

Les forêts sur Rhétien dans le département des Vosges. Nouvelle contribution à la mise au point d'une méthode dynamique d'étude phyto-écologique du milieu forestier

J Francois J. F. Picard

▶ **To cite this version:**

J Francois J. F. Picard. Les forêts sur Rhétien dans le département des Vosges. Nouvelle contribution à la mise au point d'une méthode dynamique d'étude phyto-écologique du milieu forestier. Sciences du Vivant [q-bio]. 1970. Français. NNT : . tel-02859418

HAL Id: tel-02859418
https://hal.inrae.fr/tel-02859418

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.

Schiffers

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIERES

LABORATOIRE DE BOTANIQUE FORESTIÈRE

LES FORETS SUR RHETIEN DANS LE DEPARTEMENT DES VOSGES

NOUVELLE CONTRIBUTION A LA MISE AU POINT D'UNE METHODE DYNAMIQUE D'ETUDE PHYTO-ECOLOGIQUE DU MILIEU FORESTIER

- J.F. PICARD -

Thèse de Doctorat de 3ème Cycle
Faculté des Sciences de NANCY -

Président - Ph. DUCHAUFOUR -
Examinateurs - MM. F. JACQUIN -
M. JACAMON -

Document n° 70 - 1.

Distribution limitée

THESE

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE NANCY

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE 3° CYCLE

par

J. F. PICARD

SUJET :

LES FORETS SUR RHETIEN DANS LE DEPARTEMENT DES VOSGES

soutenue le..... devant la Commission d'Examens

JURY

Président - M. Ph. DUCHAUFOUR -

Examinateurs - MM. F. JACQUIN -
M. JACAMON -

REMERCIEMENTS

Que tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont aidé ou encouragé dans la réalisation de ce travail, veuillent trouver ici le témoignage de ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier tout spécialement :

- Monsieur le Professeur DUCHAUFOUR, de la Faculté des Sciences de NANCY, sous la direction de qui ce travail a été effectué,
- Monsieur JACAMON, Directeur du Laboratoire de la Chaire de Botanique du C.N.R.F. et Monsieur BECKER, Chargé de recherches à ce même laboratoire, qui m'ont aidé de leurs conseils,
- Monsieur JACQUIN, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, qui a bien voulu accepter de faire partie de notre jury,
- Monsieur F. LE TACON, Chargé de recherches à la Station de recherches sur les sols forestiers du C.N.R.F. et Monsieur GARBAYE, Assistant à cette même station, qui m'ont beaucoup aidé pour la partie pédologique de ce travail,
- Monsieur C. MILLIER, Chargé de recherches à la station de Biométrie du C.N.R.F. grâce à qui les analyses statistiques ont pu être réalisées,
- Monsieur MORMICHE, Ingénieur du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Chef du Centre de Gestion d'Epinal-Plaine, de l'Office National des Forêts, qui a facilité au maximum mon travail sur le terrain,
- Messieurs MAIRE et BERTHOLOLI, Ingénieurs des Travaux, pour les facilités qu'ils m'ont procurées,
- Madame CLAUDE et Monsieur KIEFFER qui, malgré des conditions de travail souvent difficiles, ont toujours mené à bien leurs tâches,
- Madame DIDIER qui a assuré le travail de frappe.

Je remercie enfin l'Institut National de la Recherche Agronomique et le Centre National de Recherches forestières, qui m'ont donné les moyens de réaliser ce travail.

S O M M A I R E

Pages

INTRODUCTION 1

I/ GENERALITES 2

1.1. Situation géographique 2

1.2. Géologie 2

1.3. Climat 2

1.4. Historique - Avenir 8

1.5. Facteurs biotiques 9

II/ LE TRAVAIL SUR LE TERRAIN 11

2.1. Préliminaires - L'échantillonnage 11

2.1.1. - Généralités 11

2.1.2. - Obtention des points-relevés 11

2.2. Travail de terrain 12

2.2.1. Présentation 12

2.2.2. Composition du relevé 12

2.2.2.1. Renseignements généraux 12

2.2.2.2. Renseignements relatifs au sol 12

2.2.2.3. Renseignements relatifs à la végétation 13

2.2.2.4. Renseignements relatifs à la fertilité 15

III/LA METHODE STATISTIQUE 16

3.1. Présentation - Raisons du choix 16

3.2. Exposé de la méthode 16

3.2.1. Analyse purement floristique 17

3.2.2. L'analyse économique 18

3.2.2.1. - Présentation 18

3.2.2.2. - L'analyse 18

IV/ LES RESULTATS 20

4.1. Analyse économique 20

4.1.1. Interprétation des composantes 20

.../...

4.1.1.1. Première composante_____ 20

4.1.1.2. Deuxième composante_____ 20

4.1.1.3. Troisième composante_____ 21

4.1.1.4. Quatrième composante_____ 21

4.1.1.5. Cinquième composante_____ 21

4.1.1.6. Sixième composante_____ 21

4.1.2. Elaboration des groupements écologiques_____ 21

4.1.2.1. Les groupements élémentaires____ 22

4.1.2.2. Essais de synthèse des groupements élémentaires___ 26

4.2. L'analyse floristique_____ 29

4.2.1. Introduction_____ 29

4.2.2. Les composantes_____ 29

4.3. Comparaison des méthodes floristiques et écologiques____ 31

4.3.1. Espèce dans l'espace écologique_____ 31

4.3.2. Groupement floristique n° 1_____ 31

4.3.3. Groupement floristique n° 2_____ 32

4.3.4. Groupement floristique n° 3_____ 32

4.3.5. Groupement floristique n° 4_____ 33

4.3.6. Groupement floristique n° 5_____ 33

4.3.7. Groupement floristique n° 6_____ 34

4.3.8. Conclusion_____ 34

4.4. Synthèse générale_____ 35

4.4.1. Géologie - Géomorphologie_____ 35

4.4.2. Types de peuplements_____ 35

4.4.3. Quelques exemples des principaux types de stations 36

4.4.3.1. Groupe floristique n° 1_____ 36

4.4.3.2. Groupement floristique n° 2_____ 37

4.4.3.3. Groupement floristique n° 3 positif 38

4.4.3.4. Groupement floristique n° 3 négatif 39

4.4.3.5. Groupement floristique n° 4 positif 40

4.4.3.6. Groupement floristique n° 4 négatif 41

.../...

4.4.3.7. Groupement floristique n° 5 positif 42
4.4.3.8. Groupement floristique n° 5 négatif 43
4.4.3.9. Groupement floristique n° 6 44
4.5. Flore et caractéristiques chimiques du sol 46
4.5.1. Introduction 46
4.5.2. Echantillonnage 46
4.5.3. Espèces et caractéristiques chimiques du sol 49
4.5.4. Groupes floristiques et caractéristiques chimiques du sol 49
4.5.5. Résultats 50
4.5.5.1. Méthode visuelle 50
4.5.5.2. Analyse canonique 58
4.5.5.2.1. Première analyse 58
4.5.5.2.2. Deuxième analyse 59
4.5.5.3. Conclusion 61
4.5.6. Estimation de la fertilité 61
4.5.6.1. Le Chêne 62
4.5.6.2. Le Hêtre 62

V/ DISCUSSION - CONCLUSIONS 64
5.1. L'échantillonnage 64

5.2. Les analyses 64
5.2.1. Résultats 64
5.2.2. Perspectives 65
5.2.2.1. Quant aux méthodes 65
5.2.2.2. Quant aux résultats 65

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 67

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

Dans le département des Vosges (1), l'étage géologique du Rhétien est essentiellement une zone forestière, et pose de sérieux problèmes aux gestionnaires qui en ont la charge ; malgré une apparente unité sur le plan géologique, on y constate, à le parcourir, une très grande hétérogénéité dans la composition floristique de ses forêts.

Les buts que nous poursuivrons dans cette étude seront essentiellement les suivants :

a) - faire un inventaire des différents types de peuplements forestiers que l'on peut rencontrer sur cet étage, en analysant leur composition, leur structure, leur fertilité. Il fournira au gestionnaire des données écologiques sûres et précises qui devraient être, à l'avenir, à la base d'un aménagement rationnel de ces forêts.

b) - apporter notre contribution à la mise au point d'une méthode simple et rapide qui permette de déterminer la valeur indicatrice de la végétation quant aux conditions écologiques. Elle aidera le forestier à préciser avec une objectivité accrue la vocation de ses stations, et pourra fournir un approche de leurs potentialités de production.

c) - apporter des précisions sur l'autécologie des espèces indicatrices les plus intéressantes.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons utilisé et amélioré un ensemble de méthodes en cours d'élaboration au Laboratoire de Botanique du Centre National de Recherches Forestières (en liaison étroite avec la Station de Biométrie du C.N.R.F.).

.../...

---

(1) On trouve le Rhétien également en Moselle et en Meurthe-et-Moselle ; il y forme une ligne, plus ou moins continue, de buttes qui s'étend vers le Nord jusqu'au Luxembourg et au-delà. Au Sud de Lamarche, en Haute-Marne, le Rhétien prend une ampleur considérable et forme la roche-mère des sols sur près de la moitié de la surface du département.

I - GENERALITES

I.I. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le Rhétien, dans le département des Vosges, est représenté par une série de plateaux, croupes et buttes disposés en un arc de cercle de 70 Km, limité au Nord par le village de Madégney et au Sud par le bourg de Lamarche (schéma n° 1 A).

Dans la zone ainsi définie, on compte environ 12 000 ha de forêts, dont 10 000 sont sur l'étage du Rhétien et 2 000 sur celui du Keuper. Toute la partie Nord de la zone comporte des massifs de faible superficie, situés en général sur de petits plateaux et des monticules, séparés les uns des autres par des prairies. Les parties centrales et méridionales sont constituées par de gros massifs de près de 2 000 ha, allongés dans le sens NE.SO, séparés les uns des autres au niveau des vallées du Vair, de l'Anger et du Mouzon.

1.2. GEOLOGIE

L'appartenance du Rhétien au Trias ou au Lias fut longtemps discutée. Actuellement, on s'accorde à le placer dans le Trias supérieur. Cet étage est représenté principalement par des grès dits "grès infraliasiques du Rhétien". En fait, nous le verrons plus loin, ce faciès gréseux se rencontre relativement rarement sur le terrain.

La bibliographie n'est pas très riche sur la stratigraphie de cet étage en Lorraine. Cependant, tous les auteurs qui s'y sont intéressés tombent d'accord sur sa grande hétérogénéité (tableaux n° 1 et 2). On y trouve en effet : du grès à ciment argileux, du grès à ciment calcaire, des conglomérats, des schistes, des argiles vertes ou bleues. Tous ces matériaux ne sont pas constants d'un endroit à l'autre : parfois, c'est le faciès grèseux qui domine, parfois le faciès schisteux. JOLY (1908) explique cette hétérogénéité en écrivant "le Rhétien est une formation littorale, et de mer peu profonde, où les courants étaient très nombreux et variables, où les apports de terre ferme, peu éloignée, étaient considérables et inégalement répartis". Notre étude nous a effectivement permis de constater cette hétérogénéité dans le substrat qui, par ailleurs, s'est avérée être à l'origine de la grande diversité des types de stations.

1.3. CLIMAT

Le climat de cette zone se rattache au type vosgien de SANSON, dont les caractéristiques générales sont les suivantes :

.../...

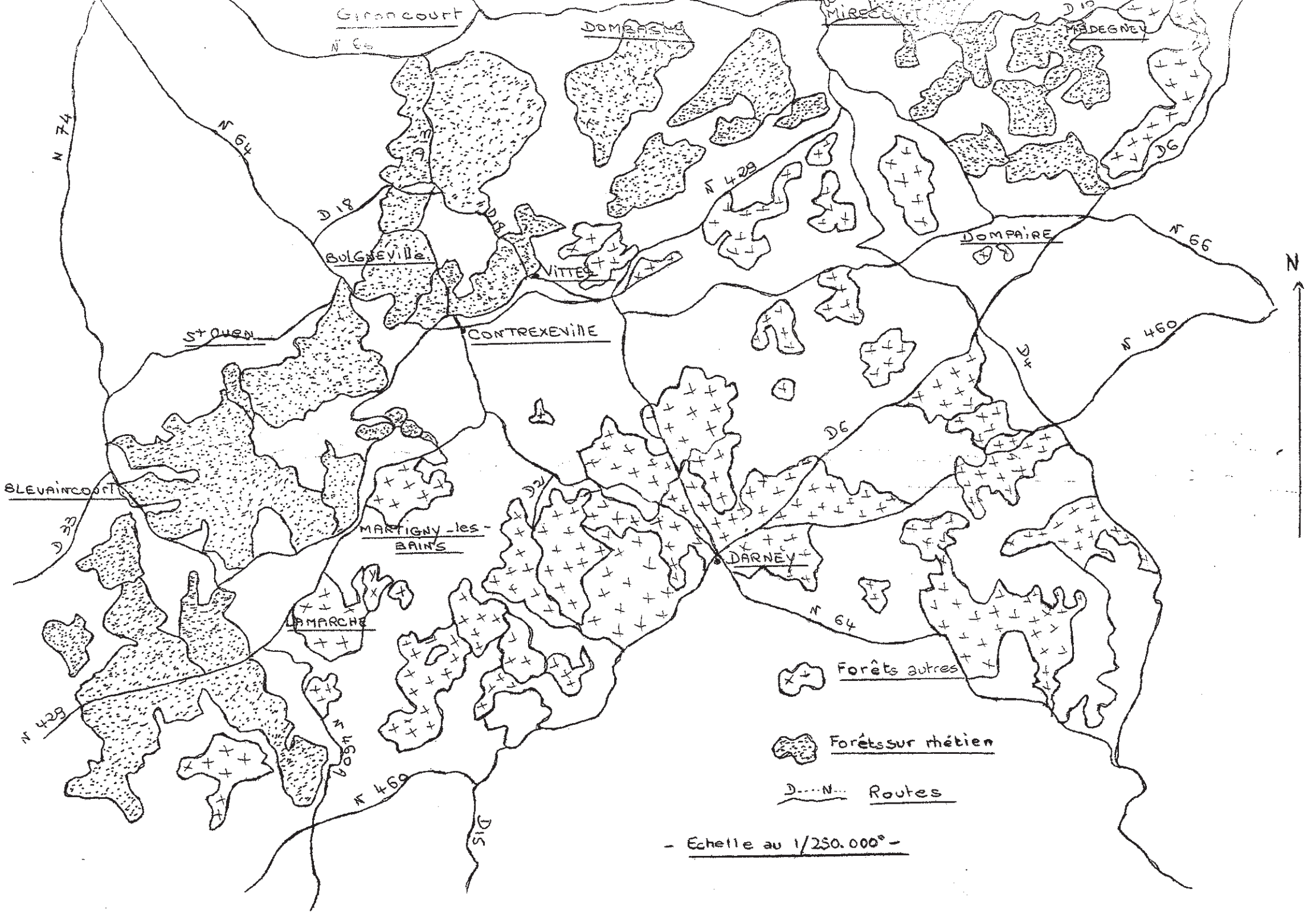

Girancourt
N 66
DOMBASLE
MIRECOURT
MÉDEGNEY
D 18
N 74
N 64
D 18
D 18
N 429
D6
BULGNÉVILLE
VITTEL
DOMPAIRE
N 66
N
ST OUEN
CONTREXEVILLE
N 460
D6
D6
BLEVAINCOURT
D 33
D 21
MARTIGNY-les-BAINS
DARNEY
LAMARCHE
N 64
N 429
N 460
N 460
D 15
Forêts autres
Forêts sur rhétien
D---N--- Routes
- Echelle au 1/250.000e -

TABLEAU N° 1

Coupes dans le "Grès infraliasique" à Saint-Nicolas de Port (Meurthe-et-Moselle)

---

64 - Puits n° 1 - d'après MAUBEUGE - Thèse de Géologie - 1955.

248.81			
248.36	0.45	0.45	Terre végétale.
247.71	0.65	1.10	Argile compacte brune et verte, légèrement sableuse.
246.59	1.12	2.22	Argile compacte vert clair dans laquelle apparaissent des rognons de grès blanc.
246.37	0.22	2.44	Grès tendre argileux fin de couleur ocreuse.
245.77	0.60	3.04	Grès tendre à grains impalpables à peine teinté verdâtre.
245.59	0.18	3.22	Grès dur ocreux avec filons bleuâtres.
245.03	0.56	3.78	Marne à taches ocreuses et marne verdâtre avec rognon de grès.
244.67	0.36	4.14	Grès ocreux tendre tombant en poussière impalpable avec rognons durs.
243.79	0.88	5.02	Grès fin tendre vert clair avec quelques taches de rouille.
243.22	0.57	5.59	Grès verdâtre avec de nombreuses taches de rouille.
243.11	0.11	5.70	Grès tendre couleur rouille.
242.37	0.74	6.44	Grès dur très fin vert tendre et bleuâtre.
242.11	0.26	6.70	Grès dur jaune-brun légèrement micacé.
241.87	0.24	6.94	Grès gris-brun donnant un sable pur à petits grains.
241.64	0.23	7.17	Grès dur jaune-brun légèrement micacé.
241.38	0.26	7.43	Marne vert clair légèrement sableuse.
240.79	0.59	8.02	Grès tendre de couleur ocre donnant du sable pur à petits grains.
239.84	0.95	8.97	Grès fin tendre légèrement verdâtre.
239.28	0.56	9.53	Grès très dur compact gris-clair à cassure esquilleuse contenant quelques cailloux roulés blancs.
238.43	0.85	10.38	Grès tendre légèrement verdâtre.
238.26	0.17	10.55	Grès tendre de couleur ocre donnant du sable pur à petits grains.
238.09	0.17	10.72	Sable gris-blanc à petits grains.
237.81	0.28	11.00	Sable couleur ocre à grains moyens.
237.63	0.18	11.18	Poudingue compact et très dur gris-clair avec petits cailloux blancs.
Eau			Sable gris-jaunâtre clair à gros grains.

TABLEAU N° 2

66 - Puits n° 3 -

237.20	0.50	0.50	Terre végétale.
232.27	4.93	5.43	Argile jaune-brun sableuse.
231.92	0.35	5.78	Grès gris-brun clair tendre, mélangé d'argile grise et de sable blanc.
230.61	1.31	7.09	Glaise jaune-brun fortement sableuse.
230.11	0.50	7.59	Glaise grise mélangée de cailloux roulés de quartz de 0.02.
228.56	1.55	9.14	Sable jaune et gravier quartzeux blanc.
227.69	0.87	10.01	Glaise schisteuse verte et violette.
224.50	3.19	13.20	Marne blanche, légèrement verdâtre onctueuse.
223.30	1.20	14.40	Argile compacte, rouge-violacé clair.
221.60	1.70	16.10	Schiste argileux rouge-violacé clair.
221.20	0.40	16.50	Argile compacte dure blanc-violacé.
218.70	2.50	19.00	Schiste argileux rouge-brun.
218.40	0.30	19.30	Grès compact à grain fin grisâtre légèrement marneux.

67 - Puits n° 4 -

5.74	0.20	0.20	Terre végétale.
244.14	1.60	1.80	Argile sableuse micacée jaune et verte.
241.14	3.00	4.80	Sable fin rugueux jaune-brun.
240.64	0.50	5.30	Grès très fin verdâtre mélangé d'humus.
239.72	0.92	6.22	Grès friable très fin avec lits imperceptibles de marne verte.
238.76	0.96	7.18	Glaise verte compacte - venue d'eau.
Eau			
238.72	0.04	7.22	Filon de 0,04 de grès tendre gris clair avec petits cailloux roulés.
237.44	1.28	8.50	Glaise verte et jaune rouille mélangée de grès vert.

=-=-=-=-=

. température moyenne annuelle : 9 à 10°C
. température moyenne des mois d'hiver : 0°C
. température moyenne des mois d'été : 19°C
. précipitations annuelles : 750 à 800 mm répartis sur 160 à 180 jours.

On voit que les chiffres obtenus à Mirecourt (tableau n° 3) tombent dans ces fourchettes.

La carte des précipitations jointe en annexe (planche n° 1 d'après C. RENAUD - 1967) met en évidence une zone un peu plus arrosée au centre de la région étudiée : elle correspond sensiblement aux forêts de la Voivre. On observe également une bonne répartition de ces précipitations au long de l'année.

En ce qui concerne les températures, certains aménagements forestiers nous ont appris qu'elles diminuent de 1°C à 2°C de Mirecourt à Lamarche.

De plus, comme les forêts dominent d'environ 100 m les vallées environnantes (où sont installés les postes météorologiques), on peut admettre également 0°5C de moins qu'à Mirecourt.

La répartition des jours de gelée semblent être gênante : les forestiers ont constaté assez fréquemment des gelées tardives qui compromettaient les régénérations (gelées au moment de la floraison). Ils en sont venus à ne guère compter que sur une glandée tous les dix ans et une faînée tous les cinq ans. Les mêmes gelées tardives de printemps causent aussi des dégâts non négligeables aux jeunes plantations résineuses, surtout quand il s'agit de Sapin pectiné.

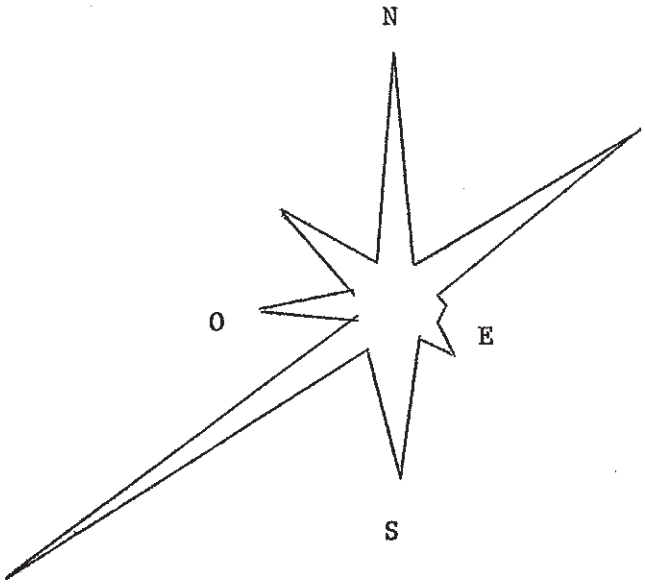


Figure N° 1

Les vents, assez fréquents, sont rarement violents. Ce sont en général des vents du S.SO. (45 %) ou du NO.N.NE (35 %) (fig. 1).

