du type vermiculite ou même chlorite secondaire. Ces résultats semblent valables tant pour les petites plages blanches et délavées des horizons argilliques en voie d'altération que pour la partie supérieure des langues caractéristiques des sols glossiques.

Les données obtenues par Grossman (1959) et Arnold (1963), sur des échantillons d'argiles 0-2  $\mu$ , contenaient déjà implicitement ces notions : départ d'argiles du type montmorillonite et apparition d'intergrades alumineux.

Nous reprendrons l'essentiel de ces conclusions partielles dans notre synthèse de la cinquième partie

#### 4.44. ANALYSES CHIMIQUES TOTALES

Sur la base des résultats que nous venons d'exposer et de commenter, nous avons effectué une sélection de quelques échantillons de fractions argileuses 0-0,2  $\mu$  et 0,2-2  $\mu$  sur lesquels une analyse chimique totale a été réalisée.

Cette sélection est la suivante :

- Revêtements typiquement primaires : VERVINS 10 - VERVINS 2.
- Revêtements de transition : ROZOY 24.
- Revêtements typiquement secondaires : MONTMIRAIL 31 - MONTMIRAIL 32 - CHATEAU-THIERRY 22.

De plus, à titre comparatif, la matrice des horizons où ont été prélevés les échantillons Montmirail a également été analysée.

Enfin, pour préciser l'utilisation des éléments d'information fournis par ce type de détermination, nous avons effectué l'analyse chimique de trois prélèvements particuliers prélevés dans le profil La Fère 6 : revêtements secondaires, matrice, dégradation, que nous comparerons aux analyses des fractions fines des horizons A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>. Ces dernières analyses concernent la fraction 0-2  $\mu$ .

#### ANALYSE DES REVÊTEMENTS ARGILEUX.

Le tableau, qui nous donne les résultats des produits calcinés, nous permet tout d'abord de constater, sur l'ensemble des résultats, des valeurs du Ki systématiquement plus petites pour les fractions 0-0,2  $\mu$  que pour les fractions 0,2-2  $\mu$ , pour chaque échantillon.

-- REVETEMENTS ARGILEUX --

- Revêtements "primaires" - Transition - Revêtements "secondaires" -

ELEMENTS	VERVINS 10		VERVINS 2		ROZDY 24		CHATEAU 22		MONTMIRAIL 31		MONTMIRAIL 32	
	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2
SiO <sub>2</sub>	52.80	53.49	52.51	53.63	52.52	53.12	56.24	58.05	55.13	59.36	55.65	59.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26.89	25.90	27.63	27.53	27.09	26.12	27.40	25.78	29.31	27.47	30.52	28.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.73	11.54	11.73	10.90	12.63	11.84	8.87	7.53	8.40	6.48	7.75	6.27
FeO	.	0.36	0.25	0.38	0.29	0.41	0.23	0.24	.	0.22	0.23	0.20
TiO <sub>2</sub>	0.88	1.03	0.87	1.08	0.89	1.02	0.82	1.23	0.91	1.34	0.93	1.45
CaO	0.49	0.30	0.33	0.63	0.38	0.34	0.90	0.22	0.34	0.17	0.18	0.21
MgO	3.28	2.99	3.79	2.97	3.28	2.76	3.08	2.77	3.44	2.94	3.25	2.19
K <sub>2</sub> O	2.72	2.65	2.68	2.99	2.72	2.87	2.76	3.22	2.25	2.97	2.23	3.00
Na <sub>2</sub> O	0.20	0.28	0.22	0.31	0.28	0.26	0.22	0.38	0.21	0.42	0.21	0.36
Ki	3.34	3.51	3.23	3.31	3.29	3.46	3.49	3.83	3.20	3.67	3.10	3.57

Les valeurs en  $\text{SiO}_2$  sont toujours plus faibles dans les fractions les plus fines, tandis que  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y est toujours légèrement mieux représenté.

Ceci correspondrait essentiellement à la teneur en quartz fin toujours présente dans les fractions argileuses grossières et pratiquement systématiquement très faible ou nulle dans les fractions fines, comme nous l'avons mis en évidence par les analyses minéralogiques.

Les différences entre  $K_i$  de 0-0,2  $\mu$  et de 0,2-2  $\mu$  sont les plus élevées dans les échantillons de Montmirail provenant de sols dégradés ; les  $K_i$  des fractions fines y sont particulièrement bas, ce qui pourrait correspondre à des couches alumineuses plus importantes dans les argiles fines.

Un des éléments les plus importants d'interprétation est la variation de la teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Les échantillons provenant des trois premiers profils présentent des teneurs relativement importantes, de l'ordre de 11 à 13 %, tandis que les derniers en sont beaucoup moins pourvus : 6 à 9 %. Notons que les teneurs sont toujours relativement plus importantes dans les fractions fines.

Nous avons vu plus haut que les argiles d'illuviation "secondaire" sont toujours fortement déferrifiées, et paraissent migrer indépendamment du fer.

Si l'on compare les valeurs de ce tableau aux teneurs en fer libre présentées dans le tableau du chapitre 4.42., on peut en déduire assez raisonnablement que les argiles ont été déferrifiées très profondément par altération. Il paraît en effet évident qu'en plus du fer dit "libre", une certaine quantité de fer probablement issu des couches octaédriques des minéraux a été libérée par attaque en milieu acide.

Ceci confirmerait donc une certaine "dégradation" bien réelle des minéraux argileux à ce stade d'évolution.

Le graphique ci-après (fig. 90) nous donne la variation de ces teneurs en fer en fonction du stade d'évolution.

Peu d'interprétations complémentaires peuvent être faites à partir de résultats de ce tableau, hormis cependant la teneur systématiquement légèrement plus élevée de  $\text{K}_2\text{O}$  dans l'argile grossière qui pourrait correspondre aux minéraux illitiques que nous avons mis en évidence dans cette fraction par l'analyse minéralogique.

Il faut remarquer que cette différence de teneur en potassium est nettement plus importante pour les revêtements des sols dégradés que pour ceux des sols bruns lessivés.

#### COMPARAISON REVETEMENTS ARGILEUX / "MATRICES".

Le tableau ci-dessous reprend les résultats des échantillons des profils dégradés de Montmirail et présente à titre comparatif ceux d'échantillons prélevés au sein de l'horizon, au même niveau.

# Fer dans les revêtements argileux

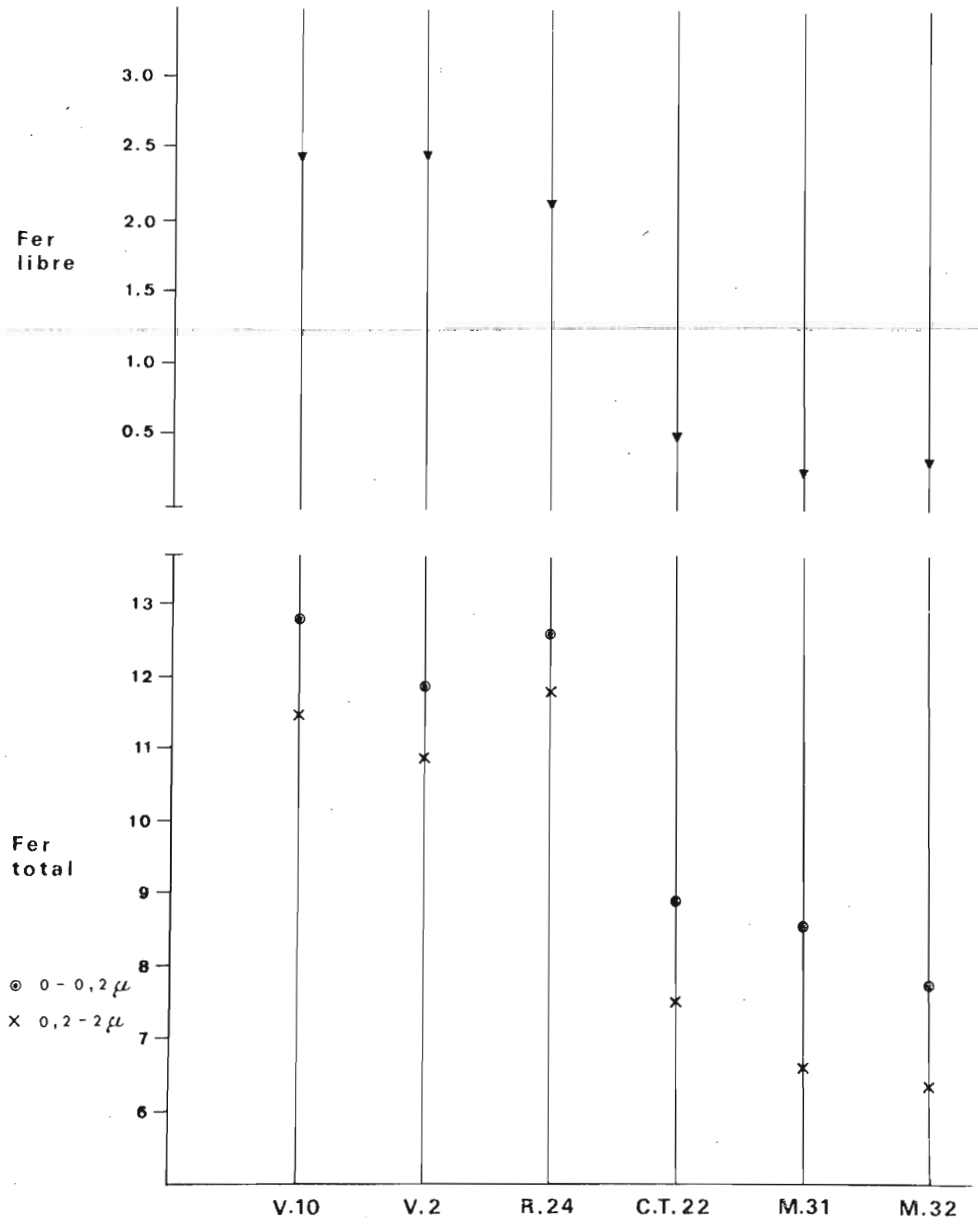


Fig. 90





- REVETEMENTS ARGILEUX ET MATRICES -

ELEMENTS	MONTMIRAIL 31				MONTMIRAIL 32			
	Revêtements		Matrice		Revêtements		Matrice	
	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2	0-0,2	0,2-2
SiO <sub>2</sub>	55.13	59.36	54.49	57.43	55.65	59.24	52.52	57.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29.31	27.47	26.56	23.77	30.52	28.18	28.32	25.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.40	6.48	13.15	11.43	7.75	6.27	13.20	10.63
FeO	.	0.22	.	0.44	0.23	0.20	.	.
TiO <sub>2</sub>	0.91	1.34	0.60	1.03	0.93	1.45	0.52	1.05
CaO	0.34	0.17	0.31	0.34	0.18	0.21	0.28	0.26
MgO	3.44	2.94	2.90	2.10	3.25	2.19	3.19	1.96
K <sub>2</sub> O	2.25	2.97	2.15	2.80	2.23	3.00	1.98	2.71
Na <sub>2</sub> O	0.21	0.42	0.14	0.28	0.21	0.36	0.15	0.21
Ki	3.20	3.67	3.49	4.11	3.10	3.57	3.15	3.89

Les Ki de la matrice sont plus élevés que ceux des revêtements, pour chaque fraction, les teneurs en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y étant notamment plus faibles de 3 à 4 %. Il semble donc que l'"aluminisation" n'aurait pas affecté la masse de l'horizon, ou tout au moins de manière moins importante que les revêtements. Ceci confirme certaines observations que nous avons présentées au chapitre précédent.

En ce qui concerne le fer, les différences sont très importantes, mettant en évidence la déferrisation préférentielle des revêtements argileux par rapport à la masse de l'horizon.

ANALYSE DU PROFIL LA FERRE 6.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des analyses concernant les échantillons provenant de trois horizons caractéristiques et de deux prélèvements particuliers.

- PROFIL LA FERRE 6 -

ELEMENTS	A <sub>2</sub>	Dégrad.	B <sub>2</sub> t	B <sub>3</sub> gx/Cgx	Revêt.
SiO <sub>2</sub>	58.79	58.05	54.62	56.52	58.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.50	24.35	25.22	25.62	27.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.69	10.78	13.65	11.90	7.43
TiO <sub>2</sub>	1.16	1.00	0.90	0.93	1.01
CaO	0.16	0.27	0.21	0.21	0.10
MgO	2.34	2.29	2.39	2.03	2.46
K <sub>2</sub> O	3.06	2.95	2.80	2.62	2.89
Na <sub>2</sub> O	0.32	0.29	0.22	0.18	0.17
Ki	4.25	4.05	3.68	3.75	3.70

L'analogie entre les résultats de l'horizon A<sub>2</sub> et de la dégradation apparaît immédiatement pour tous les éléments constitutifs.

Ce sol dégradé à tendance podzolique montre des teneurs importantes en SiO<sub>2</sub> en surface, avec un Ki élevé, supérieur à 4 ; l'accumulation relative de quartz résiduel en est, au moins partiellement, la cause.

La variation des teneurs en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> est caractéristique, avec un maximum en B<sub>2</sub>t dû à une accumulation, une légère déferrisation de l'A<sub>2</sub> et de la dégradation et une teneur minimum dans les revêtements d'illuviation secondaire.

Ces quelques résultats d'analyses chimiques globales montrent donc l'importance de la dynamique du fer et de l'aluminium dans les sols que nous étudions.

Les phénomènes de dégradation s'y reflètent par des variations peut-être relativement peu importantes mais suffisamment sensibles pour confirmer les autres observations et interprétations effectuées par ailleurs.

#### 4.45. QUELQUES DONNEES COMPLEMENTAIRES

Pour tenter d'affirmer quelque peu notre analyse des processus nous avons enfin appliqué certaines techniques particulières sur quelques échantillons sélectionnés.

La microsonde électronique de Castaing nous a tout d'abord fourni un certain nombre de données sur la répartition à très grande échelle de quelques éléments importants, particulièrement dans les deux grands types de revêtements argileux.

L'utilisation du "Stéréoscan", microscope électronique à balayage, nous a ensuite permis d'avoir une vue plus directe, à fort grossissement, de l'organisation des constituants.

Nous tenons à remercier ici Madame C. Jeanson et Monsieur G. Stoops pour l'aide qu'ils nous ont apportée dans l'obtention et l'interprétation de ces derniers résultats.

##### 4.45.1. UTILISATION DE LA MICROSONDE DE "CASTAING".

La microsonde de "Castaing" a récemment introduit dans les sciences de la terre de nouvelles possibilités d'investigation (C. Pédro - 1970).

Cette technique permet notamment d'obtenir à l'échelle microscopique des données concernant l'exacte répartition d'un certain nombre d'éléments, déterminations d'une grande importance pour l'étude détaillée de la genèse des sols.

Les résultats peuvent être présentés de différentes manières : "images de répartition" pour des plages de quelques milliers de microns carrés, traversées donnant la variation de teneur de l'élément considéré, dosages ponctuels pour un élément déterminé.

Certaines restrictions apparaissent cependant, comme les variations d'amplitudes qui rendent certaines comparaisons difficiles, ou des problèmes délicats de repérage.

A titre d'essai, et grâce à l'obligeance de Madame C. Jeanson du C. N. R. S., nous avons utilisé cette technique pour la caractérisation de quelques échantillons sélectionnés.

Deux stades d'évolution bien différenciés ont été choisis : sol brun lessivé (HIRSON) et sol lessivé glossique hydromorphe (MONTMIRAIL). Des échantillons ont été prélevés au niveau de la base des horizons d'accumulation d'argile de ces deux types de sol, dans les revêtements couvrant les faces de structure, dans une zone située tout au contact de la surface des agrégats, ainsi que dans la masse de ces derniers.

Nous avons donc, pour le sol brun lessivé :

- revêtements argileux,
- zone de contact en bordure d'agrégat,
- matrice,

pour le sol lessivé glossique :

- revêtements argilo-limoneux,
- frange rouille très oxydée,
- matrice.

Un schéma indique la localisation précise de ces prélèvements (fig. 91)

Les conditions matérielles ne nous ont cependant permis qu'une utilisation partielle de la technique, à savoir :

- HIRSON : images de répartition pour Si - Al - Fe - Mn.  
traversées pour Si - Al - Fe - Mn.
- MONTMIRAIL : images de répartition pour Si - Al - Fe - Mn.  
traversées pour Fe - Mn.

Les plages étudiées ont été sélectionnées grâce à l'étude de plaques minces au microscope polarisant, de manière à pouvoir établir une relation précise entre les résultats de la microsonde et les données de la micro-morphologie.

Nous envisagerons successivement les données fournies par les images de répartition et les traversées.

#### Images de répartition.

Les photographies correspondant à la répartition de chaque élément sont présentées sur les planches suivantes, les plages étudiées constituant des carrés de 200 ou 300 microns de côté.

#### - HIRSON -

Revêtements (Planche 4). La silice et l'aluminium sont visiblement associés étroitement, avec abondance de fer et présence de manganèse. Il s'agit, comme nous l'avons vu dans les pages qui précèdent, de matériaux riches en argile fine, c'est-à-dire relativement pauvres en quartz fin ; ils ne sont pas altérés et très ferriques. Nous sommes en présence des ferriargilanes très typiques décrits en micromorphologie.

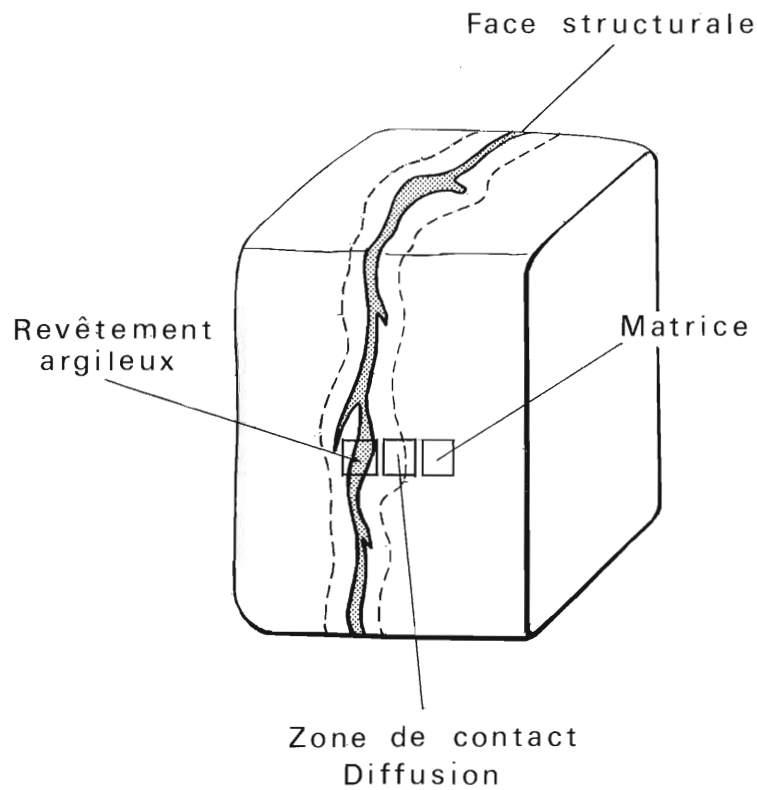
Matrice (Planche 5). La répartition de Si et Al se présente ici de manière relativement différente, à savoir que la silice présente des dominances très nettes qui correspondent naturellement au squelette essentiellement limoneux constitué surtout par du quartz. La présence simultanée de Si, Al et Fe représente le plasma argilo-ferrique assez homogène. Il faut cependant noter une distribution plus irrégulière du fer. On peut également distinguer localement des accumulations simultanées de Fe et Mn qui représentent les ségrégations d'oxydes bien visibles à l'examen des lames minces.

Zone de contact (Planche 6). Tout comme dans l'échantillon provenant de la matrice, la distribution de Si apparaît assez différente de celle de Al. On observe en effet beaucoup de Si indépendant des autres éléments déterminés, d'où présence de beaucoup de quartz. L'association de Si, Al et un peu de Fe marque la distribution du plasma argileux.

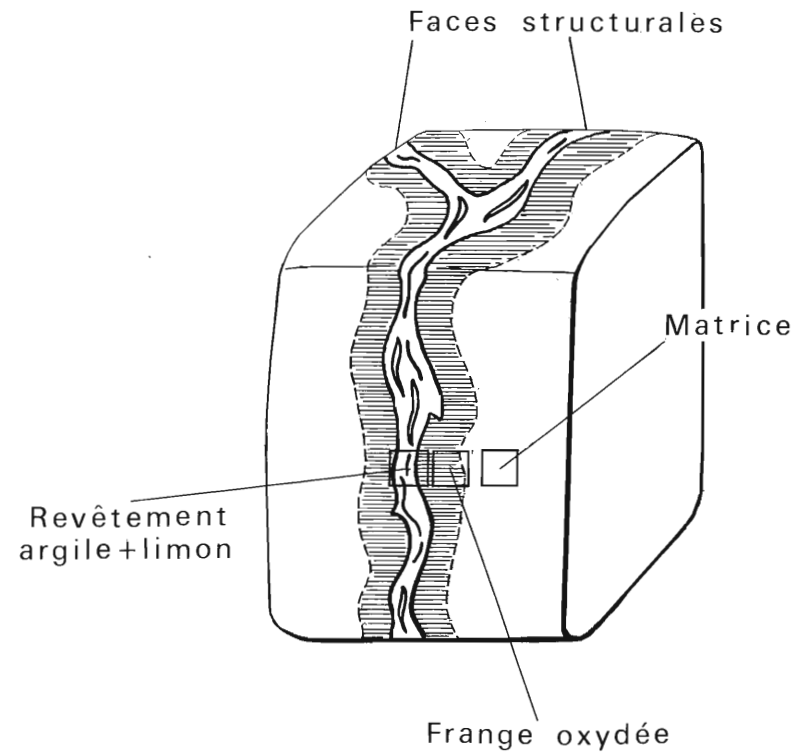
En ce qui concerne le manganèse, l'image en présente une densité qui apparaît comme plus importante que pour l'échantillon précédent. Peut-être pourrait-on en déduire une certaine accumulation en bordure des agrégats.

# MICROSONDE \_ LOCALISATION DES PRÉLÈVEMENTS \_

## SOL BRUN LESSIVÉ



## SOL LESSIVÉ GLOSSIQUE



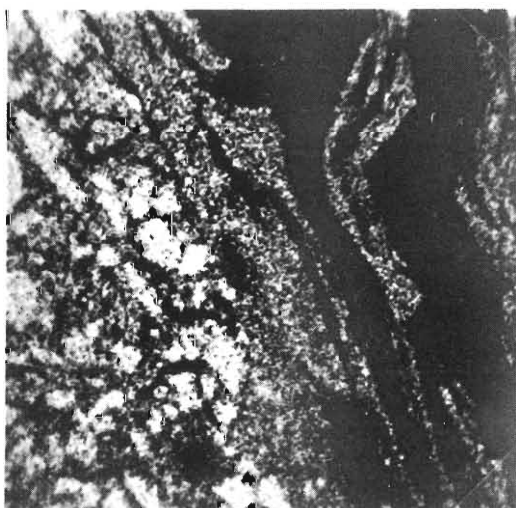
2 cm.

Fig. 91

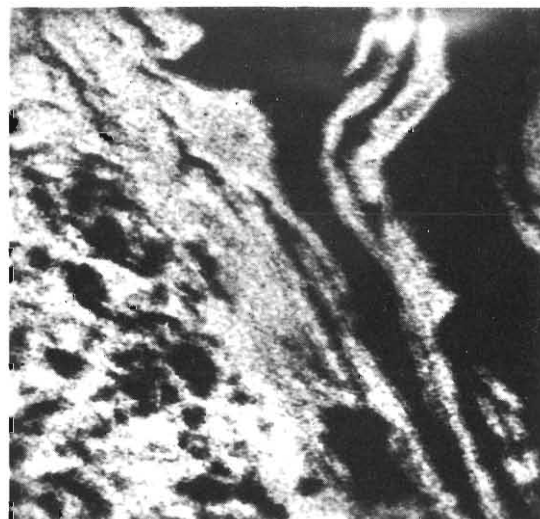


HIRSON

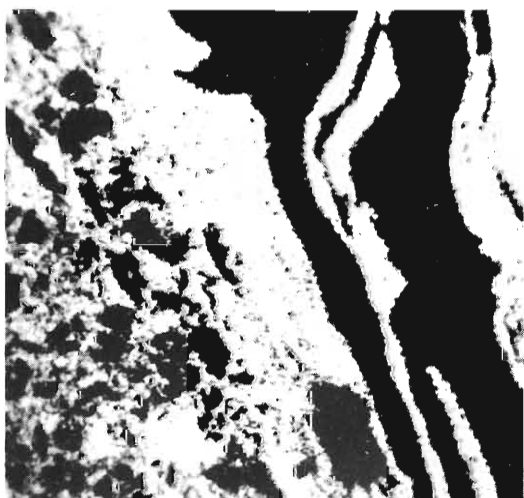
Revetements



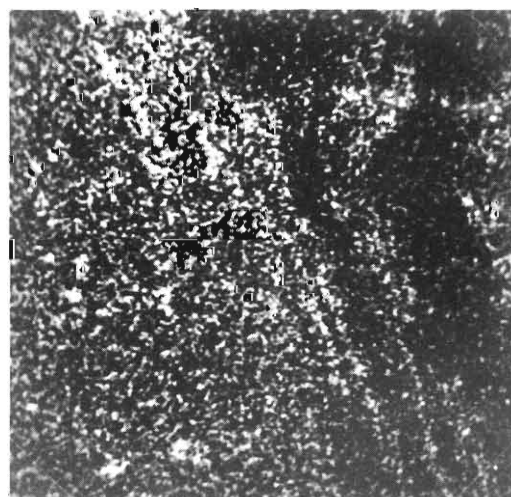
Si



Al



Fe



Mn

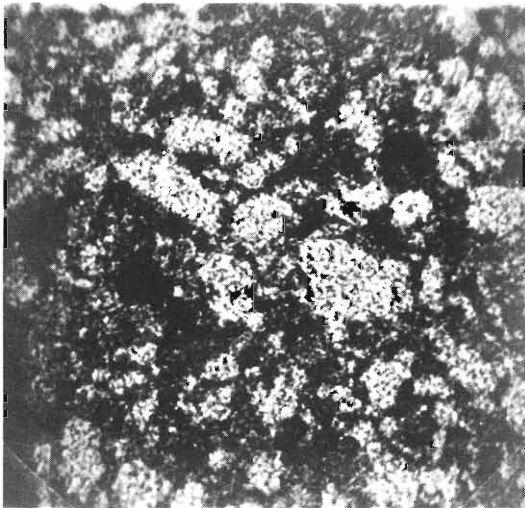
100  $\mu$



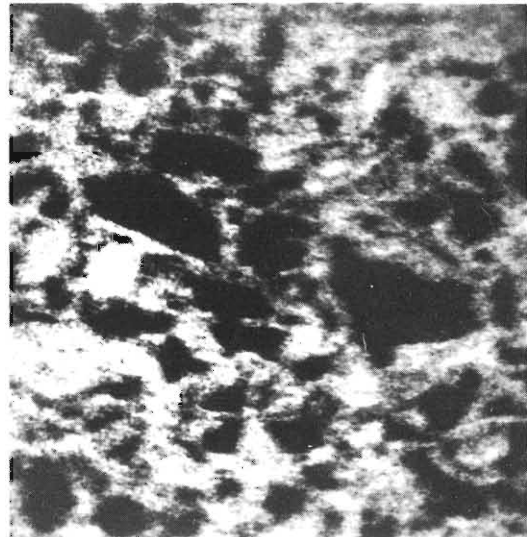


HIRSON

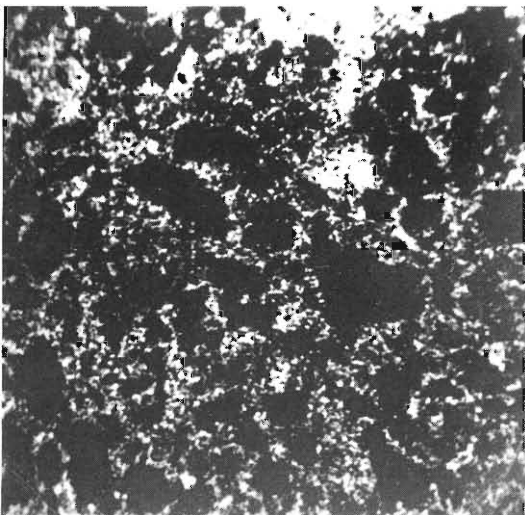
Matrice



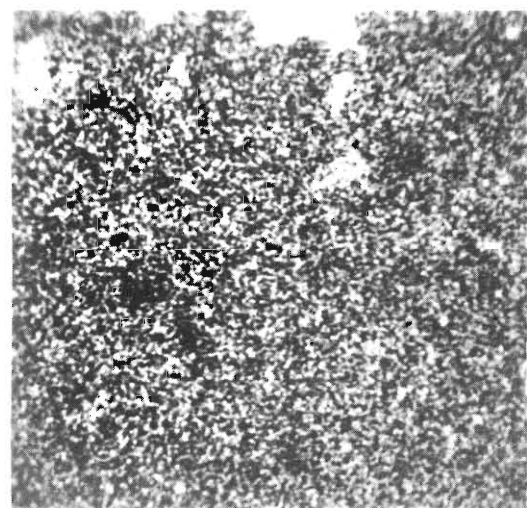
Si



Al



Fe



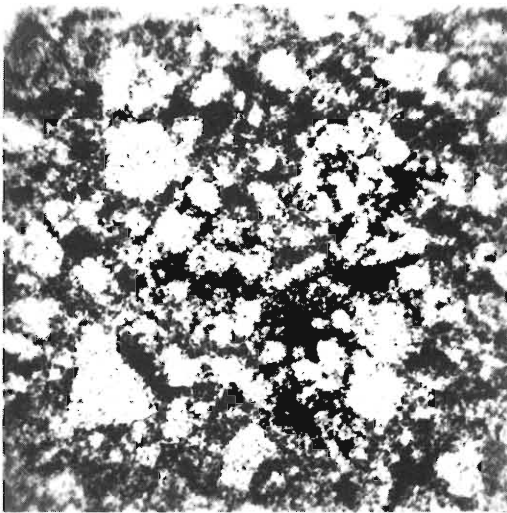
Mn

100 $\mu$

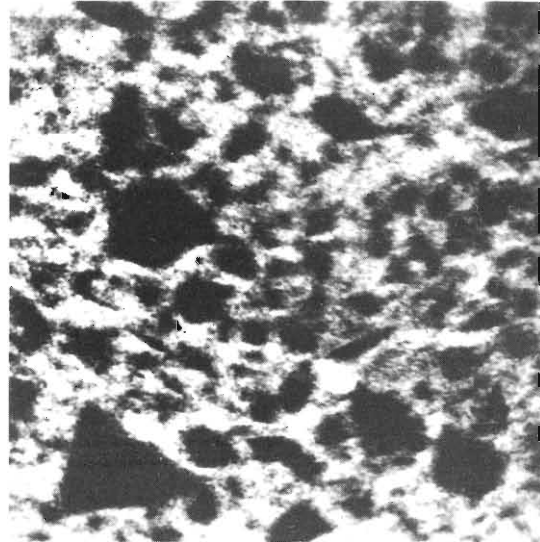


HIRSON

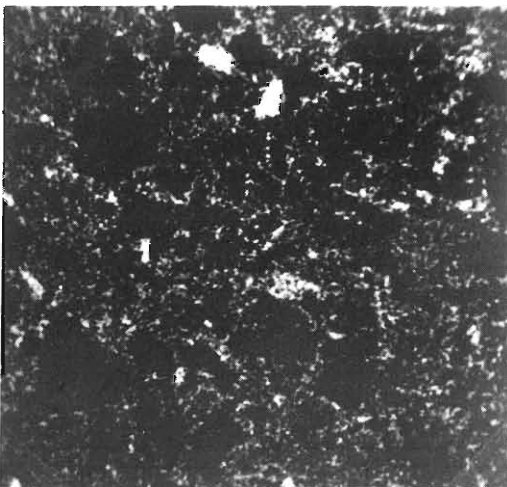
Contact



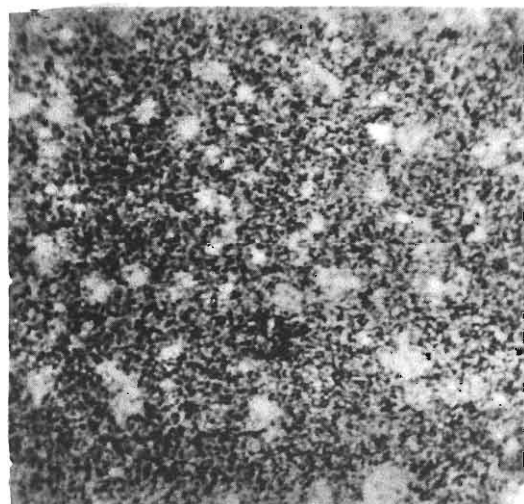
Si



Al



Fe



Mn

100  $\mu$



MONTMIRAIL

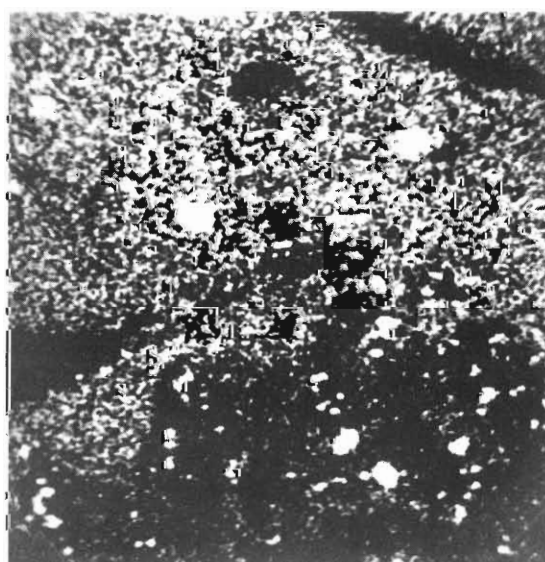
Revetements



Si



Al



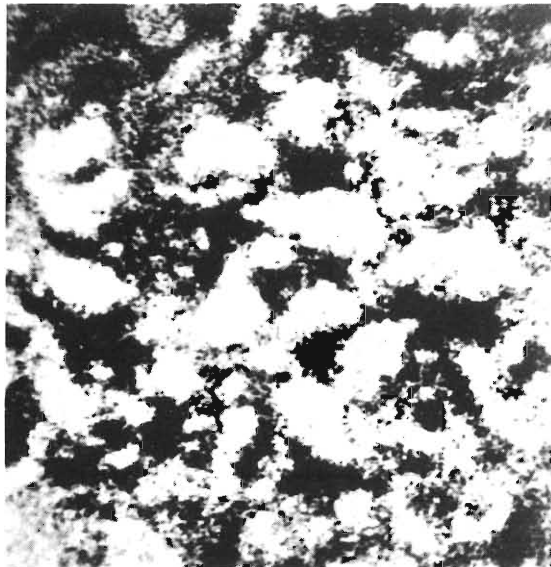
Fe

100  $\mu$

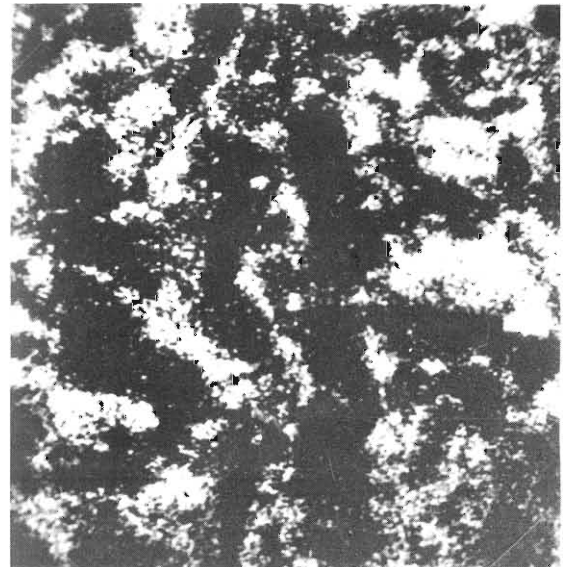


MONTMIRAIL

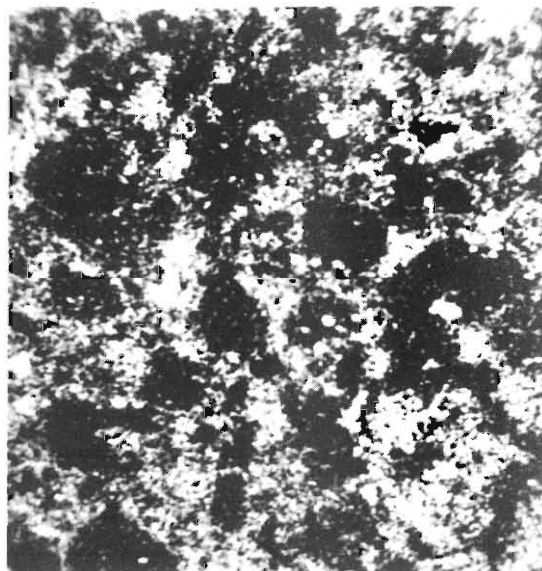
Matrice



Si



Al



Fe

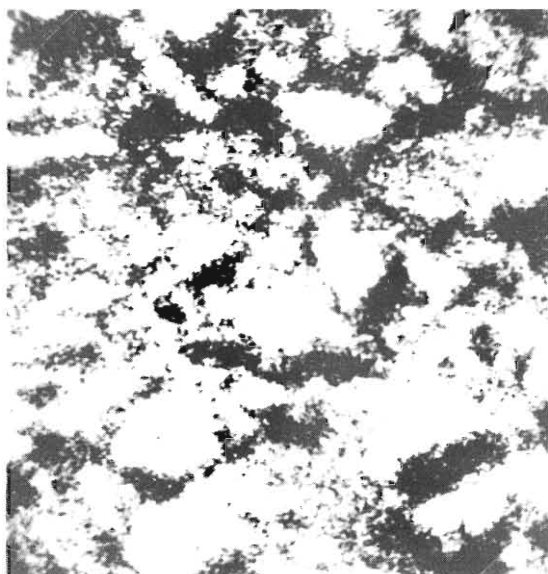
100  $\mu$



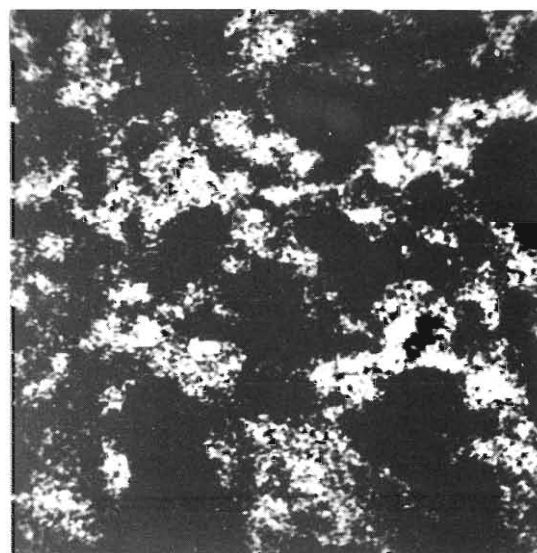


MONTMIRAIL

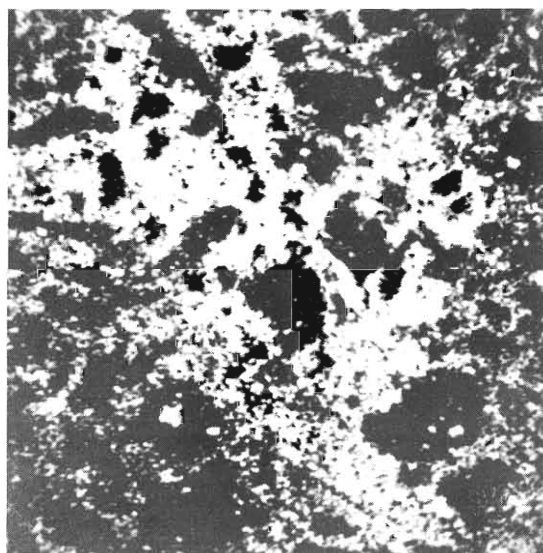
Frange



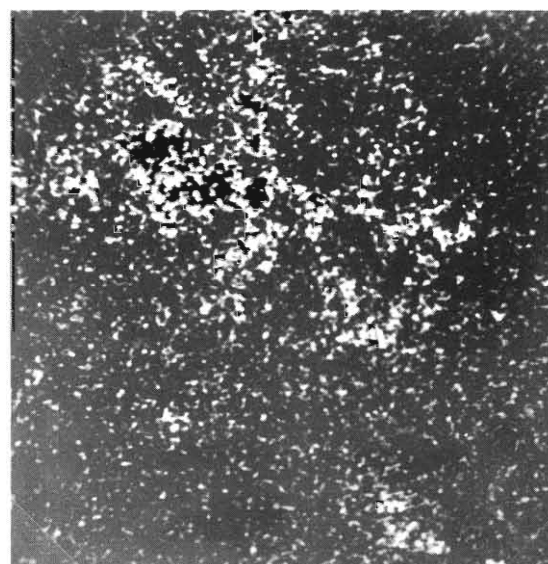
Si



Al



Fe



Mn

100  $\mu$



- MONTMIRAIL -

Revêtements argilo-limoneux (Planche 7). La silice, l'aluminium et le fer présentent des répartitions assez analogues mais des intensités différentes. Nous n'avons pas présenté d'image pour Mn, particulièrement peu représenté.

Il faut noter l'intensité très forte de Al, d'une part par rapport à Si pour l'échantillon que nous étudions, d'autre part par rapport aux images des revêtements de Hirson. Cette donnée pourrait constituer une confirmation de la dominance de minéraux argileux altérés, alumineux.

Matrice (Planche 8). La distribution du squelette quartzueux apparaît très nettement par la comparaison des images Al et Si. De ce même examen peut se déduire la répartition du plasma argileux modérément ferrique. Certaines zones apparaissent avec une dominance de fer, en association avec l'aluminium et relativement peu de silice, peut-être s'agit-il là d'argiles enrichies en fer.

Frange oxydée (Planche 9). Tout comme pour la zone de contact de l'échantillon d'Hirson, nous notons une quantité importante de plages où la dominance de Si est marquée, localisant le squelette quartzueux ; les répartitions de Al et de Si sont donc assez différentes. La présence simultanée de silice, aluminium et fer représente naturellement le plasma argilo-ferrique. On distingue enfin, assez nettement, des accumulations d'oxydes de fer et manganèse, par la comparaison des images Fe et Mn. Ces zones correspondent très certainement aux glèbules observées sur les lames minces au microscope polarisant.

L'analyse que nous venons de faire de ces photographies va maintenant pouvoir être quelque peu précisée par celle des traversées effectuées sur une partie des plages étudiées.

Traversées.

Ces traversées, en détermination continue, ont donc été faites dans des zones représentatives des plages correspondant aux images que nous venons d'examiner. Nous avons reporté sur les figures 92 - 93 et 94 les enregistrements de Si, Al, Fe et Mn effectués sur les trois échantillons provenant du sol brun lessivé de Hirson. La figure 95 nous montre les enregistrements de Fe et Mn pour les trois échantillons du sol lessivé glossique de Montmirail.

A la partie inférieure des trois premières planches nous avons indiqué sur un axe la localisation de zones caractéristiques : V = vides, Q = quartz, S : concentrations d'oxydes.

- HIRSON - Revêtements (fig. 92).

L'examen de cette planche nous montre la bonne concordance entre les augmentations de teneurs en Si, Al et Fe, confirmant la présence pratiquement exclusive de concentrations argilo-ferriques.

Un vide bien caractérisé a été localisé, tandis qu'aucune trace de quartz n'est visible.

- HIRSON - Matrice (fig. 93).

La traversée met en évidence quelques grains de quartz, dont un très important : présence d'une teneur importante en Si avec absence de Al. De part et d'autre de ces grains de quartz on peut observer une concentration simultanée de Al, Si et Fe qui pourrait correspondre aux séparations plasmiques du type squelsepique associées aux éléments du squelette. On constate également la présence de fer associé aux dominances de Si, sans association évidente de Al ; ce phénomène pourrait représenter l'existence d'oxydes libres à la surface des éléments quartzeux.

- HIRSON - Zone de contact (fig. 94).

Les observations effectuées sur les photographies sont confirmées : augmentations des teneurs en Si assez bien différenciées et comportement associé de Si, Al et Fe dans les zones plasmiques.

L'examen des enregistrements présentés sur ces trois figures nous montre donc une certaine augmentation de la teneur en Mn aux abords de la limite d'agrégat, comme les photographies nous l'avaient déjà signalé.

D'autre part, le manganèse peut présenter localement un comportement étroitement associé à celui du fer, ce qui correspondrait alors aux concentrations d'oxydes Fe - Mn, les "sesquanes" décrits en micromorphologie.

- MONTMIRAIL - Enregistrements Fe et Mn (fig. 95).

Cette planche nous permet de comparer la distribution de ces deux éléments dans un milieu hydromorphe, soumis aux processus d'oxydo-réduction.

Les trois échantillons nous indiquent très nettement une dynamique importante du fer et du manganèse, avec des concentrations très bien marquées.

La frange oxydée présente des augmentations de teneur en fer très importantes, tandis que les deux autres échantillons nous montrent cependant des valeurs relatives encore notables.

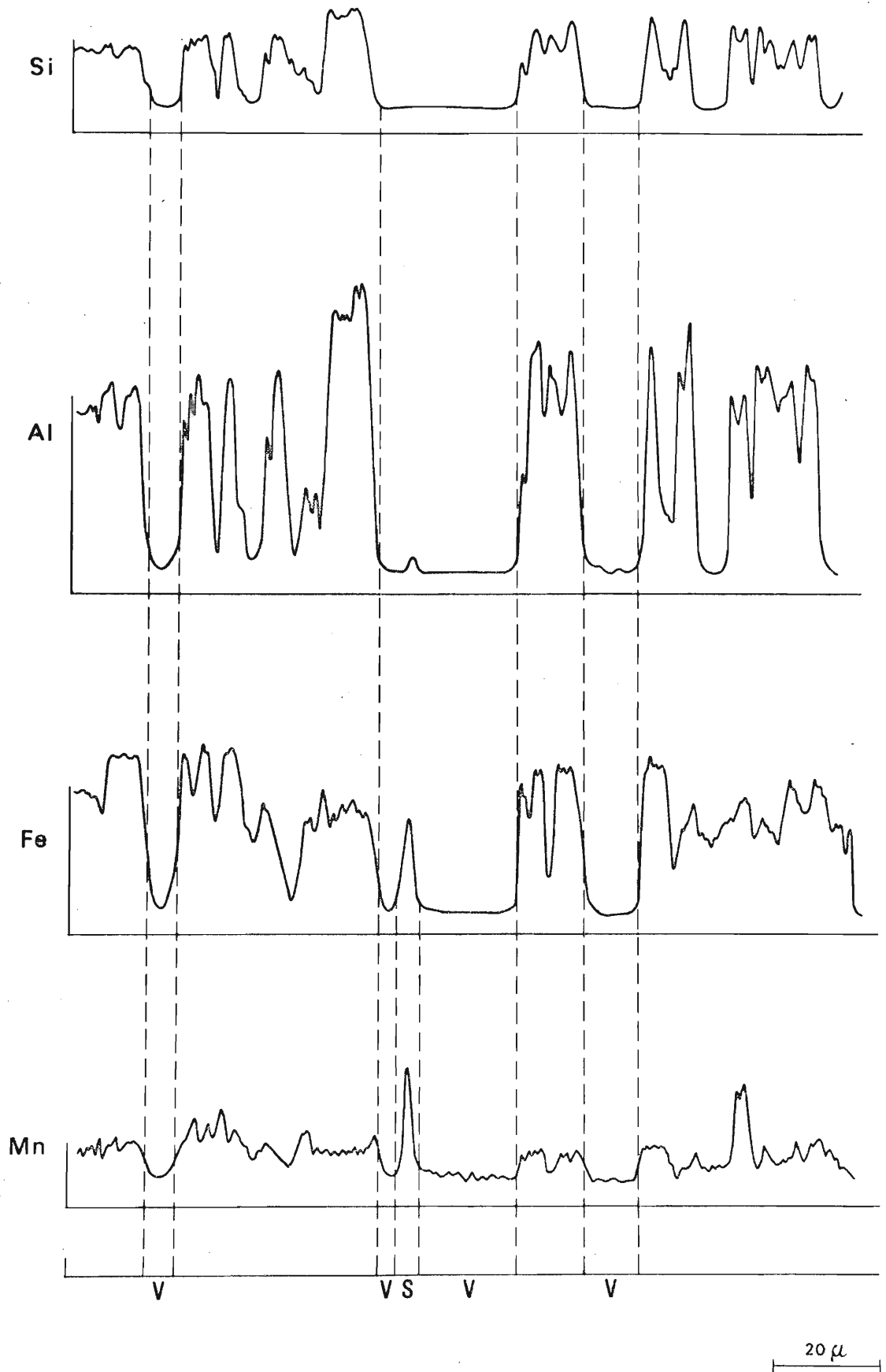
On remarquera la diminution des valeurs en Mn en passant de la frange par la matrice jusqu'aux revêtements argilo-limoneux. Nous avons vu que ces derniers étaient très pauvres en fer libre ; les données de l'enregistrement nous indiquant des teneurs en fer total assez importantes, nous pouvons en déduire que les éléments sont toujours relativement riches en fer de constitution. Peut-être les états du fer dits libre correspondraient-ils aux plus grands pics des enregistrements.

Conclusions.

L'utilisation que nous avons faite de la microsonde de Castaing dans cette étude ne constitue naturellement qu'un simple essai.

Elle représente cependant un pas de plus dans l'analyse fine de la dynamique des sols. L'emploi de cette technique nous a permis de confirmer certains résultats obtenus par d'autres déterminations et constitue notamment un remarquable complément aux examens micromorphologiques. La microsonde nous donne également une idée de la répartition du fer à l'échelon microscopique, lié ou non aux argiles.

# HIRSON

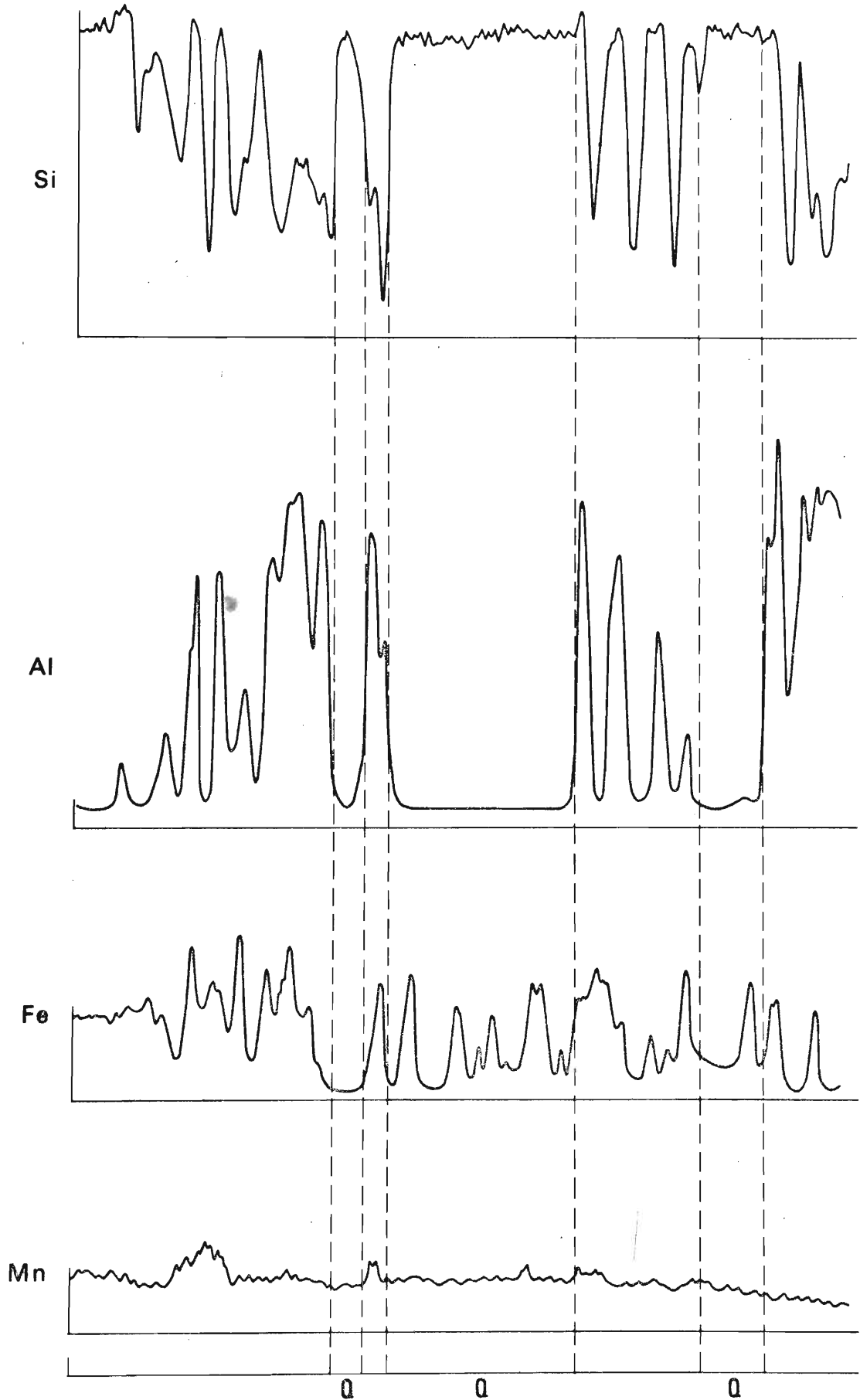


## REVÊTEMENTS ARGILEUX

Fig. 92



# HIRSON



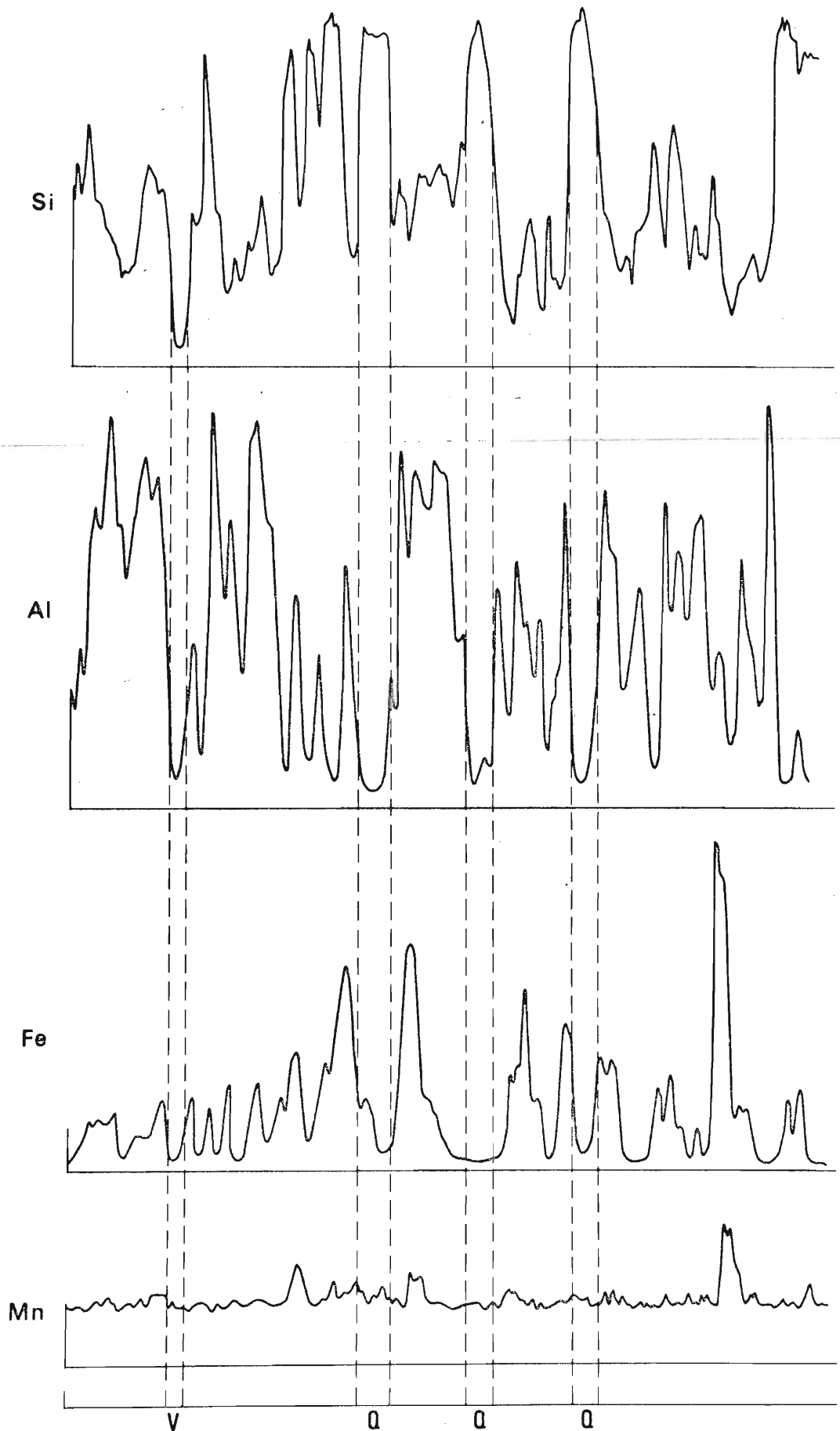
MATRICE

Fig. 93





# HIRSON



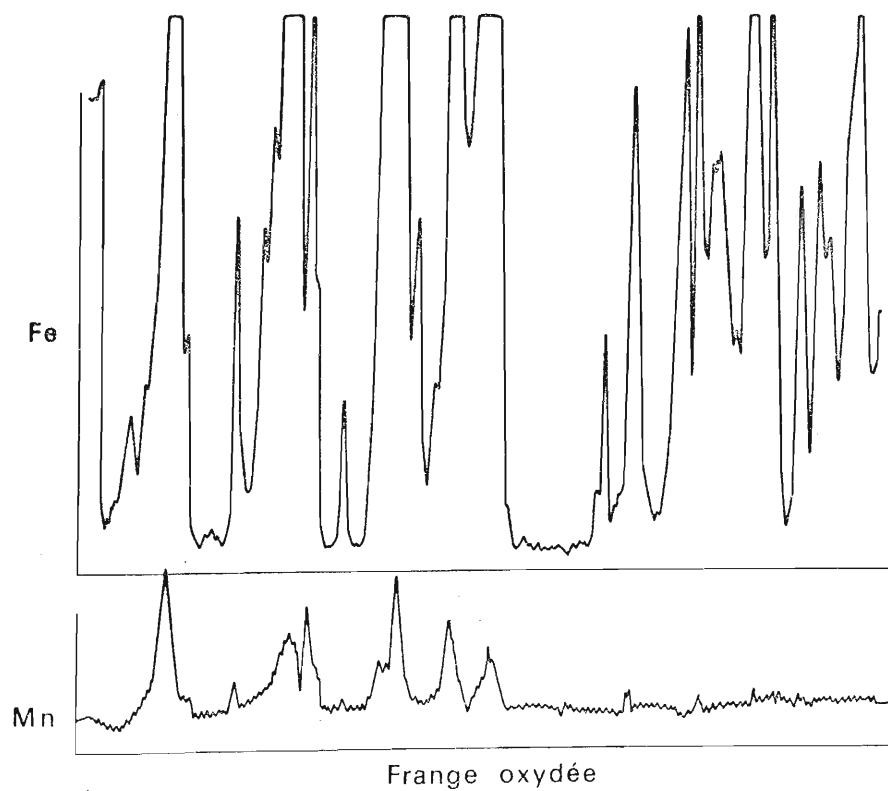
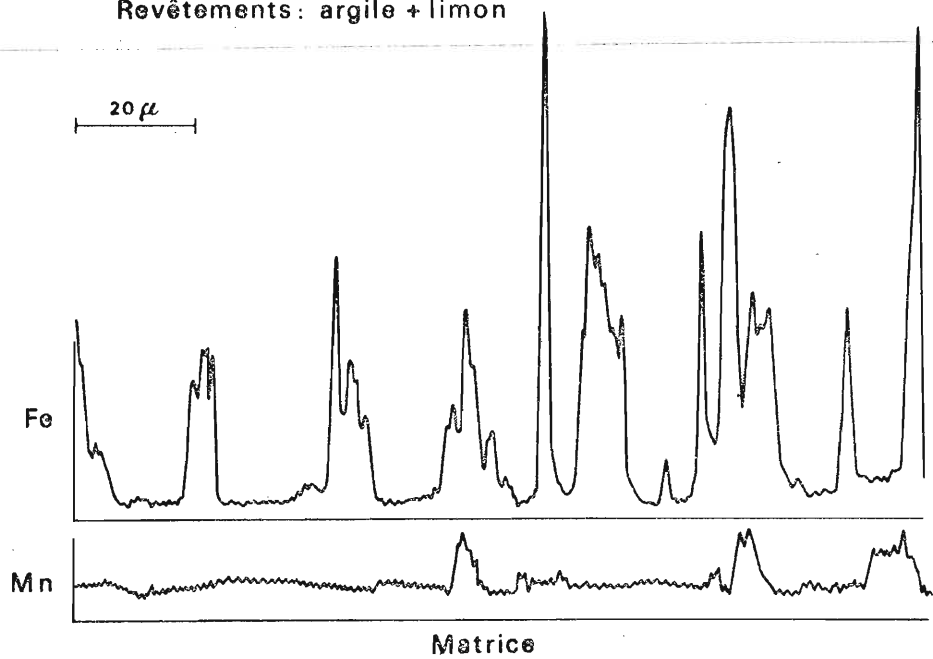
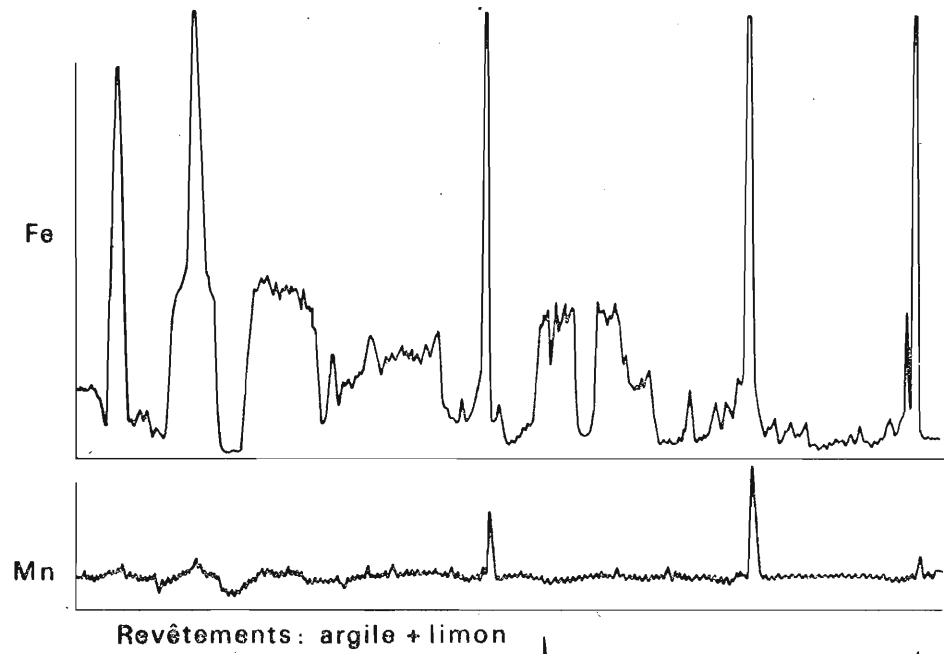
ZONE DE CONTACT

20  $\mu$

Fig. 94



# MONTMIRAIL





Complétée par des dosages ponctuels permettant le raccord avec les autres résultats d'analyse, son utilisation pourra nous amener dans l'avenir, à un niveau d'investigation de plus en plus fin.

L'emploi des techniques de la micromorphologie et de la microscopie électronique nous ouvre les portes d'une véritable micropédologie.

#### 4.45.2. EXAMENS AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE - "STEREOSCAN".

Un certain nombre d'échantillons bien précis ont été photographiés à divers grossissements grâce au "Scanning electron microscope".

L'appareil utilisé est un Stéréoscan de la firme Cambridge Ltd, mis à la disposition du laboratoire de géologie de l'Université de Gand. Les clichés obtenus et que nous avons pu commenter l'ont été grâce à l'obligeance de notre ami G. *Stoops*, spécialiste de la minéralogie et de la microscopie des sols, et aux travaux de qui nous faisons référence.

Nous les présentons en annexe, en dix planches (Planches 10 à 19) qui représentent les aspects les plus caractéristiques des échantillons étudiés.

On peut y observer, à des grossissements différents, parfois successifs, et variant de 120 X à 10 000 X, des traits pédologiques que nous avons l'habitude de décrire essentiellement à partir de lames minces examinées au microscope polarisant.

Citons l'organisation des différentes concentrations plasmiques, les divers types d'assemblages des constituants, les faciès de dégradation des sols glossiques...

Ces données ont complété très utilement les nombreuses observations effectuées grâce aux méthodes plus classiques.

Cette technique électronique est donc intéressante en tant que niveau d'observation intermédiaire, en transition entre la morphologie et l'étude des lames minces.

#### 4.46. DONNÉES SUR LA RÉPARTITION ET LA LOCALISATION DANS LE PROFIL.

Les variations enregistrées entre les teneurs en argile totale des horizons appauvris et enrichis des différents stades d'évolution des sols, ainsi que celles qui se présentent dans la constitution des différents revêtements nous ont tout naturellement amené à envisager le problème sur l'ensemble du solum.

Anticipant quelque peu sur ce que nous exposerons en cinquième partie, nous allons présenter ici quelques idées sur la répartition dans le profil des produits de déplacement, et que nous développerons plus loin.

Nous savons que dès les premiers stades du lessivage, l'argile déplacée se répartit dans des pores et cavités, ainsi qu'en enrobements à la surface des agrégats structuraux. L'horizon d'accumulation s'épaissit progressivement, et un approfondissement marqué semble caractériser les sols très évolués où l'illuviation dite secondaire pourrait en être la cause essentielle.

Le fractionnement de l'argile ayant été effectué sur un nombre important de profils, nous présentons dans le tableau ci-dessous les différents rapports *argile fine / argile grossière* enregistrés, pour trois profils caractéristiques de stades d'évolution avancés, dans les horizons A<sub>2</sub>, B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub> ainsi que dans les revêtements et dans une langue appauvrie du sol dégradé.

Une réserve est à formuler immédiatement pour l'interprétation de ces données. Les valeurs sont en effet à étudier essentiellement par profil, étant donné l'influence de la répartition des fractions argileuses dans le matériau originel. Nous avons naturellement choisi trois exemples où les différences initiales étaient négligeables.

Rapport 0-0,2  $\mu$  / 0,2-2  $\mu$ .

	<u>Sol lessivé</u>	<u>Transition</u>	<u>Sol dégradé</u>
A <sub>2</sub>	1.20	0.64	0.57
Dégradation	-	-	0.39
B <sub>2t</sub>	1.37	1.39	1.76
Revêtements	2.56	1.45	0.91
B <sub>3</sub>	1.06	1.13	1.94

Nous constatons tout d'abord une diminution très nette de ce rapport dans l'horizon A<sub>2</sub>, entre les trois stades, correspondant à une élimination préférentielle de l'argile fine. Ce caractère est encore plus évident lorsqu'on regarde le rapport enregistré dans la langue de dégradation. Corrélativement, l'augmentation de ce rapport dans les horizons B est évidente.

Nous notons cependant que pour les deux premiers stades le rapport présente un maximum dans l'horizon Bt pour diminuer à nouveau dans le B<sub>3</sub>.

Dans le stade le plus avancé, le rapport est maximum au niveau de cet horizon B<sub>3</sub>, ce qui signifie une accumulation maximale d'argile fine.

Si nous regardons maintenant les données fournies par l'analyse des revêtements caractéristiques, on constate que l'on passe d'un rapport très élevé dans l'illuviation primaire à une valeur beaucoup plus basse pour l'illuviation secondaire, ce qui recoupe les observations du premier tableau que nous avons présenté, au chapitre 4.42.

Si l'on compare, pour le sol caractérisé par cette illuviation dite secondaire, la valeur du rapport enregistré dans les revêtements et celui de l'ensemble de l'horizon B<sub>3</sub>, on peut en déduire raisonnablement que la majorité de l'argile fine éliminée par dégradation de l'horizon A<sub>2</sub> et de la partie supérieure du B<sub>2t</sub> se répartit préférentiellement dans l'ensemble de la masse de l'horizon, c'est-à-dire dans toute la porosité accessible.

Ceci pourrait donc correspondre à une sorte d'imprégnation de la masse, avec remplissage des vides par des concentrations plasmiques très fines.

Ces concentrations, vraisemblablement moins déferrisées que les revêtements des faces structurales, présenteraient une orientation peu importante (cf. *Bouma et al.* - 1968). L'examen au fort grossissement d'un certain nombre de lames nous avait déjà mis sur cette voie. Il semble que les résultats que nous venons de présenter confirment les observations micromorphologiques effectuées.

Au demeurant, un processus de ce type pourrait expliquer, au moins partiellement, la compacité très grande de ce niveau du type "fragipan". Cette hypothèse a déjà été avancée par *Vanderford et Shaffer* (1966).

#### 4.47. DISCUSSION - CONCLUSIONS

Ce que nous avons exposé dans les pages précédentes nous amène donc à confirmer l'intervention de deux processus d'illuviation assez sensiblement différents ayant affecté successivement les matériaux limoneux, et dissociant des stades d'évolution bien différenciés : sols bruns lessivés et lessivés où l'illuviation s'effectue en milieu aéré, eutrophe à modérément oligotrophe, et sols lessivés dégradés, glossiques, parfois à tendance "plensolique" où un autre type de déplacement des fractions fines s'opère en milieu hydromorphe et désaturé (*Manil* - 1962, *Duchaufour* - 1968, *De Coninck* 1968, *De Coninck et al.* - 1968).

L'analyse granulométrique détaillée nous a tout d'abord indiqué d'une part la teneur en argile plus importante dans les revêtements du premier type, jusqu'à plus de 60 %, alors que dans le second elle n'est que très légèrement supérieure à 30 %, ceci étant dû à une interstratification importante de fractions limoneuses, comme nous avons pu l'observer en micromorphologie ; d'autre part la variation très nette des pourcentages relatifs d'argile fine et d'argile grossière : beaucoup plus d'argile fine dans le premier type d'illuviation.

Ces données confirment et précisent certains résultats obtenus antérieurement par *Crossman* (1959) et *Suol et Hole* (1959-1961).

L'analyse du fer libre nous a ensuite prouvé la déferrisation très marquée des revêtements accumulés en milieu réducteur.

Sur le plan minéralogique nous avons pu constater pour l'ensemble des revêtements argileux la dominance nette dans l'argile fine de minéraux plus ou moins gonflants et probablement intergrades, tandis que de l'illite, de la kaolinite et du quartz sont généralement bien représentés dans l'argile grossière.

Les revêtements des sols dégradés présentent en plus, dans la fraction grossière, des traces plus ou moins exprimées de vermiculite alumineuse.

Ce dernier type de minéral se retrouve naturellement de façon très nette dans l'argile grossière des échantillons de dégradation, où une véritable chlorite secondaire a localement pu être décelée.

Les données que nous avons recueillies complètent celles des auteurs que nous venons de citer ci-dessus, ainsi que celle de *Arnold* (1963) et *Bullock* (1968). Par ailleurs, les analyses minéralogiques sont confirmées par les résultats de quelques déterminations de surfaces spécifiques.



Les analyses chimiques globales effectuées ont permis de préciser un certain nombre de données : - les fractions d'argile grossière contiennent plus de silice que les fractions fines, du fait de la plus grande quantité de quartz - on observe des teneurs en aluminium plus élevées dans les revêtements des sols dégradés que dans les autres, ce qui peut être lié à la présence des intergrades alumineux - le fer est par contre moins représenté dans les revêtements hydromorphes, et ce de manière telle que cette diminution pourrait signifier une véritable altération des minéraux argileux.

La comparaison entre revêtements et matrice semble confirmer l'absence d'"aluminisation" dans la masse.

D'autre part, l'analyse des différents échantillons d'un profil caractéristique a mis en évidence l'importance de la dynamique du fer et de l'aluminium dans les processus de dégradation.

Enfin, quelques éléments nous ont permis de faire une hypothèse en ce qui concerne la répartition des produits d'illuviation dans le profil : plus localisée dans les revêtements pour l'illuviation primaire, plus diffuse dans la masse et très profonde en ce qui concerne l'illuviation secondaire, ceci essentiellement pour l'argile fine.

En conclusion, nos observations et interprétations peuvent se résumer comme suit :

- En milieu suffisamment aéré, les déplacements colloïdaux affectent le complexe argile-fer non dissocié ; les revêtements sont très riches en argile et particulièrement en argile fine ; des minéraux interstratifiés partiellement gonflants caractérisent la fraction fine tandis que la fraction grossière est beaucoup plus riche en illite, kaolinite et quartz ; les produits d'illuviation sont essentiellement localisés sous forme de revêtements sur les faces des agrégats, ainsi que dans les pores.

- En milieu désaturé et temporairement réducteur, on observe une dissociation du fer et de l'argile, cette dernière migrant alors séparément et s'accumulant sous forme de revêtements ainsi que de manière plus diffuse dans la masse du matériau, sous forme fine ; les minéraux paraissent avoir subi une altération modérée avec départ de fer, des minéraux gonflants caractérisent ici également les argiles fines, tandis que des teneurs plus élevées en kaolinite, illite et quartz se présentent dans la fraction grossière, avec des intergrades alumineux du type vermiculite. Ces derniers pourraient également être présents dans l'argile fine, comme les teneurs en aluminium relevées dans l'analyse globale le laisserait supposer, bien que rien n'ait pu être décelé aux rayons X. La teneur en argile des revêtements est relativement peu importante, tandis que fractions fine et grossière y apparaissent en quantités pratiquement égales.

Au demeurant, nous avons pu observer de nombreux stades de transition où les deux processus dont nous venons d'évoquer les effets interviennent simultanément.

L'utilisation du microscope électronique à balayage nous a permis d'observer la morphologie détaillée de revêtements caractéristiques et de plages dégradées, tandis que celle de la microsonde nous faisait entrevoir le grand intérêt de cette technique pour une étude approfondie de la distribution des principaux éléments constitutifs du sol

Les résultats que nous venons de commenter complètent très utilement les données fournies par l'étude des profils types. La vue d'ensemble que nous en retirons va nous permettre d'élaborer une synthèse sur l'évolution des sols limoneux étudiés.

✕

✕

✕



#### 4.5. CONCLUSIONS

La partie du travail que nous venons de traiter nous a apporté un nombre important d'éléments d'interprétation sur la genèse des sols sur matériaux loessiques.

Beaucoup de paramètres d'évolution des sols ont été étudiés ; tous ont leur utilité et l'analyse de leur comportement a permis de préciser certaines phases essentielles de cette évolution.

L'étude des profils types, exposée dans le chapitre 4.3., nous a amené à concevoir l'intervention de plusieurs processus importants dans le développement des sols actuellement observés, et nous a montré certains aspects fondamentaux, aux plans morphologique et analytique.

Le chapitre 4.4. traitant des échantillons particuliers, nous a permis de mieux définir encore deux mécanismes d'illuviation sensiblement différents quant aux conditions de leur intervention et la nature des produits de déplacement.

Indépendamment des mécanismes d'altération primaire des loess ou limons loessiques, les principaux processus d'évolution pédogénétiques qui sont intervenus ou interviennent dans la formation de ces sols sont la *désaturation*, le *lessivage* en milieu mésotrophe ou oligotrophe, une certaine *altération* ou *transformation* des constituants minéraux, l'*hydromorphie*, ainsi que, liée à ces deux derniers mécanismes, une *illuviation* dite *secondaire* en milieu réducteur.

Une constatation est à faire ; une différence apparaît, pour les sols évoluant actuellement en milieu désaturé, entre ceux pour lesquels une acidification progressive s'est réalisée et ceux pour lesquels l'acidité était pratiquement initiale ; nous reviendrons sur cette notion.

En conclusion de la deuxième partie de notre travail : présentation pédologique du domaine d'étude, nous avons déjà esquissé le schéma d'une séquence évolutive entrevue sur la base de ce premier inventaire.

Les données que nous venons d'obtenir vont nous permettre d'en préciser bien des points, et d'introduire une interprétation sur la succession des processus dans le cadre d'une séquence évolutive idéale.

Nous effectuerons donc dans la cinquième et dernière partie la synthèse de nos observations, et introduirons les hypothèses qui nous paraissent les plus logiques compte tenu de nos propres résultats.



- C I N Q U I E M E P A R T I E -

-----

INTERPRETATION PEDOGENETIQUE DE LA SEQUENCE OBSERVEE SUR  
LIMONS LOESSIQUES DANS LE NORD DE LA FRANCE.



## INTRODUCTION

Nous abordons dans cette dernière partie la synthèse de notre travail.

Dès la présentation du domaine d'étude dans lequel nous avons travaillé, nous avons esquissé une suite évolutive théorique qui paraissait se dessiner aux travers des différents types d'évolution observés.

Après avoir suffisamment caractérisé les matériaux loessiques auxquels nous avons affaire, nous avons analysé en détail les principaux types de sols et les particularités propres à chacun d'entre eux. Ces études ont été réalisées sur la base de l'évolution d'une série de paramètres qui se sont avérés très bien adaptés.

Ceci nous a amené à définir d'une part des stades d'évolution plus ou moins avancés, d'autre part des processus ; la séquence introduite à priori à l'issue de notre premier inventaire peut maintenant, à l'appui de nos nombreux résultats, être décrite et définie avec suffisamment de rigueur.

Nous allons donc inclure les données et observations recueillies dans une série évolutive idéale, et montrer l'enchaînement des processus qui interviennent dans son élaboration.

Cette démarche nous mènera à une présentation dynamique des phénomènes et à la mise en évidence d'une corrélation entre types de sols et action des processus pédogénétiques.

Des stades d'évolution différents ont été observés sur le terrain, décrits et caractérisés.

L'ensemble des profils que nous avons ainsi examinés, complété par des observations effectuées dans d'autres régions et par des données antérieures, permet, comme nous l'avons esquissé plus haut, d'établir une séquence théorique d'évolution, compte-tenu des variations décelées dans les caractères morphologiques, micromorphologiques et analytiques.

Les principales phases évolutives correspondraient, comme nous l'avons vu, à une altération primaire, aux mécanismes de lessivage : éluviation/illuviation, enfin à une **altération** secondaire associée à l'hydromorphie.

Nous allons tenter, dans cette cinquième et dernière partie, de définir cette séquence idéale sous ses différents aspects.

Au plan morphologique tout d'abord, des profils types, bien représentatifs de chaque étape, seront décrits, tandis que leur répartition générale et leur position géomorphologique préférentielle seront précisées.

Les variations essentielles des caractères micromorphologiques que nous avons détaillées en cours d'étude feront l'objet d'une présentation globale.

Un certain nombre de données analytiques sont généralement utilisées comme critères pour déterminer le degré d'évolution atteint par tel ou tel sol ; nous les avons toutes évoquées à de nombreuses reprises au cours des parties précédentes.



Nous allons maintenant envisager la variation de ces critères en fonction d'une évolution théorique progressive, de manière à définir le mieux possible la valeur de chacun d'entre eux comme diagnostic du degré d'évolution. Quelques moyennes seront présentées dans des tableaux synthétiques, mettant en évidence les principales tendances, tandis que des profils représentatifs serviront à préciser des points de détail.

Pour présenter cet ensemble d'éléments sous forme dynamique, deux aspects fondamentaux nous sont apparus.

Le premier est représenté par l'*histoire de l'évolution structurale et de la différenciation des profils* comprenant une présentation morphologique et micromorphologique, ainsi qu'une démonstration mettant en jeu la granulométrie, la matière organique, les caractères physiques.

Le second est constitué par l'*histoire de l'évolution géochimique et minéralogique*, faisant appel aux données se rapportant au complexe absorbant, au comportement du fer et de l'aluminium, à l'évolution des minéraux argileux.

Nous aborderons donc successivement ces deux aspects complémentaires, ce qui nous permettra d'introduire des hypothèses concernant l'intervention des différents processus pédogénétiques dans l'évolution des matériaux loessiques, ce que nous traiterons en fin de partie.

\*

\*

\*

## 5.1. EVOLUTION STRUCTURALE ET DIFFERENCIATION DES PROFILS

De manière à cadrer avec suffisamment de précision les différentes étapes de la série évolutive que nous allons traiter, nous effectuerons donc tout d'abord une présentation qualitative constituée par l'évolution morphologique générale (5.11.), immédiatement complétée par une synthèse micromorphologique (5.12.).

La différenciation des profils successifs caractérisant la séquence sera étudiée au travers de l'évolution de la granulométrie (5.13.), de la matière organique (5.14.), et des caractéristiques physiques et hydrodynamiques (5.15.).

Ceci nous amènera à définir un certain nombre de conditions de la différenciation texturale des profils par le lessivage, ainsi que la variation des conditions d'aération en fonction de l'évolution des caractères physiques.

### 5.11. EVOLUTION DES CARACTERES MORPHOLOGIQUES

Nous ne reprendrons ci-dessous que les caractéristiques morphologiques essentielles des différents types de sols représentant les principaux stades d'évolution, de manière à en déduire les variations les plus évidentes.

Les horizons holorganiques ne seront pas décrits systématiquement, étant en liaison trop étroite avec la nature de la couverture végétale actuelle.

Nous décrirons successivement les types de sols suivants : *Sol brun calcaire* ou *calcique* - *Sol brun* - *Sol brun faiblement lessivé* - *Sol brun lessivé* - *Sol lessivé* - *Sol lessivé glossique à hydromorphie* - *Sol lessivé "planosolique"*.

#### 5.11.1. SOL BRUN CALCAIRE - SOL BRUN CALCIQUE.

##### - Caractéristiques du profil.

Ce type de sol constitue donc le premier stade d'évolution sur loess calcaire, lié à la décarbonatation progressive du matériau originel.

Une infiltration humifère plus ou moins importante est en relation avec le type de végétation colonisant les surfaces correspondantes, l'activité biologique étant d'autre part généralement intense.

Cet horizon A<sub>1</sub> présente une structure grumeleuse assez bien développée et passe par l'intermédiaire d'un horizon de transition A<sub>2</sub> au loess calcaire ou horizon C dont la structure est le plus souvent continue.

L'intensité plus ou moins grande de la décarbonatation se marque par l'apparition de "mycelium" et concentrations de  $\text{CaCO}_3$  dans les pores et sur les faces des agrégats structuraux.

Dans les plus décarbonatés d'entre eux, une structure plus fortement développée peut s'observer sous l'horizon  $A_1$ , c'est la première tendance à la formation d'un horizon (B) de structure caractérisant le stade d'évolution suivant.

Dans ces matériaux, on peut fréquemment observer la présence d'un horizon appelé C(ca) où la répartition du calcaire secondaire est très particulière et se distingue très bien du calcaire faisant partie de la matrice originelle. De petites concrétions analogues aux très connues "poupées du loess" y sont fréquentes.

La teneur en argile est généralement pratiquement constante sur l'ensemble du sol, une décarbonatation marquée des couches supérieures est cependant liée à une légère augmentation du taux d'argile.

La couleur du loess calcaire est généralement beige foncé à brun clair (10 YR 6/3-6/4 à 10 YR 5/3), celle du limon décarbonaté brun clair à brun jaune (10 YR 5/3 à 10 YR 5/4)(\*).

#### - Répartition - Position géomorphologique.

Ces sols se trouvent normalement répartis dans la majorité des zones d'extension des loess du cycle récent, essentiellement en Picardie.

Leur position topographique est particulière, ils caractérisent des secteurs d'affleurement de l'"ergon calcaire", sur pentes assez fortes constamment rajeunies par l'érosion.

#### 5.11.2. SOL BRUN.

##### - Caractéristiques du profil.

Nous avons vu que le processus de décarbonatation amenait ensuite les premières phases de "lehmification".

Ce phénomène suppose une argillification avec augmentation de la teneur en argile par rapport au matériau originel, sans que des phénomènes importants d'illuviation interviennent. Les déplacements colloïdaux, certes présents, sont de très faible amplitude et ne peuvent justifier de cette différenciation. D'autre part, la teneur en argile du "sequum" est pratiquement constante.

La caractéristique morphologique principale est constituée par la présence d'un horizon (B). Cet horizon se distingue par une structure différente de celle des horizons sus et sous-jacents, polyédrique, ainsi que très fréquemment par une couleur brun franc vraisemblablement due à la libération d'une certaine quantité d'oxydes de fer.

---

(\*) Les couleurs mentionnées représentent les teintes les plus couramment observées, et ne constituent donc qu'une simple référence ; elles sont déterminées sur un matériau à l'état frais.

Le profil présente donc la succession d'horizons suivants :

- A<sub>1</sub> Infiltration humifère plus ou moins prononcée - Structure généralement grumeleuse - Limite inférieure très progressive.
- A<sub>3</sub> Horizon de transition à structure grumeleuse à polyédrique subangulaire.
- (B) Horizon B à structure polyédrique subangulaire fortement développée.
- C Matériau originel à structure granulaire à continue.

Dans les sols où l'évolution n'est pas encore avancée, on peut observer, tout comme dans le cas précédent, la présence d'un horizon de redistribution et d'accumulation de calcaire secondaire.

La couleur dominante de la majorité des sols bruns développés sur limon récent est brun jaune (10 YR 5/4-5/6).

#### - Répartition - Position géomorphologique.

Ces sols sont répartis dans de nombreuses régions naturelles limoneuses.

Ils sont localisés sur pentes assez fortes à modérées, là où le relief permet à une quantité d'eau importante de s'éliminer par écoulement externe ; eux aussi sont assez régulièrement rajeunis par érosion.

#### 5.11.3. SOL BRUN FAIBLEMENT LESSIVÉ.

##### - Caractéristiques du profil.

Le lessivage provoque le déplacement dans le profil de particules colloïdales qui migrent et s'accumulent tout d'abord dans les pores fins, sans déplacements d'amplitude importante, ensuite en profondeur dans les pores plus grossiers et sur les faces des agrégats structuraux (Cléine, 1949 - Dudal, 1953 - Laruelle, 1958 - Jamagne, 1966).

Une différenciation de ce que l'on appelle un horizon Bt, d'accumulation d'argile, ou horizon argillique, intervient.

Au stade où nous nous trouvons, cette différenciation est encore très peu importante, mais cependant présente.

Il est certain que des phénomènes d'altération sont toujours en cours au sein du matériau, et sont vraisemblablement également responsables en partie de l'augmentation de la teneur en argile observée au niveau de l'horizon B.