.../...

Normales des pluies

Stations \ Mois	Alt.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Lamarche	360	55	44	53	53	64	84	77	69	66	89	74	62	788
Contrexéville	350	58	47	58	56	70	80	82	69	70	94	79	71	834
Bulgnéville	345	51	43	51	46	65	75	70	68	62	80	67	65	743
Vittel	338	58	49	58	54	67	77	77	67	68	89	75	70	809
Parey-sous-Montfort	380	62	54	61	56	71	81	80	70	72	93	79	74	853
Mirecourt	297	51	46	52	49	65	75	75	64	65	78	67	61	748

Données climatiques du poste de Mirecourt

Données \ Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Nbre moyen de jours de pluie	14	12	12	13	13	12	12	13	12	14	15	15	157
Normales des températures	0.1	2.0	4.5	9.1	12.8	16.4	18.6	18.1	14.8	9.8	4.8	0.9	9.3
Nbre de jours de brouillard	7	4	4	1	2	2	1	4	7	8	5	6	51
E.T.P. Turc	0.3	10.0	28.0	58.0	84.1	104.8	109.2	96.4	67.8	33.5	12.9	2.5	607.5
E.T.P. Thornthwaite	0.1	6.4	20.2	48.7	81.3	108.2	125.0	111.4	76.3	43.1	16.4	2.3	639.4
Bilan hydrique Turc	+50.7	+36.0	+24.0	-9.0	-19.1	-29.8	-34.2	-32.4	-2.8	+44.5	+54.1	+58.5	
Bilan hydrique Thornthwaite	+50.9	+39.6	+31.8	+0.3	-16.3	-33.2	-50.0	-47.4	-11.3	+34.9	+50.6	+58.7	

Période déficitaire. ////

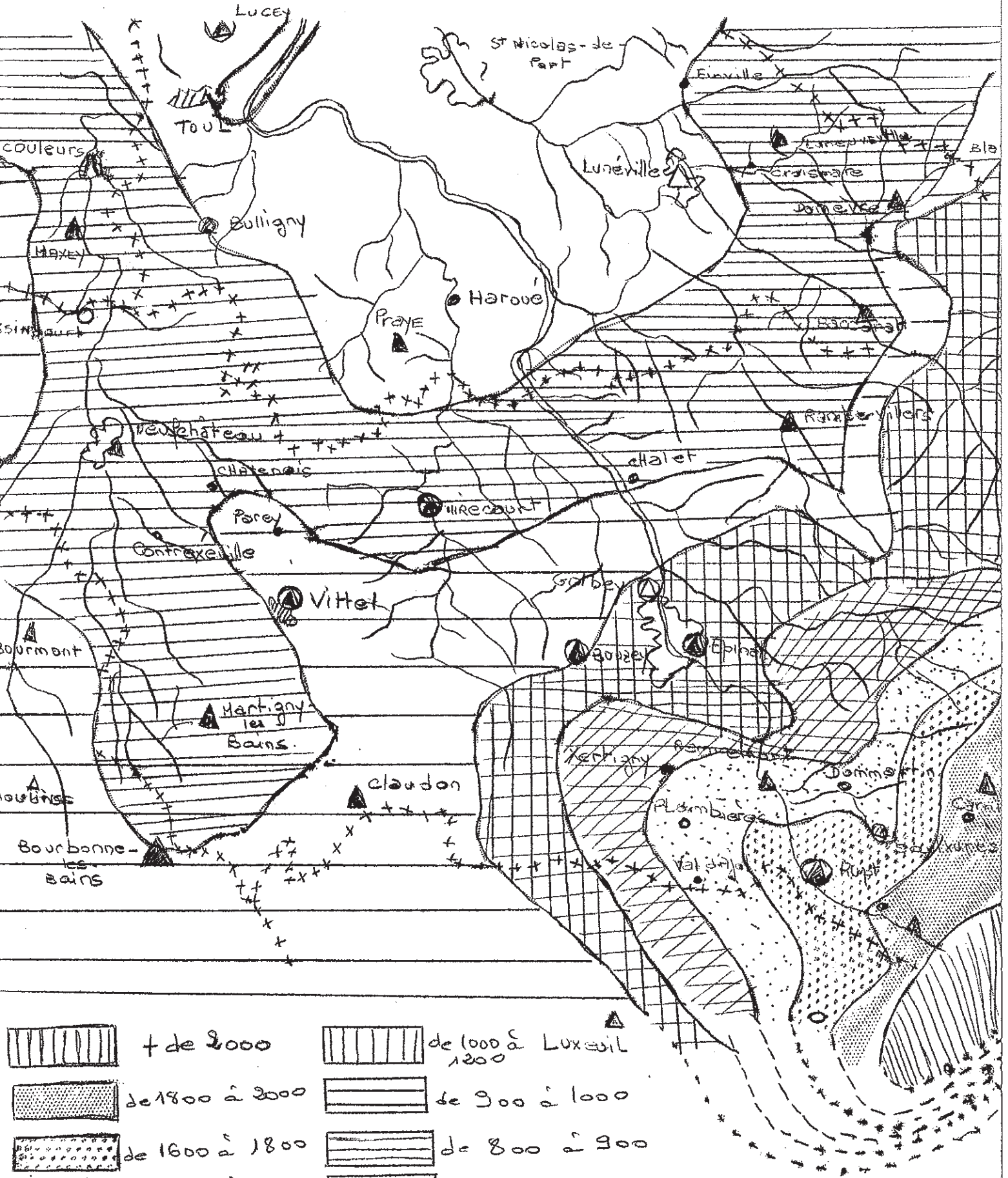


planche 1

carte des Précipitations

Enfin, nous avons calculé l'ETP (Evapo-Transpiration-Potentielle) selon deux méthodes (résultats au tableau n° 3) :

- Celle de TURC :

$$ETP\ (mn/mois) = 0.40 \frac{t}{t + 15} (Ig + 50)$$

où t = température moyenne du mois (à Mirecourt).

$Ig = IgA\ (0.18 + 0.62 \frac{h}{H})$ - IgA étant la radiation solaire maximale théorique du mois (Tables d'ANGOT) en cal/cm^2/jour.

H = moyenne théorique en heures de la durée astronomique du jour.

h = moyenne observée de l'insolation en heures (à Epinal)/jour.

- Celle de THORNTHWAITE :

$$ETP\ (cm/mois) = Ct^a = 1,6\ (10 \frac{t}{I})^a$$

où t = température moyenne mensuelle en °C (Mirecourt)

$a = \frac{1,6}{100} i + 0.5$

$I = \sum_{1}^{12} i$ $\qquad i = (\frac{t}{5})^{1.514}$

I est donc l'indice thermique annuel égal à la somme des indices thermiques mensuels (i).

Les deux méthodes donnent des résultats comparables mois par mois et pratiquement identiques quant au déficit hydrique théorique, puisque toutes deux mettent en évidence une période déficitaire en Août-Septembre (pour ce calcul, on a admis que la réserve en eau du sol, au moment où l'ETP dépasse la pluviométrie, était de 100 mm). En fait, il est probable que sur sol limoneux ou argileux, le déficit hydrique réel n'excède pas un mois par an.

Une étude récente (G. AUSSENAC, J. PARDE - 1969) semble montrer que la forêt modifie peu ou pas le climat local (au moins dans le cas des forêts feuillues du N.E. de la France). Les différences observées portent :

- sur la pluviosité : augmentation d'environ 2 %
  (mais diminution de ce qui parvient effectivement au sol).
- sur les températures : maxima diminués de 1°
  minima augmentés de 1°

La forêt, sans modifier le climat local, joue un rôle de tampon climatique.

1.4. HISTORIQUE - AVENIR

Aucun des deux Centres de Gestion de l'Office National des Forêts, dont dépendent ces forêts sur Rhétien, n'est très riche en documents qui

.../...

permettraient d'en retracer un historique précis. Nous avons pu cependant lire quelques vieux aménagements, datant du milieu du 18° siècle, qui étaient plus des inventaires des forêts communales que de véritables aménagements. Les principaux objectifs des forestiers de l'époque étaient les suivants :

- établir un plan d'abornement de la forêt,
- cantonner et réduire le pâturage,
- réglementer l'exploitation des forêts (mise en place du quart en réserve).

En fait, l'histoire de ces forêts est celle de beaucoup de forêts communales de France, surtout dans le Nord-Est. Façonnées par une conjoncture économique qui leur était écologiquement défavorable (revenu constant d'une année sur l'autre - indirectement, droit d'affouage), elles sont pratiquement toutes actuellement encore traitées en "Taillis-sous-futaie", souvent, il faut le reconnaître, en voie de conversion.

On aborde là un problème grave pour les gestionnaires actuels ; ils ont à gérer des unités d'une superficie extrêmement faible (souvent moins de 100 ha, le minimum viable étant estimé à 300 ha) où les investissements à longue échéance (tant en bois sur pied qu'en travaux) sont pratiquement impossibles pour des communes souvent pauvres et qui ont besoin de la forêt pour vivre. Or, la conversion en futaie, naturelle ou artificielle, nécessite ces investissements : elle est donc souvent impossible, au moins dans l'état actuel des choses.

Le présent travail devrait être utile au gestionnaire dans la mesure où il lui fournira des critères simples lui permettant,

- d'une part, de définir plus objectivement la vocation forestière de chaque type de station,
- d'autre part, d'évaluer la fertilité et donc les potentialités de ces stations.

Un regroupement ultérieur des forêts communales serait alors rendu possible, chaque commune ayant un revenu fonction de son capital estimé (1).

1.5. FACTEURS BIOTIQUES

Ils sont peu importants :

. Dans leur état actuel, ces forêts sont d'un attrait touristique très faible : elles sont difficiles d'accès. De plus, elles sont éloignées des grandes agglomérations (2) et leur réseau routier est inexistant.

.../...

---

(1) Ce groupement semble pouvoir être réalisé dans le cadre du décret du 30 décembre 1954 sur les "groupements forestiers". Tout moyen d'appréciation de la qualité et de la potentialité du fonds par l'étude des stations pourra rendre les meilleurs services pour estimer la part du revenu futur de chaque commune.

(2) Proximité cependant des stations thermales de Vittel et Contrexéville, très fréquentées au moment des cures, à la belle saison.

Il faut cependant signaler, tout au Sud de cette zone, la forêt domaniale de Morimond qui a été aménagée dans un but touristique (itinéraires balisés).

. Les documents manquent, pour se faire une idée précise de la faune. Nous avons rencontré de nombreuses traces (chevreuils - sangliers - chats sauvages - renards - lapins et lièvres) sans jamais observer de dégâts importants pouvant leur être imputés.

Enfin, la faune des petits rongeurs semble être très abondante (nombreux terriers). Il leur est parfois imputé une réduction non négligeable des semis de hêtre par consommation des faînes.

.../...

II - L E T R A V A I L S U R L E T E R R A I N

2.1. PRELIMINAIRES - L'ECHANTILLONNAGE

2.1.1. Généralités

Deux techniques d'investigation pouvaient, *a priori*, être envisagées.

. La première, celle traditionnellement utilisée par les phytosociologues, consiste à parcourir le terrain d'une façon aussi systématique que possible, et à ne faire d'observations que lorsque l'on pense être sur une station floristiquement homogène. L'inconvénient majeur de cette méthode réside dans ce qu'elle nécessite une grande expérience. La notion d'homogénéité est en effet très subjective et, dans la pratique, difficile à saisir pour un débutant.

D'autre part, cette façon d'opérer est peu compatible avec une bonne interprétation statistique des données recueillies.

. La deuxième méthode (il s'agit de celle que nous avons utilisée) consiste en un échantillonnage au hasard, préparé sur couverture photographique aérienne, des emplacements où seront faites les observations. (Dans tout ce qui suit, ces emplacements seront appelés "points relevés" ou, plus simplement "relevés" Nous voyons deux avantages à cette méthode :

- d'abord on peut espérer, avec un nombre suffisamment important de relevés, explorer tous les types de stations susceptibles d'exister dans les 10.000 ha étudiés,

- enfin, ayant en vue un traitement statistique des données recueillies, cet échantillonnage au hasard est bien plus satisfaisant dans son principe et doit être beaucoup plus fécond (si le nombre de relevés est suffisant) qu'un échantillonnage plus orienté ; celui-ci laisserait de côté les zones de transition floristiquement mal caractérisées alors que l'étude de ces zones peut être très importante pour comprendre et préciser la distribution des espèces.

2.1.2. Obtention des points-relevés

Nous avons procédé en deux temps :

- A partir de la couverture aérienne (échelle : environ 1/25 000°), nous avons sélectionné les types de peuplements que nous voulions explorer. Nous avons éliminé :

+ les peuplements de résineux : ils ne sont pas naturels dans cette région,

+ les peuplements trop jeunes ou trop clairs. L'étude de ces deux types de peuplements doit être faite séparément.

.../...

En effet, chaque grand type de peuplement, où l'une des variables écologiques est modifiée très profondément, mérite un traitement particulier : nous pensons par la suite compléter la présente étude des vieux peuplements de feuillus par celle des peuplements résineux et celle des zones très jeunes.

- Ces divers types de peuplements occupant environ 3 000 ha, il restait donc 7 000 ha. En accord avec la Station de Biométrie, nous nous sommes déterminés pour environ 250 relevés, chiffre qui est un compromis entre un certain souci de rentabilité (l'étude de terrain doit pouvoir se faire durant une saison de végétation) et les exigences du traitement statistique. Nous avons en fait repéré 300 points sur la couverture aérienne afin de compenser une inévitable perte d'échantillons-points due au fait que certaines parcelles ont pu être exploitées depuis la mission photographique.

Nous avions donc alors à déterminer au hasard un point tous les 25 ha. Ces points ont été obtenus en plaçant sur les photos aériennes une grille à mailles carrées, déterminant ainsi un point relevé à chaque sommet de carré. Pour plus de commodité, ces emplacements ont été ensuite reportés sur une carte au 1/25.000°, plus facile d'emploi sur le terrain.

2.2. TRAVAIL DE TERRAIN

2.2.1. Présentation

Etant données les difficultés d'accès de beaucoup de points-relevés, nous avons préféré préparer nos itinéraires à l'avance. Les distances à parcourir, mesurées sur la carte, ont été reportées sur une fiche de tournée d'un jour (une fiche peut comporter de six à neuf relevés, suivant la saison, les difficultés d'accès et de temps). Sur le terrain, les orientations ont été prises à la boussole et les distances mesurées au pas (étalonné au préalable).

2.2.2. Composition du relevé

(Voir planches n° 2 et n° 3).

2.2.2.1. Renseignements généraux

Altitude : déterminée sur la carte
Pente : mesurée en degrés (dendromètre BLUM LEISS)
Eclairement relatif au sol : apprécié à l'oeil
Position topographique : observée sur le terrain
Exposition : mesurée en degrés à la boussole.

2.2.2.2. Renseignements relatifs au sol

Il est utile de préciser que deux techniques ont été utilisées pour l'étude des sols.

.../...

C.N.R.F.

Laboratoire de Recherches
de la Chaire de Botanique
forestière

Planche N° 2

Relevé n° 109

Auteur : *PICARD*

Date : *8/5/1969*

Etude : *Rhétien*

Forêt communale de : *Saint-Ouen-les-Parey*

Parcelle : *14*

Chêne	Hauteur	Circonférence	Couple de torsion		Hauteur	Circonférence	Couple de torsion
I				Hêtre I	*27 m*	*1,87 m*	*200*
II				II	*26 m*	*2,27 m*	*230*
Divers							

Altitude : *394 m*

Position topographique : *plateau*

Pente : *2°*

Exposition : *250°*

Eclairement relatif au sol : *0 %*

PEDOLOGIE

Type d'humus : *Mor - sur 3 cm.*

r.	Prof.	Couleur	Texture	Cailloux	Structure	HCl	pH	Tassement	Observations
1	0-10 m	*10 YR 3/2*	*Sl*	*qq. uns petits*	*développement moyen à faible*	*0*	*3,2*	*moyen*	*Feutrage de racines. Micropodzolisation de surface*
	10-65 cm	*10 YR 6/8*	*S*	*qq. graviers*	*développement très faible à nul*	*0*	*4,0*	*moyen*	*Forte densité de racines, toutes dimensions. Limite inférieure nette.*
	65 cm	*marmorisé*	*AS*	*rares*	*développement moyen. Polyedres 1 cm*	*0*	*3,8*	*fort*	*Hydromorphie bien développée.*

Planche N° 3 Relevé n° 109

ANALYSE DE LA VEGETATION

Stratification

Type du peuplement : *taillis-sous-futaie converti* Age du peuplement : *tous*
Strate arborescente : *100 %* Strate arbustive : *30 %*
Strate herbacée : *55 %* Strate muscinale : *15 %*

Nom des espèces	Abondance	Nom des espèces	Abondance	Observations
Strate arborescente (SI)				
Fagus silvatica	5	*Lonicera periclymenum*	1	*Pteridium aquilinum :*
Betula verrucosa	1	*Hedera helix*	1	
Quercus sessiliflora	+	*Convalaria maialis*	+	*Luzula albida* 30 cm.
		Carex pilulifera	+	*à épiaison*
		Rubus sp.	+	
Strate arbustive (SII)				
Fagus silvatica	2			*Taillis-sous-futaie vieilli où il ne reste pratiquement plus que la futaie.*
Rhamnus frangula	2			
Sorbus aucuparia	1			
Ilex aquifolium	+			
Strate herbacée (SIII)		Strate muscinale (SIV)		
Deschampsia flexuosa	3			
Molinia coerulea	2	*Polytrichum formosum*	1	
Maïanthemum bifolium	2	*Rhitidiadelphus tricheter*		
Pteridium aquilinum	2	*Dicranum scoparium*	+	
Luzula albida	2			
Fagus silvatica	2			
	1			
	1			
	+			

Pour les cent premiers relevés, nous avons fait une fosse de 50 à 60 cm de profondeur complétée par un sondage à la tarière pédologique. Pour les cent trente derniers, nous avons simplement fait des sondages à la tarière pédologique, l'expérience acquise antérieurement grâce aux fosses nous semblant suffisante pour nous permettre de mesurer par cette technique les principales composantes du profil. Le gain considérable de temps permis par cette technique justifie son utilisation, bien qu'elle nous ait fait perdre une (faible) partie de l'information relative à la structure des horizons profonds et au tassement.

Type d'humus : observé sur le terrain,

Couleur de chaque horizon : caractérisée avec le code de MUNSELL (1

- Texture de chaque horizon : appréciée sur le terrain, et déterminée au laboratoire par une analyse granulomètrique (méthode de la pipette de ROBINSON). Cette analyse a été faite sur deux horizons du profil à partir d'échantillons prélevés sur le terrain.

Horizon I : en général, l'horizon A_2
en cas d'impossibilité (profils AC) le A/C
Horizon II : en général l'horizon B (ou Bg)
en cas d'impossibilité le (B)C, ou pas de prélèvement.

- L'humidité a été déterminée par séchage à l'étuve à 105°, la matière organique par cuisson au four pendant une heure à 700°. (Une correction a été faite en fonction du taux d'argile : on a admis qu'elles perdaient, par cette méthode, 10 % de leur poids en eau de constitution).

- Cailloux et structure : appréciations à l'oeil.

- pH : deux techniques ont été utilisées, toutes deux étant vérifiées au laboratoire.

. la première : trousse de terrain de la maison HELLIGE ; elle permet, en principe, d'apprécier le pH à 0,5 unité près.

. la deuxième : pH mètre électrique portatif (pH mètre CORNING - Agro-sonde INGOLD), disponible en cours d'étude ; sa précision est bien meilleure (0,2 unité).

- Tassement : apprécié au début dans la fosse, à la fin par la difficulté de pénétration de la tarière.

2.2.2.3. Renseignements relatifs à la végétation

La méthode utilisée pour le relevé phytosociologique est celle mise au point par l'école Züricho-Montpellieraine. Sur une surface où la flore peut être considérée comme homogène (en principe, en forêt, 100 m^2 correspondent assez bien à la notion d'aire minimale), on procède à l'inventaire floristique de chacune

...

(1) MUNSELL - Soils color charts.

des quatre strates (arborescente - arbustive - herbacée - muscinale).(1)

2.2.2.4. Renseignements relatifs à la fertilité

Ont été mesurés :

. la hauteur de deux arbres dominants (un Chêne et un Hêtre) par station, au dendromètre Blum-Leiss,

. la circonférence à 1,30 m.

En même temps que l'on prélevait une carotte, dans chacun des arbres choisis, on a mesuré à l'aide d'une clef dynamomètrique spéciale le couple à appliquer à la tarière (dite tarière de PRESSLER) pour la faire pénétrer dans le bois. D'après les études en cours à la Station sur la Qualité des Bois du C.N.R.F. (H. POLGE, R. KELLER), cette mesure donne une idée assez précise de la qualité du bois. Sur la carotte, on a mesuré l'accroissement en trente ans (période de rotation du taillis-sous-futaie).

.../...

---

(1) Les noms des espèces ont été pris dans la Flore de FOURNIER. On trouvera à la fin de l'ouvrage la liste des espèces avec les noms d'auteurs.

III. LA METHODE STATISTIQUE

3.1. PRESENTATION - RAISONS DU CHOIX

Trois études analogues à celle-ci ont déjà été effectuées par les chercheurs du laboratoire (AUSSENAC G. et BECKER M., 1968 - BECKER M., 1968 - TIMBAL J., 1968) sur deux massifs de l'Est de la France et sur la forêt domaniale de Villers-Côtterets. pour ces trois études, deux méthodes d'analyse avaient été utilisées :

- la méthode des groupes écologiques statistiques de GOUNOT,
- une méthode purement mathématique élaborée en liaison étroite avec la Station de Biométrie du C.N.R.F.

Entre autres conclusions, on peut lire dans le second travail : "Il semble désormais acquis que la méthode des groupes écologiques statistiques n'est pas la mieux adaptée à ce type d'étude... Les méthodes mathématiques utilisées, bien qu'elles semblent encore largement perfectibles, apparaissent dès maintenant extrêmement intéressantes".

Nous n'avons donc utilisé que la méthode mathématique, avec certaines adaptations visant à l'améliorer. Elle présente en effet les avantages suivants :

- objectivité à tous les niveaux,
- mise en oeuvre rapide, grâce à l'emploi de calculateurs électroniques (dans le cas présent, ordinateur I.B.M. 1130),
- traitement d'un grand nombre de relevés, comportant beaucoup de plantes et de nombreuses données écologiques.

3.2. EXPOSE DE LA METHODE

Nous allons, dans ce paragraphe, exposer la démarche concrète suivie dans les différentes analyses successives, sans donner le détail du calcul mathématique qui n'est pas de notre ressort. Pour cette partie purement mathématique, on pourra se reporter aux ouvrages cités en bibliographie (ANDERSON, 1964 - DAGNELIE, 1960 - HARMAN, 1964 - KENDALL, 1961).

On peut le décomposer en deux parties dont les cheminements sont distincts, ainsi que les données, mais qui participent toutes deux à l'élaboration des résultats :

- l'analyse purement floristique,
- l'analyse écologique.

.../...

3.2.1. Analyse purement floristique

La première analyse a porté uniquement sur la flore. A partir des 224 relevés et de 125 des espèces rencontrées (nous avons éliminé les espèces présentes dans moins de quatre relevés : fréquence relative inférieure à 1,7 %), il a été établi une matrice de coefficients de similarité de JACCARD :

$$Fij = \frac{Mes\ (i \cap j)}{Mes\ (i + j)}$$

où j est l'ensemble des relevés où l'espèce j est présente et
où i est l'ensemble des relevés où l'espèce i est présente.

Une analyse en composantes principales a été faite à partir de la matrice ainsi obtenue. Le but de cette analyse est de simplifier l'hyper-espace initial à 125 dimensions défini par les 125 espèces (toutes plus ou moins liées entre elles) en un nouvel espace à n' (n' très inférieur à 125) dimensions (les composantes principales), non corrélées entre elles (1). Chaque espèce participe pour une part à l'élaboration de chaque composante mais avec une intensité qui varie d'une composante à l'autre et d'une espèce à l'autre.

On observe alors un tri des espèces le long de chaque composante : le résultat de ce tri est le reflet de leurs affinités sociologiques, donc de conditions écologiques particulières.

En pratique, ces premiers résultats sont peu utilisables en ce sens que l'analyse en composantes principales seule ne permet pas de voir ce deuxième espace défini par les composantes sous son "éclairage" optimum. On pratique alors une rotation dans cet espace réduit (deuxième changement d'axes). Le degré de participation des espèces dans l'élaboration des composantes est alors modifié. Une limite dictée par la méthode mathématique nous permet de déterminer quelles sont celles que l'on peut objectivement retenir comme caractéristiques de la composante.

On peut enfin faire un essai de classification des plantes. En fait, et nous le verrons plus loin, on ne dispose pas encore d'une méthode satisfaisante et nous avons été contraint d'utiliser directement les résultats de l'analyse.

.../...

---

(1) En fait, ceci est trop schématique. Expliquons :

L'espace initial à 125 dimensions est transformé en un nouvel espace à n dimensions ou n = 125. Mais, et c'est là que réside l'intérêt de la méthode, l'information contenue dans l'espace de départ à 125 dimensions se trouve "condensée" dans les n' premières dimensions du nouvel espace, où n' $\ll$ n.

3.2.2. L'analyse écologique

3.2.2.1. Présentation

Nous avons vu (§ 2.2.2.) les facteurs notés dans chaque relevé. Pour pouvoir être pris en compte lors de l'analyse en composantes principales, ils sont soumis à deux contraintes :

. ils doivent obligatoirement être ordonnés (1),

. ils doivent autant que possible être quantifiés.

L'utilisation de classes dans l'expression de ces facteurs implique une variation discontinue, donc la perte d'une partie de l'information par manque de transition : bien que nous ayons été contraint de les utiliser pour certains facteurs (tableau 4), ce procédé doit être évité dans ce type d'analyse.

C'est en partie pour l'éviter que, dans cette étude, nous avons prélevé sur le terrain un échantillon de chacun des horizons du sol de chaque station pour en faire l'analyse granulométrique au laboratoire. L'analyse a par ailleurs l'avantage d'éliminer le risque de biais introduit par celui qui détermine la texture d'un horizon uniquement au toucher.

C'est aussi parce qu'ils ne répondaient pas au premier critère que nous n'avons pu faire entrer en ligne de compte les facteurs couleur et structure.

3.2.2.2. L'analyse

Parallèlement à l'analyse floristique, une analyse à partir des données écologiques a été effectuée.

Chaque relevé comporte un certain nombre de données écologiques sur lesquelles on fait une analyse en composantes principales (2). Cette analyse "condense" (3) les facteurs initiaux en composantes écologiques (combinaisons linéaires de tous ces facteurs) dans lesquels chacun des facteurs initiaux est représenté, mais avec une intensité variable selon le facteur et selon la composante. Enfin, ces composantes ne sont pas corrélées entre elles et sont ordonnées : la première est celle qui participe le plus à la variation, la seconde un peu moins, et ainsi de suite.

Tous les relevés ont leur place dans le nouvel espace ainsi défini. Considérons maintenant une espèce A : présente dans un certain nombre de relevés, elle se matérialise dans l'espace des composantes par un nuage de points

.../...

---

(1) Nous entendons par "ordonné" le fait que pour un relevé, la note attribuée au facteur le situe exactement sur le gradient écologique qui s'y rapporte.

(2) L'analyse se fait à partir d'une matrice de coefficients de corrélation simples. Elle est mathématiquement identique à celle effectuée sur les données floristiques.

(3) Même remarque qu'au 3.2.1.

Tableau N° 4

CLASSES DE LA CODIFICATION ECOLOGIQUE -

POSITION TOPOGRAPHIQUE

Plateau	1
Sommet de butte	2
Rebord de plateau	3
Pente de vallon (sommet)	4
Pente de vallon (mi-pente)	5
Pente de vallon (bas)	6

EXPOSITION

344-10	1
10°-32° et 322°-344°	2
32°-54° et 300°-322°	3
54°-76° et 288°-300°	4
76°-98° et 256°-288°	5
98°-120 et 234°-256°	6
120°-142 et 212°-234°	7
142°-164 et 190°-212°	8
164°-190°	9

TYPE D'HUMUS

Crypto-mull	1
à	2
Mull	3
à	4
Mull acide	5
à	6
Moder	7
à	8
Mor	9

CAILLOUX

Aucun	1
Un peu	2
Moyen	3
Beaucoup	4

TASSEMENT

Très faible	1
à	2
Faible	3
à	4
Moyen	5
à	6
Fort	7

LIMITE D'APPARITION DE L'HYDROMORPHIE

Pas d'hydromorphie	0
40 et plus	1
35-40	2
30-35	3
25-30	4
20-25	5
15-20	6
10-15	7
5-10	8
0-5	9

dont on calcule le centre de gravité. On peut alors construire des diagrammes où les axes sont les composantes prises deux à deux et où toutes les espèces ont leur place.

Cette analyse permet donc de définir les exigences écologiques de chaque espèce mais aussi de regrouper les espèces de même "spectre écologique". Ce regroupement peut se faire par différentes méthodes de classification dont la représentation graphique est un "dendrogramme" mettant en évidence des noyaux d'espèces interprétables écologiquement.

.../...

IV. L E S R E S U L T A T S

4.1. ANALYSE ECOLOGIQUE

4.1.1. Interprétation des composantes (1)

tableau n° 5

On a extrait par l'analyse six composantes ayant une valeur propre supérieure à 1 (c'est-à-dire dont le degré de participation à la variation est supérieur à celui d'un des facteurs initiaux).

4.1.1.1. Première composante

Elle absorbe plus du tiers de la variation totale. Ce sont les pH qui y participent essentiellement, liés au type d'humus et à la texture. On peut aussi observer une liaison de moindre importance avec le tassement et le recouvrement de la strate muscinale.

Pour les valeurs faibles de cette composante, on a donc une station où :

les pH sont élevés (supérieurs à 5,5), l'humus du type cryptomull ou mull, la texture argileuse, le tassement élevé. Enfin, la strate muscinale y est peu abondante.

Cette composante semble mettre en évidence le premier type géo-morphologique du Rhétien : le type argileux.

4.1.1.2. Deuxième composante

Elle n'absorbe plus que 12,0 % de la variation totale. Elle concerne l'hydromorphie liée à la texture.

Pour ses valeurs élevées, on aura :

- un horizon B proche de la surface,
- corrélativement, une hydromorphie plus ou moins superficielle et un tassement élevé,
- une texture limono-argileuse, de toute façon pas du tout sableuse.

Cette composante semble mettre en évidence le deuxième type géomorphologique du Rhétien : le type limoneux.

.../...

---

(1) Les variables écologiques sont centrées sur leurs moyennes. Pour une meilleure interprétation des composantes, il est utile de se référer à elles.

TABLEAU n° 5

TABLEAU DES COMPOSANTES PRINCIPALES

Facteur écologique	Moyenne	1e C.P.	2e C.P.	3e C.P.	4e C.P.	5e C.P.	6e C.P.
Altitude	402 m						++++
Pente	3,4°			------			
Eclairement relatif au sol	2,5 %				----		++
Position topographique	EEN et OON			------			
Exposition	Rebord plateau						
Type d'humus	Mull	+++				+	+
Prof. de la discontinuité texturale	40,0 cm		------				
Cailloux	un peu			-			++++
pH A_1	4,6	------					
pH A_2	4,4	------					
pH B	4,6	------					
Tassement	Faible à moyen	-	+++		-		
Limite d'apparition de l'hydromorphie	35-40 cm		+++++				
Recouvrement S I	90 %				+++++		
Recouvrement S II	65 %		+			-	---
Recouvrement S III	67 %						
Recouvrement S IV	15 %	-	++				
Sables grossiers	8,7 %					++++	
Sables fins	31,0 %		----				
Limons grossiers	11,2 %	+				------	
Limons fins	25,1 %		++++			-	
Argiles	21,5 %	---	++				
Importance en %		23,4	12,0	7,0	6,3	6,1	5,7

Nota : Le nombre de signes (+ ou -) indique le degré de participation du facteur à la formation de chaque composante.

4.1.1.3. Troisième composante

Elle absorbe 7,0 % de la variation totale. Elle fait intervenir essentiellement la pente et la position topographique, facteurs naturellement liés ; elle est d'une interprétation biologique plus difficile.

On peut cependant donner un sens à cette composante. Elle est en relation directe avec l'éclairement "potentiel". Si on regarde le code utilisé pour l'analyse écologique (tableau n° 4), on constate que l'on y a opposé les plateaux aux vallons. Or, un plateau est susceptible de recevoir la lumière du soleil durant toute la journée et, plus on descend le long des pentes d'un vallon, plus la période durant laquelle le soleil peut lui faire parvenir son rayonnement direct est faible.

Il est donc logique de penser que les espèces sciaphiles répondront de façon négative à cette composante.

4.1.1.4. Quatrième composante

Elle absorbe 6,3 % de la variation totale.

Y prennent part : le recouvrement de la strate arborescente, l'éclairement relatif au sol et, dans une moindre mesure, le tassement.

Une valeur élevée de cette composante indique donc une zone où le recouvrement de la strate arborescente est fort et l'éclairement relatif au sol faible.

4.1.1.5. Cinquième composante

Elle absorbe encore 6,1 % de la variation. C'est une composante "texture".

Pour des valeurs fortement positives, on aura des stations où les sables grossiers dominent au détriment des limons (surtout grossiers), où l'humus est du type moder-mor, et où la strate arbustive est peu importante.

Cette composante semble mettre en évidence le troisième type géomorphologique du Rhétien : le type sableux.

4.1.1.6. Sixième composante

Elle n'absorbe que 5,7 % de la variation totale.

On y trouve essentiellement l'altitude et la proportion de cailloux. Cette composante semble donc sans intérêt biologique. On constate effectivement que les espèces y sont indifférentes. Mais -c'est une propriété mathématique intéressante de la méthode- elle ne risque pas de perturber la classification.

4.1.2. Elaboration des groupements écologiques

Nous avons utilisé deux méthodes de classification :

.../...

La méthode de ROUX (1968), faisant appel aux distances ultramétriques, n'a pas répondu à notre attente, en ce sens qu'elle n'a pu élaborer que deux groupes d'espèces :

- les espèces acidiphiles,
- les espèces neutro-basophiles.

Nous avons alors pratiqué, sur le groupe des acidiphiles seules, une deuxième classification à l'aide de la méthode de VAN DEN DRIESSCHE (1965), qui fait appel aux distances mathématiques généralisées D^2 de MAHALANOBIS.

Cette méthode permet, après plusieurs regroupements successifs (ici cinq), de construire un "dendrogramme" (voir en annexe).

Avant d'aller plus loin, il nous paraît utile de préciser ce que représente cette image qu'est le dendrogramme. La représentation que l'on en donne sur un plan est inexacte : les distances, calculées à partir des points représentatifs des espèces dans l'espace des composantes principales, devraient être matérialisées dans l'espace : le dendrogramme n'est qu'une représentation géométrique plane d'un phénomène spatial. Il comporte donc obligatoirement des inexactitudes qui sont d'autant plus importantes que le niveau de ramification est plus élevé. Nous commenterons ce dendrogramme en partant des plus petites unités interprétables : ce que nous appelons plus loin les groupements élémentaires.

4.1.2.1. Les groupements élémentaires

voir dendrogramme en annexe - Figures 1-2-3-4
Tableau n° 6

- Groupement n° 1

Fagus silvatica $S_I + S_{II}$, *Lonicera periclymenum*, *Luzula albida*, *Quercus sessiliflora* $S_I + S_{II}$, *Fagus silvatica* S_{III}, *Quercus sessiliflora* S_{III}.

Ce groupement reste toujours parfaitement homogène dans les graphiques des composantes principales. Il caractérise des stations où l'éclairement relatif est faible et les sols plutôt sablo-limoneux, à pH moyennement acide, peu tassés, pas ou peu hydromorphes.

- Groupement n° 2

Il est scindé en deux :

2.1. *Carpinus betulus* $S_{II} + S_{III}$, *Deschampsia coespitosa*, *Rubus* sp., *Hedera helix*, *Anemone nemorosa*.

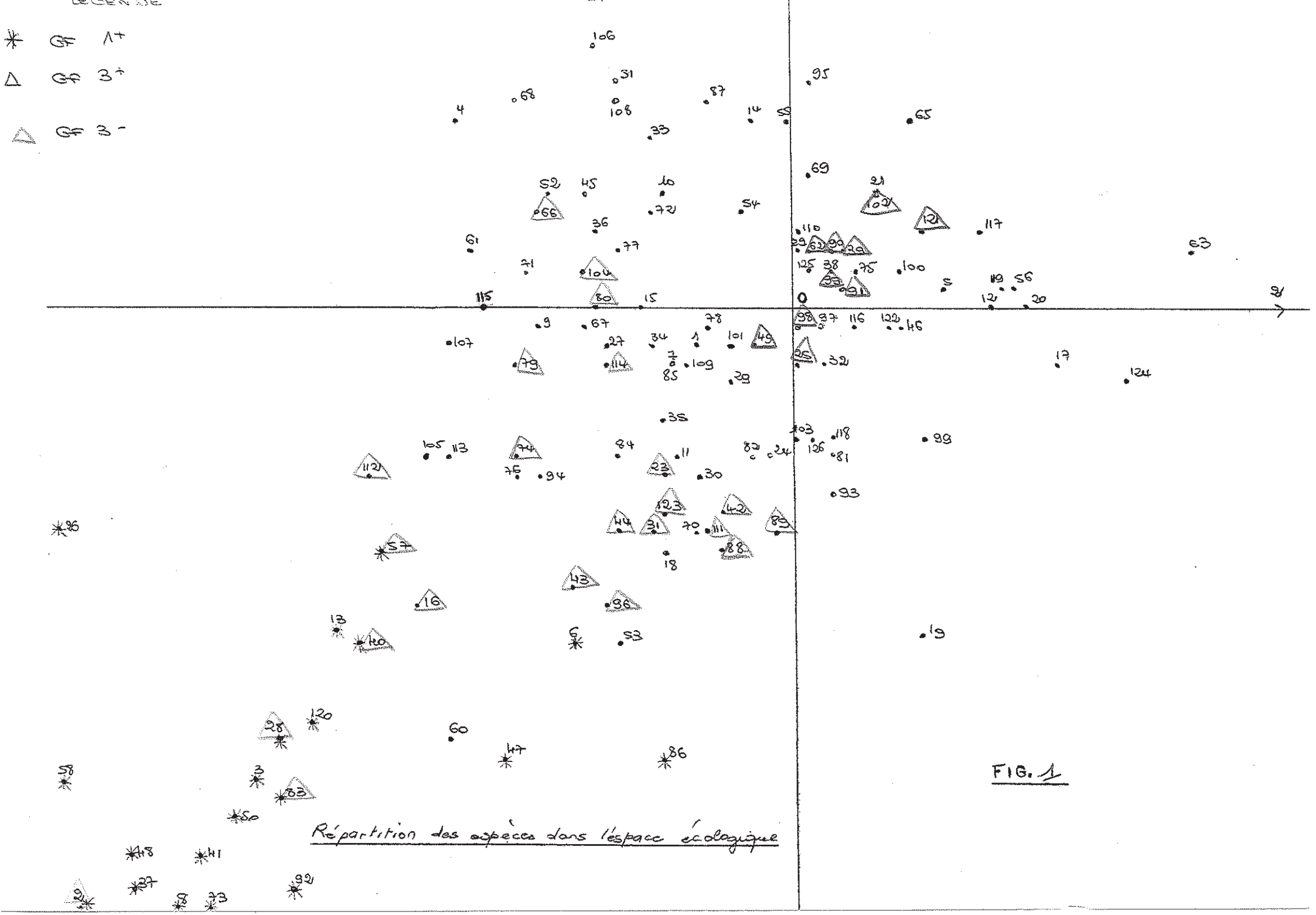
Groupement proche du précédent. Il s'en différencie essentiellement, sur le plan édaphique, par un pH systématiquement plus élevé, un tassement plus marqué, une tolérance à une certaine forme d'hydromorphie.

.../...