Lorsque l'on a la possibilité d'observer une chaîne de sol où on passe du stade du sol brun à celui du sol brun faiblement lessivé, on constate que l'illuviation se surimpose progressivement à l'horizon (B), et finit par l'englober presque entièrement. En effet, il est évident que les dépôts argileux se répartissent préférentiellement sur les faces des agrégats préalablement formés par la différenciation de l'horizon structural.

Le profil présente la succession suivante d'horizons :

- A<sub>1</sub> Horizon humifère d'épaisseur moyenne - Structure à dominance grumeleuse - Limite inférieure plus distincte que dans le cas précédent.

- A<sub>2</sub> Horizon d'appauvrissement en argile et en fer, brun clair à brun jaune (10 YR 5/3 à 5/4), assez peu distinct - Cet horizon se différencie fréquemment dans la partie inférieure de l'infiltration humifère - Structure le plus souvent du type granulaire.
- A<sub>3</sub> Horizon de transition - Structure granulaire à polyédrique subangulaire.
- B<sub>2</sub><sup>t</sup> Niveau d'accumulation d'argile, assez peu différencié, brun jaune (10 YR 5/4 à 5/6) - Structure polyédrique subangulaire à angulaire - Revêtements argileux très fins et discontinus, brun foncé à brun jaune foncé (10 YR 4/3 à 4/4), tapissant les parois des pores et une partie des faces des agrégats de structure - La partie inférieure de l'horizon présente une tendance à la structure prismatique.
- C Matériau originel constitué de loess partiellement altéré, brun jaune (10 YR 5/4), à structure granulaire ou polyédrique subangulaire, à tendance continue dans le bas de l'horizon.

#### - Répartition - Position géomorphologique.

Ce développement caractérise tout d'abord des matériaux d'apport assez récent, issus de redistributions sur des surfaces morphologiques, comme certains limons de couverture post-würm ou certains "limons de lavage" ; ils sont notamment assez largement représentés en Picardie et dans le Marlois.

D'autre part, dans la zone d'extension de sols bruns lessivés, ils se présentent sur pentes moyennes et aux abords des ruptures de pentes en bordure de plateau où ils représentent des sols moins développés que le profil normal.

#### 5.11.4. SOL BRUN LESSIVÉ.

##### - Caractéristiques du profil.

Les phénomènes d'illuviation sont ici particulièrement nets. Une différenciation très marquée des horizons génétiques se manifeste.

L'horizon "diagnostique" B<sub>t</sub> d'accumulation maximum d'argile se distingue très bien, il est surmonté de l'horizon A<sub>2</sub> ou horizon lessivé.

Un profil type correspond à la description suivante :

- A<sub>1</sub> Horizon d'infiltration humifère - Structure grumeleuse à granulaire - Limite inférieure graduelle à distincte.
- A<sub>2</sub> Horizon lessivé, appauvri en argile et en fer, de teinte claire (10 YR 5/3) - Structure granulaire faiblement développée.
- A<sub>3</sub> ou B<sub>1</sub> Horizons de transition présentant soit une dominance de caractères du A<sub>2</sub>, soit du B<sub>t</sub> - Structure généralement granulaire à polyédrique subangulaire - Limite assez distincte.
- B<sub>2</sub><sup>t</sup> Horizon d'accumulation d'argile, de couleur brun jaune (10 YR 5/4 - 5/6) - Structure polyédrique angulaire reprise à la base de l'horizon dans une structure prismatique plus grossière - Une évolution de la taille des éléments structuraux polyédriques s'observe généralement dans cet horizon, la partie supérieure présentant des agrégats plus fins que la partie inférieure.
- L'argile déplacée par illuviation tapisse la majorité des pores et recouvre les faces des agrégats structuraux d'une manière presque continue, les faces de dissociation d'orientation verticale étant cependant privilégiées. La couleur de ces revêtements est généralement brun jaune foncé à brun foncé (10 YR 4/4 à 7,5 YR 4/4) - Limite généralement graduelle.

B<sub>3</sub>

Horizon de transition avec le matériau originel - Situé en limite de l'influence "biodynamique" du sol, les caractéristiques sont liées à celles des horizons Bt et C. Structure prismatique assez grossière dont les faces de dissociation verticales prolongent celles ébauchées dans l'horizon Bt - De ce fait, des revêtements argileux, parfois assez épais dans les sols bruns lessivés les plus évolués, tapissent d'une manière plus ou moins continue des faces verticales.

Dans la séquence d'évolution progressive cet horizon va prendre une importance de plus en plus grande pour les caractéristiques hydriques du profil. Il constitue en effet, du fait de la différence marquée de structure, une barrière à la possibilité de percolation des eaux de drainage, ainsi qu'à la colonisation racinaire - Les faces de la structure prismatique de l'horizon B<sub>3</sub> des sols bruns lessivés représentent vraisemblablement le premier stade vers la constitution du réseau en plan polygonal très typique des sols plus évolués sur matériaux limoneux.

C

Matériau originel constitué par un limon argileux à structure continue mais où quelques faces verticales sans organisation régulière se présentent dans la masse.

Il est vraisemblable qu'à ce stade interviennent encore certains processus d'altération au sein du matériau (Rode, 1965). Dans les coupes de loess suffisamment épais et homogène, on peut retrouver en profondeur un loess de moins en moins argileux mais cependant décarbonaté, ainsi que des niveaux d'accumulation de carbonates de calcium sous forme de "poupées" ou de "mycelium".

Le loess calcaire constituant le sédiment rigoureusement originel peut éventuellement s'observer également en profondeur.

Une donnée concernant plus particulièrement la physique du sol prend ici toute son importance ; il s'agit de la variation de la compacité qui augmente sensiblement en profondeur pour atteindre un maximum au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>.

#### - Répartition - Position géomorphologique.

Ce type de sol présente une répartition très générale dans toute l'Europe de l'ouest et est notamment caractéristique des limons récents du Bassin de Paris et de Belgique.

Ils sont répartis au sein de toutes ces zones dans des paysages ayant subi sans entrave l'action des facteurs de la pédogenèse.

### 5.11.5. SOL LESSIVE.

#### - Caractéristiques du profil.

L'importance des phénomènes d'illuviation s'accroît ici sensiblement. Les horizons caractéristiques sont plus importants que dans le stade d'évolution précédent, et morphologiquement encore plus marqués.

Le profil type est le suivant :

A<sub>1</sub>

Horizon humifère d'assez faible épaisseur - Structure grumeleuse à granulaire -  
Limite distincte.

A<sub>2</sub> Horizon lessivé, appauvri en argile et en fer, d'épaisseur assez importante, de couleur claire (10 YR 5/3 à 6/3) - Structure granulaire à tendance lamellaire localement - Limite inférieure graduelle.

B<sub>1</sub> Horizon de transition généralement peu important - Structure polyédrique subangulaire - Présence de revêtements argileux fins et discontinus - Limite graduelle.

B<sub>2</sub><sup>t</sup> Horizon d'accumulation d'argile et de fer, brun jaune (10 YR 5/4 - 5/6), d'épaisseur importante - Structure polyédrique angulaire, reprise à la base de l'horizon dans une structure à éléments plus grossiers dissociant des prismes anguleux et irréguliers. Les revêtements argileux, brun foncé (10 YR 4/3 - 4/4), couvrant les agrégats structuraux, sont épais et continus sur pratiquement la totalité des faces - Limite graduelle.

A la partie supérieure de l'horizon apparaissent d'autre part de petites plages de limon fin sur les parois des agrégats, ce qui traduit une dégradation naissante ("podzol flours" des auteurs anglo-saxons - *Clune*, 1949). A ces zones sont fréquemment associées des taches ocres d'individualisation du fer.

Il semble donc que l'on soit là en présence de matériau fin résiduel, une partie de l'argile des revêtements ayant subi une altération ou trouvé très localement des conditions permettant une remobilisation.

Une généralisation de ce phénomène dans la partie supérieure du B<sub>t</sub>, ou encore la présence de ces plages sur l'ensemble de cet horizon, amène le sol au stade de sol lessivé légèrement dégradé, ce qui constitue une transition, un "intergrade" vers le degré d'évolution suivant.

B<sub>3</sub> Horizon de transition vers le matériau originel - Structure prismatique grossière prolongeant celle de la partie inférieure du B<sub>t</sub> - Les faces verticales de structure sont généralement tapissées de revêtements argileux assez épais et continus, particulièrement dans les types de sol où un début de dégradation est nettement décelable.

Le réseau structural ébauché dans le stade précédent se différencie donc plus nettement - On observe une compacité plus grande de la matrice constitutive des prismes, ce qui conduit à une percolation préférentielle de l'eau entre les faces de structure, où d'autre part la colonisation radicellaire se concentre.

La limitation à une infiltration régulière des eaux de drainage au niveau du contact B<sub>2t</sub>/B<sub>3</sub> conduit à un engorgement temporaire plus ou moins important qui se traduit dans la morphologie par l'apparition de taches d'oxydo-réduction de teinte rouille à la base du B<sub>2t</sub>.

Dans les cas les plus défavorables les conduits racinaires présentent des traces de marmorisation, panachage d'orientation verticale entourant les pertuis.

C Le matériau originel, brun jaune (10 YR 5/6 - 5/8), se présente de manière pratiquement analogue à l'horizon C du stade précédent - La compacité est assez importante.

On observe, à ce stade, une compacité de l'horizon B<sub>3</sub> plus marquée encore que dans le type de sol précédent.

Ces caractéristiques morphologiques, essentiellement celles des horizons A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>, nous ont aidé à placer la distinction entre sols bruns lessivés et sols lessivés. Nous reviendrons sur cette conception aux chapitres suivants.

- Répartition - Conditions d'apparition.

Ce type de sol est assez fréquent sur limon du cycle récent lorsqu'une végétation forestière ancienne assez dégradée et acidifiante l'a colonisé.

D'autre part, dans les zones d'extension des limons plus anciens, on peut l'observer aux abords des ruptures de pentes et sur pentes modérées, où le développement de profil est légèrement moins accentué que celui des sols dégradés et très humides qui caractérisent les plateaux, du fait de l'élimination par écoulement superficiel d'une partie des eaux de précipitations.

5.11.6. SOL LESSIVE GLOSSIQUE A HYDROMORPHIE.

- Caractéristiques du profil.

Ce degré de développement constitue pratiquement le dernier stade d'évolution que nous avons pu observer sur nos matériaux limoneux.

On y constate une véritable "dissolution" de la partie supérieure de l'horizon Bt et la formation de poches et de langues de dégradation s'insinuant profondément dans l'horizon d'accumulation et provoquant progressivement un épaissement de l'horizon A<sub>2</sub>. Il s'agit du "tonguing" des auteurs anglo-saxons.

Le lessivage très important des couches superficielles, lié à la dégradation, va fréquemment de pair avec l'apparition en profondeur d'un niveau de compacité marqué. Cet horizon, du type "fragipan", se surimpose au développement du sol au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>, et remonte localement dans la partie inférieure du B<sub>2t</sub> (Hébert et Jamagne, 1964).

L' L'imperméabilité importante de ce niveau, ainsi qu'un certain colmatage de la base de l'horizon Bt par les produits illuviés, provoque dans ce type de sol l'apparition de conditions d'hydromorphie importantes liées à l'existence d'une nappe d'eau à caractère temporaire.

Les horizons génétiques présentent donc des caractéristiques morphologiques très accentuées.

Sous végétation naturelle dégradée, acidifiante, à humus du type "moder" ou "mor", peuvent apparaître dès lors des phénomènes de podzolisation matérialisés par un micropodzol développé dans la partie supérieure de l'horizon A<sub>2</sub> du sol dégradé (Dudal, 1953 - Galoux, 1953 - Louis, 1954 - Jamagne, 1964).

Un profil type du sol lessivé dégradé, glossique, présente la succession d'horizons génétiques suivants :

- |                 |   |
|-----------------|---|
| A <sub>1</sub>  | Horizon d'infiltration humifère d'épaisseur faible et à limite distincte - Structure granulaire généralement peu définie.   |
| A <sub>2g</sub> | Horizon fortement lessivé en argile et en fer, de couleur très claire (10 YR 6/3 à 7/3) - Structure granulaire à lamellaire - Petites taches de concrétions plus ou moins indurées de fer et de manganèse - Cet horizon pénètre en langues dans le B sous-jacent - Localement, on observe à la partie inférieure des fragments résiduels du B englobés dans le matériau fortement appauvri - Limite inférieure très irrégulière.  |
| A & Bg          | Horizon de transition caractéristique de l'altération du Bt - Ce niveau comporte à la fois des masses de matériau présentant les caractéristiques du B, et des poches de forme allongée verticalement correspondant aux langues de dégradation du A <sub>2</sub> .<br>La structure des zones résiduelles du B est polyédrique subangulaire et présente des revêtements argileux fins en voie d'altération, celle des zones dégradées est pratiquement particulaire - Nombreuses taches ferro-manganiques partiellement indurées, taches rouilles indiquant les phénomènes d'oxydo-réduction nombreuses également - Limite graduelle et irrégulière. |



B<sub>2</sub>tg  
Horizon d'accumulation d'argile en voie de dégradation, à matrice brun jaune (10 YR 5/6 - 5/8) - Structure polyédrique angulaire reprise progressivement vers la base dans une structure plus grossière du type prismatique - Les revêtements argileux, généralement brun foncé (7,5 YR 4/4 - 5/4), sont d'épaisseur moyenne et assez continue.  
De très nombreuses plages de dégradation séparent localement les prismes et sont en continuité avec les infiltrations en provenance du A<sub>2</sub>.  
Les indurations ferro-manganiques sont nombreuses, ainsi que les taches d'oxydo-réduction - Au niveau de la base de cet horizon, apparaissent le long des faces verticales de structure, prolongeant les poches de dégradation de plus en plus étroites, des revêtements argilo-limoneux assez épais et de couleur grise (5 Y 6/1) qui remplacent donc progressivement en profondeur le limon fin issu de la dégradation - Ces enduits seraient issus d'une illuviation secondaire suite à la dégradation de la partie supérieure du sol. L'oxydo-réduction se traduit dès ce niveau par un panachage d'orientation verticale - Limite graduelle.

B<sub>3</sub>gx  
Horizon de transition caractéristique - Structure prismatique grossière présentant fréquemment une sous-structure lamellaire - Les faces verticales de structure sont tapissées de revêtements argilo-limoneux très épais de couleur gris pâle (5 Y 7/2), et présentent vers l'intérieur de la matrice une frange caractéristique de concentration de fer (7,5 YR 5/6 - 5/8).  
Aux abords de la matrice des agrégats, ces enduits argileux paraissent interstratifiés de limon très fin.

En plan horizontal, le tracé structural se présente sous forme d'un réseau polygonal parfois irrégulier mais très net.  
Les phénomènes de compacité de ce niveau, entamés dans les stades d'évolution précédents, prennent ici toute leur ampleur.  
Cet horizon, du type "fragipan" constitue un obstacle important à toute pénétration, et une nappe aquifère à caractère temporaire est maintenue sur ce niveau pendant une partie importante de l'année. Le panachage vertical est particulièrement net, et renforcé sous végétation forestière par la marmorisation des conduits racinaires.

Cg  
Le matériau originel est structuré de manière très grossière, des prismes très importants se dissociant dans une masse assez continue.  
Une tendance lamellaire peut quelquefois cependant s'y observer. Le panachage de l'horizon sus-jacent s'y atténue fortement jusqu'à disparaître pratiquement dans certains cas.

#### - Répartition - Conditions d'apparition.

La répartition de ce type de sol est liée à des conditions particulières lorsqu'on l'observe dans des loess récents du Pléistocène supérieur. L'apparition en est essentiellement due à une dégradation ancienne et importante de la végétation naturelle, vraisemblablement par modification anthropique du tapis végétal. Une exploitation forestière abusive de certaines zones, éventuellement associée à une introduction massive d'espèces productrices de matière organique à décomposition lente en est fréquemment la cause.

La dégradation de la Chênaie Atlantique, suivie notamment par une monoculture séculaire de hêtre en est par exemple très caractéristique. (Duchaufour, 1948 - Dudal, 1953 - Galoux, 1953 - Louis, 1954).

Lorsque ce type de végétation est toujours en place, les phénomènes de micropodzolisation y sont généralement particulièrement nets.

## SCHÉMA MORPHOLOGIQUE

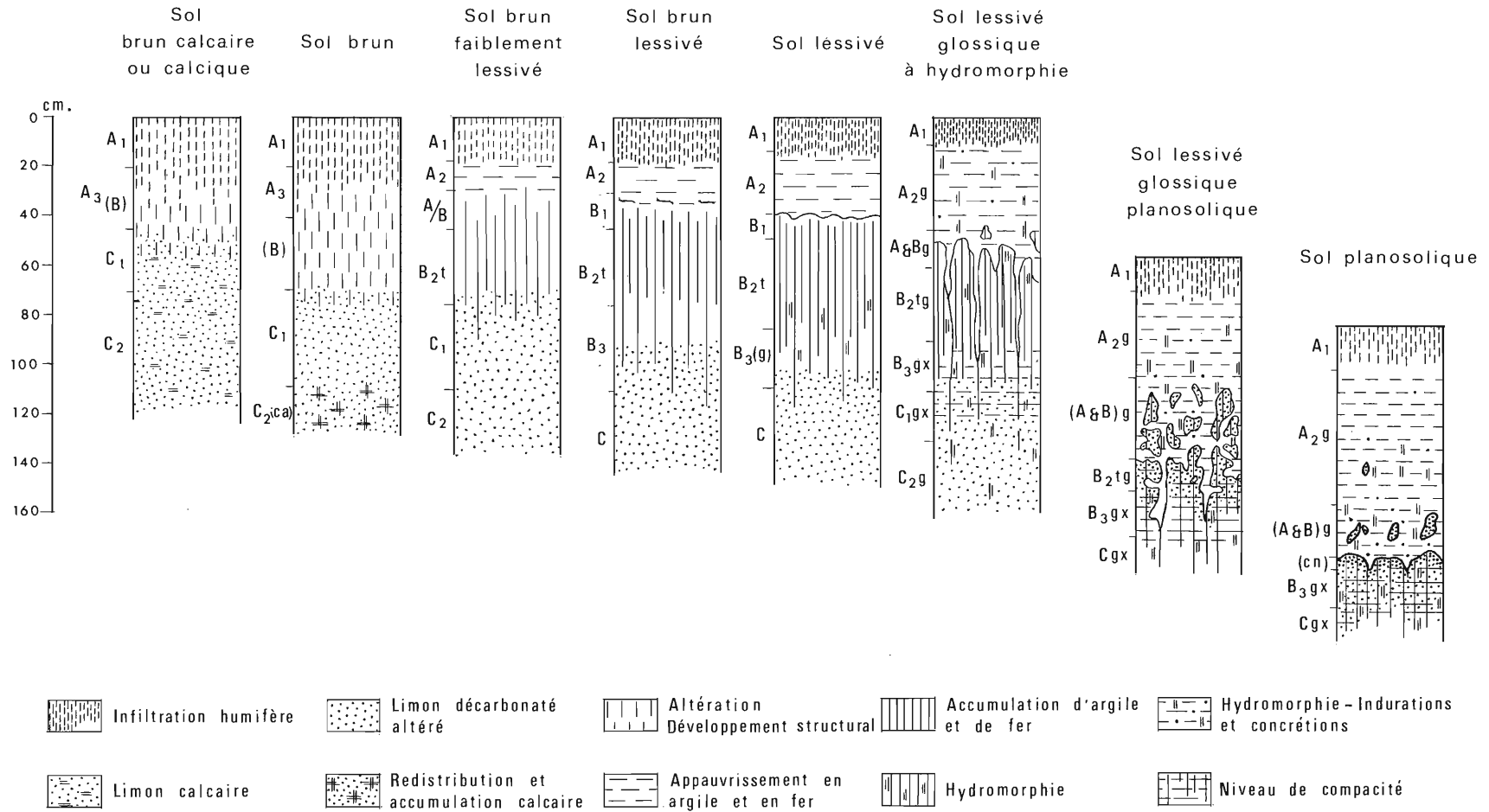


Fig. 96



Comme nous l'avons vu, ce développement de sol est d'autre part caractéristique de limons plus anciens appartenant vraisemblablement à la base de la couverture du cycle "récent", ou même à celle du cycle ancien. Ces matériaux sont alors généralement répartis sur de vastes surfaces à relief sub-horizontal où les possibilités de rajeunissement par érosion ont toujours été limitées. Ils ont donc subi depuis très longtemps l'influence des facteurs pédogénétiques, et constituent de très vieux sols.

Il est évident que l'intensité des phénomènes caractérisant ce stade très avancé d'évolution est beaucoup plus grande sur les matériaux anciens où les processus affectent une épaisseur nettement plus importante du solum.

#### 5.11.7. SOL LESSIVE "PLANSOLIQUE".

##### - Caractéristiques du profil.

L'intensification simultanée des conditions réductrices et des phénomènes d'illuviation amène localement l'apparition de types de sols à morphologie proche de celle des plansols.

On y observe une disparition, progressive semble-t-il, des reliques du Bt situées dans le A<sub>2</sub>, tandis qu'une discontinuité texturale beaucoup plus marquée entre l'horizon A<sub>2g</sub> et l'horizon B<sub>2tg</sub> apparaît, le niveau de dégradation A & B étant toujours présent, mais d'épaisseur très réduite. Un certain blanchiment de l'horizon appauvri peut se présenter au contact de l'horizon Bt, particulièrement compact. Les caractères de "fragipan" remontent très haut dans cet horizon d'accumulation très dense.

Dans les cas où l'évolution par hydromorphie est très marquée, on peut observer la présence d'un niveau assez important de concrétionnement d'oxydes de fer à la partie supérieure des niveaux les plus compacts.

##### - Répartition - Conditions d'apparition.

Ces sols, très localisés dans le paysage de la Haute-Brie et du Tardenois, se cantonnent dans des situations topographiques de légère dépression, où les phénomènes d'engorgement sont particulièrement fréquents et importants.

On peut également les observer là où une couverture limoneuse peu épaisse repose sur un substrat imperméable provoquant des conditions d'hydromorphie particulières.

#### 5.11.8. CONCLUSIONS.

De l'ensemble des observations morphologiques que nous avons pu effectuer, un certain nombre de points apparaissent comme particulièrement importants à envisager, des stades initiaux aux stades les plus évolués.

- Sous végétation naturelle, la nature de l'humification est variable, le mull eutrophe ou mésotrophe des sols bruns ou bruns lessivés fait progressivement place à des humus du type mull acide, dysmoder et moder typique dans les sols les plus dégradés.

- En ce qui concerne les activités biologiques, une remontée du solum biodynamique s'observe nettement dans la séquence : diminution de l'épaisseur des horizons hémorganiques, diminution des activités fauniques et de la profondeur d'enracinement.

- Les modifications de la qualité de la structure des horizons caractéristiques sont importantes.

- Horizon A<sub>2</sub> - De granulaire dans les stades d'éluviation simple, elle tend à devenir plus massive, et à tendance lamellaire dans les stades dégradés.
- Horizon B<sub>2t</sub> - La structure polyédrique bien développée des premiers stades perd de sa qualité, puis se dégrade progressivement.
- Horizon B<sub>3</sub> - Une sous-structure lamellaire, développée dans les agrégats de la structure prismatique grossière, caractérise les stades les plus avancés, avec différenciation d'un horizon du type "fragipan".  
Cet horizon de transition prend de plus en plus d'importance dans la dynamique et l'économie en eau du sol par l'apparition d'une compacité très grande.

- Le phénomène de dégradation de l'horizon Bt débute par l'apparition de petites mouchetures ou plages préférentiellement éluviées sur les agrégats de la partie supérieure de l'horizon argillique des sols lessivés. Une extension de ce processus aboutit finalement à de véritables langues de dégradation.

- La limite entre les horizons éluviés et illuviés, progressive dans les premiers stades, devient ondulée puis franchement irrégulière dans le cas du "tonguing". Elle redevient plus régulière dans les sols très hydromorphes.

- Les revêtements, exclusivement argileux ou argilo-humifères dans les sols bruns lessivés et les sols lessivés deviennent argilo-limoneux au niveau des horizons Bt des sols glossiques ou à tendance planosolique.

- Une compacité de plus en plus marquée s'observe au niveau des horizons B<sub>3</sub> ou B/C.

- Des engorgements temporaires, apparemment dus à une variation de structure à la partie inférieure de l'horizon Bt, provoquent, dès le stade du sol lessivé, l'apparition de taches d'oxydo-réduction, typiques de l'hydro-morphie. Ce phénomène prend de plus en plus d'ampleur et se manifeste de manière spectaculaire dans les sols dégradés où une nappe aquifère à caractère alternatif influence la partie supérieure du solum.

Nous allons voir, dans les chapitres suivants, les relations qui existent entre ces données fournies par l'observation de terrain et les résultats des déterminations de laboratoire.

## 5.12. EVOLUTION DES CARACTERES MICROMORPHOLOGIQUES

Nous allons tenter dans ce chapitre de mettre en évidence les variations les plus importantes décelées pour les caractéristiques micromorphologiques des sols sur limons loessiques.

Plusieurs synthèses de ce type ont été réalisées ou abordées antérieurement par certains auteurs, nous pouvons citer les travaux de *Kubiéna*, *Altemüller*, *Laruelle*, *Brewer* et *Steeman*, *Bocquier*.

Certaines phases de la séquence qui nous occupe s'individualisent remarquablement sur le plan micromorphologique. Les stades décrits seront de ce fait quelque peu différents de ceux exposés dans le chapitre précédent, notamment pour la phase de l'illuviation, plus simplifiée, et celle de la dégradation, plus détaillée.

Les étapes suivantes seront décrites : *Matériau originel - Stade initial - Sol brun - Sol brun lessivé - Sol lessivé - Sol lessivé en voie de dégradation - Sol lessivé glossique à hydromorphie - Sol lessivé "planosolique"*.

Un tableau synthétique regroupera l'ensemble des observations effectuées, les planches 20 à 27 illustreront quelques uns des aspects les plus caractéristiques, et un paragraphe permettra d'introduire une discussion et une conclusion sur les données fournies par l'étude micromorphologique.

#### 5.12.1. MATÉRIAU ORIGINEL - STADE INITIAL.

Les dépôts loessiques qui peuvent être considérés comme matériaux originels s'observent soit en surface où ils affleurent dans des positions morphologiques soumises à une érosion importante, soit en profondeur sous des sols plus ou moins fortement évolués.

Le squelette des limons loessiques du nord de la France est de composition assez homogène. Essentiellement quartzeux, il comporte cependant dans les fractions limoneuses une certaine quantité de minéraux altérables : plagioclases, feldspaths potassiques, minéraux micacés, glauconie.... Il est dominé par la fraction 20-50 microns, mais on y observe cependant une teneur variable en grains de sable grossier.

Les loess calcaires sont caractérisés par la présence de très petits fragments de calcaire détritiques, lithoreliques, et de calcite régulièrement disséminés dans le fond matriciel.

Le plasma, d'aspect essentiellement argileux, est homogène et régulièrement distribué, quelques séparations plasmiques s'observent aux forts grossissements, certaines sont indépendantes, d'autres du type squelsepique, l'orientation en est modérée.

L'assemblage élémentaire (ou distribution relative), fréquemment difficile à définir, se rapproche le plus souvent du type intertextique.

De très nombreux petits vides d'entassement sont répartis régulièrement dans le matériau, et sont en relation avec une très forte microporosité. La macroporosité semble par contre relativement faible, on peut observer quelques orthocavités et vésicules.

A ce stade, aucune caractéristique pédologique particulière n'est décelable.

Dès que le loess calcaire subit une influence pédogénétique, une mobilisation et une redistribution des carbonates intervient, avec concentrations localisées.

Les sols développés sont du type sol brun calcaire ou calcique :  
 $A_1 - A_3/(B) - C.$

Les loess calcaires observés renferment presque toujours une proportion notable de  $\text{CaCO}_3$  de néoformation qui constitue dès lors des néocalcitanes, et qui peuvent correspondre au "mycelium" calcaire fréquemment observé en profondeur.

Ces calcitanes de diffusion s'organisent à partir de vides : pores ou pertuis radicellaires. Ils représentent la forme la plus commune de ce calcaire de néogénèse. On peut également les observer sous la forme de concentrations beaucoup plus denses, de véritables nodules ou concrétions appelées "poupées" du loess.

Des séparations plasmiques bien visibles aux grossissements normaux apparaissent à ce stade ; localisées en bordure du squelette, elles appartiennent au type squelettepique, certaines se différencient dans la masse.

L'assemblage élémentaire peut être considéré comme étant du type intertextique d'une manière assez générale.

Aucune autre répartition préférentielle du plasma sous forme de concentrations ne peut encore être mise en évidence.

#### 5.12.2. SOL BRUN.

Ce stade est celui de l'altération et de la structuration du matériau, avec différenciation d'un horizon (B) correspondant à l'horizon diagnostique "cambique" de la classification américaine, à structure polyédrique bien développée.

Le profil est donc du type :  $A_1 - A_3 - (B) - C$ .

Le squelette ne présente aucune variation particulière par rapport au stade précédent, hormis l'élimination du calcaire détritique par dissolution des lithoreliques. Remarquons la présence assez fréquente de grains de glauconie à des degrés variables d'altération.

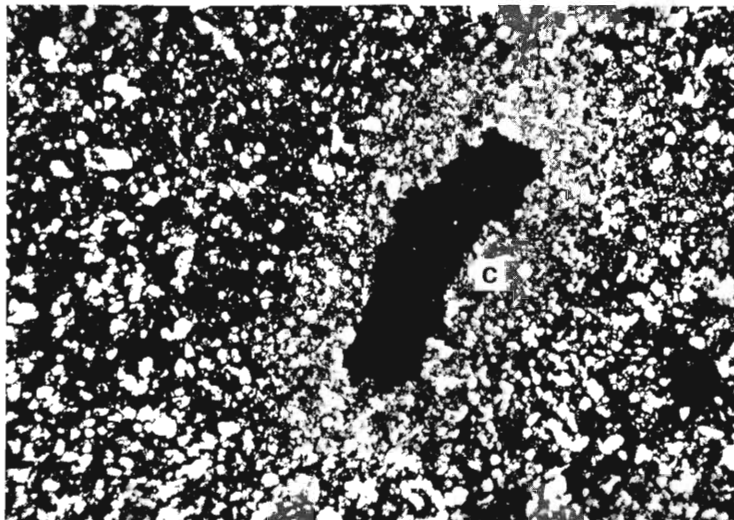
Le plasma présente une moins grande homogénéité et s'oriente, au cours de cette phase, de plus en plus nettement. Toujours de constitution essentiellement argileuse, il se répartit préférentiellement sous forme de séparations très bien discernables. Des séparations plasmiques bien individualisées se présentent donc autour des grains du squelette ainsi que sous forme d'îlots isolés dans le fond matriciel. Le degré d'orientation de ces séparations est généralement modéré, mais plus accentué que dans le matériau de départ. L'assemblage plasmique dominant peut être qualifié de squelettepique.

Ces modifications progressives du plasma, liées semble-t-il à la décarbonatation, pourraient représenter un des aspects principaux de l'"argilification" par altération et microdivision des minéraux primaires.

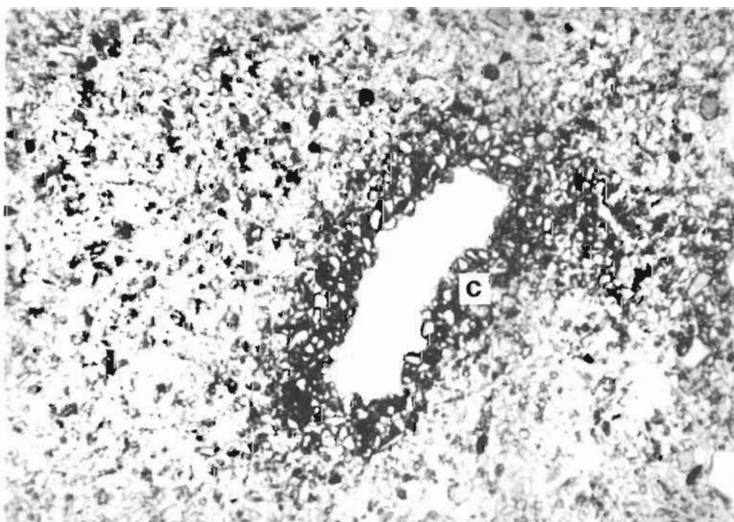
L'assemblage élémentaire, ou distribution relative dans la structure de base, est essentiellement à dominance du type intertextique.

Les vides sont ici représentés principalement par des cavités à parois émoussées, du type méta, et de nombreux chenaux. Du fait de l'agrégation bien différenciée du matériau, la macroporosité paraît sensiblement plus importante que dans le cas précédent.

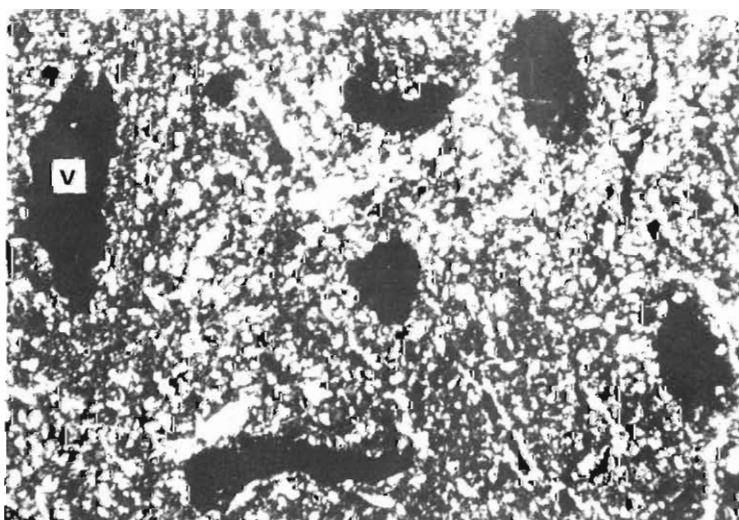
Comme traits pédologiques, on peut observer qu'une partie de la fraction argileuse migre localement et se dépose sous forme de concentrations sur les parois des vides. Les premiers vides à être affectés par ce processus de dépôt sont généralement ceux de diamètre moyen (50 à 200 microns). Ces quelques argilanes sont assez fortement orientés.



Loess calcaire de Picardie - Squelette homogène dominé par la fraction 20 - 50 microns. Le calcaire détritique est peu visible, les calcitanees forment des auréoles autour des vides ( c ) - L. P. x 70.



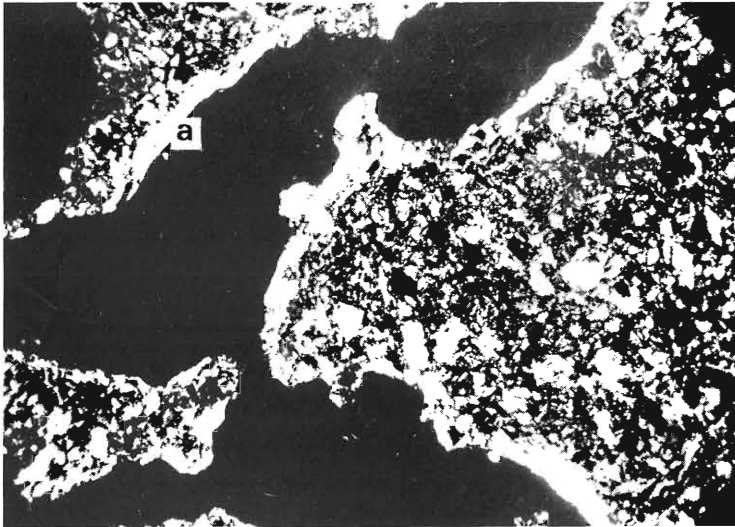
Id. - L. N. x 70 .



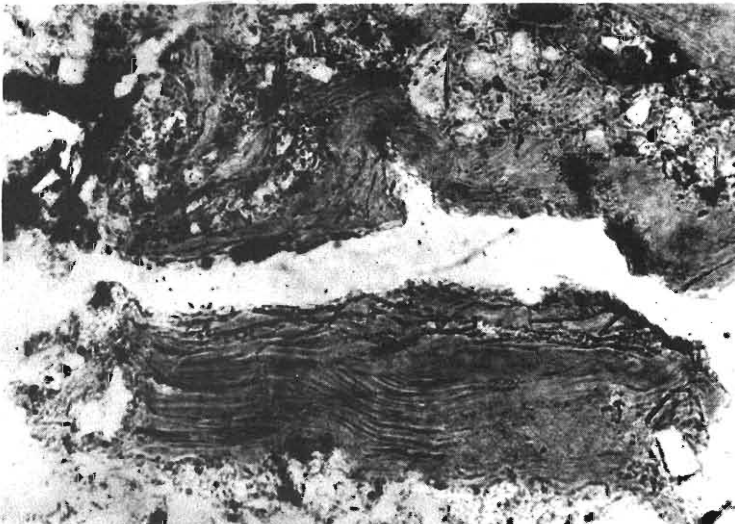
Horizon ( B ) - Sol brun - Soissonnais - De nombreux vides ( v ) sont représentatifs de la porosité importante - L. P. x 70.



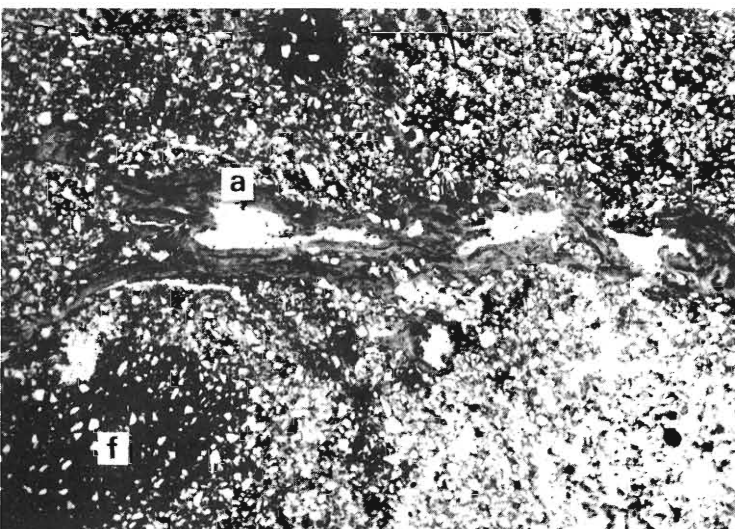




Horizon B<sub>22</sub>t - Sol brun lessivé - Picardie -  
Agréats et vides sont recouverts de ferri-  
argilanes jaunes, minces ( a ) - L. P. x 70 .



Horizon B<sub>22</sub>t - Sol lessivé - Ardennes -  
Ferri-argilanes très épais d'illuviation  
primaire, à organisation plasmique très  
nette - L. N. x 80.



Horizon B<sub>22</sub>t - Sol lessivé - Thiérache -  
Au milieu de la photographie : ferri -  
argilanes avec décomplexation des oxy-  
des de fer ( a ) - Glebules à limites dif-  
fuses ou nettes ( f ) - L. N. x 70 .

2011

Cependant, les faces des agrégats structuraux ne paraissent pas subir d'enrochement important à ce degré d'évolution, où les déplacements col-loïdaux au sein de la matrice paraissent toujours être d'amplitude réduite, et vraisemblablement liés à des conditions très localement favorables.

Il est donc vraisemblable qu'à ce stade, ainsi que probablement déjà à la fin du précédent, interviennent des processus d'altération et d'argillification provoquant l'apparition d'une certaine quantité d'argile enrichissant le plasma originel (Rode, 1965).

### 5.12.3. SOL BRUN LESSIVE.

Les phénomènes d'illuviation sont ici particulièrement évidents, avec différenciation marquée d'un horizon  $B_{2t}$ , "argillique".

Le profil est du type :  $A_1 - A_2 - B_1 - B_{2t} - B_3 - C$ .

Cette illuviation se marque de manière très nette par la présence de nombreux revêtements argileux dans la presque totalité des mésos et macropores, ainsi que sur les faces des agrégats structuraux (Cline, 1949 - Dudal, 1953).

Le squelette présente une répartition toujours assez homogène.

Le plasma est de nature essentiellement argileuse à argilo-ferrique, sa distribution devient moins homogène, "sans relation" pour la masse, elle est subcutanique ou cutanique pour les séparations. Les séparations plasmiques entourant les grains du squelette sont très généralisées dans l'ensemble du fond matriciel, tandis que quelques ségrégations plasmiques plus ferriques s'observent sans relation évidente avec d'autres constituants. L'assemblage plasmique est du type in-squelsepique, dans l'horizon Bt, squelet-insepique dans le  $A_2$ .

Le squelette est toujours très largement dominant par rapport au plasma dans toutes les parties de la matrice, l'assemblage élémentaire étant essentiellement intertextique. A la partie supérieure du B, on observe cependant localement une distribution relative du type aggloméré, et au sein du B, en relation avec les quelques séparations du type insepique, un assemblage à tendance porphyrique.

Les vides sont constitués par de nombreuses cavités irrégulières à parois émoussées, quelques unes étant du type "mammillated". On observe au niveau du  $B_{2t}$  des chenaux simples ou "dendroïdes" à parois émoussées, qui paraissent être en relation avec la structure macromorphologique polyédrique typique. Notons dans l'horizon C un grand nombre de cavités régulières. A ce stade, la macroporosité est devenue importante tandis que la microporosité semble avoir sensiblement diminué.

Les traits pédologiques sont représentés par les séparations, ainsi que par des concentrations plasmiques importantes.

Des argilanes et ferriargilanes, de couleur jaune à jaune rougeâtre, et assez fortement orientés, apparaissent dans les cavités, dans les chenaux, ainsi qu'en bordure des agrégats structuraux. Une fragmentation de ces concentrations, d'origine vraisemblablement mécanique ou biologique est intervenue localement.

Très nombreux au niveau du  $B_{2t}$ , ces cutanes ne recouvrent plus qu'environ 30 % des surfaces des vides dans l'horizon  $B_3$ ; dans le C quelques traces seulement peuvent être observées.

Quelques petits isctubules, vraisemblablement dus à un remplissage assez récent de vides, ne sont pas rares à la partie inférieure du B<sub>2</sub>t.

Ce degré de développement, très fréquent sur les matériaux d'apport récent, est notamment le plus accentué que l'on puisse observer sur les colluvions limoneuses anciennes.

#### 5.12.4. SOL LESSIVE.

L'importance des phénomènes d'illuviation s'accroît ici sensiblement et est liée à une désaturation marquée du complexe absorbant des horizons supérieurs. D'autre part, certaines traces d'hydromorphie apparaissent dans le solum à la partie inférieure de l'horizon Bt.

Les horizons constitutifs sont les suivants : A<sub>1</sub> - A<sub>2</sub> - B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub>t - B<sub>3</sub>(s) - C.

Le squelette, toujours assez homogène, présente cependant localement une distribution particulière. En effet, l'intensité du lessivage peut avoir amené l'accumulation de fractions limoneuses fines dans certains pertuis fauniques, ainsi que dans certains vides de dimensions suffisantes, où on les trouve englobés dans des pertuis d'illuviation argileux.

A ce stade, le plasma, argilo-ferrugineux, est bien orienté, et de couleur jaune à jaune rougeâtre. Sa distribution est ici relativement hétérogène. Les séparations plasmiques sont un peu plus nombreuses et un peu plus développées qu'au stade du sol brun lessivé. Elles sont toujours de manière dominante du type squelsepique, avec quelques ségrégations du type insepique dans la masse ; toutes sont relativement fortement orientées. L'assemblage plasmique y est donc du type in-squelsepique de manière dominante.

L'assemblage élémentaire présente soit des faciès du type aggloméré, soit du type porphyrique ; il faut noter l'aspect dense de cet assemblage au niveau de l'horizon Bt, la porosité y apparaissant comme relativement peu importante. Cet état va de pair avec une augmentation de la densité apparente.

Les vides sont constitués par de nombreuses cavités régulières et irrégulières, localement anastomosées, ainsi que par des cheneaux simples à parois adoucies.

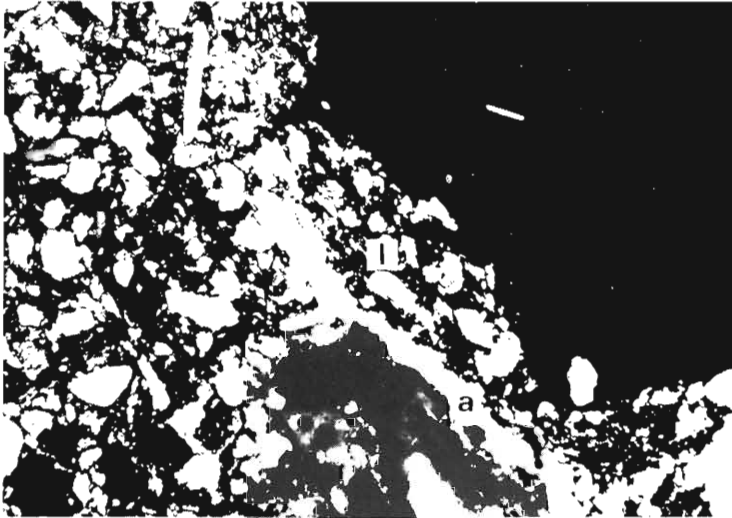
En ce qui concerne les traits pédologiques, ces sols plus évolués sont caractérisés par un développement important de revêtements argileux de couleur rouge jaune, qui constituent des ferriargilanes.

Ces concentrations plasmiques sont plus épaisses que les revêtements des sols bruns lessivés typiques ; assez fortement orientés, ils présentent une trame nettement striée. Pratiquement toutes les surfaces en sont affectées dans l'horizon argillique Bt.

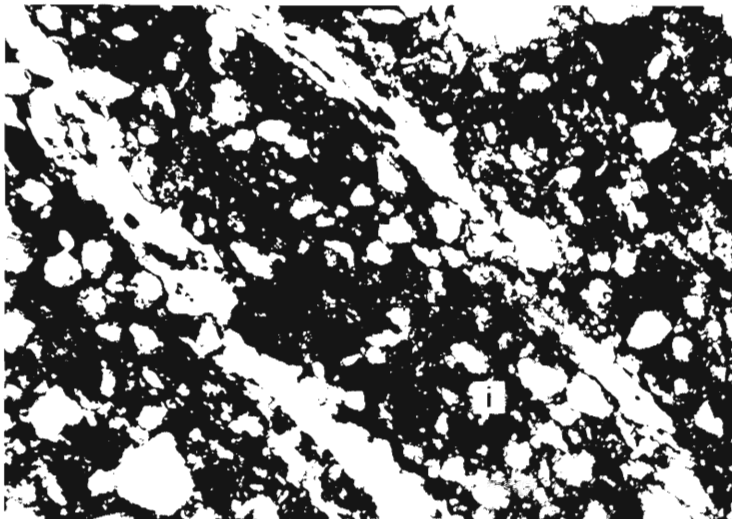
Sur l'ensemble du solum apparaissent de plus des cutanes argileux de diffusion, en connection avec les argilanes typiques.

Certains argilanes présentent, interstratifiées dans les apports argileux successifs, une certaine quantité de grains de limon fin vraisemblablement mobilisés par voie mécanique.

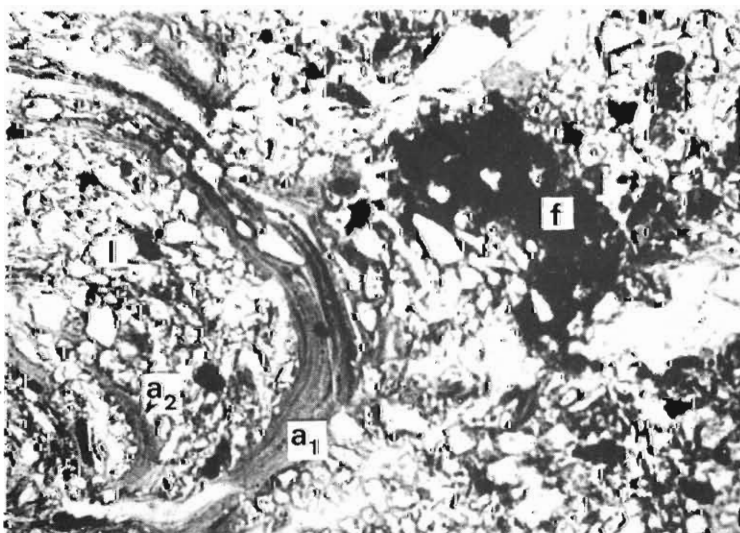
On peut observer localement des fragments de revêtements englobés dans le fond matriciel, et qui pourraient être interprétés essentiellement comme une conséquence de l'activité biologique.



Horizon B<sub>3</sub> - Sol lessivé - Ardennes -  
Concentration de limon ( l ) recou-  
vrant un ferri-argilane de vide ( a ) -  
L. P. x 100.

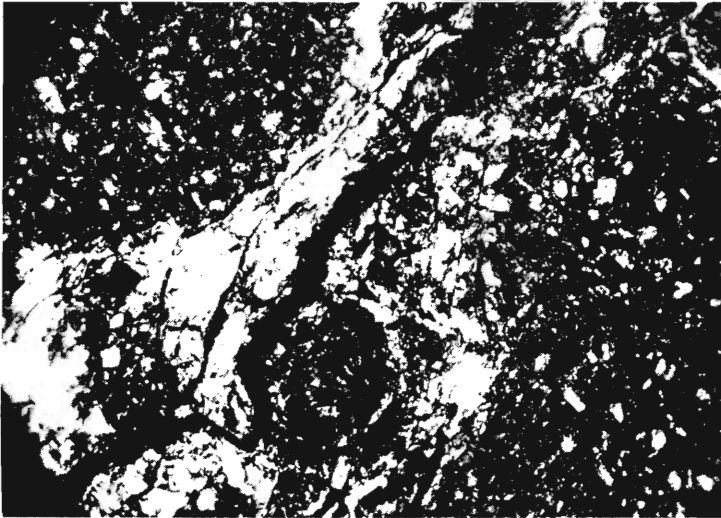


Même horizon - Formation d'un isotubule  
( l ) par colmatage d'un chenal -  
L. P. x 100.

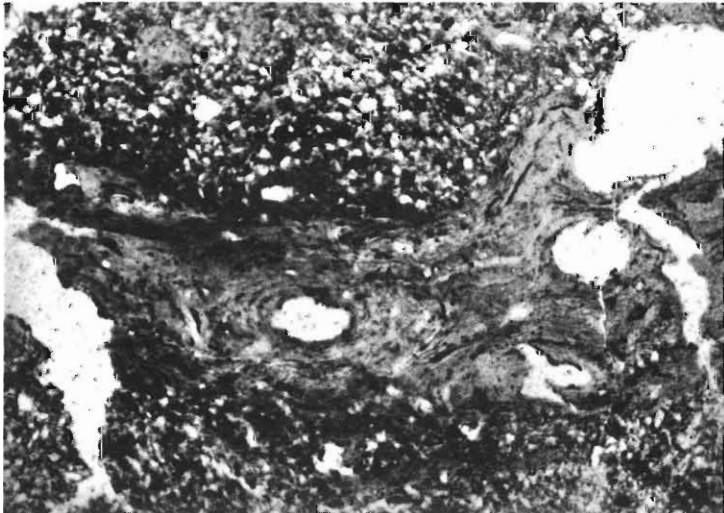


Horizon B<sub>22</sub> - Sol lessivé à pseudogley -  
Orxois - Cycles successifs de concen-  
trations argilo-ferriques ( a<sub>1</sub> - a<sub>2</sub> ) avec  
accumulation d'éléments de squelette ( l ) -  
Nodule ferrique bien individualisé ( f ) -  
L. N. x 80.

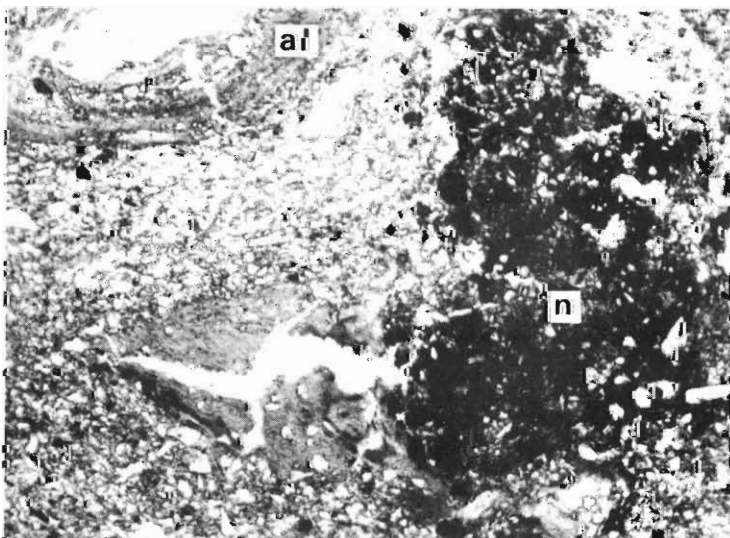




Horizon B<sub>22</sub>tg - Sol lessivé en voie de dégradation - Haute-Brie - Ferri - argilane complexe épais colmatant entièrement un chenal - L. P. x 120.



Horizon B<sub>22</sub>tg - Sol lessivé glossique hydromorphe - Ardennes - Ferri - argilane très épais à organisation plasmique très nette - L. N. x 70.



Horizon B<sub>3</sub>g - Sol lessivé glossique hydromorphe - Haute-Brie. Concentrations plasmiques complexes, avec limon fin (al) - Cutanes d'illuviation secondaire - Nodule ferrique bien différencié (n) - L. N. x 70.





Des glæbules, nodules ferriques, s'observent à la partie inférieure de l'horizon Bt où ils représentent une tendance à un engorgement temporaire et correspondent aux taches d'oxydo-réduction observées à ce niveau dans le profil en place. Les limites de ces nodules sont souvent diffuses et irrégulières. Quelques isotubules, issus d'une distribution particulière des éléments de la matrice dans des vides se présentent localement.

Dans ce type de sol, il n'est pas rare de déceler des revêtements jaune or, typiques d'une pédogenèse assez récente, fossilisant des revêtements plus anciens et plus ferriques (*Jamagne et Fédoroff, 1967*).

En relation avec les données morphologiques et géomorphologiques, un certain nombre d'arguments nous font penser que les ferriargilanes jaune rougeâtre se seraient formés sous un climat plus chaud et plus humide que l'actuel, et correspondant à celui de la période atlantique.

#### 5.12.5. SOL LESSIVE EN VOIE DE DÉGRADATION, A PSEUDOGLEY.

Tout en ne constituant pas un stade de développement bien défini sur le plan taxonomique, ce type de sol présente un intérêt certain dans l'étude de l'évolution des formations limoneuses.

Des taches délavées, riches en limon fin, apparaissent sur les agrégats de la partie supérieure du Bt, et correspondent à un début de dégradation qui se généralisera dans le stade suivant (*Cline, 1949*).

D'autre part, les caractères d'hydromorphie, de pseudogley, commencent à se manifester de manière importante.

Le profil est du type : A<sub>1</sub> - A<sub>2</sub> - B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub>t(g) - B<sub>3</sub>g - C.

Le squelette, homogène dans son ensemble, présente ici également une distribution un peu particulière de certaines fractions fines qui sont entraînées en profondeur sous l'influence d'actions biologiques et mécaniques.

Les taches blanchies de dégradation caractérisant ce stade d'évolution correspondent à des plages à limites progressives qui ont perdu la majorité de leur plasma argileux, une grande partie des grains du squelette y est de ce fait libérée de son enrobage plasmique. Il s'agit en quelque sorte de plages de "micro-érosion".

Le plasma, d'aspect argilo-ferrique au niveau de l'horizon Bt, est assez hétérogène, et assez irrégulièrement distribué. On observe en effet la formation de dépôts foncés d'oxydes de fer, vraisemblablement associés à du manganèse, à limites irrégulières et diffuses, qui imprègnent le fond matriciel.

Les séparations plasmiques se répartissent toujours autour des grains du squelette et en îlots de moindre importance, mais aussi, à la partie inférieure du Bt et dans le B<sub>3</sub>, en bandes plus ou moins parallèles organisées dans le fond matriciel. L'assemblage plasmique au niveau des horizons B pourrait donc être qualifié de ma-in-squelsepique.

L'apparition du caractère masopique traduirait une augmentation des contraintes physiques, en relation avec des phénomènes de tassement et de compaction.

D'une manière générale les horizons Bt de ces sols paraissent un peu plus tassés que ceux du stade précédent, avec augmentation relative du plasma par rapport au squelette. La distribution relative des constituants est donc assez variable suivant les plages d'observation. L'assemblage élémentaire peut y être qualifié de porphyrique dans le Bt.

Les vides sont, comme dans le cas précédent, constitués par des cavités régulières et irrégulières à parois émoussées, ainsi que par un nombre assez important de chenaux, associés à quelques fentes jointives.

Les traits pédologiques sont nombreux et divers, liés d'une part à l'intensité de l'évolution, d'autre part à l'augmentation de l'endochydrormorphie.

Les revêtements argileux sont très nombreux dans le Bt. Certains tapissent les parois des vides et les faces des agrégats, d'autres sont fragmentés et inclus dans le fond matriciel. Ces revêtements paraissent plus ferriques que ceux des stades précédents.

Dans des sols très évolués, et où la dégradation est déjà accentuée, on peut observer au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>, sur les faces verticales de structure, des revêtements assez fins, jaune très clair, qui pourraient correspondre à des phénomènes d'illuviation secondaire liées à la dégradation (De Coninck et al., 1968).

La présence de grains du squelette dans certains revêtements composés est fréquente à ce stade d'évolution.

Les cutanes caractéristiques sont soit des ferriargilanes d'illuviation simples, soit des ferriargilanes composés associés à des squeletanes. On note la présence assez fréquente de concentrations noires en films discontinus : manganés vraisemblablement. Des fragments de ferriargilanes ne sont pas rares dans le fond matriciel.

D'autres concentrations plasmiques apparaissent sous forme de glæbules : nodules essentiellement ferriques à limites assez nettes, ou plus diffusés : éonodules ou halos glæbulaires. De véritables concrétions bien délimitées sont également observables.

Les pédotubules les plus fréquents sont des isotubules de remplissage massif, et des strictubules de remplissage progressif.

Quelques cristallites ferriques sont disséminées dans les horizons B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub>.

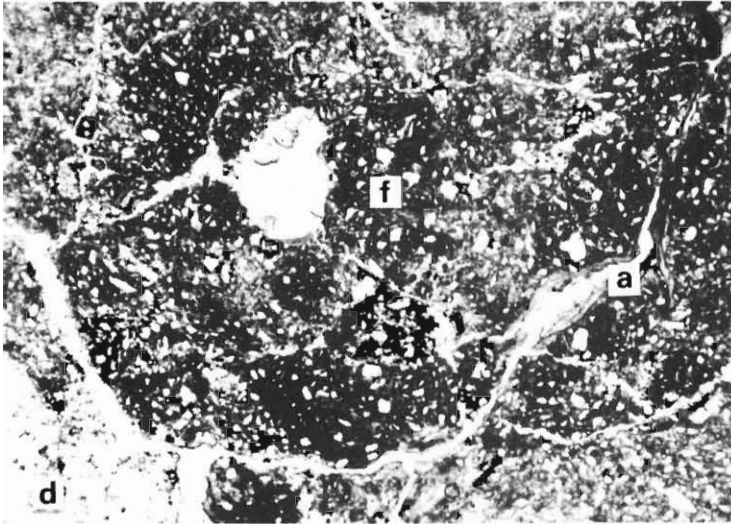
#### 5.12.6. SOL LESSIVE GLOSSIQUE A HYDROMORPHIE.

A ce stade d'évolution, on constate une généralisation de la dégradation à toute la partie supérieure du solum.

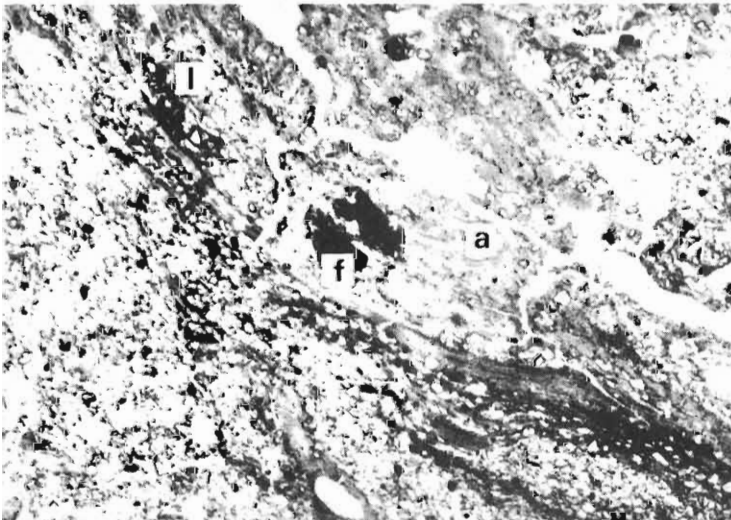
Le profil type présente la succession d'horizons suivants : A<sub>1</sub> - A<sub>2g</sub> - A & B<sub>g</sub> - B<sub>2tg</sub> - B<sub>3gx</sub> - C<sub>1gx</sub> - C<sub>2g</sub>.

Le squelette présente dans certaines zones une hétérogénéité, les fractions les plus fines y étant relativement plus représentées. Dans les langues d'altération on observe des plages dans lesquelles le plasma argileux a disparu pratiquement en totalité.

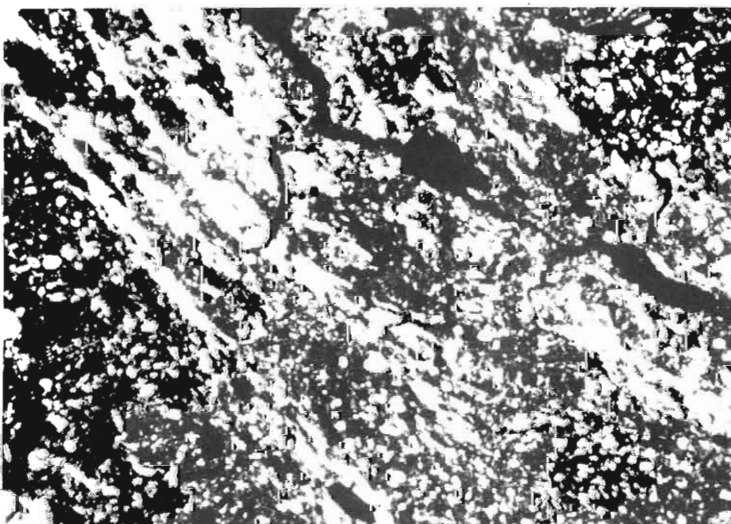
Le plasma est très hétérogène et marqué par des formes variées de ségrégations ferriques, il présente d'une manière générale une biréfringence plus faible qu'au stade précédent. Les dépôts d'oxydes de fer prennent une importance considérable et sont particulièrement nombreux à la partie inférieure du A<sub>2</sub> et dans la zone d'altération de l'horizon Bt. Ils imprègnent localement un fond matriciel qui peut avoir conservé son assemblage plasmique, ainsi que certains traits pédologiques, et provoquent donc une véritable "fossilisation" de ces caractères (Frei et Cline, 1949 - Mac Cauley, 1950 - Thorp et al., 1959 - Arnold, 1963 - Bullock, 1968). D'autres zones présentent un plasma paraissant considérablement déferriqué sous l'influence des conditions réductrices du milieu. Il a pratiquement disparu par plages dans le A<sub>2</sub> et les "glosses".



Horizon A & Bg - Sol lessivé glossique hydromorphe - Haute-Brie - Nodule ferrugineux ( f ) ayant fossilisé localement le fond matriciel à assemblage plasmique in-squelépique, ainsi que des argilanes jaunes ( a ) - Dans le coin inférieur gauche, remarquer la tâche de dégradation ( d ).  
L. N. x 70.

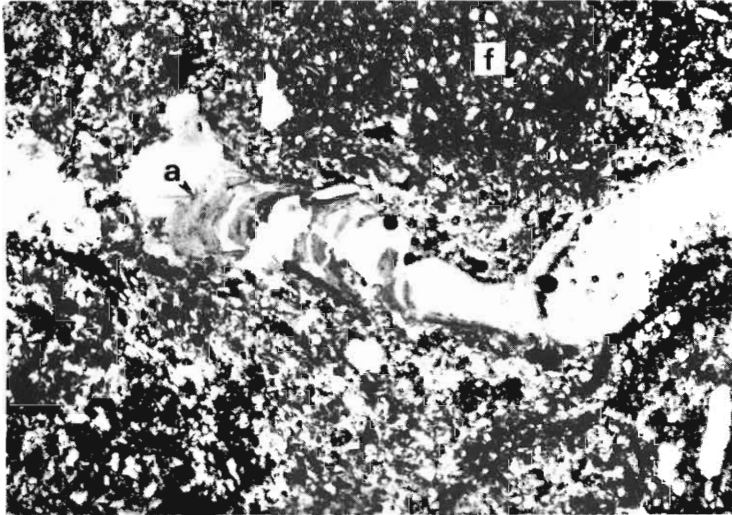


Horizon B<sub>2</sub>tg - Sol lessivé glossique hydromorphe - Haute-Brie - Concentration complexe argilo-ferrugineuse ( a ) avec limon fin interstratifié ( l ) - Nombreuses ségrégations ferriques ( f ) -  
L. N. x 70.

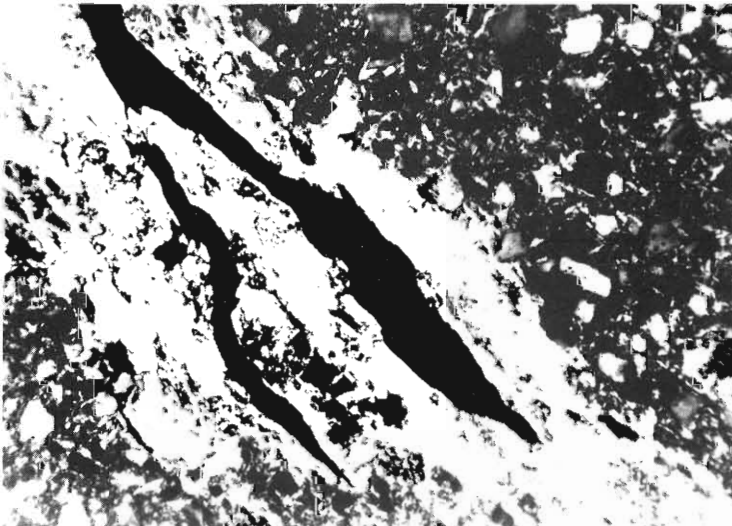


Id. - L. P. x 70.

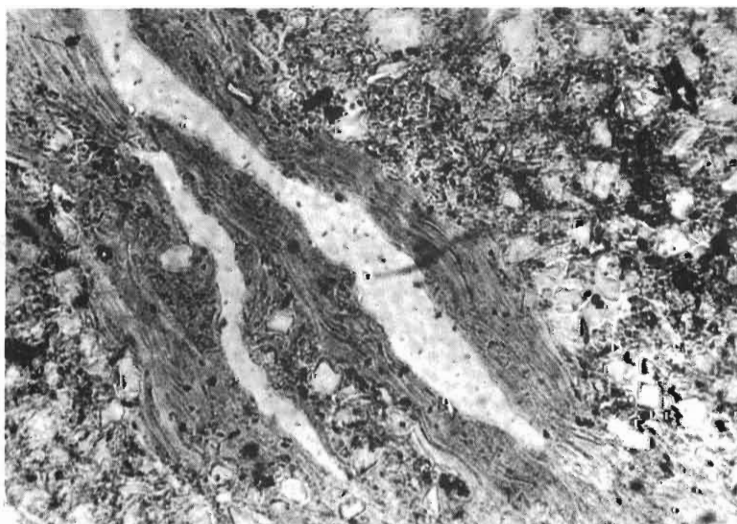




Horizon A & Bg - Sol lessivé glossique à pseudogley - Haute-Brie - Imprégnation du fond matriciel par les oxydes de fer ( f ) - Dégradation des ferri-argilanes primaires ( a ) - L. N. x 70;



Horizon B<sub>2</sub>tg - Sol lessivé glossique à pseudogley - Haute-Brie. Concentrations complexes : argilanes d'illuviation hydromorphe secondaire et squeletanes associés - L. P. x 80 .



Id. - L. N. x 80 .



Les séparations plasmiques sur squelette sont peu représentées dans les horizons supérieurs, mais le sont d'une manière très générale dans le reste du profil. Des séparations allongées en bandes ou partiellement incurvées, du type masepique, apparaissent dans le fond matriciel dès la partie moyenne de l'horizon B<sub>2</sub>t et jusqu'au B<sub>3</sub>gx.

Les assemblages plasmiques varient donc du type squelsepique peu marqué à silasepique dans les horizons supérieurs au type in-ma-squelsepique dans les horizons B, avec vosepique associé.

Le caractère masepique paraît assez nettement développé au niveau de l'horizon fragipan, ce qui correspondrait à un maximum de contraintes mécaniques et de compaction. Très localement les types squel-masepique ou squel-bimasepique peuvent être dominants.

L'assemblage élémentaire, du type granulaire ou intertextique dans les horizons supérieurs, passe à un assemblage nettement porphyrique dans le reste du solum. La distribution relative du squelette et du plasma est localement très hétérogène.

Les vides sont très variés sur l'ensemble du profil. On observe en surface des orthocavités régulières à irrégulières, en association avec de petits vides d'entassement. De nombreux chenaux apparaissent ensuite, à percis émoussées, avec quelques chambres irrégulièrement réparties. Au niveau du B<sub>3</sub>gx on note enfin des fentes jointives, localement déviées, qui correspondent vraisemblablement aux faces structurales importantes de la structure prismatique à sous-structure lamellaire de cet horizon compact.

Les traits pédologiques sont très nombreux. Les revêtements argileux prennent une importance considérable dans les horizons B. Certains d'entre eux, très épais, colmatent les vides dans lesquels ils se sont formés, particulièrement au niveau du B<sub>3</sub>.

Les cutanes deviennent, à ce stade, particulièrement complexes et présentent des aspects très différents :

- certains constituent des ferriargilanes simples, modérément orientés, avec individualisation d'oxydes de fer. On y note une perte de biréfringence assez nette par rapport aux stades d'évolution antérieurs.
- d'autres sont formés d'une **alternance irrégulière** de couches les unes argileuses, les autres constituées essentiellement de grains de limon fin : ferriargilanes et squeletanes composés.
- d'autres enfin présentent, interstratifiés dans les couches argileuses, de fines bandes sombres vraisemblablement constituées par des formes d'individualisation du fer ou du manganèse.

En relation avec ces cutanes des vides, s'observent également un certain nombre de cutanes argileux de diffusion.

Dans la partie inférieure de l'horizon B<sub>2</sub>tg et au niveau du B<sub>3</sub>gx apparaissent généralement dans ces sols des argilanes jaune clair, qui correspondent aux revêtements argileux grisâtres observés sur le terrain, et souvent assez épais.

On peut les considérer comme des concentrations plasmiques dues à une illuviation secondaire, c'est-à-dire formées par des argiles déferrifiées provenant d'une altération en milieu hydromorphe. Mises en suspension dans un milieu réducteur, elles ont perdu une grande partie de leurs oxydes de fer avant de migrer (De Coninck et al., 1968).

Des fragments de ferriargilanes s'observent localement, réenglobés dans le fond matriciel vraisemblablement par l'action de contraintes mécaniques. D'autre part, dans les sols développés sur limons anciens ou de la base du cycle récent, l'action du gel a provoqué la redistribution dans la masse de nombreux fragments de concentrations plasmiques.



Dans les horizons B, les ségrégations ferriques présentent des degrés d'individualisation variables, certaines imprègnent le fond matriciel, d'autres forment des "sasquanés" sur les parois des vides.

On observe des ferranes et manganés assez nombreux dans les vides interagrégats (Bouma et al., 1968).

Les glæbules sont largement représentés par des nodules et des concentrations ferriques. Les limites des nodules du A<sub>2</sub> et du A & Bg sont en général assez nettes. Dans l'horizon de dégradation, elles fossilisent localement les caractères de l'horizon Bt du stade précédent ; les indices en sont plus progressives dans les horizons Bt et B<sub>3</sub>. Des concrétions très typiques à organisation concentrique s'observent en de nombreux endroits.

Des striotubules ne sont pas rares au contact entre les horizons B<sub>2</sub>tg et B<sub>3</sub>gx, leur contenu d'argile et de limon fin correspondrait à une phase de remplissage analogue aux processus de formations des cutanes composés dont nous avons parlé ci-dessus. Ici également quelques glæbules ferriques très fins sont répartis dans le bas du solum.

Il faut remarquer qu'un maximum de concentrations plasmiques argileuses s'observent au niveau du B<sub>3</sub>, alors que la teneur en argile maximum est située au niveau du B<sub>2</sub>t. Ce caractère a déjà été signalé par d'autres auteurs (Bouma et al., 1968-1969).

#### 5.12.7. SOL LESSIVE HYDROMORPHE DU TYPE "PLANOSOLIQUE".

L'intensification simultanée des conditions réductrices et des phénomènes d'illuviation peut amener l'apparition de types de sols dont les caractères sont très proches de ceux des planosols.

On note l'atténuation progressive puis la disparition des reliques de Bt présentes dans le A<sub>2</sub>, tandis qu'un nivellement de la partie supérieure de l'horizon Bt apparaît, en liaison avec une discontinuité granulométrique très marquée entre A<sub>2</sub> et Bt.

L'horizon A<sub>2</sub> est blanchi, particulièrement au niveau de contact entre ces deux horizons, où un liseré très délavé apparaît, vraisemblablement dû à une circulation latérale de solutions très réductrices.

Le profil est du type : A<sub>1</sub> - A<sub>2</sub>g - (A & B)g - B<sub>2</sub>tg - B<sub>3</sub>gx - Cgx.

D'autre part, lorsque le sol est très hydromorphe, un niveau de concrétionnement ferrique se présente à la partie supérieure du niveau compact, et peut constituer un horizon en.

Les caractères micromorphologiques ne diffèrent pas sensiblement de ceux décrits pour les sols glossiques, seules quelques particularités sont à noter.

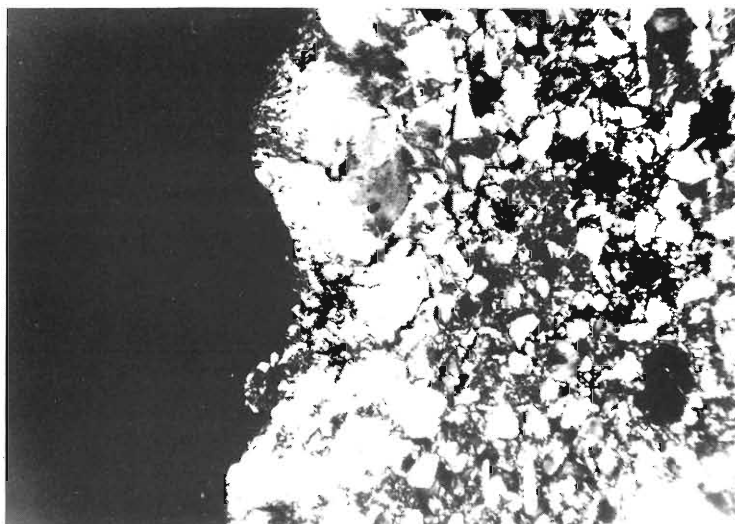
Le squellette est assez homogène dans le A<sub>2</sub>, mais présente une hétérogénéité assez importante dans le Bt du fait de redistribution dans des concentrations plasmiques du type argilanes composés et iso- et striotubules.

Le plasma est très hétérogène dans l'horizon Bt ; argilo-ferrique, il présente de nombreux dépôts ferriques et concentrations très individualisées. Le plasma a pratiquement totalement disparu dans le liseré blanchâtre marquant la limite entre l'horizon A<sub>2</sub> et l'horizon B<sub>2</sub>t.

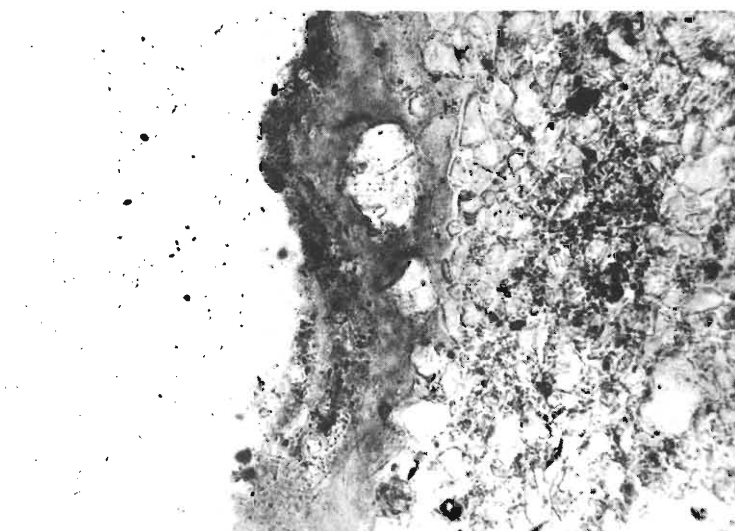
Les séparations sont nombreuses, du type squalsepique, masepique et bimasepique essentiellement, l'assemblage plasmique peut être qualifié de squel-bima-masepique.

L'assemblage élémentaire du A<sub>2</sub> est granulaire, ainsi que celui observable dans les tubules divers, celui du Bt est typiquement porphyrique.

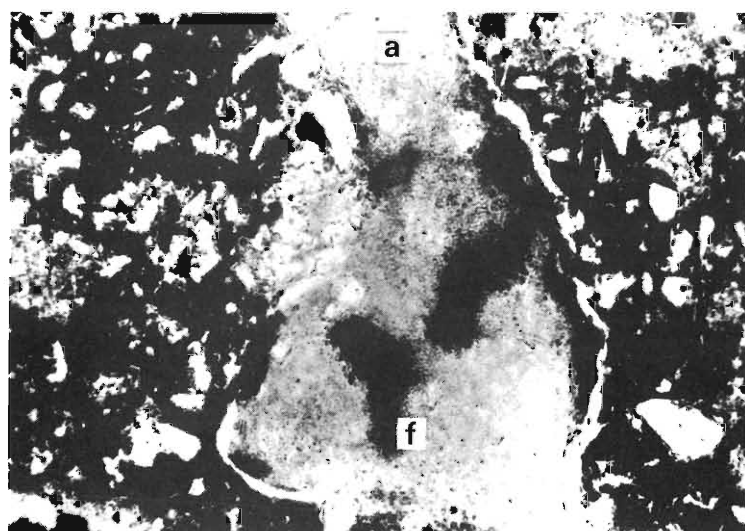
En ce qui concerne les vides, on observe par rapport au stade précédent une augmentation des fentes jointives et déviées.



Horizon B<sub>3</sub>gx - Sol lessivé glossique à pseudogley - Haute-Brie. Argilane caractéristique de l'illuviation hydromorphe secondaire, jaune très clair, déferriqué et peu organisé - L. P. x 80.

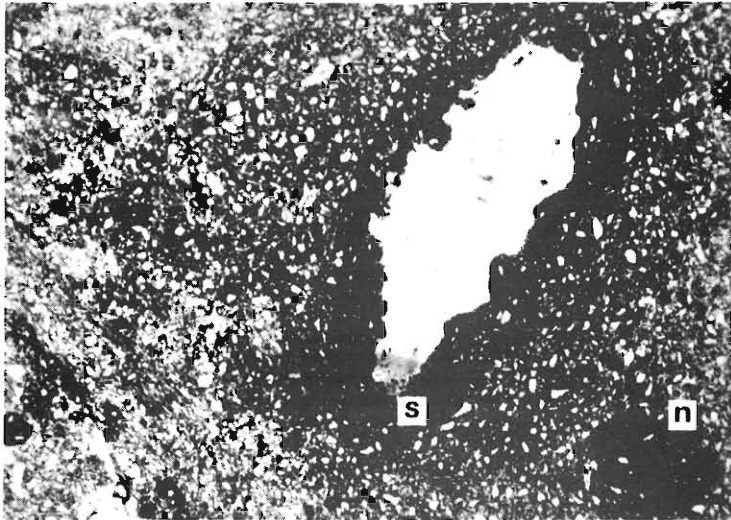


Id. - L. N. x 80.

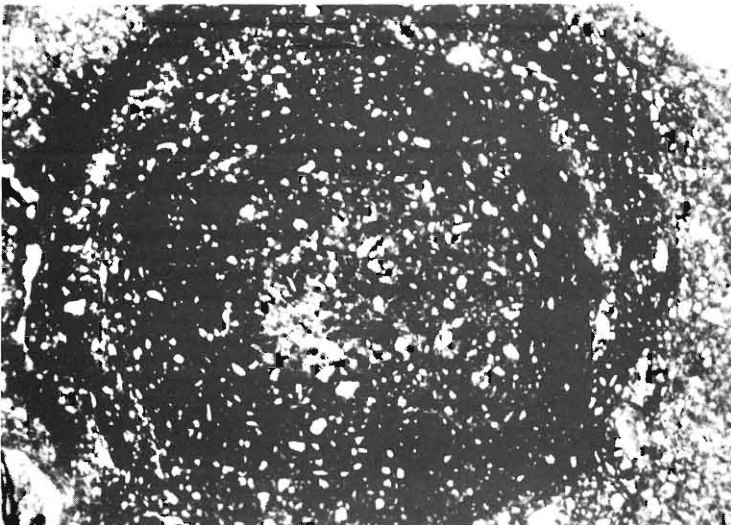


Même horizon - Amas argileux d'illuviation hydromorphe, constitué essentiellement d'argile fine ( a ), envahi par les oxydes de fer ( f ) - L. N. x 80.

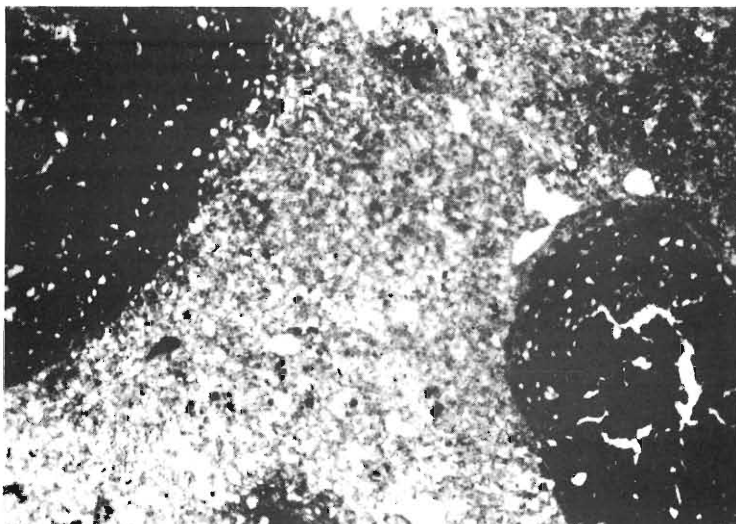




Horizon B<sub>1</sub>tg - Sol lessivé en voie de dégradation - Ardennes - Sesquanes de vide très caractéristique ( s ), et petit nodule ferrique ( n ) - L. N. x 70.



Horizon A & Bg - Sol lessivé glossique à pseudogley - Haute - Brie - Concentration ferrique à organisation concentrique typique - L. N. x 70.



Horizon B<sub>3</sub>cn - Sol lessivé glossique à tendance planosolique - Tardenois - Nodules ferriques dont le plus petit résulte vraisemblablement d'un colmatage de vide - L. N. x 70.



TABLEAU DESCRIPTIF SYNTHETIQUE DES DIFFERENTS STADES D'EVOLUTION

Stades d'évolution → Unités de description ↓	Matériau initial Loess calcaire	Sol brun	Sol brun lessivé	Sol lessivé	Sol lessivé en voie de dégradation	Sol lessivé glossique hydromorphe
<u>S. Matrix</u>						
<u>Squelette</u>	Dominé par la fraction 2-50 $\mu$ , avec grains de sable grossier - quartz, feldspaths, zircon, tourmaline, épidote, hornblende, glauconie, biotite ...					
	Homogène + CaCO <sub>3</sub> détritique.	Homogène.	Homogène.	Assez homogène.	Assez homogène, distribution particulière de limon fin.	Assez homogène; limon fin redistribué.
<u>Plasma</u>	Homogène - Argileux.	Moins homogène, plus orienté - Argileux.	Peu homogène - Argileux à argilo-ferrique.	Assez hétérogène - Argilo-ferrique. Bien orienté.	Assez hétérogène - Argilo-ferrique. Imprégnations ferriques.	Très hétérogène - Argilo-ferrique. Biréfringence plus faible. Nombreux dépôts d'oxydes de fer. Imprégnations "rossilissant" traits pédologiques.
<u>Séparations plasmiques</u>	Quelques séparations sur squelette, ou indépendantes dans la masse.	En taches isolées et sur squelette.	Typiquement sur squelette et en taches isolées.	Nombreuses sur squelette et en taches dans la masse. Bien orientées.	Sur squelette, isolées et en bandes.	Sur squelette, en bandes, isolées, subcutaniques.
<u>Assemblages plasmiques</u>		Squel-insepique.	in-squelsepique.	in-squelsepique.	ma-in-squelsepique.	in-ma-squelsepique, localement squel-masepique.
<u>Structure de base</u> <u>Assemblage élémentaire</u>	SK » Pl » V Intertextuelle.	SK » Pl » V Intertextuelle.	SK » Pl » V Intertextuelle à aggloméré. Porphyrique localement.	SK » Pl » V Aggloméré à porphyrique Assemblage plus dense.	SK » Pl » V Porphyrique - Dense dans B <sub>3</sub> .	SK » Pl » V Porphyrique en B <sub>3</sub> granulaire à intertextuelle en A <sub>2</sub> .
<u>Vides</u>	Vides d'entassement, cavités ortho, vésicules.	Cavités et chenaux à parois émoussées.	Cavités et chenaux plus nombreux.	Cavités et chenaux plus étroits en B.	Cavités et chenaux assez nombreux.	Vides d'entassement et cavités ortho en A <sub>2</sub> , cavités, chenaux, chambres en B <sub>3</sub> , "Fentes jointives" en B <sub>3</sub> .
	Microporosité forte - Macroporosité faible.	Macroporosité plus importante.	Macroporosité importante.	Diminution de la porosité en B.	Diminution de la porosité en B <sub>3</sub> .	Faible porosité en B <sub>3</sub> .
<u>Traits pédologiques</u>						
<u>Orthic. Séparations</u> (voir plasma)						
<u>Concentrations</u> <u>Cutanes</u>	Calcitanes de diffusion.	Quelques argilanes dans mésopores.	Ferri-argilanes jaunes à jaune-rougeâtre fortement orientés.	Ferri-argilanes jaunes et rouge-jaune assez fortement orientés - Cutanes de diffusion - Cutanes fragmentés.	Ferri-argilanes nombreux, certains très ferriques, modérément orientés - Simples ou composés - Squeletanes et manganés - Fragments de cutanes.	Ferri-argilanes simples ou composés, faiblement biréfringents - Squeletanes - Manganés - Sesquanes - Cutanes de diffusion - Argilanes jaune clair secondaires. Fragments de ferri-argilanes
<u>Glebules</u>			Quelques isotubules.	Nodules ferriques en B <sub>2</sub> /B <sub>3</sub> . Quelques isotubules.	Nodules ferriques, éonodules et halos glebulaires. Isotubules et striotubules.	Nodules et concrétions en A <sub>2</sub> - Ségrégations en B. Striotubules assez nombreux. Quelques papules.
<u>Divers</u> <u>Hérités - Pédoreliques</u>				Quelques cristallites.	Quelques cristallites.	Cristallites. Quelques fragments de concentrations redistribués.