TABLEAU N° 6

DISTANCES INTER-GROUPEMENTS ECOLOGIQUES AU DEUXIEME PASSAGE

1	4																		
2	5I	3I																	
3	428	242	54																
4	I2I	90	365	76															
5	25	90	547	II6	0														
6	36	I46	663	205	32	0													
7	162	3I6	IOI4	285	90	85	37												
8	346	506	I274	383	237	245	100	67											
9	44	125	530	238	71	57	205	449	0										
10	33	87	459	153	51	54	184	334	60	0									
11	390	237	111	315	484	587	892	1137	471	434	109								
12	221	119	181	212	259	367	587	832	299	270	215	115							
13	105	124	449	248	117	154	316	566	116	120	494	184	0						
14	189	238	649	312	137	188	268	501	158	192	566	275	128	0					
15	1377	1008	372	1136	1539	1747	2233	2505	1539	1396	461	743	1372	1528	173				
16	674	452	3I0	437	694	907	1107	1302	815	744	290	3I3	675	697	563	287			
17	1496	1146	473	1276	1738	1901	244I	274I	1655	1567	497	1029	1700	1976	285	8I9	0		
18	1638	1203	572	1252	1786	2071	2487	2705	1948	1777	762	908	1612	1973	369	624	525	0	
19	208	2I0	580	126	172	240	256	226	370	181	528	394	395	425	1364	670	1597	1547	0
20	183	196	359	439	294	273	395	97I	I37	225	380	267	I85	325	1164	809	1256	1611	673	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20



Répartition des espèces dans l'espace écologique

FIG. 1

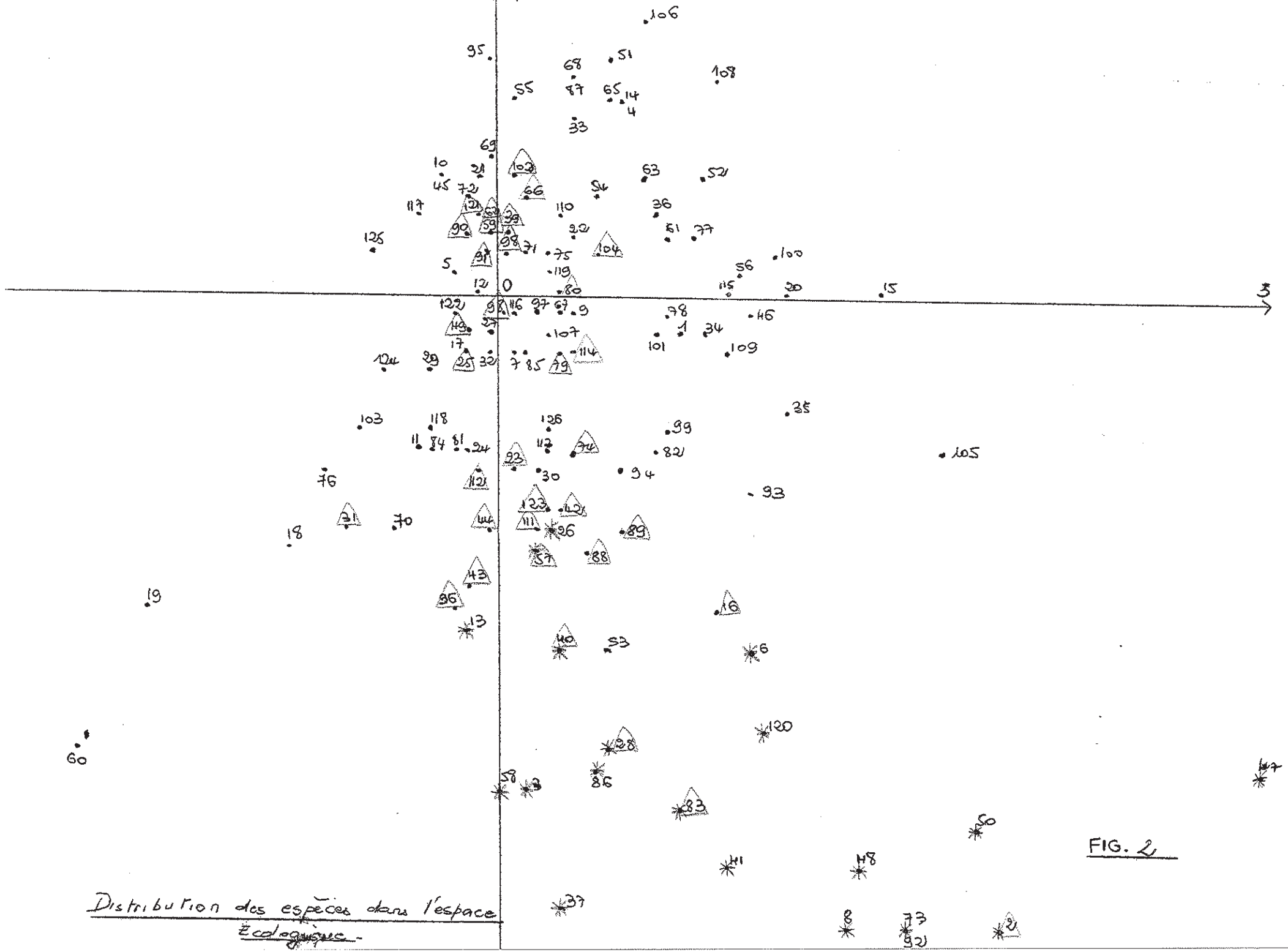
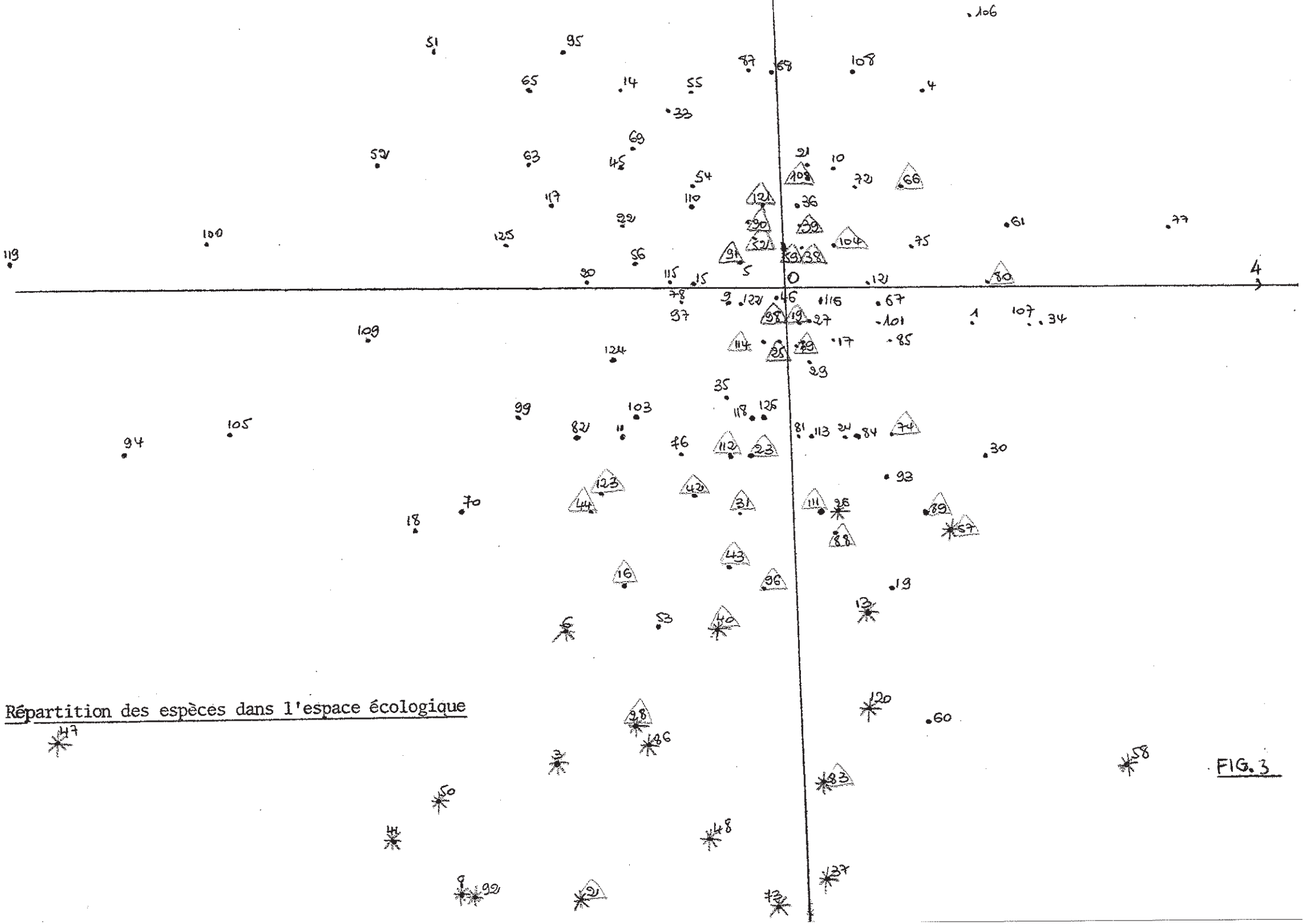


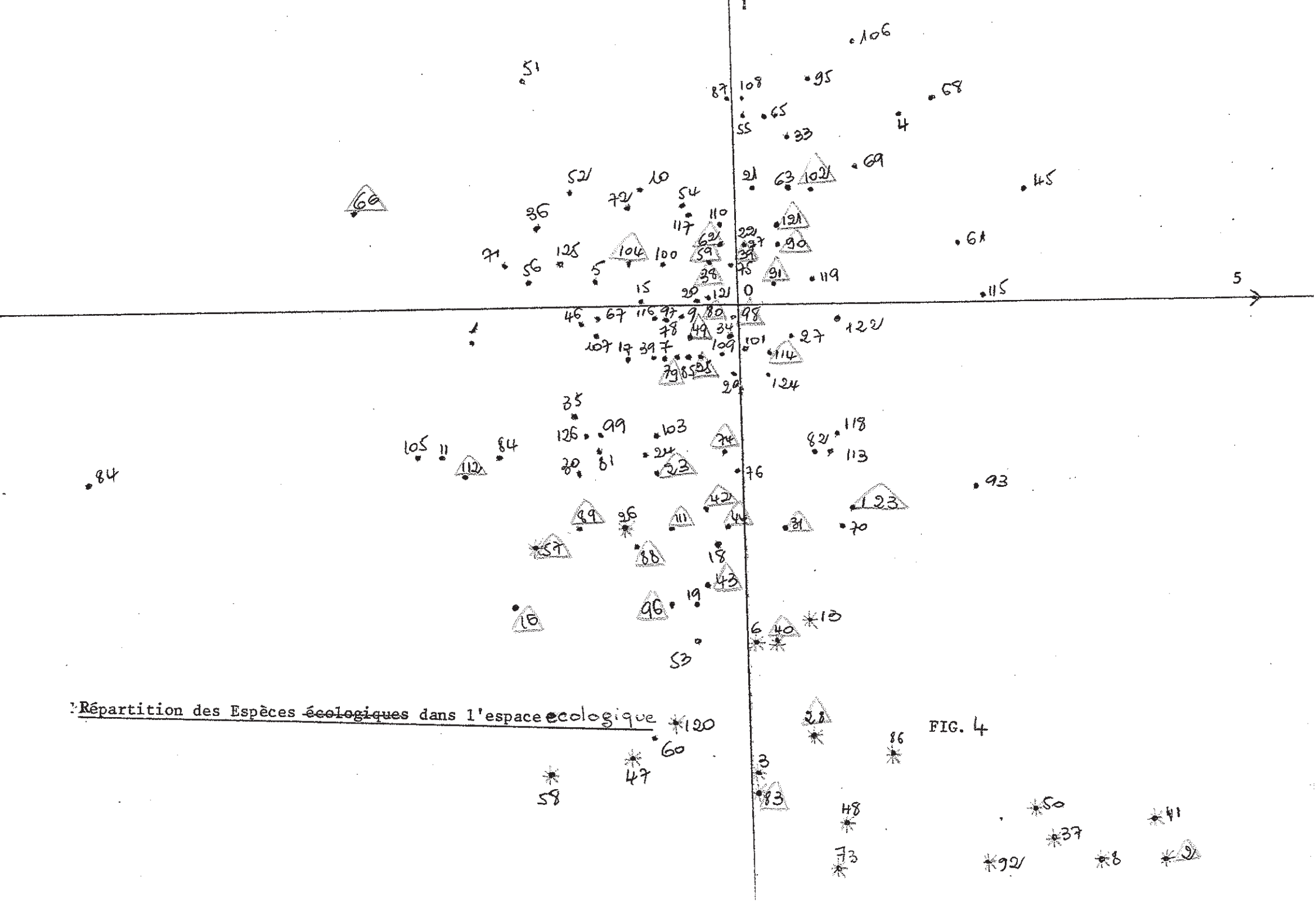
FIG. 2

Distribution des espèces dans l'espace écologique.



Répartition des espèces dans l'espace écologique

FIG. 3



Répartition des Espèces ~~écologiques~~ dans l'espace écologique

FIG. 4

2.2. *Rubus idaeus, Poa nemoralis, Scrofularia nodosa, Epilobium angustifolium.*

Ces espèces restent groupées avec les précédentes sauf pour les composantes faisant intervenir la lumière. On peut les interpréter comme les espèces héliophiles du groupement 2 : ces espèces sont d'ailleurs temporaires dans les trouées du groupement à Charme et à Canche coespiteuse.

- Groupement n° 3

Carpinus betulus S_I, *Crataegus monogyna, Carex silvatica Fragaria vesca, Crataegus oxyacantha, Rosa canina, Fraxinus excelsior* $S_I + S_{II}$, *Viburnum opulus, Quercus pedunculata* $S_I + S_{II}$, *Quercus pedunculata* S_{III}.

pH supérieurs à 5,0, humus du type mull à cryptomull, sol en général bien drainé, mais bien pourvu en eau, sol limono-argileux à argileux, éclairement variable selon les espèces, mais restant proche de la moyenne.

- Groupement n° 4

Lathyrus montanus, Stellaria holostea, Melica uniflora, Hieracium murorum, Euphorbia amygdaloïdes, Polystichum filix mas, Milium effusum, Asperula odorata, Polygonatum multiflorum, Viola silvestris.

Espèces de mull à mull acide, sol brun à brun lessivé, limoneux à limono-sableux, tassement faible, éclairement très variable.

- Groupement n° 5

Veronica officinalis, Hypericum pulchrum, Carex polyrrhiza.

Ces espèces sont surtout proches des plantes des groupements 1 et 6, sauf toutefois pour la composante n° 4. On peut donc les interpréter comme les héliophiles des sols sablo-limoneux.

- Groupement n° 6

Sorbus aucuparia, Molinia coerulea, Polytrichum formosum.

Proche des groupements 1 et 2 d'une part, mais aussi du 9 et du 10. Ce sont donc des plantes de sols moyennement acides mais tolérant l'hydromorphie (groupements 9 et 10) et préférant les sols sableux.

- Groupement n° 7

Melampyrum pratense, Rhamnus frangula, Calluna vulgaris, Ilex aquifolium, Pteridium aquilinum.

Proche des groupements 6 et 5. Ce sont essentiellement des héliophytes de sols à pH acides, sableux (grossiers), et plus ou moins hydromorphes.

- Groupement n° 8

Maianthemum bifolium, Teucrium scorodonia, Vaccinium myrtillus, Meehringia trinervia.

.../...

Proche du groupement 7. Héliophytes de sols très acides, jamais hydromorphes, sur sables grossiers.

- Groupement n° 9

Dicranum scoparium, Agrostis sp.

Il appartient à la même série que les groupements 1 - 5 - 6 - 10. Mais l'acidification y est moins marquée, et l'hydromorphie très nette ; texture sablo-limoneuse, héliophilie moyenne.

- Groupement n° 10

Picea excelsa.

Cette espèce n'étant pas naturelle dans la région considérée, l'interprétation des composantes est sans objet. Toutefois, il est intéressant de remarquer que l'analyse a su déceler la nature particulière de cette espèce, et l'isoler.

- Groupement n° 11

Pirus communis, Phyteuma spicatum, Carex glauca, Stachys officinalis.

Proche du groupement n° 3. Il s'en distingue par une hydromorphie plus marquée, un caractère plus nettement héliophile ; ce sont aussi des espèces de sols plutôt argilo-limoneux.

- Groupement n° 12

Salix caprea, Populus tremula, Veronica chamaedrys, Epilobium montanum.

Proche des groupements 2 - 3 et 13, donc des groupements de sols limoneux à limono-argileux, où l'acidité n'est pas trop marquée, plutôt hydromorphes ; caractère héliophile net ; optimum sur plateau. Ce sont surtout des espèces de clairières.

- Groupement n° 13

Juncus sp., *Galium palustre, Carex pallescens.*

Proche des groupements d'héliophytes.

Sols moyennement acides, limoneux, tassés, très hydromorphes ; optimum sur plateau. Ce sont, comme les espèces du groupement 12, des héliophytes de zones déboisées (du groupement 1).

.../...

- Groupement n° 14

Sambucus racemosa.

Proche des groupements d'héliophytes surtout, ainsi que du groupement 1. Ce serait donc un héliophyte de ce groupement mais avec des tendances nettes pour une texture sableuse.

- Groupement n° 15

Cornus sanguinea, Ficaria verna, Prunus spinosa.

Groupement peu homogène (distance interne grande) ; le groupement le moins éloigné est le 17. Ces espèces se trouvent sur des sols argileux à très argileux, à pH voisin de 6,0, non hydromorphes. Tendance à l'héliophilie chez *Prunus spinosa.*

- Groupement n° 16

Vicia sepium, Cardamine pratensis, Lamium galeobdolon, Circaea lutetiana, Ranunculus repens, Taraxacum officinale.

Groupement hétérogène ; il est possible de le subdiviser en 2 sous-groupements :

16.1 *Vicia sepium, Cardamine pratensis, Lamium galeobdolon, Circea lutetiana.*

Quand on descend au niveau de regroupement inférieur, on s'aperçoit que ces espèces sont très proches des espèces non calcicoles des groupements 3 et 15. Ce sont des plantes de sol brun à brun lessivé, où le pH est relativement élevé, la texture argilo-limoneuse.

16.2 *Taraxacum officinale, Ranunculus repens.*

Au niveau de regroupement inférieur, ces plantes sont proches des mêmes espèces que le groupement 16.1 On constate cependant une proximité plus grande avec de nombreux héliophytes, ce qui se vérifie à l'analyse des diagrammes. Leur exigence vis-à-vis de la lumière, très proche de celle du Sureau, les localise plutôt dans les trouées.

- Groupement n° 17

Lonicera xylosteum.

Il semble très éloigné de tous les autres groupements. C'est une plante de sol argileux, riche, à pH élevé. Pas du tout héliophile, ni nettement sciaphile, on la trouve surtout sur les pentes de vallons.

- Groupement n° 18

Mnium undulatum.

Les groupements les plus proches sont les n° 15, 16 et 17. Mêmes tendances que *Lonicera xylosteum,* en plus accusées.

.../...

- Groupement n° 19

Lotus uliginosus.

Plante de sols moyennement acides, moyennement hydromorphes et limoneux. Héliophyte. Cette espèce a été peu fréquemment rencontrée.

- Groupement n° 20

Thuidium tamariscifolium.

C'est un héliophyte des terrains acides très hydromorphes, sablo-limoneux. On le trouve surtout en taillis-sous-futaie clair.

4.1.2.2. Essais de synthèse des groupements élémentaires

tableaux n° 7 - 8 et 9.

Il est possible de constituer, à partir des groupements élémentaires (G.e.), cinq groupements écologiques (G.E.) bien définis : le tableau n° 7 donne une représentation très schématique des regroupements. (Seules, les positions relatives importent - les distances représentées sont évidemment inexactes).

- Groupement écologique n° 1 (tableau 8)

Formé des G.e. 7-8-9-6, le G.e. 6 étant un groupe de transition. C'est le groupe des plantes de sols podzoliques, avec une texture sableuse (grossière et fine), des pH inférieurs à 4,0 et un humus du type moder - mor.

- Groupement écologique n° 2 (tableau 8)

Constitué des G.e. 1-2-5-10, à la limite du 14. C'est le groupement de la hêtraie-chênaie acidiphile, à sol limono-sableux, où le pH est voisin de 4,5 et l'humus du type moder.

- Groupement écologique n° 3 (tableau 9)

G.e. 4-12-13 et 19.

Les espèces de ce groupe se trouvent sur des sols limoneux à limono-sableux, relativement riches, où le pH est compris entre 4,5 et 5,0, avec un humus du type mull à mull acide.

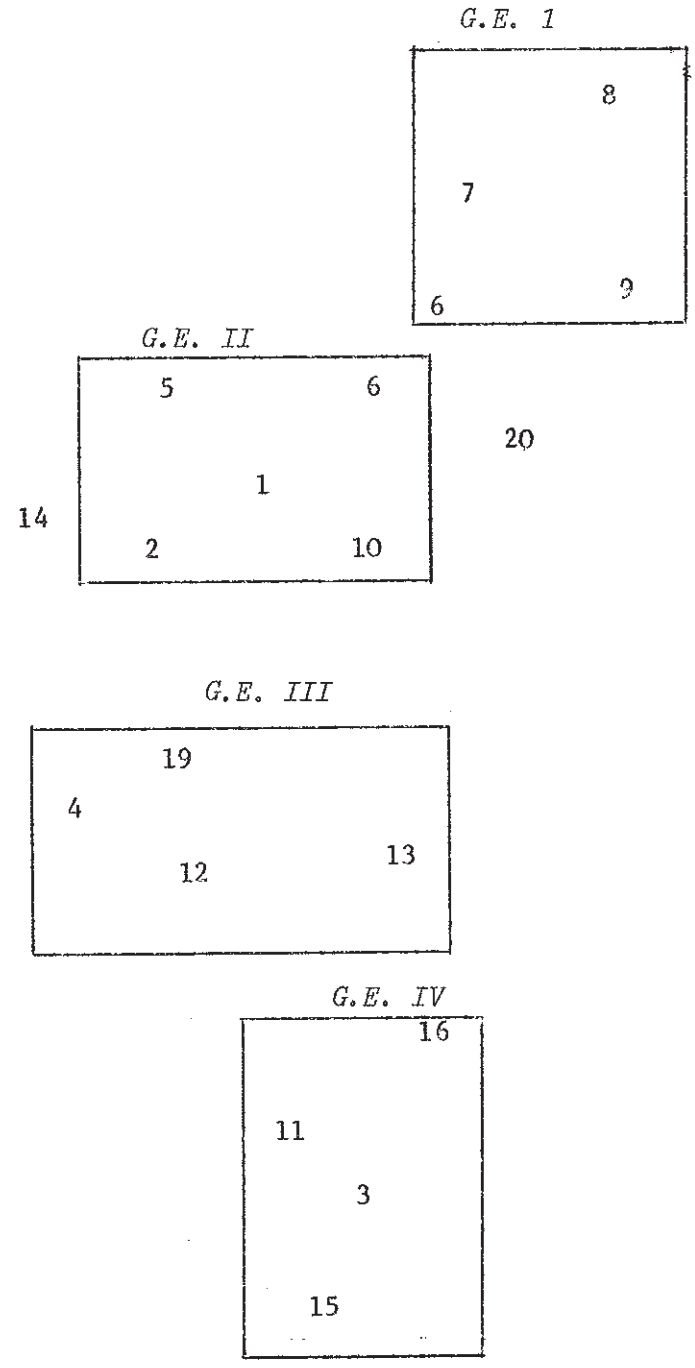
- Groupement écologique n° 4 (tableau 9)

G.e. 3-11-15 et 16.

C'est le groupe de la chênaie pédonculée sur sol argilo-limoneux. Les pH du sol y sont en général supérieurs à 5,0, l'humus du type crypto-mull à mull.

.../...