Les traits pédologiques dominants sont très analogues à ceux observés dans les sols glossiques. Au demeurant, on note cependant une augmentation assez importante des ferriargilanes de diffusion et des fragments de concentrations diverses intégrés dans le fond matriciel.

Les glæbules du type concrétions sont très nombreux, à organisation concentrique typique. Les tubules, iso- et strictubules sont nombreux.

La différence avec le stade du sol glossique consiste donc essentiellement en une certaine uniformisation au sein du A<sub>2</sub>, une augmentation de la compacité du Bt avec intensification des caractères d'hydromorphie.

#### 5.12.8. DISCUSSION ET CONCLUSIONS.

L'étude en lames minces des sols développés sur matériaux limoneux, et particulièrement sur loess nous a permis de compléter très utilement les observations de terrain et les données analytiques.

En fonction du degré d'évolution de plus en plus important des sols, on peut constater essentiellement :

- l'apparition d'une hétérogénéité progressive du squelette et du plasma
- le développement des séparations plasmiques. Il apparaît tout d'abord des séparations autour des grains du squelette et sous forme d'îlots isolés dans la masse du plasma ; elles s'individualisent progressivement tandis que leur nombre augmente. Des séparations plus importantes se dissocient ensuite, allongées en bandes plus ou moins parallèles, ou aux abords des vides,
- la modification des assemblages au niveau des horizons B, liée à une compacité de plus en plus marquée du sous-sol. On passe du type intertextique au type aggloméré, puis enfin à un assemblage porphyrique. Ce phénomène semble en relation étroite avec l'augmentation progressive de la densité apparente qu'on y enregistre en fonction de l'évolution. Dès que le stade porphyrique est atteint, des alternances de dessiccation et réhumectation provoqueraient des contraintes mécaniques qui se traduiraient par l'apparition d'assemblages plasmiques du type masépique.
- le développement progressif des concentrations plasmiques. Les revêtements argileux sont d'abord minces et se déposent en premier lieu sur les parois des vides. Ils envahissent ensuite la surface des agrégats structuraux. Ils s'épaississent progressivement, colmatant petit à petit les vides. A un stade de dégradation avancé on observe une fragmentation et une perte de biréfringence des concentrations plasmiques du type ferriargilanes dans la partie supérieure du Bt, ainsi que l'apparition de revêtements d'illuviation secondaire hydromorphe, assez épais, et de couleur claire dans la partie inférieure du Bt ainsi que dans le B<sub>3</sub>. Ces cutanes, sous l'effet d'une action mécanique ou faunique, peuvent être localement fragmentés et intégrés au fond matriciel.



- l'apparition des caractères d'hydromorphie en relation avec l'évolution des oxydes de fer. Cet élément migre et se dépose isolément dès qu'une réduction temporaire intervient ; il se forme d'abord des ségrégations à faible teneur en oxydes qui diffusent dans le fond matriciel et le consolident. Des halos glaebulaires font progressivement place à des nodules et des concrétions plus nettes. Des revêtements ferrugineux sur les parois des vides n'apparaissent que dans les sols les plus évolués. Des ségrégations diffuses fossilisent localement le fond matriciel qu'elles ont imprégné.

Des sesquioxides, ferranes et manganés, sont très caractéristiques des parois des vides interagrégats. On observe d'autre part, dans les stades les plus évolués, un maximum de concentrations plasmiques au niveau des horizons B<sub>3</sub>.

Selon les notions de *Kubiéna* (1948 - 1953 - 1956), il semble que nous aurions affaire à des matériaux du type "Braunerde", avec présence de "Braunlehm-Teilplasma", et de "Braunlehm" sous forme de concentrations "cutaniques". Les limons anciens et les paléosols se caractériseraient par l'abondance de "Braunlehm-Teilplasma" en partie relique, comme étant lié à des conditions de formation nettement différentes de celles régnant actuellement dans la région étudiée.

Sur la base des observations micromorphologiques effectuées, et des données morphologiques, géomorphologiques et analytiques, certaines hypothèses peuvent être avancées sur la genèse des sols limoneux.

Les sols bruns lessivés à revêtements simples de couleur jaune auraient évolué essentiellement postérieurement à la période atlantique, alors que les revêtements plus rougeâtres, avec localement individualisation ou décomplexation des oxydes de fer seraient caractéristiques d'une pédogenèse datant de cette époque.

Les revêtements très complexes à dépôts de limon fin, liés à une dégradation plus ou moins importante de la partie supérieure du sol, seraient, lorsqu'ils sont présents sur toute la profondeur des horizons B, caractéristiques de sols anciens, datant de la base du cycle récent.

Dans les sols limoneux, dominés par une fraction squelettique importante, les caractéristiques micromorphologiques : distribution du plasma, séparations et concentrations plasmiques, différenciation des principaux traits pédologiques, sont essentielles dans l'étude des processus d'évolution.

La différenciation et la dynamique propre des divers horizons pédogénétiques peut donc être mise en évidence.

Les données micromorphologiques reflètent fort bien l'influence des processus fondamentaux de la pédogenèse aux différents stades d'évolution :

- phase primaire d'altération et de réorganisation du plasma,
- phase d'éluviation/illuviation avec apparition de concentrations plasmiques importantes,
- phases secondaires de dégradation, d'illuviation et d'hydromorphie.

Nous voyons donc que les données de la micromorphologie prennent une importance certaine dans la définition des différents types de sols développés sur matériaux loessiques.

### 5.13. EVOLUTION DE LA GRANULOMETRIE.

Dans ce chapitre de synthèse nous allons interpréter l'ensemble des observations que nous avons été amenés à faire sur l'évolution des différentes fractions granulométriques en fonction des stades d'évolution.

Partant de l'altération du loess originel, nous envisagerons ensuite le comportement de différents types de profil. Pour ce faire, des moyennes ont été calculées pour les horizons caractéristiques d'un ensemble de profils du type sol brun lessivé, sol lessivé et sol glossique, qui représentent les principaux stades observés. Un certain nombre de détails seront mis en évidence par l'analyse de sols représentatifs.

Enfin, seront intégrées les données résultant de l'analyse d'échantillons particuliers provenant de zones appauvries ou enrichies en argile.

Nous avons vu que d'une manière générale les matériaux que nous avons étudiés sont assez homogènes quant aux fractions supérieures à 50 microns. Généralement pauvres en sable, certains limons sont cependant un peu plus sableux et paraissent évoluer plus rapidement.

En ce qui concerne les fractions limoneuses, nous avons pu constater que le rapport limon grossier / limon fin varie avec l'âge de la mise en place des sédiments. D'une manière générale il est supérieur à 2 dans les limons récents qui portent des sols modérément évolués, il est inférieur à 2 dans les limons anciens. Ces derniers, quand ils sont en place, portent des sols très fortement évolués, tandis que lorsqu'ils ont été affectés par des phénomènes de redistribution ils sont caractérisés par une pédogenèse moins avancée.

5.13.1. Les premiers processus intervenant dans l'altération des matériaux loessiques paraissent correspondre essentiellement d'une part à une libération d'argile fine au niveau du front de décarbonatation, d'autre part à une microdivision d'éléments provenant de la fraction limoneuse 10-20  $\mu$ , enfin, peut-être de néoformations discrètes.

L'ensemble devrait justifier de l'augmentation de la teneur en argile observée entre les niveaux de loess et les horizons d'altération.

5.13.2. Nous allons examiner les résultats obtenus par le calcul des moyennes des teneurs en argile pour les horizons  $A_2$ ,  $B_{2t}$  et C des trois principaux stades. Les chiffres ont été obtenus à partir d'une douzaine de profils pour chaque type d'évolution.

Le tableau ci-dessous donne les résultats des teneurs en argile totale et en argile fine (0-0,2  $\mu$ ), ainsi que les indices d'entraînement calculés, c'est-à-dire le rapport des horizons  $B_{2t}$  aux horizons  $A_2$ .

	Sol brun lessivé (SBL)		Sol lessivé (SL)		Sol lessivé glossique (SLG)	
	0-2 $\mu$	0-0,2 $\mu$	0-2 $\mu$	0-0,2 $\mu$	0-2 $\mu$	0-0,2 $\mu$
	A <sub>2</sub>	18.9	9.6	15.6	5.3	13.0
B <sub>2t</sub>	29.0	16.7	29.3	14.8	29.1	16.9
C	20.2	11.2	24.4	9.8	23.8	11.0
I <sup>ce</sup>	1.53	1.74	1.88	2.79	2.24	3.02

Un schéma illustre la répartition dans les différents horizons (fig. 97).

Plusieurs points importants peuvent immédiatement être mis en évidence.

- On constate que les teneurs en argile totale des horizons B<sub>2t</sub> sont pratiquement égales dans les trois cas : 29/30 %. Nous serions donc tentés de penser que, compte tenu de la composition granulométrique globale, cette valeur constitue une sorte de seuil difficile à dépasser par des phénomènes d'illuviation et que, sauf cas particulier, un enrichissement supplémentaire ne peut plus intervenir. Au-delà de ce stade l'enrichissement se traduirait par un approfondissement de l'horizon illuvial.

- L'augmentation des indices d'entraînement de l'argile totale, respectivement 1,5 - 1,9 - 2,2, est donc essentiellement due à l'appauvrissement progressif de l'horizon A<sub>2</sub> qui perd plus de 3 % entre les deux premiers stades et plus de 2,5 entre les deux derniers.

- La variation la plus marquée pour les teneurs en argile fine est enregistrée dans l'horizon A<sub>2</sub>, entre les stades sol brun lessivé et sol lessivé. Cette variation est bien mise en évidence par la comparaison des indices : 1,7 - 2,8 - 3,0. Cette donnée pourrait constituer un des caractères les plus typiques dans les processus d'illuviation.

# RÉPARTITION DES TENEURS EN ARGILE

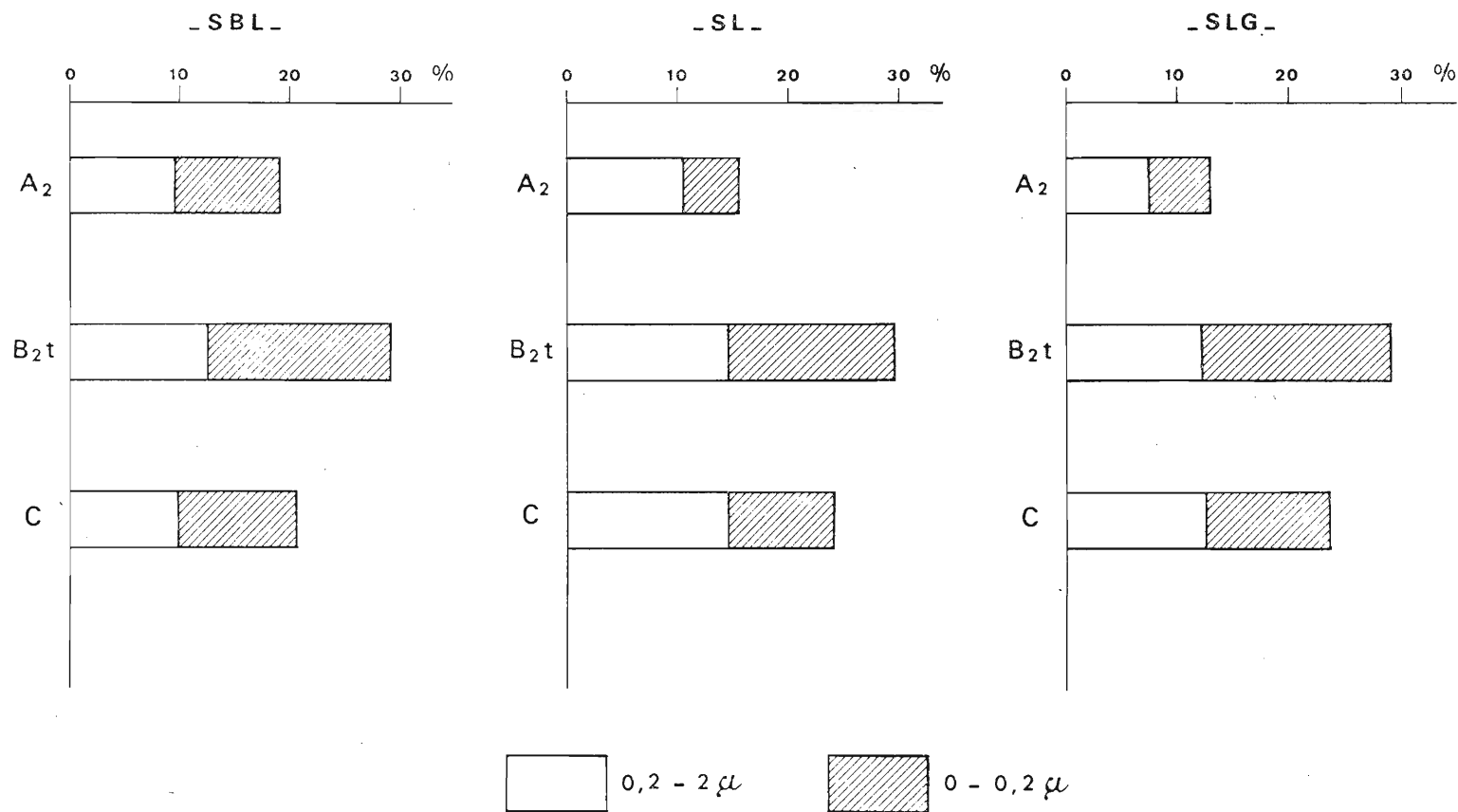


Fig. 97



- Dans le sol brun lessivé, on observe des teneurs en argile fine relativement importantes par rapport à l'argile grossière, avec, au demeurant, une légère migration de cette dernière.

Dans les deux autres degrés d'évolution on constate une certaine uniformisation des teneurs en argile grossière dans le bas du solum, avec enrichissement en argile fine plus important dans le sol glossique.

- La diminution de la teneur en argile fine dans l'horizon  $A_2$ , entre les stades sol brun lessivé et sol lessivé, pourrait correspondre à un seuil limite à partir duquel l'argile grossière commence à se déplacer également de manière assez importante.

5.13.3. Dans le but d'obtenir plus de précision sur les variations des teneurs en argile dans les solums, nous avons choisi quelques profils caractéristiques dont les répartitions en fonction de la profondeur sont indiquées sur la figure suivante (fig. 98).

Les profils Essigny 3 et Soyécourt représentent les sols bruns lessivés (SBL). On y constate une variation peu importante de la répartition de l'argile grossière, avec cependant un maximum relatif au niveau du  $B_{21t}$ ; l'argile fine présente une distribution assez typique avec maximum au niveau du  $B_{22t}$ . Au demeurant, la teneur la plus élevée s'observe dans les deux cas au niveau  $B_{21t}$ , par le jeu du cumul des deux répartitions.

Il faut de plus noter d'une part un solum plus profond pour Essigny, d'autre part une diminution plus marquée de l'argile fine au niveau du  $A_2$  dans le profil de Soyécourt.

Remarquons que le profil CR47, étudié en détail dans la partie précédente, présente des caractéristiques tout à fait semblables aux deux profils présentés.

Les sols lessivés (SL) sont représentés par les profils Laon 1 et Vervins 10.

Sur le schéma de Laon 1 on constate une distribution plus marquée de l'argile grossière, avec un maximum toujours localisé au niveau de la partie supérieure de l'horizon Bt; l'argile fine se répartit par contre ici plus profondément, sur toute l'épaisseur des horizons B. La teneur la plus élevée en argile totale s'observe toujours à la partie supérieure du Bt.

Les courbes du profil Vervins 10 nous montrent pour l'argile grossière une répartition de l'accumulation plus profonde, jusqu'au niveau de l'horizon B/C. La répartition de l'argile fine est encore plus caractéristique: minimum marqué dans le  $A_2$ , accumulation profondément répartie ensuite. Le maximum de teneur en argile se localise dans le  $B_{22t}$ .

Le profil Montmirail 15 caractérise un sol lessivé glossique (SLG) très typique sur le plan répartition granulométrique.

L'argile grossière montre un maximum au niveau de l'horizon de dégradation Bg & A. Le "profil" de l'argile fine est particulièrement typique: diminution nette en  $A_p$  et  $A_2$ , répartition en profondeur ensuite.

Il faut noter ici que l'augmentation de la fraction grossière dans l'horizon Bg & A est vraisemblablement liée à la teneur importante de cette fraction dans les plages dégradées.

La distribution des argiles dans le profil Chateau 22 met enfin en évidence la tendance plansolique de certains sols fortement évolués à hydromorphie (SLGP).

Les deux fractions argileuses montrent une accumulation marquée dès le niveau de l'horizon Ag & Bg, très mince dans ce cas-ci. La répartition de l'argile fine présente d'autre part un maximum dans l'horizon B<sub>2</sub>t ; il s'agit d'un véritable colmatage de l'horizon Bt d'accumulation.

5.13.4. Tout au cours de notre étude nous avons exposé des résultats concernant l'analyse d'échantillons particuliers, spécialement sélectionnés. Nous allons tenter une synthèse relative à leurs caractéristiques granulométriques. Rappelons que ces prélèvements concernent tout particulièrement d'une part des revêtements argileux, d'autre part des plages de dégradation.

Au chapitre 4.4. nous avons tout d'abord mis en évidence une différence fondamentale entre les revêtements argileux des sols modérément évolués dont l'illuviation s'est effectuée en milieu aéré, et ceux liés à des conditions d'hydromorphie.

La teneur en argile des premiers varie entre 40 et 65 %, avec une quantité d'argile fine très importante, environ 70 % ; celle des seconds n'est que légèrement supérieure à 30 %, avec des quantités d'argile fine et d'argile grossière pratiquement équivalentes. Il faut donc noter dans ces derniers une teneur en fractions limoneuses assez considérable.

- Un examen des variations du rapport limon grossier / limon fin a été effectué, particulièrement dans les sols glossiques. Une analogie assez évidente a été observée pour ce rapport granulométrique entre les horizons A<sub>2</sub> et les plages dégradées des niveaux correspondants. D'autre part, aucune tendance particulière n'a été relevée par comparaison entre les revêtements argileux et l'intérieur des agrégats correspondants.

L'analyse du rapport argile fine / argile grossière est plus intéressante à envisager.

Entre les horizons A<sub>2</sub> et le reste du solum on constate, comme nous l'avons déjà mentionné, une diminution marquée de l'argile fine en surface dès le stade du sol lessivé. Dans les sols dégradés cette diminution apparaît encore plus manifeste dans les zones dégradées.

- La comparaison des valeurs AF/AG des produits d'illuviation et des "matrices" correspondantes est très évocatrice, nous pouvons la schématiser de la façon suivante :

SBL	Rev.	>>	Matrice
SL	R	>	M.
SLG	R	< à <<	M.

Ceci met en évidence la variation progressive de la constitution des revêtements en fonction de l'évolution, et ce particulièrement en liaison avec les phénomènes de dégradation.

Les idées émises au paragraphe 4.46. concernant la répartition de l'argile sont confirmées par quelques moyennes calculées sur les profils les plus évolués parmi les sols glossiques, les chiffres suivants ayant été obtenus par le rapport AF/AG.

<u>A<sub>2</sub></u> :	0.58	..... Dégr. :	0.42
<u>B<sub>2</sub>t</u> :	1.48	..... Rev. :	1.02
<u>B<sub>3</sub>ex</u> :	1.50		

**DISTRIBUTION DES ARGILES  
DANS QUELQUES PROFILS CARACTÉRISTIQUES**

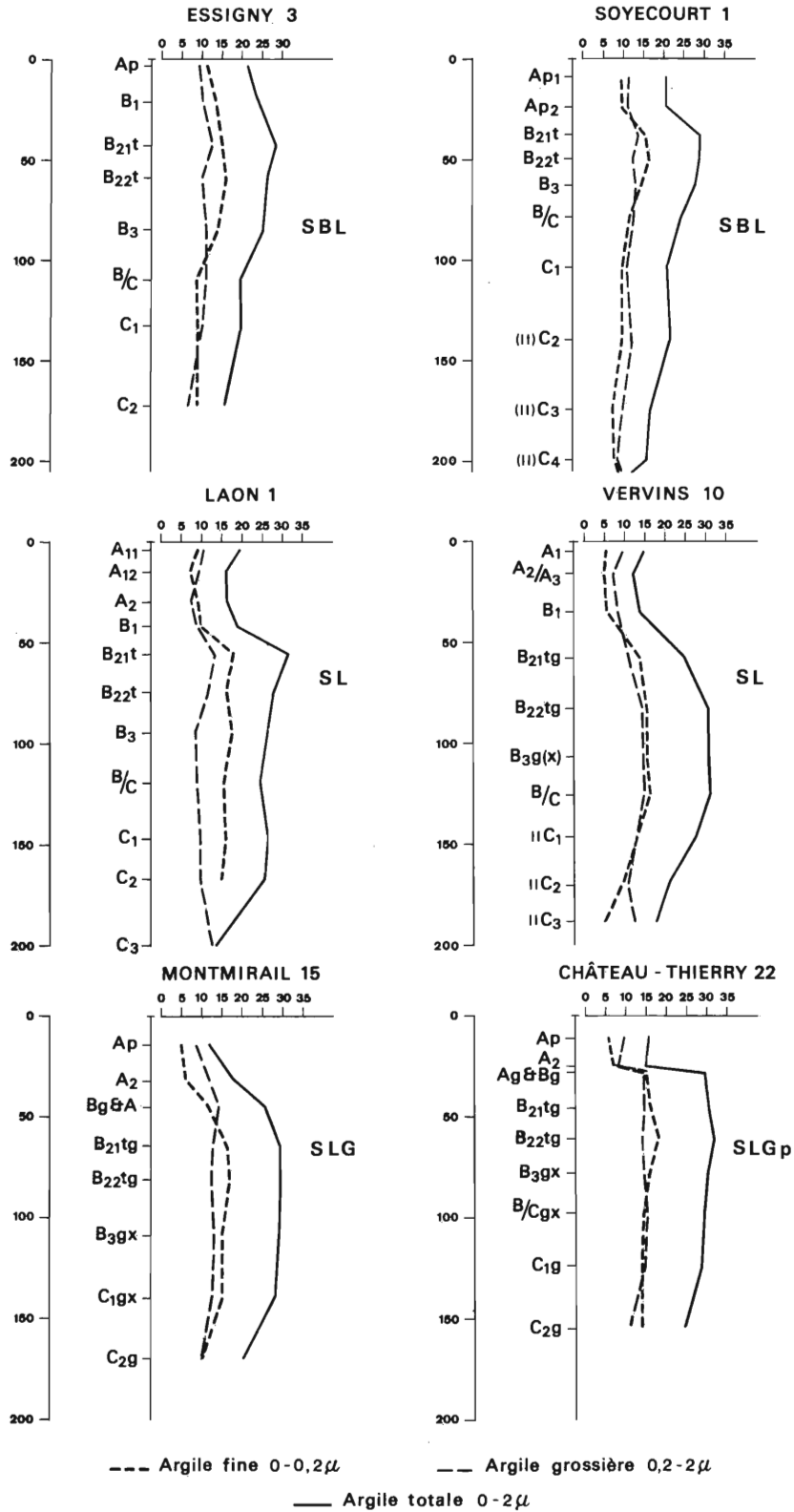


Fig. 98





D'où enrichissement de l'ensemble de la matrice des horizons B<sub>2t</sub> et B<sub>3</sub> en argile fine.

5.13.5. En conclusion, nous allons reprendre successivement les différents processus intervenant dans la différenciation granulométrique des principaux stades d'évolution.

- altération des matériaux limoneux lessivés -

Augmentation de la teneur en argile des horizons d'altération due à une libération d'argile fine au niveau du front de décarbonatation, intervention probable de mécanismes de microdivision, essentiellement à partir de la fraction limoneuse 10-20  $\mu$ , et vraisemblablement, à un degré moindre, d'argilogenèse par altération.

- stade du sol brun, et début du processus d'illuviation -

Probabilité d'une argilification légèrement plus importante au niveau de l'horizon (B). Déplacements localisés d'argile fine dans des pores de diamètre moyen, ainsi que sur les faces des agrégats de l'horizon structural.

- stade du sol brun lessivé -

Migration d'argile fine de manière assez nette jusqu'en B<sub>22t</sub>, d'argile grossière légèrement en B<sub>21t</sub> ; le maximum d'enrichissement apparaissant à la partie supérieure de l'horizon Bt. On pourrait en déduire une sélection progressive, l'argile fine migrant plus bas que la fraction grossière. Les revêtements prélevés, les plus évidents sur le plan morphologique, contiennent une grande quantité d'argile avec dominance très nette d'argile fine.

L'horizon Bt s'épaissit et sa teneur en argile atteint progressivement 30 %, l'indice d'entraînement calculé étant voisin de 1,5/1,6.

- stade du sol lessivé -

L'argile fine se déplace de plus en plus profondément, se répartissant dans l'ensemble des horizons B, aux dépens de l'horizon A<sub>2</sub> ; l'argile grossière se déplace plus nettement que dans le cas précédent avec en un premier temps un maximum dans la partie supérieure de l'horizon Bt. Cette dernière fraction paraît ensuite atteindre également les horizons plus profonds, provoquant le déplacement du maximum d'argile totale en B<sub>22t</sub>. Ce maximum se maintient aux environs de 30 % ; valeur qui, d'après d'autres travaux, constituerait une limite pour l'enrichissement d'un matériau de la composition granulométrique que nous étudions (Monnier et Fies, 1972).

Les revêtements argileux ont une composition légèrement différente de ceux du stade précédent, à savoir une teneur en argile un peu moins importante comportant moins d'argile fine.

- stade du sol lessivé glossique -

L'horizon A<sub>2</sub> s'appauvrit encore en argile fine et argile grossière, en s'épaississant aux dépens de la partie supérieure de l'horizon Bt. L'analogie entre les rapports des fractions limoneuses des matériaux provenant du A<sub>2</sub> et des plages dégradées en est une confirmation ; ces dernières apparaissent d'autre part comme les plus appauvries en argile fine. Les deux types d'argile se répartissent profondément dans un horizon Bt épais, un maximum d'argile grossière se localisant cependant dans le niveau d'altération A & B.

L'analyse des revêtements des agrégats structuraux des sols typiques de ce stade confirme ces déplacements : teneur moyenne en argile et quantités d'argile fine et grossière pratiquement équivalentes.

- stade du sol à "tendance planosolique" -

Ce type est marqué par l'amincissement de l'horizon de dégradation A & B qui provoque une variation texturale abrupte entre A<sub>2</sub> et Bt. Une augmentation de la teneur en argile fine au niveau B<sub>22t</sub> serait typique de l'enrichissement dans la masse que nous venons d'évoquer dans le cas du sol glossique.

Les résultats que nous avons obtenus complètent ceux publiés antérieurement par *Cline* (1949) quant à l'approfondissement de l'horizon argillique sans augmentation de la teneur en argile, par *Bullock* (1968), *Ranney* et *Beatty* (1969) en ce qui concerne les zones de dégradation des sols glossiques, par *Vanderford* et *Shaffer* (1966) sur l'importance des teneurs en argile fine dans les niveaux compacts. Ils précisent notamment dans le détail le comportement des fractions argileuses au cours d'une évolution progressive des phénomènes de lessivage, ce qui n'avait pas été fait jusqu'à présent.

#### 5.14. MATIERE ORGANIQUE

La matière organique est certainement un facteur d'évolution très important. Cependant, l'influence d'une mise en culture plus ou moins ancienne se marque sur la grande majorité des sols étudiés, et une analyse détaillée de la composition de la matière organique ne nous a pas paru de nature à nous apporter un grand nombre d'éléments d'interprétation, compte tenu de ce fait.

Nous nous bornerons donc à analyser les résultats assez globaux concernant les teneurs et le rapport C/N.

Au demeurant, en ce qui concerne la profondeur d'infiltration de la matière organique au travers de la séquence théorique d'évolution, on observe une diminution manifeste de l'épaisseur de l'horizon A<sub>1</sub>, ainsi qu'un humus de plus en plus brut, des stades peu évolués aux stades fortement dégradés hydromorphes.

5.14.1. La majorité des horizons de culture des sols bruns lessivés contiennent de 1,8 à 2,6 % de matière organique à C/N compris entre 9 et 10. Rappelons que la partie supérieure de certains horizons Bt a été fortement enrichie en matière organique par des actions anthropiques anciennes et intense activité biologique, il s'agit d'horizon "argilliques" du type "agrique" selon la nomenclature américaine.

Sous prairie permanente les teneurs des horizons A<sub>11</sub> sont naturellement plus élevées : 5,0 à 5,7, avec des rapports C/N de 10 à 11.

Sous forêt nous avons enregistré en surface des valeurs comprises entre 4,4 et 5,3 % de matière organique, les rapports C/N pouvant monter aux environs de 12/13.

Les horizons Ap des sols lessivés sont moins riches que les précédents : 1,8 à 2,0 %, à C/N toujours proche de 9/10. Sous prairie : teneurs d'environ 5 %, et C/N de 13.

Sous végétation naturelle les teneurs en  $A_{11}$  sont assez variables, allant de 5/6 à 8/10 % selon la composition de la flore ; le rapport C/N, pratiquement toujours supérieur à 12, peut atteindre 15 localement.

Les sols lessivés glossiques sous culture présentent des teneurs voisines de 1,8/2,0 % dans les horizons supérieurs, le rapport C/N étant toujours proche de 10.

Sous forêt, tout comme pour les sols lessivés, les teneurs sont variables : 5,5 à 9,0 %, et rapport C/N compris entre 12 et 17.

Les humus les plus bruts, à C/N les plus élevés, jusqu'à 19, s'observent en Ardennes. Une étude des liaisons entre la matière organique, l'aluminium et le fer serait certainement intéressante à réaliser sur ces types de sols.

On constate donc que pour les sols cultivés une uniformisation due à l'action de l'homme est intervenue dans les horizons de surface. Nous verrons cependant qu'à teneur en matière organique égale, les sols plus ou moins évolués présentent une sensibilité différente au phénomène d'érosion du type battance, du fait essentiellement de la variation dans la composition granulométrique.

Au demeurant, le type de matière organique, grossièrement caractérisé par son rapport C/N paraît plus directement lié à la nature de la couverture végétale qu'au stade d'évolution du sol.

Nous avons mis en relation, dans des graphiques que nous présentons en annexe, le rapport C/N avec d'une part le pH, d'autre part la saturation du complexe.

Peu d'interprétations sont possibles, seules quelques constatations peuvent être faites :

- les échantillons à rapport C/N supérieur à 12,5 ont toujours un pH inférieur à 4,5 et un taux de saturation inférieur à 30 %,
- les échantillons à rapport C/N inférieur à 12 ont toujours un pH supérieur à 4,9 et un taux de saturation supérieur à 70 %.

Nous avons également pu constater que les niveaux superficiels à rapport C/N supérieur à 13 contiennent une quantité importante d'aluminium, sous forme libre et sous forme échangeable sur le complexe absorbant.

5.14.2. Indépendamment des quelques observations que nous venons de faire, relativement peu d'éléments semblent pouvoir être obtenus par l'étude de la matière organique **sur** les sols que nous avons été amenés à étudier, compte tenu de l'objectif de notre travail. Il est cependant probable qu'une étude approfondie des constituants organiques des différents types d'humus que nous avons rencontrés sous végétation forestière serait à même de nous fournir des données intéressantes. Nous n'avons malheureusement pas eu la possibilité matérielle de la réaliser.

### 5.15. LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES.

L'évolution des sols limoneux qui fait l'objet de notre étude dépend notamment de deux processus fondamentaux : illuviation et hydromorphie.

De ce fait, les possibilités de déplacements mécaniques, sous forme colloïdale ou soluble, des éléments dans le solum, dépendent étroitement des caractéristiques hydriques, de la porosité, de la stabilité de la structure, et d'une manière plus générale, de la perméabilité. Les interférences de ces propriétés sur les processus physico-chimiques sont importantes et il nous a paru indispensable de les traiter également.

Il faut noter de plus que pour des matériaux à teneur en fractions limoneuses aussi importante que ceux qui nous occupent, la stabilité des horizons de surface intervient pour une part très importante dans les phénomènes d'érosion, et, par voie de conséquence, dans la répartition des différents types de sols dans le paysage.

Ce dernier facteur est également très important à considérer en ce qui concerne les techniques culturales, une grande différence existant entre les valeurs enregistrées sous végétation naturelle et sous culture.

Nous envisagerons successivement des chiffres obtenus par calcul de moyennes sur un certain nombre de profils, ensuite la part prise par les caractéristiques physiques dans les processus d'évolution, enfin l'origine des phénomènes d'hydromorphie affectant les sols les plus évolués.

5.15.1. Les chiffres obtenus sont présentés dans les tableaux ci-dessous, concernant successivement la densité apparente, la porosité totale et la stabilité structurale, tandis que nous fournirons quelques données générales sur la réserve en eau et la perméabilité des sols hydromorphes. En ce qui concerne les caractéristiques physiques, nous avons jugé opportun d'introduire les valeurs enregistrées au niveau de l'horizon B<sub>3</sub> compte tenu du rôle qu'il joue en tant que zone de transition entre le solum proprement dit et les horizons C.

Quand le comportement des sols ardennais le justifiait, ils ont été introduits séparément dans l'analyse et les commentaires (S. L. A.).

#### Densité apparente.

	SBL	SL	SLG	SLA
A <sub>2</sub>	1.52	1.38	1.40	1.38
B <sub>2</sub> t	1.57	1.66	1.62	1.55
B <sub>3</sub>	1.58	1.69	1.79	1.65
C	1.58	1.68	1.75	1.67

L'examen de ce tableau amène un certain nombre de commentaires.

La variation entre les différents horizons du SBL est très faible, on notera simplement une augmentation en profondeur. Les chiffres correspondant au SL montrent une diminution en surface et une tendance en profondeur analogue à celle du stade précédent, renforcée cependant ; un maximum très peu marqué se manifeste au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>.

Dans le SLG la variation est plus nette encore, et les horizons se différencient d'autant mieux : le B<sub>2t</sub> dégradé est un peu moins dense tandis que l'horizon B<sub>3</sub>, très compact, présente une densité apparente moyenne de près de 1,8.

Le SLA apparaît d'une manière générale comme peu dense en A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>, les niveaux profonds présentant des caractères très analogues à ceux du stade SL.

L'évolution la plus importante entre les trois stades typiques de la séquence s'observe donc au niveau du B<sub>3</sub> dont la densité apparente croît pratiquement de 1,6 à 1,8, cet horizon devenant de plus en plus compact.

Cette évolution est confirmée par l'examen du tableau suivant donnant la variation de la porosité totale.

Porosité totale.

	SBL	:	SL	:	SLG	:	SLA
A <sub>2</sub>	42	:	46	:	44	:	45
B <sub>2t</sub>	40	:	37	:	38	:	41
B <sub>3</sub>	39	:	33	:	29	:	35
C	39	:	34	:	31	:	33

Les caractères mis en évidence pour la densité apparente apparaissent très nettement ici: valeurs très analogues pour les horizons A<sub>2</sub> des différents types, diminution de la porosité du B<sub>2t</sub> au stade SL, diminution spectaculaire du niveau du B<sub>3</sub> entre les stades SBL - SL et SLG : de 40 à 30 %. La variation dans l'horizon C est semblable mais moins importante cependant.

La variation de ces caractères indique une perméabilité de plus en plus faible au niveau situé sous l'horizon Bt. La compacité de cette couche augmente donc et on observe des conditions d'engorgement de plus en plus marquées au contact des horizons Bt et B<sub>3</sub>. Ceci apparaît donc comme l'origine d'une hydromorphie secondaire du sol, liée à l'intensité de l'évolution, débutant au stade du sol lessivé pour s'intensifier fortement dans les sols lessivés glossiques et à tendance planosolique.

Caractéristiques hydrodynamiques.

La détermination des teneurs en eau pondérales aux points caractéristiques de pF 2,5 : capacité de rétention et pF 4,2 : point de flétrissement, a été effectuée sur un nombre très important d'échantillons. Nous avons pu en déduire une teneur théorique moyenne en eau utile.

Nous avons constaté que la variation était relativement peu importante entre les différents horizons des principaux types de sols. La raison en est vraisemblablement la nature elle-même des sédiments que nous avons étudiés, où la teneur en éléments inférieurs à 20 microns est toujours très élevée.

La majorité des valeurs obtenues pour l'eau utile est comprise entre 16 et 20 %, elle est le plus souvent de l'ordre de 17/18 %.

Certaines variations se présentent cependant :

- teneurs moyennes assez nettement inférieures pour les limons relativement sableux du Scissonnais, où elles peuvent descendre à 14, voire 12 %.
- des valeurs assez faibles s'observent également au niveau des horizons compacts du type fragipan : B<sub>3</sub>g<sub>x</sub> et C<sub>g</sub>x des sols lessivés glossiques.
- les plus élevées sont enregistrées pour les niveaux supérieurs des sols ardennais, très riches en matière organique, où elles peuvent être supérieures à 20 %.

Ces résultats confirment donc la très grande réserve en eau des sols de limons, pratiquement la plus importante parmi les formations du nord de la France.

#### Stabilité de la structure.

Nous avons repris dans les deux tableaux ci-dessous un ensemble de valeurs caractérisant la stabilité structurale des sols limoneux.

Le premier regroupe les moyennes obtenues pour les indices de stabilité : Log. 10 I<sub>s</sub> et de percolation : Log. 10 K, des différents horizons caractéristiques, pour des sols situés sous végétation naturelle.

Le second donne les valeurs obtenues pour les stades SBL, SL et SLG situés sous culture, et ce pour les deux horizons de surface, les données des horizons profonds ne diffèrent pratiquement pas de celles fournies par le premier tableau.

Remarquons que les valeurs données pour le test de percolation sont celles correspondantes à la première heure, suffisantes pour notre interprétation.

	SBL		SL		SLG		SLA	
	Is	K	Is	K	Is	K	Is	K
A <sub>2</sub>	1.00	1.55	1.16	1.28	1.30	1.13	0.98	1.20
B <sub>2</sub> t	1.75	1.11	1.84	1.15	1.65	1.03	1.65	0.85
B <sub>3</sub>	1.90	1.10	2.08	0.62	2.25	0.42	2.15	0.60
C	2.15	1.05	2.04	0.80	2.16	0.58	2.10	0.65

	SBL		SL		SLG	
	Is	K	Is	K	Is	K
$A_p/A_2$	1.80	1.24	1.70	1.20	2.00	1.07
$B_2t$	1.84	1.12	1.90	1.00	1.67	0.93

De manière à rendre l'interprétation plus commode, ces différentes valeurs ont été portées en graphique dans la figure suivante (fig. 99 - V.N. = Végétation naturelle - C. = Cultures).

L'examen des valeurs présentées dans le premier tableau nous amène aux constatations suivantes.

Au stade SBL on observe une instabilité de plus en plus grande en profondeur, avec un maximum en C, niveau du matériau originel. La percolation est de moins en moins bonne de haut en bas du profil.

La variation pour le SL est analogue, mais plus accentuée. Au demeurant, on observe une valeur d'instabilité légèrement plus élevée au niveau du  $B_3$ , tant pour le test Is que pour le test K.

Le stade SLG présente des données très caractéristiques mettant en évidence la perte de stabilité importante au niveau de l'horizon compact : Log Is de 2,25, Log 10 K de 0,42.

Le SLA montre un comportement très semblable au SLG, mais moins accentué.

L'analyse entre les différents stades est également très intéressante.

On note en effet pour les horizons supérieurs une perte sensible de stabilité et de possibilité de percolation du stade SBL au stade SLG, tandis que le SLA est particulièrement stable du fait des teneurs importantes en matière organique des horizons supérieurs de ces sols typiquement forestiers.

L'horizon  $B_t$  le plus instable est celui du SL, tandis que celui du SLG possède une stabilité un peu plus importante, peut-être du fait de certaines indurations ou cimentations par les oxydes de fer.

La variation des valeurs correspondant aux horizons  $B_3$  est importante, et dénote la perte de stabilité de plus en plus importante de ce niveau en fonction de l'évolution. Notons que le stade SLG présente la transition la plus marquée entre horizons  $B_2t$  et  $B_3$ , Log 10 Is : 1,85/2,25, Log 10 K : 1,03/0,42.

Les valeurs des horizons C montrent une tendance analogue, bien que moins marquée, à celle de l'horizon sus-jacent. Remarquons cependant la stabilité très faible du C du stade SBL qui représente celle d'un matériau loessique très peu évolué.

Nous constatons donc à nouveau ici l'importance prise par l'horizon  $B_3$  et plus généralement par la zone de transition  $B_2t/B_3x$  dans le comportement physique des sols limoneux. Ce niveau constitue progressivement une barrière instable, compacte, s'opposant à la percolation de drainage, et créant à sa partie supérieure une zone d'engorgement qui devient une vraie nappe perchée dans les sols les plus évolués.



Nous avons vu que ces propriétés sont très importantes à prendre en considération pour les problèmes de mise en valeur, et tout particulièrement pour l'assainissement (*Henin - Gras - Monnier, 1969*).

L'examen du second tableau nous montre l'influence de la mise en culture sur la stabilité de structure des sols limoneux.

La comparaison avec les données du premier tableau nous permet tout d'abord de constater, d'une manière générale, une perte de stabilité et de possibilité de percolation assez nette.

La différence entre les valeurs obtenues respectivement pour les horizons  $A_2$  sous végétation naturelle et sous culture est notamment importante pour les différents stades. Celle enregistrée pour les horizons Bt est moins importante, mais nette cependant. On notera une variation de stabilité entre horizons  $A_2$  et  $B_2$  moins grande sous culture que sous végétation naturelle.

La mise en culture provoque donc essentiellement une perte de stabilité des niveaux directement soumis à l'action anthropique.

Entre les différents stades, les variations mises en évidence par l'analyse du premier tableau sont confirmées. L'horizon supérieur est notamment de plus en plus instable du stade SBL au stade SLG.

Les valeurs caractéristiques de cet horizon expliquent la grande sensibilité des sols lessivés limoneux aux phénomènes de battance et d'érosion. Remarquons également qu'il s'agit de matériau où le rapport limon/argile est très élevé, ce qui constitue un facteur très favorable à l'action de ce type de processus.

Il ne nous a pas été possible de reprendre ici l'ensemble des données correspondant à l'action des différents prétraitements mais nous pouvons dire que, d'une manière générale, les tests de stabilité indiquent une sensibilité de l'ensemble du solum aux prétraitements air et benzène, caractéristiques des terres assez mal cimentées, riches en fractions limoneuses, et relativement pauvres en matière organique.

Enfin, nous citerons pour mémoire quelques résultats de coefficients de conductivité hydraulique obtenus par la méthode "Thiem" reprise par la section d'hydraulique du C. E. R. A. F. E. R..

Les déterminations ont été effectuées sur des sols lessivés glosiques hydromorphes où une nappe aquifère temporaire remonte pratiquement en surface lors des périodes très humides. Les résultats confirment la différence très importante de perméabilité entre les parties supérieures et inférieures du solum, le coefficient passe de 1,5 m/jour dans les horizons A à moins de 0,5 m/jour dans les horizons les plus compacts.

5.15.2. En conclusion, nous pouvons dire que la part prise par la variation des caractéristiques physiques dans l'évolution des sols limoneux est loin d'être négligeable.

Leur étude a notamment permis de mettre en évidence l'importance que prend progressivement le niveau de transition situé sous l'horizon Bt dans le comportement hydrique des sols et l'évolution générale du solum. On y observe en effet une augmentation de la densité apparente, et de la compacité, une diminution de la porosité, de la stabilité structurale et de la perméabilité.

# STABILITÉ STRUCTURALE

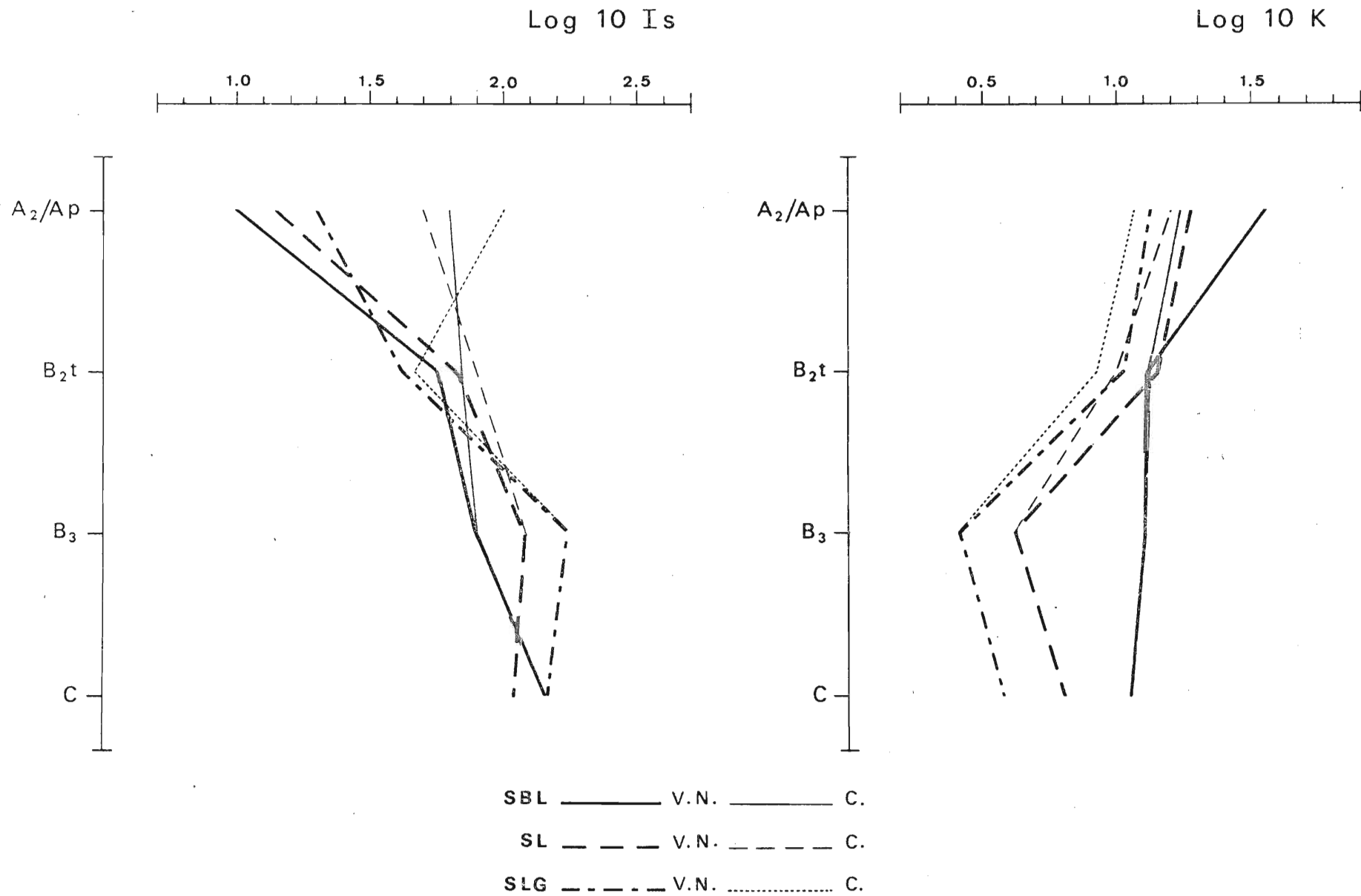


Fig. 99



Nous en déduisons que ce niveau est à l'origine tout d'abord d'engorgements, ensuite de l'apparition d'une nappe aquifère à caractère temporaire créant un milieu réducteur favorable aux phénomènes de dégradation. L'hydromorphie des sols lessivés les plus développés apparaît donc comme typiquement secondaire par rapport à l'évolution générale du sol.

✱

✱

✱



## 5.2. EVOLUTION GEOCHIMIQUE ET MINERALOGIQUE

Trois aspects fondamentaux seront envisagés dans ce chapitre.

La désaturation et l'acidification progressives seront tout d'abord traitées par l'étude de la variation du complexe absorbant et du pH (5.21.).

Ceci nous permettra ensuite d'aborder le comportement géochimique du fer (5.22.) et de l'aluminium (5.23.).

L'évolution minéralogique pourra enfin être développée grâce aux éléments fournis par la variation de la capacité d'échange cationique (5.24.) et les données cristallographiques (5.25.).

Cette présentation dynamique, complétant les données regroupées au chapitre précédent, nous amènera à la synthèse globale du dernier chapitre.

### 5.21. EVOLUTION DU COMPLEXE ABSORBANT - pH.

Nous avons vu qu'une partie très importante des sols limoneux étudiés sont actuellement intensément mis en culture. De ce fait la saturation du complexe est généralement très importante et les pH élevés.

Certains sols ont d'autre part visiblement été anciennement cultivés puis postérieurement abandonnés à la friche ou replantés en essences forestières. D'autres enfin paraissent avoir été de tout temps laissés à la forêt.

Il nous a fallu tenir compte de ces différents cas pour interpréter les données concernant l'acidité et la saturation.

Nous allons, dans ce chapitre, regrouper l'ensemble des résultats obtenus en ce qui concerne la garniture cationique du complexe absorbant dans les différents types de sols étudiés, tant sous culture qu'en conditions de milieu plus naturelles.

Partant de l'altération du loess originel, nous verrons d'une part l'évolution générale au travers de la succession des types de développement, d'autre part les variations observées entre les horizons caractéristiques de chaque type de sol.

Comme dans les chapitres qui précèdent, nous présenterons tout d'abord des garnitures cationiques moyennes, ainsi que les variations du pH.

Ensuite, étant donné l'importance prise par le comportement de l'aluminium dans les sols fortement évolués, nous examinerons la répartition de la forme échangeable de cet élément dans un certain nombre de profils caractéristiques.

L'état du complexe absorbant d'échantillons particuliers sera alors analysé.

Nous tenterons enfin de préciser l'évolution générale de la garniture du complexe absorbant dans la séquence d'évolution générale des matériaux limoneux.

Les teneurs en éléments échangeables seront toujours exprimées en pour cent de la capacité d'échange totale de la terre fine : valeur T.

5.21.1. Nous avons vu au chapitre 3.5. qu'au cours de l'altération primaire des matériaux loessiques peu de variations étaient enregistrées dans la répartition des teneurs en bases échangeables, hormis une augmentation du Ca dans les niveaux les plus altérés, tous ces horizons étant saturés et à pH élevé.

Nous avons calculé une garniture cationique moyenne pour trois niveaux caractéristiques de la "lehmification" : B/C : horizon lehmifié, C<sub>1</sub> : loess décarbonaté, C<sub>2</sub> : loess calcaire.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

	Ca	Mg	K	Na
B/C	88.8	7.6	2.0	1.6
C <sub>1</sub>	83.9	12.1	2.2	1.8
C <sub>2</sub>	82.9	12.2	2.3	2.6

Quelques tendances peuvent être déduites de l'examen de ce tableau. La décarbonatation et l'altération paraissent liées à une augmentation progressive du Ca sur le complexe, tandis qu'on observe une diminution des autres cations, particulièrement nette pour le magnésium.

Ceci complète et précise donc nos conclusions de la troisième partie.

5.21.2. Afin de cerner le mieux possible l'évolution du complexe absorbant nous avons dissocié plusieurs facteurs d'influence : - le degré d'évolution - la nature des dépôts dans une certaine mesure - l'occupation actuelle du sol.

Le tableau suivant présente donc les garnitures cationiques moyennes en pourcent de la capacité d'échange, avec indication de la somme des bases échangeables Ca, Mg, K et Na :  $\Sigma_1$ , qui correspond donc au taux de saturation, ainsi que la teneur en Al échangeable lorsqu'il est présent. La somme  $\Sigma_2$  correspond à  $\Sigma_1 + Al$ .

Les pH H<sub>2</sub>O moyens sont indiqués, et nous commencerons par en préciser quelque peu les valeurs.

G A R N I T U R E C A T I O N I Q U E E N % D E T

Occupation ↓	-Horizons caractéristiques-	A <sub>2</sub>								B <sub>2</sub> <sup>t</sup>								C							
	Eléments-Saturation pH	Ca	Mg	K	Na	$\Sigma_{1-}$	Al	$\Sigma_{2-}$	pH	Ca	Mg	K	Na	$\Sigma_{1-}$	Al	$\Sigma_{2-}$	pH	Ca	Mg	K	Na	$\Sigma_{1-}$	Al	$\Sigma_{2-}$	pH
SOLS S/VEGETATION "NATURELLE"	SBL - -	92,0	4,2	2,3	1,5	100,0	-	-	6,4	84,5	11,1	3,0	1,4	100,0	-	-	7,0	81,2	15,7	2,1	1,0	100,0	-	-	6,5
	SL - -	26,1	14,1	3,3	0,5	44,0	35,0	79,0	4,9	57,2	20,9	2,3	0,9	81,3	19,7	101,0	5,2	66,4	20,2	2,1	1,1	89,8	11,0	100,8	5,2
	SLG - -	20,3	14,6	2,8	0,9	38,6	41,5	80,1	4,6	42,6	20,3	1,9	1,1	65,9	35,5	101,4	5,1	57,9	24,5	1,5	2,4	86,3	10,7	97,0	5,2
	SLA - ARDENNES	8,0	8,0	6,6	0,4	23,0	51,5	74,5	4,6	15,3	15,7	2,8	0,7	34,5	56,0	90,5	4,9	33,5	22,8	2,1	0,8	59,2	33,6	92,8	5,1
	SL (G)- ARDENNES	9,4	7,3	2,6	0,4	19,8	57,1	76,9	4,3	21,9	19,2	2,0	0,6	43,8	63,0	106,8	4,7	50,0	24,1	2,5	1,0	77,6	19,5	97,1	5,1
SOLS CULTIVES	SBL - PICARDIE	88,2	6,8	4,0	1,0	100,0	-	-	7,9	89,1	7,1	2,3	1,5	100,0	-	-	7,9	88,9	8,0	2,0	1,1	100,0	-	-	7,7
	SBL - THIERACHE	86,2	9,7	3,3	0,8	100,0	-	-	6,3	90,6	6,8	1,7	0,9	100,0	-	-	7,2	86,5	11,0	1,6	0,9	100,0	-	-	7,2
	SBL - SOISSONNAIS	81,5	13,1	4,3	1,1	100,0	-	-	7,9	82,3	14,7	2,1	0,9	100,0	-	-	7,6	81,0	14,2	2,5	2,0	100,0	-	-	7,8
	SL - -	90,8	5,5	2,8	0,9	100,0	-	-	6,3	92,0	4,9	2,2	0,9	100,0	-	-	6,9	86,2	10,7	1,8	1,3	100,0	-	-	6,5
	SLG - -	84,9	10,4	2,8	1,4	99,5	0,5	100,0	7,0	82,0	13,9	2,1	1,1	99,5	0,5	100,0	7,0	72,8	22,7	1,8	1,4	98,7	1,3	100,0	6,1





## GARNITURE CATIONIQUE EN % DE T.

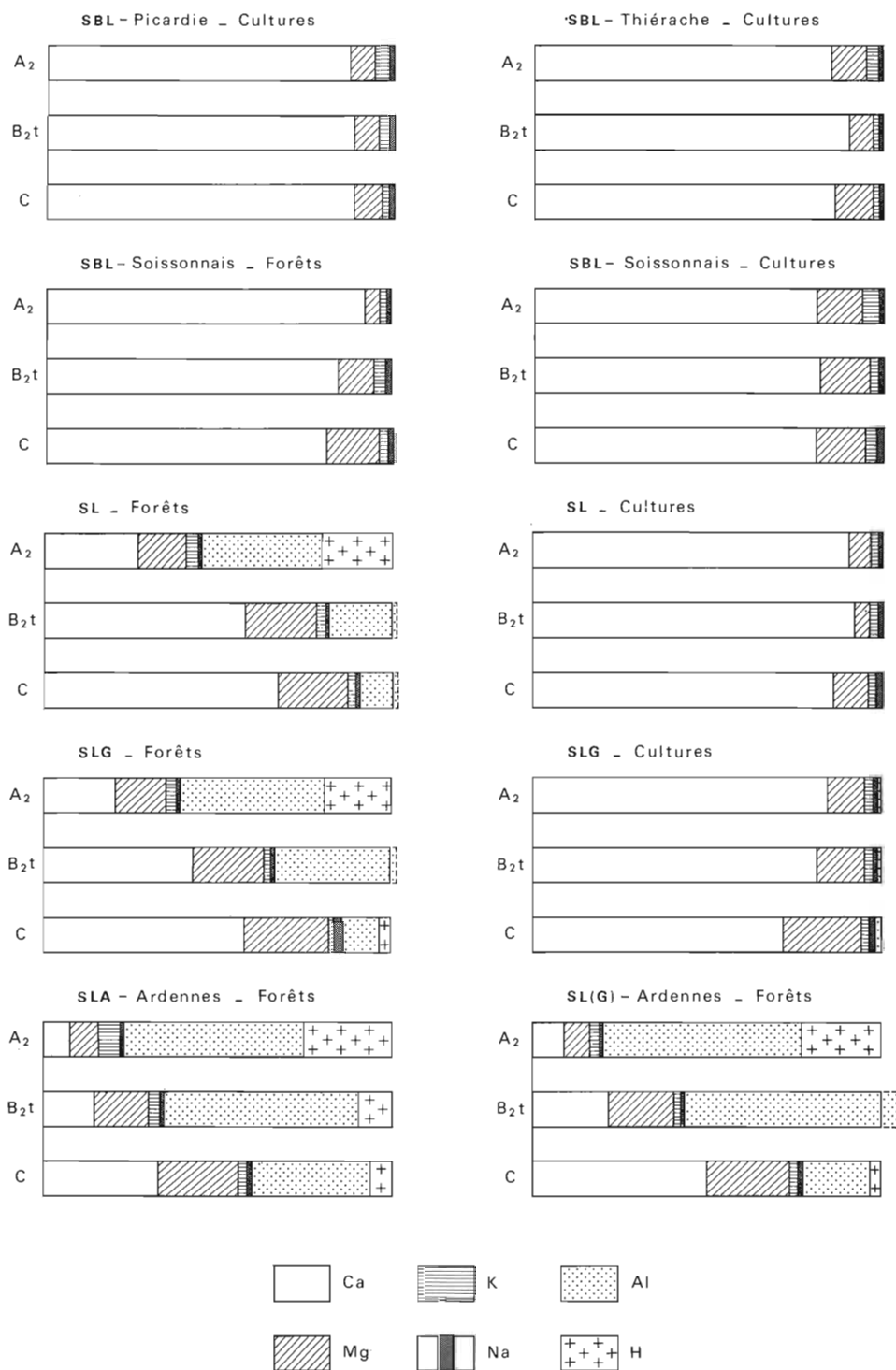


Fig. 100



- Les sols bruns lessivés actuellement sous culture possèdent sur l'ensemble des horizons des pH généralement compris entre 7,5 et 8,0 ; lorsqu'ils sont situés sous prairie permanente leur pH descend et est compris entre 6,4 et 7,2 dans l'horizon humifère, les valeurs ne variant pratiquement pas en profondeur.

Sous forêt ils sont légèrement plus acides dans les horizons profonds : pH compris entre 6,3 et 7,0.

- Les sols lessivés sont, sous végétation naturelle, assez nettement désaturés et présentent des pH variant de 4,5 à 5,2 dans les horizons supérieurs à des valeurs comprises entre 5 et 6 en profondeur. En zones cultivées les pH sont généralement compris entre 6 et 7 sur toute l'épaisseur du sol.

Au fur et à mesure de l'évolution une désaturation et acidification plus marquées se manifestent dans le sol.

- Ainsi les sols lessivés glossiques dégradés montrent des valeurs de pH assez proches de celles des sols lessivés en surface, mais légèrement plus faibles dans le B<sub>2t</sub>, tandis qu'en profondeur les valeurs sont identiques. La mise en culture provoque naturellement une augmentation de la saturation, essentiellement dans la partie supérieure du solum, les pH des autres horizons restant inférieurs à ceux des niveaux correspondants des sols lessivés.

- Les sols développés dans les limons de couverture de la plateforme ardennaise, et situés sous d'anciennes forêts, sont les plus acides que nous ayons rencontrés, le pH y varie relativement peu ; il est compris entre 4 et 5 sur toute la profondeur des horizons pédogénétiques.

Les données du tableau sont reprises dans la figure suivante, qui représente sous forme schématique la variation de la garniture cationique, ce qui permet d'en faire une analyse plus commode (fig. 100).

- En ce qui concerne tout d'abord les sols sous "végétation naturelle".

Le SBL, saturé sur toute la profondeur du sol montre du haut en bas une diminution de Ca au profit de Mg, K et Na restant pratiquement stationnaires.

Le SL possède un complexe partiellement désaturé et offre des caractères très différents. Le Ca et le Mg augmentent en profondeur, particulièrement le premier, tandis que K diminue et que Na augmente légèrement. En ce qui concerne Al, il complète pratiquement la garniture dans le B<sub>2t</sub> et le C tandis qu'en A<sub>2</sub> une quantité assez importante d'hydrogène échangeable est présente.

Le stade SLG montre beaucoup d'analogies avec SL, avec cependant quelques variantes :

- désaturation plus prononcée, aux dépens essentiellement de Ca - rapport Ca/Mg voisin de 1 dans le A<sub>2</sub> - diminution un plus importante de K en profondeur - réapparition de H échangeable dans l'horizon C.

Les sols très acides sur limons ardennais ont fait l'objet d'une analyse séparée, justifiée par leur situation particulière et l'ancienneté de la couverture forestière. Sur la base de l'importance des phénomènes

d'illuviation et des caractères de dégradation nous avons dissocié des sols lessivés acides (SLA), et des sols lessivés à tendance glossique (SL(G)). Les deux types sont très fortement désaturés et présentent des quantités importantes d'Al sur le complexe.

L'évolution dans les profils est voisine de celle observée pour SLG : augmentation de Ca et Mg en profondeur, diminution de K, légère augmentation de Na. Il faut cependant noter un rapport Ca/Mg pratiquement constant en A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>, et voisin de 1.

- Les sols sous culture fournissent bien naturellement des données très différentes.

Compte tenu de l'influence possible de la composition des matériaux originels par région naturelle, des moyennes ont été établies pour trois types de SBL : Picardie - Thiérache - Soissonnais.

Le dernier se distingue des deux autres par une plus grande richesse en Mg et une augmentation assez sensible de Na en profondeur. On peut déceler d'une manière générale une diminution de K de haut en bas du profil.

Le SL montre une teneur en Mg assez importante en surface, par rapport au B<sub>2t</sub>.

La garniture cationique du complexe des horizons du SLG varie de A<sub>2</sub> à C : diminution de Ca, augmentation de Mg, apparition en B<sub>2t</sub> et C de traces d'Al constituant certainement des vestiges de l'évolution sous végétation naturelle.

D'une manière générale la mise en culture provoque essentiellement une augmentation très nette de la saturation en Ca des trois horizons caractéristiques, tout particulièrement A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>. On constate naturellement une augmentation très importante du rapport Ca/Mg au niveau de ces horizons tandis que K et Na paraissent relativement peu affectés par l'influence anthropique.

5.21.3. Pour six profils représentatifs des sols désaturés nous présentons la répartition de l'aluminium échangeable sous deux formes : d'une part en % de la valeur T, d'autre part en milliéquivalents pour 100 g de terre fine. Sont donc représentés le stade SL : Vervins 10, le stade SLG (cultures) : Montmirail 15, le stade SLG (forêt) : Montmirail 31 et 32, un sol polycyclique dégradé : La Fère 6 et un sol lessivé acide ardennais : Hirson 55 (fig. 101).

La comparaison de ces différentes courbes montre immédiatement la localisation précise du maximum d'aluminium échangeable sur le complexe. Nous l'observons en effet pour SL au niveau de l'horizon B<sub>1</sub>, pour le SLG dans l'horizon d'altération A & B de façon très caractéristique, pour le SLA à la partie supérieure du Bt.

C'est-à-dire d'une manière générale dans les horizons en voie d'altération.

A titre de comparaison, il faut noter que la teneur en méq. la plus élevée s'observe bien naturellement au niveau où la valeur T est la plus importante, c'est-à-dire au niveau du taux d'argile, au sein de l'horizon Bt.

Entre les stades SL et SLG on constate une répartition plus profonde de Al échangeable. Le profil SLG sous culture indique la présence de traces de Al jusqu'au niveau du B<sub>2t</sub> où la distribution constatée dans les autres profils se retrouve, avec un léger décalage.

## ALUMINIUM ÉCHANGEABLE

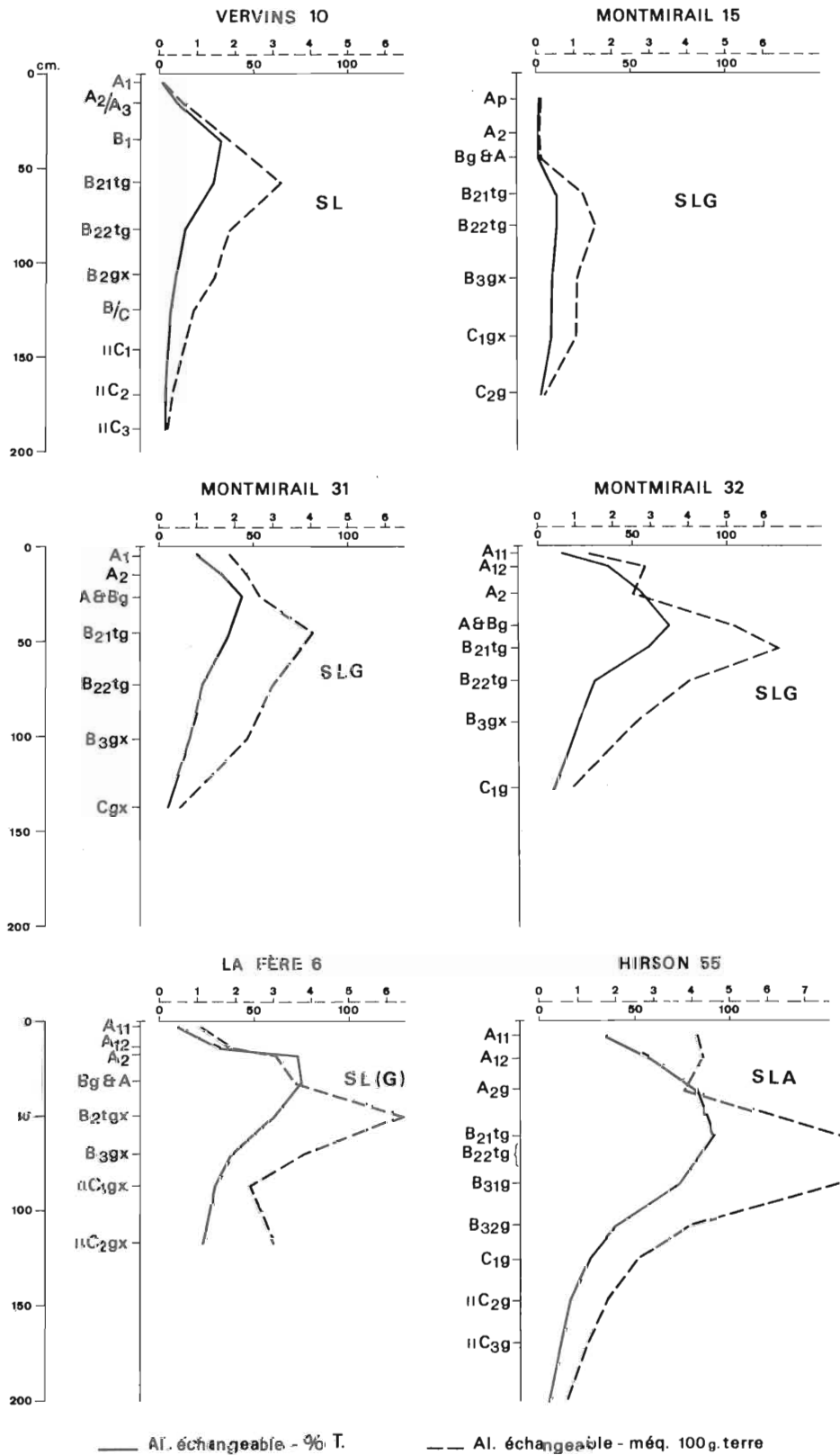


Fig. 101



SOL LESSIVE GLOSSIQUE

	Ca	Mg	K	Na	$\Sigma_1$	Al	$\Sigma_2$
A <sub>2</sub>	20.3	14.6	2.8	0.9	<u>38.6</u>	41.5	80.1
<u>D</u>	35.0	22.1	2.6	1.5	<u>61.2</u>	42.3	103.5
B <sub>2t</sub>	42.6	20.3	1.9	1.1	<u>65.9</u>	35.5	101.4
<u>R</u>	61.0	26.1	2.0	2.6	<u>91.7</u>	10.8	102.5

GARNITURE CATIONIQUE EN % DE T.

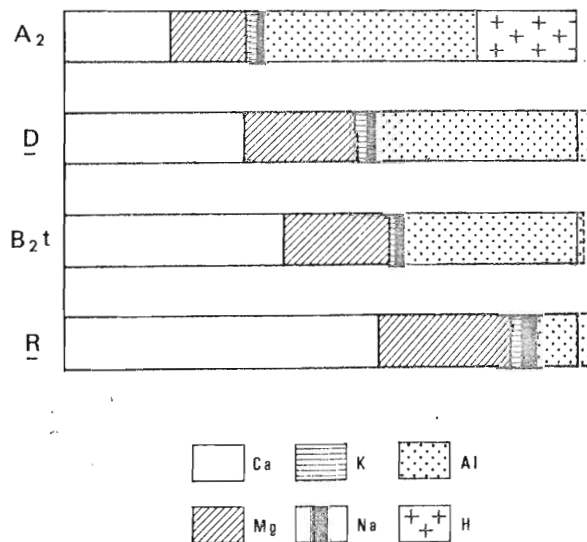


Fig. 102





Le sol très acide des Ardennes confirme l'importance prise par Al sur le complexe absorbant.

5.21.4. Il nous a semblé intéressant de pouvoir comparer la garniture cationique des échantillons particuliers : zone de dégradation (D) et produits d'illuviation hydromorphe (R) dans les sols glossiques fortement évolués. Les quelques analyses que nous avons à notre disposition sont très homogènes et nous en avons fait les moyennes pour D et pour R.

Nous les présentons ci-après sous forme d'un tableau et d'un schéma (fig. 102) dans lesquels nous avons inclus les données des horizons A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub> du sol lessivé glossique provenant du tableau général que nous avons commenté plus haut.

On constate donc que les plages dégradées ont une garniture cationique en transition entre le A<sub>2</sub> et le B<sub>2t</sub>. On observe, par rapport au A<sub>2</sub> une augmentation en Ca et Mg, les valeurs de K et Na étant peu différentes.

Les échantillons ont été prélevés essentiellement au niveau des horizons A & B, et les caractères mis en évidence pour cet horizon sont confirmés : teneur maximum en Al échangeable et disparition de l'hydrogène présent dans le A<sub>2</sub>.

Les revêtements diffèrent de l'horizon B<sub>2t</sub> par une saturation plus importante : Ca, Mg et Na mieux représentés. Nous pouvons supposer que l'action des eaux de percolation le long des faces d'agrégats où se localisent les revêtements pourrait en être au moins partiellement responsable.

5.21.5. La variation de la garniture cationique des horizons du sol varie donc de manière assez importante entre les différents stades d'évolution définis.

Au cours de l'altération du matériau loessique et des premiers stades de différenciation des profils peu de modifications sont observées, seule une augmentation du Ca et une diminution du Mg sur le complexe peuvent être notées dans les niveaux altérés.

Au stade du sol brun lessivé, à complexe toujours saturé, l'évolution apparaît inverse et le Ca diminue en profondeur en faveur de Mg.

Une désaturation progressive du complexe intervient dès le stade du sol lessivé, et s'intensifie dans les sols glossiques ; elle atteint un maximum dans les sols ardennais très acides.

En fonction de la profondeur on constate dans tous ces sols :

- une augmentation en Ca et Mg,
- une diminution en K,
- une légère augmentation en Na.

L'Al apparaît sur le complexe dès que l'acidité est suffisante, et présente un maximum dans une zone localisée à la partie supérieure de l'horizon B<sub>t</sub>, et de façon préférentielle dans les niveaux de dégradation A & B pour les sols glossiques.

En ce qui concerne les proportions relatives de l'aluminium et de l'hydrogène échangeable en fonction du pH et de la nature des horizons : hémorganiques ou minéraux, nos résultats paraissent en bonne conformité avec ceux d'autres auteurs, *Lefèvre-Drouet* (1963-1966), *Schwertmann* (1966).

De ces quelques données on peut déduire un lessivage préférentiel de Ca en conditions acides, également de Mg, ainsi que peut-être une augmentation de K issue de l'altération minéralogique dans la partie supérieure des profils.

Nous noterons également dans les niveaux les plus acides : A<sub>2</sub> du stade SLG, A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub> des sols ardennais, un rapport Ca/Mg voisin de 1 qui pourrait constituer un équilibre dans des conditions de milieu de ce type.

Enfin, nous remarquons pour l'ensemble des sols situés sous culture une augmentation très importante en Ca de l'ensemble des horizons constitutifs, K et Na paraissant relativement indifférents aux actions anthropiques de resaturation.

5.21.6. Nous avons été amené à comparer les valeurs du pH à celles du taux de saturation du complexe absorbant.

Certaines difficultés vraisemblablement propres en partie au protocole analytique pour la détermination du Ca échangeable perturbent de manière importante les possibilités d'interprétation pour les prélèvements dont le pH est supérieur à 6.

Pour illustrer le comportement des deux types de valeurs, nous avons porté en graphique d'une part l'ensemble des échantillons des profils présentés dans ce travail dont le pH H<sub>2</sub>O est inférieur à 6, d'autre part les moyennes issues du tableau récapitulatif du complexe absorbant, et répondant au même critère. Ces documents sont présentés en annexe.

Le premier graphique montre une dispersion des points obtenus qui s'alignent cependant dans une direction privilégiée. Signalons simplement que les niveaux à saturation inférieure à 50 % sont tous à pH inférieur à 5. Le second signale une relation plus marquée entre les données reportées.

Un dernier graphique situé en annexe nous montre la relation, au demeurant assez lâche, entre le pH H<sub>2</sub>O et la saturation du complexe en Al échangeable. Chaque point représente un horizon caractéristique des quatre types de sols les plus acides : SL - SLG - SLA - SL(G).

Cet ensemble de données nous montre donc que les phénomènes de lessivage et de désaturation interviennent avec le plus d'intensité lors du passage du stade sol brun lessivé au stade sol lessivé. Il est donc vraisemblable que c'est l'apparition de ces conditions acides, liées à l'hydromorphie croissante, qui permet l'intervention du processus de dégradation de l'horizon Bt.

## 5.22. LE COMPORTEMENT DU FER

La démarche que nous allons suivre pour analyser la dynamique du fer dans les sols étudiés est analogue à celle utilisée pour la composition granulométrique.

C'est-à-dire que nous allons voir les étapes suivantes : altération - examens de moyennes sur horizons caractéristiques - profils types - échantillons particulière - conclusions.

Une attention particulière sera attachée au comportement du fer par rapport à l'argile.

Rappelons que les déterminations effectuées sont essentiellement celles du Fer libre DEB, du Fer soluble HCl, ainsi que certaines analyses totales.

5.22.1. Les premiers stades d'évolution des matériaux loessiques nous montrent une augmentation progressive de la teneur en fer libre de la terre totale en fonction de l'altération : de 1,20/1,40 % de  $Fe_2O_3$  dans le loess à près de 1,80 dans les niveaux dits "lehmifiés".

Nous avons vu au chapitre 3.5. qu'en rapportant ces teneurs aux quantités d'argile on obtenait des valeurs inverses, c'est-à-dire une décroissance de bas en haut : 9,5 en moyenne dans les matériaux originels pour environ 7,0 dans les niveaux altérés.

Ceci semblerait signifier que ces premiers processus d'altération ne libèrent que des quantités relativement peu importantes de fer, et confirmerait la dominance des processus mécaniques sur les processus géochimiques.

5.22.2. Tout comme pour la granulométrie, quelques chiffres moyens ont été obtenus à partir des mêmes profils caractéristiques. Nous avons cependant introduits une unité de transition : sols en voie de dégradation, ou sols lessivés (dégradés) = SL(D), pour l'intérêt qu'elle présente dans l'étude de la dynamique du fer.

Le tableau ci-dessous donne les teneurs en fer libre exprimées en  $Fe_2O_3$  % de la terre totale, pour trois niveaux caractéristiques, ainsi que les indices : rapports teneur du Bt / teneur du  $A_2$ .

	Sol brun lessivé SBL	Sol lessivé SL	Sol lessivé (dégradé) SL(D)	Sol lessivé glossique SLG
$A_2$	1.24	1.15	1.16	1.14
$B_{2t}$	2.01	2.06	2.20	2.45
C	1.64	1.65	1.74	2.11
$I^{ce}$	1.62	1.79	1.90	2.15

On peut noter les caractères suivants :

- L'augmentation de l'indice entre les stades SBL et SL est liée à l'appauvrissement du  $A_2$ , tandis que les différences entre, d'une part, SL et SL(D), d'autre part, SL(D) et SLG paraissent dues essentiellement à l'enrichissement du Bt.

- L'indice du SBL est supérieur à celui enregistré pour l'argile, et compte tenu d'une teneur en C un peu inférieure à celle enregistrée pour les horizons "lehmifiés", ceci pourrait indiquer un certain "lavage" des formes de fer libéré par une première altération.

- Les autres indices sont légèrement inférieurs à ceux calculés pour l'argile. Cela pourrait éventuellement être mis en relation, tout au moins pour les stades les plus évolués, avec des processus d'altération secondaire.

Nous avons pensé intéressant de présenter ci-dessous les différentes teneurs du tableau précédent rapportées à l'argile totale (Fer 1./Arg.x 100).

	SBL	SL	SL(D)	SLG
A <sub>2</sub>	6.96	6.92	8.08	8.68
B <sub>2t</sub>	6.91	6.86	7.53	8.41
C	8.02	6.61	7.25	9.00

Nous remarquons tout d'abord des valeurs inférieures à 7 pour SBL et SL, excepté pour le niveau C du SBL, des valeurs supérieures à 7 pour SL(D) et SLG.

En ce qui concerne SBL les valeurs enregistrées correspondent à celles obtenues dans l'étude de l'altération du loess, l'horizon C correspondant à un matériau modérément "lehmifié".

Un approfondissement du solum se marque au stade SL avec cependant des valeurs croissantes de bas en haut.

Les stades SL(D) et SLG montrent d'une part, une augmentation progressive de ce rapport en fonction de l'évolution, d'autre part une différence bien marquée entre les horizons A<sub>2</sub> et B<sub>2t</sub>, les valeurs les plus élevées étant enregistrées dans la partie supérieure. La valeur de 9,0 au niveau du C du SLG pourrait être mis en relation avec les processus d'hydromorphie caractérisant ce sol, nous y reviendrons.

5.22.3. La figure suivante (fig. 103) donne, pour quelques profils caractéristiques, quatre courbes représentant successivement :

- la répartition du fer libre en % de terre totale,
- la répartition du fer HCl en % de terre totale,
- la variation de la teneur en fer libre rapportée à l'argile,
- la variation de la teneur en fer libre rapportée à l'argile fine 0-0,2 microns.

- On constate immédiatement que la répartition du fer libre par rapport à la terre totale présente, pour tous les profils, beaucoup d'analogies avec celle de l'argile. Peu de compléments peuvent donc être apportés à ce que viennent de nous indiquer les interprétations des moyennes.

**DISTRIBUTION DU FER  
DANS QUELQUES PROFILS CARACTÉRISTIQUES**

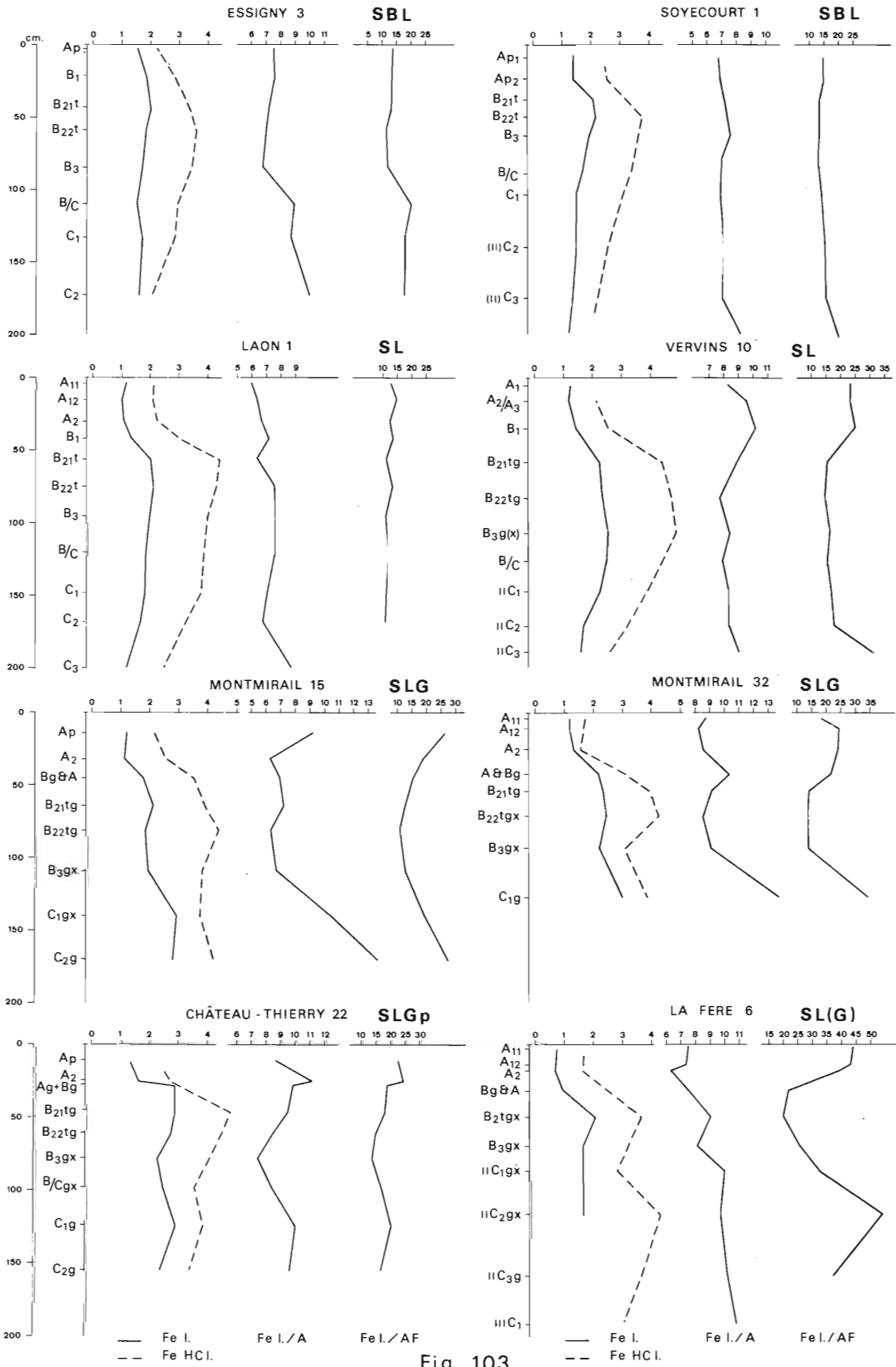


Fig. 103



- Par contre, la comparaison des courbes de répartition du fer libre et du fer HCl nous indique une différence maximum au niveau des horizons B, là où l'enrichissement en valeur absolue est le plus important, dû à l'illuviation et peut-être à des processus d'altération. La valeur la plus élevée du fer HCl se situe à la partie moyenne ou inférieure de l'horizon argillique.

Par ailleurs, les sols dégradés montrent une différence minimum aux niveaux des horizons les plus altérés : A<sub>2</sub> et A & B, où les rapports fer libre / fer HCl sont les plus élevés.

- L'examen des courbes du rapport fer libre / argile demande une analyse par stades d'évolution.

- SBL (Profils EN 3 et Soyécourt). La variation est très peu importante, on notera simplement une augmentation dans le bas du solum, qui correspond à ce que nous avons relevé dans les niveaux de loess peu évolué.

- SL (Profils Laon 1 et Vervins 10). La répartition présente essentiellement une augmentation au niveau de l'horizon B<sub>1</sub>, modérée pour le profil Laon 1, nette pour Vervins 10, une diminution est ensuite enregistrée dans la masse des horizons B, tandis que les valeurs augmentent à nouveau dans les horizons C. Cette variation par intensification dans le B<sub>1</sub> pourrait correspondre à un début d'altération en milieu acide.

- SLG (Profils Montmirail 15-32 - Chateau 22). Un maximum assez net marque l'horizon d'altération A & B dans les sols glossiques ; ce phénomène est confirmé dans le sol à tendance planosolique où ce niveau est cependant très peu épais.

Une autre augmentation importante se présente au niveau de la fluctuation de la nappe dans ces sols à hydromorphie ; dans le bas du solum pour les sols glossiques, sur l'horizon Bt pour le sol planosolique. L'abondance de nodules ferriques en serait vraisemblablement la cause.

- Les courbes de distribution fer libre / argile fine mettent encore plus nettement en évidence les processus d'évolution.

- SBL Très peu de variations sont à enregistrer, moins importantes que dans le cas précédent ; on notera à nouveau une augmentation dans les horizons profonds.

- SL Le profil Laon 1 se rapproche des SBL, tandis que Vervins 10 marque une différence en se rapprochant du stade suivant : augmentation en A<sub>2</sub> et B<sub>1</sub> confirmant la tendance à l'altération. Augmentation moins importante dans le bas du solum.

- SLG Les processus d'altération et d'hydromorphie se manifestent ici de manière évidente par :

- un maximum bien net en A<sub>2</sub> et A & B : altération en milieu acide et réducteur.
- une diminution au niveau des horizons Bt, B<sub>3</sub>gx y compris : accumulation d'argile fine déferrifiée.
- une augmentation au niveau de la fluctuation importante de la nappe : horizons profonds pour SLG, sur le Bt compact pour le sol "planosolique".



Le profil La Fère 6, que nous avons inclus à titre comparatif, montre une analogie très nette avec le stade SLG, le dernier type de courbe indique clairement ici l'accumulation importante d'argile fine rubéfiée, riche en fer, au niveau du paléosol enfoui.

5.22.4. Nous allons voir maintenant ce que nous a apporté l'examen des résultats d'analyses du fer dans les échantillons particuliers : revêtements, plages dégradées, zones d'accumulation, matrices.

Nous envisagerons ici des données de fer libre par rapport à la terre totale et à l'argile, ainsi que la comparaison fer libre / fer HCl.

Les résultats présentés au chapitre 4.4. ont montré la différence de teneur en fer libre des revêtements "primaires", liés à des conditions de milieu non réductrices, et "secondaires", déplacés en conditions typiques d'hydromorphie. Les premiers sont **très riches** en fer libre, les seconds sont très appauvris en fer aisément mobilisable.

Le tableau ci-dessous donne pour deux groupes de revêtements typiques les principaux éléments concernant le fer.

	Fer libre / terre totale en %	Fer libre / argile x 100	Fer libre / Fer HCl x 100
<b>Revêtements "primaires"</b>			
V.14	3.17	4.8	41
V.10	2.40	3.7	35
H.16	2.27	4.0	32
V.3	2.77	5.3	46
V.2	2.43	4.7	44
<b>Revêtements "secondaires"</b>			
C.T.22	0.46	1.2	15
M.15	0.28	0.9	13
M.30	0.41	1.2	14
M.31	0.31	1.1	15
M.32	0.39	1.3	18

- Nous voyons donc que les revêtements du premier type sont riches en fer, mais que comparativement aux échantillons des horizons pris globalement, les teneurs en fer libre rapportées à l'argile sont moins élevées. Peut-être pourrait-on considérer un rapport de 4 à 5 comme typique des complexes argilo-ferriques susceptibles de migrer en milieu aéré. La moyenne des rapports fer libre / fer HCl est sensiblement du même ordre que celle des argiles de matrice.

- Ceux du second type se caractérisent par des valeurs très basses pour les trois types de données : 0,30 à 0,50 pour les teneurs, 0,9 à 1,3 pour le rapport fer libre / argile, 13 à 18 pour le rapport fer libre / fer HCl ce qui est particulièrement bas.

On peut en déduire un appauvrissement très important en fer libre extrait par réduction avant migration et par altération en milieu agressif. Un rapport fer libre / argile voisin de 1 caractériserait la migration d'argile dégradé en milieu hydromorphe.

Pour mettre en évidence certains aspects de la dynamique du fer dans les sols fortement évolués, nous présentons ci-dessous un tableau donnant les valeurs des teneurs en fer libre rapportées à l'argile de quatre profils typiques pour des échantillons sélectifs : plages dégradées, revêtements, zones oxydées en bordure d'agrégats, matrice des agrégats.

	M. 15	M. 31	M. 32	C.T. 22
Dég.	5.6	6.5	5.4	5.4
Revêt.	0.9	1.2	1.3	1.2
Z. ox.	15.6	17.5	20.0	11.6
Matr.	9.2	9.4	10.4	9.5

Ces chiffres permettant de constater que les zones dégradées contiennent moins de fer libre que la matrice des horizons Bt, mais sensiblement plus que les revêtements, les argiles y seraient en voie de déferrisation. Notons que dans ces plages dégradées le rapport fer libre / fer HCl est, d'une manière générale, voisin de 45.

Les zones oxydées en bordure d'agrégats sont très enrichies en fer libre, le rapport fer libre / fer HCl y est généralement compris entre 60 et 80.

- Rappelons également nos conclusions partielles du chapitre 4.4., traitant des résultats d'analyses chimiques globales : altération et déferrisation marquées des revêtements d'illuviation hydromorphe, par rapport aux revêtements primaires et aux matrices des horizons B, - appauvrissement en fer des zones dégradées par rapport aux matrices.

5.22.5. Si nous reprenons successivement les différents stades de développement, nous voyons se dessiner une évolution qui dépend étroitement des conditions d'altération et d'hydromorphie.

- altération des matériaux limoneux loessiques.

La "lehmification" s'accompagne d'une faible libération de fer dont l'apparition est vraisemblablement masquée par les phénomènes d'argilification.

- stades sol brun et sol brun lessivé.

Une augmentation du fer libre et du fer HCl se dessine au niveau des horizons B, qui s'accroîtra dans les stades d'évolution suivants.

Il faut donc noter que le rapport fer libre / fer HCl ne pourra jamais être interprété indépendamment du niveau où le matériau a été prélevé. Les différences les plus importantes, donc les rapports les plus faibles, seront toujours observés au niveau de la partie moyenne du B, les rapports les plus importants dans les horizons appauvris.

Le déplacement de constituants argilo-ferriques permet une différenciation de plus en plus nette de la répartition du fer. Au demeurant, les quantités de fer liées à l'argile paraissent toujours assez constantes et proches de celles caractérisant les matériaux originels.

On retrouve dans les horizons C des caractères propres au matériau loessique original.

- stade du sol lessivé.

L'horizon A<sub>2</sub> s'appauvrit en fer qui se répartit dans un horizon argillique plus profond qu'au stade précédent ; nous enregistrons une augmentation de l'indice d'entraînement calculé du fer libre.

L'apparition de conditions d'engorgement et de désaturation amène ensuite une certaine altération localisée dans l'horizon A<sub>2</sub> et la partie supérieure du Bt. De plus une individualisation progressive entre argile et fer se manifeste dans la partie supérieure du solum ; les revêtements argileux restent cependant toujours assez riches en fer libre.

- stade du sol lessivé glossique.

L'indice d'entraînement du fer libre s'accroît d'une manière sensiblement égale à celui de l'argile.

Un niveau d'individualisation et d'altération maximum probable se localise au niveau logique des horizons A<sub>2</sub> et A & B. Un enrichissement en produits d'illuviation profondément déferrisés caractérise les horizons d'accumulation.

Les niveaux de fluctuation de la nappe phréatique, et les nombreuses accumulations de fer que l'on y observe sont très bien caractérisés par la variation de la teneur en fer libre rapportée à l'argile.

- stade du sol à "tendance plansolique".

Le niveau d'altération devient très peu épais, localisé au contact de l'horizon Bt très compact.

C'est dans cette même couche que l'influence de la nappe se manifeste tout naturellement.

La différence de comportement du fer par rapport à l'argile, que nous venons de mettre en évidence dans les stades les plus avancés de notre séquence, a déjà été évoquée à de nombreuses reprises auparavant par divers auteurs. Il faut citer les travaux de *Pécrot, Manil, Grossman, Arnold, Gebhardt, Kundler, Duchaufour, Brinkman.*

Les analyses propres aux revêtements argileux correspondant aux différents stades d'évolution nous ont cependant permis d'atteindre un meilleur degré de précision dans la connaissance de la dynamique du fer dans les sols lessivés.

### 5.23. LE COMPORTEMENT DE L'ALUMINIUM

L'importance prise par la dynamique de l'aluminium dans l'évolution des sols en milieu désaturé a été mise en évidence à de nombreuses reprises. Compte tenu des conditions d'évolution dans les stades les plus acides des sols limoneux nous avons considéré cet élément comme un critère essentiel (Duchaufour, 1964-1966-1968).

Plusieurs formes d'aluminium ont été étudiées : aluminium libre, échangeable, total. Le présent chapitre traite exclusivement de la forme libre, la dynamique de la forme échangeable ayant été analysée en 5.21..

Nous verrons successivement les données fournies par quelques moyennes, celles issues de l'examen de profils types, enfin celles concernant des échantillons particuliers.

5.23.1. Au cours de notre étude nous avons pu constater que le comportement de l'aluminium dans les sols est sensible aux conditions d'acidité et d'intervention anthropique. Aussi les valeurs moyennes dont nous allons parler ne peuvent-elles indiquer que des tendances évolutives. Les variations peuvent être assez importantes, et il convient évidemment d'en tenir le plus grand compte pour les interprétations.

Etant donné leur dynamique particulière en ce qui concerne l'élément considéré, et leur acidité particulièrement élevée, nous avons traité les sols lessivés acides des Ardennes séparément.

Nous présentons ci-dessous un tableau qui donne, pour les horizons caractéristiques, les teneurs en aluminium libre, exprimées en  $Al_2O_3$  ‰ de la terre totale ainsi que des indices calculés entre  $B_{2t}$  et  $A_2$ . Quatre types de sols sont représentés : trois stades d'évolution classiques et le sol lessivé acide ardennais.

	Sol brun lessivé	Sol lessivé	Sol lessivé glossique	Sol lessivé acide (Ard.).
$A_2$	1.23	1.43	1.40	3.56
$B_{2t}$	1.77	2.26	2.32	3.22
C	1.25	1.72	1.64	2.05
$I^{co}$	1.44	1.58	1.65	-

De l'examen de ce tableau il ressort immédiatement un caractère important, à savoir une relative indépendance vis à vis des phénomènes d'entraînement d'argile et la relation évidente avec les processus d'altération.

- Les indices théoriques d'entraînement sont plus faibles que ceux de l'argile et du fer, leur variation est moindre entre les différents stades : 1,4 - 1,6 - 1,7.

- La teneur moyenne enregistrée dans l'horizon A<sub>2</sub> augmente immédiatement entre SBL et SL puis varie peu entre SL et SLG, tandis que celle du B<sub>t</sub> augmente progressivement.

Les sols ardennais se dissocient nettement par une répartition très typique de sols très acides, montrant une courbe d'altération caractéristique.

Comme pour le fer nous présentons ensuite les différentes teneurs du tableau précédent rapportées à l'argile totale (Al l./Arg. x 100).

	SBL	SL	SLG	SLA (Ard.)
A <sub>2</sub>	6.5	9.2	10.7	18.9
B <sub>2t</sub>	6.2	7.7	8.0	12.2
C	6.4	7.0	6.9	10.4

Les chiffres obtenus pour SBL indiquent visiblement l'absence de processus d'altération.

Dès le stade du SL on constate d'une part une augmentation très nette dans la partie supérieure du sol, d'autre part une augmentation générale en fonction du stade d'évolution. Ceci nous paraît constituer un critère très valable de l'intensité de l'altération.

Les trois valeurs du sol ardennais sont très nettement plus élevées que pour les trois autres ensemble.

5.23.2. Afin d'obtenir plus de détail sur la répartition et la dynamique de l'aluminium, nous avons repris dans la figure suivante (fig. 104) quelques profils caractéristiques : sols lessivés (Laon 1 et Vervins 10), sols lessivés glossiques (Montmirail 15 et 32), sol à tendance planosolique (Chateau 22), sol polyphasé dégradé (La Fère 6), sol lessivé acide ardennais (Hirson 55).

Pour chacun d'entre eux nous présentons :

- la répartition de l'aluminium libre en ‰ de terre totale,
- la répartition de la teneur en aluminium libre rapportée à l'argile totale.

- L'interprétation du premier type de courbes montre pour SL et SLG une tendance analogue à la variation de la répartition de l'argile. Pour le sol dit "planosolique" on observe un maximum marqué à la partie supérieure du B<sub>t</sub>, correspondant à une altération localisée. Le SLA des Ardennes offre, comme nous l'avons vu, un profil d'altération typique.

**DISTRIBUTION DE L'ALUMINIUM  
DANS QUELQUES PROFILS CARACTÉRISTIQUES**

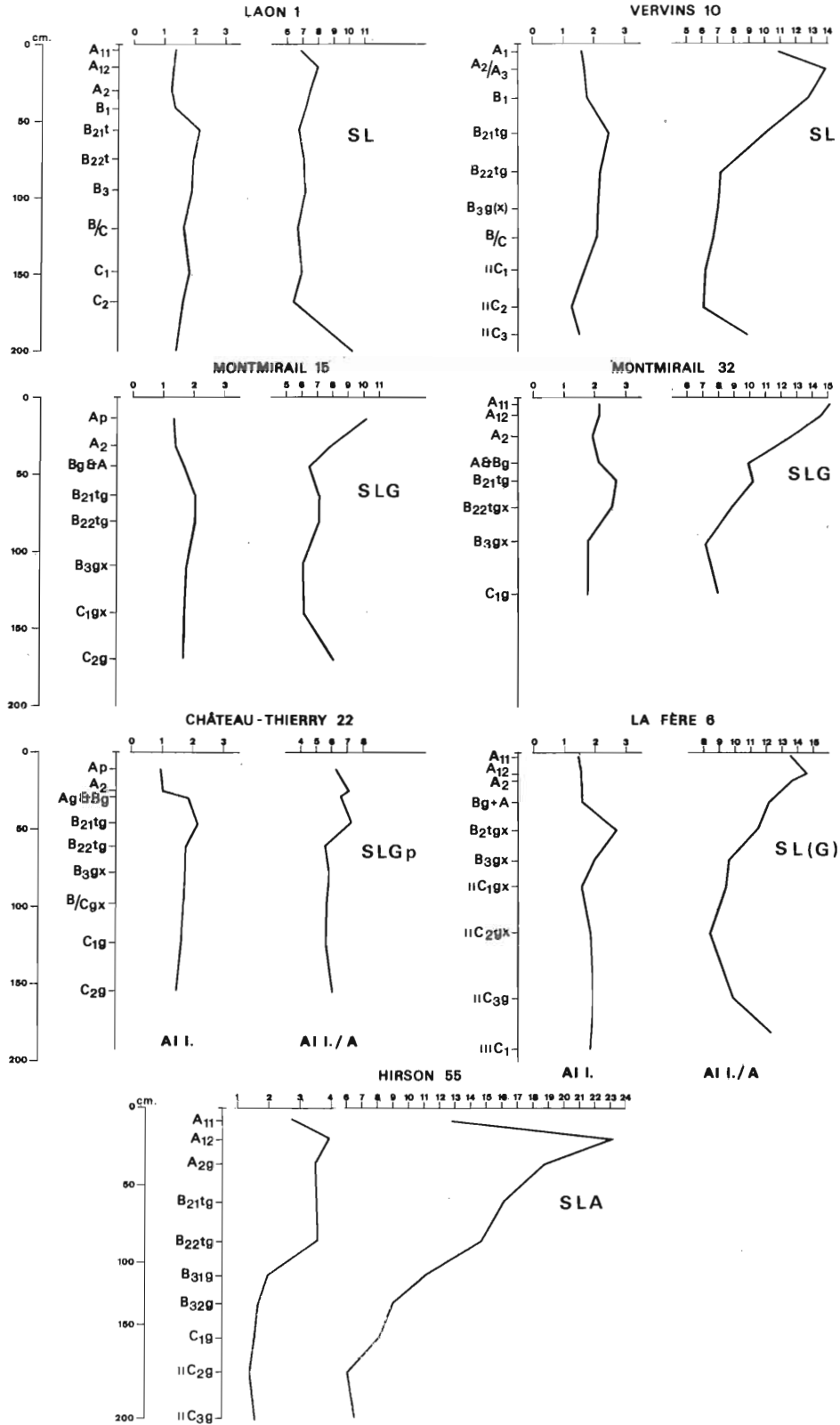


Fig. 104



- L'examen des courbes donnant la variation de la teneur en alumine libre rapportée à l'argile est plus significatif. D'une manière générale on observe un maximum dans la partie supérieure du solum, pour tous les types de sols, au niveau  $A_{12}$  -  $A_2$ .

Le détail nous indique ensuite pour SL une diminution au niveau du Bt et une augmentation dans le bas du profil :  $C_2/C_3$ . Dans les sols glossiques cette diminution se marque au niveau du A & B, une légère inflexion caractérise ensuite le  $B_{2t}$ , suivi d'une nouvelle diminution dans le  $B_3$ .

Le sol à tendance planosolique offre une concentration dans l'espace de ce que nous venons d'évoquer pour les sols glossiques : maximum dans le  $A_2$ , diminution dans le A & Bg mince, augmentation dans le  $B_{21t}$ , diminution ensuite.

Enfin, il suffit de noter pour le SLA le maximum très important dans l'horizon hémorganique  $A_{12}$ .

5.23.3. Quelques échantillons de revêtements argileux et de plages dégradées de sols évolués ont pu être analysés, et les résultats obtenus comparés à ceux d'horizons caractéristiques.

Les revêtements argileux d'illuviation primaire sont pratiquement totalement dépourvus d'Al libre, tandis que ceux d'illuviation secondaire, hydromorphe, en contiennent une certaine quantité.

La teneur en Al libre rapportée à l'argile de ces derniers, rapport de 5 en moyenne, est inférieure à celle que nous avons enregistrée pour les matrices des horizons correspondants, ce qui pourrait signifier un déplacement de formes d'alumine libre indépendamment de l'argile.

Les analyses d'échantillons provenant de zones dégradées, qui fournissent des rapports Al libre / argile compris entre 9 et 10, montrent naturellement une analogie étroite avec celles des horizons  $A_2$  correspondants.

5.23.4. Entre le stade sol lessivé et sol dégradé, glossique, se manifeste donc une dynamique importante de l'aluminium en raison de processus d'altération physico-chimiques.

Les premiers stades d'évolution des matériaux loessiques ne peuvent pas être définis de façon précise par le comportement de l'aluminium.

Nous envisagerons l'apport que l'étude de l'aluminium libre nous a fourni à partir du développement de sol brun lessivé.

- stade du sol lessivé.

Dès ce stade on constate une distribution typique d'Al libre qui représente un enrichissement net par rapport à la quantité d'argile présente, vraisemblablement dû à une altération des minéraux secondaires en milieu acide. Les teneurs maximum par rapport à l'argile s'observent dans l'horizon  $A_2$  où les processus d'altération apparaissent donc les plus marqués. Ces processus semblent ensuite s'intensifier dans les stades plus évolués soumis à des conditions d'hydromorphie temporaire.

Un entraînement en profondeur intervient partiellement indépendant des déplacements de colloïdes argileux ; à ce stade, les revêtements ne donnent pratiquement pas d'Al libre.



- stade du sol lessivé glossique.

Une augmentation sensible des processus d'altération caractérise ce stade, la quantité d'Al libre rapportée à l'argile étant de plus en plus importante dans les horizons éluviés, par ailleurs les plus désaturés. Au demeurant, ce niveau est celui où tous ces sols présentent une teneur en minéraux intergrades alumineux, vermiculites Al ou chlorites secondaires la plus importante, et où la C. E. C. de l'argile est la plus faible. Les plages dégradées possèdent des caractéristiques très analogues à celles de l'horizon A<sub>2</sub>.

Les teneurs importantes en Al libre dans ces zones peuvent être expliquées par une libération progressive de certaines formes d'aluminium qui s'élimineraient par la base de ces niveaux, dès l'horizon A & B. L'action de certains composés organiques dans le maintien de quantités importantes d'Al en surface est vraisemblablement un facteur majeur.

- stade du sol "à tendance planosolique".

Comme nous l'avons signalé plus haut, nous constatons dans ce cas une "concentration" des processus au niveau de contact entre le A<sub>2</sub> et le Bt, qui apparaît comme typique pour la genèse de ce type de sol.

- enfin, le comportement de l'alumine libre dans les sols lessivés acides des Ardennes correspond à un processus de libération important en conditions de milieu très désaturé.

Les données que nous venons de commenter confirment donc d'une part l'importance du comportement de l'aluminium libre dans l'analyse des sols lessivés, désaturés et dégradés (Duchaufour, 1964 - Scheffer, et al., 1966), d'autre part la "surimposition" de sa dynamique sur un profil textural préalablement élaboré par les mécanismes de lessivage en milieu modérément acide (Duchaufour et Souchier, 1966). Nous avons pu localiser dans la séquence évolutive la phase où l'influence de l'aluminium devient prépondérante dans le développement des sols.

#### 5.24. LA CAPACITE D'ECHANGE

L'interprétation de la variation de la capacité d'échange cationique (C. E. C.) nous a permis de déceler rapidement, dès le début de cette étude, une modification dans la nature des minéraux argileux de certains horizons.

Nous avons pu confirmer la valeur de ce critère par confrontation avec les déterminations minéralogiques effectuées sur des échantillons provenant de ces mêmes niveaux.

La valeur "T" est, d'une manière générale, étroitement liée à la teneur en argile et à la nature des minéraux argileux, ainsi qu'à la quantité et à la composition des constituants organiques. Au demeurant, il est très possible que des éléments de dimension supérieure à 2 microns présentent également une certaine capacité d'échange.

Pour déterminer avec précision la C. E. C. des argiles présentes nous aurions dû effectuer une séparation préalable de la fraction inférieure à 2 microns. Cela ne nous a pas été matériellement possible, et nous avons été contraints de calculer une C. E. C. de l'argile approchée, en rapportant la valeur obtenue pour la terre fine à 100 g d'argile.

Pour les échantillons où une quantité appréciable de matière organique est présente, nous avons effectué une correction approximative sur la base de 200 méq. pour 100 g de matière organique. Très certainement sujette à critiques, compte tenu de la grande variabilité de cette capacité en fonction de la nature des composés, cette manière d'opérer nous a simplement permis de mettre en évidence les tendances générales.

Nous allons présenter un certain nombre de résultats obtenus sur l'ensemble des profils étudiés, quelques exemples de sols caractéristiques et d'échantillons particuliers, et nous tenterons de préciser la valeur de la C. E. C. comme critère d'évolution pour les sols limoneux.

5.24.1. Le tableau ci-après regroupe un ensemble de valeurs moyennes pour différents types de sols. Nous avons dissocié trois types de sols bruns lessivés par région naturelle, afin de ne pas masquer certaines différences vraisemblablement dues à une variation dans la composition minéralogique du matériau original. Les sols lessivés, sols lessivés glossiques, et sols lessivés acides ardennais complètent le tableau.

Nous avons donc indiqué d'une part les valeurs de T, d'autre part les capacités d'échange rapportées à l'argile.

	A <sub>2</sub>		B <sub>2t</sub>		C	
	T	CEC/A	T	CEC/A	T	CEC/A
SBL Picardie	11.6	50	13.7	51	9.2	51
SBL Scissonnais	9.5	50	15.0	52	10.3	56
SBL Haute Thiérache	11.0	46	12.6	46	9.7	51
SL	6.9	34	14.2	47	12.2	51
SLG	5.4	25	12.9	48	10.7	48
SLA Ardennes	7.8	23	10.1	44	10.0	47

L'examen de ce tableau nous montre immédiatement que nous avons affaire à un ensemble de valeurs très voisines, proches de 50 méq. pour 100 g d'argile. Seuls les chiffres correspondant aux horizons  $A_2$  des sols les plus évolués présentent des valeurs sensiblement inférieures.

Parmi les SBL, ceux du Soissonnais possèdent une capacité légèrement supérieure à celle des deux autres, particulièrement par rapport à ceux de Thiérache dont nous avons vu par ailleurs que les horizons supérieurs étaient fréquemment constitués de matériaux redistribués.

Dès le stade du SL intervient une diminution de la C. E. C. de l'argile en surface, au sein des horizons  $A_2$ .

Cette tendance se marque de façon encore plus importante dans le SLG. On constate d'autre part dans ce dernier, une légère diminution dans les horizons profonds, par rapport au stade SBL. Les faibles valeurs enregistrées dans les horizons  $A_2$  de ces sols fortement évolués avaient déjà été mentionnées par *Dudal* en 1953.

Les sols ardennais, développés sur matériaux anciens assez altérés, présentent aux différents niveaux étudiés les C. E. C. de l'argile les plus faibles.

5.24.2. Sur la figure ci-après nous avons reporté la variation de la C. E. C. de l'argile pour quelques profils caractéristiques, de manière à préciser les données précédentes (fig. 105).

Le profil de SBL (Essigny 3) montre une légère variation avec un maximum au niveau des horizons B ; on notera la légère diminution dans le haut du profil.

Au stade SL (Vervins 10) cette diminution de la capacité d'échange dans les horizons supérieurs est manifeste, tandis que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la partie inférieure de l'horizon B, avec maximum dans le  $B_{3g}$ , où, rappelons-le, nous avons noté une grande quantité d'épais revêtements très riches en argile fine.

Les sols lessivés glossiques, SLG, (Montmirail 15 et 32) confirment la faible valeur de la capacité d'échange dans la zone dégradée du profil.

Un maximum est relevé dans le premier au niveau du  $B_{2t}$ , dans le second au niveau du  $B_{3g}$ . Ceci signifierait un stade d'évolution plus avancé pour Montmirail 32, ces niveaux constituant comme nous l'avons vu des zones d'enrichissement très important en argile fine.

On constate dans le profil Château 22, à tendance plansolique, une uniformisation pour l'ensemble du profil à partir de l'horizon  $B_{21tg}$ , ce qui confirme l'analyse faite au chapitre traitant de la granulométrie.

Le profil complexe de la Fère 6 montre nettement la superposition de niveaux caractéristiques d'un sol lessivé glossique et d'un paléosol à capacité d'échange de l'argile élevée.

Ce dernier caractère confirme nos résultats sur l'étude des paléosols exposés dans la troisième partie de ce travail (cf. 3.4.).

L'examen de ces quelques profils montre donc d'une part la diminution de la C. E. C. de l'argile en surface, et ce particulièrement nettement dès le stade de sol lessivé, d'autre part une augmentation relative dans les niveaux d'accumulation d'argile.

CAPACITÉ D'ÉCHANGE DE L'ARGILE

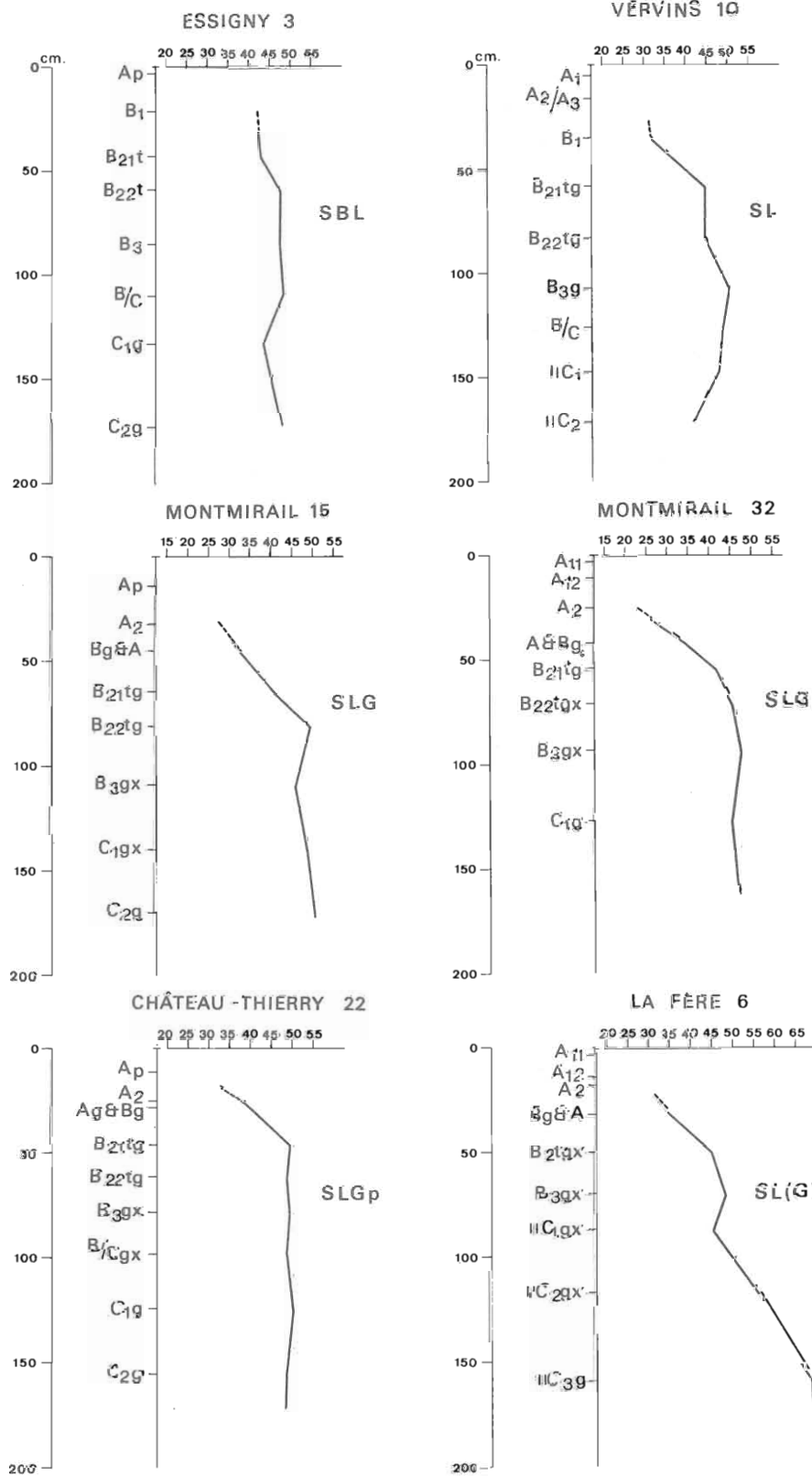


Fig. 105



5.24.3. Les quelques échantillons particuliers issus de prélèvements sélectifs nous ont permis de faire les observations suivantes :

- Les revêtements d'illuviation "primaire" ont une capacité d'échange voisine ou légèrement supérieure à celle des horizons correspondants, elle est de l'ordre de 50 à 55 méq. / argile.
- Les plages dégradées des sols lessivés glossiques montrent, pour l'argile, une capacité d'échange de 38/40 méq., donc supérieure à celle des horizons A<sub>2</sub>.
- Les revêtements d'illuviation "secondaire", hydromorphe, de ces mêmes sols ont une capacité d'échange comprise entre 40 et 44 méq., c'est-à-dire sensiblement inférieure à celle des matrices d'agrégats des niveaux de prélèvement.

5.24.4. Disons immédiatement que la synthèse concernant la variation de la capacité d'échange cationique de l'argile entre les différents types de développement confirme à la fois l'évolution enregistrée dans la minéralogie des argiles et les variations de la granulométrie.

L'étude de l'altération des matériaux loessiques nous a montré tout d'abord qu'une valeur moyennée de 50 méq. caractérisait d'une manière générale les niveaux d'altération primaire de ces sédiments, avec cependant une certaine variation due à des héritages légèrement différents entre couvertures limoneuses.

Les sols bruns lessivés montrent une très légère diminution de la C. E. C. dans l'horizon A<sub>2</sub>, due probablement à une augmentation relative de la teneur en argile grossière contenant de la kaolinite et du quartz en quantité notable. Par contre les horizons Bt offrent des valeurs un peu plus élevées, cette augmentation provenant de l'accumulation d'argile fine contenant une dominance de minéraux gonflants. Les revêtements argileux, très riches en argile fine, ont une capacité d'échange légèrement supérieure à celle des horizons correspondants.

Les sols lessivés sont caractérisés par une diminution assez nette de la C. E. C. de l'horizon A<sub>2</sub>, dont la cause apparaît analogue à celle du stade précédent. Les valeurs les plus élevées s'observent dans les niveaux enrichis en argile gonflante, c'est-à-dire les horizons Bt. Les revêtements argileux présentent une capacité d'échange très analogue à celle du stade précédent.

Les sols lessivés glossiques sont très caractéristiques pour la variation de la C. E. C. de l'argile.

Un minimum très net s'observe dans les horizons supérieurs dégradés ; elle est due essentiellement à l'apparition de minéraux argileux du type vermiculite alumineuse et chlorite secondaire.

Une augmentation intervient ensuite dans les horizons d'accumulation caractérisés par une quantité importante d'argile fine contenant essentiellement des minéraux gonflants.

On observe dans le sol à tendance planosolique une valeur pratiquement constante de la capacité d'échange en profondeur.

Les plages dégradées des horizons A & B de ces sols possèdent une capacité d'échange intermédiaire entre le A<sub>2</sub> et le Bt qui traduit naturellement le processus d'altération en cours. Les revêtements, quant à eux, contiennent des minéraux relativement altérés, et leur C. E. C. reflète la teneur moins importante en argile fine par rapport à la "matrice" des horizons Bt, elle est donc légèrement inférieure à celle des niveaux correspondants de prélèvement.

Les données concernant la capacité d'échange cationique de l'argile que nous venons de présenter sont en très bonne concordance avec les résultats de la détermination des surfaces spécifiques que nous avons exposés en quatrième partie, et nous allons voir maintenant comment elles sont justifiées par l'évolution des minéraux argileux.

## 5.25. EVOLUTION MINÉRALOGIQUE

A partir des données présentées dans les différents chapitres des deux parties précédentes de ce travail nous allons tenter d'effectuer une synthèse sur l'évolution des minéraux argileux en fonction du degré de développement des sols.

Les résultats des déterminations minéralogiques ont été fournis et commentés dans le chapitre 3.32. : caractérisation générale des matériaux limoneux, dans le chapitre traitant des paléosols : 3.4., dans le chapitre 3.5. qui traite de l'altération des loess et de la "lehmification", dans le chapitre 4.3. qui donne la caractérisation détaillée des profils types, et enfin dans le chapitre 4.43. qui concerne les échantillons particuliers liés aux processus d'illuviation.

Les matériaux loessiques originaux comportent tous comme nous l'avons vu des minéraux du type kaolinite et illite en proportions variables.

La présence de chlorite a été décalée d'une manière assez générale dans les limons picards ainsi que dans ceux du centre du Soissonnais.

La vermiculite caractérise d'autre part une grande partie des loess récents de couverture, tandis que des minéraux gonflants sont pratiquement présents partout en plus ou moins grande quantité.

Une certaine proportion de quartz se retrouve naturellement dans la fraction inférieure à 2 microns de tous ces matériaux, ainsi que parfois quelques traces de feldspaths.

Nous avons pu mettre en évidence la répartition de certaines dominances régionales (3.32.).

L'étude de l'altération en place de loess typiques (3.5.) nous a montré que seule une certaine modification des minéraux illitiques par "ouverture" des feuillets semblait intervenir, ainsi qu'éventuellement l'apparition de minéraux gonflants assez mal différenciés au niveau du front de décarbonatation.

Les sols bruns, les sols bruns lessivés et les sols lessivés, ces deux derniers soumis aux processus d'illuviation primaire, présentent une composition minéralogique en relation d'une part avec la nature des matériaux originels : héritages, d'autre part avec le degré d'évolution : transformations.

Nous trouvons systématiquement du quartz, de la kaolinite, de l'illite, des illites "ouvertes" et des minéraux du type gonflants, montmorillonitiques.

Certains d'entre eux, développés dans une couverture typiquement récente font apparaître également de la vermiculite (4.3. : CR47).

D'autres contiennent de la chlorite héritée, essentiellement en Picardie (4.3. : EN3), parfois en association avec de la vermiculite.

Des traces de feldspaths peuvent s'observer dans la fraction argileuse de certains de ces sols.

L'observation horizon par horizon nous a permis de faire un certain nombre d'interprétations.

- Dans les sols bruns, la teneur en minéraux 2/1 ouverts est plus élevée dans le solum que dans l'horizon C, ce qui confirme nos résultats des séquences d'altération (3.5.) et caractérise vraisemblablement le développement de l'horizon (B).

Ce phénomène se présente également dans les sols bruns lessivés et les sols lessivés où nous l'observons de la façon la plus nette dans l'horizon B<sub>2t</sub>. Au demeurant, le processus typique de ces sols est le "lessivage de l'argile".

Au chapitre 4.43. nous avons exposé les résultats des déterminations effectuées sur des revêtements argileux : minéraux relativement peu organisés dans les premiers stades d'évolution, ensuite différence assez sensible entre les fractions d'argile fine (0-0,2 microns) et d'argile grossière (0,2-2 microns).

La fraction fine contient essentiellement des minéraux plus ou moins gonflants, associés à des illites ouvertes et à de très faibles quantités d'illite, de kaolinite et parfois de quartz.

La fraction grossière comporte en revanche des quantités nettement plus importantes de minéraux assez bien différenciés : illite - kaolinite - et quartz, accompagnés d'intergrades partiellement gonflants.

La quantité d'argile fine particulièrement élevée dans ce type de revêtement pourrait donc expliquer la variation observée entre les horizons du solum.

En effet, l'horizon A<sub>2</sub> contient plus de kaolinite et d'illite que les horizons sous-jacents, tandis que les horizons B<sub>t</sub> paraissent nettement plus riches en minéraux gonflants du type montmorillonite.

Il faut cependant remarquer que dans les sols lessivés à B<sub>t</sub> "tacheté" où des processus d'altération affectent localement les faces des agrégats de cet horizon, on note une plus grande abondance de minéraux intergrades gonflants mal différenciés (4.3. : LAON 1).

- Dans un stade plus avancé, en milieu désaturé mais encore relativement bien aéré, les taches de dégradation ainsi que l'horizon A<sub>2</sub> reflètent déjà sur le plan minéralogique une tendance à l'évolution typique des sols dégradés ou glossiques. Il s'agit donc de sols légèrement dégradés, ou en voie de dégradation.



Quartz, kaolinite, illite et intergrades gonflants sont présents dans pratiquement tous les horizons, avec les dominances que nous venons de citer pour les stades précédents de l'illuviation. Un peu de chlorite héritée peut être décelée dans certains sols (4.3. : V.10).

Les horizons Bt présentent donc des teneurs en minéraux gonflants plus importantes, tandis que la kaolinite et l'illite sont mieux représentées dans la partie supérieure du solum.

Dans l'horizon A<sub>2</sub> et dans les plages blanchies de la partie supérieure du Bt apparaissent des minéraux du type intergrades alumineux (4.3. : V. 10 - Ep. 3).

La fraction argileuse fine des plages dégradées contient essentiellement des minéraux gonflants, tandis que la fraction grossière contient du quartz, de la kaolinite, de l'illite, des minéraux intergrades gonflants et de la vermiculite Al.

A ce stade, la composition des revêtements argileux localisés au niveau de la base du Bt reste très voisine de celle des stades précédents, la teneur en minéraux gonflants étant toujours supérieure dans la fraction fine.

- Les sols modérément à fortement dégradés, "glossiques", et à pseudogley, ainsi que les sols "planosoliques", présentent une évolution minéralogique particulière, liée à la libération de quantités plus ou moins importantes de certaines formes de composés alumineux en milieu acide et réducteur.

Tous contiennent dans la fraction fine du quartz, de la kaolinite, des minéraux illitiques et des minéraux gonflants, en proportions variables selon les niveaux considérés du sol.

Nous avons pu montrer que le processus de "dégradation" engendre la formation de minéraux argileux du type "intergrades alumineux" (4.3.), il s'agit d'une évolution des minéraux illitiques par ouverture des feuillets et intercalation de composés alumineux dans les espaces interfoliaires.

Plusieurs degrés dans l'intensité des phénomènes ont d'ailleurs pu être mis en évidence au cours de l'évolution : -fermeture difficile des minéraux après traitement K - apparition, ensuite, d'intergrades alumineux du type vermiculite Al - formation, enfin, d'une véritable chlorite secondaire.

Naturellement, ces formes minérales apparaissent plus spécialement dans la partie supérieure du solum, ainsi que dans certains produits d'illuviation.

Un caractère quasi-général est tout d'abord l'accumulation relative et progressive de quartz et de kaolinite de bas en haut du profil, ce qui découle en premier lieu de la résistance de ces deux types de minéraux, et correspond d'autre part à l'altération plus ou moins importante et au déplacement préférentiel des autres types d'argile.

Les sols modérément dégradés (4.3. : C. T. 11 - Ml. 15) présentent plus de quartz, de kaolinite et d'illite dans le A<sub>2</sub> que dans les horizons Bt, où par contre les minéraux gonflants sont mieux représentés.

De la vermiculite alumineuse apparaît essentiellement dans l'horizon A<sub>2</sub>, de manière plus ou moins nette.

Les sols fortement dégradés (4.3 : M1. 32 - M1. 31), ou à tendance "planosolique" (4.3. : C. T. 22), présentent une intensification des phénomènes avec évolution vers la chloritisation secondaire.

L'horizon A<sub>2</sub> contient de la vermiculite Al de manière importante, qui peut être considérée franchement comme de la chlorite secondaire dans certains cas.

L'horizon Bt contient de la vermiculite Al en quantité notable, ce qui correspond à une dégradation plus avancée.

Les zones dégradées de l'horizon A & B, ainsi que la partie supérieure des langues montrent dans l'argile fine une dominance de minéraux gonflants ; la fraction grossière contient une quantité moindre de ces minéraux, de l'illite, de la kaolinite, beaucoup de quartz, ainsi que des intergrades alumineux du type vermiculite Al ou même chlorite secondaire dans les cas les plus évolués (4.43.).

Les revêtements typiques de ces sols, issus d'une illuviation secondaire, en milieu hydromorphe sont particuliers. La fraction argileuse fine contient essentiellement des minéraux gonflants, associés à des quantités très faibles d'illite, de kaolinite et de quartz. Les minéraux gonflants sont nettement moins représentés dans la fraction grossière, où l'illite et la kaolinite sont présents, avec le quartz en quantité importante et la vermiculite alumineuse en quantité variable selon le degré d'évolution du sol.

Indépendamment des sols de la séquence que nous venons de décrire, d'autres sols, du type polygéniques, sont développés dans la superposition de deux matériaux, ou dans des formations ayant subi une altération ou une évolution pédogénétique importante antérieurement à leur mise en place actuelle.

Les premiers (4.3. : H. 16) présentent assez peu de différences dans la partie supérieure du solum par rapport aux sols développés sur les formations récentes, tandis que les niveaux enfouis sont généralement plus riches en minéraux gonflants.

Les autres (4.3. : L.F. 6 - H. 55) présentent relativement rapidement des phénomènes de dégradation analogues à ceux observés dans les sols "glossiques" hydromorphes que nous avons décrits : apparition de minéraux intergrades du type vermiculite alumineuse dans le haut du profil, au niveau de la partie supérieure de l'horizon Bt et dans les plages de dégradation, accumulation relative de kaolinite et de minéraux illitiques dans la partie supérieure du solum.

En ce qui concerne les paléosols typiques, enfouis sous des couvertures plus récentes, nous avons vu (3.4.) que les paléosols du cycle du loess récent contiennent, à côté du quartz, de la kaolinite et de l'illite, une certaine quantité de vermiculite, alors que la teneur en argile gonflante est de plus en plus importante avec l'ancienneté du sol.

Les interprétations que nous venons de faire des résultats des déterminations minéralogiques effectuées sur les fractions argileuses des sols limoneux étudiés rejoignent donc certaines conceptions de Jackson et al. (1948-1952-1963), Millot et al. (1962-1966), De Coninck et al. (1968), Bullock (1968), Pedro (1969).

En conclusion, et d'une manière générale, nous pouvons dire que des transformations relativement nettes affectent ou ont affecté les minéraux argileux des matériaux limoneux loessiques au cours de leur évolution sous les conditions climatiques des différentes époques du quaternaire, ainsi qu'actuellement sous notre climat tempéré humide, sans cependant avoir provoqué une attaque des feuilletés constitutifs.

Nous reprendrons dans le chapitre suivant les principaux points que nous venons de souligner pour les mettre en relation avec les autres caractères observés, ceci afin de tenter une définition des différents processus de la pédogenèse qui sont intervenus dans la séquence évolutive étudiée.

\*

\*

\*

### 5.3. LES PROCESSUS D'ÉVOLUTION DANS LA SÉQUENCE

---

Chacun des stades d'évolution que nous avons eu la possibilité de mettre en évidence possède des caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques bien particulières, et ces données en permettent donc une définition pédologique assez précise.

Les différents processus d'altération et d'évolution qui paraissent intervenir dans une séquence évolutive sur matériaux limoneux loessiques sont les phénomènes d'*altération des minéraux primaires, d'éluviation / illuviation, et de dégradation des minéraux secondaires.*

- L'altération minéralogique primaire caractérise essentiellement la phase de "lehmification" ainsi que l'évolution pédologique jusqu'au stade sol brun, mais se poursuit cependant vraisemblablement dans les stades ultérieurs.

- On constate tout d'abord une phase de *décarbonatation* du matériau qui s'individualise nettement par suite de la dissolution rapide des carbonates par rapport à l'évolution géochimique des silicates.

- Ensuite, une augmentation de la teneur en argile granulométrique intervient, sans que des phénomènes de déplacement importants soient observables. Il s'agit donc là d'une véritable "*argilification*" vraisemblablement issue de phénomènes d'altération en place. Il n'y a d'ailleurs que très peu de répartition préférentielle des colloïdes argileux dans la masse, et ce caractère est particulièrement bien observable sur le plan micromorphologique. Il est bien évident que si le matériau n'est pas calcaire à l'origine, cette phase peut constituer le stade initial de la séquence.

- Le matériau se structure progressivement avec différenciation tout d'abord de micro-agrégats dans la masse, caractéristiques à l'échelon microscopique, ensuite de macro-agrégats particulièrement bien développés à un certain niveau du solum ; un horizon (B) d'altération ou de structure s'exprime de plus en plus nettement.

- Le lessivage, processus d'*éluviation / illuviation* intervient ensuite. Par désaturation du complexe absorbant apparaissent progressivement des conditions favorables au déplacement de constituants sous forme colloïdales avec concentration et dépôts dans des couches sous-jacentes, essentiellement sous forme d'enrobements autour des agrégats structuraux.

L'ensemble des processus d'argilification jusqu'à l'illuviation incluse représente vraisemblablement ce qui a généralement été repris sous l'appellation de "*lehmification*".

- Les processus de *dégradation* s'appliquent aux stades les plus avancés d'évolution des matériaux limoneux récents, et paraissent caractériser d'autre part le type de développement pédogénétique de matériaux plus anciens observés actuellement en surface.

Cette dégradation des sols lessivés est indiquée tout d'abord par la "dissolution" de la partie supérieure de l'horizon Bt, liée d'une part à l'existence d'une faible capacité d'échange, d'autre part à la libération de quantités appréciables d'aluminium, phénomènes qui impliquent une altération des argiles. On assiste à une remobilisation des colloïdes argileux qui subissent une nouvelle illuviation en profondeur. Ce stade serait celui d'une véritable "délehmification" (Manil, 1956 - De Coninck, 1968).

De l'étude de cette séquence d'évolution, et de l'observation de nombreux sols anciens développés dans des limons pléistocènes profonds, il ressort que dans la majorité des cas les caractères d'*hydromorphie* parfois très marqués que l'on y observe résultent d'un processus *secondaire* par rapport aux phénomènes d'évolution par illuviation proprement dits.

L'action de cet excès d'eau, à caractère alternatif, semble cependant favoriser très nettement une dégradation encore plus rapide des sols.

Nous allons tenter de préciser comment s'organisent les actions de ces grandes tendances, de manière à introduire quelques hypothèses concernant la nature des différents processus ou mécanismes de la pédogenèse intervenant dans l'élaboration de la séquence étudiée.

L'évolution des principaux paramètres ayant été exposés aux chapitres précédents, nous ne reprendrons ici que les points essentiels, en schématisant les interactions les plus marquées pour les différents critères d'évolution pédogénétique.

### LES CRITERES D'EVOLUTION.

Nous présentons dans les tableaux ci-dessous, sous forme *schématique*, d'une part la succession des types de développement, d'autre part la variation des éléments fondamentaux de la pédogenèse.

Les types de sols suivants sont représentés :

- Sol brun calcaire ou calcique : SBC
- Sol brun : SB
- Sol brun faiblement lessivé : SBFL
- Sol brun lessivé : SRL

- Sol lessivé : SL
- Sol lessivé en voie de dégradation : SL(D)
- Sol lessivé glossique hydromorphe : SLGH
- Sol lessivé à tendance planosolique : SLGP

Les sols lessivés acides des Ardennes, qui se différencient assez nettement de la séquence théorique, seront traités en fin de chapitre.

Les éléments d'interprétation suivants seront discutés :

- Complexe absorbant
- Distribution des argiles
- Importance de l'hydromorphie
- Comportement de l'Aluminium
- Comportement du Fer
- Evolution des minéraux argileux.

L'importance de certaines variations au sein du solum nous a amené à représenter séparément le comportement de quelques éléments dans les horizons de surface et dans les horizons profonds (tableau Horizons superficiels - Horizons profonds).

Nous analyserons successivement ces schémas en fonction de l'évolution des paramètres, ensuite de leurs interactions.

### Complexe absorbant.

Après une décarbonatation affectant tout d'abord les couches superficielles, ensuite les niveaux profonds, jusqu'au stade **SB**, on constate une désaturation progressive du complexe absorbant. L'Aluminium échangeable apparaît sur le complexe dès le stade **SL**, particulièrement dans l'horizon  $A_2$ , où il est accompagné d'H échangeable. Au demeurant, ceci correspond à la variation la plus importante enregistrée pour les valeurs du pH.

La désaturation se marque aux dépens de Ca et Mg, tandis qu'on observe une augmentation relative de K, peut-être due à des phénomènes d'altération.

Une aluminisation de plus en plus marquée du complexe intervient ensuite dans les stades ultérieurs, particulièrement au niveau des horizons en voie de dégradation.

### Distribution des argiles.

Après l'"argilification" des tous premiers stades d'évolution, où on assiste à un enrichissement en argile fine, les mécanismes de lessivage provoquent le déplacement de complexes argileux riches en fer. Il s'agit de l'illuviation "primaire". En un premier temps ce sont essentiellement les argiles fines qui migrent, et ce jusqu'au stade que nous avons défini *SL*, où une certaine proportion d'argiles plus grossières se déplace également.

Dès le stade *SL(D)*, une migration de produits déferrisés intervient, constituée des deux types d'argiles. Nous avons affaire là à l'illuviation dite "secondaire" en milieu acide et hydromorphe.

### Hydromorphie.

Les caractères d'engorgement, d'oxydo-réduction et d'hydromorphie proprement dite apparaissent, en relation comme nous l'avons vu avec l'évolution des caractéristiques physiques, essentiellement au cours du stade *SL(D)* pour prendre de plus en plus d'ampleur par la suite.

Ces phénomènes sont donc "remontants" dans le solum comme le second schéma nous le montre.

### Comportement de l'Aluminium.

Une libération modérée de Al sous forme libre intervient dès la transition *SBL/SL*, qui s'intensifie progressivement dans les stades ultérieurs. La mobilisation de cette forme est pratiquement immédiate, et sa migration se surimpose à la différenciation texturale du profil.

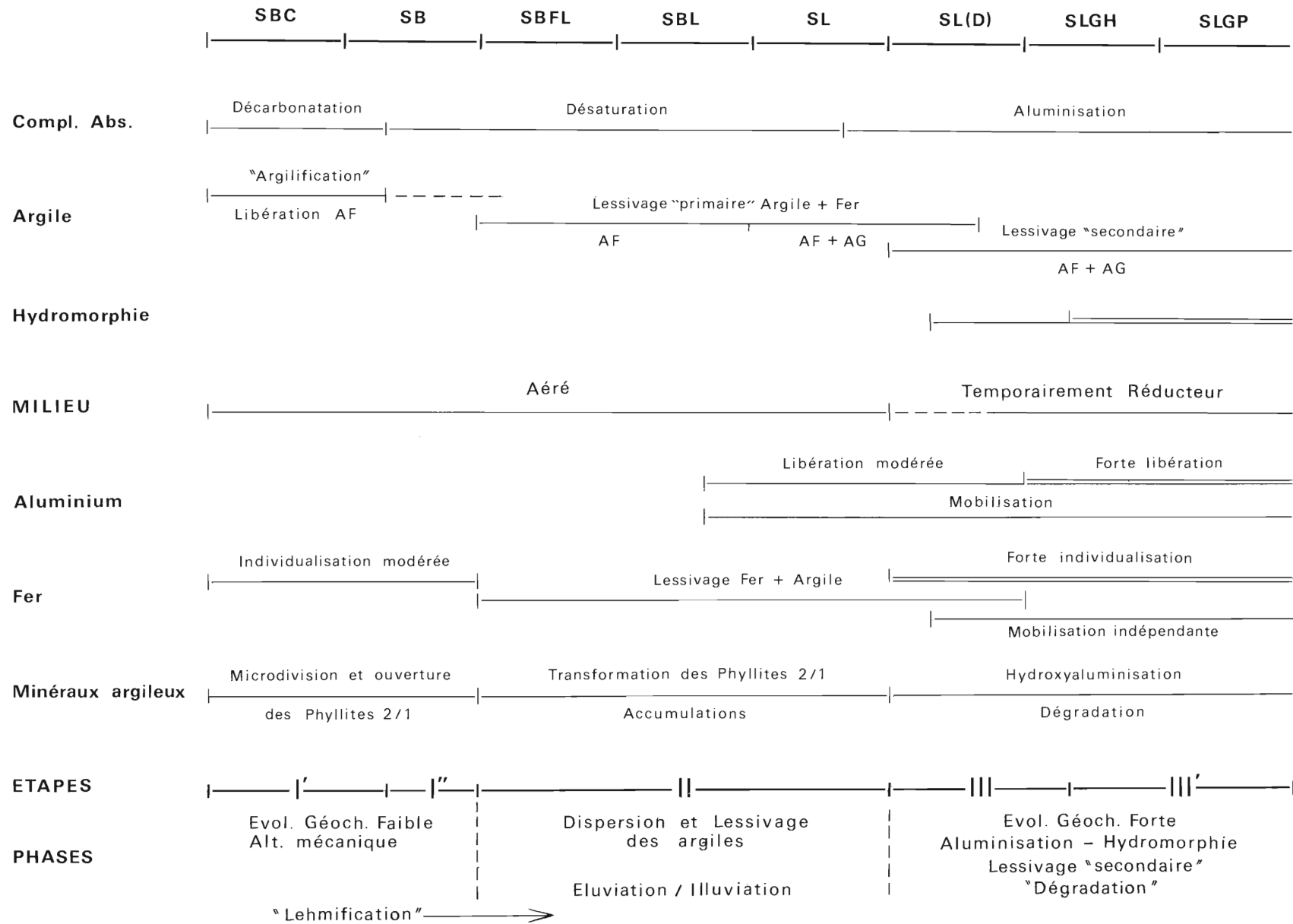
On constate qu'une libération importante d'Al dans la partie supérieure du solum apparaît avant la recrudescence de l'individualisation et de la mobilisation de Fe. Le comportement de Al semble donc relativement autonome par rapport aux phénomènes de lessivage proprement dits.

### Comportement du fer.

Après une individualisation modérée dans les premiers stades d'évolution, l'illuviation de complexes argilo-ferriques caractérise une phase de développement en milieu aéré, avec accumulation au niveau de l'horizon argillique. La variation du rapport Fer libre / Fer HCl permet d'entrevoir certaines transformations par altération et réorganisation au sein de cet horizon au cours de cette phase. Une évolution plus agressive intervient à partir de *SL(D)*, avec individualisation importante de fer dans les horizons supérieurs. Une dissociation entre le fer et l'argile apparaît au cours de ce stade pour s'intensifier ensuite dans les stades suivants, sous l'influence de conditions réductrices.

Les produits de déplacements en milieu aéré présentent une teneur en fer libre rapportée à l'argile moyenne de 4 à 5, tandis que ceux liés à un milieu réducteur, déferrisés, sont caractérisés par une valeur de 1 environ.

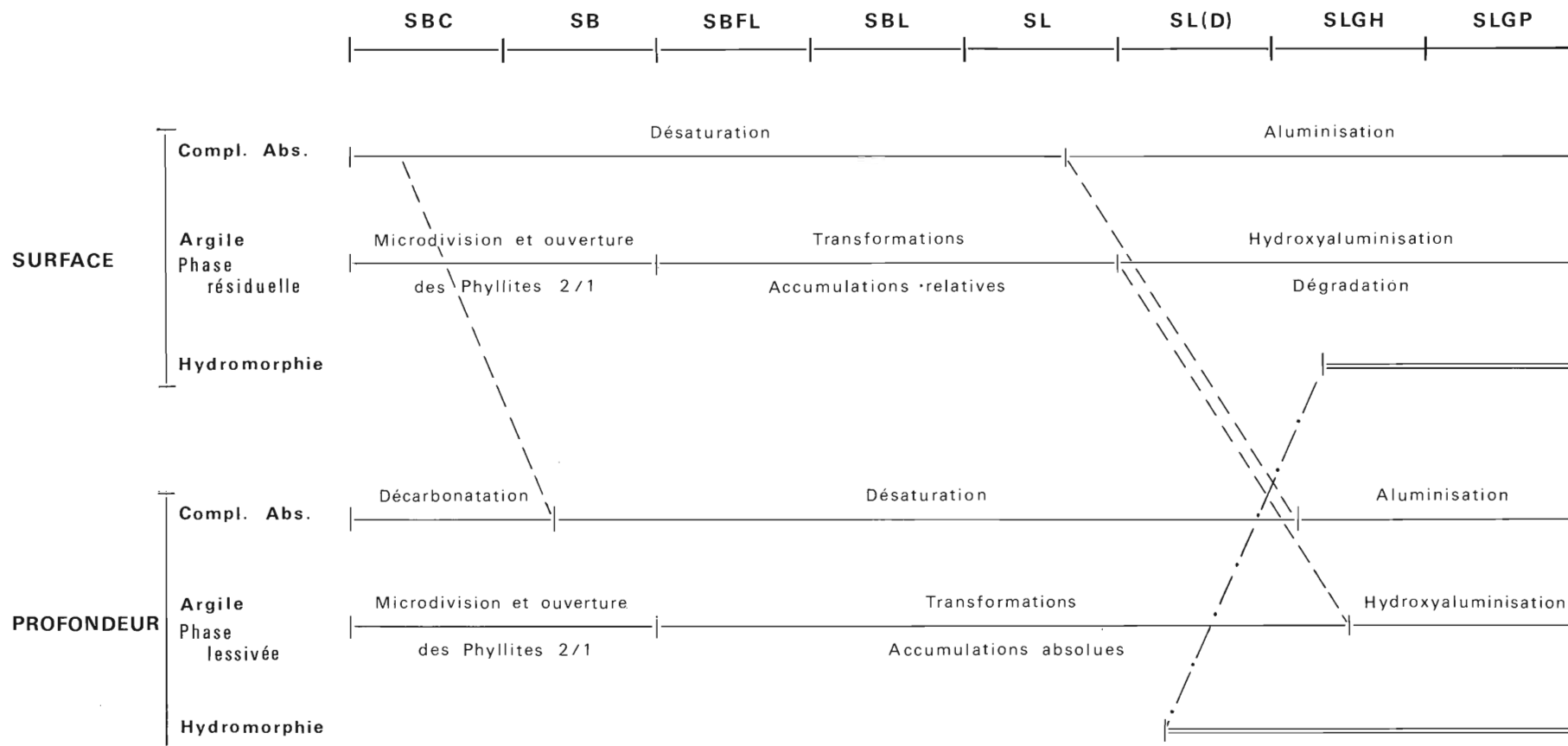
# CARACTERISATION DES PROCESSUS D'EVOLUTION







## HORIZONS SUPERFICIELS – HORIZONS PROFONDS





### Evolution des minéraux argileux.

L'évolution dominante qui se manifeste en début de séquence est celle d'une ouverture des minéraux 2/1.

Des transformations interviennent ensuite ; apparition de minéraux intermédiaires et variations dans les proportions relatives par des phénomènes de déplacements préférentiels. On constate une accumulation relative des argiles kaoliniques et du quartz dans le haut des profils, et une accumulation absolue de minéraux gonflants au niveau des horizons argilliques. Ce mécanisme justifie une première variation enregistrée dans la capacité d'échange cationique de la fraction argileuse.

A partir de la transition *SL / SL(D)* interviennent les processus d'aluminisation des minéraux intergrades. Cet effet "antigibbsite" affecte essentiellement et tout d'abord les horizons de "dégradation", avec possibilité de genèse de chlorites secondaires, pour atteindre les horizons plus profonds dans les stades les plus développés. Cette évolution est par ailleurs confirmée par la variation importante de la capacité d'échange de l'argile.

Enfin, nous avons vu qu'au travers de notre séquence, une évolution biodynamique importante se dégageait : remontée de la frange d'activité biologique dominante et passage progressif d'humus du type mull à des humus du type moder, ce qui implique une variation importante dans la nature de la matière organique.

### INTERPRETATION GENERALE.

De l'analyse que nous venons de faire nous pouvons déduire, dans un premier temps, l'importance d'une distinction fondamentale sur la nature de l'évolution en fonction des conditions de *milieu* :

- évolution en milieu *aéré*,
- évolution en milieu *temporairement réducteur*.

La variation de la saturation du complexe absorbant, reflet des conditions d'acidité, permet de dissocier au sein du premier ensemble une évolution d'une part en milieu calcique ou saturé, d'autre part en milieu à désaturation progressive ; la désaturation étant par ailleurs toujours assez marquée dans le second.

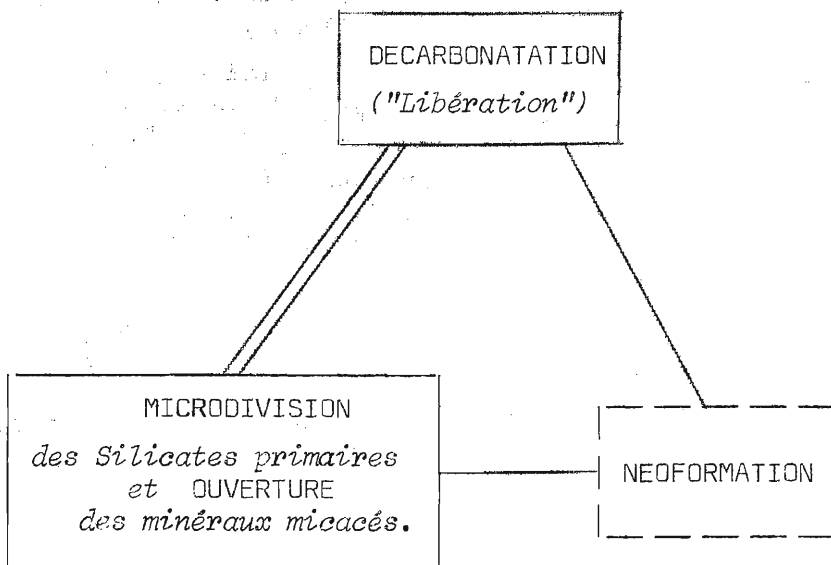
Dans un deuxième temps, il est possible de distinguer plusieurs *étapes*, compte tenu de l'influence de facteurs intrinsèques dominants, se regroupant en phases d'évolution essentielles.

Nous distinguerons trois *phases* principales qui peuvent se caractériser de la façon suivante.

I. - Altération mécanique associée à une évolution géochimique faible, en milieu saturé.

Une subdivision en deux étapes apparaît indispensable, dissociant la *Décarbonatation* (I') de ce que l'on pourrait appeler "*Brunification*" normale (I").

Cette première phase peut se schématiser comme suit :



Nous avons vu que la décarbonatation permettait la libération d'une certaine quantité d'argile fine, tandis qu'une altération mécanique par fractionnement amenait, associée à de faibles néoformations, une augmentation du taux d'argile granulométrique.

Les deux grands aspects de l'altération (Pédro, 1968) sont donc représentés ici : - désagrégation physique - décomposition chimique. Cette dernière serait naturellement du type hydrolytique et correspondrait à une bisiallisation faible du point de vue cristalochimique.

En ce qui concerne les minéraux secondaires, on assiste à une évolution limitée, par ouverture des phyllites 2/1.

Rappelons que ces notions correspondent sensiblement à celles avancées par Scheffer et al. (1960-1966).

Enfin, une individualisation in situ du fer intervient, ce phénomène apparaissant d'importance modérée.

II. - Différenciation du profil par les mécanismes de lessivage, associée à une évolution géochimique faible.

Les phénomènes d'*Eluviation* / *Illuviation* caractérisent cette phase, par dispersion et lessivage des argiles en milieu progressivement désaturé.

Ces déplacements affectent pratiquement exclusivement des constituants argilo-ferriques, et correspondent au lessivage "primaire". Il s'agit

du premier type de lessivage selon *Manil* (1962), caractérisant pour *Duchaufour* (1966) les sols lessivés mésotrophes lorsqu'il n'y a pas d'Al libre, et oligotrophes lorsque ce dernier est présent.

Une certaine libération d'Aluminium intervient donc, cet élément se présentant tout d'abord sous une forme libre et, avec l'augmentation de l'acidité, sous forme échangeable.

L'évolution des minéraux argileux se traduit d'une part par une transformation des phyllites 2/1 par ouverture des feuillets et tendance à la vermiculitisation (*Jackson*, 1948-1963 - *Millot*, 1964-1968 - *Pédro*, 1964-1968 - *Robert*, 1970), d'autre part par une modification progressive dans les proportions des différents types de minéraux du fait des migrations préférentielles.

La "*Lehmification*", comme nous l'avons vu, pourrait correspondre à la phase I ou aux phases I et II.

### III. - Evolution géochimique forte en milieu désaturé et réducteur, associée à un lessivage secondaire.

Cette phase, correspondant à la dégradation des sols lessivés, est dominée par la dynamique de l'Aluminium : libération par altération, participation au complexe absorbant, répartition dans le solum compte tenu de la différenciation préalable induite par le lessivage (*Duchaufour*, 1964), intervention dans la transformation des minéraux argileux.

Celle du fer est également très importante : forte individualisation, dissociation par rapport à l'argile (*Gebhardt*, 1964 - *Zonn*, 1968), mobilisation indépendante et redistribution sous l'influence du milieu temporairement réducteur.

Une remobilisation des argiles déferrisées intervient, provoquant une "dégradation" de l'horizon argillique, et permettant une nouvelle illuviation dite "secondaire" ou hydromorphe (*De Coninck*, 1968).

Il n'est pas impossible qu'une partie des argiles ainsi déplacées, ou des produits d'altération éventuellement libérés, soit partiellement exportée hors du solum (*Duchaufour* et al., 1967 - *Bullock*, 1968).

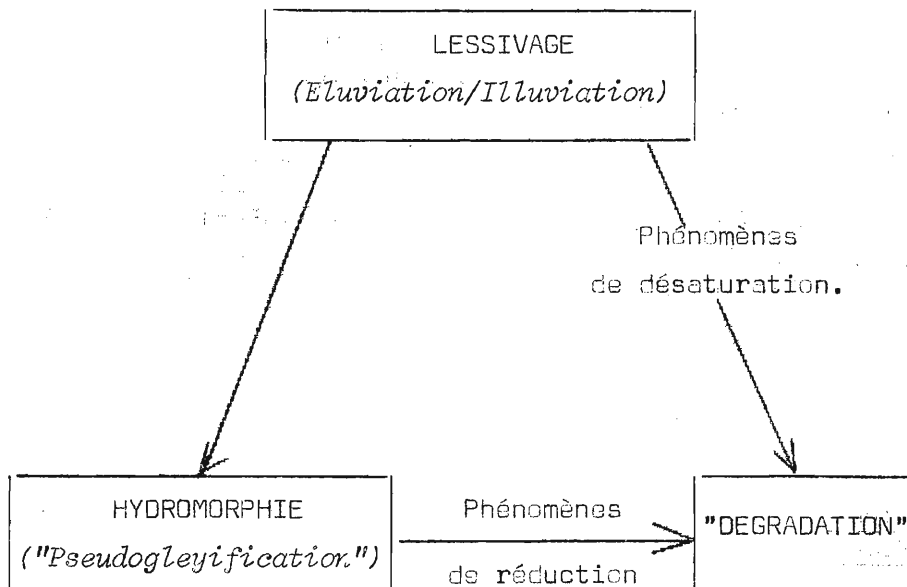
Nous sommes donc en présence d'un deuxième type de lessivage (*Manil*, 1962), qui pourrait partiellement correspondre aux sols lessivés podzoliques à pseudogley de *Duchaufour* (1966).

Au sein de cette phase, l'étape III' correspond à une hydromorphie importante affectant les horizons supérieurs du solum.

L'évolution des minéraux argileux est très caractéristique. En conditions d'acidolyse moyenne (*Pédro*, 1968 - *Robert*, 1970), une redistribution de l'aluminium provoque l'"hydroxyaluminisation" des couches interfoliaires avec apparition de minéraux de transformation du type intergrades Al et chlorites secondaires. Il s'agit, comme nous l'avons vu plus haut, de l'effet "antigibbsite" de *Jackson* (1963).

Ces résultats confirment et complètent ceux de *De Coninck* (1968) et *Bullock* (1968).

Les faits principaux des phases II et III peuvent se schématiser comme suit, compte tenu de leurs interactions.



Les relations entre les trois mécanismes représentés soulignent clairement les interférences qui interviennent dans les sols les plus évolués, et qui posent un problème important pour une systématique génétique des sols (Manil, Van den Broek et al., 1969).

Les grands processus pédogénétiques affectant les sols sous climat tempéré humide sont généralement considérés comme les suivants : "Brunification" - "Lessivage" - "Podzolisation" (Duchaufour, 1968).

L'action de ces processus peut naturellement présenter d'assez grandes variations en fonction de la nature des matériaux originaux auxquels ils s'appliquent.

Dans la séquence que nous avons étudiée, nous avons pu mettre en évidence les interventions successives ou simultanées de mécanismes qui se rattachent à un ou plusieurs des processus cités, et nous venons par ailleurs de voir que des interactions importantes peuvent se présenter.

Ces mécanismes qui interviennent dans une *séquence d'évolution progressive théorique sur matériaux limoneux loessiques*, sont donc les suivants :

- Décarbonatation - Argilification
- Désaturation
- Lessivage "primaire"
- Hydromorphie
- Lessivage "secondaire" - Aluminiisation
- "Dégradation".

Nous pensons qu'au fur et à mesure de l'augmentation de nos connaissances il deviendra difficile de ne pas dissocier les grands processus classiques en un nombre plus important de "tendances" permettant de mieux cerner les possibilités d'évolution des différents sols compte tenu des conditions de milieu qui régissent leur développement.

Les sols lessivés acides des Ardennes, plus ou moins dégradés et à pseudogley, nous ont paru difficiles à inclure dans notre séquence théorique. Leur évolution n'a en effet vraisemblablement pas débuté à partir d'un matériau originel analogue aux autres que nous avons traités, mais dans des dépôts relativement altérés et probablement passablement acides.

Cette faible saturation, ou acidité, initiale, pourrait avoir provoqué une aluminisation pratiquement immédiate, qui, par l'intermédiaire ensuite d'une végétation forestière continue, n'aurait permis qu'un lessivage relativement faible dans certaines conditions (*Duchaufour et Souchier, 1969*).

Quoiqu'il en soit, leur comportement actuel correspond grossièrement à l'étape évolutive III de notre séquence : dégradation de la fraction minérale et hydromorphie.

De cette analyse des processus on peut déduire que la pédogenèse quaternaire sous notre climat ne semble pas avoir permis, sur matériaux limoneux loessiques, une évolution géochimique importante au cours de la phase primaire de l'altération, mais que, par contre, celle correspondant à la dégradation des minéraux secondaires est très nette.

Au demeurant, en ce qui concerne l'évolution minéralogique, il faut enregistrer la stabilité des édifices 2/1 sous les conditions climatiques du quaternaire dans la région étudiée, seules des transformations étant intervenues.

Les deux phases d'évolution géochimique que nous venons d'évoquer encadrent des processus d'éluviation / illuviation très importants et fondamentaux pour la différenciation des profils de sols.

Ce que nous venons d'exposer a déjà été appréhendé par d'autres auteurs antérieurement, mais nous pensons que notre travail apporte d'une part la confirmation tangible de certaines hypothèses, d'autre part, des éléments nouveaux dans la connaissance de la dynamique de l'évolution, enfin la possibilité d'intégrer l'ensemble des processus dans un système cohérent ; il constitue une base d'interprétation solide, compte tenu d'un fond d'observation très vaste ayant fait l'objet d'une analyse relativement fouillée.





- C O N C L U S I O N S   G E N E R A L E S   -

-----



Nous avons donc essayé dans ce travail d'étudier de manière détaillée les sols développés sur *limon loessique* dans le nord du Bassin de Paris, afin d'en déduire un maximum de données concernant les processus de leur pédogenèse.

Sans trop nous répéter, nous allons rappeler les quelques éléments essentiels qui ont été à l'origine de la recherche, avant d'en mettre en évidence la portée et les possibilités de généralisation des résultats.

La base de notre travail a été l'étude des sols dans leur contexte paysagique, et nous avons mis l'accent sur les unités écologiques constituées par les différentes régions naturelles. L'option retenue a donc été, dans un premier temps, celle d'une étude de géographie pédologique au sens large, dans un domaine naturel bien déterminé. Une cartographie détaillée nous a montré l'importance des facteurs de répartition des sols par rapport au modelé, ainsi que celle des liaisons entre unités voisines.

Il était donc nécessaire de présenter les résultats de la prospection d'un grand territoire ; c'est ce que nous avons fait dans les deux premières parties du travail. Cet inventaire nous a fait prendre conscience de différents problèmes à résoudre, liés au matériau loess, aux relations possibles entre les divers stades d'évolution observés, aux processus de la pédogenèse.

Une étude détaillée de la couverture loessique de la région, traitée en troisième partie, nous a permis de définir avec une précision suffisante les principales caractéristiques du matériau originel limoneux.

Les deux dernières parties présentent l'essentiel de notre recherche sur la pédogenèse des sols sur loess.

Nous avons désiré utiliser une démarche de recherche faisant appel à la dynamique des processus évolutifs, et pour ce faire nous avons travaillé dans le cadre d'une *séquence évolutive* théorique, compte tenu naturellement de certaines restrictions dans les possibilités d'interprétation, du fait de différences dans la nature, le mode de mise en place ou l'ancienneté des matériaux originels.

Nous avons pu définir les caractères distinctifs dominants des principaux *stades d'évolution* successifs d'une séquence progressive théorique sur matériaux limoneux, allant du *sol brun calcique*, ou du *sol brun* au *sol lessivé glossique hydromorphe*.

L'analyse des variations montrées par de nombreux critères génétiques nous a permis de préciser l'intervention de différents *processus* de la *pédogenèse* et d'améliorer ainsi nos connaissances sur les mécanismes mis en cause.

Ces processus sont les suivants, dans l'ordre de leur apparition dans la séquence : *Décarbonatation* - *Argilification* - *Décalcification* - *Désaturation* - *Lessivage* : éluviation/illuviation, tout d'abord en milieu aéré et modérément acide, ensuite en milieu plus acide et réducteur - *Hydromorphie* - "*Dégradation*".

Les mécanismes liés à ces processus s'organisent en trois phases d'intervention essentielles :

- *Altération mécanique*, associée à une *évolution géochimique faible*.
- *Différenciation du profil par le lessivage*, associée à une *évolution géochimique faible*.
- *Evolution géochimique forte*, associée à un *lessivage secondaire*.

Les actions peuvent donc être soit *successives*, caractérisées par des enchaînements, soit partiellement *simultanées*.

La séquence que nous avons mise en évidence est une suite évolutive *chronologique* idéale, faisant essentiellement appel au facteur temps, régionale, et essentiellement valable sous climat tempéré humide.

Il est évident que des variations très importantes peuvent être apportées dans la nature et la succession des stades selon le type de climat.

Les modifications peuvent porter sur plusieurs mécanismes : facilité de décarbonatation, rapidité et intensité de l'altération, du lessivage, apparition de phénomènes de rubéfaction, variations dans l'évolution de la matière organique.

Les matériaux subissant l'action d'agents génétiques participant à un climat du type méditerranéen présentent généralement des phénomènes de rubéfaction plus ou moins intenses selon les conditions locales : les fluctuations saisonnières assez accentuées permettent l'entraînement en profondeur de particules limoneuses fines et provoquent des phénomènes alternatifs de retrait assez marqués. Une structuration particulièrement développée des matériaux limoneux y est souvent assez caractéristique, avec des horizons Bt très différenciés.

Sous climat continental assez sec, à contrastes marqués, apparaissent des sols du type chernozem caractérisés par une évolution particulière de la matière organique, ainsi que par l'influence d'une très intense activité biologique.

Une séquence *climatique* est celle mise en évidence en Autriche par Fink (1956), où dans la zone d'extension du loess, trois secteurs climatiques sont caractérisés par trois types de sols paraissant en équilibre avec les conditions du milieu : le chernozem, le sol brun et le sol brun lessivé apparaissant respectivement d'est en ouest.

D'autre part, des études ont montré que dans la zone d'extension d'un manteau de loess, une certaine variation dans la composition de ce matériau était enregistrée lorsque l'on effectuait une série continue d'observations suivant la direction du dépôt à partir de son origine probable (Smith, 1942 - Springer, 1952 - Simonson 1952). Ces travaux ont prouvé que l'épaisseur

du manteau diminuait, que la teneur en calcaire s'amenuisait tandis que celle en argile augmentait. Un dépôt plus lent des matériaux en fin de transport semble avoir permis une altération contemporaine de la sédimentation assez importante, ce qui a permis une évolution plus rapide des sols qui s'y sont développés.

Une séquence de ce type, au lieu d'être d'ordre *chronologique* est *géographique*, et due à une variation *lithologique* progressive du matériau.

Nous avons constaté, notamment lors de la description du cadre pédologique général, que des études de toposéquences comme celles préconisées par G. Bocquier (1971) s'avéraient difficiles à réaliser sur limon loessique, pour diverses raisons que nous avons évoquées : manteau de couverture reposant sur des substrats très divers, nécessité de l'étude d'une vaste région.

Au demeurant, il est certain que des problèmes particuliers, liés à des variations continues de certains caractères en fonction du relief, pourraient être étudiés dans le cadre d'analyses encore plus détaillées que celle que nous avons réalisée. Ils devraient l'être au sein de régimes pédologiques régionaux. Nous pensons par exemple aux passages latéraux entre sols glossiques et sols planosoliques.

Les résultats du travail que nous venons de présenter, la somme de nos observations personnelles dans de nombreuses régions possédant des sols développés sur matériaux de granulométrie limoneuse, ainsi que les données antérieures mentionnées dans la littérature nous permettent d'introduire des *possibilités de généralisation* de nos interprétations.

Nous avons en effet été amené d'une part à effectuer de nombreuses *comparaisons*, d'autre part à mettre en évidence les principaux *facteurs de variations* entre notre séquence et les unités observées par ailleurs. Des corrélations réalisées sur des bases logiques et raisonnables ont pu en être déduites.

Tout d'abord, en comparant les différentes observations effectuées sur le territoire français, on constate que cette chronoséquence semble intéresser la grande majorité des formations superficielles de nature limoneuse : **couverture loessique, niveaux de limons anciens, produits de redistribution locale limoneux, terres du type "boulbène", matériaux d'altération de roches éruptives ou sédimentaires riches en limon.**

Des stades parmi les plus évolués se retrouvent à l'est du Bassin de Paris : *Plaisance* (1964), *Le Tacon* (1967), *Duchaufour* (1971), *Baize* (1971), *Chrétien* et *Mériaux*, *Dutil* et al. (travaux en cours), développés essentiellement dans des sédiments de mise en place relativement ancienne.

Dans la partie centrale du territoire, les études de *Fedoroff* (1971), *Horemans*, *Favrot* et al. (travaux en cours), mentionnent des degrés d'évolution très analogues.

Le sud-ouest fait actuellement l'objet de recherches très avancées sur les matériaux limoneux des terrasses alluviales, citons celles de *Begon* et *Favrot* qui traitent des sols de boubène.

En Belgique, il faut naturellement citer le travail fondamental de *Dudal* (1953), sur les limons récents, ainsi que ceux de *Manil, Louis* (1954), *Pécrot* (1956), *Tavernier* et *Maréchal* (1957-1958).

Des stades très hydromorphes se retrouvent également aux Pays-Bas, développés dans des loess typiques ou au niveau de terrasses : *Van den Broek* et al. (1964-1969), *Bouma* et al. (1968).

De nombreuses corrélations sont également possibles avec les sols développés dans les couvertures loessiques d'Allemagne : *Altemüller* (1957), *Lieberoth* (1963-1964), *Meyer* et al. (1960-1966), et des Etats-Unis : *Smith* (1942), *Simonson* (1952)...

Nous avons pu observer nous-mêmes, avec des variations relativement importantes cependant, des développements analogues dans des couvertures limoneuses du Portugal.

Un problème intéressant à résoudre apparaît à l'analyse de la répartition des sols limoneux sur le territoire français : dominance des sols glossiques dans la partie septentrionale, dominance des sols à tendance planosolique dans le sud-ouest. Nous avons déjà introduit quelques hypothèses à ce sujet récemment (*Begon* et *Jamagne*, 1971), et des études sont actuellement en cours dans le sud du Bassin de Paris, qui paraît être une zone de transition pédoclimatique.

Nous voyons donc que de nombreuses possibilités de généralisation, de vérification et de confirmation des conceptions avancées se présentent à nous, que nous comptons largement utiliser dans nos futurs travaux.

La *démarche de recherche* que nous avons adoptée nous a paru la plus rationnelle compte tenu du but que nous nous étions fixé.

Partant d'un grand nombre d'observations morphologiques et de caractérisations classiques, nous avons progressivement entrevu la possibilité d'avancer dans la connaissance des grands types de sols et des principaux processus pédogénétiques par l'utilisation de techniques permettant d'atteindre des niveaux de perception de plus en plus détaillés. Nous avons en fait essayé d'analyser le matériau sol à des *niveaux d'organisation* successifs de plus en plus fins.

La synthèse des données macromorphologiques, micromorphologiques et analytiques nous a amené jusqu'à une ouverture vers l'analyse microspatiale, nous montrant la réelle hétérogénéité du matériau sol que les déterminations classiques tendaient à considérer jusqu'à présent comme homogène par rapport aux possibilités techniques de caractérisation.

Cette façon de concevoir le travail nous a permis, partant d'observations essentiellement écologiques, de descendre jusqu'à un niveau de recherche fondamentale, pour revenir ensuite à des possibilités de synthèse et d'extrapolation au niveau des unités-sols dans le paysage.

Nous concluerons en espérant que notre travail apporte un certain nombre d'éléments intégrés sur le problème de la connaissance des sols développés sur *matériaux limoneux*, et contribue ainsi à l'amélioration des données concernant les *processus de la pédogenèse* sous climat tempéré humide.

---





- B I B L I O G R A P H I E -  
-----



- ABRARD R. - 1950 - "Géologie régionale du Bassin de Paris" - Payot, Paris. 297 p.
- AGAFONOFF V., MALYCHEFF V. - 1929 - Le loess et les autres limons du plateau de Villejuif - Bull. Soc. Géol. France (4), t. XXIX, pp. 109-145 - Paris.
- AGAFONOFF V. et BRIOUX Ch. - 1931 - Etude sur le sol de limon de la Seine-Inférieure en particulier sur le limon des plateaux de Blossville-Bonsecours - Ann. Agro.
- AGAFONOFF V. - 1936 - "Les sols de France au point de vue pédologique". - Dunod. 154 p.
- ALLEN V. T. - 1930 - Minerals formed in the weathered zones of glacial deposits - Amer. Soil Survey Assoc. Bull. XI : 116.
- ALTEMULLER H.J. - 1956 - Mikroskopische untersuchung einiger Loss-Bodentypen mit hilfe von dunnschliffen. - Z. Pflanzenerähr, Düng, Bodenkunde 72 : 152-167.
- ALTEMULLER H.J. - 1957 - Bodentypen aus Löss in Raume Braunschweig und ihre Veränderungen unter dem Einfluss der Ackerbaues - Thèse de Doctorat. Institut für Bodenkunde, Universität de Bonn, 250 p.
- ALTEMULLER H.J. - 1962 - Verbesserungen der Einbettungs - und Schleiftechnik bei der Herstellung von Bodendünnschliffen mit Vestopal - Z. Pflanzern., Düng, Bodenk., 99, 164-177.
- AMERYCKX J. - 1960 - "La pédogénèse en Flandre sablonneuse". - Pédologie X. n° 1. pp. 124-190.
- AMERYCKX J. - Soil Classification - International Training Certer for Post - Graduate Soil Scientists - University of Ghent - Gand 1965.
- APPELMAN Fr. - 1956 - "Variation de la composition granulométrique de sédiments éoliens en rapport avec leur latitude et leur altitude". - Pédologie, VI, p. 26-37.
- ARNOLD R.W. - 1963 - Silans in some Brunizern soils - Ph.D. thesis, Iowa State University, Ames, Iowa.
- AUBERT G. - 1949 - Les sols des plateaux normands - Pédologie - Commission du Bassin de la Seine - pp. 1-16.
- AUBERT G. et DUCHAUFOR Ph. - 1956 - Projet de classification des sols - VIe Congrès Intern. Sc. du Sol, vol. E, pp. 597-604 Paris.
- AUBERT G. - 1963 - La classification des sols : la classification pédologique française. Cah. Pédologie O.R.S.T.O.M., n° 3, p. 1-7. Paris
- AUBERT G., BOULAIN J. - 1967 - La Pédologie - "Que sais-je ?" n° 352, P.U.F., Paris , 126 p.
- AVRIL P. - 1957 - Les sols podzoliques bruns en Ardenne belge - Ibid. 7, p. 97-101.
- BAIZE D. - 1971 - Contribution à l'étude des sols des plateaux jurassiques de Bourgogne - Thèse 3e cycle - Faculté des Sciences, Paris - 156 p.

- BAIZE D. - 1972 - Micromorphologie des "Terres d'Aubues" des plateaux de Bourgogne - Bull. Assoc. Franc. Etude du sol - n° 1-2 - pp. 63-72.
- BALDWIN M. - 1928 - The Gray Brown Podzolic soils of eastern United States - Trans. Intern. Conf. of Soil Sci. Ist Cong. Washington. IV : 276-282.
- BARTELLI L. J. and ODELL R. T. - 1960 - Laboratory studies and genesis of a clay-enriched horizon in the lowest part of the solum of some Brunizem and Gray Brown Podzolic soils in Illinois - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24 : 390-395.
- BEGON J.C. et JAMAGNE M. - 1971 - Sur la genèse de sols limoneux hydromorphes en France - C.R. du Congrès de la S.I.S.S. de Stuttgart 1971. sous-*pre*ss.
- BEGON J.C. - 1972 - Aspects micromorphologiques de la genèse des sols de boubène - Bull. Assoc. Franc. Etude du sol - pp. 33-48 n° 1-2.
- BEGON J.C. - 1972 - Etude morphologique et pédologique des terrasses alluviales de l'Ariège - Thèse - Paris. (en préparation).
- BERG L.S. - 1960 - Loess as a product of weathering and soil formation - Israël Progr. Scient. Transl. Oldbourne Press London, 207 p.
- BETREMIEUX R. - 1951 - "Etude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols". - Ann. Agro. n° 3. pp. 193-295.
- BLANCHET R., PERIGAUD S., CHAUMONT C. et NADEAU J.C. - 1960 - "Acidité d'échange et alumine libre ou échangeable des sols". - Ann. Agro. n° 6. pp. 621-649.
- BLOOMFIELD C. - "Some Observations on gleying". - Journal of Soil Science - 1950 - 1 p. 205.
- BOCQUIER G. - 1971 - Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad - Interprétation biogéodynamique - Thèse - ORSTOM - Paris - 364 p.
- BOCQUIER G., PAQUET H., MILLOT G. - 1970 - Un nouveau type d'accumulation éolique dans les paysages géochimiques : l'invasion remontante de la montmorillonite - C.R. Acad. Sci. Fr., t. 270, pp. 460-463.
- BONNEAU M, LE TACON F. DUCHAUFOR Ph. - 1967 - Réflexions sur l'importance du facteur temps dans l'évolution des sols - Science du Sol - n° 2. pp. 13-24.
- BONNET A. et BORNAND M. - 1970 - Pédologie et Quaternaire dans la vallée du Rhône moyen - Bull. A.F.E.Q. n° 2-3. pp. 105-116.
- BORDES F. - 1947 - Les limons quaternaires du bassin de Paris et du Nord de la France - Bruxelles, M. Hayez, Impr. Acad. Royale de Belgique - pp. 362-371.
- BORDES F. - 1949 - Loess et cailloutis : le complexe Icessique, phénomène cyclique. Sédimentologie et Quaternaire - Bordeaux, Led-Sam, pp. 173-181.
- BORDES F. - 1952 - Stratigraphie du loess et évolution des industries paléolithiques dans l'Ouest du Bassin de Paris - l'Antropologie, T. 56, n° 1-2.
- BORDES F. - 1954 - Les limons quaternaires du Bassin de la Seine - Arch. Inst. Pal. hum., Mém. n° 26, 472 p., 34 tabl. Paris.
- BLIET L., HEBERT J., JAMAGNE M., MAUCORPS J. - 1967 - Mémoire des cartes des sols : Chateau - Thierry 5-6 - Meaux 7-8 - Carte des sols de l'Aisne 1/25.000 - Publ. Ch. Agr. Laon 217 p.