TABLEAU N° 7



Synthèse des groupements élémentaires - Positions relatives

Tableau n° 8

Groupement écologique n° 1	Groupement écologique n° 2
Dicranum scoparium	*Fagus silvatica* $S_I + S_{II}$
Agrostis sp.	*Fagus silvatica* S_{III}
Melampyrum pratense	*Quercus sessiliflora* $S_I + S_{II}$
Rhamnus frangula	*Quercus sessiliflora* S_{III}
Calluna vulgaris	*Lonicera periclymenum*
Ilex aquifolium	*Luzula albida*
Pteridium aquilinum	*Carpinus betulus* $S_{II} + S_{III}$
Deschampsia flexuosa	*Deschampsia coespitosa*
Maïanthemum bifolium	*Rubus* sp.
Teucrium scorodonia	*Hedera helix*
Vaccinium myrtillus	*Anemone nemorosa*
Moehringia trinervia	*Rubus idaeus*
Sorbus aucuparia	*Poa nemoralis*
Polytrichum formosum	*Scrofularia nodosa*
	Epilobium angustifolium
	Molinia coerulea
	Picea excelsa

GROUPEMENTS ECOLOGIQUES

Tableau n° 9

Groupement écologique n° 3	Groupement écologique n° 4
Lathyrus montanus	*Carpinus betulus* S_I
Stellaria holostea	*Crataegus monogyna*
Melica uniflora	*Carex silvatica*
Hieracium murorum	*Fragaria vesca*
Euphorbia amygdaloïdes	*Crataegus oxyacantha*
Polystichum filix mas	*Rosa canina*
Milium effusum	*Fraxinus excelsior* $S_I + S_{II}$
Asperula odorata	*Viburnum opulus*
Polygonatum multiflorum	*Quercus pedunculata* $S_I + S_{II}$
Viola silvestris	*Quercus pedunculata* S_{III}
Salix caprea	*Pirus communis*
Populus tremula	*Phyteuma spicatum*
Veronica chamaedrys	*Carex glauca*
Epilobium montanum	*Stachys officinalis*
Lotus uliginosus	*Vicia sepium*
Juncus sp.	*Cardamine pratensis*
Galium palustre	*Lamium galeobdolon*
Carex pallescens	*Circaea lutetiana*
	Ranunculus repens
	Taraxacum officinale
	Cornus sanguinea
	Ficaria verna
	Prunus spinosa

Groupement écologique n° 5	Groupement écologique n° 6
Lonicera xylosteum	*Mnium undulatum*

GROUPEMENTS ECOLOGIQUES

- Groupement écologique n° 5 (tableau 9)

G.e. 17.

Constitué par la seule espèce *Lonicera xylosteum*, trop différente de toutes les autres pour qu'on puisse l'inclure dans un véritable groupe. C'est en fait la seule calcicole stricte qui apparaisse nettement, le cornouiller et le rosier, réputés comme calcicoles, apparaissent ici comme des neutro-basophiles, tolérant des pH compris entre 5 et 6.

- Groupement écologique n° 6 (tableau 9)

G.e. 18.

Une seule espèce également : *Mnium undulatum*.

C'est la seule espèce du groupe floristique n° 1 (qui ne soit pas de transition) conservée dans l'analyse. On vérifie donc bien qu'elle apparaît seule.

A cette espèce, on peut donc adjoindre toutes les espèces regroupées par la méthode des distances ultra-métriques de ROUX et que nous avions éliminées de la classification de VAN DEN DRIESSCHE (méthode ne pouvant déclasser que 80 espèces compte tenu de l'ordinateur utilisé).

La méthode de classification utilisée donne donc des résultats très satisfaisants. Nous comparerons ultérieurement ces groupements à ceux obtenus par l'analyse floristique.

4.2. L'ANALYSE FLORISTIQUE

Nous avons retenu les six premières composantes floristiques ; elles ont pu être aisément interprétées sur le plan écologique.

Interprétation des composantes :

4.2.1. Introduction

Pour cette interprétation, nous avons utilisé les diagrammes de répartition des espèces (figures 1-2-3-4) dans l'espace écologique. Nous avons dressé pour chaque groupement floristique un tableau à double entrée, avec horizontalement les composantes écologiques et verticalement les espèces. A l'intersection d'une ligne et d'une colonne, un signe matérialise la position de l'espèce sur la composante. L'homogénéité des signes d'une colonne permet d'affirmer que le groupement floristique (G.F.) caractérise cette composante.

4.2.2. Les composantes

-1ère composante (1) tableau n° 10

Le seuil de signification des espèces sur les composantes est

.../...

caractérisé par un chiffre obtenu à partir de tables et qui dépend du nombre de facteurs et du nombre de variables.

Ces espèces sont toutes caractéristiques de sols riches à pH élevé (supérieur à 6,0), argileux, avec un humus du type mull actif ; ce n'est que dans les toutes dernières plantes (donc de transition) que le caractère calcicole apparaît.

Ce groupe s'apparente au groupe des espèces "caractéristiques du Mull actif" de DUCHAUFOUR (1957).

-2ème composante tableau n° 11

Mise à part peut-être *Scrofularia nodosa*, toutes ces espèces sont, à des degrés divers, des héliophytes. Leur optimum se situe sur les plateaux.

-3ème composante

Pour la première fois avec cette composante, on voit apparaître un regroupement d'espèces pour des valeurs positives (tableau n° 12) et un autre pour des valeurs négatives sur la composante (tableau n° 13).

Le G.F. qui lui est lié positivement est le groupement de la hêtraie-chênaie à Luzule établie sur limon (ou limon sableux). Dans les graphiques de répartition des espèces dans l'espace écologique, ce groupement est toujours proche de la moyenne : les pH sont donc moyennement acides, l'hydromorphie profonde, l'humus du type mull acide ou moder et l'éclairement peu important.

Quant au G.F. qui lui est lié négativement, il est constitué d'espèces neutrophiles de sols argilo-limoneux, mouilleux, où l'humus est du type crypto-mull ou mull et les pH assez élevés.

-4ème composante

Là encore, on a deux pôles de regroupement. Autour du pôle positif (tableau n° 14), on trouve des espèces caractéristiques du mull - mull acide sur sol limoneux à limono-sableux (fin), bien drainé. (Caractéristiques du Mull forestier de DUCHAUFOUR).

Autour du pôle négatif (tableau n° 15), on trouve des plantes de sols acides (humus du type moder-mor) hydromorphes.

-5ème composante

Cette composante extériorise surtout la texture. Les plantes qui lui sont liées positivement sont des plantes de sols lourds, où l'acidité est peu marquée (tableau n° 16) et l'hydromorphie assez profonde, alors que les plantes liées négativement à cette composante caractérisent des sols sableux, acides, presque toujours bien drainés (tableau n° 17). (Acidiphiles, caractéristiques des "Moder" Acide selon DUCHAUFOUR).

.../...

(1) Les numéros affectés aux groupements floristiques sont les mêmes que ceux des composantes floristiques correspondantes.

Tableau n° 10

GROUPEMENT FLORSITIQUE N° 1

N° d'espèce	Nom	Facteurs écologiques 1	2	3	4	5
48	*Glechoma hederaceum*	---	---	++	-	+
8	*Arum maculatum*	--	--	++	---	++
83	*Primula elatior*	--	---	++	---	++
73	*Paris quadrifolia*	--	---	++	-	+
50	*Hercleum sphondylium*	---	---	++	---	++
3	*Acer campestre* $S_{II} + S_{III}$	---	--	+	---	0
2	*Acer campestre* S_{I}	---	--	++	---	++
28	*Cornus sanguinea*	-	---	+	-	+
92	*Ranunculus auricomus*	---	---	++	---	++
37	*Evonymus vulgaris*	--	--	+	+	++
41	*Filipendula ulmaria*	---	---	++	---	++
40	*Ficaria verna*	-	-	+	-	+
47	*Geum urbanum*	-	-	+++	----	-
57	*Lamium galeobdolon*	-	-	+	+	-
58	*Ligustrum vulgare*	--	---	0	++	-
26	*Circaea lutetiana*	-	---	+	+	-
86	*Prunus spinosa*	-	-	+	-	+
6	*Ajuga reptans*	-	-	++	---	0
120	*Mnium undulatum*	-	--	++	+	-
13	*Brachypodium silvaticum*	-	--	-	+	+

TABLEAU N° 11

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 2

N° d'espèce	N o m	Facteurs écologiques 1	2	3	4	5
20	Carex pallescens	0	++	+	-	-
56	Juncus sp.	0	++	+	-	-
46	Galium palustre	-	+	+	-	-
97	Rubus idaeus	-	+	+	-	-
101	Scrofularia nodosa	-	-	+	+	0
35	Epilobium montanum	-	-	+	-	-
99	Salix capraea	-	+	+	-	-
78	Poa nemoralis	-	-	+	-	-
109	Veronica chamaedrys	-	-	+	--	0
6	Ajuga reptans	--	-	+	-	0
54	Hyperichum pulchrum	+	-	+	-	-
105	Taraxacum officinalis	-	--	++	---	--
110	Veronica officinalis	+	+	+	-	0
68	Mochringia trinervia	++	--	+	-	-
52	Hieracium murorum	+	-	+	--	-
94	Ranunculus repens	-	-	+	---	---
61	Lotus uliginosus	+	-	+	+	-
82	Populus tremula	-	-	+	-	+
100	Sambucus racemosa	+	+	+	---	-
34	Epilobium angustifolium	-	-	+	+	0
5	Agrostis sp.	0	+	-	-	-

TABLEAU N° 12

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 3 - POSITIF

N° d'espèce	N o m	Facteurs écologiques				
		1	2	3	4	5
90	Quercus sessiliflora $S_I + S_{II}$	+	+	-	-	+
39	Fagus silvatica S_{III}	+	+	0	0	+
121	Polytrichum formosum	+	+	-	-	+
38	Fagus silvatica $S_I + S_{II}$	+	+	0	0	=
62	Luzula albida	+	+	0	-	-
91	Quercus sessiliflora S_{III}	+	+	-	-	+
98	Rubus sp.	-	+	0	-	0
102	Sorbus aucuparia	+	+	+	+	+
59	Lonicera periclymenum	+	+	0	0	-
49	Hedera helix	-	-	-	0	-
25	Carpinus betulus $S_{II} * S_{III}$	-	+	-	-	-

TABLEAU N° 13

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 3 - NEGATIF

N° d'espèce	Nom	Facteurs écologiques				
		1	2	3	4	5
88	Quercus pedunculata $S_I + S_{II}$	-	-	+	+	-
57	Lamium galeobdolon	-	--	+	+	-
89	Quercus pedunculata S_{III}	-	-	+	+	-
96	Rosa canina	--	-	-	-	-
74	Phyteuma spicatum	-	--	+	+	-
40	Ficaria verna	--	--	+	-	-
43	Fraxinus excelsior $S_I + S_{II}$	--	-	-	-	-
16	Cardamine pratensis	--	--	+	-	-
112	Vicia sepium	-	--	0	-	--
79	Polygonatum multiflorum	-	--	+	0	-
44	Fraxinus excelsior S_{III}	-	-	0	-	-
2	Acer campestre S_I	---	---	+	-	++
42	Fragaria vesca	-	-	+	-	-
123	Rhytidiadelphus tricheter	-	-	+	-	+
83	Primula elatior	--	--	+	+	0
111	Viburnum opulus	-	-	+	+	-
23	Carex silvatica	-	-	+	-	-
31	Crataegus oxyacantha	-	-	-	-	+
104	Stellaria holostea	+	-	+	+	-
28	Cornus sanguinea	--	--	+	-	+
80	Polystichum filix-mas	0	-	+	+	-
66	Melica uniflora	+	-	+	+	--
114	Viola silvestris	0	--	+	-	++

TABLEAU N° 14

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 4 - POSITIF

N° d'espèce	N o m	Facteurs écologiques				
		1	2	3	4	5
67	Milium effusum	-	--	+	+	-
9	Asperula odorata	-	--	+	-	-
72	Oxalis acetosella	+	-	-	+	-
36	Euphorbia amygdaloïdes	+	-	+	0	-
7	Anemone nemorosa	-	-	+	0	-
74	Phyteuma spicatum	-	--	+	+	-
66	Melica uniflora	+	--	+	+	--

TABLEAU N° 15

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 4 - NEGATIF

N° d'espèce	N o m	Facteurs écologiques				
		1	2	3	4	5
117	Dicranum scoparium	+	+	-	-	-
69	Molinia coerulea	+	+	0	-	+
14	Calluna vulgaris	+	-	+	-	+
124	Thuidium tamariscifolium	-	++	-	-	+
95	Rhamnus frangula	+	+	0	-	+
65	Melampyrum pratense	+	+	+	-	+
91	Quercus sessiliflora S_{III}	+	+	-	-	+
75	Picea excelsa	+	+	+	+	0
90	Quercus sessiliflora $S_I + S_{II}$	+	+	-	-	+
12	Betula verrucosa	0	+	0	+	-
5	Agrostis sp.	+	+	-	-	-
22	Carex polyrrhiza	+	+	+	-	0
79	Polygonatum multiflorum	-	--	+	0	-

TABLEAU N° 16

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 5 - POSITIF

N° d'espèce	N o m		Facteurs écologiques				
			1	2	3	4	5
25	Carpinus betulus	$S_I + S_{II}$	-	+	-	-	-
89	Quercus pedunculata	S_{III}	--	-	+	+	-
118	Eurhynchium sp.		-	+	-	-	+
23	Carex silvatica		-	-	+	-	-
88	Quercus pedunculata	$S_I + S_{II}$	--	-	+	+	-
42	Fragaria vesca		-	-	+	-	-
24	Carpinus betulus	S_I	-	-	-	+	-
32	Deschampsia coespitosa		-	+	0	0	-
126	Luzula pilosa		-	+	+	-	-
31	Crataegus oxyacantha		--	-	-	-	+

TABLEAU N° 17

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 5 - NEGATIF

N° d'espèce	N o m	Facteurs écologiques				
		1	2	3	4	5
106	Teucrium scorodonia	+	-	+	+	+
64	Mïanthemum bifolium	+	-	+	+	++
33	Deschampsia flexuosa	+	-	+	-	+
87	Pteridium aquilinum	+	-	+	-	0
65	Melampyrum pratense	+	+	+	-	+
69	Molinia coerulea	+	+	0	-	+
55	Ilex aquifolium	+	0	+	-	0
14	Calluna vulgaris	+	0	+	-	+
95	Rhamnus frangula	+	+	0	-	+
108	Vaccinium myrtillus	+	-	+	-	+
71	Lathyrus montanus	0	-	+	-	-
66	Melica uniflora	+	-	+	+	--
52	Hieracium murorum	+	-	+	--	-
4	Acer pseudoplatanus	+	-	+	+	+

TABLEAU N° 18

GROUPEMENT FLORISTIQUE N° 6

N° d'espèce	N o m	Facteurs écologiques				
		1	2	3	4	5
18	Carex glauca	--	-	-	--	-
86	Prunus spinosa	--	-	+	-	+
105	Taraxacum officinale	-	--	++	---	--
58	Ligustrum vulgare	---	----	0	++	-
53	Hypericum hirsutum	--	-	+	-	-
37	Evonymus vulgaris	----	----	+	0	++
60	Lonicera xylosteum	---	-	---	+	-
76	Pirus communis	-	--	-	-	0
71	Lathyrus montanus	+	+	-	--	--
103	Sorbus torminalis	-	0	-	-	-
30	Crataegus monogyna	-	-	+	+	-
52	Hieracium murorum	+	-	++	--	-
13	Brachypodium silvaticum	--	--	-	+	+
92	Ranunculus auricomus	----	---	++	--	+
96	Rosa canina	--	-	-	-	-
42	Fragaria vesca	-	-	+	-	-
27	Convalaria maïalis	-	-	0	0	+
11	Stachys officinalis	-	-	-	-	--
111	Viburnum opulus	-	-	+	+	-
16	Cardamine pratensis	--	--	++	-	-

-6ème composante tableau n° 18

Y apparaissent des plantes qui sont classiquement considérées comme "calcicoles". (Caractéristiques du Mull calcique).

Ce groupement n'apparaît pas dans l'analyse écologique, ce qui est logique puisque le facteur que l'on pense déterminant n'a pas été mesuré. Si on compare les différentes colonnes de signes du tableau 18 à celles du tableau 13, on ne voit pas de différence.

4.3. COMPARAISON DES METHODES FLORISTIQUES ET ECOLOGIQUES

Dans ce paragraphe, nous allons comparer la composition des groupements floristiques (tableaux 10 à 18) avec celle des groupements écologiques (tableaux 8 et 9).

4.3.1. Espèce dans l'espace écologique

Pour donner une meilleure image de la bonne concordance des résultats floristiques et écologiques, nous avons matérialisé les groupements floristiques dans les diagrammes de répartition des espèces dans l'espace écologique (figures 1 à 12).

On constate effectivement, pour chaque groupement floristique, que les espèces qui le composent se regroupent pour certaines composantes seulement : les composantes qui synthétisent les exigences écologiques de ce G.F.

4.3.2. Groupement floristique n° 1

G.F. n° 1 - tableau n° 10.

Dans la classification par la méthode de ROUX (distance ultramétriques), nous avions pu isoler un groupement comportant les espèces suivantes :

- Espèces propres au groupement florsitique (G.F. 1)

Paris quadrifolia, Glechoma hederaceum, Arum maculatum.

- Espèces de transition :

Acer campestre, Cornus sanguinea, Ficaria ranunculoïdes, Primula elatior, Brachypodium silvaticum, Cardamine pratensis, Ajuga reptans, Prunus spinosa, Mnium undulatum.

Le groupement floristique est donc plus riche. En fait, les espèces qu'il contient en plus sont des espèces qui n'ont pu être prises en compte lors de l'analyse écologique : elles ne peuvent donc figurer dans ce groupement écologique.

On peut donc considérer comme très satisfaisante la concordance de ces deux groupements.

.../...

4.3.3. Groupement floristique n° 2

G.F. n° 2 - tableau n° 11.

G.E. : tableaux 8 et 9.

Ces espèces n'apparaissent pas de la même façon dans les deux analyses.

Dans l'analyse floristique, toutes les héliophytes apparaissent ensemble sans qu'il soit tenu compte de leurs exigences écologiques autres que la lumière.

L'analyse écologique fait apparaître pratiquement les mêmes espèces mais en les regroupant également suivant leurs autres exigences. Elle permet de distinguer :

- les héliophytes de sols limono-sableux se rattachant au groupement écologique n° 3 : ce sont les groupements élémentaires (G.e.) 12, 13, 19.
- les héliophytes de sols sableux se rattachant au groupement écologique n° 1 : ce sont les G.e. 2.2. et 5.
- les héliophytes de sols limono-argileux se rattachant au groupement écologique n° 4 : on ne trouve que le G.e. 16.2.

4.3.4. Groupement floristique n° 3

G.F. n° 3 - tableaux n° 12 - 13

G.E. n° 2 et 4 - tableaux 8 et 9.

Nous avons vu que sur la composante n° 3 de l'analyse floristique, deux groupements de plantes se différenciaient :

- l'un du côté positif, le groupement "3^+"
- l'autre du côté négatif, le groupement "3^-"

Groupement 3^+ :

Ces espèces se trouvent dans le groupement écologique n° 2 qui a été enrichi de ses héliophytes et des espèces de grande amplitude écologique que sont la Canche cespiteuse, l'Anémone sylvie et les Ronces.

Groupement 3^- :

La plupart de ces espèces se retrouvent dans le groupement écologique (G.E.) n° 4.

En revenant au contenu de ce G.E. n° 4, on y constate la présence, en plus d'espèces du G.F. n° 3^- considéré, d'espèces du G.F. n° 6, que l'analyse écologique n'avait pas su individualiser : ce qui est logique puisque le facteur qui risquait de les discriminer (taux de Ca^{++}) n'a pas été mesuré.

.../...

4.3.5. Groupement floristique n° 4

G.F. n° 4 - tableaux 14 et 15.

G.E. n° 1 et 3 - tableaux 8 et 9.

Lui aussi comporte deux pôles de regroupement :

- les espèces liées positivement (4^+) à la composante florsitique n° 4 se retrouvent dans le groupement écologique n° 3. Cependant, deux espèces manquent :

Phyteuma spicatum, plus proche du groupement écologique n° 4, il appartient à ce groupement,

Oxalis acetosella, n'a pas été introduit dans la classification.

- les espèces liées négativement (4^-) à la composante floristique n° 4 se retrouvent dans le groupement écologique n° 1. Il y manque quelques espèces qui :

- soit étaient plus proches d'autres groupements,
- soit n'avaient pas été introduites dans l'analyse (*Betula verrucosa*).

4.3.6. Groupement floristique n° 5

G.F. n° 5 - tableaux n° 16 et 17.

G.E. n° 1 et 4 - tableaux n° 8 et 9.

Là encore, on observe deux groupements opposés sur la composante floristique n° 5.

- du côté positif (5^+) : ce sont essentiellement des espèces que l'on retrouve dans le groupement écologique n° 4. Les espèces présentes dans le G.F. et absentes du G.E. :

- soit ne sont pas entrées dans la classification,
- soit étaient plus proches d'autres groupements.

- du côté négatif (5^-) : comme pour le G.F. "4^-", les espèces de ce groupement appartiennent aussi au G.E. n° 1. L'analyse écologique n'a donc pas su séparer aussi nettement que l'a fait l'analyse floristique les espèces de sols podzoliques des espèces de sols podzoliques hydromorphes.