- BORDES F. - 1969 - Le loess en France - Etudes françaises sur le Quaternaire - Suppl. Bull. Ass. Fr. Et. Quat. (A.F.E.Q.). I.N.Q.U.A. pp. 69-76. Paris.
- BORNAND M. - 1969 - Les sols rouges du confluent Rhône-Isère - Science du Sol - 2. pp. 3-37.
- BOULAINÉ J. - 1964 - La notion de série dans les cartes de sols - Texte ronéo - E.N.S.A. Grignon.
- BOULAINÉ J. - 1969 - Sol, pedon et genon. Concepts et définitions - Bull. Ass. fr. Et. Sol, n° 2, pp. 31-40.
- BOULAINÉ - 1970 - Les sols de France - Coll. "Que sais-je ?".
- BOUMA J., PONS L.J. et VAN SCHUYLENBORGH J. - 1968 - The formation of a glossudalf in loess - Neth. J. Agri. Sc. 16 - pp 58-70.
- BOUMA J. et VAN SCHUYLENBORGH J. - 1969 - The formation of a glossaqualf in a silt-loam terrace deposit - Neth. J. Agri. Sc. 17 - pp. 261-271.
- BOURDIER F. - 1947 - Les caractères distinctifs de chaque glaciation alpine d'après les couvertures de loess et les sols d'altération - In Géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe, pp. 332-346. Sess. extr. Soc. belges de Géologie. Bruxelles.
- BOURDIER F., GRAINDOR J.M. - 1950 - Les limons quaternaires de la région de Rouen et leurs corrélations possibles avec ceux du bassin du Rhône - C.R. Somm. Soc. Géol. France, pp. 107-109. Paris.
- BOURDIER F. - 1969 - Aperçu sur la stratigraphie des limons quaternaires du bassin de Paris - Mém. h. sér. Soc. géol. de France, n° 5. pp. 53-56.
- BOURGUIGNON P. - 1955 - Minéraux volcaniques de l'Eifel dans les limons gaumais - Ann. Soc. Géol. Belgique - T. LXXVIII, pp. 173-178.
- BOURGUIGNON P. et DELECOUR F. - 1955 - Identification de loess en Gaume - Ann. Soc. Géol. Belgique - T. LXXVIII, pp. B 317-334.
- BOURGUIGNON P. et DELECOUR F. - 1961 - Superposition de loess dans l'Entre-Sambre et Meuse - Ann. Soc. Géol. Belgique, T. LXXXIV, pp. 377-400.
- BOURNÉRIAS M. - 1968 - "Guide des groupements végétaux de la région parisienne". - SEDES. Paris. 290 p.
- BOUTTEMY R., HEBERT J., JAMAGNE M., MAUCORPS J. - 1966 - Mémoire des cartes de sols : Craonne 3-4/7-8- Asfeld 142/5-6 - Carte des sols de l'Aisne 1/25.000 - Publ. Ch. Agr. - St. Agro. Laon. 289 p.
- BOUTTEMY R., HEBERT J., MAUCORPS J., MATHIEU C. - 1970 - Mémoire des cartes des sols : Rozoy sur Serre - Id. 157 p.
- BRAJNIKOV R. - Recherches sur les formations dites "argiles à silex" dans le Bassin Parisien - Thèse, 112 p. Paris 1938.
- BRAJNIKOV R. - 1942 - Quelques considérations sur l'évolution des limons - C.R. somm. Soc. géol. France, p. 91. Paris.

- BREWER R. and HAIDANE A.D. - 1957 - Preliminary experiments in the development of clay orientation in soils - Soil Sci. 84 : 301-309.
- BREWER R. - The petrographic approach to the study of soils - Trans. Intern. Congr. Soil Sc., 7 th, Madison, 1 : 1-3. - 1960 -.
- BREWER R. - 1960 - Cutans - their definition, recognition, and interpretation - J. Soil Sci. 11 : 280-292.
- BREWER R. - 1964 - Fabric and Mineral analysis of soils - John Wiley. London.
- BRINKMAN R. - 1969 - Ferrolysis, a hydromorphic soil forming process - Geoderma, 3, pp. 199-206.
- BRONGER A. et HAEDRICH F. - 1969 - Le loess du Sud-Ouest de l'Allemagne - Bull. Assoc. Franç. Etude du Quaternaire - INQUA - pp. 23-28.
- BULLOCK P. - 1968 - The zone of degradation at the eluvial - illuvial interface of some New-York soils - PH.D. Thesis, Cornell University.
- BULLOCK P. MACKNEY D. - 1969 - Clay translocation in Soils - Welsh Soils Discussion Group Report n° 10. pp. 13-18.
- BUOL S.W. and HOLE F.D. - 1959 - Some characteristics of clay skins in peds in the B horizon of a Gray-Brown Podzolic soil - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23 : 239-241.
- BUOL S.W. and HOLE F.D. - 1961 - Clay skin genesis in Wisconsin soils - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25 : 377-379.
- CAILLERE S. et HENIN S. - 1963 - "Minéralogie des argiles". - Masson, Paris. 355 p.
- CAILLEUX A. - 1942 - Les actions éoliennes périglaciaires en Europe - Mém. Soc. Géol. Fr., t. 2, n° 46.
- CAILLEUX A. - 1953 - Les loess et dépôts éoliens de France - Bull. Serv. Carte géol. de France, n° 240, Tome LI.
- CALLOT G. - 1970 - Etude pédologique du Bassin de la Charente non domaniale - S.E.S. 131 - Montpellier.
- CAMEZ T. et ROTH C. - 1957 - Evolution des minéraux argileux des lehms des environs de Strasbourg - Bull. Serv. Carte Géol. Als-Lorraine - Strasbourg - 10, 2, -23.
- CAMEZ T., FRANC DE FERRIERES P.J., LUCAS J. et MILLOT G. - 1960 - Sur l'importance de la vermiculite dans certains sols tempérés et dans les dépôts du Quaternaire ancien - C.R.A.S. - Paris - 250 p. 3038-3040.
- CAMEZ T. - 1962 - Etudes sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols des régions tempérées. Thèse, 90 p. Strasbourg.
- CARLISLE F.J., KNOX E.G., GROSSMAN R.B. - 1957 - Fragipan horizons in New-York soils. I. General characteristics and distribution. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 21, pp. 320-321.
- CAYEUX L. - 1925 - Origine éolienne de l'ergeron des environs de Paris. XIIIème Congrès International de Géologie p. 1231 - 1234.
- CERNESCU N. - 1952 - Studiul cristalochimie al argilei din loess, Dari de seama - Inst. Geol. vol. XXXIV 1945 - 1946.
- CLINE M.G. - 1949 - Profile studies of normal soils of New-York. I. Soil Science, vol. 68 (3).
- COMMONT V. - 1912 - Note sur le Quaternaire du Nord de la France de la Vallée du Rhin et de la Belgique. Ann. Soc. Geol. Nord, t.41, p. 12 - 52.

- CONEA, GHITULESCU, VASILESCU P. - 1963 - Consideratii asupra depozitelor de suprafata din Cimpia Romana de est - St. techn. econ. seria C., Pedologie, nr 11, Inst. geol., p. 61-85.
- CONEA A. - 1969 - Profils de loess en Roumanie - Bull. Assoc. Franc. Etude du Quaternaire - INQUA - pp. 127-134.
- CONEA A. - 1970 - Les formations quaternaires de la Dobrogea - Ed. Acad. Républ. Soc. Roumanie - Bucarest.
- CORTE A.E. - 1961 - The frost behaviour of soils, laboratory and field data for a new concept; Part 1. Vertical sorting. Research Report No. 85, Part I. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire.
- GRAMPTON C.B. - 1965 - An indurated horizon in soils of South Wales J. of Soil Sci., 16, 2, pp. 230-241.
- DECKERS J., BAEYENS L. - 1963 - Polysequum profielen van de Hoge Kempen - Pedologie, XIII, 1, pp. 120-154.
- DE CONINCK F. et LARUELLE J. - 1964 - Soil development in sandy materials of the Belgian Campine - In : Soil Micromorphology, 169-188 - Elsevier Publishing Cy. Amsterdam.
- DE CONINCK F. - 1967 - Aspects physico-chimiques de la pédogénèse en Campine anversoise - Thèse de Doct., Fac. Sc. Agron. Louvain, 153 p.
- DE CONINCK F., HERBILLON A.J., TAVERNIER R., FRIPIAT J.J. - 1968 - Weathering of clay minerals and formation of amorphous material during the degradation of a Bt horizon and podzolisation in Belgium - Int. Congr. Soil Sci. 9. 1968. Adelaide, vol. IV, pp. 353-365.
- DE CONINCK F. et HERBILLON A. - 1969 - Evolution minéralogique et chimique des fractions argileuses dans les alfisols et des spodosols de la Campine (Belgique) - Pédologie, Gand, XIX, 2, pp. 159-272.
- DELECOUR F. et MANIL G. - 1958 - Contribution micromorphologique à l'étude de l'humification dans les sols bruns acides des Ardennes belges - Pédologie, Gand, VIII, pp. 127-133.
- DEMOLON A. - 1926 - Recherches physico-chimiques sur la terre à briques, considérée comme un milieu naturel - Thèse, Paris, 94 p., 4 fig.
- DEMOLON A. - 1960 - "Dynamique du sol" - Dunod, Paris.
- DEWOLF Y. - 1965 - "Intérêts et principes d'une cartographie des formations superficielles" - Publications de la faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université de Caen.
- DEWOLF Y. - 1970 - Premières observations sur deux coupes de la vallée de l'Eure (C.R. d'excursion) - Bull. A.F.E.Q. n° 23-23, pp. 191-198.
- DIJKERMAN J.C., CLINE M.C., OLSEN G.W. - 1967 - Properties and genesis of textural subsoil lamellae - Soil Sci. 104, pp. 7-16.
- DOEGLAS D.J. - 1949 - Loess, an eolian product. - J Sediment. Petrol. 19, pp. 112-117.
- DUCHAUFOR Ph. - 1948 - "Recherches écologiques sur la chênaie atlantique française". - Extrait des annales de l'Ecole Nat. des Eaux et Forêts. 352 p.



- DUCHAUFOR Ph., BONNEAU M., DEBAZAC E. et PARDE J. - 1961 - "Types de forêt et aménagement : la forêt de la contrôlerie en Argonne". - Annales de l'E.N.E.F. XVIII, 1.
- DUCHAUFOR Ph. - 1961 - "La cartographie des sols et des stations à but agronomique et à but forestier". - Pédologie XI.
- DUCHAUFOR Ph. - 1961 - Données nouvelles sur la classification des sols - Ann. Ec. Nation. Eaux et Forêts, 18, 4, pp. 1-68.
- DUCHAUFOR Ph. - 1964 - "Evolution de l'aluminium et du fer complexés par la matière organique dans certains sols". - Science du sol. n° 2, pp. 3-18.
- DUCHAUFOR Ph. - 1964 - "Sur la dynamique de l'aluminium dans les sols podzoliques". - C.R. Ac. Sci. T 259. pp. 3307-09.
- DUCHAUFOR Ph. et SOUCHIER B. - 1965 - "Note sur un problème de classification. Podzolisation chimique et différenciation du profil". - Pédologie, XV, 2. pp. 143-158.
- DUCHAUFOR Ph. et SOUCHIER B. - 1966 - "Note sur une méthode d'extraction combinée de l'alumine et du fer libres dans les sols". - Science du sol n° 1, pp. 17-31.
- DUCHAUFOR Ph. et SOUCHIER B. - 1966 - "Note sur les critères de classification des sols lessivés". - Compte-rendus des conférences sur les sols méditerranéens. Madrid. pp. 401-406.
- DUCHAUFOR Ph., LELONG Fr. - 1967 - Entraînement ou destruction d'argile dans les horizons éluviaux des sols lessivés - C.R. Acad. Sci., Fr., sér. D, t. 264, pp. 2884-2887.
- DUCHAUFOR Ph. - 1968 - L'évolution des sols - Masson et Cie. Paris.
- DUCHAUFOR Ph. - 1970 - Précis de Pédologie - Masson et Cie. édit. Paris.
- DUDAL R. - 1953 - Etude morphologique et génétique d'une séquence de sols sur limon loessique - Agricultura, t. 1, 2ème sér., n° 2, pp. 119-163. Louvain.
- DUDAL R. - 1967 - Definition of soil units proposed to be used for the Soil Map of the World - World Soil Resources Reports F.A.O., 32, 53 p.
- DUDAL R. - 1970 - 90 Years of "Podzolic" Soils - Pedology n° 18, séries C, pp. 573-593.
- DUPLAIX S. et MALTERRE H. - 1946 - Les Associations de minéraux lourds dans les limons quaternaires du Bassin de Paris - Bull. Soc. Géol. France, 5e série, tome XVI, pp. 173-176.
- DUPLAIX S. - 1946 - Contribution pétrologique à la classification des limons d'Oissel - Bull. Soc. Géol. France, 5e série, tome XVI.
- DUPUIS J. - 1952 - Contribution à l'étude des sols du Gâtinais - Thèse, Paris, Ann. Inst. Nat. Agr., t. 34.
- DYLIK J. - 1954 - The problem of the origin of loess. Biul. Perygl., n° 1, pp. 125-131.
- EDELMAN C.H. - 1946 - Les limons et sables de couverture des Pays-Bas - Geol. Ter. Rec. O. Eur., Bruxelles, pp. 303-309, 4 fig.
- EDELMAN C.H. - 1947 - La pétrologie des terrains tertiaires et quaternaires aux Pays-Bas - Bruxelles, M. Hayez, Impr. Acad. Royale de Belgique. pp. 45-61.

- ERHART H. - 1955 - "Biostasie" et "Rhexistasie". Esquisse d'une théorie sur le rôle de la pédogenèse en tant que phénomène géologique - C.R. Acad. Sci., Fr., 241, pp. 1218-1220.
- ERHART H. - 1956 - La genèse des sols en tant que phénomène géologique - Masson, Paris, 83 p.
- FAVROT J.C. - 1969 - Les sols de terrasses de l'Isle dans la région de Mussidan (Dordogne). - Bull. AFES, 3, pp. 21-36.
- FEDOROFF N et M. - 1960 - Le Loess en Amérique du Nord - Revue de Géo. Physique et Géologie Dynamique, vol. III, fasc. 3, pp. 167-174.
- FEDOROFF N. - 1965 - Sur les paléosols quaternaires des climats tempérés - Rev. Géog. phys. et Géol. dyn., (2), vol. VII (1), pp. 79-88, Paris.
- FEDOROFF N. - 1966 - Contribution à la connaissance de la pédogenèse quaternaire dans le Sud-Ouest du Bassin parisien - Bull. Ass. fr. Et. Quat. (A.F.E.Q.), n° 2, pp. 94-105, Paris.
- FEDOROFF N. - 1967 - Un exemple d'application de la micromorphologie à l'étude des paléosols - Bull. A.F.E.Q. n° 12, 1967-3, pp. 193-209.
- FEDOROFF N. - 1968 - Genèse et morphologie de sols à horizon B textural en France Atlantique - Science du sol, pp. 29-63.
- FEDOROFF N. - 1969 - Caractères micromorphologiques des pédogénèses quaternaires en France - Etude du Quaternaire dans le monde. VIIIe Congrès INQUA, Vol. 1, Section paléologie, pp. 341-349.
- FEDOROFF N. et ROSSIGNOL J.P. - 1969 - Les boubènes sur limons des terrasses de la Garonne - Bull. A.F.E.S. 5, pp. 37-52.
- FIES J.C. - 1971 - Recherche d'une interprétation texturale de la porosité des sols - Ann. agron. 22 (6), pp. 655-685.
- FIETTE A. - 1960 - Le département de l'Aisne, Etude géographique et économique - Ed. Bordas p. 305.
- FITZPATRICK E.A. - 1956 - An indurated soil horizon formed by permafrost - The JI of Soil Sci., 7, pp. 248-254.
- FINK J. - 1956 - Zur Systematik Fossiler und rezenter Lössböden in Osterreich - C.R. VIe Congr. Soc. intern. Sci. Sol, Paris, vol. V, pp. 585-592.
- FINK J. - 1964 - Die Gliederung des Wurmeiszeit in Osterreich - Vith Internat. Congr. Quatern. Warsaw, vol. IV.
- FINK J. - 1965 - The Pleistocene in Eastern Austria - Geol. Soc. Amer. Spec. Pap., n° 84, pp. 179 - 199. New York.
- FINK F. - 1969 - Les progrès de l'étude des loess en Europe - Bull. Assoc. Franç. Etude du Quaternaire. Inqua, pp. 3-12.
- FINK F. - 1969 - Le loess en Autriche - Bull. Assoc. Franç. Et. Quaternaire. Inqua, pp. 17-22.
- FRANC DE FERRIERE J. "Géologie et Pédologie. Contribution à l'étude des formations quaternaires de la plaine d'Alsace." - Imprimerie alsacienne, Strasbourg, 1937.

- FREI E. and M. G. CLINE - 1949 - Profile studies of the normal soils of New York. II. Micromorphological studies of the Gray-Brown Podzolic soil sequence. *Soil Sci.* 68 : 333-344.
- FRIDLAND V. M. - 1958 - Podzolization and illimerization (clay migration). *Soviet soil Scie.* 1 : 24-32.
- GALOUX A. - 1953 - Le hêtre et la dégradation des sols forestiers lessiques. *Bull. Soc. forest. Belgique*, t. 5 p. 225-235. Bruxelles.
- GEBHARDT H., MEYER B., SCHEFFER F. - 1966 - Zwischenschichtbelgeung und Expansionsverhalten von Dreischicht-Tommineralen im  $\text{CaCO}_3$ -gepufferten Hydrogencarbonatmilieu kalkreicher Lockersedimentböden - L. Pfl. Ernährung - Dungung -
- GUERASSIMOV I. P. - 1962 - "La formation du loess et la pédogenèse". *Bull. Ac. Sc. de l'U.R.S.S., Série Géographique* n° 2
- GERASIMOV I. P. - 1964 - Loess genesis and Soil Formation - *Rep. of the VI - th Intern. Congr. on Quat., 1961, INQUA, Lodz, vol. IV, p. 463-468.*
- GERASIMOV I. P. - 1968 - Development of the concepts of weathering and soil formation in *Soviet Soil Science, geography and geology. Int. Congr. Soil Sci. 9. 1968, Adelaïde, vol. IV.*
- GERASIMOV I. P. - 1969 - Le loess, le périglaciaire de l'Europe Centrale et leurs rapports réciproques. - VIIIe Congrès I. N. Q. U. I. - Discours inaugural.
- GERASIMOV I. P., ZONN V. - 1971 - Podzol and Gley : lessivé, pseudogley, and pseudopodzol (priority of genetic concepts) - *Pochvovedeniye*, n° 8, 118-129.
- GERASIMOV I. P. - 1971 - Nature and Originality of Paleosols - *International Society of Soil Science and Israel Univ. Press* - pp. 15-27.
- GEZE B. - 1959 - La notion d'âge du sol. *Ann. agron.*, t. 3, p. 237-255. Paris.
- GILES, L. H. - 1958 - Fragipan and water-table relationships of some brown pedzolic and low humic-gley soils *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 22, pp. 560-565.
- GLINKA K. D. - 1924 - Degradation and the podzolic process. *Pochvovedenie*, Nos. 3-4. Moscou.
- GORBUNOV N. I. - 1961 - Movement of colloidal and clay particules in soils (Problem of leaching and podzolization). *Soviet. Soil Sci.* 7 : 712-724.
- GRAINDOR M. J. - 1948 - Les limons quaternaires aux environs de Rouen. *Ann. Agr.* n° 6, p. 2 - 28, 4 pl.
- GRAS R. & MONNIER G. - 1963 - Contribution de certains éléments grossiers du sol à l'alimentation en eau des végétaux. *Sc. du Sol I*, p. 13-20.
- GROSSMANN R. B., FEHRENBACHER J. B., BEAVERS A. H., STEPHEN I., PARKER J. M. - 1959 - Fragipan soils of Illinois : I, II, III. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23, pp. 65-75.
- GROSSMAN R. B. - 1959 - Characterization of ped surfaces in contrast to ped interiors. Unpublished p.H. D., University of Illinois, Urbana, Illinois. (In Bullock 1968).
- GROSSMANN R. B., ODELL R. T., BEAVERS A. H. - 1964 - Surfaces of peds from B horizons of Illinois soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28 pp. 792-798.
- GROSSMANN R. B., CARLISLE F. J., - 1969 - Fragipan soils of the Eastern United States. *Adv. in Agron.*, vol. 21, pp. 237-279.

- GULLENTOPS F. - 1954 - Contributions à la chronologie du Pleistocène et des formes du relief en Belgique. Thèse, Inst. Géol. Univ. Louvain, t. XVIII, P. 123-252.
- HAASE G. - 1963 - Stand und Probleme der Lössforschung in Europa. Mitt. der geographischen Gesellschaft der D.D.R., 63, S. 97-129.
- HAASE G. et RUSK R. - 1969 - Les loess sur le territoire de la République démocratique allemande Bull. Assoc. Franc. Etude Quaternaire - INQUA - pp. III-II8.
- HALLSWORTH E. G. - 1963 - An examination of some factors affecting the movement of clay in an artificial soil. J. Soil Sci., 14, pp. 360-371.
- HANOTIAUX G. - 1959 - Quelques problèmes d'échantillonnage des sols en vue de l'analyse chimique - Pédologie - IX - 54-66.
- HEBERT J., JAMAGNE M. - 1962 - Mémoire de la carte des sols : Laon 5-6 - Carte des sols de l'Aisne 1/25.000 - Publi. Chambre d'Agriculture - St. Agro. Laon - 105 p.
- HEBERT J., JAMAGNE M. - 1963 - Mémoire de la carte des sols : Craonne 1-2 - Id. 161 p.
- HEBERT J., JAMAGNE M., BLIET L. - 1964 - Mémoire des cartes des sols : Montmirail - Id. 168 p.
- HEBERT J., JAMAGNE M., BOUTTEMY R. - 1964 - Mémoire de la carte des sols : Craonne 5-6 Id. 198 p.
- HEBERT J., JAMAGNE M., BLIET L. - 1965 - Mémoire des cartes des sols : Chateau-Thierry 7-8 - Epernay 5-6 - Id. 207 p.
- HENIN S., GRAS R. & MONNIER G. - 1969 - Le profil cultural - Principes de physique du sol - Masson et Cie Paris.
- HENIN S., PEDRO G., ROBERT M. - 1968 - Considérations sur les notions de stabilité et d'instabilité de minéraux en fonction des conditions du milieu ; essai de classification des "systèmes d'agression". Int. Congr. Soil Sci., 9. 1968, vol. III, pp. 79-80.
- HETIER J.M., RODRIGUEZ-LAPA M., LE TACON F. - 1972 - Etude micromorphologique de quelques sols de l'Est de la France - Bull. Assoc. Franc. Etude du sol - n° 1-2 - pp. 49-62.
- HOREMANS P. - 1973 - Notice explicative de la carte pédologique de Paris 1/250.000 - S.E.S.C.P.F. - I.N.R.A. - (en préparation).
- HUTCHINSON T.B. Jr. & BAILEY H.H. - 1964 - Fragipan soils : certain genetic implications Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 28:pp. 684-685.
- IVANOVA I.K. - 1969 - Les loess de la partie sud-ouest du territoire européen de l'U.R.S.S. et leur stratigraphie. - Bull. A.F.E.Q. - Etude du quaternaire I.N.Q.U.A. - pp. 145-150 pp. 151-159.
- JACKSON M.J., TYLER S.A., WILLES A.L., BOURBEAU C.A., PENNINGTON R.P. - 1948 - Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments : I. Fundamental generalizations. J. Phys. Coll. Chem. 52 : 1237-1260.
- JACKSON M.L., HSEUNG Y., COREY R.B., EVANS E.J., VANDEN HEUVEL R.C. - 1952 - Weathering sequence of clay-size minerals in soils and sediments : II Chemical weathering of layer silicates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16 : 3-6.
- JACKSON M.L. - 1963 - Interlayering of expansible layer silicates in soils by chemical weathering, pp. 29-46. In Clays and Clay Minerals, IIth Conf., Pergamon Press, New York.
- HEBERT J. et JAMAGNE M. - 1964 - Sols à fragipan en Haute-Brie - C. R. VIIIème Congr. Soc. intern. Sci. Sol, Budapest, vol. V, pp. 359-372.

- JACKSON M. L. - 1963 - Aluminium bonding in soil : a unifying principle in soil science (Liaison de l'aluminium dans les sols : un principe d'unification dans la science du sol) - Soils Sci. Soc. Amer. Proc., 17, n° 1, pp. 1-10.
- JACKSON M. L. - 1965 - Clay transformations in soil genesis during the quaternary - Soil Sci., 99, pp. 15-22.
- JACKSON M. L. - 1968 - Weathering of primary and secondary minerals in soils - Int. Congr. Soil Sci. 9. 1968. Adelaïde, vol IV, pp. 281-292.
- JAMAGNE M. - 1963 - Contribution à l'étude des sols au Congo Oriental - Pédologie XII, 2, pp. 271-414.
- JAMAGNE M. - 1964 - Introduction à une étude pédologique dans la partie nord du Bassin de Paris - Pédologie, t. XIV (2), pp. 228-342 - Gand.
- JAMAGNE M. - 1966 - Contribution à la connaissance de quelques sols sur limon loessique du nord de la France - Etude micromorphologique - Mém. Licence. Univ. Gand, 149 p.
- JAMAGNE M. - 1966 - Principes de classification régionale des sols - Science du sol - n° 2, pp. 41-64.
- JAMAGNE M. - 1969 - Sols et paléosols sur loess dans le nord de la France - Etude du Quaternaire dans le monde - VIIIème Congrès INQUA - Vol. 1 - Section paléopédologie - pp. 359-372.
- JAMAGNE M. et coll. - 1969 - Interprétation pédologique de quelques coupes et profils limoneux dans le nord du Bassin de Paris - Mém. h. sér. Soc. géol. de France, n° 5, pp. 8-30.
- JAMAGNE M. et FEDOROFF N. - 1969 - Comparaison micromorphologique de quelques sols sur limon du Bassin parisien - Mém. h. sér. géol. de France, n° 5, pp. 73-79.
- JAMAGNE M. - 1969 - Données sur l'évolution pédogénétique des formations limoneuses en Europe occidentale - Mém. h. sér. Soc. géol. de France, n° 5, pp. 37-52.
- JAMAGNE M. - 1969 - Some micromorphological aspects of soils developed in loess deposits of Northern France - C. R. 3ème Réunion Intern. de Micromorphologie - Wroclaw, (sous presse).
- JAMAGNE M. - 1970 - Sur la mise en évidence d'une séquence d'évolution pédogénétique développée dans les formations limoneuses sous climat tempéré humide - C. R. Acad. Sc. Paris t. 270, pp. 1773-1775.
- JAMAGNE M. et MATHIEU C. - 1971 - Contribution à l'étude de la stratigraphie des loess dans le nord-est du Bassin de Paris - Quelques observations dans le Marlois - Bull. A. F. E. Q. 4, pp. 209-233.
- JAMAGNE M. - 1972 - Caractères micromorphologiques des sols développés sur formations limoneuses - Bull. Assoc. Fr. Etude du Sol - n° 1-2, pp. 9-32.
- JAMAGNE M. - 1972 - Quelques données fondamentales sur les paléosols sur loess du nord de la France - Pédologie - Gand - (sous presse).
- JENNY H. and SMITH G. D. - 1935 - Colloid chemical aspects of clay pan formation in soil profiles - Soil Sci. 39 : 377-389.
- JENNY H. - 1941 - Factors of soil formation - Mc Graw-Hill, New-York, XII, 281 p.

- JHA P.P., CLINE M.G. - 1963 - Morphology and genesis of a Brun Acide with Fragipan in uniform silty material. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27, pp. 339-344.
- JONGERIUS A. (Editor) - 1964 - "Soil Micromorphology". Elsevier. 540 p.
- JONGERIUS A. - 1970 - Some morphological aspects of regrouping phenomena in Dutch soils, Geoderma, vol. 4, n° 3, pp. 311-331.
- JORET R. - 1932 - Recherches sur les sols de limons de la Picardie - Annales Agronomiques.
- JORET R. & MALTERRE - 1948 - Les sols du Vimeux - Annales Agro.
- JUSTE C. - 1966 - "Contribution à l'étude de la dynamique de l'aluminium dans les sols acides du Sud-Ouest atlantique. Application à leur mise en valeur". Ann. Agr. Vol. 17, n° 2, pp. 144-157 ; Vol. 17, n° 3, pp. 220-251.
- KARPACHEVSKIY L.O. and SHLEYNIS R.I. - 1966 - Micromorphology and chemical properties of soils in stands of spruce and oak in the central part of Lithuania. Soviet Soil Sci. 7 : 759-774.
- KHALIFA E.M. and BUOL S.W. - 1967 - Properties of clay skins in a Cecil (Typic hapludult) soil in North Carolina. American Soc. of Agronomy p. 120.
- KNOX E.G. - 1957 - Fragipan horizon in New York soils. III. The basis of rigidity Soil Sci. Soc. An. Proc., 21, pp. 326-330.
- KOVDA V.A., LOBOVA Ye. V., ROZANOV B.G. - 1967 - Classification of the world's soils. Soviet Soil Sci., n° 4, pp. 427-442 ; n° 7, pp. 851-864.
- KOWALINSKI S., PONS L.J., SLAGER S. - 1971 - Micromorphological comparison of three soils derived from Loess in different climatic regions - Amsterdam - Geoderma.
- KUBIENA W.L. - 1938 - Micropedology. Collegiate Press, Ames, Yowa.
- KUBIENA W.L. - 1953 - Soils of Europe. Thomas Murby and Cy. London.
- KUBIENA W.L. - 1964 - Zur Mikromorphologie und Mikrogenese der Löszböden Neusealands. In : Soil Micromorphology, 219-235, Elsevier Pub. Comp. Amsterdam.
- KUNDLER P. - 1961 - Lessivés (Parabraunerden, Fahlerden) aus Geschiebemergel der Würm-Eiszeit im norddeutschen Tiefland. Zeitsch. f. Pflanz. Düng. Bodenk., 95, 2, pp. 98-110.
- KUNDLER P. - 1965 - Waldbodentypen der Deutschen Demokratischen Republik - Neumann Verlag - Radebeul.
- KUYL O.S. et BISSCHOPS J.H. - 1969 - Le loess aux Pays Bas - Bull. Assoc. Franc. Etude Quaternaire INQUA - pp. 101-104.
- KUNZE G.W. and OAKES H. - 1957 - Field and laboratory studies of the Lufkin soil, a Planosol. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21 : 330-335.
- LAATSCH W. - 1944 - Dynamik der Deutschen Acker- und Waldböden - Steinkopf - Dresden.
- LADRIERE J. - 1990 - Etude stratigraphique du terrain quaternaire du Nord de la France - Ann. Soc. Geol. Nord, t. 18, p. 93 - 149 et pp. 205-276, - 22 fig.

- LARUELLE J. - 1958 - Micromorphologie des sols de la Belgique - Pédologie VIII, pp. 79-102 - Gand.
- LARUELLE J. - 1965 - Notés on Soil Micromorphology. International Training Center for Post-Graduate Soil Scientists. University of Ghent.
- LAUTRIDOU J. P. - 1967 - Les loess du Pays de Caux : origine et signification paléoclimatique - C. R. som. S. G. F., fas. 6, pp. 248-249.
- LAUTRIDOU J. P. - 1968 - Les formations superficielles de Saint-Romain (Pays de Caux) - Thèse 3e cycle Caen - 200 p.
- LAUTRIDOU J. P. - 1968 - Les loess de Saint-Romain et de Mesnil-Esnard (Pays de Caux) - Bull. Centre Géomorphologie, n° 2, 56 p.
- LAUTRIDOU J. P. - 1969 - Le loess dans l'Ouest de la France - Bull. Assoc. Franc. Etude du Quaternaire - INQUA - pp. 79-80.
- LAUTRIDOU J. P., FAGES M. - 1970 - Les minéraux lourds des loess du Pays de Caux : un nouveau critère stratigraphique - Acad. Sc. Paris t. 270 - Série D - 1879.
- LAUTRIDOU J. P. et VERRON G. - 1970 - Paléosols et loess de Saint-Pierre lès-Elbeuf (Seine-Maritime) - Bull. A. F. E. Q. - n° 23-24, pp. 145-166.
- LEFEBVRE-DROUET E. et MERIAUX S. - 1963 - Bilan des cations échangeables en sols lessivés - Ann. Agron., 14, 3, pp. 239-260.
- LEGER M. - 1970 - Paléosols quaternaires de l'avant-pays au nord des Alpes - Bull. A. F. E. Q. - n° 2-3 - pp. 107-178.
- LE TACON F. - 1967 - Les sols d'un massif forestier des Basses-Vosges - Les stades d'évolution - Ann. Sci. Forest. 24(3) - pp. 177-203.
- LIEBEROTH I. - 1962 - Die Jungpleistozänen Löss Sachsens im Vergleich zu den enenander Gebiete - Petersmanns Geogr. Mitteilungen - 106 - Jahrgan 1962, Heft 3, Tafel 29.
- LIEBEROTH I. - 1963 - Lösssedimentation und Bodenbildung während des Pleistozäns in Sachsen, - Géologie, Bd 12 (2), pp. 149-187 - Berlin.
- LIEBEROTH I. - 1964 - Zur Unterscheidung von Parabraunerden und Fahlerden aus Weichsellöss in Sachsen, Albrecht - Thaer, Bd 8, H 6/7 - Berlin.
- LIEBEROTH I. - 1964 - Einige Bemerkungen zu Paläopedologischen Problemen bei der Gliederung der Lössze - Ber. Geol. Ges. DDR - Band 9 - H 6 - pp. 689-695.
- LOUIS A. - 1954 - Waarnemingen betreffende de degradatie der bosprofielen in het Zoniënbos - Nat. Tij. 37, pp. 113-118 - Gent.
- LOZET J. - 1969 - Les sols à fragipan du Condroz - Thèse - Univ. Cath. Louvain - Louvain.
- Mac CALEB S. B. and CLINE M. G. - 1950 - Profile studies of the normal soils of New-York. III. Physical and chemical properties of Brown Forest and Gray-Brown Podzolic soils. Soil Sci. 70 : 318-328.

- MAIGNIANT D., DUTIL P. et JAMAGNE M. - 1972 - Etude d'un sol lessivé dégradé, glossique, développé sur limon éolien en forêt de Trois-Fontaines (Marne) - Ann. Agro. (sous presse).
- MALTERRE H. - 1946 - Contribution à l'étude des limons quaternaires du Bassin de Paris - Thèse Paris, 108 p.
- MALTERRE H. - 1948 - Constitution et vocation culturales des sols de la Brie française et de la Haute-Brie - Annales Agron.
- MALYCHEFF V. - 1929-1933 - "Le loess". - Rev. geogr. phys. Geol. Dyn., Paris.
- MALYCHEFF V. - 1933 - "Sur l'origine du loess de Villejuif et en général de celui du Bassin parisien" - C. R. Som. S. G. F., pp. 156-
- MANIL G. - 1952 - Quelques considérations générales sur la stratigraphie quaternaire et la pédogenèse à propos de la description de trois coupes de loess - Ann. Soc. geol. Belgique, t: LXXV, pp. 153-167.
- MANIL G. et PECROT A. - 1954 - Les sols forestiers oligotrophes du climat des Ardennes belges - C. R. Cong. Int. Sci. Sol Léopoldville, IV, pp. 441-446.
- MANIL G. - 1956 - Aspects pédologiques de la classification des sols forestiers - Pédologie - Gand - t. IX. pp. 214-226.
- MANIL G. - 1956 - L'humus forestier - Propriétés générales - Bull. Soc. Roy. Forest. Belgique.
- MANIL G. et HANOTIAUX G. - 1957 - Données descriptives sur les Sols Bruns Acides et les Sols Bruns Ocreux (Brown-Podzolic Soils) des Ardennes belges - Pédologie, 7, pp. 239-245. Gand.
- MANIL G. - 1958 - Contribution à l'étude des loess ardennais - Bull. Soc. Belge Géol., 67, pp. 128-140. Bruxelles,
- MANIL G. - 1958 - La classification des sols forestiers. - Centre Et. sols forest. Ardenne et Gaume - Gembloux 28 p.
- MANIL G. - 1959 - General considerations on the problem of soil classification - Soil Sc. vol. 10, n° 1 - pp. 5-13.
- MANIL G. - 1959 - Climat et Pédoclimat - Discussion de notions de base - Bull. Soc. Royale Bot. Belgique - T. 91, pp. 217-238.
- MANIL G. - 1960 - Le Périglaciaire Prévurmien - Observations sur le remplissage des fentes de gel - Univ. Liège - vol. 17.
- MANIL G. - 1960 - Quelques observations sur les loess anciens de Belgique - Le périglaciaire pré-vurmien. Liège, Publ. Université.
- MANIL G. et DELECOUR F. - Identification en Belgique de loess typiques anté-rissiens, probablement d'âge Mindel - Soc. Géol. Belgique.
- MARECHAL R. et MAARLEVELD G. C. - 1955 - L'extension des phénomènes périglaciaires en Belgique et aux Pays-Bas - Med. Geol. Stichting, Nwe serie, 8, pp. 77-86.



- MARECHAL R. - 1956 - L'étude des phénomènes périglaciaires en Belgique - Rapport de la Commission de Morphologie Périglaciaire de l'U. G. I. 9e Assemblée Gle - 18e Congrès Intern.
- MARECHAL R. - 1958 - Contribution à l'étude des terrains superficiels de la région condrusienne - Pédologie, Mémoire 1, 320 p. Gand.
- MARTY J. R. - 1969 - Les boubènes. Caractères et propriétés physiques - Conséquences agronomiques - Thèse I. N. R. A. Toulouse, 135 p.
- MAUCORPS J. et al. - 1967 - Observations sur les formations à silex dans le département de l'Aisne - Mém. Soc. Géol. de France - 4 - pp. 51-59.
- MATHIEU C. - 1971 - Contribution à l'étude des formations argileuses à silex de Thiérache - Pédologie, XXI, 1°, - Gand.
- MERIAUX S. - 1954 - "Contribution à l'étude de l'analyse granulométrique" - I. N. R. A. ann. Agronomiques n° 1 et 2.
- MAUCORPS J., HEBERT J., JAMAGNE M., LORDEREAU B. - 1965 - Mémoire des cartes de sols : Hirson - Carte des sols de l'Aisne 1/25.000 - Publi. Ch. Agr. - St. Agro. Laon - 205 p.
- MATHIEU C., MAUCORPS J., HEBERT J. - 1971 - Mémoire des cartes de sols : Vervins 3-4/7-8 - Carte des sols de l'Aisne 1/25.000 - Publ. Ch. Agr. - St. Agro. Laon - 277 p.
- MEYER B., KALK E., FOLSTER H. - 1962 - Parabraunerden aus primär carbonathaltigem Würm - Löss in Niedersachsen - Z. Pflanzenernähr. Düng. - Bk - 99 - 37 - 54.
- MILLOT G. et CAMEZ T. - 1956 - Evolution des minéraux argileux dans les loess et lehms d'Achenheim (Alsace) - VIe Cong. Intern. Sci. Sol, Paris. Vol A.
- MILLOT G., CAMEZ T. et WERNERT P., 1957 - Evolution des minéraux argileux dans les loess et les lehms d'Achenheim (Alsace) - Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorraine - Strasbourg, 10, 17-19.
- MILLOT G. - 1964 - "Géologie des Argiles". - Masson, Paris. 499 p.
- MUCKENHAUSEN E. - 1966 - The Soil Classification System of the Federal Republic of Germany - Transaction. Meeting S. I. S. S., New-Zealand, pp. 376-397.
- MUCKENHAUSEN E. - 1962 - Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. - OLG Verlag-GMBH, 148 p. Frankfurt-Main.
- MUCKENHAUSEN E. - 1963 - "Der Pseudogley" - Science du sol n° 1.
- MUCKENHAUSEN E. - 1963 - Makromorphologische Kennzeichen verdichteter und verfestigter Böden - Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft, 17, pp. 26-31.
- NIKIFOROFF C. C., HUMBERT R. P. and CADY J. G. - 1948 - The hardpen in certain soils of the Coastal Plain Soil Sci., 65, pp. 135-153.
- NOIRFALISE A. - 1956 - La hêtraie ardennaise - Bull. Inst. Agric. Stat. Rech. de Gembloux, 14-2.

- PAEPE R. - 1967 - Comparative stratigraphy of Würm loess deposits in Belgium and Austria. Bull. Soc. belge Géol., t. LXXV (2), pp. 203-216. Bruxelles.
- PAEPE R. et VAN HOORNE R. - 1967 - The stratigraphy and paléobotany of the Late Pleistocene in Belgium. Mem. Expl. C. Geol. Belg., n° 8, 96 p., 29 fig.
- PAEPE R. - 1969 - Les unités litho-stratigraphiques du Pléistocène supérieur de la Belgique - Bull. Assoc. Franc. Etude Quaternaire - INQUA - pp. 45-52.
- PARFENOVA Ye. I. and YARILOVA Ye. A. - 1960 - The problem of lessivage and podzolization. Soviet Soil Sci. 9 : 913-925.
- PECROT A. & AVRIL P. - Les sols ardennais - Etude morphologique et génétique des sols bruns acides et des sols podzoliques de Saint-Hubert. Bull. Inst. Agr. de Gembloux, XXII, 1-2, 1954.
- PECROT R. - 1956 - Etude des sols de la Hesbaye occidentale - Thèse de doct. carte des sols de la Belgique.
- PEDRO G. - 1966 - Essai sur la caractérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération des roches superficielles. C.R. Acad. Sci. Fr., sér. D, t. 262, pp. 1828-1831.
- PEDRO G. - 1964 - "Contribution à l'étude expérimentale de l'altération géochimique des roches cristallines". Ann. Agr. Vol. 15, n° 2, pp. 85-192 ; n° 3 pp. 243-333 ; n° 4, pp. 339-456.
- PEDRO G. - 1968 - Note sur le microanalyseur à sonde électronique de Castaing. - INRA. - Texte ronéoté.
- PEDRO G. - 1968 - Distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe. Présentation d'une esquisse géographique. Rev. Géogr. phys. Géol. dyn., 10, pp. 457-470.
- PEDRO G. JAMAGNE M., BEGON J.C. - 1969 - Mineral interactions and transformations in relation to pedogenesis during the Quaternary - Soil Science - Vol. 107, n° 6 - pp. 462-469.
- PERIGAUD S. - 1963 - "Contribution agronomique à la mise en valeur de la Bresne - Thèse Clermont-Ferrand.
- PLAISANCE G. et VANDER MAREL H. W., - 1960 - Contribution à l'étude des limons des plateaux de la forêt de Chaux (Jura) - Ann. Agro. 11, 601-620 et 661-711.
- PLAISANCE G. - 1955 - "Les sols à similigley" Bulletin A.F.E.S.
- POMEROL Ch. et FEUGUEUR L. - L'Eocène du Bassin de Paris - Bull. de la Soc. Belge de Géologie, pp. 385-446. 1963.
- RANNEY R.W., BEATTY M.T. - 1969 - Clay translocation and albic tongue formation in two Glossoberalfs of West-Central Wisconsin - Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33, pp. 768-775.
- REMY J.C. - 1964 - Détermination de la densité apparente des mottes de terre - Bull. Ass. fr. Et. Sol, 7, pp. 278-281.
- RIEDEL C.E. et FRANC DE FERRIERE J. - 1951 - Les sols et les climats de la Brie, 232 p. Chez les auteurs.
- RIVIERE J.M., CRUCIANI P.M., HEBERT J., JAMAGNE M., MAUCORPS J. - 1970 - Mémoire des cartes de sols : Laon 3-4/7-8 - Château-Porcien 1-2/5-6 - Carte des sols de l'Aisne 1/25.000 - Publ. Ch. Agr. - St. Agro. Laon - 217 p.
- ROBERT M. - 1970 - Etude expérimentale de la désagrégation du granite et de l'évolution des micas - Thèse - 194 p. - Paris.

- RODE A.A., FEOFAROVA I.I. - 1955 - Data on the mineralogical composition of siliceous sprinkling in Forest Steppe Soils - Pochvovedenie, n° 9, pp. 58-60.
- RODE A.A. - 1965 - Podzolisation and lessivage. Pochvedenie, 1964 - Trad : Soviet Soil Science, avr. 1965, PP. 660-671.
- ROHDENBURG H. et MEYER B. - 1969 - Le Sud de la Basse Saxe et la Hege du Nord - Bull. Assoc. Franc. Etude du Quaternaire - pp. 33-36 - INQUA.
- ROISIN P. - 1962 - Contribution à l'étude de la végétation forestière des confins occidentaux du Massif Ardennais - Bull. Inst. Agro. Stat. Rech. de Gembloux, XXX, 3/4.
- RUELLAN A. - 1970 - Quelques réflexions sur la paléopédologie - Bull. A. F. E. Q. n° 23-24 - pp. 179-180.
- RUELLAN A. - 1971 - The History of Soils : Some Problems of Definition and Interpretation - International Society of Soil Science and Israel Univ. Press - pp. 3-15.
- RUHE R.V. - 1954 - Relations of the Properties of Wisconsin loess to topography in Western IOWA - America Journal of Science, vol. 252, pp. 663-672.
- RUHE V. - 1969 - Paleosols and soil stratigraphy - Etude du Quaternaire dans le monde - VIIIe Congrès INQUA - vol. 1, Section paléopédologie, pp. 335-340.
- RUHE R.V., MILLER G.A., VREEKEN W.J. - 1971 - Paleosols, Loess, Sedimentation and Soil Stratigraphy - International Society of Soil Science and Israel Univ. Press - pp. 41-60.
- RUSSEL R.J. - 1944 - Lower Mississippi Valley Loess - Bull. Géol. Soc. Am. 55, pp. 1-40.
- RUSSEL R.J. - 1944 - Origin of Loess - A reply - Am. J. Sci. 342, pp. 447-450.
- RUSSEL E.W. - 1961 - Soil conditions and plant growth, Longmans, London, 688 p.
- SCHAEFFER F., MEYER , GEBHARDT G. - 1966 - Pedochemische und kryoklastische Verlehmung (Tonbildung) in Böden aus kalkreichen Lockersedimentan (Beispiel Löss) - L. Pfl. Ernährung - Dungung - Bodenkunde (Weinkein) - 114, 2, pp. 77-89 -
- SCHEFFER F. - 1962 - Holocène weathering intensities and weathering sequences of mineral species and clay formation in soils developing from loose sedimentary parent material in the temperate humid zone of Middle Europe - Transactions Int. Soil Conf. Wellington (N-2), pp. 55-59.
- SCHWERTMANN U. - 1965 - Austauschbare Kationen und Dispersität von Tonen - Mitt. Deutsch - Bodenk. - Gesellsch. 4, pp. 129-130.
- SEDDOH F., ROBERT M. - 1972 - Intérêt de l'utilisation du microscope électronique à balayage pour l'étude des micas et de leur évolution - Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr., 95, pp. 75-83.
- SERVAT E. - 1966 - Sur quelques problèmes de cartographie pédologique en région méditerranéenne - C.R. Conf. SISS - Madrid.
- SCHUIJF-KARRING H. - 1962 - Verbesserung verdichteter Böden durch Untergrundlockerung und Tiefdüngung, Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 17, pp. 40-80.
- SEGALEN P. - 1965 - "Les produits alumineux dans les sols de la zone tropicale humide, 1ère partie : les produits alumineux". - Cahiers ORSTOM Pédologie, Vol. III, fasc. 2, pp. 149-176.
- SEGALEN P. - 1964 - Le fer dans les sols - Publication de l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer - Paris.

- SIMONSON R.W. - 1954 - Identification and interpretation of buried soils - Amer. Journ. Sc., vol. 252, pp. 705-732, New-Haven.
- SIMONSON R.W., CURTIS E., HUTTON. - 1954 - Distribution curves for loess- American Journal of Science, vol. 252, pp. 99-1051.
- SIMONSON R.W. - 1959 - Outline of generalized theory of soil genesis - Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 23, pp. 152-156.
- SIMONSON R.W. GARDINER D.R. - 1960 - Concept and fonctions of the pedon. Int. Congr. Soil Sci. 7. 1960. Madison, vol. IV, pp. 127-131.
- SIMONSON R.W. - 1963 - Soil correlation and the new classification System. Soil Sci., 96, n° 1, pp. 23-30.
- SMALLEY I.J., CABRERA J.G. - 1970 - The shape and surface texture of Loess articles - Geol. Soc. Am. Bull., 81, pp. 1591-1595.
- SMALLEY I. J. - 1971 - "In situ" theories of loess formation and the significance of the calcium-carbonate content of loess Earth Sci. Rev., 7, pp. 67-85.
- SMITH G. D. - 1942 - Illinois loess, variations in its properties and distributions - Univ. Ill. Bull., 490, pp. 139-183.
- SMITH G. D. - 1965 - Lectures on Soil classification - Pedologie, n° Spec. 4,
- SOMME J. - 1969 - Stratigraphie des limons de la région du nord de la France (Flandre-Artois) - Bull. Assoc. Franc. Etude du Quaternaire - INQUA - pp. 71-78.
- SOUCHIER B., DUCHAUFOUR Ph. - 1969 - Sur la stabilité des suspensions argileuses en milieu acide - C. R. Acad. Sc. Paris t. 268, pp. 1849-1852.
- SPIRESCU M. - Loessuri si soluri fosile - St. techn. écon. seria C, Pedologie, Inst. geol. nr. 16.
- SPRINGER E. - 1948 - The composition of the silt fraction as related to the development of soils from loess. Soil Sc. Soc. Amer. Proc., vol 13, pp. 461-467.
- STEPHEN I. - 1960 - Clay orientation in soils - Sci. Prog. 48 : 323-331.
- STOOPS G. - 1970 - Application du microscope électronique à balayage à la micromorphologie des sols - Symposium de micro. des sols - Texte ronéo - Grignon.
- SYS C. et al. - 1961 - La cartographie des sols au Congo, ses principes et ses méthodes - Public. Inst. Nation. Et. Agron. Congo. Série techn. n° 66, 149 p.
- SYS C. - 1960 - Principles of soil classification in the Belgian Congo, 7th Intern. Congr. Soil Sci., Madison, Wisc. U. S. A., IV, pp. 112-118.
- TAMURA T. - 1957 - Identification of the 14 Å clay mineral component. Am. Min., 42. pp. 107-110.
- TAVERNIER R. - 1947 - Aperçu sur la pétrologie des terrains post-paléozoïques de la Belgique - Bruxelles, M. Hayez, Imp. Acad. Royale de Belgique - pp. 69-90.
- TAVERNIER R. - 1947 - Note sur le Pléistocène récent de la Belgique - Bruxelles, M. Hayez, Impr. Acad. Royale de Belgique - pp. 311-317.

- TAVERNIER R. - 1948 - Les formations quaternaires de la Belgique en rapport avec l'évolution morphologique du pays. Bull. Soc. belge Géol., t. LVII (3), pp. 609-641. Bruxelles.
- TAVERNIER R. - 1954 - Le quaternaire. In : *Progrès d'une description géologique de la Belgique*, pp. 555-589. Liège.
- TAVERNIER R. & AMERYCKX J. - 1957 - Le postpodzol en Flandre sablonneuse. *Pédologie*, 7, pp. 89-96 - Gand.
- TAVERNIER R. & MARECHAL R. - 1957 - Les sols à fragipan dans la région condrusienne. *Pédologie*, 7, pp. 199-203 - Gand
- TAVERNIER R. et HEINZELIN J. DE - 1957 - Chronologie du Pléistocène supérieur, plus particulièrement en Belgique. *Géol. en Mijnbouw*, D. 7, pp. 306-309. La Haye.
- TAVERNIER R. & SMITH G. D. - 1957 - The concept of Braunerde (Brown Forest soil) in Europe and the United States - *Advances in Agr.* IX, pp. 217-289 - Ac. Press. Inc. Publi. New-York.
- TAVERNIER R. & MARECHAL R. - La carte des associations de sols de la Belgique. *Pédologie*, 8, pp. 134-182. Gand - 1958 -
- TAVERNIER R. & MARECHAL R. - 1962 - Soil Survey and Soil Classification in Belgium. *Transaction Meeting. S. I. S. S. New-Zealand*, pp. 298-307.
- TAVERNIER R. - 1964 - La genèse des sols de la Belgique. *Bulgarian Academy of Sciences Press. Sofia.*
- TAVERNIER R. & LOUIS A. - 1971 - La dégradation des sols limons sous monoculture de hêtres de la forêt de Soignes (Belgique) *An. Inst. St. Cerc. Pédol. Vol. XXXVIII* - pp. 167-191.
- THORP J., STRONG L. E., and GAMBLE E. - 1957 - Experiments in soil genesis - the role of leaching. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21 : 99-102.
- THORP J. - 1965 - "The nature of the Pedological Record of the quaternary" *Soil science.*
- TONNARD V. - 1964 - Techniques cristallographiques dans l'étude des argiles - *Ann. Gembl.* -4 - 259-272.
- TONNARD V. - 1966 - Le comptage morphoscopique des sables peut-il dépasser le stade qualitatif - *Bull. Rech. Agro.* - Gembloux. 1 - 4 - 629-645.
- TRICART J. - 1952 - La partie orientale du Bassin de Paris - *Etude morphologique* - Sedis - Paris.
- TRICART J. - 1956 - Carte des phénomènes périglaciaires quaternaires en France. *Mém. Expl. Carte géol. dét. France*, 40 p. Paris.
- TRICHET J. - 1970 - Rappels de notions simples concernant la microscopie électrique et l'analyse élémentaire par les microsondes. *Lab. Géol. Fac. Sc. Orléans.*
- TURC L. - 1953 - Le bilan d'eau des sols - Thèse - Paris.
- TURC L., GOBILLOT Th., BLAVEK R. et LECARPENTIER C. - 1963 - Cartes d'évapotranspiration potentielle - Interprétation et utilisation. *Bulletin Technique du Génie Rural n° 60* C. R. E. G. R. Antony.
- VAN DAMME J., PIETERS A. et DE LEENHEER L. - 1965 - Variation de la teneur en argile de l'horizon B textural des sols limoneux belges en fonction de leur localisation géographique et de leur classe de drainage. *Pédologie t. XV (1)* pp. 110-136. Gand.

- VAN DEN BROEK J. M. M. et VAN DER MAREL H. W. - 1968 - Weathering, Clay Migration and Podzolization in a Hydromorphic Loess Soil. *Geoderma*, 2 - pp 121-150.
- VANDERFORD H. B. and SHAFFER M. E. - 1966 - Comparaison of fragipan and bisequal profiles of the Gulf Coastal Plain with soils of Southern Loess Belt *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30, pp. 494-498.
- VAN DER MAREL H. W. and VAN DEN BROEK J. M. M. - 1962 - Calcium-magnesium and potassium - magnesium relations in loess soils of Limburg - 1962 - *Boor en Spade XII* - pp. 103-110.
- VAN SCHULENBORGH J. - 1965 - "The formation of sesquioxides in soils". *Experimental pedology*. Butterworths, London. pp 113-125.
- VELITCHKO A. - 1969 - Les traits essentiels de la stratigraphie des loess de la plaine d'Europe orientale - *Bull. Assoc. Franc. Etude Quaternaire - INQUA* - pp. 160-164.
- VINK A. - 1949 - Contribution to the knowledge of loess and coversands in particular of the Southeastern "Veluwe". - *Stichting voor Bodenkartering, Wageningen*, 147p., 14 fig.
- VINK A. P. A. - 1963 - Aspects de pédologie appliquée - A la Baconnière, Neufchatel.
- WAGGONER and BINGHAM C. - 1961 - Depth of loess and Distance from Source - *Soil Science* Vol. 92 n° 6.
- WASCHER H. L., HUMBERT R. P. and CADY J. C. - 1947 - Loess in the Southern Mississippi Valley : Identification and Distribution of the Sheets - *Soil Science Society of America* - vol 12.
- WERNERT - 1957 - "Stratigraphie paleontologique et préhistorique des sédiments quaternaires d'Alsace - ACHENHEIM" - *Mémoire de la carte Géologique d'Alsace Lorraine*.
- WINTERS E., SIMONSON R. W. - 1951 - The Subsoil, *Advances in Agronomy New-York*, 3, pp. 1-93.
- YARLOVA Ye. A. and PARFENOVA Ye. I. - 1957 - Newly formed clay minerals - U. S. Dept. of Commerce, Washington D. C.
- YASSOGLOU N. J. and WHITESIDE E. P. - 1960 - Morphology and genesis of soils containing fragipans - *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 24, pp. 396-407 .
- ZAYDELMAN F. R. - 1965 - "Mineral hydromorphic soils of the forest zone". *Pochvovedeniye*. N° 12, pp. 1408-1419.
- ZONN S. V. - 1966 - Brown earth formation, pseudopodzolisation and podzol formation - *Pochvedenie* 7.
- ZOTTL H. W. et KUSSMAUL H. - 1967 - Tonverlagerung in Lössböden unter Laubmischwald und Acker. *Anales de Edaf. y Agrobiol. veg.*, XXVI, 1-4, pp. 381-394.
- C. P. C. S. - 1963-1967 - Classification des Sols - I. N. R. A. - Versailles.
- XXX - 1951 - Soil Survey Manual - U. S. Dpt Agric. Handbook n° 18, 503 p.
- XXX - 1960-1967 - Soil classification 7th Approx. Soil Conservation Service - U. S. D. A. .

1. Le sol est un milieu complexe et hétérogène, caractérisé par une grande diversité de propriétés physiques, chimiques et biologiques. Ces propriétés sont influencées par des facteurs tels que le climat, la géologie, la pédologie et l'usage des terres.

2. L'étude du sol est essentielle pour comprendre les processus biogéochimiques qui y ont lieu, ainsi que pour évaluer l'impact des activités humaines sur la qualité des sols et les services écosystémiques qu'ils fournissent.

3. Les sols jouent un rôle crucial dans le cycle du carbone, le cycle de l'azote et le cycle de l'eau. Ils agissent comme des réservoirs importants de carbone organique et inorganique, contribuant ainsi à atténuer le changement climatique.

4. La dégradation des sols, due à des pratiques agricoles intensives, à l'érosion ou à la pollution, peut entraîner une perte de fertilité, une diminution de la biodiversité et une réduction des services écosystémiques.

5. Les recherches récentes ont permis de mieux comprendre les interactions complexes entre les différents composants du sol (minéraux, matière organique, micro-organismes) et leur impact sur les processus biogéochimiques.

6. L'utilisation de techniques avancées de caractérisation des sols, telles que la spectroscopie ou l'analyse génomique, permet d'obtenir des informations précieuses sur la composition et la fonction des sols.

7. Les connaissances acquises dans le domaine de la science du sol sont essentielles pour développer des pratiques agricoles durables, améliorer la gestion des terres et protéger les écosystèmes.

8. La recherche en science du sol continue de progresser, avec de nouvelles découvertes qui éclairent notre compréhension de ce milieu complexe et essentiel à la vie sur Terre.

9. Les sols sont des ressources précieuses et leur préservation est une priorité pour assurer la sécurité alimentaire et la santé de notre planète.

10. L'étude du sol est un domaine de recherche multidisciplinaire qui implique des connaissances en biologie, chimie, physique et géologie.

11. Les sols sont des écosystèmes à part entière, avec une biodiversité riche et complexe.

12. La science du sol est un domaine de recherche en constante évolution, qui s'adapte aux défis de notre époque.

13. Les sols sont des acteurs clés dans le cycle de la vie et de la matière sur Terre.

14. L'étude du sol est essentielle pour comprendre les impacts du changement climatique et développer des stratégies d'atténuation.

15. Les sols sont des ressources précieuses et leur préservation est une priorité pour assurer la sécurité alimentaire et la santé de notre planète.

- A N N E X E S -  
-----





- ANNEXE A LA DEUXIEME PARTIE -

---

PROFILS CARACTERISTIQUES

- 2.31. ARDENNE
- 2.32. THIERACHE
- 2.33. MARLOIS
- 2.35. PICARDIE
- 2.36. SOISSONNAIS
- 2.37. HAUTE-BRIE



2.31. PROFILS DE L'ARDENNE

- Hérson 57
- Hérson 53
- Hérson 37



PROFIL - HIRSON 57

Localisation

Forêt domaniale de Saint-Michel, en bordure de la Route Meunier,  
6ème série - Coupe 33.

Date - Conditions

9/6/64 - Temps ensoleillé.

atmosphériques

Végétation

Taillis clair après coupe récente à réserves de chênes, de bouleaux, de charmes  
et de trembles - Ronces, fougères, épilobes.

Position

Bordure de plateau, relief subhorizontal, légère pente à exposition Sud.

géomorphologique

Altitude

264 m.

Matériau originel

Recouvrement quaternaire de limons loessiques épais (plus de 4 m) reposant  
sur quartzites gris à phyllades noirs intercalés.

Economie en eau

Drainage externe : lent  
Drainage interne : imparfait.

Activités biologiques

Traces nombreuses, jusqu'au C.

Classification

Sol brun lessivé acide à pseudogley, Hapludalf aquique.

O<sub>1</sub>

Mull acide, fane épaisse.

A<sub>11</sub>

0 - 12/15 cm.

Limons moyens - Brun foncé : 10 YR 4/3 - Assez frais - Teneur en matière organique assez forte - Quelques grosses racines, nombreuses petites - Structure grumeleuse et granulaire, fine à moyenne, modérément développée - Friable - Limite distincte et irrégulière.

A<sub>12</sub>

- 27/30

Limons moyens - Brun jaune foncé : 10 YR 4/4 - Assez frais - Teneur en matière organique modérée - Quelques grosses racines, assez nombreuses petites - Structure grumeleuse et granulaire, fine à moyenne, modérément développée - Friable - Limite distincte et ondulée.

A<sub>3</sub>

- 53/55

Limons moyens plus argileux - Brun jaune foncé : 10 YR 4/4 et taches oxydées brun vif : 7,5 YR 5/8 - Frais - Faible teneur en matière organique - Quelques petites racines - Traces d'oxydation - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne modérément développée - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.

B<sub>21</sub> tg

- 72/75

Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Plages réduites brun jaune clair : 10 YR 4/4 - Taches oxydées brun vif : 7,5 YR 5/8 - Assez frais - Traces d'infiltration humifère - Rares petites racines - 10% de taches d'oxydo-réduction et quelques taches réduites - Structure polyédrique subangulaire, moyenne, bien développée - Friable à ferme - Limite graduelle et régulière.

- B<sub>22</sub>tg  
- 98  
Limon argileux - Mêmes couleurs que ci-dessus sauf l'oxydation ocre rouge : 5 YR 4/6 - Assez frais - Rares petites racines - 10% de taches oxydées et quelques taches réduites - Structure polyédrique subangulaire et angulaire moyenne, bien développée - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
- (II) B<sub>3</sub>g  
- 122  
Limon peu argileux - Mêmes couleurs que ci-dessus - Frais - Taches oxydées toujours assez nombreuses, plages réduites plus localisées - Structure polyédrique subangulaire moyenne modérément développée - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- (II) C<sub>1</sub>g  
- 145  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8, réduction : brun jaune clair : 10 YR 6/4, oxydation ocre rouge : 5 YR 4/6 - Frais - Toujours des petites racines localisées, taches d'oxydo-réduction avec le même recouvrement que ci-dessus - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière, modérément développée - Ferme - Limite distincte et régulière.
- (II) C<sub>2</sub>g  
- 180  
Limon moyen - Brun vif : 7,5 YR 5/8 - Réduction brun jaune clair : 10 YR 5/4 - Oxydation ocre rouge : 5 YR 4/6 - Frais - Rares petites racines, même importance des phénomènes d'oxydo-réduction - Structure polyédrique subangulaire grossière, modérément développée.

### Commentaires

Développé dans un loess très homogène, à moins de 4 % de sable, ce sol présente une légère variation granulométrique à partir de 100 cm, sensible dans les fractions limoneuses. L'indice d'entraînement de l'argile est de 1,38, il est plus important pour l'argile fine : 1,77.

On retrouve en profondeur un matériau originel partiellement altéré.

La porosité totale reste constante à partir de l'horizon Bt : 40 %, tandis que la stabilité structurale présente la variation classique des sols forestiers.

Développé en milieu acide, ce sol présente un rapport C/N de 14 dans l'horizon de surface, où il est particulièrement désaturé.

L'indice d'entraînement du fer libre est de 1,38, c'est-à-dire exactement celui de l'argile totale.

Le taux d'Al libre décroît régulièrement avec la profondeur, tandis que l'Al échangeable présente un maximum au niveau du Bt.

La capacité d'échange cationique (C.E.C.) de l'argile paraît relativement faible en surface.

Nous sommes donc en présence d'un sol brun lessivé acide à pseudogley développé dans un matériau assez altéré.







PROFIL - HIRSON 53

<u>Localisation</u>	Forêt de Saint-Michel - Coupe 21 - Près de la route de Saily.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	21/5/64 - Beau temps.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie à réserve très claire. <u>Strate arborescente</u> : charme, frêne, chêne, pédonculé, bouleau, hêtre. <u>Strate arbustive</u> : frêne, charme, bouleau, épine blanche. <u>Strate herbacée</u> : lamier, ronces, orties.
<u>Position géomorphologique</u>	Bordure de dôme faiblement marqué.
<u>Altitude</u>	268 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement limoneux quaternaire sur schiste et grès de Revin.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : modéré. Drainage interne : moyen.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes jusqu'au B <sub>1</sub> , faibles ensuite.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé acide, légèrement dégradé, à pseudogley. Hapludalf glossique.
O <sub>1</sub>	Couches L et F <sub>1</sub> peu importantes.
O <sub>2</sub>	Couche F <sub>2</sub> presque nulle.
A <sub>11</sub> 0 - 7 cm.	Limons moyens - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Assez frais à frais - Teneur en matière organique assez importante - Bonne activité racinaire, petites racines principalement - Structure grumeleuse fine moyennement développée - Friable - Limite distincte et ondulée.
A <sub>12</sub> - 14/16	Limons moyens - Brun à brun clair : 10 YR 4/3 - Assez frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation racinaire plus faible, quelques grosses racines - Structure grumeleuse fine, faiblement développée - Friable - Limite distincte et régulière.
A et B - 42/45	Limons moyens à argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Faible teneur en matière organique - Faible pénétration racinaire et quelques grosses racines - Quelques traces d'oxydation, 1 % de recouvrement - Structure grumeleuse fine à tendance polyédrique subangulaire, faiblement développée - Friable - Limite distincte et irrégulière.
B <sub>21</sub> t - 60	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Quelques traces d'infiltration de matière organique - Quelques petites racines - Oxydation peu marquée, 2 à 3 % de recouvrement - Structure polyédrique subangulaire, moyenne à grossière, moyennement développée - Quelques revêtements fins et discontinus - Friable à ferme - Limite distincte et irrégulière.

- B<sub>22</sub> t  
- 175  
Limon argileux - Brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Frais - Quelques petites racines - Oxydo-réduction légèrement plus marquée - 5 à 10 % de recouvrement pour l'oxydation et 2 à 3 % de recouvrement pour la réduction assez contrastée - Structure polyédrique subangulaire grossière, assez bien développée - Revêtements argileux orientés sur les faces des agrégats structuraux, assez continus - Ferme - Limite diffuse et ondulée.
- II B<sub>3</sub>  
- 109  
Limon argileux - Brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Réduction beige foncé : 10 YR 6/3 - Frais - Quelques rares radicules plaquées sur les faces structurales - Oxydo-réduction moyennement marquée, 10 à 15 % de recouvrement pour l'oxydation et 5 à 10 % de recouvrement pour la réduction - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière assez bien développée - Revêtements argileux moyennement épais en plages discontinues sur 20 à 30 % des faces structurales verticales - Ferme - Limite distincte et régulière.
- II C<sub>1</sub>  
- 148  
Limon moyen - Brun jaune clair : 10 YR 6/6 - Réduction beige foncé : 10 YR 6/4 - Frais - Quelques radicules localement - Oxydo-réduction identique à l'horizon sus-jacent - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière, assez bien développée - Ferme - Limite distincte et régulière.
- II C<sub>2</sub>  
+ 148  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Réduction beige foncé : 10 YR 6/3 - Frais - Oxydo-réduction identique à celle des horizons B<sub>3</sub> et C<sub>1</sub> - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière moyennement développée à tendance lamellaire.

### Commentaires

Ce sol a évolué aux dépens d'un matériau analogue au précédent, c'est-à-dire dans un loess à pourcentage de sable très peu important. Le dépôt paraît très homogène jusqu'à la profondeur de 75 cm où une variation assez analogue à celle observée dans le profil Hirson 57 intervient. Le sol paraît un peu plus évolué que le précédent, par l'ensemble de ses caractères.

L'indice d'entraînement de l'argile y est de 1,34, celui de l'argile fine de 1,80.

Ce sol est relativement pauvre, et la variation de la stabilité structurale est en relation étroite avec la teneur en matière organique, pour les horizons de surface. La réserve en eau utile est de 20 % environ sur l'ensemble du solum.

Un horizon A & B marque la dégradation peu accentuée du profil, qui est confirmée d'une part par la C.E.C. relativement faible en surface, d'autre part par les teneurs en Al libre qui, ici également, décroît très progressivement avec la profondeur.

L'indice d'entraînement du fer libre est de 1,42, c'est-à-dire légèrement supérieur à celui de l'argile.

Le milieu est désaturé, S/T de 25 à 80 % en profondeur, pour des pH variant entre 4,4 et 5,3.

Ce sol est donc, comme le précédent, du type sol brun lessivé acide, légèrement dégradé à pseudogley.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Fractionnement de l'argile									Calc.	M. O.
			Argiles	Limons				Sables fins		S. G.	0-0,2µ		
			0-2µ	2-10µ	10-20µ	20-50µ	50-100µ	100-200µ	200-2000µ				
A 2735	A <sub>11</sub>	0 - 7	21.4	14.0	17.3	37.2	2.8	0.4	0.6		6.3	7.3	14.1
A 2736	A <sub>12</sub>	- 14/16	20.6	14.8	18.0	39.6	2.7	0.4	0.5		3.4	7.2	13.4
A 2737	A & B	- 42/45	20.6	14.0	18.1	41.6	3.0	0.5	0.5		1.7	7.8	12.8
A 2738	B <sub>21t</sub>	- 60	25.6	14.0	18.2	38.5	2.6	0.5	0.6			12.0	13.6
A 2739	B <sub>22t</sub>	- 75	27.5	14.2	15.8	38.7	3.0	0.3	0.5			13.0	14.5
A 2740	IIB <sub>3</sub>	- 109	24.1	8.3	14.9	49.0	2.8	0.3	0.6			12.3	11.8
A 2741	IIC <sub>1</sub>	- 148	20.6	7.5	17.3	52.0	1.9	0.2	0.5			10.0	10.6
A 2742	IIC <sub>2</sub>	> 148	19.0	12.4	19.8	46.4	1.9	0.2	0.3			9.1	9.9

CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizons	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>				45.6	46.0	36.0	0.67	1.41	1.35	1.26	36.6	14.7	21.9
A <sub>12</sub>				44.8	38.6	40.4	0.81				33.6	11.2	23.4
A & B	1.29	2.44	47.1	38.2	7.2	30.4	1.18	-	-	-	32.8	5.5	23.3
B <sub>21t</sub>				24.0	2.4	10.6	1.59	-	-	-	30.5	14.0	16.5
B <sub>22t</sub>	1.44	2.47	41.7	13.4	1.2	4.2	1.64	0.86	0.90	0.86	31.8	12.4	19.4
IIB <sub>3</sub>	1.51	2.47	38.9	6.8	0.8	3.2	2.02	0.83	0.87	0.85	32.4	10.3	22.1
IIC <sub>1</sub>	1.54	2.50	38.4	4.0	1.0	3.0	2.21	0.82	0.84	0.82	32.2	10.0	22.2
IIC <sub>2</sub>	1.42	2.49	43.0	3.4	1.0	2.8	2.38	0.27	0.27	0.27	29.3	9.4	19.9

ANALYSE CHIMIQUE :

Horizons	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T x 100	T. 100 g argile	Fer libre Fe2O3 %	Fer HCl Fe2O3 %	Alum. éch. mgéq. %	Alum. libre Al2O3 %/∞
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>11</sub>	4.5		32.9	2.59	12.7	10.0	2.2	1.07	0.62	0.04	3.93	39.5	-	1.49	2.80	3.42	3.82
A <sub>12</sub>	4.4		17.3	1.31	13.2	8.7	1.1	0.80	0.23	0.03	2.16	24.8	-	1.56	2.90	4.75	3.40
A & B	4.7		8.6	0.83	10.3	6.9	2.0	0.63	0.17	0.04	2.84	41.5	(22)	1.67	3.00	4.22	3.38
B <sub>21t</sub>	4.6					10.3	1.7	1.60	0.21	0.04	3.55	34.5	40	1.88	4.12	6.36	3.19
B <sub>22t</sub>	4.8					11.2	3.6	2.37	0.28	0.07	6.32	56.4	41	2.04	4.18	5.91	2.65
IIB <sub>3</sub>	5.0					10.8	4.5	2.28	0.23	0.10	7.11	65.9	45	2.14	3.91	3.36	2.06
IIC <sub>1</sub>	5.0					10.1	4.9	2.28	0.20	0.08	7.46	74.2	49	1.75	3.60	2.24	1.76
IIC <sub>2</sub>	5.3					10.6	5.8	2.56	0.17	0.14	8.67	82.2	56	1.96	3.46	1.51	1.70



PROFIL - HIRSON 37

<u>Localisation</u>	Forêt domaniale de Saint-Michel - Près du carrefour de l'Etoile sur la route de Macquenoise - 1ère série - Coupe 12.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	16/4/64 - Temps couvert et chaud.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie claire : chêne sessile, bouleau verruqueux ; anémones, ronces.
<u>Position géomorphologique</u>	Dôme peu accentué.
<u>Altitude</u>	258 m.
<u>Matériau original</u>	Recouvrement limoneux quaternaire sur schistes cambriens à 4, 20 m.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : moyen Drainage interne : modéré.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes jusqu'au B <sub>21</sub> .
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé à "fragipan", à pseudogley. Fragiudalf aquique.
O <sub>1</sub>	L + F <sub>1</sub> : épaisse de 1 cm environ. Mull forestier gris très foncé (10 YR 3/1).
O <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> : pratiquement nulle.
A <sub>11</sub> 0 - 9 cm.	Limon moyen - Brun : 10 YR 3/3 - Assez frais - Accumulation de matière organique assez importante - Quelques grosses racines et feutrage racinaire bien développé - Quelques taches oxydées - Structure grumeleuse fine à moyenne, faiblement développée - Friable - Limite distincte et ondulée.
A <sub>12</sub> - 16	Limon moyen - Brun jaune foncé : 10 YR 4/4 - Assez frais - Infiltration moyenne d'humus - Quelques grosses racines et assez nombreuses petites - Quelques taches oxydées - Structure grumeleuse fine à moyenne, faiblement développée - Limite distincte et régulière.
A <sub>2</sub> /A <sub>3</sub> - 30/35	Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/4 et taches oxydées ocre rouge : 5 YR 5/6 - Assez sec - Infiltration d'humus notable - Colonisation racinaire moyenne, 2 à 3 % de taches oxydées - Structure granulaire à polyédrique fine à moyenne, modérément développée - Friable - Limite distincte et fortement ondulée.
B <sub>1</sub> - 50	Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/6, avec plages oxydées ocre rouge : 5 YR 5/6 et réduites beige foncé : 10 YR 6/3 - Infiltration d'humus localement - Colonisation racinaire faible - 5 à 10 % de plages oxydées et 3 % de plages réduites - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière, modérément développée - Friable à ferme - Petites concrétions ferro-manganiques - Limite distincte et régulière.

- (B)<sub>21</sub>  
- 72  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8, avec plages oxydées ocre rouge : 5 YR 5/6 et réduites gris rosé : 10 YR 6/2 - Assez frais à frais - Colonisation radiculaire très faible - 15 % de plages oxydées et autant de réduites - Structure polyédrique angulaire et lamellaire, fine à moyenne, modérément développée - Friable à ferme - Petites concrétions ferro-manganiques - Revêtements humifères dans les conduits fauniques, argilo-humifères sur quelques faces structurales - Limite graduelle et ondulée.
- (B)<sub>22</sub>  
- 92  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8 avec plages oxydées et réduites comme ci-dessus - Assez frais à frais - Petites racines très localisées - 20 % de plages oxydées et autant de réduites - Structure polyédrique angulaire grossière assez bien développée avec sous-structure lamellaire fine à moyenne, modérément développée - Revêtements humifères dans les conduits fauniques - Limite distincte et ondulée.
- II B<sub>22</sub> t<sub>gx</sub>  
- 110  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 et autres couleurs comme ci-dessus - Assez frais - Petites racines rares et localisées - 15 % de taches oxydées, 20 à 25 % de réduites - Structure lamellaire fine à moyenne, modérément développée - Revêtements argileux fins et assez continus sur les faces structurales, de couleur brune : 7,5 YR 4/4 - Ferme - Limite distincte et fortement ondulée.
- II B<sub>3</sub> g<sub>x</sub>  
- 130  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 avec plages oxydées ocre rouge : 5 YR 5/6 et réduites gris pâle : 10 YR 6/1 - Assez frais - Quelques rares petites racines - 15 % de plages oxydées, 10 % de réduites - Structure lamellaire fine à moyenne, faiblement développée - Ferme - Concrétions ferro-manganiques - Quelques revêtements argileux sur les faces de structure - Limite distincte et ondulée.
- II C<sub>1</sub> g<sub>x</sub>  
- 150  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8, autres couleurs comme ci-dessus - Assez frais - 15 % de plages oxydées et 5 % de réduites - Structure lamellaire fine à moyenne modérément développée - Très ferme - Concrétions ferro-manganiques - Limite distincte et ondulée.
- II C<sub>2</sub>  
+ 150  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8, autres couleurs comme ci-dessus - Frais - Taches oxydées et réduites moins nombreuses - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne faiblement développée - Ferme.  
Limon moyen vers 2, 20 m jusqu'à 2,90 m puis limon argileux et argilo-limoneux à 4 m.  
Arrêt sur schistes vers 4,20 m.

### Commentaires

Le sol auquel nous avons affaire ici est caractérisé par la présence d'un recouvrement probablement assez récent de granulométrie très homogène ; cette dernière varie peu jusqu'à près de 1 m, où un horizon argillique s'est développé dans un matériau plus ancien. La base du recouvrement de surface est mieux structurée et constitue un horizon (B).

Il paraît donc difficile d'envisager ici l'interprétation d'indices d'ontofnement.

Comme fréquemment, la densité apparente de la partie supérieure du matériau sous-jacent est plus élevée que dans le cas de matériaux plus homogènes, avec diminution corrélative de la porosité totale.

Le niveau immédiatement sous-jacent à l'horizon Bt présente les caractéristiques d'un horizon fragipan : densité apparente de 1,82, porosité inférieure à 30 %, avec les caractéristiques morphologiques correspondantes. Nous notons par ailleurs une diminution spectaculaire de la stabilité structurale à ce niveau, par rapport à l'ensemble du solum ; de même pour la réserve en eau utile, ce

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles			Limons			Sables fins			S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
			0-2 µ	2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ	0-0,2 µ	0,2-2 µ						
A 2496	A <sub>11</sub>	0 - 9	19.0	13.2	18.2	40.0	2.6	0.7	1.1			5.3	5.8	13.2			
A 2497	A <sub>12</sub>	- 16	18.1	14.9	19.8	39.8	2.9	0.5	0.9			3.1	4.7	13.4			
A 2498	A <sub>2/A3</sub>	- 30/35	18.0	14.7	19.6	41.4	2.7	0.8	1.2			1.5	4.6	13.4			
A 2499	B <sub>1</sub>	- 50	18.8	15.6	18.1	42.0	2.8	0.9	1.8				5.7	13.1			
A 2500	(B) <sub>21</sub>	- 72	18.9	15.7	16.5	44.4	2.9	0.5	1.1				3.2	15.7			
A 2501	(E) <sub>22</sub>	- 92	17.9	15.5	18.8	44.1	2.4	0.4	0.9				6.0	11.9			
A 2502	IIB <sub>22tgx</sub>	- 110	26.9	12.6	17.7	39.4	2.3	0.3	0.8				10.2	16.7			
A 2503	IIB <sub>3gx</sub>	- 130	24.4	15.1	16.0	40.8	2.5	0.4	0.8				9.8	14.6			
A 2504	IIC <sub>1gx</sub>	- 150	22.4	14.2	16.7	42.1	2.3	0.4	1.9				7.9	14.5			
A 2505	IIC <sub>2</sub>	- > 150	31.2	12.6	15.2	38.1	1.9	0.3	0.7				11.1	20.1			

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2.5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>				51.2	48.4	43.6	0.93	0.71	0.74	0.74	35.4	11.7	23.7
A <sub>12</sub>				49.2	50.0	44.8	0.64	1.54	1.48	1.42	31.0	9.8	21.2
A <sub>2/A3</sub>	1.36	2.47	44.9	41.6	14.9	35.2	0.97	1.15	1.13	1.11	25.4	8.6	16.8
B <sub>1</sub>				27.2	5.6	16.7	1.39	0.93	0.93	0.93	27.4	9.1	18.3
(B) <sub>21</sub>	1.56	2.53	38.3	25.2	4.6	12.6	1.48	0.92	0.92	0.92	27.5	8.9	18.6
(B) <sub>22</sub>	1.58	2.50	36.8	13.4	2.2	6.8	1.78	0.85	0.85	0.85	28.0	7.5	19.5
IIB <sub>22tgx</sub>				13.2	2.4	7.2	1.78	0.59	0.59	0.59	28.5	10.7	17.8
IIB <sub>3gx</sub>	1.69	2.56	34.0	10.6	1.8	5.2	1.86	0.41	0.33	0.39	27.7	11.0	16.7
IIC <sub>gx</sub>	1.82	2.53	28.1	4.0	2.5	4.4	2.34	1.73	1.43	1.73	24.4	8.9	15.5
IIC <sub>1</sub>				9.8	1.6	4.4	1.92	0.50	0.39	0.39	30.7	13.0	17.7
IIC <sub>2</sub>													

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0							% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCl Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. mg/g	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / 100
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S							
A <sub>11</sub>	7.0		27.5	1.70	16.2	12.7	17.2	1.98	0.82	0.14	20.14	-	-	1.48	-	-	-	
A <sub>12</sub>	5.3		16.1	1.10	14.6									-	-	3.55	3.14	
A <sub>2/A3</sub>	4.9		7.5	0.75	10.0	6.9	0.4	0.40	0.78	0.02	1.60	23.2	(26)	1.51	3.23	4.62	3.00	
B <sub>1</sub>	4.7													-	-	4.40	2.84	
(B) <sub>21</sub>	4.7					6.3	0.6	0.96	0.23	0.03	1.82	28.9	33	1.65	3.43	5.07	2.46	
(B) <sub>22</sub>	4.9					7.1	1.2	1.20	0.19	0.04	2.63	37.0	40	1.45	3.13	3.78	2.30	
IIB <sub>22tgx</sub>	5.0													-	-	5.69	2.76	
IIB <sub>3gx</sub>	5.1					12.2	5.8	2.87	0.29	0.11	9.07	74.3	50	2.15	-	5.02	2.46	
IIC <sub>1gx</sub>	5.4					9.9	3.7	2.36	0.14	0.08	6.28	63.4	44	2.31	3.75	2.98	2.17	
IIC <sub>2</sub>	5.4					13.7	4.8	3.10	0.17	0.13	8.20	59.9	44	2.51	-	4.80	2.57	





qui indiquerait une diminution sensible de la microporosité.

L'horizon de surface présente une particularité : pH de 7,0 et rapport C/N de 16,2, il s'agit d'un mull saturé qui surmonte des horizons fortement désaturés. Une activité biologique importante et très superficielle pourrait en être la cause.

Le fer libre présente des teneurs constantes dans le recouvrement, 1,45 à 1,65, pour augmenter sensiblement en profondeur.

L'Al libre présente, après une diminution assez constante vers le bas, une certaine augmentation au niveau de l'horizon Bt.

Compte tenu du recouvrement, ce sol peut être considéré comme sol brun lessivé à fragipan, à pseudogley.

o

o o

Il y a une certaine ambiguïté dans le terme "sol" qui peut désigner soit le sol en tant que tel, soit le sol en tant que support de la vie végétale. Dans ce dernier cas, le sol est considéré comme un écosystème complexe et dynamique, capable de réguler le cycle des nutriments et de stocker l'eau. Cette vision holistique du sol est essentielle pour comprendre son rôle dans le maintien de la biodiversité et la production agricole durable.