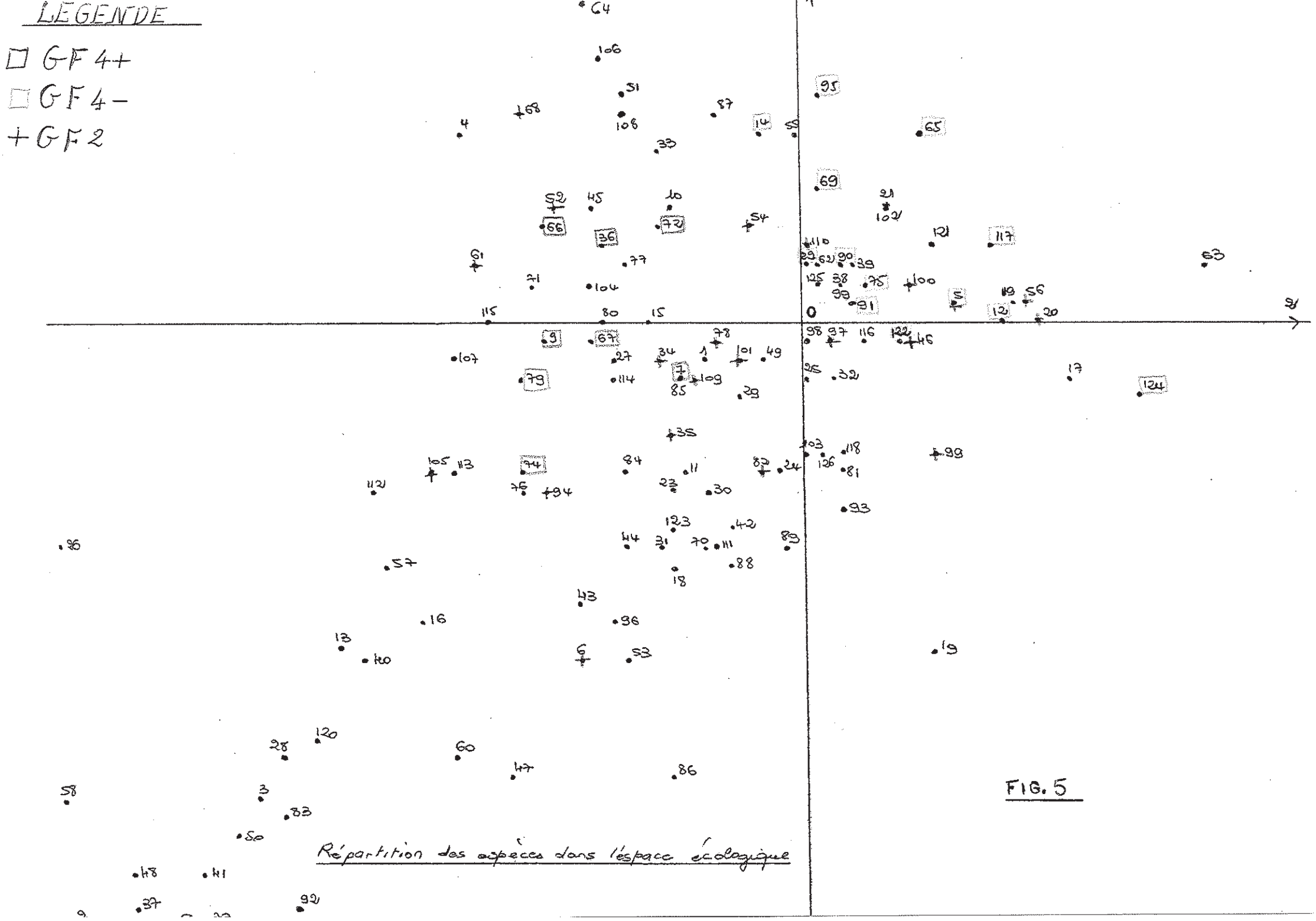
On peut donner plusieurs explications à ce phénomène :

- floristiquement, les deux groupements ont de nombreuses espèces en commun,

- le caractère "texture de l'horizon profond", qui a été mesuré, n'a pu entrer dans l'analyse écologique ; ce facteur aurait pu faire éclater ce groupement écologique,

- les phénomènes d'oxydo-réduction peuvent aussi avoir été visuellement trop discrets dans certains sols pour qu'on ait pu les déceler.

.../...



Répartition des espèces dans l'espace écologique

FIG. 5

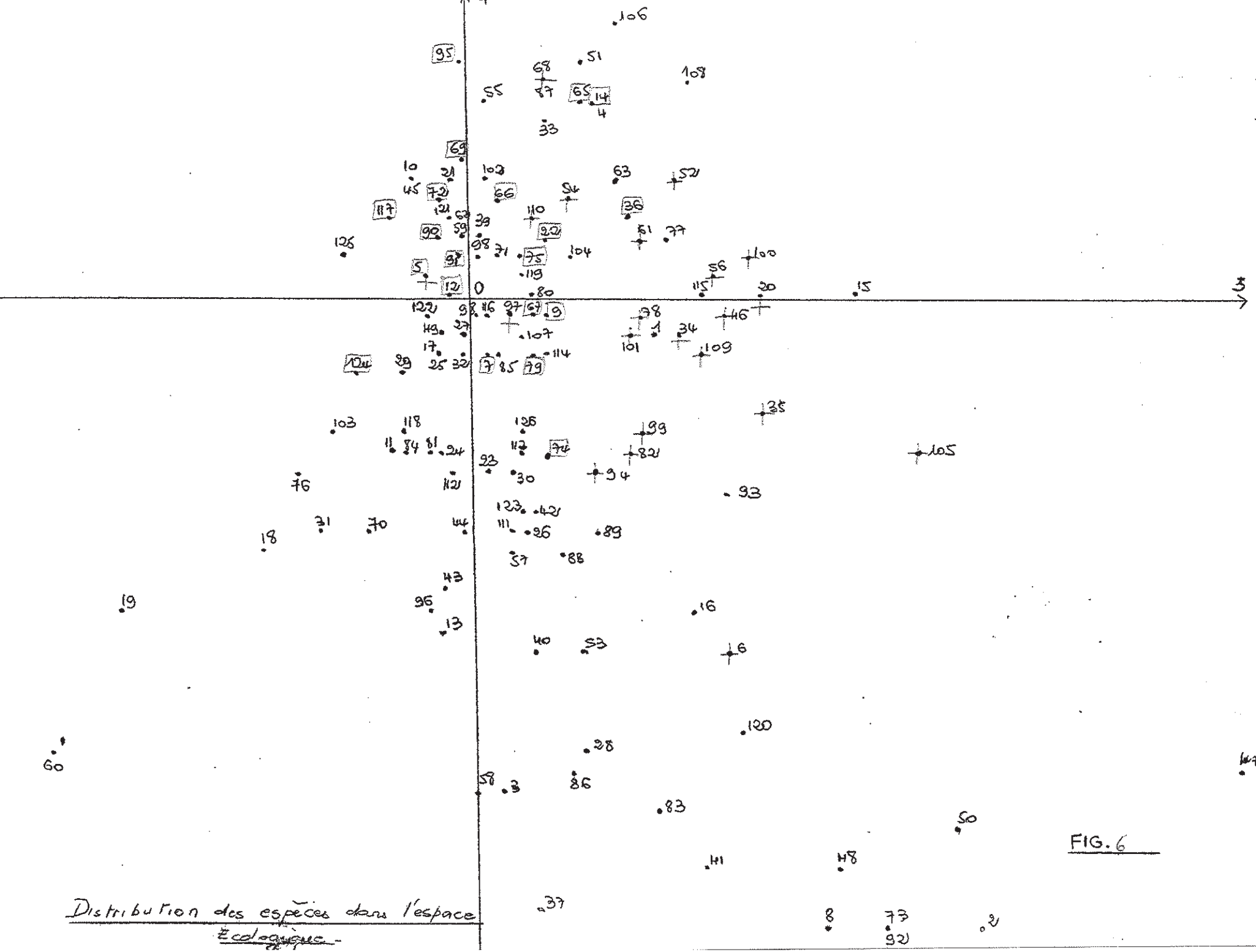
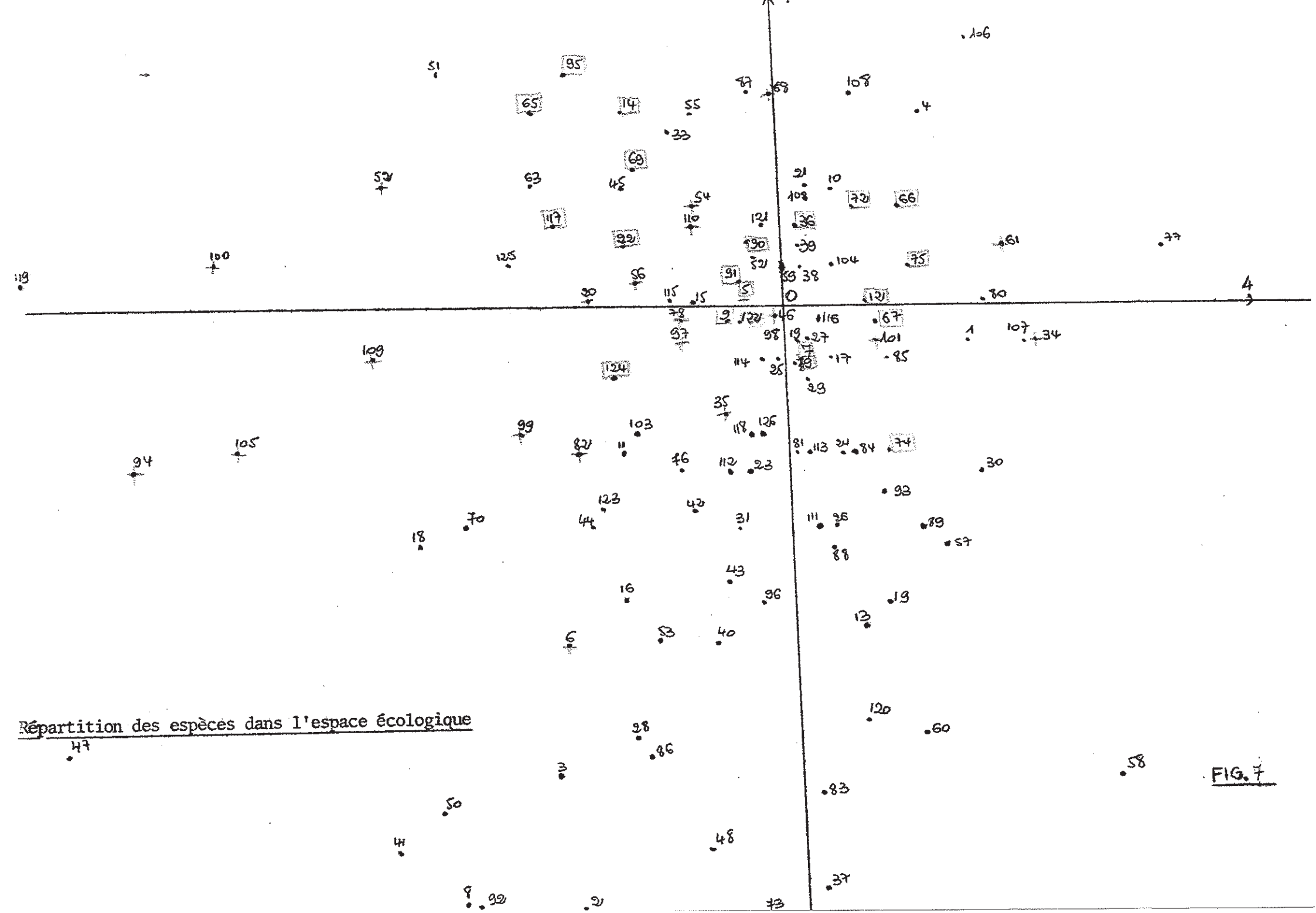


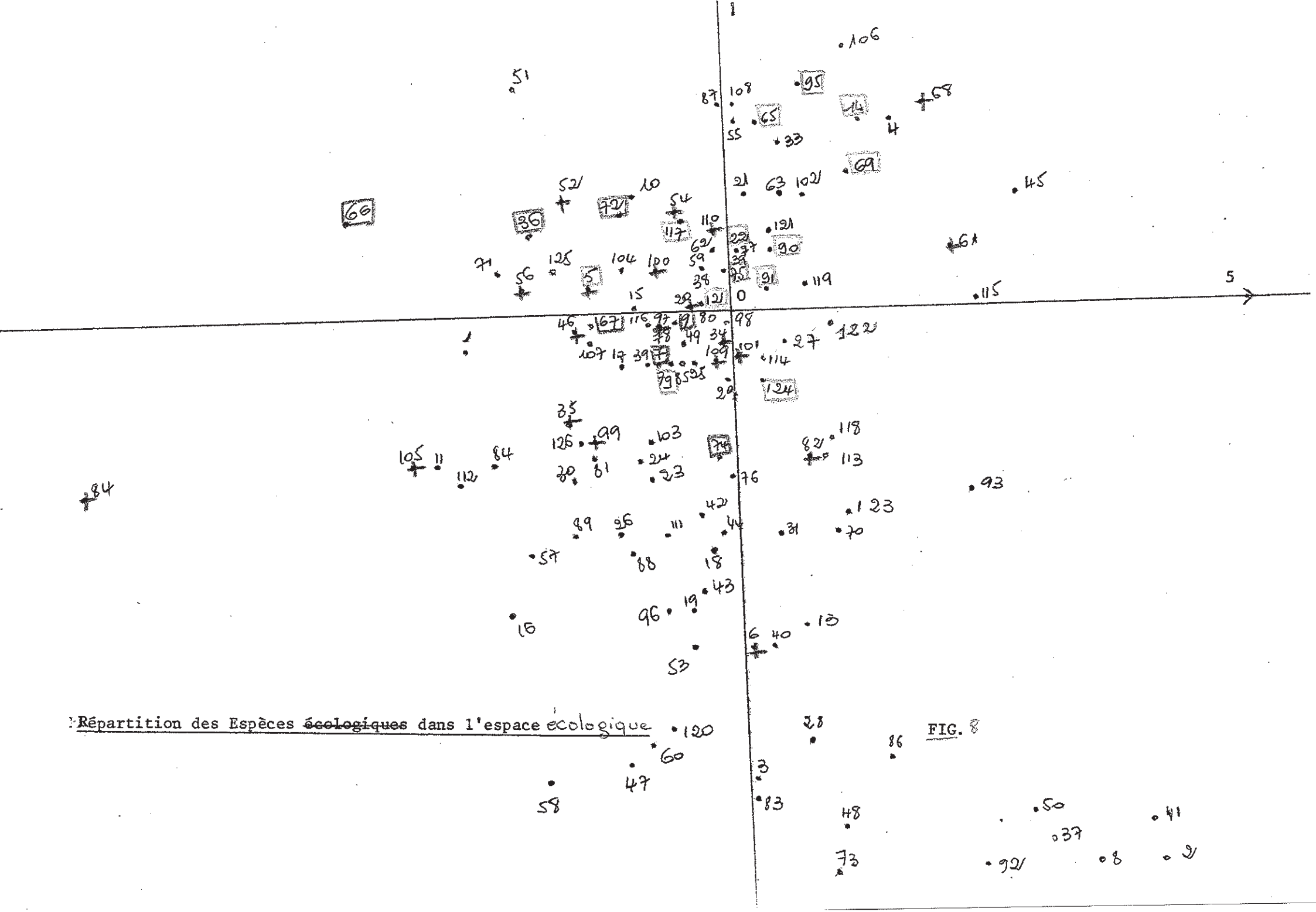
FIG. 6

Distribution des espèces dans l'espace écologique.



Répartition des espèces dans l'espace écologique

FIG. 7



Répartition des Espèces ~~écologiques~~ dans l'espace écologique

FIG. 8

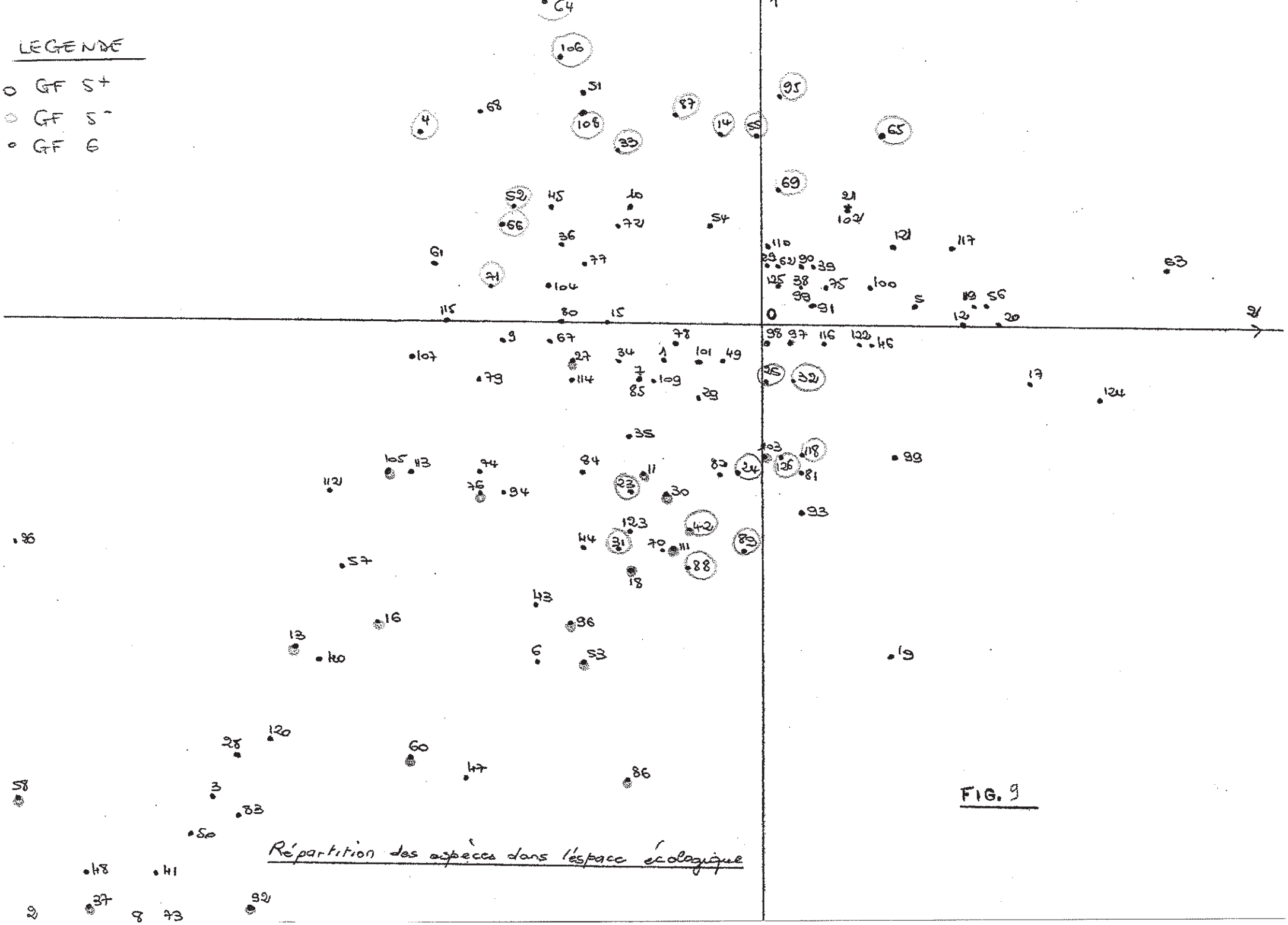


FIG. 9

Répartition des espèces dans l'espace écologique

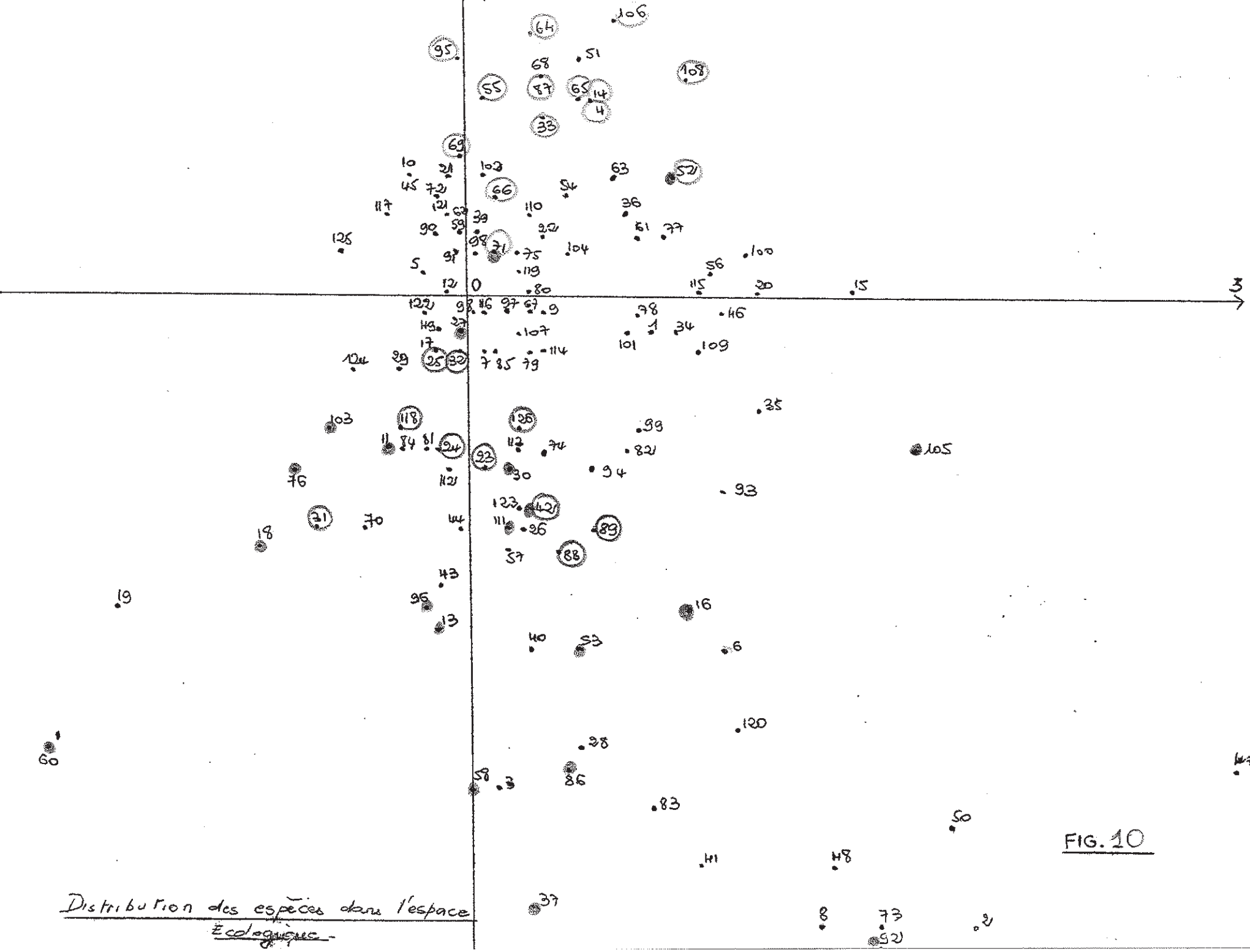
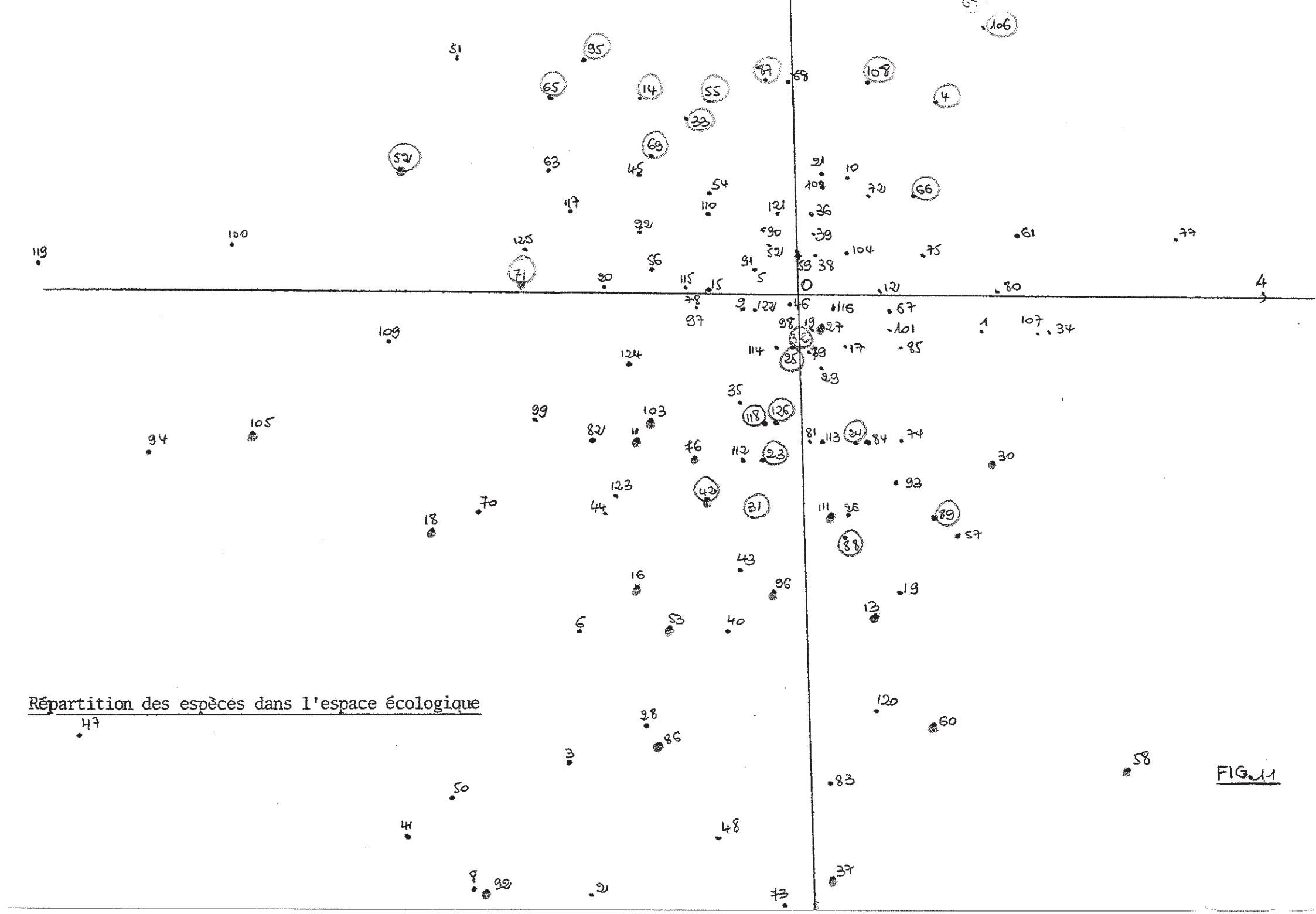


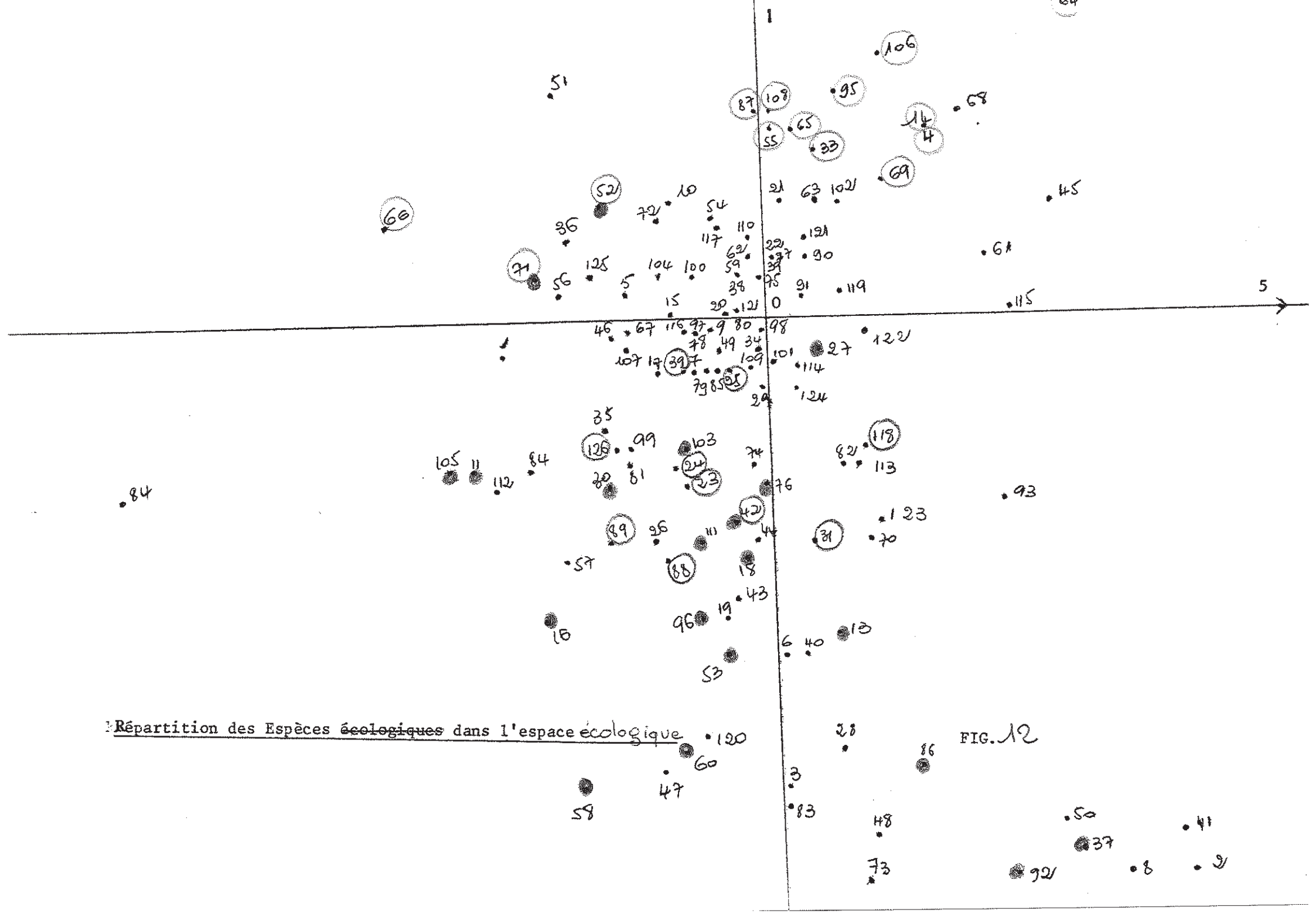
FIG. 10

Distribution des espèces dans l'espace écologique.



Répartition des espèces dans l'espace écologique

FIG. 11



Répartition des Espèces ~~écologiques~~ dans l'espace écologique

FIG. 12

4.3.7. Groupement floristique n° 6

Il n'est apparu que dans l'analyse floristique.

Seul *Lonicera xylosteum* est sorti à part dans l'analyse écologique : ceci est probablement dû au fait que c'est l'espèce la plus basophile du G.F. à avoir été classée dans l'analyse écologique.

4.3.8. Conclusion

Il est utile, dès à présent, de faire une mise au point sur les méthodes écologiques et floristiques utilisées.

L'analyse écologique permet d'établir un lien entre des groupements d'espèces et les facteurs écologiques. Elle aboutit à une classification des espèces selon leurs exigences écologiques. Enfin, si les groupements d'espèces élaborés par l'analyse écologique ne sont pas sociologiquement valables, ceci n'est pas imputable à la méthode, mais bien à notre ignorance des facteurs écologiques qui influent sur les plantes.

L'analyse floristique élabore différemment des groupements d'espèces voisins des précédents, que l'on peut interpréter grâce à l'analyse écologique. Il n'existe pas actuellement de méthode de classification satisfaisante travaillant à partir des données floristiques.

L'analyse floristique élabore donc des groupements qui sont sociologiquement valables, mais elle ne permet pas de les relier à l'écologie. On ne peut se passer de ce deuxième stade qu'est l'analyse écologique pour déterminer objectivement les exigences des groupements floristiques.

Ces réflexions sur l'utilisation de ces méthodes nous conduisent à proposer une démarche à suivre pour ce type d'étude.

- Commencer par une étude purement floristique : elle permet d'aboutir relativement rapidement à l'élaboration de groupes floristiques. (Un relevé floristique est beaucoup plus rapide qu'un relevé floristico-écologique).

- Sélectionner un certain nombre de relevés (qui reste à déterminer) caractérisant chacun des G.F. obtenus. Les observations écologiques, qui doivent être aussi complètes que possible (sans oublier celles suggérées par l'analyse floristique), se feront sur ces relevés. On voit donc l'économie de temps que l'on réalise de cette façon ainsi que le gain d'information que l'on peut espérer, chaque relevé faisant l'objet de beaucoup plus d'observation que lors d'une prospection mixte.

.../...

4.4. SYNTHESE GENERALE

4.4.1. Géologie - Géomorphologie

Outre les résultats exposés aux paragraphes 4.1, 4.2 et 4.3, nous avons pu recueillir, au cours de cette étude, des informations intéressantes concernant la géologie et la géomorphologie du Rhétien.

- D'abord, et nous l'avons vu au § 1.2, le Rhétien est un étage où de nombreux types de matériaux sont représentés et surtout où la proportion de ces matériaux peut considérablement varier d'une région à une autre.

- De plus, l'érosion n'a pas toujours été arrêtée par le même type de matériaux. Le plus souvent, en station exposée, ce sont des bancs d'argile qui l'ont arrêtée. En station plus abritée et sur le rebord des plateaux, ce sont les bancs de sable qui apparaissent aujourd'hui.

- Ensuite, la plupart des plateaux que constitue le Rhétien sont recouverts par un placage de limons éoliens dont l'épaisseur peut varier de quelques centimètres à un mètre.

- Enfin, certaines inexactitudes de la carte géologique ont fait que quelques relevés ont été faits sur Keuper (1) et non plus sur Rhétien.

4.4.2. Types de peuplements

Les types de peuplements sont essentiellement conditionnés par le substratum et le sol sur lesquels ils se trouvent.

Le Chêne pédonculé ne se trouve pratiquement pas sur le Rhétien. On le rencontre, soit sur les zones du Keuper, soit sur les zones polluées par l'Hettangien (ou le Sinémurien). Il peut également être trouvé sur plateau recouvert de limons, dans les stations à pseudogley superficiel.

Le Chêne sessile est installé pratiquement partout. Il est probable que cette répartition très vaste par rapport au Hêtre est dûe plus à une sylviculture qui lui a été favorable qu'à des conditions naturelles optimales. On observe en effet dans de nombreux cas une très mauvaise régénération de ces chênes : dans nombre de relevés, le Chêne domine très nettement en strate arborescente ; par contre, on ne le retrouve pas en strate arbustive (où le Hêtre domine), ni en strate herbacée. Il domine surtout en terrain limono-argileux : on le trouve alors sous forme de taillis-sous-futaie typique, le taillis étant essentiellement constitué de Charme. Ces peuplements se rencontrent en général sur les buttes ou les plateaux plus ou moins ondulés.

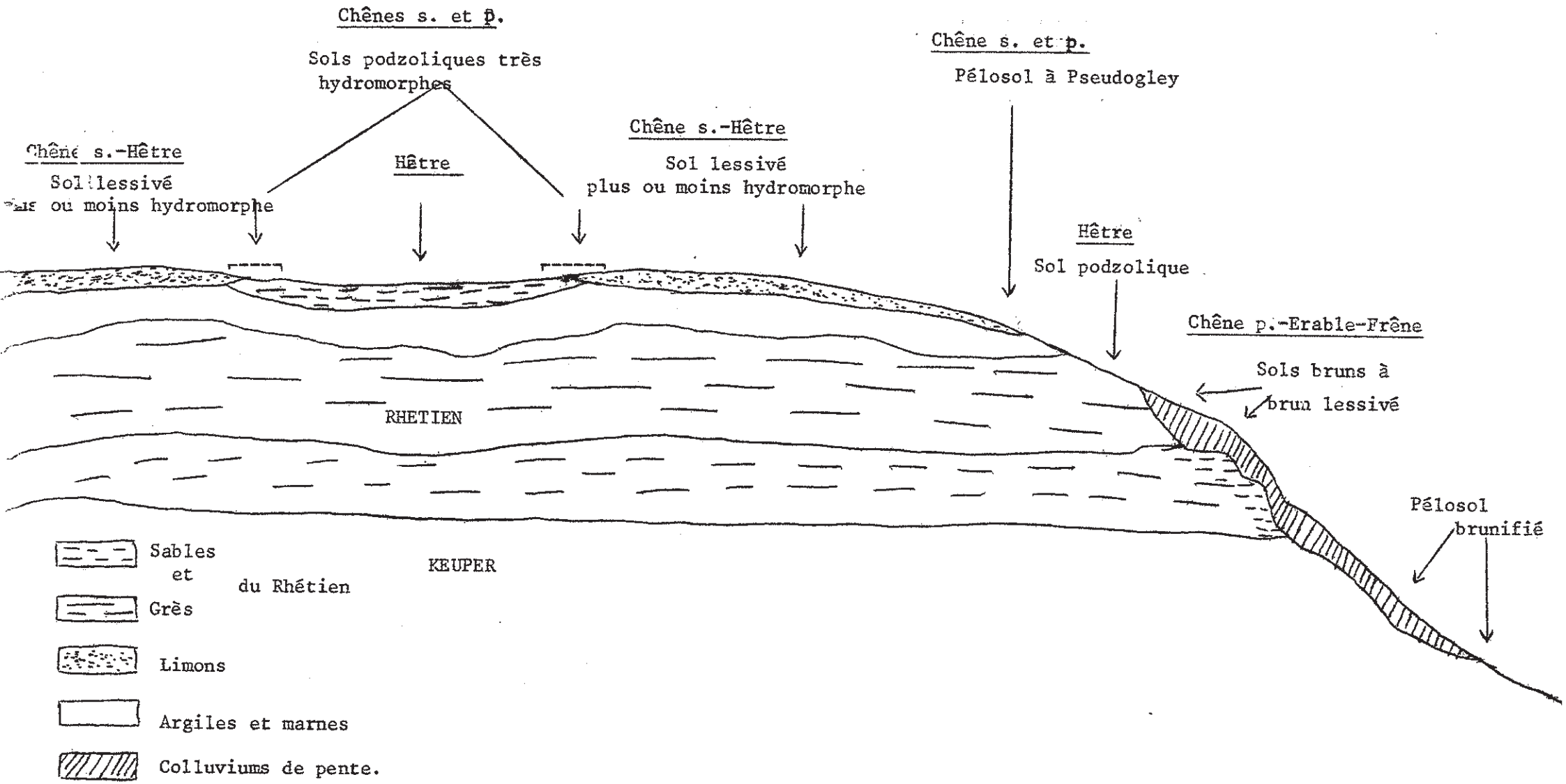
.../...

---

(1) Le Keuper est l'étage supérieur des marnes irisées (Trias supérieur).

RELATIONS SOLS-PEUPLEMENTS

FIG. 13.



Le Hêtre : On le trouve en peuplements purs (ou presque) sur tous les terrains sableux, en peuplements mélangés (avec le Chêne sessile) sur les terrains limoneux (ou limono-sableux), c'est-à-dire sur la majeure partie du territoire exploré.

Le schéma de principe de la figure n° 13 donne une idée simplifiée des types de sols rencontrés et des types de peuplements qui y sont associés.

4.4.3. Quelques exemples des principaux types de stations

Dans ce paragraphe, nous allons donner des exemples de relevés représentatifs de chaque groupement floristique en relation avec les conditions générales de la station et les conditions du sol. En conclusion de la description de chaque station, nous soulignerons les liaisons qui existent entre la flore et le milieu.

4.4.3.1. Groupe floristique n° 1

Relevé n° 165

Forêt particulière - Commune de Belmont sur Vair - Bois de la Voivre

Altitude : 400 m Position topographique : plateau

Pente : 0,5°

Eclairement direct au sol : 0 % Exposition N

Pédologie

Type d'humus : mull à crypto-mull.

A_1 0-5 cm : brun jaunâtre 10YR 3/2. Structure à développement moyen, polyédrique (diamètre moyen 3 mm). Quelques graviers. Nombreuses petites racines. Tassement moyen. pH 5,3. Transition nette avec A_1A_2.

A_1A_2 5-30 cm : Brun foncé 10YR 3/3. Structure polyédrique très développée (diamètre moyen 2 à 3 cm). Quelques graviers. Nombreuses racines de toutes dimensions. Tassement moyen. pH 5,4. Traces d'oxydo-réduction. Transition assez nette avec l'horizon (B)

(B) 30-60 cm : brun olive 10YR 4/2. Structure polyédrique moyennement développée (diamètre moyen 7 mm). Quelques graviers. Très peu de petites racines. Tassement moyen à fort. pH 5,6. Hydromorphie nette.

II C 60-100 cm : Brun foncé, grisâtre, 2,5 Y 4/2, pH 6,0. Tassement fort.

.../...

Texture :

	Sables grossiers (S.G.)	Sables fins (S.F.)	Limons grossiers (L.G.)	Limons fins (L.F.)	Argile (A.)	Matière organique (M.O.)
A1.1	1.5	3.7	4.9	13.3	66.5	10.3
A1.2	2.3	4.6	1.6	8.1	83.5	0
(B)/C	3.5	5.3	8.7	14.7	66.6	1.3
II C	5.3	10.9	3.8	16.8	63.3	0

Sol donc très riche en argile - Sol brun vertique.

Végétation

Strate arborescente : *Acer campestre, Fraxinus excelsior, Quercus pedunculata, Carpinus betulus, Populus tremula.*

Strate arbustive : *Fraxinus excelsior, Crataegus oxyacantha, Corylus avellana, Acer campestre, Rosa canina.*

Strate herbacée : *Ficaria verna, Glechoma hederaceum, Brachypodium silvaticum, Filipendula ulmaria, Acer campestre, Primula elatior, Arum maculatum, Cornus sanguinea, Paris quadrifolia, Heracleum sphondylium, Ranunculus auricomus, Geum urbanum, Evonymus vulgaris, Lamium galeobdolon, Prunus spinosa, Rubus* sp., *Galeopsis tetrahit, Anemone nemorosa, Veronica chamaedrys, Polygonatum multiflorum, Phyteuma spicatum, Hedera helix, Ornithogalum pyrenaïcum, Deschampsia coespitosa, Viburnum opulus, Carex silvatica, Viola silvestris, Cardamine pratensis.*

Le fond de le végétation de ce relevé est constitué par les espèces du G.F. I. En plus, on trouve quelques héliophytes de sols lourds (la Véronique, le Peuplier) et surtout de nombreuses espèces du G.F. 6 et du G.F. 3. Leur présence peut être dûe au pH qui est assez moyen et au tassement fort.

Les données pédologiques permettent de déterminer le type génétique du sol qui est un pélosol brunifié. Ce sont des sols assez peu évolués, sans nappes mais toujours très bien pourvus en eau ("engorgement" de surface).

Ce type de sol est très favorable à l'établissement du G.F. 1, mais aucune de ses caractéristiques ne s'oppose à celui d'espèces des G.F. 3 et 6.

4.4.3.2. Groupement floristique n° 2

Il ne nous a pas semblé utile de donner d'exemple de ce groupement floristique :

- d'abord parce qu'aucun de nos relevés n'en comporte un grand nombre (nous avons en effet systématiquement évité les clairières).

- ensuite parce que le fait de signaler ces espèces héliophiles quand nous les rencontrerons dans les exemples donnés pour les autres groupements nous a semblé être suffisant pour montrer leurs exigences écologiques.

.../...

4.4.3.3. Groupement floristique n° 3 positif

Relevé n° 115.

Forêt communale de Parey-St-Ouen - Parcelle n° 17

Altitude : 393 m — Position topo : plateau en pente

Pente : 4,5°

Eclairement relatif au sol : 0 % — Exposition : N NO

Pédologie

Type d'humus : moder

Ao : -3-0 cm : litière de l'année plus litière en partie décomposée (couche F)

A_1 : 0-8 cm : gris très noir 10 YR 3/1, texture sablo-limoneuse, structure grumeleuse, peu de graviers, pH : 5.3, tassement faible.