2.32. PROFILS DE THIERACHE

- *Hirson 24*
- *Hirson 61*
- *Rozoy 24*
- *Rozoy 19*



PROFIL - HIRSON 24

<u>Localisation</u>	Carte Hirson 1-2 - M1P - Bois Saint-Denis - En bordure route de Clairefontaine.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	31/1/64 - Temps couvert et froid.
<u>Végétation</u>	Prairie permanente.
<u>Position géomorphologique</u>	Très léger dôme.
<u>Altitude</u>	228 m.
<u>Matériau originel</u>	Epais recouvrement limoneux reposant sur le Crétacé supérieur.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : moyen Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes dans l'ensemble du profil - Nombreuses galeries de lombrics et débris coprogènes.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé à fragipan à pseudogley. Fragludalf aquique.
A <sub>11</sub> 0 - 17 cm.	Limons moyens - Brun gris très foncé : 10 YR 4/2 - Très frais - Teneur en matière organique assez élevée - Important feutrage radicellaire - Quelques silex et débris de briques - Phénomènes d'oxydo-réduction et de gleyification moyennement marqués (plus ou moins 15 %) - Gley de prairie - Structure grumeleuse fine à moyenne, bien développée - Friable - Limite diffuse et régulière.
A <sub>12</sub> - 28	Limons moyens - Brun gris très foncé : 10 YR 4/2 - Frais - Bonne infiltration humifère - Colonisation radicellaire moyenne - Quelques taches d'oxydation et de réduction réparties sur l'ensemble du matériau - Structure grumeleuse à polyédrique subangulaire moyenne, modérément développée - Friable - Limite distincte et ondulée.
A <sub>2</sub> - 35/40	Limons moyens - Brun : 10 YR 4/3 - Très frais - Assez faible teneur en matière organique - La colonisation radicellaire demeurant assez bonne - Les plages oxydées (plus ou moins 15 %) ont un recouvrement moyen par rapport aux plages réduites, très éparées - Structure granulaire moyenne peu développée - Friable - Limite distincte et irrégulière (horizon pénétrant dans le B <sub>1</sub> ).
B <sub>1</sub> - 50/55	Limons argileux - Brun jaune foncé : 10 YR 6/4 - Frais - Teneur en matière organique identique à l'horizon sus-jacent - Radicelles éparées - Phénomènes d'oxydo-réduction et de réduction semblables à l'horizon A <sub>2</sub> - (Quelques conduits gleyifiés) - Structure polyédrique angulaire moyenne à grossière, modérément développée - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.
B <sub>21</sub> tg - 75	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - Infiltration de matière organique le long des conduits radicellaires et se limitant à quelques poches - Radicelles assez éparées - On remarque des taches de rouille de couleur brun foncé : 7,5 YR 4/4 - (plus ou moins 15 %) et quelques taches de gley de couleur brun clair : 10 YR 5/3 - (- de 5 %), mais quelques conduits sont réduits - Structure lamellaire fine à moyenne, modérément développée à sous-structure polyédrique subangulaire moyenne - Revêtements fins et discontinus de couleur brune - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.

- B<sub>22</sub> tg  
- 100  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques poches humifères, localisées le long des conduits radiculaires - Faible colonisation racinaire - Phénomènes de pseudogley faiblement marqués, le gley se localisant sur les conduits, la rouille étant plus brune : 5 YR 3/8 brun rouge foncé - Nombreuses faces structurales recouvertes de concrétions de manganèse - Structure lamellaire moyenne à grossière, très faiblement développée - Revêtements argileux fins et discontinus, brun rouge - Ferme - Limite diffuse et ondulée.
- B<sub>3</sub>  
- 137  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez sec - Quelques taches de rouille (plus ou moins 4 %) et assez nombreuses plages réduites (plus ou moins 20 %) - Structure lamellaire moyenne à grossière, modérément développée, avec sur-structure prismatique moyenne, fentes verticales descendant jusque dans le B/C. - Quelques revêtements argileux fins et discontinus, se limitant aux faces structurales - Ferme - Limite distincte et régulière.
- B/Cg  
- 150  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez sec - Quelques taches d'oxydation brun rouge : 5 YR 5/5 - Très éparses, de gley, beige foncé : 10 YR 6/3, se localisant sur les conduits pour un recouvrement inférieur à 10 % - Structure lamellaire fine à moyenne, faiblement développée, reprise dans une structure prismatique - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
- C  
+ 150  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez sec - Les phénomènes d'oxydo-réduction se marquent faiblement dans cet horizon - Structure lamellaire fine à moyenne, très faiblement développée, reprise dans une structure prismatique grossière - Ferme.

#### Commentaires

Le profil présente une homogénéité très satisfaisante en ce qui concerne la granulométrie des fractions limoneuses et sableuses ; une légère influence plus grossière se marque cependant dans les 40 premiers centimètres.

L'illuviation est relativement importante, l'indice d'entraînement est de 1,5.

En ce qui concerne les caractéristiques physiques, on note une diminution assez notable de la porosité au niveau de l'horizon B<sub>3</sub> gx : 35 %. Ce niveau coïncide par ailleurs à une diminution de la stabilité structurale et de la réserve en eau.

Situé sous prairie, ce sol présente un pH variant de 6,2 à 7,3, et est saturé ; le rapport C/N est naturellement voisin de 10.

Notons une teneur en Mg échangeable sensiblement plus basses que dans les sols ardennais.

L'indice d'entraînement du fer libre est de 1,82, ce qui est assez important. Peut-être les conditions relativement réductrices liées à la présence de l'enracinement important de la prairie, et matérialisées par le "gley de prairie", en sont-elles partiellement responsables.

Nous avons donc affaire ici à un sol brun lessivé à fragipan et pseudogley.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles			Limons		Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 μ	2-20 μ	20-50 μ	50-100 μ	100-200 μ	200-2000 μ	0-0,2 μ	0,2-2 μ				
A 1978	A <sub>11</sub>	0 - 17	18.6	25.3	41.9	5.7	1.3	1.6		5.7				
A 1979	A <sub>12</sub>	- 28	16.7	25.1	44.7	6.9	1.9	1.9		2.8				
A 1980	A <sub>2</sub>	- 35/40	18.1	29.7	44.6	5.3	0.7	1.6		1.5				
A 1981	B <sub>1</sub>	- 50/55	23.2	32.3	38.6	4.2	0.1	1.6						
A 1982	B <sub>21</sub> tg	- 75	23.6	33.9	38.1	3.7	0.1	0.6						
A 1983	B <sub>22</sub> tg	- 100	25.0	30.9	40.2	3.3	0.1	0.5						
A 1984	B <sub>3</sub> gx	- 137	25.1	33.4	37.7	3.1	0.1	0.6						
A 1985	B/C	- 150	23.5	33.6	37.7	4.6	0.1	0.5						
A 1986	C	> 150	17.5	35.8	41.3	4.9	0.1	0.4						

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>	1.33	2.56	48.1	28.8	18.2	23.0	1.02	1.35	1.34	1.33	35.7	12.2	23.5
A <sub>12</sub>				29.2	14.8	21.4	1.24	1.35	1.35	1.35	31.2	9.0	22.2
A <sub>2</sub>	1.44	2.53	43.1	23.4	4.9	12.4	1.42	0.95	0.82	0.70	29.2	7.5	21.7
B <sub>1</sub>				20.2	3.8	9.6	1.65	0.80	0.80	0.71	29.8	10.7	19.1
B <sub>21</sub> tg	1.70	2.67	35.3	8.8	1.3	3.6	2.18	0.52	0.55	0.55	27.2	9.3	17.9
B <sub>22</sub> tg	1.63	2.60	37.6	5.0	1.4	3.0	2.27	0.72	0.67	0.64	29.4	10.4	19.0
B <sub>3</sub> gx	1.71	2.63	35.0	4.4	1.5	3.2	2.40	0.33	0.29	0.29	25.9	11.5	14.4
B/C				9.0	1.5	5.0	2.03	0.35	0.38	0.35	37.7	13.1	24.6
C	1.63	2.63	38.0	12.6	1.7	8.4	1.81	0.28	0.28	0.25	27.5	10.7	16.8

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7.0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre %	Fer HCl Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /‰
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>11</sub>	6.2		28.3	2.60	10.9	9.6	8.9	1.98	0.53	0.11	11.42	Sat	-	1.19			
A <sub>12</sub>	6.3		14.2	1.49	9.5	8.9	8.2	1.62	0.37	0.10	10.29	"	-	1.17			
A <sub>2</sub>	6.6					7.8	7.8	0.91	0.23	0.09	9.03	"	43	1.45			
B <sub>1</sub>	6.9																
B <sub>21</sub> tg	7.1					10.1	9.8	0.90	0.20	0.11	11.01	"	43	2.14			
B <sub>22</sub> tg	7.2																
B <sub>3</sub> gx	7.3					10.7	12.3	1.14	0.22	0.13	13.79	"	43	2.05	3.72		
B/C	6.9																
C	7.0					10.0	8.7	1.79	0.20	0.09	10.78	"	57	2.15	3.61		





PROFIL - HIRSON 61

<u>Localisation</u>	Bois de Hauty - Route de Milourd - 3e Laie W, Commune de Mondrepuis.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	12/6/64 - Beau temps depuis plusieurs jours.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie à réserve de chênes pédonculés et sessiles, frênes, bouleaux et aulnes - Dans le taillis : les mêmes essences plus le charme et le coudrier.
<u>Position géomorphologique</u>	Légère pente nord-nord-ouest (3 - 5 %).
<u>Altitude</u>	236 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement limoneux quaternaire reposant sur formations à silex.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : moyen Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes jusqu'au B <sub>1</sub> , nombreuses galeries de lombricides ; diminuent fortement ensuite.
<u>Pierrosité</u>	Importante à partir du B <sub>3</sub> .
<u>Classification</u>	Sol lessivé acide à pseudogley. Hapludalf aquique.
O <sub>1</sub>	Couche L : peu importante.
O <sub>2</sub>	Couche F : pratiquement nulle.
A <sub>11</sub> 0 - 8/10 cm.	Limon moyen - Brun-gris très foncé : 10 YR 3/2 - Teneur assez importante en matière organique - Forte colonisation radiculaire bien répartie - Structure grumeleuse fine à moyenne, moyennement développée - Friable - Limite distincte et ondulée.
A <sub>12/A<sub>2</sub></sub> - 23	Limon moyen - Brun-jaune : 10 YR 5/4 - Sec - Faible teneur en matière organique - Bonne colonisation radiculaire - Structure grumeleuse fine à moyenne, moyennement développée - Friable - Limite graduelle et ondulée.
A <sub>3</sub> - 44	Limon moyen à limon argileux - Brun-jaune : 10 YR 5/4 - Sec - Infiltrations de matière organique localisées - Radicelles nombreuses, quelques grosses racines - Taches de rouille peu nombreuses et faiblement contrastées - Structure grumeleuse fine peu développée, à granulaire fine - Friable - Limite distincte et régulière.
B <sub>1g</sub> - 60/62	Limon argileux - Brun-jaune et brun-jaune foncé : matrice : 10 YR 5/4, ox. 10 YR 4/4, réd. : 10 YR 6/3 - Sec - Quelques infiltrations de matière organique - Peu de racines - Phénomènes d'oxydo-réduction bien contrastés, 10 % de recouvrement d'oxydation, 5 - 10 % de réduction - Structure granulaire fine à moyenne, moyennement développée - Quelques revêtements argileux fins et discontinus sur les faces de structure - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.

- B<sub>21</sub> tg**  
- 83/88  
Limon argileux - Brun-jaune plus brun-rouge et beige foncé : 10 YR 5/3 + ox. : + 5 YR 4/4 + réd. : 10 YR 6/3 - Sec - Quelques radicules localisées - Oxydo-réduction contrastée, 10 % de recouvrement pour l'oxydation, 2-3 % pour la réduction - Structure granulaire fine à polyédrique subangulaire moyenne, assez bien développée - Revêtements argileux fins assez continus sur la majorité des faces structurales - Friable à ferme - Limite distincte et irrégulière.
- B<sub>22</sub> tg**  
- 110  
Limon argileux - Brun-jaune plus ocre-rouge et beige foncé : 10 YR 5/8 + ox. : 5 YR 4/5 + réd. : 10 YR 6/3 - Sec à assez sec - Quelques radicules éparses - Oxydation sur 5 - 10 %, réduction sur 5 %, à contraste assez marqué - Structure polyédrique subangulaire moyenne, assez bien développée - Revêtements argileux sur 40-50 % des faces des agrégats - Ferme - Limite distincte et ondulée.
- B<sub>3</sub> g**  
- 125/130  
Argile limoneuse - Brun-jaune plus brun-rouge et gris : 10 YR 5/8 + ox. : 5 YR 4/3 + réd. : 10 YR 6/1 - Assez sec - Présence de quelques silex rouges répartis au contact de l'horizon sous-jacent - "Mottling" analogue à celui du B<sub>22</sub> tg - Structure polyédrique subangulaire moyenne à grossière, moyennement développée - Quelques coatings sur les principales faces verticales - Ferme - Limite distincte et ondulée.
- II C<sub>1</sub> g**  
- 150  
Argile limoneuse - Brun-jaune plus brun-rouge et gris : 10 YR 5/6 + ox. : 5 YR 4/4 + réd. : 10 YR 5/1 - Assez frais - Charge faible en silex, principalement fragmentés - Oxydo-réduction très contrastée : recouvrement 10 %, réduction : 15 - 20 % - Structure polyédrique subangulaire grossière à moyenne, moyennement développée - Ferme - Limite distincte et ondulée.
- II C<sub>2</sub> g**  
- 175/180  
Argile - Brun-jaune plus brun-rouge et gris : 10 YR 5/5 + ox. : 5 YR 4/4 + réd. : 10 YR 5/1 - Assez frais - Charge faible en fragments de silex noirs - "Mottling" analogue à l'horizon sus-jacent - Structure polyédrique subangulaire grossière, assez mal développée - Ferme - Limite diffuse et ondulée.
- II C<sub>3</sub> g**  
+ 175/180  
Argile lourde - Gris plus brun-rouge : réd. : 10 YR 5/1 + ox. : 5 YR 4/4 - Frais - Charge importante en fragments de silex brisés - Horizon bariolé - Structure massive - Ferme à très ferme.

### Commentaires

Reposant sur formations à silex, le limon de couverture présente une bonne homogénéité jusqu'au contact avec le substrat, vers 120 cm.

Le lessivage est assez important, indice de 1,73 pour l'argile 0 - 2  $\mu$ , près de 3 pour l'argile fine.

La discontinuité est marquée par une diminution de la porosité totale : 31,9, allant de pair avec une diminution de la perméabilité et une augmentation de l'instabilité structurale : log 10 Is : 1,98 / 1,77, log 10 K : 0,37 / 0,50.

Ce sol, situé sous végétation forestière, est fortement désaturé en surface, le rapport C/N y est proche de 13. L'humus se présente cependant comme du type mull acide.

L'appauvrissement en bases échangeables est manifeste dans les horizons supérieurs, tandis qu'un enrichissement assez net en Mg s'observe en profondeur. La C.E.C. de l'argile, assez faible en surface, atteint 50 à 55 méq. en profondeur.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argiles		Limons				Sables fins		S. G.	> 2 mm.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
				0-2 $\mu$	2-10 $\mu$	10-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-100 $\mu$	100-200 $\mu$	200-2000 $\mu$	0-0,2 $\mu$	0,2-2 $\mu$				
A 3151	A <sub>11</sub>	0 - 8/10	2,5 Y 5/2	18.5	4.0	26.8	44.9	3.1	1.0	1.7		5.0	4.9	13.6		
A 3152	A <sub>12/A2</sub>	- 23	10 YR 7/4	16.9	14.6	21.1	40.0	3.5	0.9	1.7		1.3	4.6	12.3		
A 3153	A <sub>3</sub>	- 44	10 YR 7/4	20.1	13.8	19.4	39.9	3.0	1.0	1.9		0.9	5.9	14.2		
A 3154	B <sub>1g</sub>	- 60/62	10 YR 7/3	26.7	12.2	16.2	39.1	3.1	0.8	1.3		0.6	10.3	16.4		
A 3155	B <sub>21tg</sub>	- 83/88	10YR8/3 6/6	29.2	11.4	14.6	40.2	3.3	0.7	0.6			12.9	16.3		
A 3156	B <sub>22tg</sub>	- 110	2,5 Y 8/2	28.4	11.4	14.2	40.9	3.1	1.3	0.7			14.1	14.3		
A 3157	B <sub>3g</sub>	- 125/130	5 Y 7/2	32.6	11.4	12.3	30.1	6.0	6.5	1.1			16.9	15.7		
A 3158	IIC <sub>1g</sub>	- 150	2,5 Y 7/2	34.1	7.2	6.4	20.6	10.2	18.6	2.9			19.3	14.8		
A 3159	IIC <sub>2g</sub>	- 175/180	2,5 Y 6/2	38.5	4.0	4.8	13.8	8.8	26.0	4.1			21.5	17.0		
A 3160	IIC <sub>3g</sub>	> 175/180	5 Y 5/3	47.6	3.2	1.6	11.6	5.7	23.2	7.1	28.5		30.8	16.8		

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>				40.4	43.6	33.2	0.73	1.31	1.28	1.25	27.9	10.0	17.9
A <sub>12/A2</sub>				19.6	6.6	14.4	1.40	0.99	0.94	0.87	25.4	7.1	18.3
A <sub>3</sub>	1.16	2.38	51.3	24.2	6.4	19.2	1.33	1.12	1.11	1.05	24.2	6.9	17.3
B <sub>1g</sub>				25.6	3.8	12.4	1.43	0.94	0.97	0.97	26.4	9.7	16.7
B <sub>21tg</sub>				21.6	5.2	13.8	1.42	0.90	0.93	0.91	30.2	11.3	18.9
B <sub>22tg</sub>	1.66	2.60	36.2	8.4	2.0	4.4	1.98	0.37	0.42	0.37	26.8	11.4	15.4
B <sub>3g</sub>	1.77	2.60	31.9	10.8	2.2	5.7	1.77	0.50	0.50	0.50	27.3	12.9	14.4
IIC <sub>1g</sub>	1.71	2.58	33.7	13.6	3.8	10.4	1.60	0.78	0.78	0.74	25.4	13.2	12.2
IIC <sub>2g</sub>	1.67	2.58	35.3	21.0	5.8	15.0	1.50	0.93	0.88	0.83	28.0	15.2	12.8
IIC <sub>3g</sub>				30.0	14.0	34.4	1.22	1.06	0.94	0.86	44.0	22.0	22.0

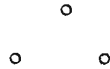
## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0							% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre %	Fer HCl %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre mg/100g
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S							
A <sub>11</sub>	4.4		25.05	1.95	12.8	8.7	2.0	1.11	0.39	0.05	3.55	40.0	-	1.70	-	2.13		
A <sub>12/A2</sub>	4.6		6.65	0.64	10.4	6.2	0.8	0.53	0.18	0.03	1.54	25.0		1.66	3.11	2.13		
A <sub>3</sub>	4.3		4.65	0.39	11.9	6.2	0.8	0.63	0.17	0.03	1.63	26.5	(27)	1.65	3.20	2.21		
B <sub>1g</sub>	4.2		3.1	0.47	6.6	9.8	1.2	1.07	0.26	0.06	2.59	26.4	(35)	2.01	5.29	2.36		
B <sub>21tg</sub>	4.5					13.7	4.6	2.46	0.35	0.11	7.52	55.1	47	2.01	3.73	2.12		
B <sub>22tg</sub>	4.9					15.5	7.6	2.87	0.35	0.18	11.00	71.2	55	2.17	2.27	1.77		
B <sub>3g</sub>	5.2					17.2	12.0	3.33	0.34	0.28	15.95	92.7	53	2.54	0.96	1.39		
IIC <sub>1g</sub>	5.0					17.0	12.4	3.11	0.34	0.29	16.14	95.2	49	1.94	0.75	1.05		
IIC <sub>2g</sub>	5.0					19.9	14.8	3.57	0.44	0.38	19.19	96.4	52	4.30	0.32	1.01		
IIC <sub>3g</sub>	5.2													0.49	1.34			



En ce qui concerne le fer et l'alumine libre, le premier présente un indice d'entraînement légèrement inférieur à celui de l'argile : 1,54, tandis qu'une légère accumulation d'Al s'observe à la partie supérieure du Bt.

Ce sol semble déjà marqué par une certaine altération minéralogique, mais très légère, et doit se classer comme sol brun lessivé acide à pseudogley.



1. L'objectif de ce document est de fournir des informations sur les conditions de travail et de santé des salariés de l'entreprise. Les données sont issues de l'annuaire de l'INSEE et de l'annuaire de l'INSEE de la région Île-de-France. Les données sont actualisées au 31/12/2010. Les données sont exprimées en nombre de salariés. Les données sont exprimées en nombre de salariés. Les données sont exprimées en nombre de salariés.

PROFIL - ROZOY 24

<u>Localisation</u>	Route de Noircourt - Rozoy-sur-Serre.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	10/3/67 - Temps frais.
<u>Végétation</u>	Labour.
<u>Position géomorphologique</u>	Large dôme.
<u>Altitude</u>	205 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrements limoneux successifs.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes jusqu'au niveau de l'horizon B/C, diminuant ensuite assez nettement jusqu'au deuxième sol. Dans celui-ci nombreux conduits de lombrics tapissés d'une pellicule humifère importante.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé à pseudogley. Hapludalf aquique à Haplaqualf aérique.
<u>Remarques</u>	Des revêtements argileux épais et continus s'observent très bien sur les faces préférentielles de structure et ce jusqu'au fond du profil. On les observe d'une manière générale sur les faces verticales de fentes de retrait. Le niveau II C <sub>2</sub> constitue vraisemblablement la partie inférieure d'un ancien horizon d'accumulation.
Ap <sub>1</sub> 0 - 12 cm.	Limon moyen - Brun clair à brun : 10 YR 4/3 - Frais - Teneur en matière organique moyenne - Quelques petites racines - Charge en cailloux faible à moyenne - Structure grumeleuse modérément développée à polyédrique subangulaire fine moyennement développée - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
Ap <sub>2</sub> - 20/22	Limon argileux - Brun clair à brun : 10 YR 4/3 - Frais - Teneur en matière organique assez forte - Quelques petites racines - Charge en cailloux faible à moyenne - Structure grumeleuse fine à moyenne modérément développée à polyédrique subangulaire moyenne modérément développée - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
B <sub>21</sub> tg - 33	Limon argileux - Brun clair : 10 YR 5/3, plages oxydées de couleur brun jaune : 10 YR 5/6, plages réduites de couleur beige foncé : 10 YR 6/3 - Frais - Teneur en matière organique faible - Colonisation radicellaire faible - Oxydo-réduction bien contrastée, 15 - 30 % de recouvrement d'oxydation, 2 - 5 % de réduction - Structure polyédrique angulaire à polyédrique subangulaire fine à moyenne modérément développée - Concrétions Fe - Mu - Revêtements argilo-humifères fins et discontinus - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.



- B<sub>22</sub> tg  
- 48  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4, plages oxydées de couleur brun franc : 7,5 YR 5/8 - 5/6, plages réduites de couleur gris brun pâle : 2,5 Y 6/2 - Frais - Teneur en matière organique très faible - Colonisation radicellaire très faible - Oxydo-réduction assez bien contrastée, 25 à 30 % de recouvrement d'oxydation, 5 à 15 % de réduction - Structure polyédrique angulaire à polyédrique subangulaire moyenne à grossière, assez bien développée - Concrétions Fe - Mn - Revêtements argileux fins et discontinus masqués par l'oxydo-réduction - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
- (II) Bg/Cg  
- 58 / 60  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - 5/8, plages oxydées de couleur ocre rouge : 5 YR 5/8 - 4/8, plages réduites de couleur brun gris : 5 YR 5/2 - Frais - Teneur en matière organique très faible - 2 à 5 % de recouvrement d'oxydation, 4 à 6 % de réduction - Structure prismatique moyenne assez bien développée se dissociant en polyédrique angulaire moyenne à grossière modérément développée - Assez ferme - Colonisation radicellaire très faible - Limite distincte et régulière.
- (II) C<sub>1</sub>  
- 70 / 72  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - 5/6, revêtements argileux de couleur brun gris : 5 YR 5/2 - Frais - Structure prismatique moyenne à grossière assez bien développée - Ferme - Limite distincte et régulière, localement nette.
- II C<sub>2</sub>  
- 90 / 94  
Limon argileux - Brun franc : 7,5 YR 5/6, revêtements argileux épais et continus de couleur brun rouge : 5 YR 4/3 - Frais - Colonisation radicellaire très faible - Structure massive à prismatique grossière modérément développée - Ferme - Limite distincte et régulière.
- II C<sub>3</sub>  
- 110 / 113  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - 5/8, revêtements argileux épais de couleur brune : 7,5 YR 5/4 - Frais - Structure massive avec faces de dissociation verticales - Ferme - Limite distincte et régulière.
- II C<sub>4</sub>  
- 121  
Limon argileux - Beige foncé à brun jaune : 10 YR 6/4 - 5/4, revêtements argileux de couleur brun rouge : 5 YR 5/3 - 4/3 - Frais - Structure massive - Friable - Limite nette et régulière.
- III C<sub>5</sub>  
- 150  
Limon argileux - Brun franc : 7,5 YR 5/6 - 5/8, revêtements argileux de couleur ocre rouge : 5 YR 5/8 - 4/8 - Frais - Structure massive - Ferme.

### Commentaires

Ce profil est très caractéristique de la présence du recouvrement peu important dont nous avons parlé en introduction. La variation de teneur en limon grossier marque le passage entre les deux premiers matériaux, tandis qu'une teneur en sables plus importante caractérise le matériau III.

Il est difficile de vouloir interpréter ici les indices d'entraînement du fait de la discontinuité.

L'importance prise par les revêtements ne semble pas très grande, un indice d'entraînement de l'argile devrait se situer au voisinage de 1,4, tout comme celui du fer.

La réserve en eau de l'ensemble du solum paraît légèrement plus faible que celle que nous avons enregistrée pour les matériaux précédents.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles		Limons		Sables fins		S. G.		Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 μ	2-10 μ	10-20 μ	20-50 μ	50-100 μ	100-200 μ	200-2000 μ	0-0,2 μ			0,2-2 μ	
A 9449	Ap <sub>1</sub>	0 - 12	18,9	10,7	15,7	48,4	3,1	0,5	0,5		2,2	12,0	6,9	
A 9450	Ap <sub>2</sub>	- 20/22	22,2	9,9	15,7	45,9	3,2	0,5	0,4		2,2	11,4	10,8	
A 9451	B <sub>21</sub> tg	- 33	25,6	9,1	15,7	44,9	3,1	0,3	0,4		0,9	14,4	11,2	
A 9452	B <sub>22</sub> tg	- 48	24,8	10,8	16,0	44,7	2,4	0,4	0,3			14,5	10,3	
A 9453	(II)Bg/Cg	- 58/60	29,0	14,0	15,8	36,0	4,4	0,4	0,3			14,2	14,8	
A 9454	(II)C <sub>1</sub>	- 70/72	34,1	10,8	11,6	36,4	6,1	0,6	0,4			15,8	18,3	
A 9455	IIC <sub>2</sub>	- 90/94	31,7	9,9	12,5	39,2	5,6	0,6	0,5			14,7	17,0	
A 9456	IIC <sub>3</sub>	-110/113	31,5	9,9	13,3	38,8	5,6	0,6	0,3			16,5	15,0	
A 9457	IIC <sub>4</sub>	- 121	24,7	10,8	16,5	43,9	3,7	0,2	0,2			13,4	11,3	
A 9458	IIIC <sub>5</sub>	- 150	34,9	8,2	10,0	34,5	10,5	1,3	0,6			15,7	19,2	

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure						Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %	
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.				3 H.
Ap <sub>1</sub>				22,2	1,9	3,9	1,51	1,39	1,35	1,29	27,4	9,8	17,6
Ap <sub>2</sub>				20,7	2,3	4,8	1,58	1,25	1,22	1,20	28,5	9,9	18,6
B <sub>21</sub> tg				12,1	1,2	5,2	1,77	0,96	0,92	0,84	29,5	12,5	17,0
B <sub>22</sub> tg				10,4	1,0	3,7	1,93	0,84	0,84	0,78	29,4	12,5	16,9
(II)Bg/Cg				7,7	0,9	3,9	2,09	0,63	0,70	0,63	29,2	14,5	14,7
(II)C <sub>1</sub>				7,6	1,6	3,2	2,02	0,74	0,74	0,68	28,9	15,5	13,4
IIC <sub>2</sub>				5,3	1,2	2,5	2,26	0,40	0,40	0,40	28,5	14,1	14,4
IIC <sub>3</sub>				8,7	1,7	4,4	1,97	0,55	0,55	0,55	29,1	14,6	14,5
IIC <sub>4</sub>				1,9	0,5	1,3	2,64	0,57	0,57	0,57	30,4	12,5	18,9
IIIC <sub>5</sub>				3,6	0,8	1,9	2,46	0,43	0,43	0,43	30,4	15,0	15,4

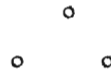
## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	IN tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre %	Fer HCl %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /‰
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap <sub>1</sub>	7,6	7,2	11,0	1,45	7,6	12,3	15,8	0,63	0,35	0,07	16,85	Sat	-	1,98			
Ap <sub>2</sub>	7,5	7,1	11,0	1,80	6,2	12,0	16,1	0,61	0,31	0,06	17,08	"	-	2,23			
B <sub>21</sub> tg	7,2	6,8	4,5			13,4	15,2	0,70	0,26	0,07	16,23	"	(47)	2,63			
B <sub>22</sub> tg	7,7	7,2				13,5	15,8	0,72	0,26	0,07	16,85	"	54	2,63	4,41		
(II)Bg/Cg	7,3	6,8				14,7	15,4	0,77	0,22	0,06	16,45	"	51	2,89			
(II)C <sub>1</sub>	7,1	6,8				15,3	16,1	0,87	0,23	0,07	17,27	"	45	3,15	4,76		
IIC <sub>2</sub>	7,1	6,7				14,0	14,3	0,89	0,19	0,06	15,44	"	44	3,15			
IIC <sub>3</sub>	7,3	6,7				14,3	14,5	1,11	0,19	0,09	15,89	"	45	3,00			
IIC <sub>4</sub>	7,0	6,5				12,6	12,9	1,19	0,19	0,07	14,35	"	51	2,63			
IIIC <sub>5</sub>	6,8	6,5				14,9	13,8	1,64	0,20	0,09	15,73	"	43	3,26			



Le pH est élevé, la saturation totale, et le rapport C/N paraît particulièrement bas. La capacité d'échange de l'argile varie assez peu entre 45 et 55 méq.

Nous sommes donc en présence d'un sol brun lessivé, modérément évolué, probablement resaturé par la mise en culture, à pseudogley.





PROFIL - ROZOY 19

<u>Localisation</u>	Val Saint-Pierre, carton 5 D.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	25/1/66 - Ciel couvert, léger brouillard.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie : <u>Strate arborescente</u> : hêtres, bouleaux, chênes. <u>Strate arbustive</u> : tilleuls, genets, érables, noisetiers, frênes. <u>Strate herbacée</u> : ronces, mousses, fraisiers, géraniums, adoxa, violettes, fougères, chardons sauvages.
<u>Position géomorphologique</u>	Crête - Pente très faible ouest.
<u>Altitude</u>	184 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement limoneux épais, constitué de deux apports successifs.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent à moyen Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Moyennes dans l'ensemble du profil, essentiellement localisées dans les horizons supérieurs.
<u>Classification</u>	Sol lessivé acide, modérément dégradé, à pseudogley. Fragiudalf glossique.
<u>Remarques</u>	Aucun revêtement argileux n'est discernable dans les horizons B <sub>21</sub> et B <sub>22</sub> . Les revêtements argileux sont localisés dans les horizons "C" où ils sont très épais et continus sur les faces préférentielles de structure et les fentes. Les phénomènes de cracks sont fort marqués de la base du B <sub>3</sub> jusqu'au contact du II C <sub>1</sub> . Niveau important de concrétions de manganèse au contact du sol enfoui et diminuant progressivement dans cet horizon. Localement importantes fentes de retrait tapissées d'épais revêtements argileux et auréolés de phénomènes d'oxydo-réduction où se localisent l'enracinement et l'infiltration de l'eau.  O <sub>1</sub> L : Feuilles de l'année en voie de décomposition rapide.  A <sub>11</sub> Limon moyen - Brun gris très foncé : 10 YR 3/2 - Frais à humide - Teneur assez forte en matière organique - Enracinement faible à assez faible - Structure grumeleuse fine bien développée - Friable - Limite distincte et régulière. 0 - 7 cm.  A <sub>12</sub> Limon moyen - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Frais à humide - Teneur en matière organique moyenne à assez forte - Enracinement faible à assez faible - Structure grumeleuse fine modérément développée, quelques polyèdres subangulaires - Friable - Limite distincte et régulière. - 18

- A<sub>3</sub>**  
- 28  
Limon moyen - Brun clair à Brun jaune : 10 YR 5/3 - 10 YR 5/4 - et brun foncé à brun jaune foncé = 10 YR 4/3 et 4/4 - Frais - Teneur en matière organique moyenne à faible - Colonisation radiculaire faible et radicellaire moyenne - Phénomènes d'oxydo-réduction très faiblement marqués 1 à 2 % de recouvrement - Quelques plages de dégradation - Structure grumeleuse fine assez bien développée à polyédrique fine modérément développée - Friable à ferme - Limite distincte et ondulée.
- B<sub>1</sub>**  
- 48  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/4 à brun clair : 10 YR 4/3 et 5/3 - Frais - Faible teneur en matière organique - Colonisation radicellaire assez faible à moyenne - Phénomènes d'oxydo-réduction identiques à l'horizon sus-jacent - Structure polyédrique fine à moyenne faiblement développée - Revêtements argilo-humifères très fins et discontinus ( 10 % de recouvrement ) : 10 YR 4/3 - Quelques taches de dégradation beige : 10 YR 7/4 - Friable à ferme - limite distincte et ondulée.
- B<sub>21</sub> tg**  
- 64  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/4 à 5/6 à brun clair : 10 YR 5/3 à 5/4 - Très faible teneur en matière organique - Faible colonisation radicellaire - Oxydation légèrement marquée 5 à 15 % de recouvrement, réduction plus faiblement marquée 3 à 5 % de recouvrement - Structure grumeleuse fine et polyédrique fine à moyenne modérément développée, prismatique grossière assez bien développée - Revêtements argileux fins et discontinus (10 / 20 %) : 7,5 YR 4/4 - Ferme - Limite distincte et régulière.
- B<sub>22</sub> tg**  
- 78  
Limon argileux - Frais - Faible colonisation radicellaire - Oxydation bien marquée, 20 à 50 % de recouvrement, de couleur brun franc à ocre rouge : 7,5 YR à 5 YR 5/6-5/8 ; réduction assez bien marquée, 20 à 30 % de recouvrement, de couleur beige foncé : 10 YR 6/3 - Structure polyédrique moyenne à grossière modérément à assez bien développée reprise dans une structure prismatique moyenne assez bien développée - Revêtements argileux très fins, discontinus (50 %) : 7,5 YR 5/4 à 5 YR 4/6 - Ferme à très ferme - Limite distincte et régulière.
- B<sub>3</sub> g**  
- 98  
Limon argileux - Gris brun à beige foncé : 10 YR 6/3 à 6/2 - Frais - Colonisation radicellaire faible et localisée - Phénomènes d'oxydo-réduction identiques en couleur et intensité à l'horizon sus-jacent - Structure prismatique moyenne assez bien développée se dissociant en polyédrique angulaire moyenne à grossière modérément développée - Revêtements argileux fins et discontinus - Très ferme - Limite distincte et régulière.
- C<sub>1</sub> g**  
- 111  
Limon argileux - Beige foncé : 10 YR 6/4 - Frais à assez frais - Colonisation radicellaire très faible - Quelques concrétions Fe - Moins de 5 % de recouvrement - Oxydation modérément marquée 5 à 15 % de recouvrement ainsi que la réduction - Structure massive, localement on discerne une structure prismatique moyenne à grossière assez bien développée et localement aussi une structure lamellaire assez bien développée - Revêtements argileux épais, brun rouge : 5 YR 5/3 sur les faces verticales - Ferme et compact - Limite distincte et régulière.
- C<sub>2</sub> g**  
- 130  
Limon argileux - Brun clair à brun jaune : 10 YR 5/3 à 5/4 - Frais à humide - Charge moyenne en concrétions de Fe et Mn 15 à 25 % du volume de l'horizon - Oxydation modérément marquée 5 à 15 % de recouvrement, réduction faiblement marquée 3 à 5 % de recouvrement, de couleur gris à gris pâle : 10 YR 6/1 à 2,5 YR 6/1 - Structure massive avec sous-structure lamellaire fine, assez bien développée - Revêtements argileux épais, brun rouge : 5 YR 5/3 à 5/4 - Très ferme à ferme - Limite nette et régulière.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles				Limons				Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
			0-2 µ	2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ	0-0,2 µ	0,2-2 µ							
A 7126	A <sub>11</sub>	0 - 7	18.3	8.4	16.9	46.4	2.6	0.2	0.2			7.2	5.5	12.8				
A 7127	A <sub>12</sub>	- 18	17.1	9.2	19.4	50.3	3.4	0.3	0.3			3.4	5.9	11.2				
A 7128	A <sub>3</sub>	- 28	15.7	9.9	19.8	49.3	2.5	0.3	0.2			2.3	5.9	9.8				
A 7129	B <sub>1</sub>	- 48	15.6	10.7	19.7	48.9	3.4	0.3	0.2			1.3	7.1	8.5				
A 7130	B <sub>21g</sub>	- 64	17.2	11.5	17.2	50.6	3.0	0.3	0.2				9.1	8.1				
A 7131	B <sub>22g</sub>	- 78	23.1	11.4	17.3	45.0	2.7	0.2	0.3				12.6	10.5				
A 7132	B <sub>3g</sub>	- 98	24.4	11.8	16.8	43.6	2.8	0.3	0.3				13.8	10.6				
A 7133	C <sub>1g</sub>	- 111	25.8	14.2	15.9	39.4	4.0	0.5	0.2				14.5	11.3				
A 7134	C <sub>2g</sub>	- 130	25.0	10.8	15.0	42.1	5.5	0.8	0.8				12.9	12.1				
A 7135	IIC <sub>1</sub>	- 150	32.9	11.0	11.9	36.5	6.3	1.0	1.4				17.3	15.6				
A 7136	IIC <sub>2</sub>	- 160	31.6	11.8	11.8	34.8	5.5	1.0	0.5				16.8	14.8				

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>										31.2	13.6	17.6	
A <sub>12</sub>	1.03	2.59	60.2							27.0	11.6	15.4	
A <sub>3</sub>	1.29	2.64	51.1							26.3	9.7	16.6	
B <sub>1</sub>	1.47	2.64	44.3	38.0	8.7	34.7	1.02	1.11	1.11	1.13	24.7	9.2	15.5
B <sub>21g</sub>	1.64	2.64	37.8								29.4	10.2	19.2
B <sub>22g</sub>	1.61	2.64	39.0	21.6	0.9	4.4	1.72	1.21	1.20	1.20	29.8	12.0	17.8
B <sub>3g</sub>				18.8	1.0	3.6	1.83	1.16	1.16	1.16	29.7	13.4	16.3
C <sub>1g</sub>											29.0	13.4	15.6
C <sub>2g</sub>				6.5	3.0	3.0	2.18	0.46	0.46	0.46	24.2	12.0	12.2
IIC <sub>1</sub>	1.81	2.63	31.1								27.4	15.0	12.4
IIC <sub>2</sub>											28.4	16.0	12.4

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7,0							% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCl Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /∞
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S							
A <sub>11</sub>	4.6	4.4	36.0	3.44	10.5	9.8	4.2	0.79	0.71	0.05	5.75	58.7	-	0.98		0.53	2.53	
A <sub>12</sub>	5.1	4.4	16.8	1.56	10.8	6.5	1.2	0.49	0.19	0.03	1.91	29.4	-	1.02		1.36	2.34	
A <sub>3</sub>	4.5	3.9	11.5	1.18	9.7	5.8	0.6	0.37	0.07	0.02	1.06	18.3	-	1.03	2.41	3.26	2.57	
B <sub>1</sub>	4.5	3.9	6.3	0.68	9.3	5.8	0.3	0.29	0.06	0.03	0.69	11.9	(26)	1.09		3.67	2.46	
B <sub>21g</sub>	4.7	4.0				7.0	1.3	0.81	0.07	0.04	2.22	31.7	41	1.24	3.05	3.43	2.66	
B <sub>22g</sub>	4.8	4.1				9.4	3.3	1.42	0.10	0.06	4.88	51.9	41	1.68		3.43	2.57	
B <sub>3g</sub>	4.9	4.2				11.2	5.6	1.74	0.09	0.08	7.51	67.0	46	1.84	4.31	3.26	2.42	
C <sub>1g</sub>	5.0	4.3				11.5	7.4	1.76	0.11	0.12	9.39	81.7	45	1.56		2.01	2.10	
C <sub>2g</sub>	5.1	4.3				9.8	6.3	1.42	0.07	0.10	7.89	80.5	39		3.60	1.12	2.06	
IIC <sub>1</sub>	5.5	4.4				12.8	8.8	1.78	0.11	0.13	10.82	84.5	39			1.36	2.15	
IIC <sub>2</sub>	5.3	4.5				14.4	9.3	1.82	0.12	0.15	11.39	79.1	46	-	-	1.54	2.23	





II C <sub>1</sub> - 150	Limon argileux - Ocre rouge : 5 YR 5/6 - Frais à humide - Colonisation radicellaire très faible - Quelques rares cailloux et concrétions de fer et manganèse moins de 5 % du volume de l'horizon - Structure à tendance prismatique mais l'ensemble est une structure lamellaire fine à moyenne bien développée - Revêtements argileux épais, brun rouge - Très ferme - Limite distincte et régulière.
II C <sub>2</sub> - 160	Limon argileux - Brun franc à ocre rouge : 7,5 YR 5/6 à 5 YR 5/6 - 5/8 - Frais à humide - Quelques radicelles - Structure lamellaire fine à moyenne très bien développée - Toujours présence de revêtements argileux - Très ferme à ferme.

### Commentaires

Ce sol est représentatif des profils morphologiquement modérément dégradés que l'on peut observer en Thiérache. Situé sous forêt, il est relativement acide et assez hydromorphe.

La teneur en argile croît progressivement avec la profondeur, avec un léger fléchissement au niveau de l'horizon C<sub>2</sub> g. L'argile fine semble cependant avoir migré assez profondément, jusqu'au C<sub>1</sub> g, ce qui serait assez caractéristique d'une certaine migration secondaire, comme nous le verrons plus loin.

Les indices d'entraînement calculés au niveau du B<sub>22</sub> tg sont les suivants, pour l'argile totale : 1,55, pour l'argile fine : 2,2.

Il faut remarquer dans ce profil l'aspect particulier des revêtements argileux, toujours très fins et discontinus, ils pourraient avoir été partiellement remobilisés en conditions réductrices.

Les analyses physiques effectuées sur un certain nombre d'échantillons mettent en évidence la compaction de la zone de contact entre les deux matériaux.

La teneur en matière organique est particulièrement importante, avec un C/N voisin de 11 dans l'horizon A<sub>1</sub>.

Nous noterons la désaturation particulièrement importante des horizons A<sub>3</sub> et B<sub>1</sub>, ainsi que les valeurs relativement peu élevées de la C.E.C. de l'argile dans ces mêmes horizons.

Ce sol est appauvri en fer libre en surface, l'indice théorique d'entraînement serait légèrement supérieur à 1,8, mais probablement influencé par les conditions réductrices et un drainage latéral éventuel.

Nous notons enfin à nouveau une légère dynamique de l'aluminium, avec enrichissement relatif au niveau du B<sub>21</sub> tg.

Compte tenu de l'ensemble de ces caractères, nous avons été amené à classer ce profil comme sol lessivé acide, modérément dégradé, à pseudogley.

o

o o



2.33. PROFILS DU MARLOIS

- *Vervins 2*
- *Vervins 17*



PROFIL - VERVINS 2 :

<u>Localisation</u>	Ferme de Bélumont - "La grande Borne". x = 713 500                      y = 231 125
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	6/2/67 - Temps couvert et froid.
<u>Végétation</u>	Prairie permanente.
<u>Position géomorphologique</u>	Relief normal - Sommet de plateau - Pente légère à exposition Sud-Est.
<u>Altitude</u>	171 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrements limoneux sur craie du Turonien moyen.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : imparfait à modéré.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes dans le matériau supérieur, très bonnes même dans les 50 premiers centimètres.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé tronqué, à pseudogley. Hapludalf aquique.
Ap <sub>1</sub> 0 - 8/10 cm.	Limon moyen - Brun foncé : 10 YR 4/3 ; oxydation ocre rouge : 5 YR 5/8 ; réduction grise : 5 Y 4,5/1 - Assez frais - Teneur en matière organique importante - Colonisation radiculaire importante, feutrage - Quelques cailloux - 2 à 5 % d'oxydation, 15 % de réduction : "gley de prairie" - Structure grumeleuse fine à granulaire et polyédrique subangulaire faiblement développée - Friable - Limite distincte et régulière.
Ap <sub>2</sub> - 24/27	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais - Nombreuses racines et radicelles - Teneur assez élevée en matière organique - Quelques taches de rouille très peu contrastées - Structure polyédrique subangulaire fine modérément développée, tendance grumeleuse localement à la partie supérieure - Friable - Limite distincte et légèrement ondulée.
B <sub>2</sub> <sup>t</sup> - 34/36	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Nombreuses infiltrations de matière organique - Assez nombreuses radicelles - 3 à 5 % d'oxydation brun franc : 7,5 YR 5/8 ; taches anciennes ocre rouge : 5 YR 5/8 - Structure polyédrique angulaire à subangulaire faiblement à assez bien développée - Quelques revêtements argilo-humifères bruns foncés : 10 YR 3,5/3 - Friable à ferme - Limite distincte et légèrement ondulée.
B <sub>3</sub> <sup>g</sup> - 58/62	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Présence de radicelles - Oxydo-réduction : faible recouvrement ; oxydation actuelle brun franc : 7,5 YR 5/8, ancienne rouge : 2,5 YR 4/8 ; réduction gris pâle : 5 Y 7/1 - Quelques concrétions et taches Fe - Mn - Structures polyédrique angulaire moyenne modérément développée et lamellaire moyenne à grossière assez bien développée reprises localement dans une sur-structure prismatique grossière - Revêtements argileux présents localement sur les faces verticales, bruns rouges : 5 YR 4/4 - Ferme - Limite graduelle à distincte, légèrement ondulée.

- B/Cg  
- 74/77  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Quelques radicelles - Oxydo-réduction analogue à l'horizon sus-jacent - Structure lamellaire grossière bien développée reprise dans une structure prismatique grossière - Revêtements argileux sur les faces structurales - Ferme - Limite graduelle et légèrement ondulée.
- C  
- 88/95  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Quelques radicelles - Taches de rouille et petites taches réduites - Quelques éclats de silex noirs - Structure massive ; localement tendance lamellaire grossière faiblement exprimée - Quelques revêtements argileux bruns : 7,5 YR 4/4 - Ferme - Limite distincte et régulière.
- II C  
-110/115  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Taches de rouille très peu contrastées - Concrétions ferromanganiques assez nombreuses - Structure squameuse moyenne à grossière assez bien développée - Friable - Limite abrupte et légèrement ondulée.
- III B<sub>3</sub>  
- 144/148  
Limon argileux - Brun franc : 7,5 YR 5/6 - Assez frais - Quelques taches rouilles peu contrastées, légèrement indurées - Structure prismatique grossière faiblement développée - Quelques revêtements brun rouge très épais : 5 YR 4/4 - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- III B/C  
- 175/180  
Limon argileux - Ocre rouge : 5 YR 5/8 - Assez frais - "Mottling" de 5 % de recouvrement ; oxydation rouge à brune : 2,5 YR 4/8 + 5/7,5 YR 5/6 ; réduction gris pâle : 5 Y 7/1 - Quelques taches indurées - Structure prismatique grossière assez bien développée - Revêtements argileux très épais, bruns rouges : 5 YR 4/4 sur les faces structurales - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- III C<sub>1</sub>  
- 210  
Limon très argileux - Ocre rouge : 5 YR 5/6 - Assez frais - Faible "Mottling" peu contrasté - Structure massive, quelques faces de dissociation avec revêtements bruns rouges : 5 YR 4/4 - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- III C<sub>2</sub>  
- 260  
Limon argileux - Brun franc : 7,5 YR 5/8 - Assez frais - Léger "Mottling" - Structure massive - Ferme.

#### Prélèvements sélectifs

- E<sub>1</sub> : Petite fente de gel recoupant le matériau III,  
E<sub>2</sub> : Revêtements très argileux bruns rouges au niveau du B<sub>3</sub> et plus bas.

#### Commentaires

Le profil qui nous occupe est tout à fait caractéristique des recouvrements successifs observés dans la région. Le niveau II C de transition est marqué par une variation assez brutale des fractions limoneuses.

Le sol de surface présente une troncature assez marquée du fait de l'érosion. L'indice d'entraînement de ce type de sol, lorsque le profil est complet, est de l'ordre de 1,7, celui de l'argile fine un peu plus élevé.

Notons une teneur en argile assez élevée du matériau III, particulièrement l'horizon III C, qui possède d'autre part la quantité la plus importante d'argile fine, probablement en relation avec les caractères d'illuviation rougeâtres que l'on observe dans l'ensemble de ce matériau. Ces revêtements, prélevés indépendamment, ont révélé une teneur en argile élevée : 52 % avec dominance très nette de la fraction fine : 34 %.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles				Limons				Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 µ	2-10µ	10-20µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000µ	0-0,2µ	0,2-2µ						
A 9388	Ap <sub>1</sub>	0 - 8/10	19.2	10.6	17.0	43.3	2.7	0.3	0.3					5.6	8.4	10.8	
A 9389	Ap <sub>2</sub>	- 24/27	22.6	8.9	17.0	45.7	2.8	0.3	0.6					2.1	8.7	13.9	
A 9390	B <sub>2</sub> t	- 34/36	25.6	19.0	7.4	42.8	3.0	0.4	0.4					1.4	11.6	14.0	
A 9391	B <sub>3</sub> g	- 58/62	29.7	12.4	14.0	40.1	3.0	0.4	0.4						11.6	18.1	
A 9392	B/Cg	- 74/77	28.3	14.1	14.9	38.6	3.3	0.4	0.4						12.3	16.0	
A 9393	C	- 88/95	27.4	14.2	15.8	38.8	3.1	0.3	0.4						11.2	16.2	
A 9394	IIC	-110/115	19.8	11.5	17.3	46.5	3.8	0.4	0.7						6.8	13.0	
A 9395	IIIB <sub>3</sub>	-144/148	27.6	12.5	15.0	41.6	2.7	0.3	0.3						9.4	18.2	
A 9396	IIIB/C	-175/180	29.3	13.3	15.1	38.1	3.8	0.2	0.2						10.6	18.7	
A 9397	IIIC <sub>1</sub>	- 210	31.0	13.4	16.8	34.2	4.2	0.3	0.1						13.7	17.3	
A 9400	IIIC <sub>2</sub>	> 260	24.2	10.8	14.2	44.5	5.6	0.3	0.4						10.7	13.5	
A 9399	E <sub>1</sub>	Fente de gel	22.4	10.8	20.8	41.5	4.0	0.2	0.3						8.7	13.7	
A 9398	E <sub>2</sub>	Revêtements	52.2	8.5	10.3	26.8	1.9	0.2	0.1						33.8	18.4	

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure						Humid. pF 2.5	P. F. pF 4,2	Eau utile %	
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.				3 H.
Ap <sub>1</sub>				44.6	41.3	36.1	0.540	1.737	1.666	1.642	34.1	15.3	18.8
Ap <sub>2</sub>				36.5	15.7	27.4	1.000	1.328	1.286	1.238	27.1	10.1	17.0
B <sub>2</sub> t				37.8	2.7	19.8	1.248	1.033	1.007	0.942	28.7	10.9	17.8
B <sub>3</sub> g				12.0	1.2	4.6	1.887	0.229	0.229	0.229	27.2	12.0	15.2
B/Cg				10.0	1.2	3.3	2.002	0.244	0.244	0.244	27.1	11.6	15.5
C				3.2	0.8	1.8	2.466	1.711	1.703	1.703	24.7	10.3	14.4
IIC				3.7	2.0	2.8	2.310	1.647	1.637	1.637	24.1	7.9	16.2
IIIB <sub>3</sub>				16.3	0.5	5.2	1.823	0.488	0.488	0.488	31.6	12.2	19.4
IIIB/C				18.3	0.6	5.6	1.805	0.720	0.720	0.662	32.0	12.3	19.7
IIIC <sub>1</sub>				20.0	0.5	3.0	1.810	0.750	0.750	0.743	32.5	12.5	20.0
IIIC <sub>2</sub>											23.1	12.2	16.9
E <sub>1</sub>				3.6	0.8	1.2	2.461	0.346	0.346	0.346	28.4	8.9	19.5
E <sub>2</sub>													

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCl Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. m <sup>é</sup> q. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap <sub>1</sub>	5.0	4.7	28.0	2.80	10.0	12.7	10.3	0.96	0.37	0.09	11.72	92	-	1.78	-	-	
Ap <sub>2</sub>	5.5	5.1	10.5	1.32	8.0	10.8	10.5	0.65	0.15	0.09	11.43	Sat	-	1.97	-	-	
B <sub>2</sub> t			7.0	1.05	6.7	12.0	12.5	0.77	0.16	0.08	13.51	"	(39)	2.17	-	-	
B <sub>3</sub> g						13.7	13.8	0.73	0.17	0.14	14.84	"	46	2.52	-	-	
B/Cg						12.6	13.2	0.68	0.14	0.08	14.10	"	45	2.54	-	-	
C						12.8	12.9	0.70	0.12	0.09	13.81	"	47	2.34	4.01	-	
IIC						9.4	9.2	0.70	0.11	0.07	10.08	"	47	1.94	-	-	
IIIB <sub>3</sub>						13.5	13.2	1.48	0.17	0.13	14.98	"	49	2.77	-	-	
IIIB/C						14.3	13.6	1.94	0.21	0.09	15.84	"	49	2.77	5.21	-	
IIIC <sub>1</sub>						14.6	12.9	2.67	0.21	0.09	15.87	"	47	2.72	-	-	
IIIC <sub>2</sub>	6.7	6.3				12.4	11.2	2.84	0.23	0.11	14.38	"	51	2.57	-	-	
E <sub>1</sub>	7.1	6.0				10.4	11.2	1.17	0.14	0.09	12.60	"	46	2.00	2.00	-	
E <sub>2</sub>	-	-				-	-	-	-	-	-	-	-	2.43	5.53	-	





L'analyse de la fente de gel montre une granulométrie un peu particulière, assez nettement enrichie en limons de 10 à 20 microns par rapport au matériau du sol proprement dit.

Situés sous prairie, les horizons supérieurs sont assez riches en matière organique, à rapport C/N bas.

Ce sol, saturé, présente des teneurs en Mg échangeable assez basses ; la C.E.C. de l'argile varie assez peu, et reste voisine de 45 / 50 méq.

La teneur en fer libre présente deux maxima au niveau des horizons d'accumulation, respectivement 2,52 et 2,77. Notons une valeur faible pour le niveau de transition II C. L'indice d'entraînement d'un tel type de sol est en moyenne de 1,6 à 1,7 dans le secteur qui nous occupe.

Remarquons que les revêtements rougeâtres sont assez ferriques : fer libre 2,43, fer soluble HCl 5,53, ce qui est assez élevé. Nous verrons plus loin, au chapitre correspondant, la composition minéralogique de ces produits de déplacement (4,43).

En conclusion, ce sol constitue un sol brun lessivé à légère hydromorphie localisée à la base du matériau de couverture.





PROFIL - VERVINS 17

Localisation Vervins 8 - Saint Pierremont - Plateau "Le Champs Madame".

Date - Conditions atmosphériques 4/10/67 - Temps couvert - Pluie la veille après été très sec.

Végétation Chaumes de blé.

Position géomorphologique Relief normal - Plateau est du Marlois.

Altitude 140 m.

Matériau originel Recouvrement loessique supérieur à 7 m.

Economie en eau Drainage externe : lent  
Drainage interne : modéré.

Activités biologiques Très bonnes sur l'ensemble du profil - Nombreux conduits et revêtements humifères.

Classification Sol lessivé légèrement érodé, à Bt tacheté  
Hapludalf typique.

Ap  
0 - 25/28 cm.  
Limon moyen - Brun foncé : 10 YR 4/3 - Assez frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation racinaire assez faible, petites racines - Structure grumelleuse fine à polyédrique subangulaire fine modérément développée - Quelques nodules Fe - Mn - Friable - Limite distincte et régulière.

B<sub>21</sub> t  
- 47/54  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5,5/8 - Assez frais - Infiltrations notables de matière organique - Petites racines et radicelles assez nombreuses - Taches de rouille, quelques petits nodules - Structure polyédrique angulaire fine assez bien développée - Petites plages de dégradation présentes sur certains agrégats, associés aux points d'oxydation de couleur brune : 7,5 YR 5/8 - Revêtements argileux bruns foncés : 7,5 YR 4,5/4, fins et presque continus - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.

B<sub>22</sub> t  
- 68/75  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5,5/8 - Assez sec - Traces de matière organique - Présence de radicelles - Taches de rouille 7,5 YR 5/8, quelques petits nodules - Structure polyédrique angulaire moyenne reprise localement dans une structure prismatique moyenne assez bien développée - Petites plages de limon fin gris pâle : 10 YR 7/2 - Revêtements argileux bruns : 7,5 YR 4,5/4 fins et assez continus - Ferme - Limite graduelle et régulière.

B<sub>3</sub>  
- 95/105  
Limon argileux - Brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Assez sec - Radicelles - Taches d'oxydation et nodules analogues au B<sub>22</sub> t - Structure prismatique grossière assez bien développée - Revêtements fins et continus sur les faces verticales - Ferme - Limite diffuse et régulière.

- C<sub>1</sub>**  
- 118/125  
Limon argileux - Brun jaune clair : 10 YR 6/8 - Assez frais - Quelques radicelles - Oxydation très peu contrastée, 5 à 10 % de recouvrement - Quelques nodules Fe - Mn - Structure à tendance massive présentant des faces de dissociation verticales - Revêtements fins et discontinus brun pâle : 7,5 YR 6/4 - Friable à ferme - Limite diffuse et régulière.
- C<sub>2</sub>**  
- 155/160  
Limon moyen - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais - Phénomènes d'oxydo-réduction analogue au C<sub>1</sub> - Structure massive, quelques faces verticales - Revêtements argileux présents sur les quelques faces et dans les pores et conduits, bruns : 7,5 YR 5/4 - Friable - Limite distincte et légèrement ondulée.
- (II) **C<sub>3</sub> g**  
- 170/185  
Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/4 ; oxydation brun franc : 7,5 YR 5/8 ; réduction brun clair : 10 YR 5,5/3 - Frais - Hydromorphie importante : 20 % de recouvrement pour l'oxydation, 30 % pour la réduction ; très contrastée en bandes subhorizontales de 2 à 3 cm d'épaisseur - 2 à 3 % de nodules ferromanganiques - Structure massive - Revêtements argileux bruns : 7,5 YR 5/4, dans pores et conduits - Friable - Limite distincte et ondulée.
- (II) **C<sub>4</sub>**  
+ 185  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Frais - 5 à 10 % de zones oxydées - Structure massive, continue - Friable.

#### Prélèvement sélectif

E : Revêtements au contact B<sub>2</sub> t/B<sub>3</sub>.

#### Commentaires

Développé dans une couverture très épaisse de loess, le profil paraît légèrement érodé bien que la teneur en argile de l'horizon Ap ne soit pas très importante. Un matériau plus lourd apparaît sous l'horizon C.

Les indices d'enfouissement d'argile sont vraisemblablement ici également voisins de 1,7 pour l'argile totale, de 1,9 à 2,0 pour l'argile fine. L'analyse des revêtements montre une teneur en argile moins élevée que pour le sol précédent.

L'aspect tacheté de l'horizon Bt, typique d'une dégradation naissante, ou interrompue, ne semble se refléter dans aucune donnée analytique.

Situé sous culture, le sol est à pH plus élevé, et totalement saturé, le rapport C/N est bas.

On n'observe que peu de variation dans les valeurs de la capacité d'échange cationique de l'argile : 45 à 55 méq.

Le fer libre présente ici également un maximum marqué dans le matériau ancien : 3,55 %. Les teneurs des revêtements argileux sont assez élevées.

Les enduits argileux prélevés dans ces sols feront l'objet d'une analyse beaucoup plus détaillée dans un prochain chapitre (4.4).

Le sol auquel nous avons affaire constitue donc un sol en transition entre sol brun lessivé et sol lessivé.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles		Limos		Sables fins		S. G.		Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 $\mu$	2-10 $\mu$	10-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-100 $\mu$	100-200 $\mu$	200-2000 $\mu$	0-0.2 $\mu$			0.2-2 $\mu$	
A 9430	Ap	0 - 25/28	18.0	11.5	18.0	44.7	5.0	0.5	0.3			2.0	8.6	9.4
A 9431	B <sub>21</sub> t	47/54	26.4	10.7	15.7	42.3	3.9	0.2	0.1			0.7	15.0	11.4
A 9432	B <sub>22</sub> t	68/75	25.6	11.6	10.7	47.2	4.1	0.2	0.1			0.5	15.4	10.2
A 9433	B <sub>3</sub>	95/105	26.3	8.2	16.5	45.0	3.8	0.1	0.1				15.0	11.3
A 9434	C <sub>1</sub>	118/125	23.9	9.1	14.8	49.0	3.0	0.1	0.1				11.7	12.2
A 9435	C <sub>2</sub>	155/160	18.0	11.5	17.2	50.1	3.0	0.1	0.1				10.4	7.6
A 9436	(II)C <sub>3</sub> g	170/185	21.0	13.8	18.6	43.1	3.3	0.1	0.1				10.5	10.5
A 9437	(II)C <sub>4</sub>	> 185	26.3	13.2	14.8	40.5	4.4	0.7	0.1				14.8	11.5
	E	Revêtements	33.6	10.0	8.4	45.0	2.5	0.4	0.1				24.9	8.7

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
Ap				14.9	1.9	3.3	1.696	1.225	1.190	1.111	25.1	7.8	17.3
B <sub>21</sub> t				12.8	0.8	4.2	1.877	1.012	0.982	0.909	29.8	12.8	17.0
B <sub>22</sub> t				8.7	0.8	3.3	1.976	1.022	0.990	0.949	31.0	13.2	17.8
B <sub>3</sub>				5.4	0.6	2.4	2.138	0.833	0.833	0.718	32.5	12.1	20.4
C <sub>1</sub>				2.0	0.3	1.1	2.542	0.881	0.846	0.801	30.6	9.6	21.0
C <sub>2</sub>				0.6	0.1	0.4	3.085	0.694	0.639	0.588	29.7	8.1	21.6
(II)C <sub>3</sub> g				0.6	0.1	0.3	3.150	0.676	0.630	0.579	28.9	9.4	19.5
(II)C <sub>4</sub>				1.3	0.4	0.6	2.872	0.114	0.114	0.114	25.8	11.1	14.7
E													

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre	Fer HCl	Alum. éch.	Alum. libre
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap	6.3	5.9	10.0	1.08	9.2	8.5	9.4	0.47	0.24	0.08	10.19	Sat	-	1.92	-	-	-
B <sub>21</sub> t	6.6	6.2	3.5	-		12.8	14.3	0.66	0.26	0.14	15.36	"	(44)	2.17	-	-	-
B <sub>22</sub> t	6.9	6.3	2.5	-		13.3	14.5	0.65	0.29	0.12	15.56	"	(49)	2.86	4.45	-	-
B <sub>3</sub>	6.8	6.3				12.7	13.8	0.74	0.25	0.19	14.98	"	48	2.72	-	-	-
C <sub>1</sub>	6.6	6.2				10.6	11.8	0.85	0.19	0.11	12.95	"	44	2.86	-	-	-
C <sub>2</sub>	6.5	6.1				9.6	10.5	1.03	0.17	0.12	11.82	"	53	2.26	3.97	-	-
(II)C <sub>3</sub> g	6.7	6.2				11.5	12.1	1.83	0.17	0.13	14.23	"	55	2.32	-	-	-
(II)C <sub>4</sub>	6.7	6.0				14.3	13.4	2.86	0.19	0.13	16.58	"	54	3.55	-	-	-
E	-	-				-	-	-	-	-	-	-	-	2.66	5.56	-	-



2.35. PROFILS DE PICARDIE

- Soyécourt 1
- Le Hamel 1





PROFIL - SOYECOURT 1

<u>Localisation</u>	Carte Saint-Quentin - Vermandois - "Le Calvaire".
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	27/8/65 - Temps pluvieux.
<u>Végétation</u>	Betteraves.
<u>Position géomorphologique</u>	Plateau - Haut de très faible pente - Exposition Sud-Ouest.
<u>Altitude</u>	110 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrements limoneux récents.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : favorable à modéré.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes jusqu'à 1 m, présentes jusque dans le fond du profil.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé Hapludalf agrique à Agrudalf typique.
Ap <sub>1</sub> 0 - 16/18 cm.	Limon moyen - Brun foncé : 10 YR 4/3 - Très frais - Bonne teneur en matière organique - Très bon enracinement de la betterave, quelques radicelles - Quelques cailloux - Faible réaction à HCl - Structure polyédrique subangulaire fine, faiblement développée ; grumeleuse aux abords des amas radicellaires - Friable - Limite graduelle et régulière.
Ap <sub>2</sub> - 27/29	Limon moyen - Brun foncé : 10 YR 4/3 - Frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation radiculaire moyenne - Quelques petits cailloux - Faible réaction à HCl - Structure polyédrique subangulaire moyenne, faiblement développée ; tendance grumeleuse localement - Friable - Limite distincte à abrupte localement, régulière.
B <sub>21</sub> <sup>t(a)</sup> - 45	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 à 5/6 - Assez frais - Infiltration de matière organique - Présence de radicelles - Nombreux conduits de vers de terre tapissés d'humus - Grumeaux coprogènes - Quelques petits cailloux - Structure polyédrique angulaire fine bien développée ; polyédrique subangulaire assez bien développée à la partie supérieure de l'horizon (petite transition) - Revêtements argillo-humifères assez épais et continus sur la majorité des faces structurales, brun jaune foncé : 10 YR 4/4 plus fins et par plages à la partie supérieure - Assez ferme à ferme - Limite distincte et légèrement ondulée.
B <sub>22</sub> <sup>t</sup> - 55	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Présence de radicelles - Conduits de vers de terre - Structure polyédrique fine à moyenne bien à très bien développée, reprise dans des prismes moyens assez bien différenciés - Revêtements argileux épais et continus sur la majorité des faces de structure, de couleur brune : 10 YR 4/4 à 7,5 YR - Ferme - Limite graduelle et légèrement ondulée.

- B<sub>3</sub> - 70 Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Quelques taches d'oxydation - Structure prismatique fine assez bien développée ; localement sous-structure polyédrique angulaire - Revêtements très fins mais continus, essentiellement sur les faces verticales - Ferme - Limite distincte et ondulée.
- B/C - 85/90 Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Taches d'oxydation peu importantes, faiblement contrastées, organisées en bandes subhorizontales, de couleur brun jaune : 10 YR 5/4 - Peu structuré, assez continu, quelques faces de dissociation verticales - Quelques revêtements fins et discontinus sur les faces verticales - Ferme - Limite graduelle et régulière.
- C<sub>1</sub> - 120 Limon moyen à argileux - Brun jaune à beige foncé : 10 YR 5/6 à 6/4 - Assez frais - Taches d'oxydation analogues à celles de l'horizon sus-jacent - Structure continue - Ferme à friable - Limite graduelle et régulière.
- (II) C<sub>2</sub> - 160 Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Quelques taches d'oxydation - Structure massive, tendance lamellaire grossière localement - Ferme à friable - Limite graduelle et régulière.
- (II) C<sub>3</sub> - 190 Limon moyen - Brun jaune à beige : 10 YR 5/6 à 6/4 - Assez frais - Structure continue - Friable - Limite graduelle et régulière.
- (II) C<sub>4</sub> - 230 Limon moyen - Beige foncé : 10 YR 6/4 - Assez frais - Structure continue - Friable à meuble - Limite graduelle et régulière - Loess décarbonaté.
- (III) C<sub>5</sub> + 230 Limon moyen - Beige foncé : 10 YR 6/4 - Assez frais - Réaction à HCl - Structure continue - Concentrations calcaires sous forme de petits nodules et "mycelium" - Friable à meuble - Loess.

### Commentaires

Une légère discontinuité de sédimentation semble apparaître vers 160 cm, par l'intermédiaire d'un petit niveau de transition. Ces variations se marquent essentiellement dans la teneur en limon grossier.

Ce sol est certainement partiellement érodé ; son indice d'entraînement calculé, dans des conditions où le profil est complet, est de l'ordre de 1,5, de 1,8/1,9 pour l'argile fine. Cette dernière présente ici également un maximum à la base du Bt.

On observe sous le solum une épaisseur assez importante de loess décarbonaté, et le niveau le plus profond est faiblement enrichi en carbonates secondaires.

En ce qui concerne les caractéristiques physiques, la stabilité structurale est satisfaisante en surface, et reste moyenne sur l'ensemble du solum. La réserve en eau est élevée et très régulièrement répartie.

Ce sol à pH élevé, et naturellement saturé, présente en surface un rapport C/N voisin de 10.

La C.E.C. de l'argile apparaît un peu plus élevée que celle des sols que nous avons décrits jusqu'à présent, elle dépasse 55 méq.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles		Limos				Sables fins		S. G.		Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 $\mu$	2-10 $\mu$	10-20 $\mu$	20-50 $\mu$	50-100 $\mu$	100-200 $\mu$	200-2000 $\mu$	0-0.2 $\mu$	0.2-2 $\mu$					
A 5770	Ap <sub>1</sub>	0 - 18	20.5	5.6	14.7	51.2	4.6	0.2	0.5	0.5	2.2	9.4	11.1			
A 5771	Ap <sub>2</sub>	- 30	20.4	7.4	15.6	49.0	4.6	0.3	0.3	0.5	1.9	9.4	11.0			
A 5772	B <sub>21</sub> t	- 45	29.0	8.3	12.4	45.4	3.8	0.1	0.1	0.9	15.6	13.4				
A 5773	B <sub>22</sub> t	- 55	28.4	7.5	11.7	48.3	3.9	0.1	0.1	16.3	12.1					
A 5774	B <sub>3</sub>	- 70	27.6	5.8	12.5	49.3	3.8	1.0	0.1	14.7	12.9					
A 5775	B/C	- 85/90	24.1	5.0	11.6	54.9	4.3	0.1	0.0	11.5	12.6					
A 5776	C <sub>1</sub>	- 120	20.5	5.7	11.5	58.9	3.3	0.1	0.0	9.6	10.9					
A 5777	(II)C <sub>2</sub>	- 160	21.3	6.6	14.7	51.4	5.9	0.1	0.0	9.6	11.7					
A 5778	(II)C <sub>3</sub>	- 190	16.3	5.7	15.5	60.4	2.0	0.1	0.0	6.8	9.5					
A 5779	(II)C <sub>4</sub>	- 230	15.4	4.9	14.6	62.9	2.1	0.1	0.0	7.5	7.9					
A 5780	(III)C <sub>5</sub>	> 230	17.1	7.4	15.5	54.2	4.7	0.1	0.0	1.1	8.3	8.8				

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure						Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %	
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.				3 H.
Ap <sub>1</sub>				21.8	4.4	4.8	1.41	1.30	1.30	1.30	25.5	8.1	17.4
Ap <sub>2</sub>				-	-	-	-	1.18	1.18	1.17	25.2	8.0	17.2
B <sub>21</sub> t	1.53	2.56	40.1	12.8	2.6	6.4	1.64	1.28	1.27	1.27	29.3	12.0	17.3
B <sub>22</sub> t				7.8	2.0	2.8	1.81	1.27	1.25	1.25	28.9	12.0	16.9
B <sub>3</sub>	1.62	2.56	38.0	4.6	1.6	2.2	1.99	1.20	1.18	1.16	27.7	10.5	17.2
B/C				0.6	0.1	0.4	2.93	1.26	1.24	1.22	26.0	8.9	17.1
C <sub>1</sub>	1.57	2.56	38.7	3.0	2.8	2.8	2.09	1.05	1.00	1.00	25.4	7.6	17.8
(II)C <sub>2</sub>								1.00	1.00	0.94	25.5	8.3	17.2
(II)C <sub>3</sub>											23.8	6.0	17.8
(II)C <sub>4</sub>											26.7	5.9	20.8
(III)C <sub>5</sub>											25.3	7.1	18.2

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T x 100	T 100 g argile	Fer libre %	Fer HCl %
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S				
Ap <sub>1</sub>	7.8		10.8	1.13	9.6	12.0	18.4	0.67	0.45	0.06	19.58	Sat	-	1.39	2.50
Ap <sub>2</sub>	7.8		9.5	1.07	8.9	11.9	19.3	0.87	0.42	0.04	20.63	"	-	1.40	2.55
B <sub>21</sub> t	7.6		4.6	0.63	7.3	15.0	18.0	0.71	0.35	0.07	19.13	"	(48)	2.09	3.25
B <sub>22</sub> t	7.6					15.2	17.8	0.92	0.34	0.10	19.16	"	54	2.17	3.77
B <sub>3</sub>	7.6					13.3	15.9	0.81	0.31	0.10	17.12	"	48	1.94	3.63
B/C	7.6					12.5	14.6	0.79	0.30	0.10	15.79	"	48	1.67	3.35
C <sub>1</sub>	7.5					10.9	12.8	0.55	0.23	0.10	13.68	"	53	1.47	3.11
(II)C <sub>2</sub>	7.4					11.4	14.0	1.66	0.28	0.14	16.08	"	54	1.50	2.62
(II)C <sub>3</sub>	7.5					9.2	11.4	0.81	0.19	0.09	12.49	"	56	1.36	2.25
(II)C <sub>4</sub>	7.6					9.1	10.8	0.70	0.23	0.10	11.83	"	59	1.24	2.04
(III)C <sub>5</sub>	7.9					10.9	26.9	1.11	0.23	0.11	28.35	"	64	0.91	-



Le profil de la teneur en fer libre est typique : 1,40 dans le Ap, 2,17 dans le Bt, voisin ou inférieur à 1 dans le loess. L'indice d'entraînement est voisin de 1,5 / 1,6.

Nous avons donc affaire à un sol brun lessivé très typique développé sur loess récent, la mise en culture ayant sensiblement affecté l'horizon d'accumulation, ce qui justifie le sous groupe "agrique" de la classification américaine.



Il est à noter que les données relatives aux émissions de gaz à effet de serre  
de la France sont présentées dans le tableau ci-dessous, en tenant compte de  
la contribution des territoires d'outre-mer. Les données sont exprimées en millions  
de tonnes équivalent dioxyde de carbone (MTECO<sub>2</sub>), selon les conventions de  
calcul de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et de l'OCDE.

**PROFIL - LE HAMEL 1**

<u>Localisation</u>	Lieu-dit "La Haute Baudière".
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	11/5/65 - Beau temps.
<u>Végétation</u>	Prairie.
<u>Position géomorphologique</u>	Relief normal - Légère pente (2 %) à exposition Sud-Sud-Est.
<u>Altitude</u>	145 m.
<u>Matériau originel</u>	Loess récent.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : moyen Drainage interne : favorable.
<u>Activités biologiques</u>	Excellentes sur toute la profondeur du profil.
<u>Classification</u>	Sol brun lessivé, tronqué. Hapludalf typique.
Ap 0 - 30 cm.	Limon argileux - Brun foncé : 10 YR 4/3 - Assez frais - Teneur assez faible en matière organique - Colonisation racinaire importante - Structure grumeleuse fine à moyenne assez bien développée ; tendance polyédrique subangulaire à la partie inférieure - Très nombreux grumeaux coprogènes - Friable - Limite distincte et régulière.
B <sub>21</sub> t - 50/55	Limon argileux - Brun jaune : 10-YR 5/4 - Assez frais - Infiltrations assez importantes de matière organique - Bonne colonisation radicellaire - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne assez bien développée - Revêtements argilo-humifères de couleur brun jaune foncé : 10 YR 4/4 couvrant environ 80 % des surfaces structurales - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
B <sub>22</sub> t - 75	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais - Encore infiltration de matière organique - Nombreuses radicules - Structure polyédrique angulaire moyenne bien développée, reprise dans une structure prismatique moyenne bien développée - Revêtements argileux bruns : 7,5/10 YR 4/4, fins et assez continus, couvrant 70 à 80 % des surfaces structurales - Assez ferme - Limite graduelle et régulière.
B <sub>3</sub> - 100	Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais - Présence d'assez nombreuses radicules - Conduits de lombrics tapissés de pellicules argilo-humifères - Structure prismatique moyenne modérément développée devenant plus grossière à la base de l'horizon - Revêtements argileux fins et assez continus sur les faces verticales de structure, recouvrement de 30 à 40 % - Ferme - Limite graduelle et régulière.



B/C - 115/125	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais - Radicelles - Structure prismatique grossière faiblement développée - Quelques revêtements argileux fins et discontinus sur les faces verticales - Ferme à friable - Limite graduelle et légèrement ondulée.
C <sub>1</sub> - 160	Limons moyens - Brun jaune : 10 YR 5/5 - Frais - Quelques petites radicelles dans des pertuis - Peu structuré, quelques faces de dissociation légèrement obliques par rapport à la verticale - Friable à meuble - Limite distincte et régulière - Loess décarbonaté.
C <sub>2</sub> - 210	Limons moyens - Brun jaune à beige foncé : 10 YR 5/5 à 10 YR 6/4 - Frais - Légère réaction à HCl - Structure continue - Quelques concentrations de calcaires sous forme de "mycelium" tapissant des pores de diamètre moyen - Friable à meuble - Loess en voie de décarbonatation.

### Commentaires

Ce sol fortement érodé représente le profil typique de très vastes zones situées sur pentes dans la région picarde.

Le loess originel, particulièrement pur, présente une teneur en éléments de taille inférieure à 2 microns peu importante : 15 %.

La teneur en argile relativement élevée de l'horizon B<sub>21</sub> t, ainsi que ses caractéristiques morphologiques, nous font croire que ce sol présente des phénomènes d'illuviation assez marqués.

Les revêtements présentés sur les faces structurales de cet horizon, assez fortement organiques, font penser à ceux caractérisant un horizon Bt dit "anthropique" dans la classification américaine, tout comme pour dans le profil Soyecourt.

Les caractéristiques physiques sont très analogues à celles du profil précédent. Le pH est très élevé, le rapport C/N de surface bas, la C.E.C. de l'argile comprise entre 50 et 55 méq.

Les teneurs en fer libre sont faibles et varient relativement peu dans le profil.

Ce sol est donc un sol brun lessivé caractéristique de la Picardie.





2.36. PROFILS DU SOISSONNAIS

- Craonne 18
- La Fère 2
- Craonne 6



PROFIL - CRAONNE 18

Localisation

Commune de Dhuizel - Lieu-dit "Les Burettes".

Date - Conditions  
atmosphériques

13/12/62 - Temps frais.

Végétation

Chaumes de blé.

Position  
géomorphologique

Plateau; relief très légèrement ondulé - Pente très faible à exposition Nord-Ouest.

Altitude

plus ou moins 173 m.

Matériau originel

Recouvrement limoneux décarbonaté reposant à 165 cm sur un ergeron calcaire - A 250 cm second matériau limoneux plus argileux de teinte brun franc, enrichi en calcaire.

Economie en eau

Drainage externe : lent à moyen  
Drainage interne : favorable, quelques petites traces d'oxydo-réduction dans le B<sub>22</sub>.

Activité biologiques

Bonnes dans l'ensemble du profil - Très bonnes dans l'Ap : nombreux grumeaux coprogènes - B<sub>1</sub> - B<sub>21</sub> et B<sub>22</sub> : nombreuses galeries de lombrics de gros diamètre tapissées d'une pellicule humifère épaisse et continue de couleur brun noir - Elles diminuent progressivement dans le B<sub>3</sub> et B/C où l'épaisseur de la pellicule humifère est moins importante - On rencontre encore quelques galeries dans le C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> où les taches humifères tranchent nettement sur la matrice - Les petites racines empruntent principalement les canaux de lombrics et s'insèrent entre les faces verticales des unités structurales - Dans le C<sub>2</sub>, des anciens canaux sont tapissés d'un mycélium calcaire, certains en sont même colmatés - Présence de concrétions calcaires (poupées de loess).

Classification

Sol brun lessivé  
Hapludalf typique à Agrudalf.

Ap

Limon moyen - Brun foncé : 10 YR 4/3 - Frais - Teneur moyenne en matière organique - Activités radicaire moyenne - Structure polyédrique subangulaire très fine à fine, bien développée, avec une légère tendance lamellaire - Ferme - Limite distincte et régulière.

0 - 25 cm.

B<sub>1</sub>

Limon argileux - Brun foncé : 7,5 YR 4/4 - Frais - Faible infiltration de matière organique - Faible activité radicaire - Structure polyédrique subangulaire à angulaire fine faiblement développée - Quelques revêtements argileux très minces se présentent sur les faces des unités structurales - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.

- 34

B<sub>21</sub> t

Limon argileux - Brun jaune à brun jaune foncé : 10 YR 5/4 - 4/4 - Assez frais - Infiltration de matière organique identique à l'horizon sus-jacent - Faible activité radicaire - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne assez bien développée - Revêtements argileux, localement argilo-humifères, sur les faces des unités structurales - Quelques petites traces de manganèse - Ferme - Limite graduelle et régulière.

- 48/50

**B<sub>22</sub> t**  
- 72/75  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Revêtements brun foncé : 10 YR 4/3 - Assez frais - Quelques infiltrations de matière organique localisées - Faible activité radiculaire - Structure polyédrique angulaire moyenne, bien développée, reprise dans une structure prismatique bien développée - Quelques taches et concrétions de manganèse - Revêtements argileux orientés épais et continus sur les faces des unités structurales - Ferme - Limite graduelle et régulière.

**B<sub>3</sub>**  
- 90/105  
Limon moyen à argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Revêtements brun foncé 7,5 YR 4/4 à 10 YR 4/5 - Assez frais - Quelques rares infiltrations de matière organique localement - Faible activité radiculaire - Structure prismatique moyenne, moyennement développée, avec sous-structure polyédrique angulaire moyenne assez bien développée au contact du B<sub>22</sub> t - Traces d'oxydation - Revêtements argileux assez épais et continus sur les faces des unités structurales, principalement sur les faces verticales - Ferme - Limite graduelle et ondulée.

**B/C**  
- 125/145  
Limon moyen - Beige foncé : 10 YR 6/4 - Revêtements brun clair : 10 YR 5/3 - Sec - Quelques radicelles - Structure prismatique grossière, localement moyenne, moyennement développée - Très ferme - Limite graduelle et irrégulière à interrompue.

**(II) C<sub>1</sub>**  
- 165  
Limon moyen - Jaune : 10 YR 7/6 - Sec - Quelques radicelles - Très légère oxydation - (2 à 3 % de recouvrement) - Peu structuré - Accumulation locale d'argile brun très foncé, sous forme de noyaux assez gros - Quelques revêtements argileux très minces et discontinus sur certaines faces de dissociation verticales - Friable - Limite distincte et régulière.

**(II) C<sub>2</sub> Ca**  
- 250  
Limon moyen (argeron calcaire) - Beige foncé : 10 YR 6/4 - Très sec à sec - Teneur assez forte en calcaire - Assez nombreuses petites racines et radicelles - Oxydation identique à l'horizon sus-jacent - Horizon peu structuré, structure continue - Friable - Présence d'infiltrations calcaires sur les rares faces verticales - Présence de concrétions calcaires.

**(III) C<sub>3</sub>**  
+ 250  
De 250 à 380, limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - 5/8 légèrement calcaire, l'infiltration calcaire diminue progressivement, sous forme de "mycelium" diffus.

### Commentaires

Le niveau II de ce profil correspond à un matériau de transition tandis qu'à 250 cm apparaît un dépôt plus altéré et plus sableux.

Notons une recharge en sable de l'horizon de culture, caractère relativement fréquent dans les sols du Soissonnais.

Compte tenu d'une troncature certaine, l'indice d'entraînement de l'argile est vraisemblablement proche de 1,9. Nous n'avons pas eu la possibilité pour ce profil d'effectuer la séparation de l'argile fine.

La porosité totale, élevée, présente un minimum au niveau de l'horizon B<sub>3</sub>, où on note par ailleurs une valeur faible de l'indice log. 10 K. La réserve en eau utile est particulièrement importante.

La teneur en matière organique est un peu faible pour un sol de limon, le C/N est bas, proche de 9.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argiles		Limens			Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
				0-2 P		2-20 P	20-50 P	50-100 P	100-200 P	200-2000 P	0-0,2 μ			0,2-2 μ		
A 749	Ap	0- 25	10 YR 6/3	13.7		21.4	49.2	11.4	1.7	0.7		1.9				
A 750	B <sub>1</sub>	- 34	10 YR 6/4	25.0		18.9	47.7	9.0	1.1	0.4		0.9				
A 751	B <sub>21t</sub>	- 48/50	10 YR 6/4	26.2		15.8	46.8	9.1	1.0	0.3		0.8				
A 752	B <sub>22t</sub>	- 72/75	10 YR 6/6	27.1		15.9	45.8	9.3	1.4	0.5						
A 753	B <sub>3</sub>	- 90/105	10 YR 7/6	20.3		15.1	59.8	4.2	0.4	0.2						
A 755	B/C	- 125/145	10 YR 6-7/4	17.8		16.3	61.8	3.8	0.2	0.1						
A 756	IIC <sub>1</sub>	- 165	10 YR 7/6	12.0		19.5	63.5	4.1	0.6	0.3						
A 757	IIC <sub>2ca</sub>	- 250	10 YR 7/4	16.1		17.9	30.8	7.3	1.9	0.9	16.2					
A 758	IIIC <sub>3</sub>	> 250	10 YR 6/4	21.1		14.2	40.7	11.5	5.7	3.8	3.0					

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
Ap	1.56	2.63	40.7	10.2	3.6	2.4	1.88	1.44	1.39	1.38	28.6	8.8	19.8
B <sub>1</sub>				16.2	4.0	4.4	1.60	1.42	1.38	1.35	31.5	12.2	19.3
B <sub>21t</sub>	1.51	2.63	42.6	19.2	3.6	9.0	1.55	1.50	1.43	1.40	32.7	12.9	19.8
B <sub>22t</sub>				11.8	1.0	4.6	1.78	1.41	1.36	1.34	33.6	15.9	18.0
B <sub>3</sub>	1.53	2.63	41.8	7.2	2.2	3.2	1.88	1.30	1.24	1.23	29.8	11.2	18.6
B/C				2.8	0.4	1.2	2.35	1.31	1.16	1.08	28.6	9.7	18.9
IIC <sub>1</sub>	1.47	2.63	44.1	0.4	0.4	0.4	3.44	1.29	1.26	1.22	26.8	7.5	19.3
IIC <sub>2ca</sub>				4.0	3.0	3.2	2.41	1.34	1.29	1.25	26.6	8.3	18.3
IIIC <sub>3</sub>				-	-	-	-	-	-	-	25.2	10.9	14.3

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fer HCl Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Alum. éch. méq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %/∞
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
Ap	8.0		9.3	1.00	9.3	9.1	20.2	1.35	0.36	0.16	22.07	Sat	-	1.07			
B <sub>1</sub>	7.6		4.7	0.70	6.7	11.0	14.8	1.54	0.33	0.16	16.83	"	(44)	1.56			
B <sub>21t</sub>	7.8		4.0	0.50	8.0	12.7	15.9	1.64	0.40	0.19	18.10	"	(46)	1.71			
B <sub>22t</sub>	7.7					14.5	16.7	2.82	0.36	0.20	20.08	"	54	1.58			
B <sub>3</sub>	7.7					12.4	14.6	2.00	0.33	0.20	17.13	"	61	1.46			
B/C	7.8					10.1	16.8	1.28	0.36	0.43	16.87	"	57	1.34			
IIC <sub>1</sub>	7.8					8.7	8.0	0.94	0.24	0.16	9.34	"	73	1.08			
IIC <sub>2ca</sub>	8.4					8.8	26.9	1.40	0.23	0.26	28.69	"	55	1.26			





Le sol est saturé, à pH élevé. La C.E.C. de l'argile est assez importante ; nettement supérieure à 55 méq.

Le fer libre présente des valeurs assez faibles, l'indice d'entraînement doit être de l'ordre de 1,8.

Nous avons donc affaire à un sol brun lessivé très typique du Soissonnais, partiellement érodé.

o

o            o

Le présent document est le résultat de travaux effectués par les membres de l'Association Française pour l'Étude du Sol (AFES) et est mis à disposition de la communauté scientifique sous licence Creative Commons Attribution - NonCommercial - Partage des Auteurs (CC BY-NC-SA).  
Tous droits réservés. Toute réimpression ou utilisation non autorisée sans la permission écrite de l'AFES est formellement interdite.

PROFIL - LA FERRE 2

<u>Localisation</u>	Forêt de Saint-Gobain - Fontaine à la Goutte.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	22/12/64 - Temps couvert, gel.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie à réserve de bouleaux pubescents, frênes et érables. Taillis : charmes, coudriers, saules et ormes.
<u>Position géomorphologique</u>	Faible pente à exposition Est-Nord-Est.
<u>Altitude</u>	195 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrements limoneux sur calcaire lutétien à 4 m.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : imparfait à modéré.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes jusqu'au B <sub>1</sub> , assez nettes dans le B <sub>2t</sub> - Cavités d'animaux fousseurs, localement nombreux grumeaux coprogènes, se continuent ensuite jusque la base du II C <sub>1</sub> .
<u>Classification</u>	Sol lessivé, à horizon B légèrement tacheté. Hapludalf aquique à typique.
O <sub>1</sub>	L : Mull - Litière peu épaisse.
O <sub>2</sub>	Couches F et H nulles.
A <sub>11</sub> 0 - 7/8 cm.	Limon moyen - Brun gris foncé : 10 YR 4/2 - Frais - Teneur assez forte en matière organique - Petites racines, colonisation moyenne - Structure grumeleuse modérément développée - Friable - Limite abrupte et régulière.
A <sub>12</sub> - 17/20	Limon moyen - Brun à brun clair : 10 YR 4/3 - Frais - Teneur moyenne en matière organique - Forte colonisation racinaire - Structure grumeleuse fine, modérément développée à polyédrique, fine, faiblement développée - Friable - Limite abrupte, légèrement ondulée.
A <sub>2/A3</sub> - 33/36	Limon moyen - Brun à brun clair : 10 YR 4/3 et brun jaune : 10 YR 5/4 - Frais - Localement teneur très faible en matière organique - Forte colonisation racinaire - Structure polyédrique subangulaire moyenne, très faiblement développée, localement polyédrique subangulaire fine assez bien développée - Friable - Quelques grumeaux le long des racines - Limite distincte, légèrement ondulée.
B <sub>1</sub> - 43/47	Limon moyen - Brun jaune foncé ; 10 YR 4/4 - Revêtements brun à brun clair : 10 YR 4/3 - Frais - Quelques rares infiltrations de matière organique localement - Assez faible colonisation racinaire - Très légère oxydation (2 à 5% de recouvrement) ; contraste faible - Structure subangulaire à angulaire fine modérément développée - Friable à ferme - Limite distincte ondulée.

B <sub>21</sub> tg - 60/64	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Revêtements brun jaune foncé : 10 YR 4/4 et brun clair : 10 YR 5/3 - Frais - Faible colonisation racinaire, localement - Forte oxydation (25 à 40 % de recouvrement) se marquant en auréoles, brun à brun foncé : 7,5 YR 4/4 - Début de réduction - Revêtements argileux épais et continus - Quelques taches de fer et manganèse - Début de dégradation - Petites plages plus légères, apports possibles de lombrics - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne, bien développée, légère tendance prismatique - Ferme - Limite distincte ondulée.
B <sub>22</sub> tg - 70/80	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Revêtements brun : 7,5 YR 5/2 - Faible colonisation racinaire localement - Forte oxydation se marquant en auréoles - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Début de réduction - Revêtements argileux et continus - Quelques taches de fer et manganèse - Début de dégradation - Petites plages plus légères - Structure prismatique moyenne, assez bien développée et polyédrique angulaire, moyenne, modérément développée - Ferme - Limite graduelle ondulée.
B <sub>3</sub> - 95/106	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Revêtements brun : 7,5 YR 5/2 - Frais - Quelques racines - Très légère oxydation peu contrastée - Revêtements argileux assez épais et discontinus - Structure prismatique moyenne à grossière, faiblement développée, à massive localement - Ferme à très ferme - Limite distincte ondulée.
C / II C <sub>1</sub> - 112/122	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Frais - Quelques racines - Très légère oxydation peu contrastée - Sans structure, massif, quelques faces verticales mal définies - Ferme - Limite distincte, fortement ondulée.
II C <sub>2</sub> - 144/147	Limons moyens - Brun jaune clair : 10 YR 6/6 avec plages gris pâle : 10 YR 7/2 - Assez sec - Limite très nette de la pénétration des racines et des lombrics - Très légère oxydation peu contrastée - Massif - Très ferme - Limite abrupte ondulée.
II C <sub>3</sub> + 150	Limons moyens - Brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez frais à frais - Très légère oxydation peu contrastée - Massif - Ferme - Limons moyens jusqu'à 4,10 m avec passage à un limon un peu argileux entre 2,50 et 3,20 m, puis entre 3,60 m et 4,10 m où le limon est aussi plus sableux - Arrêt sur calcaire gréseux à 4,10 m.

#### Commentaires

Le matériau est marqué par une discontinuité assez sensible vers 110 cm : variation importante des fractions limoneuses, et diminution de la teneur en sable, particulièrement pour la fraction 100 - 200  $\mu$ .

L'entraînement de l'argile totale est assez important : indice 1,8, tandis que pour l'argile fine il est de 4, ce qui est très particulier. Notons par ailleurs une teneur relativement élevée en argile grossière 0,2 - 2  $\mu$ .

Nous observons ici également une diminution sensible de la porosité au niveau des horizons B.

La teneur en matière organique est élevée en surface, provoquant une forte stabilité de la structure. Le rapport C/N est plus élevé que dans le profil précédent : 11,6.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles			Limons			Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 µ	2-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ	0-0,2 µ	0,2-2 µ					
A 4772	A <sub>11</sub>	0 - 7/8	14.8		18.1	46.2	6.4	6.0	2.2		6.3	3.6	11.2		
A 4773	A <sub>12</sub>	17/20	16.4		20.4	44.3	7.4	5.7	2.1		3.8	2.9	13.5		
A 4774	A <sub>2/A3</sub>	33/36	17.9		20.3	44.9	7.5	5.7	2.1		1.7	3.6	14.3		
A 4775	B <sub>1</sub>	43/47	17.2		24.5	44.2	6.8	4.7	2.6			4.6	12.6		
A 4776	B <sub>21tg</sub>	60/64	24.7		21.4	41.2	7.2	3.7	1.8			8.0	16.7		
A 4777	B <sub>22tg</sub>	70/80	26.7		21.6	40.3	6.7	3.1	1.6			11.4	15.3		
A 4778	B <sub>3</sub>	95/106	25.7		20.8	44.6	6.2	1.8	0.9			10.2	15.5		
A 4779	C/IIC <sub>1</sub>	112/122	23.1		14.0	56.5	4.8	1.1	0.5			5.5	17.6		
A 4780	IIC <sub>2</sub>	144/147	18.1		17.2	60.3	3.3	0.6	0.5			5.0	13.1		
A 4781	IIC <sub>3</sub>	> 150	14.0		18.8	60.1	5.7	0.9	0.5			2.9	11.1		

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure						Humid. pF 2,5	P. F. pF 4,2	Eau utile %	
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.				3 H.
A <sub>11</sub>				51.4	62.8	49.5	0.32	1.48	1.46	1.45	29.3	12.7	16.6
A <sub>12</sub>				42.9	48.3	36.1	0.60	1.36	1.33	1.30	24.6	9.5	15.1
A <sub>2/A3</sub>	1.36	2.55	46.7	28.0	13.7	22.3	1.18	1.12	1.05	0.97	21.8	6.5	15.3
B <sub>1</sub>				24.0	5.5	9.8	1.53	0.94	0.91	0.84	23.0	7.3	16.3
B <sub>21tg</sub>	1.65	2.58	36.1	21.9	3.2	6.4	1.64	0.91	0.87	0.80	25.8	10.1	15.7
B <sub>22tg</sub>				21.2	3.3	7.6	1.64	0.88	0.84	0.79	28.7	11.6	17.1
B <sub>3</sub>				9.9	1.9	5.4	1.87	0.73	0.73	0.67	29.1	11.3	17.8
C/IIC <sub>1</sub>	1.54	2.59	40.6	3.6	1.4	2.4	2.20	0.85	0.80	0.76	24.6	8.6	18.0
IIC <sub>2</sub>	1.53	2.57	40.5	3.4	1.2	2.4	2.23	0.88	0.84	0.80	23.7	7.5	16.2
IIC <sub>3</sub>				2.0	0.8	1.3	2.57	0.55	0.47	0.47	23.8	7.1	16.7

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb. %	N tot. %	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7,0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre Fe: O <sub>3</sub> %	Fer HCl Fe: 2O <sub>3</sub> %	Alum. éch. meq. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> °/∞
	eau	KCl				C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>11</sub>	5.0		31.5	2.72	11.6	9.5	5.0	1.17	0.61	0.05	6.83	71.9	-	1.06	-	0.67	1.62
A <sub>12</sub>	4.8		18.8	1.88	10.0	7.1	2.4	0.82	0.25	0.05	3.52	49.6	-	1.01	2.24	1.79	1.38
A <sub>2/A3</sub>	4.8		8.3	1.25	6.6	5.7	1.4	0.69	0.13	0.03	2.25	39.5	(25)	1.01	-	2.49	1.73
B <sub>1</sub>	4.8					6.8	2.3	1.19	0.14	0.04	3.67	54.0	(38)	0.97	2.79	2.49	1.81
B <sub>21tg</sub>	5.2					10.6	5.6	2.11	0.26	0.07	8.04	75.8	43	1.61	-	2.19	2.09
B <sub>22tg</sub>	4.9					12.3	5.8	3.54	0.34	0.10	9.78	79.5	46	1.69	-	3.15	2.04
B <sub>3</sub>	5.0					13.4	7.4	2.44	0.32	0.11	10.27	76.6	52	1.60	4.17	2.69	1.81
C/IIC <sub>1</sub>	4.9					11.3	6.6	2.30	0.22	0.09	9.21	81.5	49	1.42	-	1.89	1.57
IIC <sub>2</sub>	5.1					9.7	7.3	2.83	0.25	0.13	10.51	-	54	1.41	3.36	1.11	1.48
IIC <sub>3</sub>	5.2					9.8	7.6	1.91	0.11	0.11	9.79	99.9	70	1.54	-	0.78	1.28



Ce profil est désaturé sur pratiquement toute son épaisseur. La C.E.C. est peu élevée en surface, et croît légèrement en profondeur. Notons à nouveau des teneurs en Mg échangeable assez élevées, particulièrement à la base du Bt.

Le fer libre présente un indice d'entraînement de 1,7, ce qui paraît un peu faible pour l'évolution de ce sol. On constate un certain entraînement de l'Al libre.

Ce profil paraît être affecté par une dégradation débutante favorisée par un léger engorgement temporaire dans l'horizon argillique.

Il s'agit d'un sol lessivé acide à légère hydromorphie.





Le sol est un système complexe et dynamique qui résulte de l'interaction de processus physiques, chimiques et biologiques. Sa formation est un processus lent et continu, influencé par le climat, la géologie, la topographie et l'usage des terres. Le sol agit comme un réservoir de nutriments et d'eau, et joue un rôle crucial dans le cycle des nutriments et le stockage du carbone. La dégradation du sol, due à des pratiques agricoles intensives, à l'érosion et à la pollution, est une préoccupation majeure pour la sécurité alimentaire et l'environnement.

La gestion durable des sols vise à maintenir ou améliorer la santé des sols tout en répondant aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Cela implique l'adoption de pratiques agricoles durables, telles que l'agriculture de conservation, l'agroécologie et la gestion intégrée des nutriments. La recherche en science du sol continue de développer de nouvelles technologies et méthodes pour mieux comprendre et gérer nos sols.

PROFIL - CRAONNE 6

<u>Localisation</u>	Carte Craonne 3-4 - Carton 3 G - Commune de Corbeny - Lieu-dit "La Réserve".
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	21/7/65 - Ciel couvert, temps orageux.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie : <u>Strate arborescente</u> : charme, bouleau, chêne <u>Strate arbustive</u> : charme <u>Strate herbacée</u> : lierre, pervenche, ronce, labiées, mousse, paturin.
<u>Position géomorphologique</u>	Haut d'une faible pente - Exposition Nord-Ouest.
<u>Altitude</u>	115 m.
<u>Matériau originel</u>	Récouvrement limono-sableux à limoneux reposant sur un substrat tertiaire.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes dans l'ensemble du profil, nombreux canaux tapissés d'une pellicule humifère descendant progressivement jusque dans le B/C - Certains sont colmatés de grumeaux coprogènes.
<u>Classification</u>	Sol lessivé Hapludalf typique.
A <sub>11</sub> 0 - 8/9 cm	Limón moyen sableux - Brun clair vers brun foncé : 10 YR 5/3 - 4/3 - Assez frais - Teneur moyenne à assez importante en matière organique - Colonisation racinaire moyenne, quelques grosses racines - Structure grumeleuse fine, moyennement développée plus structure polyédrique subangulaire fine faiblement développée - Friable à ferme - Limite distincte et régulière.
A <sub>12</sub> - 15/17	Limón moyen sableux - Brun jaune : 10 YR 5/4 - Assez frais à frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation racinaire faible, quelques grosses racines et petites racines - Structure grumeleuse fine, moyennement développée plus structure polyédrique subangulaire fine à moyenne, moyennement développée - Ferme à friable - Limite distincte et régulière.
A <sub>2</sub> - 28/30	Limón moyen sableux - Beige foncé : 10 YR 6/4 - Assez frais à frais - Teneur faible en matière organique - Colonisation racinaire faible - Structure grumeleuse fine à moyenne assez bien développée plus structure polyédrique subangulaire fine à moyenne, moyennement développée - Ferme à friable - Limite distincte et régulière.

A / B - 45/50	Limons argilo-sableux - Beige foncé à brun jaune clair : 10 YR 6/5 - Assez frais à frais - Infiltration humifère très faible - Colonisation racinaire très faible - Quelques traces d'oxydation - Structure polyédrique subangulaire moyenne, faiblement développée plus grumeleuse fine - Ferme - Limite graduelle et assez régulière.
B <sub>21</sub> t - 75/80	Limons argileux plus ou moins sableux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Quelques infiltrations de matière organique - Colonisation racinaire faible - Quelques traces d'oxydation et de réduction : 2 à 3 % de recouvrement - Structure polyédrique angulaire moyenne, moyennement développée plus grossière reprise dans une structure prismatique à la base de l'horizon - Revêtements argileux fins et assez continus sur 60 à 70 % des faces structurales - Très ferme - Limite graduelle et assez régulière.
B <sub>22</sub> t - 95/100	Limons argileux à limons argilo-sableux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais - Colonisation racinaire faible, petites racines - Oxydation moyenne : 7 à 10 % de recouvrement, légère réduction : 3 % de recouvrement - Structure prismatique moyenne à grossière, assez bien développée - Revêtements argileux sur la majorité des faces structurales - Très ferme - Limite graduelle et assez régulière.
B <sub>3</sub> - 115/120	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais à frais - Colonisation racinaire très faible, petites racines - Légère oxydation, réduction identique - Structure prismatique moyenne à grossière, faiblement développée - Revêtements argileux modérément épais sur les faces verticales de structure - Très ferme - Limite graduelle et assez régulière.
B/C - 145/150	Limons argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Assez frais à frais - Quelques petites racines localement - Légère oxydation - Structure prismatique grossière faiblement développée - Ferme à très ferme - Limite graduelle et assez régulière.
C <sub>1</sub> - 175/180	Limons argileux - Brun jaune clair vers brun jaune : 10 YR 6/6-5/6 - Assez frais à frais - Quelques petites racines - Quelques traces d'oxydation - Massif - Ferme - Limite graduelle et assez régulière.
C <sub>2</sub> - 200	Limons argileux - Brun jaune clair vers brun jaune : 10 YR 6/6-5/6 - Frais - Quelques petites racines - Quelques traces d'oxydation - Massif - Ferme.

#### Commentaires

Une caractéristique intéressante de ce sol est la teneur en sable progressivement de plus en plus importante du bas en haut du profil. Il s'agit vraisemblablement d'une variation contemporaine de la sédimentation éolienne.

Profondément développée, ce sol présente un indice d'entrainement de 1,99.

La porosité totale présente une diminution sensible dans la partie médiane du solum ; la stabilité structurale est particulièrement élevée en surface, elle diminue sensiblement dès l'horizon B<sub>3</sub>.





Le pH paraît très acide pour une matière organique offrant un rapport C/N relativement bas ; nous avons affaire à un mull acide.

Le degré de saturation, inférieur à 50 % à la partie supérieure du Bt, croît nettement en profondeur. Notons une teneur relativement élevée en Mg échangeable dans les horizons A. La C.E.C. de l'argile est comprise entre 40 et 45 méq.

L'indice d'entraînement du fer libre est très élevé, près de 2,5.

L'ensemble de ces caractères indique une évolution très marquée dans un limon récent. Ce sol est donc un sol lessivé bien caractéristique.

o

o            o

1. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
2. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
3. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
4. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
5. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
6. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
7. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
8. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
9. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.  
10. L'Etat a le droit de réglementer l'usage des terres et des biens.

2.37. PROFILS DE HAUTE-BRIE

- Montrouil 71
- Meaux 44
- Château-Thierry 25





PROFIL - MONTMIRAIL 71

<u>Localisation</u>	Carte Montmirail 3-4 - Fontenelle-en-Brie - 3.O.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	24/10/61 - Temps couvert - Pluie la veille.
<u>Végétation</u>	Chénaie à Molinie.
<u>Position géomorphologique</u>	Très faible pente - Exposition Nord.
<u>Altitude</u>	204 m.
<u>Matériau originel</u>	Couverture limoneuse homogène.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent Drainage interne : imparfait.
<u>Activités biologiques</u>	Moyennes dans l'A <sub>1</sub> , diminuant ensuite très rapidement.
<u>Classification</u>	Sol lessivé glossique à pseudogley, à fragipan, Fraglossudalf aquique, intergrade vers les Aqualfs.
O <sub>1</sub>	Couche L : faible à moyenne localement.
O <sub>2</sub>	Couche F : assez peu importante, discontinue.
A <sub>11</sub> 0 - 8 cm,	Limon moyen - Brun clair : 10 YR 5/3 - Frais - Teneur moyenne en matière organique - Quelques grosses racines, radicelles assez nombreuses - Structure grumeleuse fine à très fine, faiblement développée - Friable - Limite distincte et régulière.
A <sub>12</sub> - 18/20	Limon moyen - Beige foncé : 10 YR 6/3 - Assez frais - Infiltration de matière organique - Colonisation radiculaire moyenne - Structure granulaire fine à très fine faiblement développée - Quelques taches de rouille - Friable - Limite distincte et régulière.
A <sub>2</sub> - 35	Limon moyen - Beige : 10 YR 6/3 à 6/4 - Assez frais - Traces de matière organique - Colonisation radiculaire diminuant fortement - Structure granulaire, moyenne, faiblement développée, localement polyédrique - Matériau très peu structuré - Léger mottling (5/10 %) - Friable - Limite graduelle et ondulée, localement irrégulière.
Bg & A - 55	Limon argileux et limon moyen - Brun clair : 10 YR 5/3 - Dégradation : 10 YR 8/2 à 8/3 - Ox. : 10 YR 5/8 à 7,5 YR 5/6 localement - Assez frais - Colonisation radiculaire faible - Structure polyédrique subangulaire fine à moyenne, faiblement développée, farineuse dans le "tonguing" - Mottling assez contrasté (15-20 %) nombreuses taches de Fe-Mn - Revêtements argileux présents dans les parties les mieux structurées - Friable - Limite diffuse et ondulée.

B <sub>2</sub> tg - 85/90	Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6 - Ox. : 10 YR 5/8 - Dégradation : 10 YR 7/2 - "Coatings" : 7,5 YR 5/4 - Frais - Quelques radicelles localement - Structure polyédrique angulaire fine à moyenne, bien développée dans les parties les moins dégradées, localement moyennement développée à sur-structure prismatique grossière - Mottling net (25 %) - Très nombreuses tâches Fe-Mn - Revêtements argileux fins et assez continus - Ferme - Limite distincte et régulière.
B <sub>3</sub> gx - 120	Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6 - Réd. : 5Y6/1 - Coatings : 10 YR 5/3 - Frais - Structure prismatique grossière à sous-structure polyédrique subangulaire grossière, moyennement développée (tendance lamellaire) - Revêtements argileux fins et discontinus, sur les faces structurales - Oxydo-réduction très marquée, particulièrement le long des faces verticales de structure - Quelques concrétions Fe-Mn - Ferme à très ferme - Limite distincte et régulière.
C gx - 150	Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6 - Réd. 5 Y 6/1 - Frais - Structure prismatique très grossière, moyennement développée à sous-structure lamellaire grossière - Revêtements argileux fins et discontinus et légère induration Fe-Mn sur les faces horizontales de structure - Réduction nette le long des "cracks" polygonaux de la structure prismatique - Très ferme - Compact.

#### Prélèvement sélectif

E : Plages dégradées au niveau du Bg et A.

#### Commentaires

Sol caractéristique de la partie méridionale de la zone étudiée, il présente un développement très avancé sur un matériau limoneux assez fortement altéré. Ce matériau est très pur, présentant une teneur en fractions sableuses très faible.

L'indice d'entraînement de l'argile est de 2,1. La teneur en argile de l'horizon A<sub>11</sub>, plus faible qu'en A<sub>2</sub>, est vraisemblablement due à un remaniement très superficiel.

Un échantillon prélevé dans une langue de dégradation montre une granulométrie intermédiaire entre celle du A<sub>2</sub> et du Bt.

L'horizon compact de profondeur, du type fragipan, présente une densité apparente élevée : 1,82 et une porosité totale inférieure à 30 %. La stabilité de la structure y est faible comme l'indiquent les valeurs des tests S et K.

Ce sol est acide, désaturé sur toute sa profondeur. Les valeurs du Mg échangeable sont assez élevées au niveau des horizons B.

Notons la variation de la C.E.C. de l'argile qui présente un minimum marqué au niveau de la destruction de l'horizon Bt. Nous aurons l'occasion de parler de ce phénomène plus en détail en quatrième partie.

L'indice d'entraînement théorique du fer libre est nettement supérieur à 3 ; ceci pourrait indiquer une dissociation du fer par rapport à l'argile. Cependant, les conditions d'hydromorphie de la partie supérieure du sol pourraient avoir accentué cette différence par une certaine élimination latérale sous forme réduite en période d'engorgement.

Ce sol présente donc des phénomènes de dégradation manifestes, il s'agit d'un sol lessivé acide, glossique à pseudogley.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Couleur à l'état sec	Argiles		Limons				Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile		
				0-2 µ	2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ	0-0,2 µ	0,2-2 µ					
9145	A <sub>11</sub>	0 - 8	10 YR 8/3	13.9		27.0	50.3	2.1	1.2			5.5					
9146	A <sub>12</sub>	- 18/20	10 YR 8/2	16.2		34.9	43.2	2.1	0.8			2.8					
9147	A <sub>2</sub>	- 35	10 YR 8/2-3	14.6		30.8	49.5	3.0	1.2			0.9					
9148	B <sub>g</sub> & A	- 55	10 YR 7/2	20.4		28.6	47.8	2.2	1.0								
9149	B <sub>2</sub> tg	- 85/90	10 YR 8/6	29.8		25.7	41.4	2.2	0.9								
9151	B <sub>3</sub> gx	- 120	10 YR 6/6	26.3		31.2	39.5	2.5	0.5								
9152	C <sub>g</sub> x	- 150	10 YR 8/6	27.8		29.1	37.0	2.4	0.7								
9150	E	Dégradation	10 YR 8/2	17.6		32.5	45.5	2.3	0.4	1.7			9.8	7.8			

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 Is	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
A <sub>11</sub>				40.6	53.0	31.8	0.29	1.40	1.36	1.31	31.3	13.2	18.1
A <sub>12</sub>				34.0	44.0	29.6	0.76	1.19	1.13	1.10	27.7	9.8	17.9
A <sub>2</sub>	1.41	2.63	46.4	22.4	13.0	18.4	1.33	1.16	1.06	1.06	27.1	7.3	19.8
B <sub>g</sub> & A				18.0	4.4	11.6	1.24	1.13	1.05	1.02	29.4	9.1	20.3
B <sub>2</sub> tg	1.49	2.59	42.5	21.6	0.2	9.6	1.56	1.21	1.14	1.14	32.6	14.7	17.9
B <sub>3</sub> gx				13.8	2.0	5.0	1.59	0.94	0.82	0.78	26.8	12.9	13.9
C <sub>g</sub> x	1.82	2.57	29.2	9.2	1.2	2.8	2.00	0.79	0.74	0.74	26.1	12.6	13.5
E				14.4	2.0	5.2	1.69	1.09	0.93	0.90	28.7	7.9	20.8

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb.	% tot.	C/N	En milliequivalents/100 g de terre, à pH 7.0						% sat. S/T x 100	T 100 g argile	Fer libre Fe: O <sub>2</sub> %	Fer HCl Fe: 2O <sub>3</sub> %	Alum. éch. m <sup>é</sup> q. %	Alum. libre Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %/oo
	eau	KCl	%	%		C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S						
A <sub>11</sub>	5.1		27.5	2.72	10.1	9.9	2.6	0.90	0.50	0.04	4.04	41.0	-	0.96		3.82	
A <sub>12</sub>	4.7		14.0	1.30	10.8	7.5	1.0	0.70	0.18	0.02	1.90	25.5	-	0.76		-	
A <sub>2</sub>	4.7					4.8	1.2	1.30	0.14	0.02	2.66	55.1	(32)	1.43	2.30	-	1.79
B <sub>g</sub> & A	5.0					4.2	3.0	1.80	0.25	0.06	5.11	-	21	1.66		-	
B <sub>2</sub> tg	5.0					16.4	7.0	3.00	0.32	0.14	10.46	63.6	57	2.78		-	
B <sub>3</sub> gx	5.1					12.4	7.0	3.00	0.24	0.20	10.44	84.2	48	2.21		-	
C <sub>g</sub> x	4.8					13.2	7.6	3.00	0.19	0.21	11.00	83.3	44	2.37		3.20	
E	5.2					8.3	3.2	1.40	0.20	0.06	4.86	58.5	43	1.23	1.75	2.28	1.45



PROFIL - MEAUX 44

Localisation

Meaux 7-8 - Ferme de l'Hôpital.

x = 662 800      y = 149 750

Date - Conditions  
atmosphériques

7/9/60 - Beau temps.

Végétation

Chaume de blé.

Position  
géomorphologique

Relief subnormal - Plateau, pente pratiquement nulle.

Altitude

210 m.

Matériau originel

Couverture limoneuse de limon ancien de plus de 6 m.

Economie en eau

Drainage externe : lent à très lent

Drainage interne : faible.

Activités biologiques

Moyennes jusqu'au B<sub>21</sub> tg - Faibles à nulles ensuite.

Classification

Sol lessivé glossique, à pseudogley, à fragipan.

Fraglossudalf -aérique.

Remarques

Phénomènes de dégradation en petites langues et plages diffuses, assez importants jusqu'à la base du B<sub>22</sub> tg - Concrétions Fe-Mn assez nombreuses dans l'A<sub>2</sub>.

Ap

Limon moyen - Brun clair : 10 YR 5/3 - Assez frais - Teneur moyenne en matière organique - Colonisation racinaire assez faible - Structure grumeleuse très fine, faiblement développée au contact des racines, granulaire fine, faiblement développée à la partie inférieure de l'horizon - Friable - Oxydation en petites taches - Quelques grumeaux coprogènes, quelques conduits de lombrics - Limite distincte et régulière.

A<sub>2</sub>g

- 31/35

Limon moyen - Beige : 10 YR 7/4 - Assez frais - Teneur en matière organique très faible - Quelques petites racines et radicelles - Quelques concrétions Fe-Mn, taches indurées plus nombreuses - Phénomènes d'oxydo-réduction nets - Structure granulaire fine à moyenne faiblement développée ; tendance lamellaire due au tassement (semelle de labour) - Friable - Quelques canaux de lombrics tapissés d'humus et quelques cavités avec grumeaux coprogènes - Limite graduelle et régulière.

Ag & Bg

- 35/44

Limon moyen à limon argileux - Brun jaune clair : 10 YR 6/6 - Assez frais à frais - Quelques radicelles - Concrétions Fe-Mn dures - Nombreuses petites concrétions friables et taches indurées - Phénomènes d'oxydation assez importants, brun franc : 7,5 YR 5/6 - Bariolage fin et distinct, dégradation importante - Structure granulaire à particulaire dans les plages dégradées ; polyédrique subangulaire fine à très fine, faiblement à modérément développée dans les masses résiduelles - Friable - Encore quelques conduits de lombrics partiellement tapissés - Limite distincte et ondulée.

- B<sub>21</sub> tg**  
- 50/52  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Revêtements argileux bruns : 7,5 YR 5/4 - Assez frais - Concrétions Fe-Mn dures - Taches indurées plus nombreuses sur les faces structurales - Phénomènes d'oxydation importants, brun jaune : 7,5 YR 5/6 et de réduction, gris pâle : 10 YR 7/2 - Dégradation assez importante en petites langues et plages diffuses - Structure polyédrique subangulaire très fine, modérément développée, localement polyédrique angulaire fine à très fine bien développée - Friable - Assez nombreux revêtements argileux et argilo-limoneux orientés, fins et discontinus - Limite graduelle et régulière.
- B<sub>22</sub> tg**  
- 57/70  
Limon argileux - Brun jaune : 10 YR 5/6 - Oxydation brun franc : 7,5 YR 5/8, réduction gris pâle : 10 YR 7/1 - Frais - Phénomènes d'oxydation et de réduction analogues au B<sub>21</sub> tg - Encore quelques concrétions Fe-Mn et nombreuses indurations sur les faces structurales - Dégradation : limon fin en plages diffuses - Structure polyédrique angulaire très fine à fine, assez bien développée - Friable - Nombreux revêtements argileux bruns : 7,5 YR 5/4 assez épais et continus - Limite distincte et fortement ondulée.
- B<sub>3</sub> g(x)**  
- 80/100  
Limon argileux - "Matrice", oxydo-réduction et revêtements de même couleur que dans le B<sub>22</sub> tg - Frais - Phénomènes d'oxydo-réduction très importants - Quelques indurations Fe-Mn - Structure polyédrique subangulaire moyenne, modérément développée, localement à tendance prismatique dans le bas de l'horizon - Ferme et compact - Quelques revêtements argileux fins et discontinus - Réseau de faces verticales à revêtements argileux épais réduits : gris pâle : 5 Y 7/2 à 6/1, devenant rosés au contact de la "matrice" : 7,5 YR 6/2 et présentant une frange d'oxydation bien marquée - Limite diffuse et interrompue.
- Bgx / C gx**  
- 115/130  
Limon argileux - La couleur de la "matrice", l'oxydo-réduction et les revêtements : même chose que ci-dessus - Frais - Quelques taches Fe-Mn indurées - Structure prismatique grossière faiblement différenciée, avec localement structure lamellaire grossière faiblement développée - Ferme et compact - Encore quelques revêtements argileux fins et discontinus sur les faces verticales du réseau - Limite distincte et irrégulière.
- C<sub>12</sub> gx**  
- 165/175  
Limon argileux - Jaune : 2,5 Y 7/6 - Assez frais - Nombreuses taches Fe-Mn indurées - Oxydation en diminution, brun jaune : 10 YR 5/8 et réduction, gris pâle : 2,5 Y 7/1 - Structure massive - Très ferme.

#### Prélèvements sélectifs

- E<sub>1</sub> : Dégradation au niveau B<sub>21</sub> tg  
E<sub>2</sub> : Revêtements au niveau B<sub>3</sub> gx.

#### Commentaires

Le sol auquel nous avons affaire est très fortement évolué, le lessivage est important, la dégradation marquée, l'hydromorphie accentuée. Le limon est très peu sableux comme il est normal dans cette région.

L'indice d'entraînement de l'argile 0 - 2  $\mu$  est de 1,86, celui de l'argile fine de 2,8 ; l'illuviation est donc importante.

Un échantillon prélevé dans une langue de dégradation présente, comme dans le profil précédent, une composition intermédiaire entre celle de l'A<sub>2</sub> et du Bt.

% de terre séchée à 105° C

N° de labo.	Horizon	Profondeur en cm	Argiles		Limos		Sables fins		S. G.	Calc.	M. O.	Fractionnement de l'argile	
			0-2 µ	2-10 µ	10-20 µ	20-50 µ	50-100 µ	100-200 µ	200-2000 µ			0-0,2 µ	0,2-2 µ
A 8238	Ap	0 - 18/21	14.7	9.0	22.2	49.1	2.9	0.7	1.4		1.8	4.7	10.6
A 8239	A <sub>2</sub> g	- 31/35	14.5	9.7	19.4	50.8	2.8	0.5	1.4		0.9	4.6	9.9
A 8240	AgetBg	- 35/44	18.8	10.6	17.2	47.7	2.2	0.6	2.3		0.6	7.7	11.1
A 8241	B <sub>21</sub> tg	- 50/52	25.6	10.8	17.3	41.9	2.3	0.6	1.5			11.3	14.3
A 8242	B <sub>22</sub> tg	- 57/70	27.0	9.7	17.0	43.3	1.8	0.4	0.8			12.9	14.1
A 8243	B <sub>3</sub> g(x)	- 80/100	26.7	10.8	15.8	43.1	2.1	0.4	1.1			12.5	14.2
A 8244	Bg/Cg	- 115/130	26.6	9.2	16.6	44.4	1.8	0.4	1.0			12.1	14.5
A 8245	C <sub>1</sub> g	- 145/155	25.8	11.6	17.4	41.6	2.4	0.7	0.5			10.4	15.4
A 8246	C <sub>2</sub> g	- 165/175	24.9	12.4	16.2	41.1	2.6	0.6	0.2			7.2	17.7
7442	E <sub>1</sub>	Dégradation	16.2	10.6	17.9	51.5	2.3	0.4	1.1			7.1	9.1
7443	E <sub>2</sub>	Revêtements	43.7	7.6	12.6	33.5	1.4	0.4	0.8			25.3	18.4

## CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES :

Horizon	Densité app.	Densité abs.	Porosité %	Stabilité de structure							Humid. pF 2.5	P. F. pF 4.2	Eau utile %
				Test d'instabilité			log. 10 ls	Test de percolation log. 10 K					
				Alc.	Benz.	Air		1 H.	2 H.	3 H.			
Ap	1.56	2.62	40.5	5.9	4.0	3.5	2.05	1.23	1.09	0.90	22.7	6.2	16.5
A <sub>2</sub> g				5.2	1.6	3.2	2.36	0.99	0.87	0.75	22.0	5.5	16.5
AgetBg				14.4	2.5	5.2	1.97	0.89	0.89	0.81	23.9	7.9	16.0
B <sub>21</sub> tg	1.57	2.67	41.2	16.9	2.4	4.8	1.88	0.85	0.85	0.80	26.9	10.7	16.2
B <sub>22</sub> tg				14.9	2.1	6.5	1.66	0.86	0.86	0.81	28.7	12.6	16.1
B <sub>3</sub> g(x)				14.3	1.9	7.2	1.86	0.81	0.81	0.81	31.5	13.4	18.1
Bg/Cg				7.2	1.6	5.0	2.09	0.72	0.72	0.72	29.5	11.3	18.2
C <sub>1</sub> g	1.72	2.64	34.9	4.0	1.2	2.7	2.33	0.50	0.50	0.50	26.3	10.6	15.7
C <sub>2</sub> g	1.75	2.69	35.0	1.8	0.4	1.5	2.70	0.50	0.50	0.50	26.2	10.0	16.2

## ANALYSE CHIMIQUE :

Horizon	pH		Carb.	N tot.	C/N	En milliéquivalents/100 g de terre, à pH 7.0						% sat. S/T × 100	T 100 g argile	Fer libre	Fer HCl	Alum. éch.	Alum. libre
	eau	KCl	%	%		C.E.C. T	Ca	Mg	K	Na	Total B.E. S			Fe: O <sub>2</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	méq. %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /∞
Ap	6.1		8.9	1.15	7.7	5.8	7.0	0.55	0.10	0.01	7.66	Sat	-	1.39	-	0.0	0.92
A <sub>2</sub> g	6.6		4.5	0.56	8.1	4.8	6.4	0.56	0.08	0.02	7.06	"	(28)	1.07	2.48	0.0	0.95
AgetBg	6.8		3.1	0.48	6.5	7.0	7.0	0.72	0.10	0.03	7.85	"	(32)	1.94	-	0.0	1.25
B <sub>21</sub> tg	6.9					10.2	10.9	0.89	0.17	0.04	12.00	"	40	2.13	-	0.0	1.68
B <sub>22</sub> tg	7.0					12.6	13.8	1.12	0.23	0.05	15.20	"	47	2.26	4.78	0.07	1.81
B <sub>3</sub> g(x)	6.8					14.6	16.1	1.37	0.26	0.05	17.78	"	55	1.90	4.96	0.07	1.84
Bg/Cg	6.9					13.4	14.2	1.64	0.20	0.05	16.09	"	50	1.83	-	0.10	1.62
C <sub>1</sub> g	6.6					13.7	12.3	1.79	0.16	0.04	14.29	"	53	2.02	4.37	0.09	1.56
C <sub>2</sub> g	5.6					13.5	13.4	2.72	0.16	0.05	16.33	"	54	1.96	-	0.20	1.41
E <sub>1</sub>	7.7					6.2	7.4	0.77	0.10	0.05	8.32	"	38	1.22	-	-	-
E <sub>2</sub>	7.0					19.2	20.6	2.24	0.47	0.11	23.42	"	44	0.71	-	-	-





L'analyse de revêtements argileux prélevés sélectivement montre une teneur en argile importante, l'augmentation par rapport au B portant pratiquement exclusivement sur l'argile fine. Ceci met en évidence pour ce profil la migration préférentielle des argiles fines.

En ce qui concerne les caractéristiques physiques, il faut noter essentiellement : d'une part la grande instabilité de structure des horizons supérieurs (log. 10 Is 2), d'autre part l'augmentation de la densité apparente et la diminution corrélative de la porosité en profondeur. Ces derniers phénomènes expliquent la faible perméabilité du sous-sol et la présence au printemps d'une nappe temporaire.

Il faut noter que les coefficients de perméabilité hydraulique de ces sols déterminés par la méthode de Thiem, varient assez fortement selon les niveaux concernés. Les valeurs passent de 1,5 m/jour dans les horizons A à moins de 0,5 m/jour dans les horizons les plus compacts.

Situé sous culture, ce sol présente un pH moyen, mais apparaît comme saturé.

La variation de la C.E.C. de l'argile en fonction de la profondeur est nette, elle passe du simple au double entre l'horizon A<sub>2</sub> et l'horizon B<sub>2t</sub>.

L'indice d'entraînement du fer libre est de 2,11. La variation de la teneur en Al libre est importante, de 0,92 en surface à 1,84 % au niveau du B<sub>2t</sub>.

Les profils analogues situés sous végétation forestière présentent un pH très bas en surface, des rapports C/N assez élevés, et, lorsque le type de végétation s'y prête, des phénomènes très nets de micropodzolisation superficielle.

Nous sommes donc en présence d'un sol lessivé glossique à pseudogley, à fragipan.



1. L'objectif principal de ce document est de définir les conditions de validité des données collectées lors de la campagne de terrain. Les données doivent être fiables, précises et représentatives de la population étudiée. Pour garantir la qualité des données, il est essentiel de respecter les protocoles de collecte et de traitement des données.

2. Les données collectées doivent être traitées de manière rigoureuse et transparente. Les méthodes de traitement doivent être documentées et validées. Les résultats doivent être présentés de manière claire et concise, en mettant en évidence les points clés de l'étude.

3. Les données doivent être accessibles et disponibles pour les parties prenantes concernées. Les données doivent être stockées de manière sécurisée et protégée. Les données doivent être mises à jour régulièrement et de manière transparente.

4. Les données doivent être utilisées de manière éthique et responsable. Les données doivent être utilisées dans le respect de la vie privée et de la confidentialité des personnes concernées. Les données doivent être utilisées pour améliorer les services et les produits offerts aux clients.

5. Les données doivent être utilisées de manière transparente et responsable. Les données doivent être utilisées dans le respect de la vie privée et de la confidentialité des personnes concernées. Les données doivent être utilisées pour améliorer les services et les produits offerts aux clients.

PROFIL - CHATEAU-THIERRY 25

<u>Localisation</u>	Château-Thierry 7 - Plateau de Nesles - Forêt d'Heurtebise.
<u>Date - Conditions atmosphériques</u>	26/5/65 - Temps couvert.
<u>Végétation</u>	Taillis sous futaie à réserves de chênes sessiles, merisiers, bouleaux, frênes. Taillis : coudriers, aubépines, églantiers, bourdaine.
<u>Position géomorphologique</u>	Relief normal - Plateau limoneux - Pente faible exposition Sud-Est.
<u>Altitude</u>	227,5 m.
<u>Matériau originel</u>	Recouvrement de limon ancien reposant à 4,5 m sur les argiles à meulière.
<u>Economie en eau</u>	Drainage externe : lent à moyen Drainage interne : imparfait à faible.
<u>Activités biologiques</u>	Bonnes dans les horizons A, assez bonnes ensuite jusqu'au B <sub>22</sub> tg, faibles à très faibles ensuite.
<u>Classification</u>	Sol lessivé dégradé hydromorphe, à fragipan, intergrade vers les "planosols" Fragiaqualf à glossaqualf, intergrade vers Albaqualf.
<u>Remarques</u>	Humus du type mull forestier, couche F seule pratiquement. La profondeur relativement grande de HA <sub>1</sub> ainsi que la répartition homogène de l'humus peut laisser supposer une intervention anthropique.
A <sub>1</sub> 0 - 17/22 cm	Limon moyen - Brun : 10 YR 5/3 à 10 YR 4/2 - Assez frais - Proportion moyenne de matière organique, plus faible à la partie inférieure de l'horizon - Quelques grosses racines, assez nombreuses petites, la direction préférentielle du système racinaire est horizontale - Structure grumeleuse fine à très fine moyennement développée, localement bien, nettement moins bien et du type granulaire à la partie inférieure - Friable - Assez nombreux grumeaux coprogènes et quelques conduits légèrement tapissés - Limite distincte et légèrement ondulée.
A <sub>2</sub> g - 40/45	Limon moyen - Beige : 10 YR 6/3 - Assez frais - Quelques infiltrations humifères assez locales - Quelques grosses racines, encore assez nombreuses petites - Oxydo-réduction de moyenne importance - Mottling fin et assez peu contrasté - Structure massive pour l'ensemble de l'horizon, à la partie supérieure et localement lamellaire fine à moyenne assez bien développée - Friable - Assez nombreux grumeaux coprogènes et quelques conduits lombricides légèrement tapissés, nombreuses cavités d'animaux fouisseurs - Assez nombreuses petites taches de fer et manganèse dont quelques unes sont indurées - Limite distincte et légèrement ondulée.

Ag & Bg

- 50/55

Limon moyen à argileux - Bariolé; matrice brun-jaune : 10 YR 5/8, oxydation brun franc : 7,5 YR 5/6, réduction gris pâle : 2,5 Y 7/1 - Assez frais - Assez grosses racines, petites encore assez nombreuses - Oxydo-réduction importante - Mottling moyen assez contrasté - Structure polyédrique subangulaire fine à très fine faiblement développée, légèrement mieux développée à la base - On note une tendance lamellaire au contact de l'horizon A<sub>2</sub> - Friable à ferme - Nombreux conduits lombricides tapissés - Quelques cavités remplies de grumeaux coprogènes - Quelques grosses taches de fer et de manganèse indurées - Silt en plages diffuses mais d'importance supérieure à 50 % de l'ensemble - Limite graduelle et légèrement ondulée.

B<sub>21</sub> tg

- 65/75

Limon argileux - Bariolé ; matrice brun jaune : 10 YR 5/8, silt (dégradation) beige : 10 YR 7/3, oxydation ocre rouge : 5 YR 5/6, réduction gris pâle : 10 YR 7/2 - Frais - Grosses racines rares, quelques petites localisées - Oxydo-réduction importante - Mottling moyen assez peu contrasté - Structure polyédrique angulaire à subangulaire très fine à fine moyennement développée - Friable à ferme - Quelques conduits de lombricides légèrement tapissés de matière organique - Assez nombreuses taches indurées de fer et manganèse - Dégradation toujours importante (20 à 25 %) mais diffuse (pas de tonguing net) - Quelques revêtements argileux très fins et discontinus - Limite graduelle et ondulée.

B<sub>22</sub> tg

- 80/87

Limon argileux - Bariolé ; matrice brun jauné : 10 YR 5/6, oxydation brun franc : 7,5 YR 5/8, réduction gris pâle : 5 Y 7/1, revêtements argileux ocre rouge : 5 YR 5/6 - Frais - Pratiquement plus de grosses racines encore quelques petites - Oxydo-réduction très importante - Mottling assez grossier et bien contrasté - Structure polyédrique angulaire et subangulaire fine à très fine assez bien développée - Assez ferme - Encore quelques conduits légèrement tapissés - Plages de silt (5 %) encore présentes à la partie supérieure - Quelques taches de fer et manganèse indurées à la surface des agrégats - Assez nombreux revêtements argileux très fins et assez continus - Limite graduelle et légèrement ondulée.

B<sub>3</sub> g

- 92/100

Limon argileux - Bariolé, matrice brun jaune : 10 YR 5/6, oxydo-réduction id. B<sub>22</sub> tg - Frais à humide - Encore quelques petites racines et radicelles - Oxydo-réduction très importante et très localisée - Mottling grossier et très contrasté - Structure polyédrique subangulaire à angulaire fine à moyenne, assez bien développée, avec localement structure lamellaire moyenne, moyennement développée - Assez ferme - Nombreux revêtements argileux très fins et assez continus - Nombreuses petites taches de fer et manganèse indurées - Limite graduelle et ondulée.

C<sub>1</sub> gx

- 105/114

Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6, réduction gris pâle : 5 Y 7/1, oxydation brun jaune : 10 YR 5/8 - Assez sec et tassé - Oxydo-réduction moins importante et très localisée (cracks) - Mottling bien contrasté - Structure lamellaire moyenne et grossière faiblement développée, avec quelques grandes faces verticales avec revêtements argileux assez épais et continus délimitant des prismes obliques - Très ferme à très compact - Nombreuses petites taches de Fe-Mn indurées dans la masse - Quelques revêtements argileux très fins sur les faces horizontales de structure - Limite diffuse.





C<sub>2</sub> g(x)

Limon argileux - Matrice brun jaune : 10 YR 5/6, réduction gris pâle : 2,5 Y 7/1, oxydation brun franc : 7,5 YR 5/8 - Assez frais - Oxydo-réduction id. C<sub>1</sub> g x - Sans structure, localement ébauche de structure lamellaire - Ferme - Oxydo-réduction assez diffuse dans la masse avec quelques cracks réduits entourés d'une gaine d'oxydation - Quelques petites taches de fer et manganèse légèrement indurées.

### Commentaires

Développé dans une couverture limoneuse homogène, ce sol assez fortement dégradé présente un passage beaucoup plus abrupt entre les horizons appauvris et l'horizon argillique que ceux que nous venons de commenter. L'hydromorphie y est d'autre part plus importante, indiquant un engorgement annuel de plus longue durée.

L'indice d'entraînement de l'argile totale y est de 2,17, le plus élevé que nous ayons enregistré, celui de l'argile fine de 2,66.

Il faut noter l'importance prise en épaisseur par l'horizon A<sub>2</sub> et l'horizon Bt.

Les caractéristiques physiques mettent en évidence la diminution de la porosité, de la stabilité structurale et de la perméabilité au niveau de la partie inférieure de l'horizon d'accumulation.

Ce sol, à pH acide, présente une teneur en matière organique assez importante dans les horizons supérieurs, à rapport C/N de 13 en surface. Désaturé, on y note à nouveau une teneur en Mg échangeable importante.

La C.E.C. de l'argile croît d'une manière générale avec la profondeur, des valeurs très faibles caractérisant les horizons supérieurs.

L'indice de lessivage du fer libre est exactement de 2. L'aluminium libre présente également une variation assez importante sur le solum, avec maximum au niveau du Bt.

La limite texturale assez abrupte entre l'A<sub>2</sub> et le Bt nous paraît liée à l'hydromorphie importante et fait penser à un stade d'évolution intermédiaire entre sol glossique et sol du type "planosol". Nous avons pu confirmer cette hypothèse sur des matériaux plus légers, limono-sableux à sablo-limoneux.

Quoiqu'il en soit, ce sol doit actuellement être classé comme sol lessivé dégradé, hydromorphe, ou comme sol hydromorphe lessivé.

o

o

o



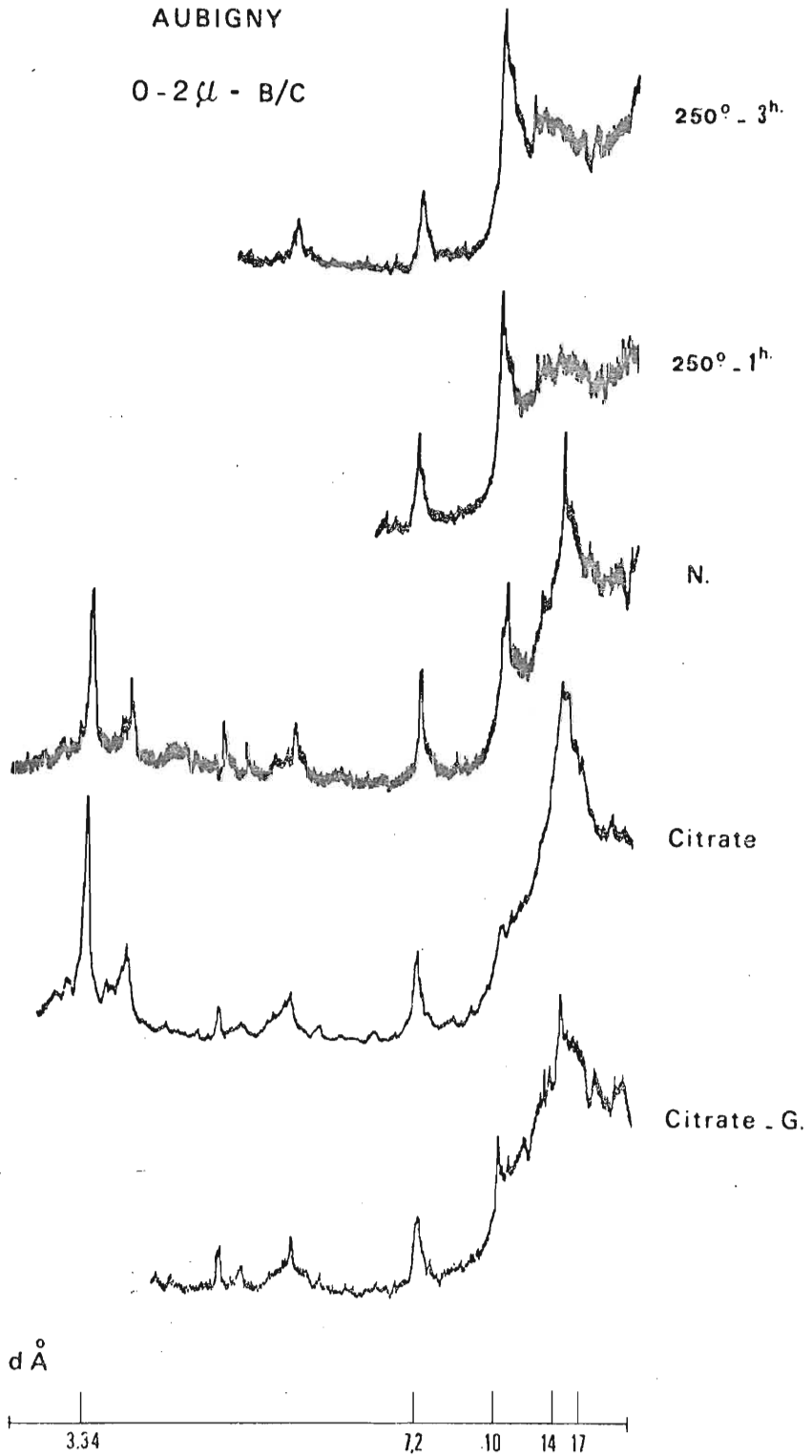


- ANNEXE A LA TROISIEME PARTIE -  
-----

3.52. COMPLEMENTS AUX ANALYSES MINERALOGIQUES



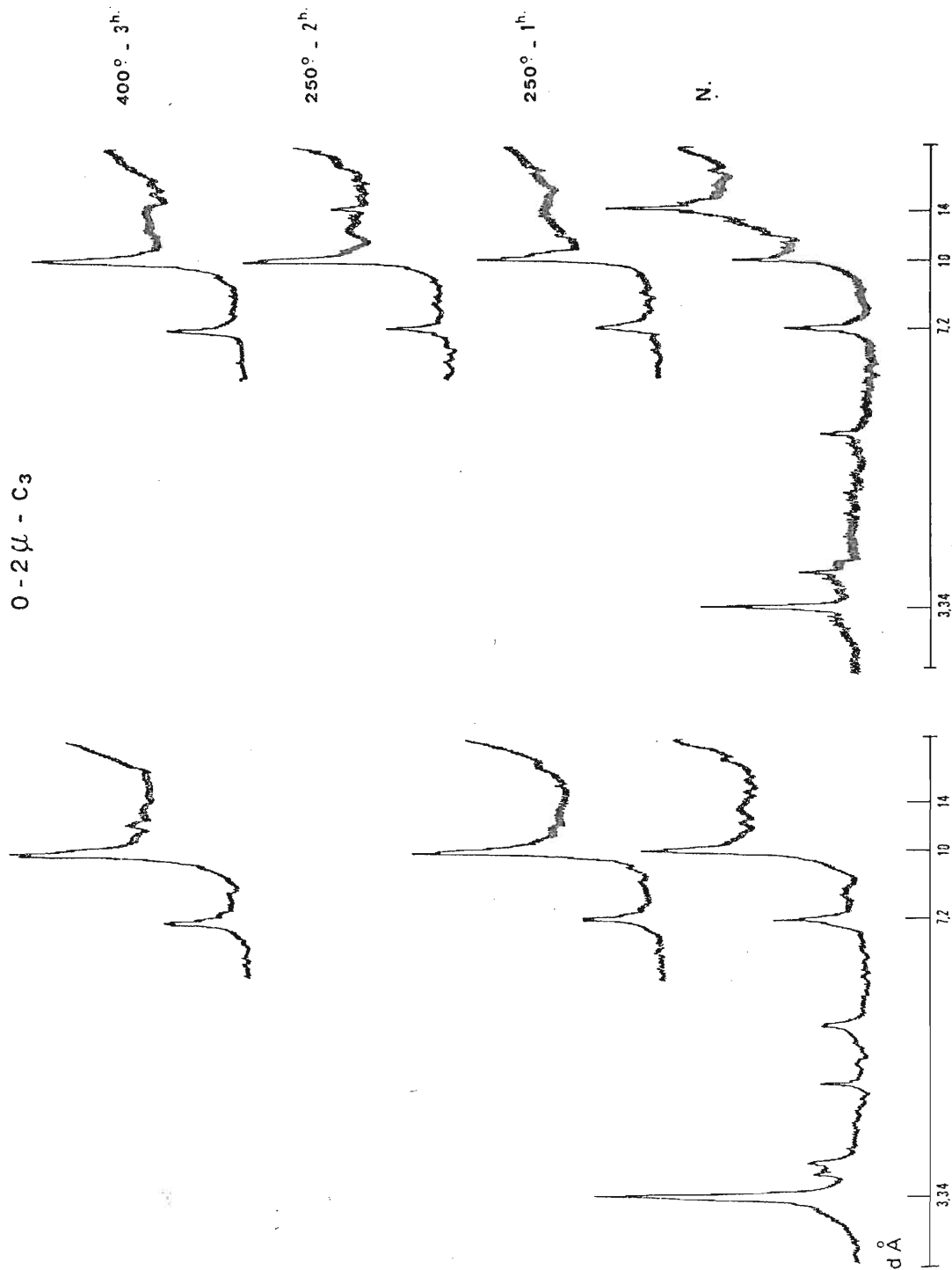
AUBIGNY  
O-2 $\mu$  - B/C





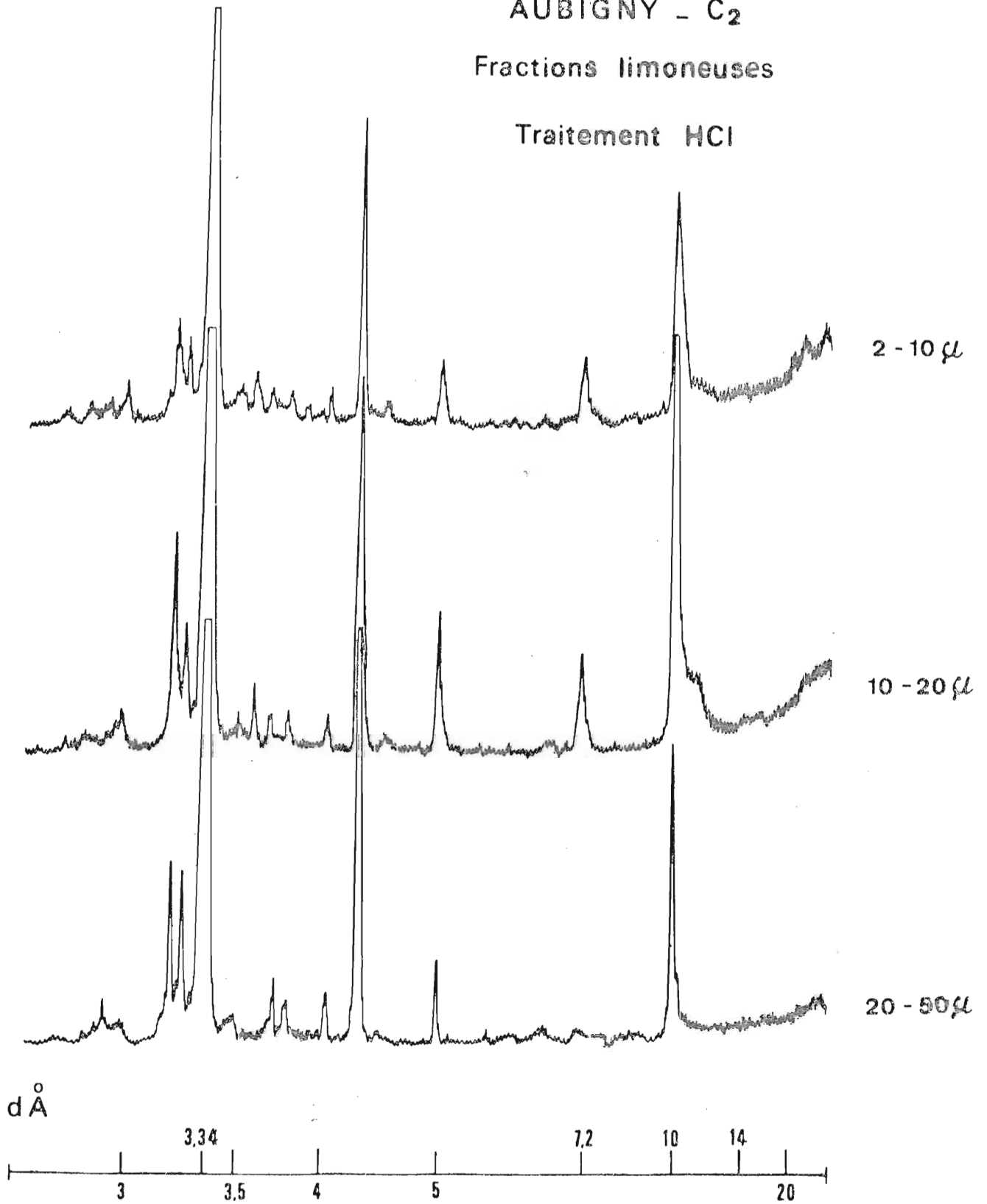
AUBIGNY

0 - 2  $\mu$  - C<sub>3</sub>





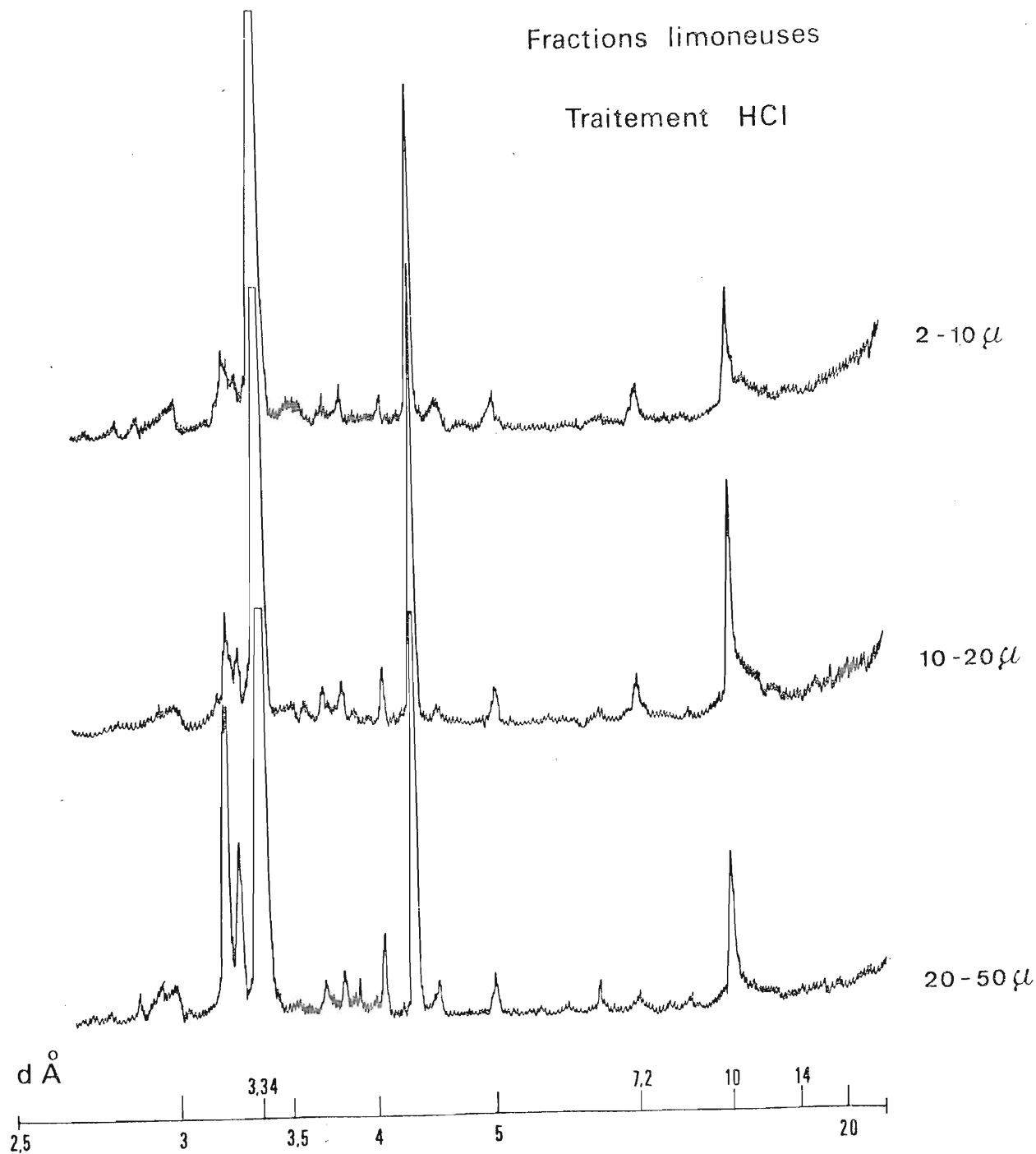
AUBIGNY - C<sub>2</sub>  
Fractions limoneuses  
Traitement HCl







LE HAMEL - C<sub>1</sub>  
Fractions limoneuses  
Traitement HCl





- ANNEXE A LA QUATRIEME PARTIE -

---

4.32. COMPLEMENTS A L'ANALYSE DES PROFILS TYPES

4.43. COMPLEMENTS AUX ANALYSES MINERALOGIQUES -

- *Revêtements*

- *Matrices*

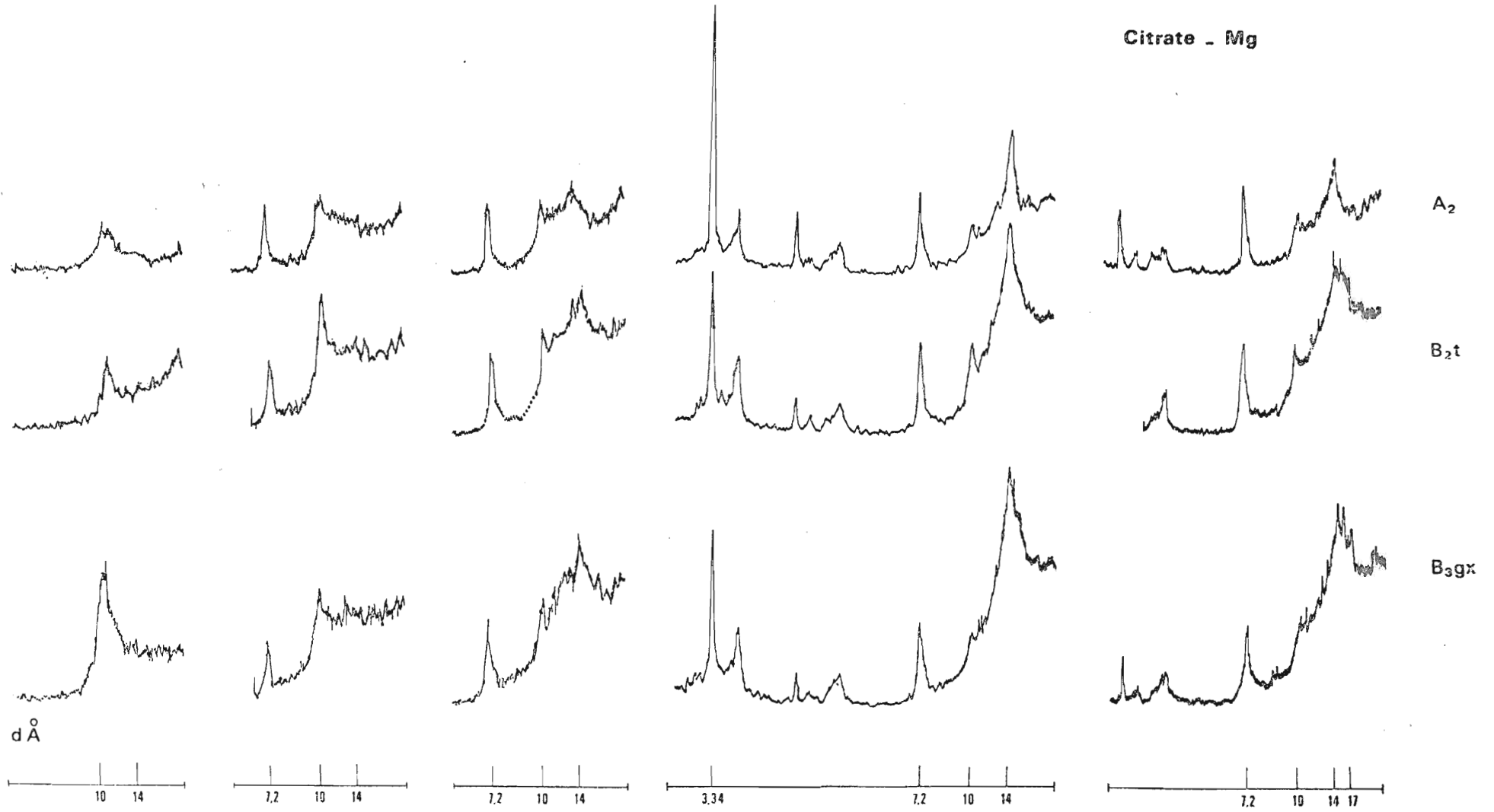
4.45. "STEREOSCAN"

- *Planches photographiques - 10 à 19.*



MONTMIRAIL 32

Citrate - Mg



550°

400°

250°

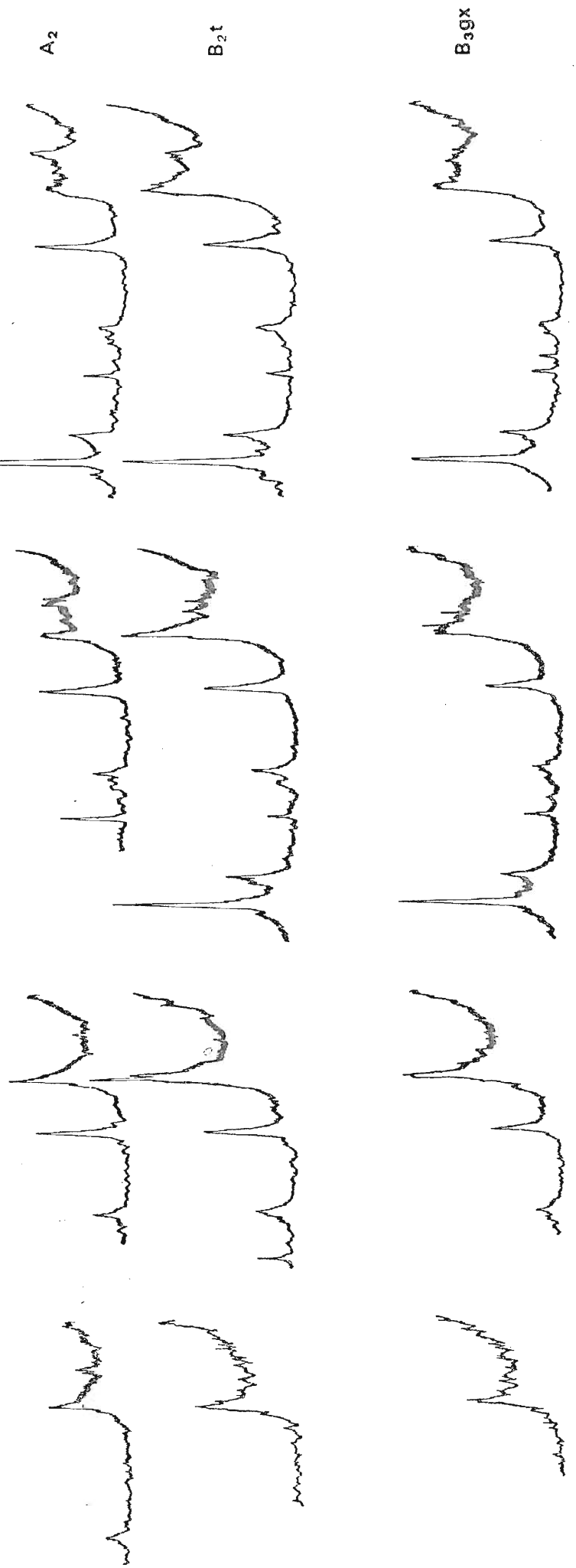
N.

G.



MONTMIRAIL 32

Citrate - K



$d$  Å

550°

400°

250°

N.

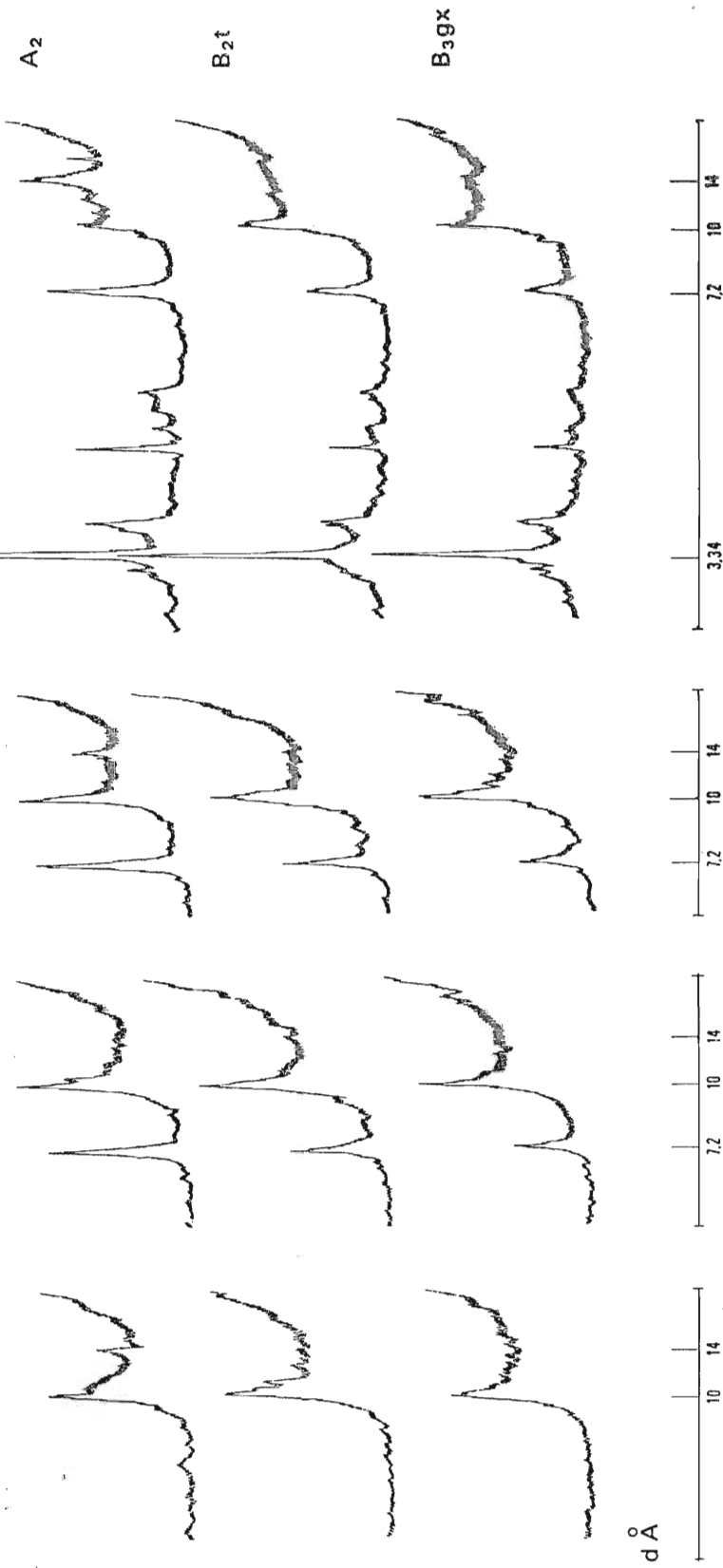




MONTMIRAIL 32

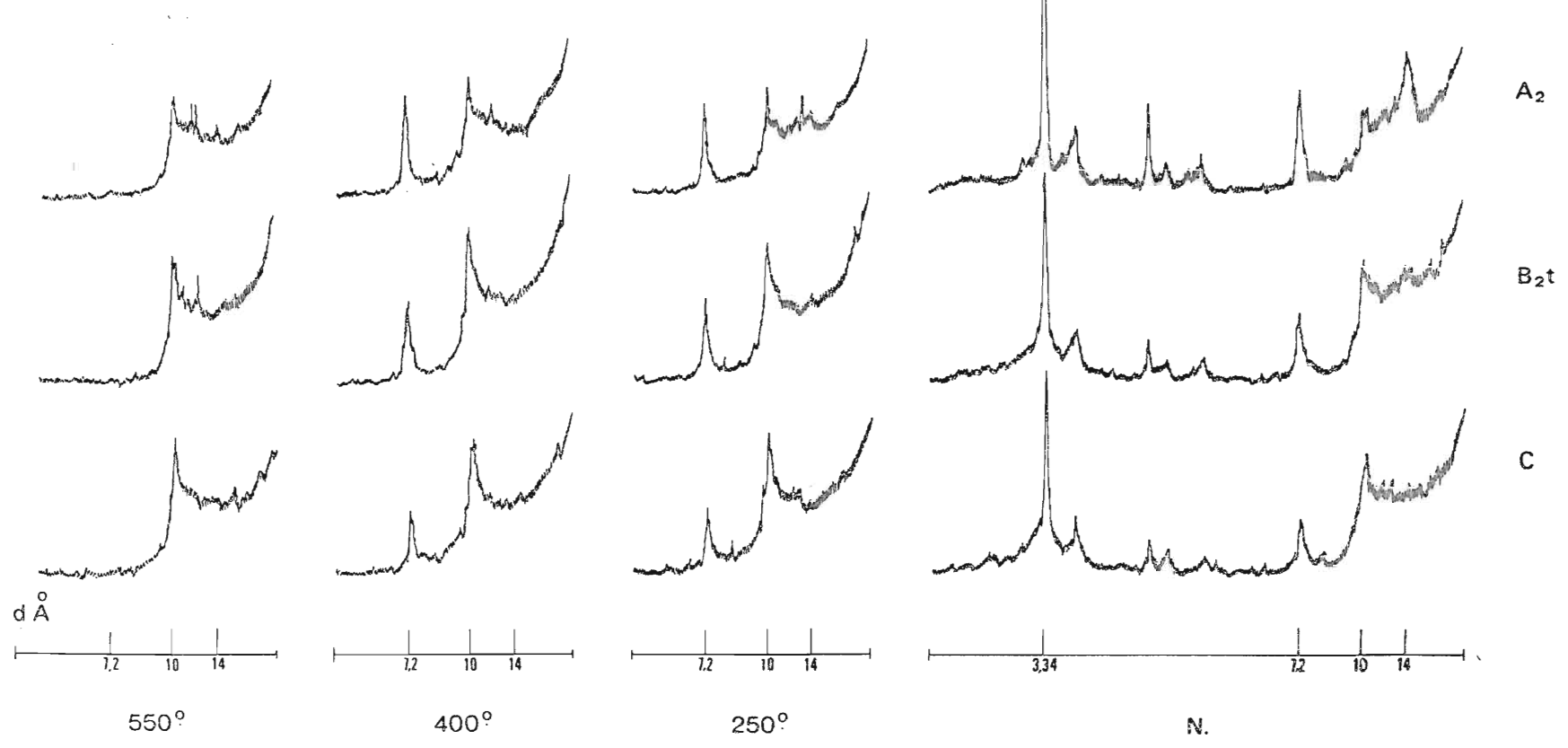
Traitement NaOH

K





MONTMIRAIL 31  
Traitement NaOH  
K





#### 4.43. ANALYSES MINÉRALOGIQUES

##### PROFIL CR. 23.

##### Revêtements.

Nous sommes ici en présence de produits colloïdaux de déplacements correspondant au stade de l'illuviation primaire typique. Le sol est du type sol brun lessivé sur limon du Soissonnais.

##### Fraction 0 - 0,2 $\mu$ .

L'échantillon Mg montre des réflexions très anarchiques et irrégulières à partir de 10 Å, avec un maximum relatif vers 16/17 Å. Quelques traces sont discernables à 7, 2 et 3, 34 Å.

Le traitement au glycol provoque un simple aplatissement vers les distances basales plus grandes.

L'échantillon K offre un diffractogramme où se présente une réflexion large à partir de 10 Å, sans maximum prononcé.

Le chauffage graduel jusqu'à 550° provoque une fermeture très partielle mais sans maximum à 10 Å.

##### Fraction 0,2 - 2 $\mu$ .

Un pic très large à partir de 10 Å avec maximum à 15/16 Å se présente sur le diagramme Mg, tandis que des réflexions plus nettes sont visibles à 7, 2 et 3, 34 Å.

Un déplacement se marque après traitement au glycol, avec différenciation de la réflexion à 10 Å.

Le traitement au K donne un diagramme où aucun maximum à 10 Å n'est visible. La réflexion du quartz est bien discernable.

##### Conclusions.

Ces produits caractérisant les premiers stades du processus d'illuviation paraissent donc très peu organisés et constituent vraisemblablement des éléments peu cristallisés.

Des minéraux du type 2/1 sont certainement présents, partiellement gonflants, en association avec de la kaolinite et du quartz dans la fraction grossière.

### PROFIL V3.

#### Revêtements.

Le profil Vervins 3 dont proviennent les revêtements étudiés ci-dessous constitue un sol brun lessivé typique de la bordure Est de la Thiérache. Nous en avons donné la répartition granulométrique et la teneur en fer libre (cf. 4.42.).

#### Fraction 0 - 0,2 $\mu$ .

L'échantillon Mg donne un diffractogramme où une réflexion très large à 10 Å et plus est présente, avec maximum à 14/15 Å. Quelques traces sont discernables à 7,2 Å environ.

Le traitement au glycol provoque un léger gonflement.

Le chauffage à 250° amène une fermeture très incomplète, avec étalement vers 10 Å.

Le traitement au K montre une réflexion large à partir de 10 Å, avec un maximum peu prononcé sur 10.

La fermeture est progressive au chauffage : incomplète à 250°, légère amélioration à 400°, amélioration plus nette à 550°.

#### Fraction 0,2 - 2 $\mu$ .

Après traitement Mg une réflexion se marque à partir de 10 avec un maximum à 14/15 Å. Deux autres assez nettes sont présentes à 7,2 et 3,34 Å.

Au glycol un pic à 10 se différencie, tandis qu'on peut noter un déplacement à 14 Å et plus, assez peu important cependant.

Le chauffage à 250° provoque un étalement jusqu'à 10 Å.

Le diffractogramme de l'échantillon saturé au K montre une réflexion très large à partir de 10, avec un léger maximum à 10 Å.

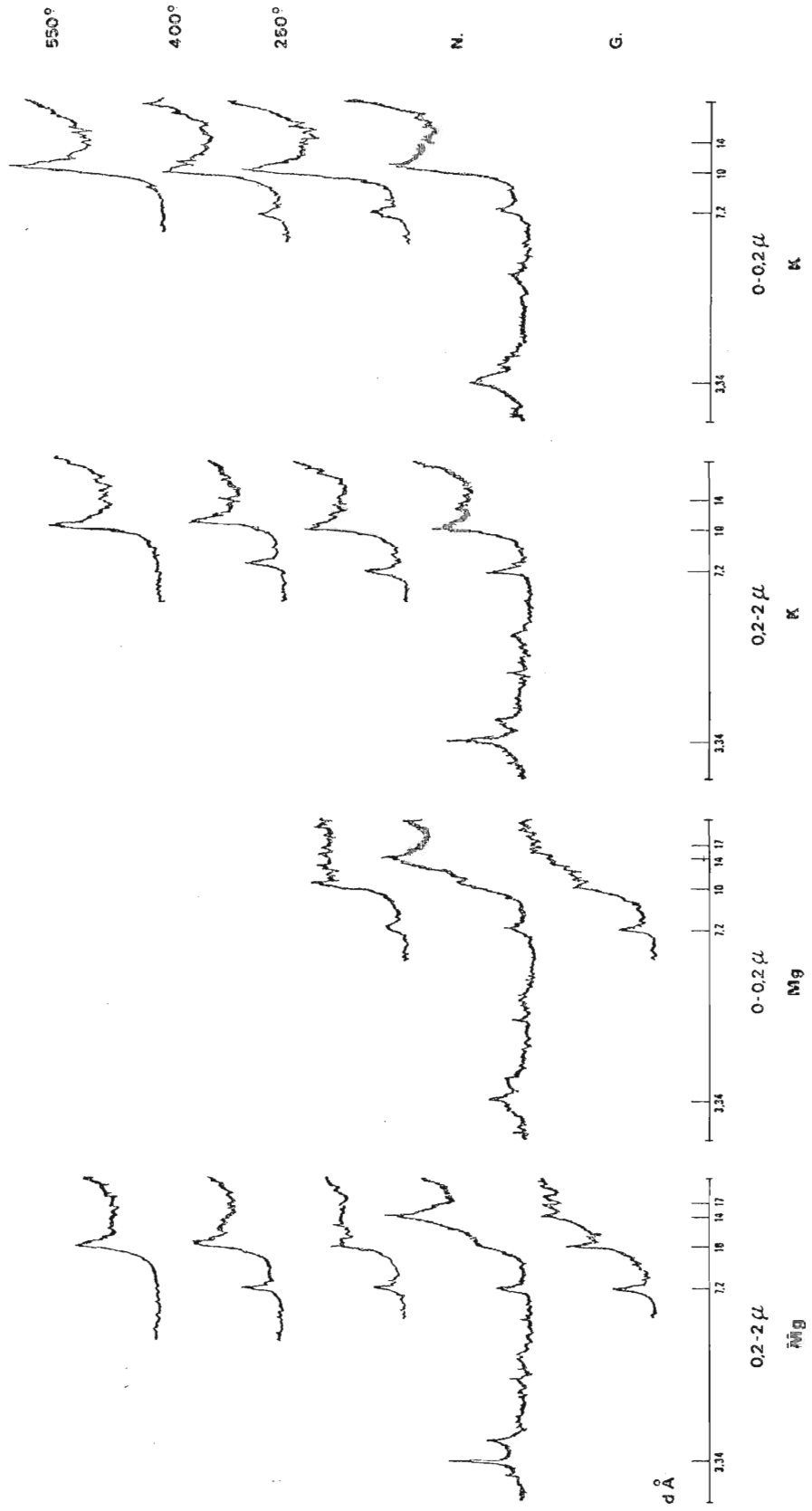
Le chauffage à 250° amène une fermeture incomplète, qui s'améliore assez sensiblement à 400 et 550°.

#### Conclusions:

La fraction grossière contient du quartz, de la kaolinite, de l'illite et des minéraux gonflants.

La fraction fine quant à elle contient un ensemble de minéraux intergrades avec un peu d'illite et des minéraux gonflants.

VERVINS 3  
Revêtements







PROFIL V 2.

Revêtements - Matrice.

Deux types d'échantillons particuliers ont été prélevés dans ce profil de sol brun lessivé : les revêtements argileux tout d'abord, ensuite la matrice interne des agrégats au même niveau de prélèvement.

Revêtements.

Fraction 0 - 0,2  $\mu$ .

L'échantillon Mg donne un diagramme avec un halo vers 10 Å et maximum à environ 14 Å.

Le glycol ne provoque qu'un gonflement assez faible.

Le chauffage donne les résultats suivants : étalement à 250° ; apparition d'une réflexion très peu différenciée à 10 Å à 400 et 550°.

Le diagramme après traitement K montre une réflexion très large à partir de 10 Å. Quelques traces de kaolinite et quartz sont décelables.

Les chauffages successifs à 250, 400 et 550° amènent la fermeture progressive sur 10 Å, assez bonne à 550°.

Fraction 0,2 - 2  $\mu$ .

Une réflexion assez large à 14 Å, avec un faible pic à 10 caractérise l'analyse Mg, avec présence de pics à 7,2 et 3,34 Å.

Le glycol ne provoque qu'un faible gonflement.

A 250° on observe un étalement avec esquisse d'un pic à 10 Å ; à 400° la fermeture est un peu meilleure et s'accroît encore à 550°.

L'échantillon K montre une réflexion très large à partir de 10, ainsi que d'autres à 7,2 et 3,34 Å.

A 250 et 400° la fermeture reste très incomplète, elle s'améliore nettement à 550°.

Matrice.

Fraction 0 - 0,2  $\mu$ .

Une réflexion très large à 14 Å est présente sur le diagramme Mg ; on note également des traces à 7,2 et 3,34 Å.

Le glycol provoque un déplacement très net jusqu'à 17 Å.

A 250° on constate un étalement en palier jusqu'à 10 Å ; à 400 et 550° la fermeture est très incomplète avec maximum à 10 Å mal exprimé.

L'échantillon K montre une réflexion très large à 10 Å et plus, avec traces à 7,2 et 3,34 Å.

Peu de changements sont à noter à 250°, tandis qu'à 400 et 550° on constate une mauvaise fermeture, avec réflexion large et mal définie à 10 Å.

Fraction 0,2 - 2  $\mu$ .

Le diagramme Mg montre une réflexion très nette mais à base assez large à 14 Å, un pic à 10 peu différencié et des réflexions à 7,2 et 3,34 Å.

Au traitement glycol le gonflement est assez net à partir de 14 Å et plus, le pic à 10 étant légèrement différencié.

Le chauffage provoque, à 250°, un étalement avec un maximum relatif toujours maintenu à 14 ; à 400 et 550° on constate une fermeture avec maximum modérément prononcé à 10 Å.

L'échantillon K est caractérisé par une réflexion très large à partir de 10 Å, et des réflexions à 7,2 et 3,34 Å.

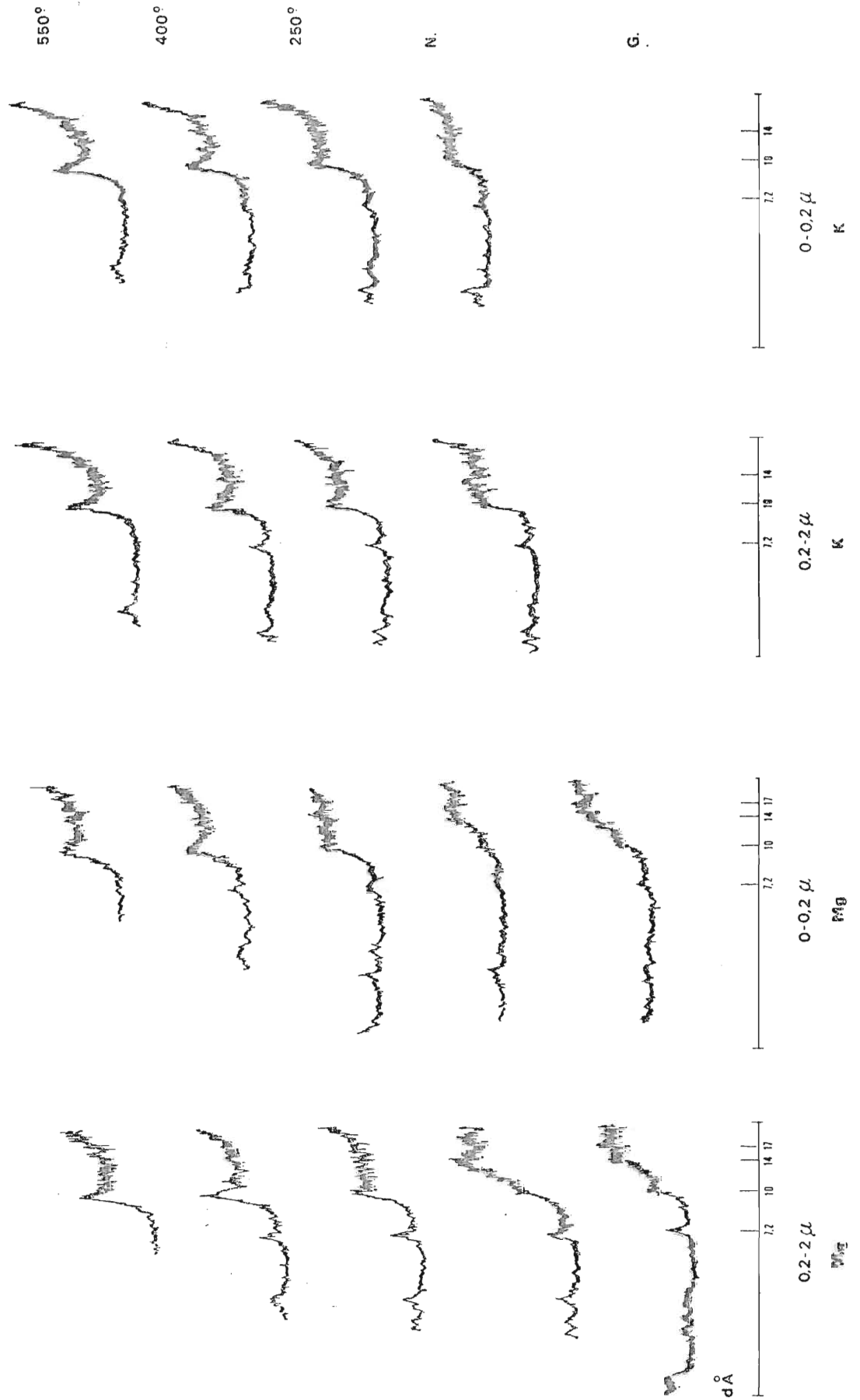
Le chauffage à 250° n'amène pratiquement aucune variation ; à 400° on note une fermeture assez nette à 10 Å, tandis que peu d'amélioration intervient à 550°.

Conclusions.

Les revêtements argileux présentent donc dans la fraction la plus fine : illite ouverte, très peu de minéraux gonflants, traces de quartz et de kaolinite ; dans la fraction grossière : illite ouverte, un peu de minéraux gonflants, du quartz et de la kaolinite en quantité plus abondante.

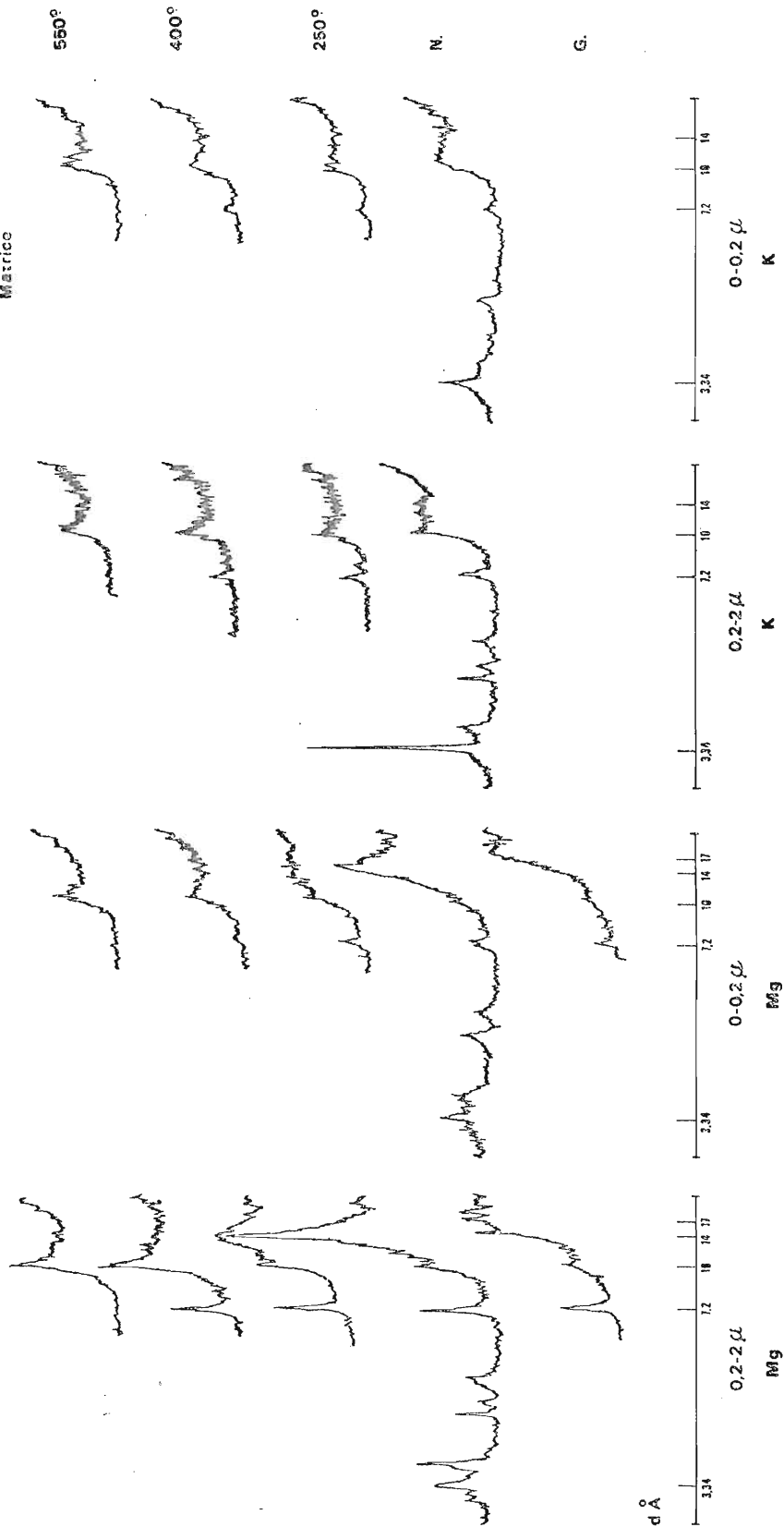
La fraction fine de la matrice semble contenir ici plus de minéraux gonflants se fermant au chauffage, du type montmorillonite. La fraction grossière contient en plus de l'illite, de la kaolinite et du quartz.

VERVINS 2  
Revêtements





VERVINS 2  
Matrice





PROFIL C.T. 11.

Revêtements.

Prélevés dans le profil dont nous avons fait une analyse assez détaillée au chapitre 4.3, les revêtements argileux sont assez fortement déferrifiés.

Fraction 0 - 0,2  $\mu$ .

Le diffractogramme Mg est très flou ; une réflexion à 14 Å et plus se présente, ainsi que des traces à 7,2 et 10 Å.

Le traitement au glycol provoque un gonflement très net à 17 Å et plus haut.

Le chauffage ne provoque qu'un étalement vers 10 Å, même à 550° la réflexion à 10 Å n'est pratiquement pas marquée, donc fermeture très incomplète.

Le diagramme K montre une réflexion très large à 10 Å, et plus.

Le chauffage ne provoque qu'une fermeture très incomplète, à peine visible à 550°.

Fraction 0,2 - 2  $\mu$ .

On note après traitement Mg une réflexion très large à partir de 12 Å, ainsi qu'un maximum relatif vers 15 Å.

Le glycol provoque un déplacement très net à plus de 17 Å.

La fermeture est très incomplète au chauffage, la réflexion à 10 Å n'apparaissant nettement qu'après 250°. Un pic assez large est présent à 400 et 550°.

Après traitement K une réflexion peu marquée et très étalée se présente à 10 Å et plus. On décele la présence de quartz et de kaolinite.

Conclusions.

Dans la fraction fine : essentiellement présence de minéraux gonflants, avec traces d'illite et de kaolinite. La fermeture très incomplète semble liée à la présence de nombreux minéraux intergrades.

La fraction grossière paraît de nature assez analogue, mais avec présence de quartz et de kaolinite de manière un peu plus abondante.



PROFIL Montmirail 15.

Revêtements.

Ce profil, morphologiquement assez dégradé, est situé sous culture. Les données analytiques que nous avons exposées au chapitre 4.32. caractérisent des produits d'illuviation secondaire.

Cependant, comme nous l'avons indiqué, la mise en culture semble avoir modifié très fortement certains caractères d'évolution.

Les revêtements ont été fractionnés et ont fait l'objet d'une analyse minéralogique. Un traitement au citrate de Na a été appliqué.

Fraction 0 - 0,2  $\mu$ .

Le diagramme Mg montre une réflexion large mais très importante à 14 Å, une légère inflexion à 10, et des réflexions assez nettes à 7,2 et moins nettes à 3,34 Å.

Le traitement au glycol provoque un déplacement très net vers 17 Å, ainsi qu'une bonne différenciation à 10 Å.

Après traitement au potassium, on constate une fermeture très incomplète avec différenciation relativement peu importante à 10 Å.

Fraction 0,2 - 2  $\mu$ .

Une réflexion très nette à 7,2 Å, d'autres à 14 Å et 3,34, ainsi que des traces à 10 Å se marquent sur le diagramme Mg.

Un gonflement assez net apparaît après application du traitement au glycol : une réflexion à 10 Å et une autre importante à 17/18 Å ; quelques traces semble-t-il vers 14 Å.

Conclusions.

Peu de kaolinite et d'illite mais beaucoup de minéraux gonflants s'observent donc dans la fraction fine.

Plus de kaolinite, de quartz et d'illite, et moins de minéraux gonflants sont présents dans la fraction grossière.

#### 4.45. STEREOSCAN

- Planches 10 à 13,

#### 4.45. MICROSONDE ELECTRONIQUE A BALAYAGE - "STEREOSCAN"

##### PLANCHE 10.

Les clichés présentés sur cette planche correspondent à divers aspects de concentrations plasmiques et de matrice d'un horizon d'accumulation d'argile d'un sol lessivé de Thiérache,

Il s'agit de "ferriargilanes" d'agrégats très épais cotoyant une matrice où des traces d'illuviation dans la masse peuvent se distinguer.

Le grossissement x 250 donne tout d'abord une vue d'ensemble ; la matrice est ensuite détaillée aux grossissements x 600 et x 2500.

Le dernier cliché : x 1 250 fournit un détail du revêtement argileux. Un aspect assez massif est cependant souligné par une fine stratification bien visible au contact de la matrice.

Les concentrations de plasma apparaissent donc comme très pures, dépourvues de fractions du squelette ; il s'agit typiquement de produits d'illuviation primaire.

##### PLANCHE 11.

Cette planche montre à des grossissements différents un aspect de "ferriargilane" de vide caractéristique des sols bruns lessivés.

La vue en coupe (x 120 - x 240 - x 1.200) montre la stratification plus fine que dans le cas précédent, avec une certaine dissymétrie de dépôts par rapport au vide tubulaire.

Sur le premier cliché on observe un nodule d'hydroxyde très bien différencié et probablement redistribué.

La dernière photo montre l'aspect de la surface de ce type de revêtement (x 2400).

##### PLANCHE 12.

Nous pouvons examiner ici différents aspects de la surface de revêtements argileux de sols bruns lessivés et lessivés. Les trois clichés présentés sont très représentatifs.

Sur le premier (x 600) on aperçoit l'empilement progressif des enrobements. Le second (x 1 100) permet de voir l'organisation et le contact avec le squelette de la matrice. Le troisième, à très fort grossissement (x 8 500) donne le détail des empilements de ces concentrations plasmiques.

##### PLANCHE 13.

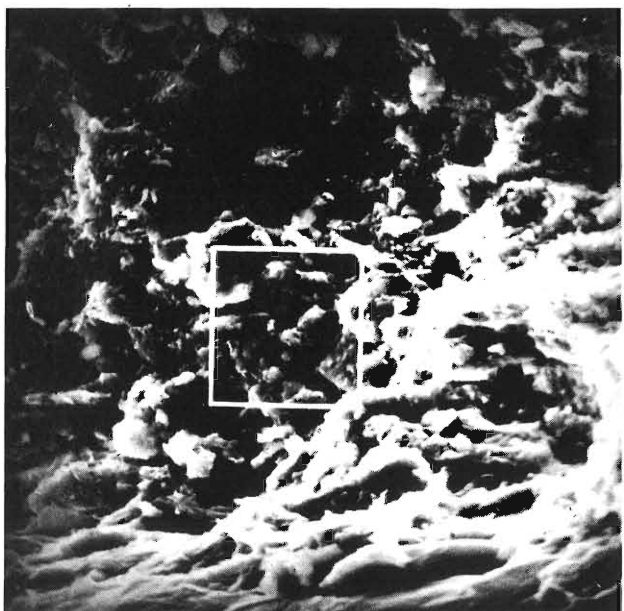
Ces trois photos nous montrent la matrice de sols lessivés, à grossissement moyen.

Les deux premières permettent de voir l'assemblage du squelette et du plasma ainsi que les séparations plasmiques typiques.

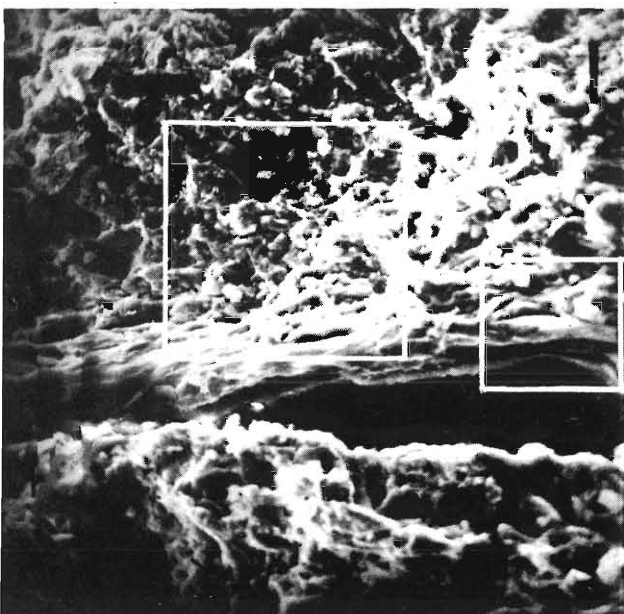
La troisième a été prise à un endroit où de petits pédotubules issus vraisemblablement d'une activité biologique sont présents.



X 2 500



X 600



X 250



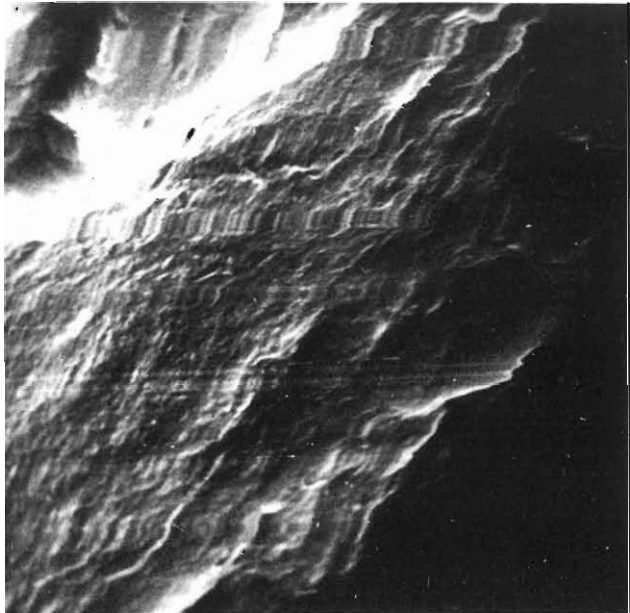
X 1 250



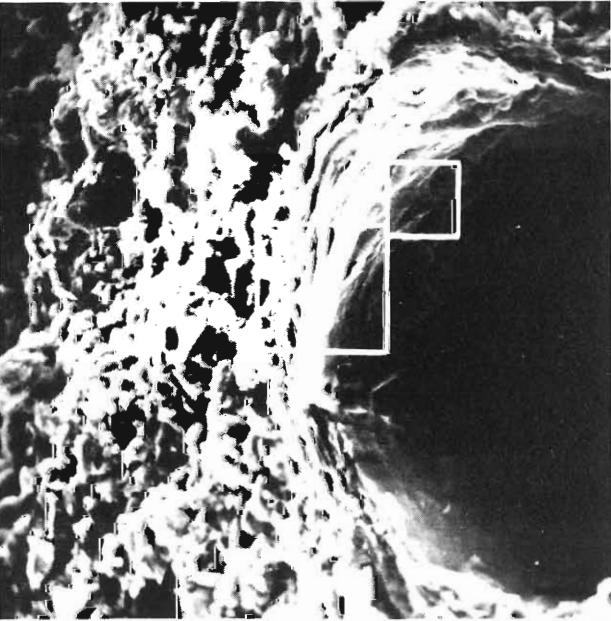




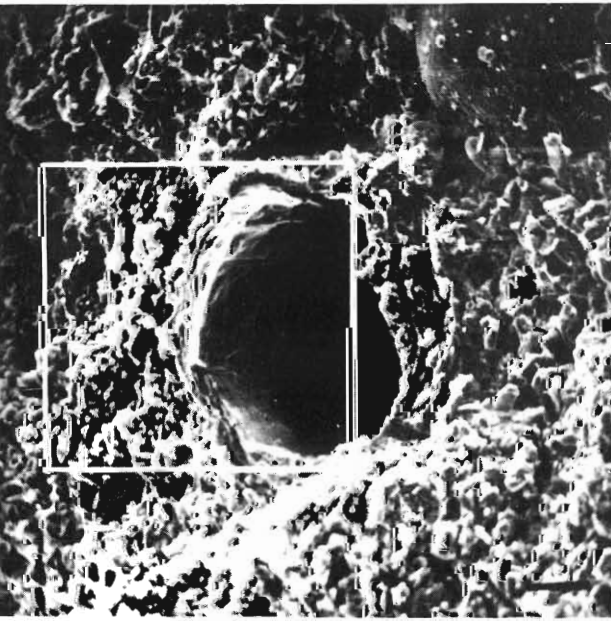
X 1 200



X 2 400

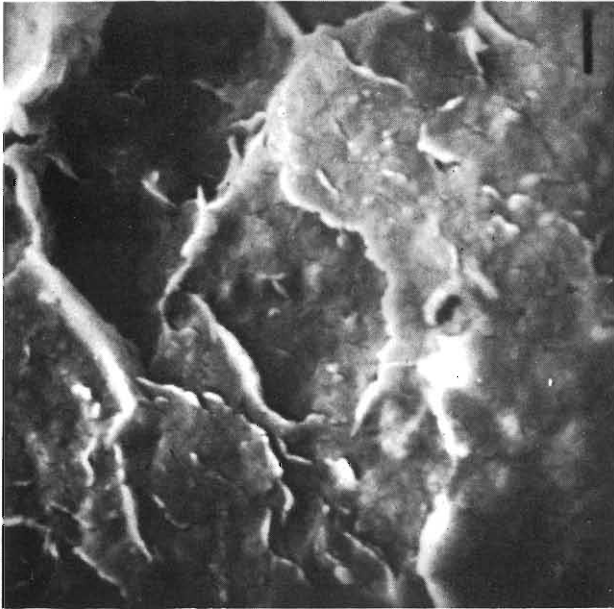


X 240

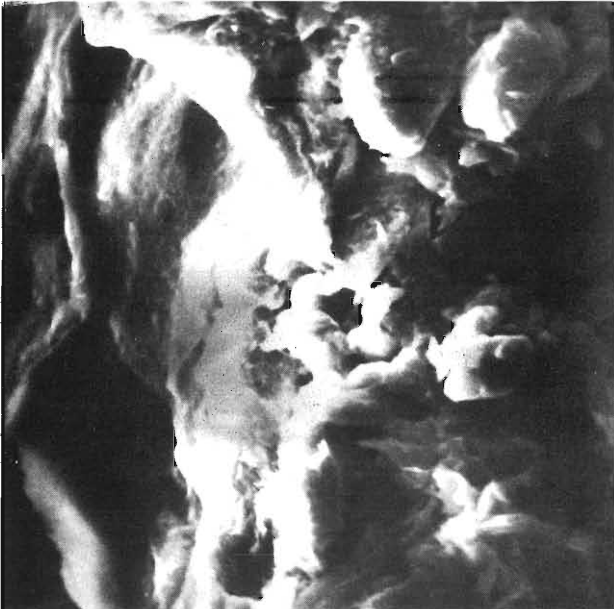


X 120





X 8 500



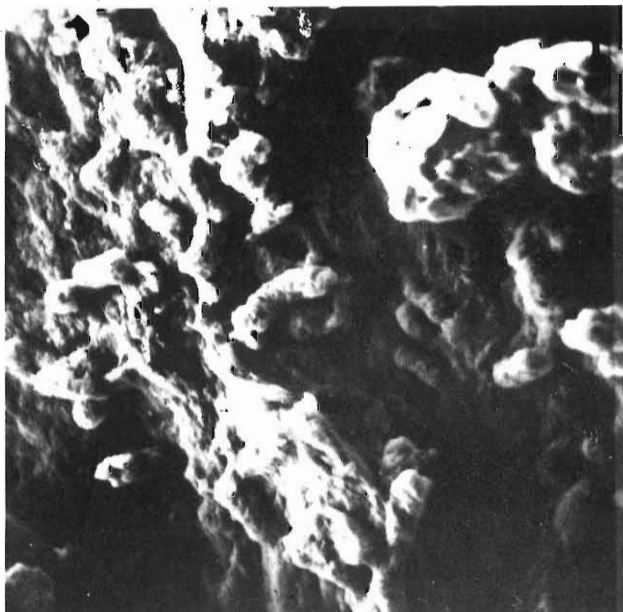
X 1 100



X 600



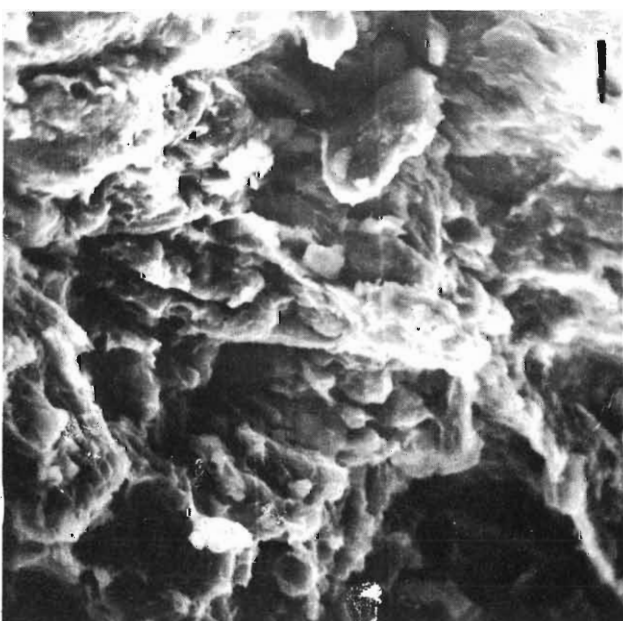




X 300



X 600



X 600





PLANCHE 14.

Ici également il s'agit de photographies de la matrice, à grossissements progressifs : (x 350 - x 1 700 - x 8 400) permettant de voir des particularités de l'assemblage. Notamment (x 1 700), des ponts plasmiqes du type "intertextique".

PLANCHE 15.

Les trois clichés de cette planche sont caractéristiques des plages et des langues de dégradation des sols dégradés, glossiques, de la Haute-Brie.

Le premier (x 1 200) nous montre le squelette "lavé" de la majorité de l'argile et apparaissant comme composé d'éléments non reliés, en vrac.

Les deux autres (x 1 600 et x 2 100) laissent apparaître une sorte d'altération des particules argileuses que nous pouvons mettre en relation avec la dégradation de ces sols.

PLANCHE 16.

Les trois photos correspondent à un horizon A & B de sol glossique.

Les deux premières (x 300 et x 1 500) nous offrent l'aspect typique de zones dégradées, blanchies, où le squelette a été dépourvu de son plasma.

La troisième (x 1 500) donne, à titre de comparaison l'aspect d'une partie du même horizon mais à organisation Bt, c'est-à-dire où le plasma n'a pas été éliminé.

PLANCHE 17.

Nous voyons ici, à trois grossissements différents et progressifs (x 300 - x 1 500 - x 2 900) l'organisation de l'entraînement et de l'illuviation secondaire hydromorphe dans un sol glossique.

Il s'agit d'un échantillon provenant de la base d'une langue de dégradation.

On aperçoit très distinctement d'une part les concentrations plasmiqes, d'autre part les grains de squelette assez délavés tout au contact.

PLANCHE 18.

Tout comme pour la planche précédente nous avons affaire à des produits d'entraînement en milieu réducteur, très déferrifiés.

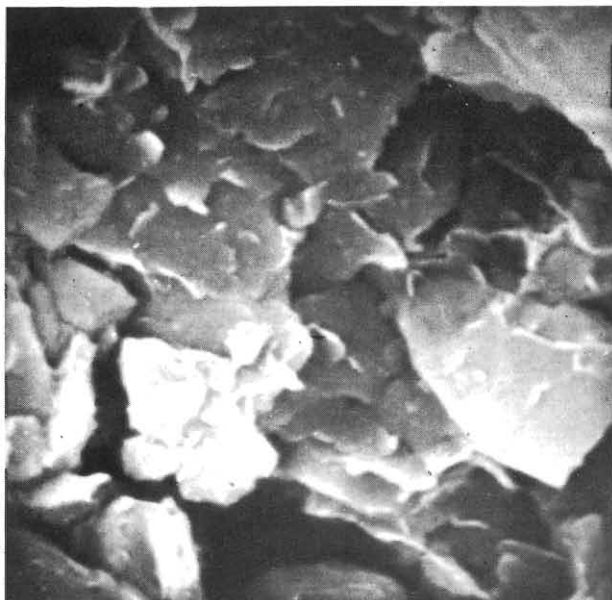
Les grossissements progressifs (x 160 - x 800 - x 3 300) permettent de distinguer des enrobements légers, assez régulièrement répartis, mais qui apparaissent comme très peu organisés.

PLANCHE 19.

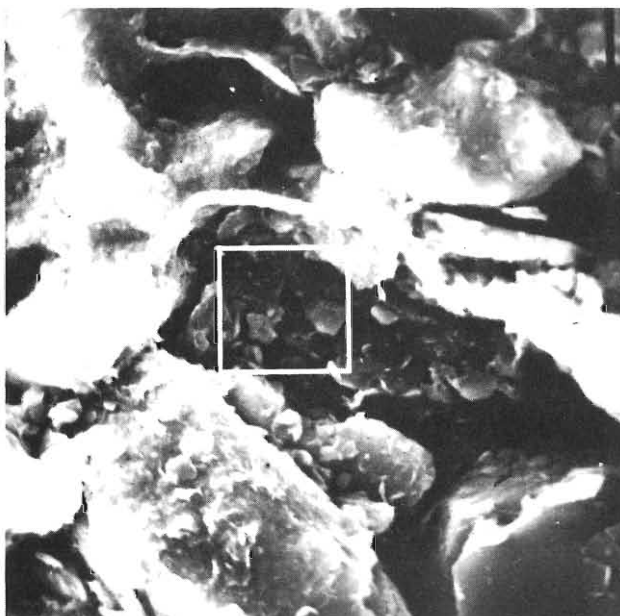
Dans certaines fentes de la structure prismatique de la base du Btg de sols fortement évolués on peut observer des accumulations importantes d'argiles plus ou moins déferrifiées.

Les trois photographies de cette planche en donnent les aspects à trois grossissements très différents (x 200 - x 2 000 - x 10 000).

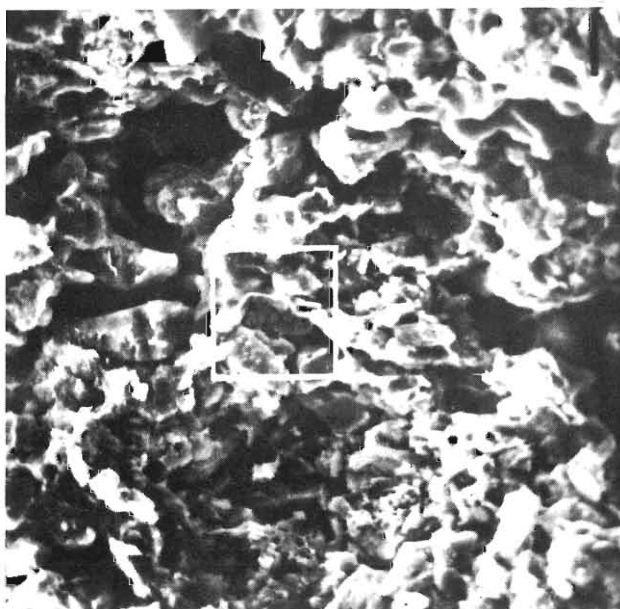
La stratification des concentrations plasmiqes argileuses y est particulièrement spectaculaire.



X 8 400



X 1 700



X 350

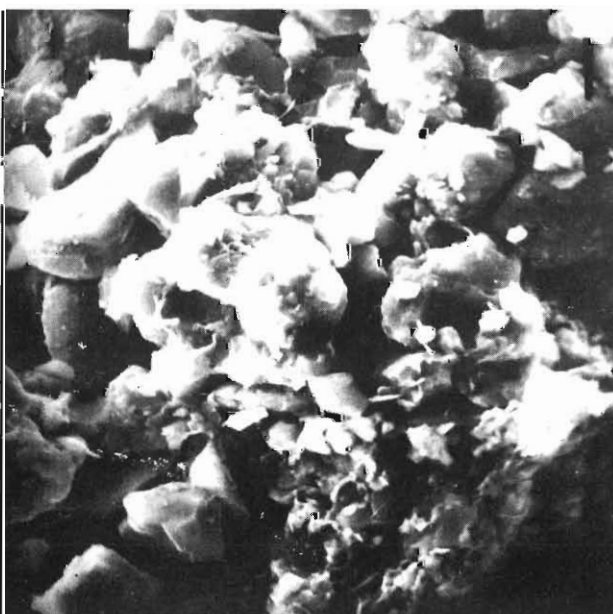




X 2 100



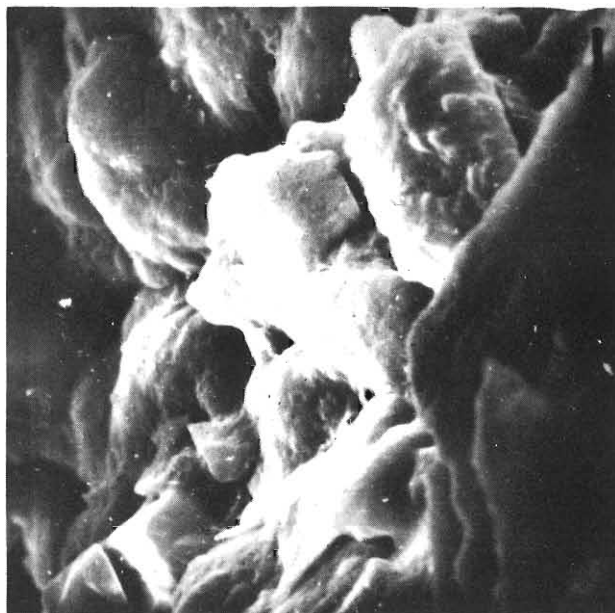
X 1 600



X 1 200

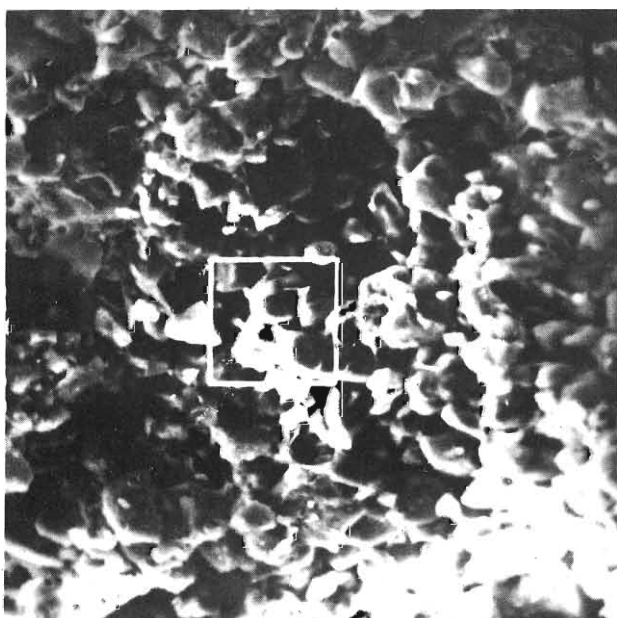






X 1 500

X 1 500

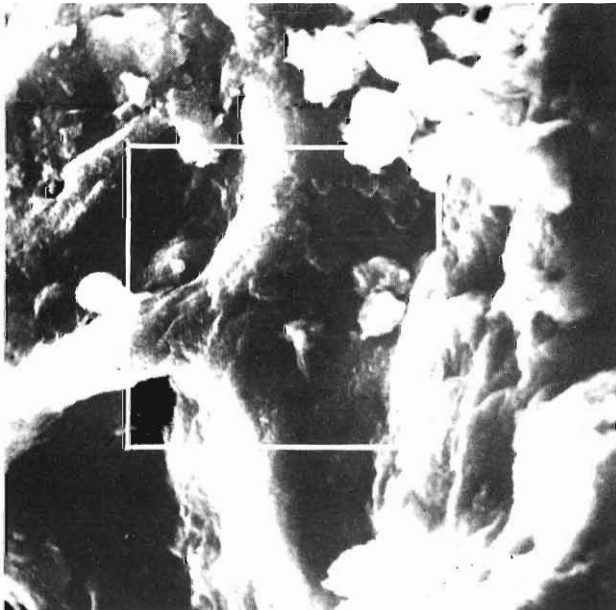


X 300

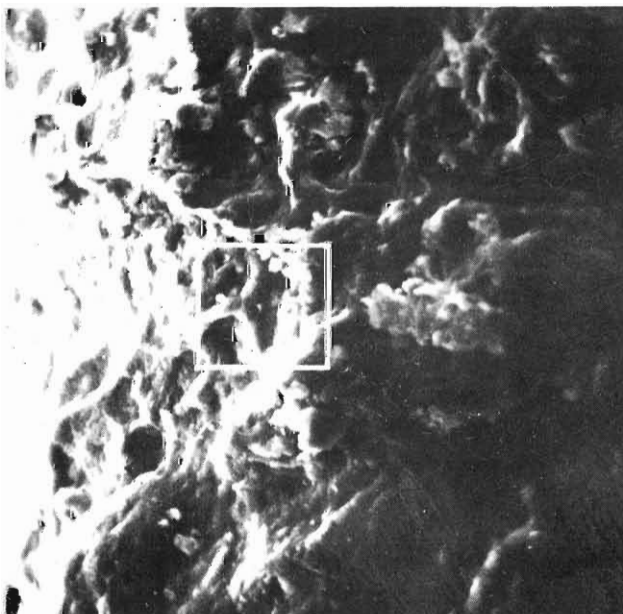




X 2 900

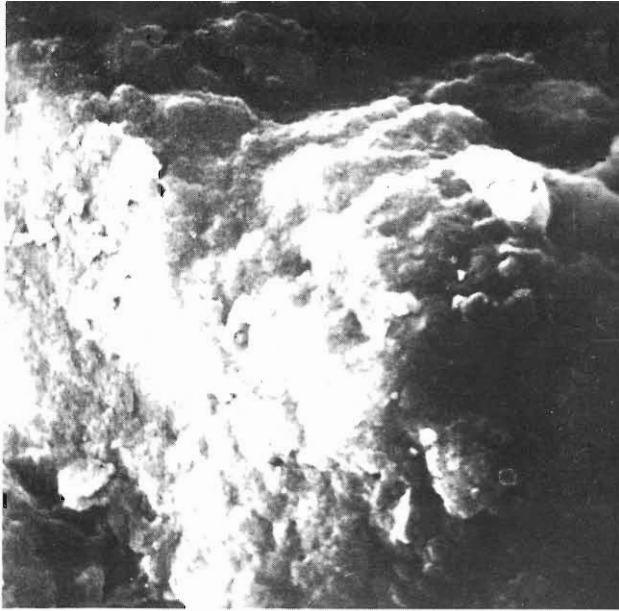


X 1 500

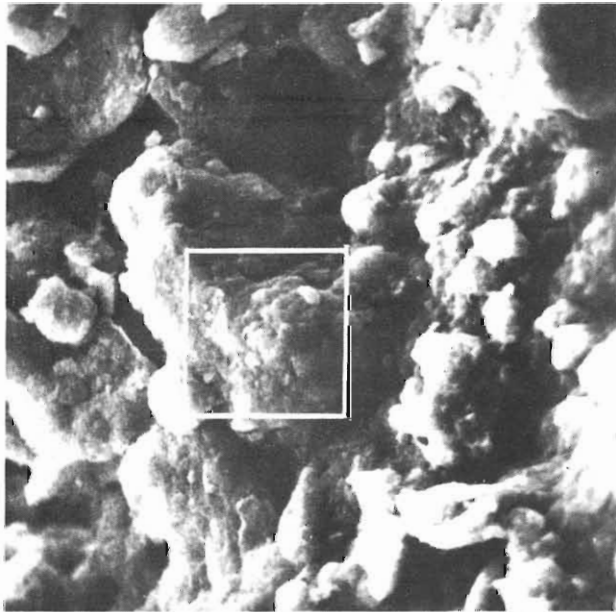


X 300

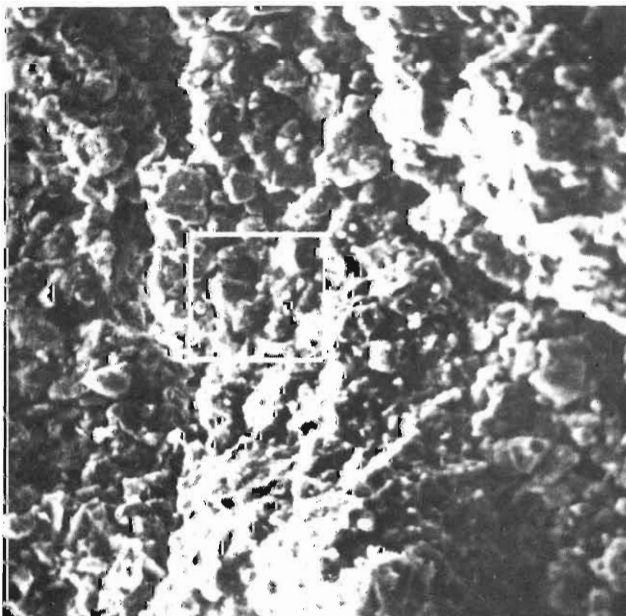




X 3 300

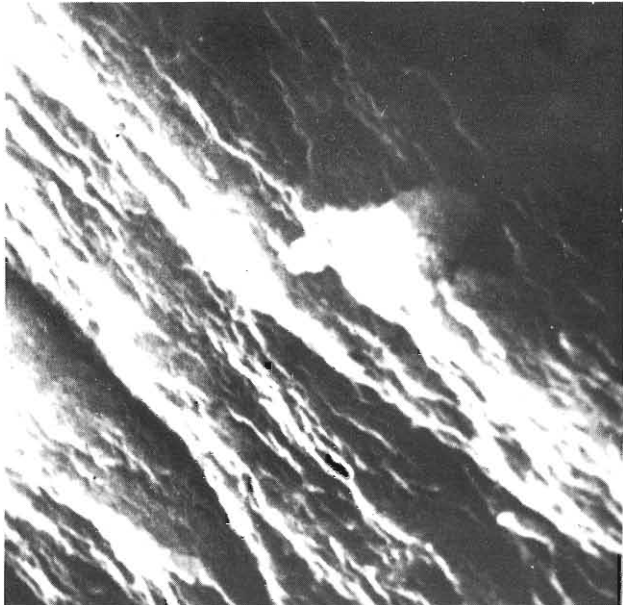


X 800

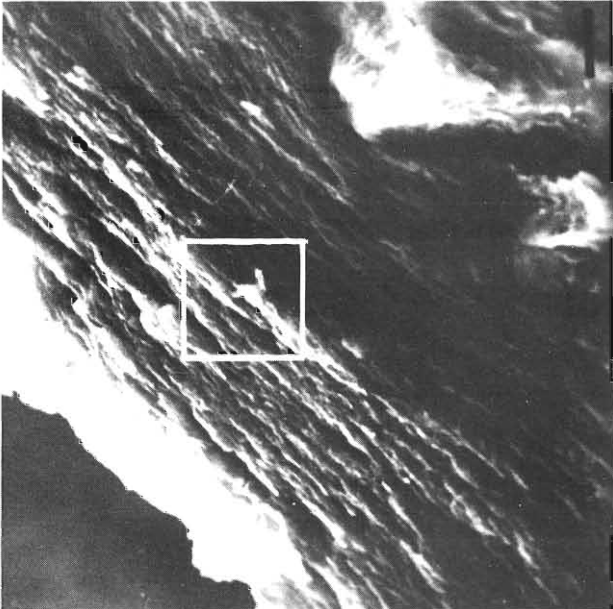


X 160

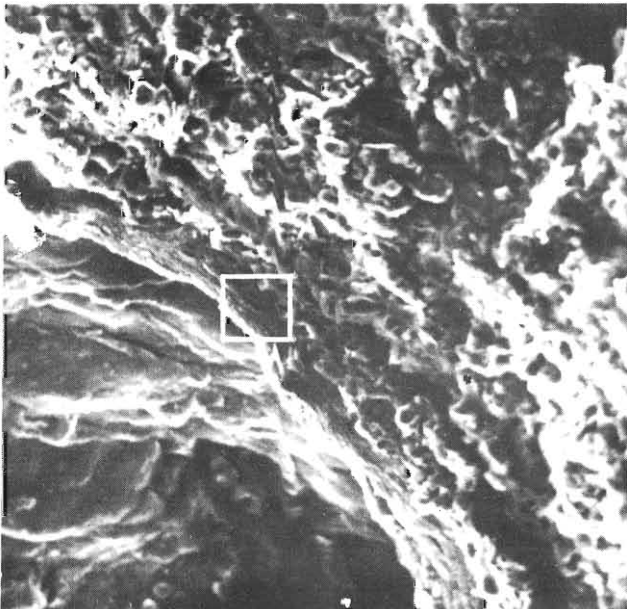




X 10 000



X 2 000



X 200





- ANNEXE A LA CINQUIEME PARTIE -  
-----

5.12. MICROMORPHOLOGIE - *Planche photographique*

5.14. MATIERE ORGANIQUE

5.21. COMPLEXE ABSORBANT - pH

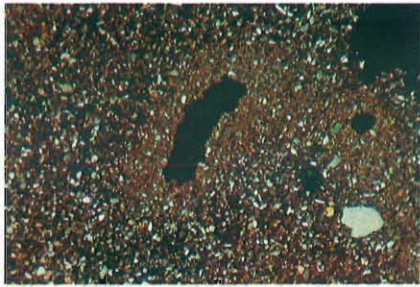


5.12. MICROMORPHOLOGIE - Planche 28

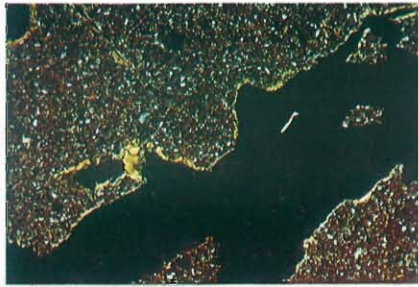
- Cliché 1 - Matériau original - Loess calcaire - Le squelette est homogène, avec quelques grains de sable grossier - Des concentrations secondaires de calcaire se répartissent en auréoles autour des vides, sous formes de "calcitanes" - Quelques séparations plasmiques de couleur jaune sont discernables - L.P. - x 35.
- Cliché 2 - Sol brun faiblement lessivé - Horizon B<sub>2</sub> t - Agrégats et parois des vides sont recouverts d' "argilanes" fins, assez continus, de couleur jaune clair - L.P. - x 35.
- Cliché 3 - Sol lessivé - Horizon B<sub>21</sub> t - "Argilanes" jaunes d'illuviation récente fossilisant des concentrations plasmiques argilo-ferriques rougeâtres faiblement orientées - L.N. - x 60.
- Cliché 4 - Id. - Des séparations plasmiques du type "squelsepique" sont bien visibles - L.P. - x 60.
- Cliché 5 - Sol lessivé à pseudogley - Horizon B<sub>22</sub> t - Concentrations plasmiques, "ferri-argilanes", avec individualisation des oxydes de fer - "Gleboles" à limites diffuses ou nettes - L.N. - x 35.
- Cliché 6 - Sol lessivé à pseudogley - Horizon A & B<sub>g</sub> - Nodule ferrugineux à imprégnation diffuse ayant fossilisé localement le fond matriciel à assemblage plasmique "in-squelsepique" et des "argilanes" jaunes - La partie inférieure gauche représente un aspect de la dégradation - L.N. - x 35.
- Cliché 7 - Id. - On observe très bien d'une part les "argilanes" piégés dans la masse imprégnée par les oxydes, d'autre part la disparition pratiquement complète d'éléments plasmiques discernables dans la plage dégradée - L.P. x 35.
- Cliché 8 - Sol lessivé glossique à pseudogley - Horizon B<sub>22</sub> t - Revêtements argileux très épais colmatant entièrement un réseau de vides - L.P. x 35.
- Cliché 9 - Horizon de transition II B<sub>3</sub> b sur limon ancien - Aspects de fragmentations et remaniements vraisemblablement dus à l'action du gel - Les éléments importants de couleur jaune et jaune - rougeâtre sont des fragments de "ferri-argilanes" redistribués - Quelques "argilanes" jaune clair d'apport plus récent s'observent sur les parois des vides - L.P. x 35.
- Cliché 10 - Sol lessivé acide hydromorphe sur limon ancien - Horizon B<sub>22</sub> tg - Concentration plasmique du type "ferri-argilane", très épais, à accumulation progressive et organisation plasmique très marquée - L.N. - x 35.
- Cliché 11 - Paléosol sur limon ancien - Horizon III B<sub>2</sub> tgb - Nombreuses concentrations plasmiques argilo-ferriques, brunes à brun-rouge - Rubéfaction nette - L.N. - x 35.
- Cliché 12 - Id. - On observe quelques concentrations plasmiques jaune clair vraisemblablement issues d'une déferrisation et d'une redistribution en milieu hydromorphe - L.P. - x 35.

o

o o



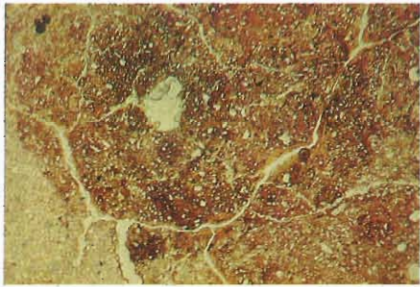
1



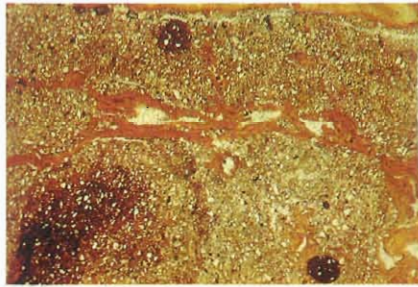
2



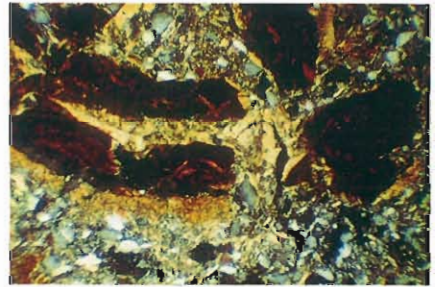
3



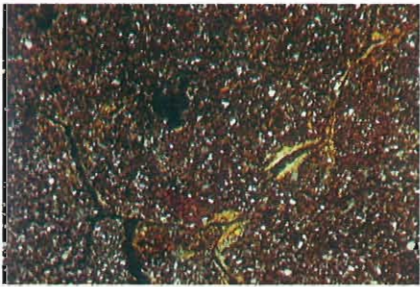
6



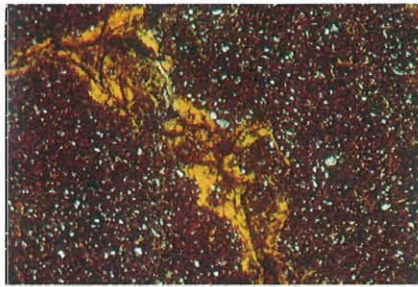
5



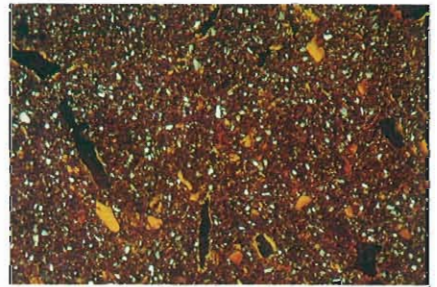
4



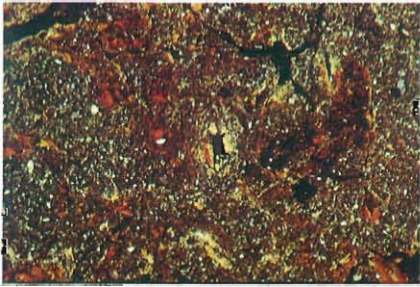
7



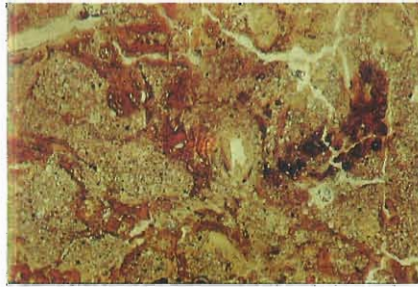
8



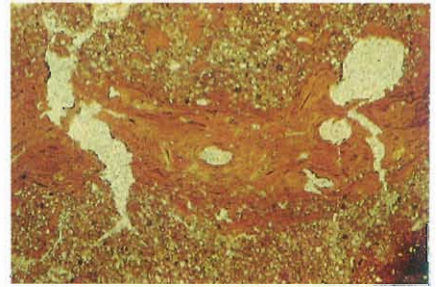
9



12

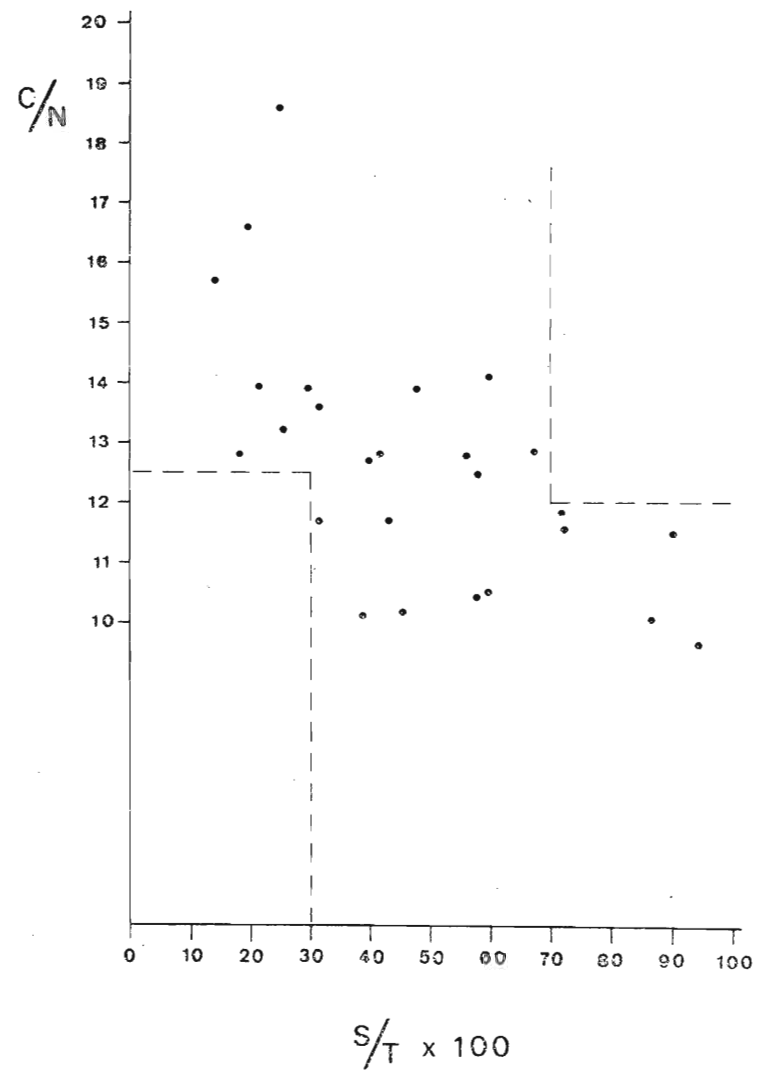
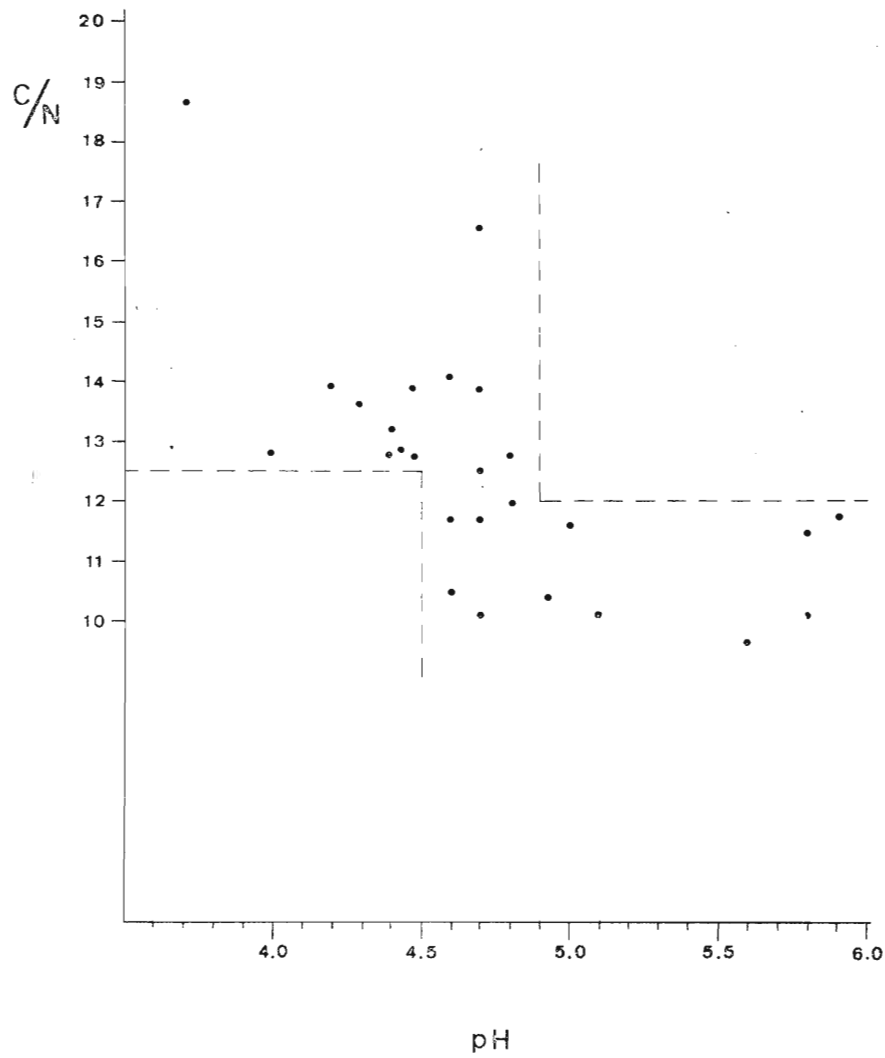


11



10

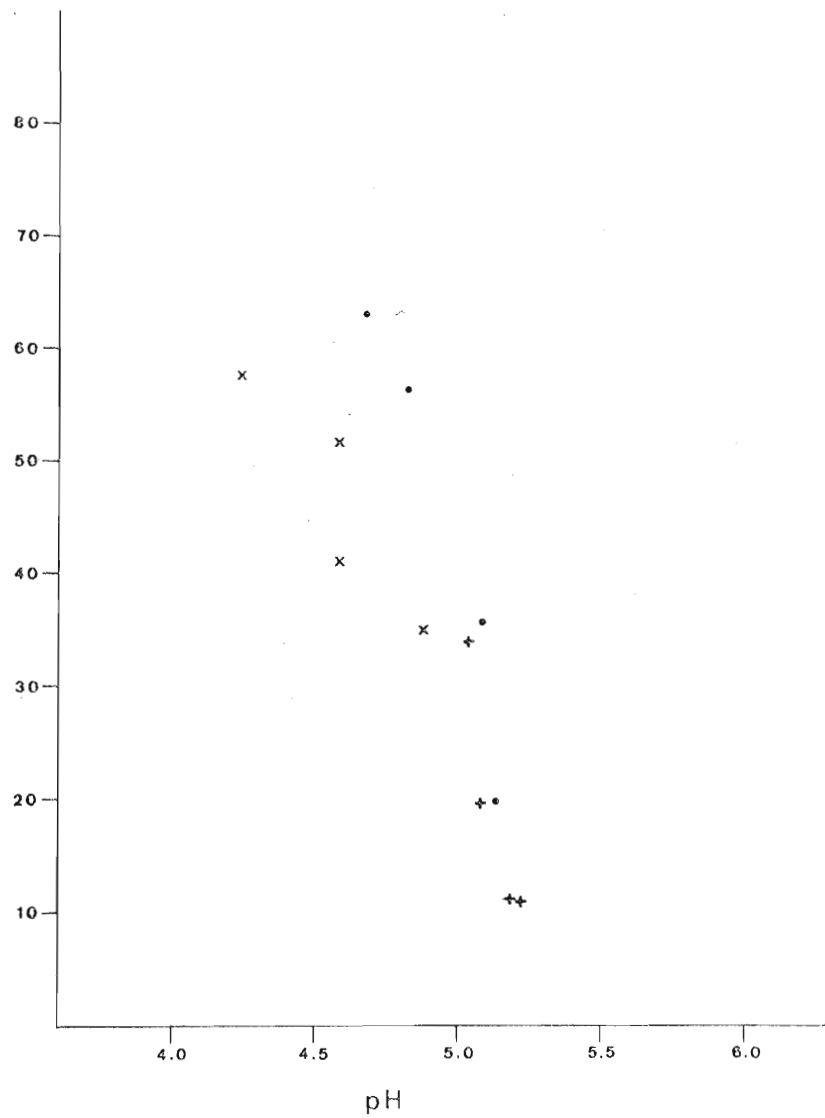








Al. éch.  
en % de T.



x A<sub>2</sub>

• B<sub>2</sub>t

+ C







- L I S T E   D E S   F I G U R E S   -  
-----



<u>Figures</u>		<u>Pages</u>
1	Localisation de la région étudiée. Esquisse oro-hydrographique	4-5
2	Esquisse géologique	6-7
3	Diagrammes climatiques des différentes régions naturelles	10-11
4	Graphique cumulatif déficit / drainage	12-13
5	Coupes morphologiques : Ardenne - Thiérache - Soissonnais - Haute-Brie	16-17
6	Diagrammes granulométriques - Produits d'altération des formations primaires et secondaires	32-33
7	Diagrammes granulométriques - Formations tertiaires et produits d'altération - Loess - Limons sableux - Sables de recouvrement	34-35
8	Diagrammes granulométriques - Produits de solifluxion et de remaniements anciens - Formations alluviales et colluviales	36-37
9	Coupe schématique d'une petite vallée ardennaise	45-46
10	Extrait de la carte des sols Hirson 3-4	47-48
11	Coupe schématique d'une falaise jurassique	49-50
12	Coupes schématiques - Séquence plateau-versant sur Crétacé inférieur - Sud de la Thiérache	49-50
13	Extrait de la carte des sols Rozoy 7-8	51-52
14	Extrait de la carte des sols Vervins 3-4	53-54
15	Coupe schématique d'une pente de la bordure champenoise	55-56
16	Coupe schématique d'un versant picard	57-58
17	Extrait de la carte des sols Bohain 5-6	57-58
18	Coupes schématiques - Falaise d'Ile-de-France - Versant Nord - Revers Sud	59-60
19	Extrait de la carte des sols La Fère 7-8	63-64
20	Extrait de la carte des sols Craonne 5-6	63-64
21	Coupe schématique - Haute-Brie - Vallée de la Marne	67-68
22	Extrait de la carte des sols Meaux 7-8	69-70
23	Répartition des associations de sols sur limons loessiques - Esquisse cartographique	73-74
24	Caractérisation de la coupe de Macquenoise	94-95
25	Caractérisation de la coupe de Saint-Michel	96-97
26	Caractérisation de la coupe du Nouvion	98-99



<u>Figures</u>		<u>Pages</u>
27	Caractérisation de la coupe de Marie	100-101
28	Caractérisation de la coupe de Pargny	102-103
29	Caractérisation de la coupe de Saint-Quentin	104-105
30	Caractérisation de la coupe de Vermand	106-107
31	Caractérisation de la coupe de Vorges	108-109
32	Caractérisation de la coupe de Craonne	110-111
33	Caractérisation de la coupe de Villers Cotterets	112-113
34	Caractérisation de la coupe du Tillet	114-115
35	Caractérisation de la coupe de Sablonnière	116-117
36	Diagrammes Rx de la fraction 0-2 microns des limons de l'Ardenne	118-119
37	Diagrammes Rx de la fraction 0-2 microns des limons de Thiérache	118-119
38	Diagrammes Rx de la fraction 0-2 microns des limons du Marlois	120-121
39	Diagrammes Rx de la fraction 0-2 microns des limons de Picardie	120-121
40	Diagrammes Rx de la fraction 0-2 microns des limons du Soissonnais	122-123
41	Diagrammes Rx de la fraction 0-2 microns des limons de Haute-Brie	122-123
42	Courbes cumulatives granulométriques des limons de couverture	124-125
43	Les associations de minéraux lourds dans les régions naturelles	126-127
44	Diagrammes de répartition des minéraux lourds	128-129
45	Diagrammes Rx des fractions argileuses des principaux types de paléosols	144-145
46	Diagrammes Rx - Aubigny 0-2 microns - échantillons Mg	154-155
47	Diagramme Rx - Aubigny 0-2 microns - échantillons K	154-155
48	Diagrammes Rx - Essigny - Fractions limoneuses	156-157
49	Diagrammes Rx - Aubigny - Le Hamel - Fractions limoneuses	156-157
50	Micromorphologie - Schémas profil Essigny 3 - Horizons $B_1$ - $B_{22}^t$ - $B_3$	180-181
51	Diagrammes Rx - Profil Essigny 3 - Horizons $B_{22}^t$ - II $C_4$	182-183
52	Diagrammes Rx - Profil Craonne 47 - Horizons $A_2$ - $B_2^t$ - C	186-187
53	Micromorphologie - Schémas profil Laon 1 - Horizons $A_{11}/A_{12}$ - $A_2$ - $B_2^t$	190-191
54	Micromorphologie - Schémas profil Laon 1 - Horizons $B_3$ - C	190-191

<u>Figures</u>		<u>Pages</u>
55	Diagrammes Rx - Profil Laon 1 - Horizons $B_{22}^t - C_1$	192-193
56	Diagrammes Rx - Profil Vervins 10 - Horizons $A_2 - B_2^t - C$ - Echantillons Mg	198-199
57	Diagrammes Rx - Profil Vervins 10 - Horizons $A_2 - B_2^t - C$ - Echantillons K	198-199
58	Diagrammes Rx - Profil Epernay 3 - Horizons $A_2 - B_{21}^t - B_{22}^{t=B/C} - C$	202-203
59	Diagrammes Rx - Profil Chateau-Thierry 11 - Horizons $A_2 - B_1 - B_2^t - B_3 - B/C - C_1 - C_2$ - Echantillons Mg	207-208
60	Diagrammes Rx - Profil Chateau-Thierry 11 - Horizons $A_2 - B_1 - B_2^t - B_3 - B/C - C_1 - C_2$ - Echantillons K	207-208
61	Micromorphologie - Schémas profil Montmirail 32 - Horizons $A_{12} - A_2 - B \& A$	213-214
62	Micromorphologie - Schémas profil Montmirail 32 - Horizons $B_2^t - B_3^{gx} - C_{gx}$	213-214
63	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 32 - Horizons $A_2 - B_2^t - B_3^{gx} - C_2$ - Revêtements argileux - Echantillons Mg	215-216
64	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 32 - Horizons $A_2 - B_2^t - B_3^{gx} - C_{\frac{1}{2}}$ - Revêtements argileux - Echantillons K	215-216
65	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 31 - Horizons $A_2 - B_2^t - B_3/C - C$ - Revêtements argileux - Echantillons Mg	221-222
66	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 31 - Horizons $A_2 - B_2^t - B_3/C - C$ - Revêtements argileux - Echantillons K	221-222
67	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 15 - Horizons $A_2 - B_2^t - C_g$ - Dégradation Echantillons Mg	227-228
68	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 15 - Horizons $A_2 - B_2^t - C_g$ - Dégradation Echantillons K	227-228
69	Diagrammes Rx - Profil Chateau-Thierry 22 - Horizons $A_2 - B_2^t$	233-234
70	Micromorphologie - Schémas profil Hirson 16 - Horizons $B_{11} - B_3/II B_2^{tb}$	237-238
71	Diagrammes Rx - Profil Hirson 16 - Horizons $A_3 - II B_2^{tgx}$	239-240
72	Micromorphologie - Schémas profil Hirson 55 - Horizons $B_{21}^{tg} - B_3^g/C_g$	243-244
73	Diagrammes Rx - Profil Hirson 55 - Horizons $A_2 - B_2^t - C_1 - II C_2$	245-246
74	Diagrammes Rx - Profil La Fère 6 - Horizons $A_2 - B_2^t - B_3^{gx}/C_{gx}$ - Dégradation Revêtements argileux	251-252
75	Diagrammes Rx - Profil Vervins 14 - Revêtements argileux	259-260
76	Diagrammes Rx - Profil Vervins 5 - Revêtements argileux	259-260
77	Diagrammes Rx - Profil Vervins 17 - Revêtements argileux	259-260
78	Diagrammes Rx - Profil Vervins 17 - Matrice	259-260
79	Diagrammes Rx - Profil Vervins 10 - Revêtements argileux	261-262

<u>Figures</u>		<u>Pages</u>
80	Diagrammes Rx - Profil Vervins 10 - Dégradation	261-262
81	Diagrammes Rx - Profil Vervins 10 - Matrice	261-262
82	Diagrammes Rx - Profil Rozoy 32 - Revêtements argileux	263-264
83	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 31 - Revêtements argileux	265-266
84	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 31 - Matrice	265-266
85	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 32 - Revêtements argileux	265-266
86	Diagrammes Rx - Profil Montmirail 32 - Matrice	265-266
87	Diagrammes Rx - Profil Chateau-Thierry 22 - Revêtements argileux	267-268
88	Diagrammes Rx - Profil Chateau-Thierry 22 - Dégradation	267-268
89	Diagrammes Rx - Profil Chateau-Thierry 22 - Matrice	267-268
90	Fer dans les revêtements argileux	273-274
91	Microsonde - Localisation des prélèvements	277-278
92	Microsonde - Hirson - Revêtements argileux - Graphiques des traversées pour Si - Al - Fe - Mn	279-280
93	Microsonde - Hirson - Matrice - Graphiques des traversées pour Si - Al - Fe - Mn	279-280
94	Microsonde - Hirson - Zone de contact - Graphiques des traversées pour Si - Al - Fe - Mn	279-280
95	Microsonde - Montmirail - Graphiques des traversées Fe et Mn - Revêtements argilo-limoneux - Matrice - Frange oxydée	279-280
96	Schéma morphologique de la séquence d'évolution	295-296
97	Répartition des teneurs en argile dans les sols bruns lessivés, sols lessivés et sols lessivés glossiques	308bis-309
98	Distribution des argiles dans quelques profils caractéristiques	310-311
99	Variation des indices de stabilité structurale pour les différents horizons des sols bruns lessivés, sols lessivés et sols lessivés glossiques	318-319
100	Variation de la garniture cationique pour les horizons $A_2$ - $B_2t$ - C des différents stades d'évolution	321-322
101	Répartition de l'Aluminium échangeable dans quelques profils caractéristiques	323-324
102	Garniture cationique des horizons et échantillons caractéristiques des sols lessivés glossiques	323-324
103	Distribution du fer dans quelques profils caractéristiques	327-328
104	Distribution de l'Aluminium dans quelques profils caractéristiques	333-334
105	Variation de la capacité d'échange cationique de l'argile dans quelques profils caractéristiques	337-338

EN ANNEXE

	<u>Pages</u>
- <u>au chapitre 3. 52.</u>	421-422
- Diagrammes Rx - Aubigny 0-2 microns - B/C	
- Diagrammes Rx - Aubigny 0-2 microns - C <sub>3</sub>	
- Diagrammes Rx - Aubigny - Fractions limoneuses - Traitement HCl	
- Diagrammes Rx - Le Hamel - Fractions limoneuses - Traitement HCl	
- <u>au chapitre 4. 32.</u>	421-422
- Diagrammes Rx - Profil Montmirail 32 - Traitement Citrate - Echantillons Mg	
- Diagrammes Rx - Profil Montmirail 32 - Traitement Citrate - Echantillons K	
- Diagrammes Rx - Profil Montmirail 32 - Traitement NaOH - Echantillons K	
- Diagrammes Rx - Profil Montmirail 31 - Traitement NaOH - Echantillons K	
- <u>au chapitre 4. 43.</u>	
- Diagrammes Rx - Profil Vervins 3 - Revêtements argileux	423-424
- Diagrammes Rx - Profil Vervins 2 - Revêtements argileux	425-426
- Diagrammes Rx - Profil Vervins 2 - Matrice	425-426
- <u>au chapitre 5. 14.</u>	430-431
- Variation du rapport C/N en fonction du pH et de la saturation du complexe absorbant	
- <u>au chapitre 5. 21.</u>	430-431
- Variation de l'Aluminium échangeable sur le complexe absorbant en fonction du pH	
- Variation de la saturation du complexe absorbant en fonction du pH	

\*

\*

\*



- L I S T E D E S P L A N C H E S -

---

<u>Planches</u>		<u>Pages</u>
1 à 3	Micromorphologie - Photographies de lames minces des différents paléosols	142-143
4 à 9	Microsonde électronique - Images des éléments Si - Al - Fe - Mn	277-278
10 à 19 (Annexe)	Microscope électronique à balayage - "Stéréoscan" - Photographies à différents grossissements	428-429
20 à 27	Micromorphologie - Photographies de lames minces de sols caractéristiques des différents stades d'évolution	298-305
28 (Annexe)	Micromorphologie - Photographies en couleur	430

---



- T A B L E D E S M A T I E R E S -  
-----





	<u>Pages</u>
- A V A N T - P R O P O S	I à III
- S O M M A I R E	IV et V
- I N T R O D U C T I O N	2
-----	
- P R E M I E R E P A R T I E -	
-----	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">MILIEU ET METHODOLOGIE</div>	
1.1. <u>SITUATION GENERALE</u>	4
1.2. <u>PHYSIOGRAPHIE</u>	5
1.21. GEOLOGIE - STRATIGRAPHIE	5
1.22. GEOMORPHOLOGIE - HYDROGRAPHIE	7
1.23. CLIMAT	10
1.24. VEGETATION	12
1.25. LES REGIONS NATURELLES	14
1.25.1. L'ARDENNE	14
1.25.2. LA THIERACHE	14
1.25.3. LA PICARDIE	15
1.25.4. LA CHAMPAGNE	16
1.25.5. LES PAYS DE L'ILE-DE-FRANCE	16
1.25.51. LE SOISSONNAIS	17
1.25.52. LE TARDENOIS	18
1.25.53. LE VALOIS - L'ORXOIS	18
1.25.54. LA HAUTE-BRIE	18
1.26. CONCLUSIONS	19
1.3. <u>LES METHODES DE TRAVAIL</u>	20
1.31. INTRODUCTION	20
1.32. QUELQUES PRINCIPES ET DEFINITIONS	20
1.33. LE FOND D'OBSERVATIONS	23
1.33.1. CARTOGRAPHIE DES SOLS	23
1.33.2. MORPHOLOGIE DES SOLS	23
1.33.3. CARACTERISATIONS ANALYTIQUES	24

1.34. METHODES D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES	25
1.34.1. ECHANTILLONNAGES SELECTIFS	25
1.34.2. EXAMENS MICROMORPHOLOGIQUES	26
1.34.3. ANALYSES DE RECHERCHES	26
1.35. CONCLUSIONS	28

- D E U X I E M E   P A R T I E   -

PRESENTATION PEDOLOGIQUE DU DOMAINE D'ETUDE

2.1. <u>INTRODUCTION</u>	30
2.2. <u>LES FACTEURS DE LA GENESE</u>	31
2.21. LES MATERIAUX ORIGINELS	31
2.21.1. PRODUITS D'ALTERATION DE ROCHES PALEOZOIQUES	31
2.21.2. FORMATIONS SECONDAIRES ET LEURS PRODUITS D'ALTERATION	31
2.21.3. FORMATIONS TERTIAIRES ET LEURS PRODUITS D'ALTERATION	32
2.21.4. LOESS ET LIMONS LOESSIQUES	33
2.21.5. DEPOTS DE SOLIFLUXION - LIMONS HETEROGENES	34
2.21.6. PRODUITS DE REMANIEMENTS ANCIENS	35
2.21.7. COLLUVIONS ET ALLUVIONS RECENTES	36
2.21.8. MATERIAUX ORGANIQUES	37
2.22. LES INFLUENCES CLIMATIQUES	38
2.23. LA COUVERTURE VEGETALE	39
2.24. LE MODELE	39
2.25. L'ECONOMIE EN EAU	40
2.26. LA DUREE DES PHENOMENES PEDOGENETIQUES	42
2.27. LES INFLUENCES ANTHROPIQUES	42
2.3. <u>LES SOLS</u>	44
2.31. LES SOLS DE L'ARDENNE	45
2.32. LES SOLS DE THIERACHE	48
2.33. LES SOLS DU MARLOIS	52
2.34. LES SOLS DE CHAMPAGNE	54

	<u>Pages</u>
2.35. LES SOLS DE PICARDIE	55
2.36. LES SOLS DU SOISSONNAIS	59
2.37. LES SOLS DE HAUTE-BRIE	64
2.4. DISCUSSION - CONCLUSIONS	70
. PREMIERES CONCLUSIONS SUR LES SOLS DEVELOPPES SUR LOESS ET LIMONS LOESSIQUES	70
. MISE EN EVIDENCE D'UNE SEQUENCE THEORIQUE D'EVOLUTION	74
. DEMARCHE DE RECHERCHE	77

- T R O I S I E M E   P A R T I E   -

LE MATERIAU LOESS

3.1. <u>GENERALITES</u>	79
3.2. <u>REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	80
3.3. <u>LES MATERIAUX - LA COUVERTURE LOESSIQUE</u>	89
3.31. ANALYSE DES COUPES CARACTERISTIQUES	92
<i>Coupe 1 - ARDENNE - MACQUENOISE</i>	92
<i>Coupe 2 - ARDENNE - SAINT-MICHEL</i>	94
<i>Coupe 3 - THIERACHE - LE NOUVION</i>	96
<i>Coupe 4 - MARLOIS - MARLE</i>	98
<i>Coupe 5 - MARLOIS - PARGNY</i>	101
<i>Coupe 6 - PICARDIE - SAINT-QUENTIN</i>	103
<i>Coupe 7 - PICARDIE - VERMAND</i>	105
<i>Coupe 8 - SOISSONNAIS - VORGES</i>	106
<i>Coupe 9 - SOISSONNAIS - CRAONNE</i>	108
<i>Coupe 10 - SOISSONNAIS - ORXOIS -                 VILLIERS COTTERETS</i>	110
<i>Coupe 11 - HAUTE-BRIE - LE TILLET</i>	112
<i>Coupe 12 - HAUTE-BRIE - SABLONNIERE</i>	115

	<u>Pages</u>
3.32. LES MINERAUX ARGILEUX	117
- <i>Minéraux argileux des limons de l'Ardenne</i>	118
- <i>Minéraux argileux des limons de Thiérache</i>	119
- <i>Minéraux argileux des limons du Marlois</i>	119
- <i>Minéraux argileux des limons de Picardie</i>	120
- <i>Minéraux argileux des limons du Soissonnais</i>	121
- <i>Minéraux argileux des limons de Haute-Brie</i>	122
<i>Synthèse - Comparaisons régionales - Conclusions</i>	123
3.33. CARACTERISATION GRANULOMETRIQUE DE LA COUVERTURE LIMONEUSE DE SURFACE	124
3.34. LES MINERAUX LOURDS DE LA COUVERTURE LIMONEUSE DE SURFACE	125
3.35. QUELQUES DONNEES COMPLEMENTAIRES	129
3.35.1. COMPOSITION CHIMIQUE DES LOESS	129
3.35.2. ANALYSES PALYNOLOGIQUES	131
3.36. SYNTHESE - CONCLUSIONS	132
3.4. <u>PALEOSOLS SUR LOESS</u>	137
3.41. PRINCIPAUX PALEOSOLS SUR LOESS OBSERVES	138
3.41.1. MORPHOLOGIE	138
3.41.2. MICROMORPHOLOGIE	142
3.41.3. CARACTERISATION ANALYTIQUE	143
3.41.4. MINERALOGIE	144
3.42. DISCUSSION - CONCLUSIONS	145
3.5. <u>REGOGENESE</u>	147
3.51. METHODES UTILISEES	147
3.52. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	148
3.52.1. MORPHOLOGIE	148
3.52.2. MICROMORPHOLOGIE	149
3.52.3. CARACTERISATION ANALYTIQUE	149
3.52.4. DETERMINATIONS MINERALOGIQUES	154
3.53. DISCUSSION - CONCLUSIONS	157
3.6. <u>CONCLUSIONS</u>	159

- QUATRIEME PARTIE -

LES PHENOMENES PEDOGENETIQUES

4.1.	<u>GENERALITES</u>	160
4.2.	<u>REVUE ET ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUES.</u>	162
4.3.	<u>CARACTERISATION ET ETUDE DES PROFILS TYPES</u>	176
4.31.	SOLS SUR LIMON D'APPORT RECENT	177
	<i>Profil Essigny 3</i>	177
	<i>Profil Craonne 47</i>	182
	<i>Profil Laon 1</i>	187
	<i>Profil Vervins 10</i>	192
	<i>Profil Epernay 3</i>	199
4.32.	SOLS SUR LIMON D'APPORT ANCIEN	204
	<i>Profil Chateau-Thierry 11</i>	204
	<i>Profil Montmirail 32</i>	208
	<i>Profil Montmirail 31</i>	217
	<i>Profil Montmirail 15</i>	222
	<i>Profil Chateau-Thierry 22</i>	228
4.33.	SOLS POLYGENIQUES	234
	<i>Profil Hirson 16</i>	234
	<i>Profil Hirson 55</i>	240
	<i>Profil La Fère 6</i>	246
4.34.	CONCLUSIONS	253
4.4.	<u>ETUDE DETAILLEE DES PROBLEMES LIES AUX PROCESSUS D'ELUVIATION / ILLUVIATION</u>	255
4.41.	METHODOLOGIE	255
4.42.	DONNEES GRANULOMETRIQUES ET FER LIBRE	256
4.43.	ANALYSES MINERALOGIQUES	257
4.43.1.	SOLS BRUNS LESSIVES	258
4.43.2.	SOLS LESSIVES	259
4.43.3.	SOLS LESSIVES A PSEUDOGLEY	263
4.43.4.	SOLS LESSIVES GLOSSIQUES	264

	<u>Pages</u>
4.43.5. DETERMINATIONS DE SURFACES SPECIFIQUES	268
4.43.6. CONCLUSIONS SUR LES RESULTATS MINERALOGIQUES	270
4.44. ANALYSES CHIMIQUES TOTALES	271
4.45. QUELQUES DONNEES COMPLEMENTAIRES	276
4.45.1. UTILISATION DE LA MICROSONDE DE "CASTAING"	276
4.45.2. EXAMENS AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE "STEREOSCAN"	280
4.46. DONNEES SUR LA REPARTITION ET LA LOCALISATION DANS LE PROFIL	280
4.47. DISCUSSION - CONCLUSIONS	282
<u>4.5. CONCLUSIONS</u>	285

- C I N Q U I E M E P A R T I E -

INTERPRETATION PEDOGENETIQUE DE LA SEQUENCE  
OBSERVEE SUR LIMONS LOESSIQUES DANS LE NORD  
DE LA FRANCE

<u>INTRODUCTION</u>	286
5.1. <u>EVOLUTION STRUCTURALE ET DIFFERENCIATION DES PROFILS</u>	288
5.11. EVOLUTION DES CARACTERES MORPHOLOGIQUES	288
5.11.1. SOL BRUN CALCAIRE - SOL BRUN CALCIQUE	288
5.11.2. SOL BRUN	289
5.11.3. SOL BRUN FAIBLEMENT LESSIVE	290
5.11.4. SOL BRUN LESSIVE	291
5.11.5. SOL LESSIVE	292
5.11.6. SOL LESSIVE GLOSSIQUE A HYDROMORPHIE	294
5.11.7. SOL LESSIVE "PLANOSOLIQUE"	296
5.11.8. DISCUSSION	296
5.12. EVOLUTION DES CARACTERES MICROMORPHOLOGIQUES	297
5.12.1. MATERIAU ORIGINEL - STADE INITIAL	298
5.12.2. SOL BRUN	299
5.12.3. SOL BRUN LESSIVE	300

	<u>Pages</u>
5.12.4. SOL LESSIVE	301
5.12.5. SOL LESSIVE EN VOIE DE DEGRADATION	302
5.12.6. SOL LESSIVE GLOSSIQUE A HYDROMORPHIE	303
5.12.7. SOL LESSIVE "PLANOSOLIQUE"	305
5.12.8. DISCUSSION - CONCLUSIONS	306
5.13. LA GRANULOMETRIE	308
5.14. LA MATIERE ORGANIQUE	312
5.15. LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET HYDRODYNAMIQUES	314
5.2. EVOLUTION GEOCHIMIQUE ET MINERALOGIQUE	320
<hr/>	
5.21. EVOLUTION DU COMPLEXE ABSORBANT	320
5.22. LE COMPORTEMENT DU FER	325
5.23. LE COMPORTEMENT DE L'ALUMINIUM	332
5.24. LA CAPACITE D'ECHANGE	335
5.25. EVOLUTION MINERALOGIQUE	339
5.3. LES PROCESSUS D'EVOLUTION DANS LA SEQUENCE	344
<hr/>	
. LES CRITERES D'EVOLUTION	345
. INTERPRETATION GENERALE	348
- C O N C L U S I O N S   G E N E R A L E S	353
<hr/>	
- B I B L I O G R A P H I E	358
- A N N E X E S	
- ANNEXE A LA DEUXIEME PARTIE	377
- ANNEXE A LA TROISIEME PARTIE	421-422
- ANNEXE A LA QUATRIEME PARTIE	422
- ANNEXE A LA CINQUIEME PARTIE	430
LISTE DES FIGURES	431
LISTE DES PLANCHES	437
TABLE DES MATIERES	438