A_2 : 8-30 cm : brun gris 10 YR 4/3, texture sablo-limoneuse, structure grumeleuse à fondue, quelques gravillons, pH : 4.5, tassement faible

Bg : 30-50 cm : même caractéristique que A_2, mais marmorisation extrêmement nette.

II Bg : 50-70 cm et plus : rouille avec taches décolorées, texture argileuse, pH : 4,2, tassement élevé.

Texture :

	(S.G.)	(S.F.)	(L.G.)	(L.F.)	(A.)	(M.O.)
A_2	14.6	36.8	9.2	18.3	18.0	3.0
Bg	11.7	37.4	5.6	15.6	29.5	0.3
II Bg	4.0	10.4	4.4	17.9	63.2	0

Végétation

Strate arborescente : *Fagus silvatica, Quercus sessiliflora.*

Strate arbustive : *Fagus silvatica, Carpinus betulus, Corylus avellana, Sorbus aucuparia.*

Strate herbacée : *Luzula albida, Lonicera periclymenum, Quercus sessiliflora, Fagus silvatica, Hedera helix, Rubus* sp., *Carpinus betulus, Pteridium aquilinum, Deschampsia flexuosa.*

Les espèces citées dans ce relevé appartiennent pratiquement toutes au G.F. n° 3^+. En plus de ces espèces, nous avons la Fougère aigle et la Canche flexueuse qui appartiennent au G.F. 5, le Noisetier qui lui a un spectre écologique extrêmement large.

Quant aux caractéristiques du sol, on observe que toutes correspondent aux exigences écologiques du G.F. 3^+ sauf la texture. Mais, cett tendance sableuse était prévisible et explique la présence de la Fougère aigle et de la Canche flexueuse.

.../...

Ce relevé appartient donc au G.F. 3^+, mais il est un peu limitrophe : c'est pour cette raison qu'on ne trouve pas les espèces caractéristiques du mull, très fréquentes normalement dans ce type de station.

4.4.3.4. Groupement floristique n° 3 négatif

Relevé n° 181

Commune de Saint-Menge - Forêt particulière.

Altitude : 360 m — Position topographique : plateau

Pente : 1 ° — Exposition : O OS

Eclairement relatif au sol : 1 %

Pédologie

Type d'humus : mull.

A_1A_2 : 0-15 cm : brun olive 10 YR 4/2. Structure polyédrique bien développée (diamètre moyen 10 mm). Quelques graviers. Assez nombreuses racines de tous diamètres. Tassement moyen. pH 5,5. Transition nette (lit de cailloux).

II Bg : 20 - 90 cm : 2,5 Y 4/4. Structure polyédrique très développée (diamètre moyen 15 mm). Très peu de cailloux. Très peu de racines de faibles dimensions. Tassement fort. pH 7,5. Hydromorphie très développée.

Texture :

	(S.G.)	(S.F.)	(L.G.)	(L.F.)	(A)	(M.O.)
A_1A_2	4.0	13.0	5.0	23.4	46.6	7.2
II Bg	1.8	2.0	6.7	12.3	76.6	1.5

remarque : Roche-mère : limon argileux sur argile.
Sol à pseudogley à deux couches.

Végétation

Strate arborescente : *Quercus pedunculata, Carpinus betulus, Fraxinus excelsior, Acer campestre.*

Strate arbustive : *Acer campestre, Crataegus oxyacantha, Carpinus betulus, Cornus sanguinea, Fraxinus excelsior, Prunus spinosa, Ulmus campestris, Viburnum opulus.*

Strate herbacée : *Lamium galeobdolon, Rosa canina, Quercus pedunculata, Phyteuma spicatum, Ficaria verna, Cardamine pratensis, Vicia sepium, Fraxinus excelsior, Polygonatum multiflorum, Primula elatior, Carex silvatica, Viola silvestris, Glechoma hederaceum, Paris quadrifolia, Arum maculatum, Heraclum sphondylium, Geum urbanum, Ranunculus auricomus, Deschampsia coespitosa, Hedera helix, Rubus* sp., *Prunus spinosa, Asperula odorata, Anemone nemorosa.*

.../...

Strate muscinale : *Ritidiadelphus tricheter.*

La grosse majorité de ces espèces appartiennent au G.F. n° 3^{-}. A côté de celle-ci, on remarque la présence d'espèces du G.F. n° 1 : Parisette, Arum, Berce, Benoite, Renoncule, qui dénotent une richesse du sol supérieure à la moyenne du groupe 3^{-}.

La plupart des autres espèces sont toutes à amplitude écologique assez grande, plus ou moins localisées tout de même sur des sols limoneux à limons argileux, comme c'est le cas ici.

Enfin, la présence de calcicoles comme l'Epine noire et, à un moindre degré, du Cornouiller, peut être imputée à la présence en profondeur de ce banc d'argile à pH élevé, riche en calcium.

4.4.3.5. Groupement floristique n° 4 positif

Relevé n° 28

Forêt communale de Vilotte - Parcelle n° 18.

Altitude : 430 m — Position topographique : pente vallon.

Pente : 3°

Eclairement relatif au sol : 5 % — Exposition : O.ON

Pédologie

Type d'humus : mull acide.

A_1 0-8 cm : brun noir 10 YR 3/2. Structure à développement moyen, grumeleuse (diamètre moyen 1 cm). 5 % de graviers. Feutrage de racines. Tassement faible à moyen. pH 4,8. Transition progressive avec l'horizon A_2.

A_2 8-45 cm : brun jaunâtre 10 YR 5/6. Structure à développement moyen, grumeleuse (diamètre moyen 2 cm). 15 % de graviers. Moyennement de racines surtout grosses. Tassement moyen. pH 4,5. Transition progressive avec l'horizon Bg.

Bg 45-70 cm : Marmorisé. Brun jaunâtre fort 10 YR 6/6. Structure fortement développée, polyédrique (diamètre moyen 1 cm). 10 % de cailloux. Très peu de racines. Tassement élevé. pH 4,8. Présence de concrétions. Hydromorphie nette.

Cg 70-110 cm : Marmorisé. Tassement très fort. Structure polyédrique. pH 4,4.

Texture :

	(S.G.)	(S.F.)	(L.G.)	(L.F.)	(A.)	(M.O.)
A_1	4.3	35.5	8.6	21.9	20.6	6.7
A_2	4.9	40.3	5.2	23.2	23.9	2.7
Bg	2.2	20.1	4.2	15.7	57.8	0.8

Il s'agit d'un sol brun lessivé marmorisé.

.../...

Végétation

Strate arborescente : *Fagus silvatica, Quercus sessiliflora.*

Strate arbustive : *Carpinus betulus, Fagus silvatica, Sorbus aucuparia, Prunus avium.*

Strate herbacée : *Asperula odorata, Milium effusum, Oxalis acetosella, Euphorbia amygdaloïdes, Anemone nemorosa, Melica uniflora, Luzula albida, Rubus* sp., *Hedera helix, Fagus silvatica, Neottia nidus avis, Pteridium aquilinum, Deschampsia coespitosa, Carex silvatica.*

Strate muscinale : *Atrichum undulatum.*

Deux groupes floristiques sont bien représentés dans ce relevé :

le G.F. n° 4 positif : on trouve ici pratiquement toutes les espèces de ce G.F., sauf une, le Raiponce,

le G.F. n° 3 positif : sa présence est normale vu les bonnes conditions de texture et de pH. Il constitue "la toile de fond" de la végétation.

En plus de ces deux groupes, on trouve la Fougère aigle qui indiquerait une légère tendance à l'acidification, tendance confirmée par l'absence du Raiponce qui est commun aux G.F. n° 4^+ et n° 3^- (G.F. de sol lourd à pH neutre).

4.4.3.6. Groupement floristique n° 4 négatif

Relevé n° 122

Forêt communale de Suriauville - Parcelle 15.

Altitude : 466 m — Position topographique : Plateau

Pente : 1,5°

Eclairement relatif au sol : 5 % — Exposition : NO

Pédologie

Type d'humus : hydro-moder sur 2 cm.

A_1 0-15 cm : brun foncé 10 YR 3/1. Structure massive à légère tendance grumeleuse. Pas de cailloux. Forte densité de racines (graminées). Tassement moyen. pH 3,4. Transition nette et ondulée avec l'horizon suivant.

A_2g 15-35 cm : gris jaunâtre 5 Y 6/2. Structure fondue. 3 % de graviers de grès. Assez peu de racines de faibles dimensions. Tassement moyen. pH 3,6. Transition progressive ondulée avec l'horizon Bg.

Bg 35 à $>$ 70 cm : brun jaunâtre 10 YR 5/8. Structure moyennement développée, polyèdrique (diamètre moyen 1,5 cm). 5 % de graviers de grès. Très peu de racines de faibles dimensions. Tassement moyen à fort. pH 3,6. Hydromorphie très marquée (bandes verticales décolorées).

Sol lessivé à pseudogley typique.

.../...

Texture :

	(S.G.)	(S.F.)	(L.G.)	(L.F.)	(A.)	(M.O.)
A_1	6.3	32.0	9.3	25.2	14.1	13.1
A_2g	4.6	38.5	12.0	32.0	12.5	0.4
Bg	8.6	25.8	8.8	28.5	27.9	0.3

Sol à pseudogley superficiel.

Végétation

Strate arborescente : *Quercus sessiliflora, Fagus silvatica.*

Strate arbustive : *Fagus silvatica, Lonicera periclymenum, Salix caprea.*

Strate herbacée : *Molinia coerulea, Melampyrum pratense, Quercus sessiliflora, Lonicera periclymenum, Rubus* sp., *Deschampsia coespitosa, Fagus silvatica, Juncus* sp., *Viburnum opulus.*

Strate muscinale : *Dicranum scoparium, Thuidium tamariscifolium, Polytrichum formosum, Sphagnum* sp.

Là encore, nous avons un mélange d'espèces appartenant à deux G.F. différents :

- le G.F. 4^-, très bien représenté,
- le G.F. 3^+, bien représenté.

Nous sommes en présence d'une station qui est la variante hydromorphe des stations du type 3^+. La présence du Saule et du Jonc s'explique bien aussi : ce sont en effet des héliophytes de sols très hydromorphes.

4.4.3.7. Groupement floristique n° 5 positif

Relevé n° 171

Forêt particulière - Bois de la Côte - Commune de Saint-Menge.

Altitude : 392 m — Position topographique : plateau

Pente : 3,5°

Eclairement relatif au sol : 1 % — Exposition : S.SO

Pédologie

Type d'humus : mull acide.

A_1 0-5 cm : brun foncé grisâtre 10 YR 4/2, texture limoneuse, structure grumeleuse fine, pH 4,3. Tassement faible.

A_2 5-30 cm : jaune brunâtre 10 YR 6/6. Texture limono-argileuse, pH. 4,0. Tassement moyen.

Bg 30-90 cm : Pseudogley, ocre avec taches décolorées. Texture argileuse. pH 4,2. Tassement fort.

Sol lessivé à pseudogley.

.../...

Texture :

	(S.G.)	(S.F.)	(L.G.)	(L.F.)	(A.)	(M.O.)
A_2	4.3	11.4	10.8	31.5	39.7	2.2
Bg	5.1	5.5	5.2	14.1	70.0	0

Végétation

Strate arborescente : *Quercus pedunculata, Fagus silvatica, Carpinus betulus, Populus tremula.*

Strate arbustive : *Quercus pedunculata, Carpinus betulus, Corylus avellana, Fagus silvatica, Salix caprea.*

Strate herbacée : *Carpinus betulus, Quercus pedunculata, Carex silvatica, Deschampsia coespitosa, Luzula pilosa, Festuca heterophylla, Fagus silvatica, Luzula albida, Hedera helix, Rubus idaeus.*

Strate muscinale : *Eurhynchium* sp., *Rhytidiadelphus tricheter, Polytrichum formosum, Thuidium tamariscifolium.*

La plupart de ces espèces appartiennent bien au G.F. 5^+. La présence d'espèces comme la Luzule blanche, le Polytric, ou même le Framboisier, pourrait s'expliquer par les pH bas.

La Fétuque, trop rare, n'a pas été classée.

Le sol présente des caractéristiques analogues à celles décrites lors de l'interprétation écologique de ce groupement.

4.4.3.8. Groupement floristique n° 5 négatif

Relevé n° 109

Forêt communale de St-Ouen-les-Parey - Parcelle n° 14.

Altitude : 394 m Position topographique : plateau

Pente : 2°

Eclairement relatif au sol : 0 % Exposition : SO

Pédologie

Type d'humus : mor

Ao -3 à 0 cm : noir, fibreux.

A_1 0-10 cm : noir. 10 YR 3/2. Structure massive à légère tendance grumeleuse. Peu de gravillons. Léger feutrage de graminées. Tassement faible. pH 3,2. Limite nette et ondulée avec l'horizon A_2. Présence d'une micropodzolisation de surface bien marquée. Trois horizons :

A'_1 : noir, 10 YR 3/2

A'_2 : gris jaune brunâtre 10 YR 5/2

B'H : gris brunâtre 5 YR 4/2.

.../...

A_2 10-65 cm : brun orangé. 10 YR 6/7. Structure fondue. Quelques petits gravillons. Forte densité de racines de toutes dimensions. Tassement faible. pH 4,0. Limite nette avec le B.C.

B.C. >65 cm : marmorisé. Structure polyédrique moyennement développée. (diamètre moyen 1 cm). Tassement assez fort. Assez peu de racines de toutes dimensions. Rares cailloux. pH 3,8. Hydromorphie bien développée.

Texture :

	(S.G.)	(S.F.)	(L.G.)	(L.F.)	(A.)	(M.O.)
Bh	8.8	73.5	3.2	6.5	7.6	0.3
(B)/C	6.4	66.1	2.4	3.8	21.0	0.3

Végétation

Strate arborescente : *Quercus sessiliflora, Fagus silvatica, Betula verrucosa.*

Strate arbustive : *Fagus silvatica, Rhamnus frangula, Sorbus aucuparia, Ilex aquifolium.*

Strate herbacée : *Calluna vulgaris, Deschampsia flexuosa, Maïanthemum bifolium, Pteridium aquilinum, Molinia coerulea, Luzula albida, Lonicera periclymenum, Fagus silvatica, Convallaria maïalis, Carex polyrrhiza, Rubus* sp., *Hedera helix.*

Strate muscinale : *Dicranum scoparium, Polytrichum formosum, Rhytidiadelphus triquetter.*

La végétation de cette station est, schématiquement, composée de deux G.F. :

- le G.F. n° 5^- pour la grande majorité des espèces.
- le G.F. n° 3^+ pour les autres.

Tout se passe donc comme si le faciès très acide, sur sol très sableux, de la hêtraie-chênaie se différenciait du type moyen par la présence des espèces du groupement floristique 5^-.

En même temps qu'apparaissent ces espèces, le sol lui aussi change les sols que l'on peut trouver dans ces stations appartiennent tous à la série podzolique.

4.4.3.9. Groupement floristique n° 6

Relevé n° 190.

Forêt communale de Domjulien - Parcelle 13.

Altitude : 405 m Position topographique : pente vallon.

Pente : 11°

Eclairement relatif au sol : 0 % Exposition : SO.

.../...

Pédologie

Type d'humus : mull calcique.

A_1 0-25 cm : noir jaunâtre. 5 Y 3/1. Structure moyennement développée. Polyèdres gros et anguleux (diamètre moyen 1,5 cm). Quelques gravillons de grès. Forte densité de racines de toutes dimensions (surtout faibles). Tassement moyen. pH 6,9. Transition très nette avec l'horizon suivant.

(B) C 25-45 cm : gris jaunâtre 5 Y 5/2. Plages (10 %) 5 YR 5/3, (20 %) 5 Y 6/1. Structure primatique extrêmement bien développée. Prismes de 10 cm de haut, 3,4 cm de large. Rares graviers de grès. Assez peu de racines de dimensions moyennes et petites. Tassement fort pH 6,7. Traces d'oxydo-réduction. Slicken sides. Fentes de retrait. Transition progessive sur 5-6 cm avec l'horizon C_1.

C_1 45-65 cm : plages 5 YR 5/6 (50 %), 5 Y 6/2 (50 %). Structure moyennement développée à caractère polyèdrique (diamètre moyen de 2 cm). Présence de sable grossier calcaire. Très peu de petites racines. Tassement élevé. pH 8,5. Présence de bariolages.

C_2 > 65 cm : sensiblement identique à C_1, mais beaucoup plus chargé en calcaire.

Texture :

	(S.G.)	(S.F.)	(L.G.)	(L.F.)	(A.)	(M.O.)	$CaCO_3$
A_1	2.0	4.1	11.7	34.0	39.2	9.6	0
(B) C	2.2	2.7	4.7	26.9	63.5	1.6	0
C_1	7.2	7.2	11.3	23.7	56.2	0.6	5.4
C_2	13.4	10.7	10.0	19.0	39.4	0.7	8,5

Il s'agit d'un sol brun vertique avec légère pollution de limons. Décarbonatation sur 45 cm.

Végétation

Strate arborescente : *Quercus pédunculata, Carpinus betulus, Fraxinus excelsior.*

Strate arbustive : *Prunus spinosa, Ligustrum vulgare, Evonymus vulgaris, Lonicera xylosteum, Ilex communis, Sorbus torminalis, Crataegus monogyna, Rosa canina, Viburnum opulus, Acer campestre, Crataegus oxyacantha, Carpinus betulus, Viburnum lanthana, Cornus sanguinea, Corylus avellana.*

Strate herbacée : *Carex glauca, Hyperichum hirsutum, Brachypodium silvaticum, Fragaria vesca, Convalaria maïalis, Cardamine pratensis, Phyteuma spicatum, Viola silvestris, Vicia sepium, Ficaria verna, Anemone nemorosa, Rubus* sp., *Hedera helix,*

.../...

Deschampsia coespitosa, Sorbus torminalis, Quercus pedunculata, Carpinus betulus, Milium effusum, Poa nemoralis, Luzula pilosa, Carex silvatica.

Il nous est très difficile de donner un relevé qui soit strictement caractéristique du G.F. n° 6 ; celui-ci en donne une bonne image, dans ce sens que ce G.F. est surtout caractérisé par l'abondance des arbustes (les "morts-bois calcicoles" des Forestiers). La flore herbacée est assez proche de celle du G.F. n° 3, sans cependant les espèces typiques de ce groupe.

4.5. FLORE ET CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL

4.5.1. Introduction

Les exemples donnés dans le paragraphe précédent nous ont montré les relations assez étroites existant entre les groupes floristiques et les quelques facteurs écologiques observés. Dans ce qui suit, nous avons cherché à savoir si la liaison flore-écologie était plus étroite et se retrouvait au niveau des composantes chimiques du sol.

4.5.2. Echantillonnage

Dans ce but, nous avons sélectionné vingt deux relevés parmi les 230 effectués durant l'été 1969.

En principe, il eut été préférable que chaque relevé choisi caractérise un seul groupe floristique : les exigences écologiques de ce groupe seraient alors connues sans ambiguité.

En fait, les choses sont beaucoup plus complexes : en effet, on trouve toujours au moins deux GF par relevé, parfois trois. Et ceci n'est nullement contradictoire avec ce qui a été dit précédemment : en effet, on peut très bien rencontrer en même temps et au même endroit deux groupes d'exigences écologiques différentes mais non incompatibles.

De plus, les groupes floristiques ont, comme les espèces, une certaine amptitude écologique. Le spectre écologique d'un GF est normalement assez réduit, toujours plus petit que celui de chacune des espèces lui appartenant, mais il n'en est pas moins réel.

Nous avons cherché à nous accomoder de cet état de choses en procédant de la façon suivante :

Nous avons choisi des relevés comportant un maximum de 3 groupes floristiques. Sur ces trois groupes, nous cherchions à ce qu'il y en ait au moins un qui soit complet, le deuxième étant bien représenté et le troisième n'ayant qu'une présence peu marquée.

Pour plus de clarté, prenons un exemple :

.../...

Relevé n° 2

- Strate arborescente : *Fagus silvatica, Quercus sessiliflora.*
- Strate arbustive : *Sorbus aucuparia, Fagus silvatica, Ilex aquifolium, Corylus avellana, Carpinus betulus.*
- Strate herbacée : *Pteridium aquilinum, Luzula albida, Deschampsia flexuosa, Carex pilulifera, Melampyrum pratense, Sorbus aucuparia, Vaccinium myrtillus, Molinia coerulea, Rubus* sp., *Fagus silvatica, Lonicera periclymenum, Calluna vulgaris, Veronica chamaedrys, Hedera helix, Quercus sessiliflora, Maïanthemum bifolium, Teucrium scorodonia, Hyperichum pulchrum, Juncus* sp. , *Carex polyrrhiza, Poa nemoralis, Veronica officinalis.*

On trouve, dans ce relevé, trois groupes floristiques différents, qui sont :

1/ -

Quercus sessiliflora $S_I + S_{II}$
Fagus silvatica S_{III}
Polytrichum formosum
Fagus silvatica $S_I + S_{II}$
Hedera helix
Lonicera periclymenum

Luzula albida
Quercus sessiliflora S_{III}
Rubus sp.
Sorbus aucuparia
Carpinus betulus $S_{II} + S_{III}$

On reconnaît là le GF n° 3^+ au complet.

2/ -

Teucrium scorodonia	*Melampyrum pratense*	4^-
Maïanthemum bifolium	*Molinia coerulea*	4^-
Deschampsia flexuosa	*Calluna vulgaris*	4^-
Pteridium aquilinum	*Vaccinium myrtillus*	4^-

Ces espèces sont les plus fidèles du GF n° 5^-.

3/ -

Dicranum scoparium
Molinia coerulea
Calluna vulgaris
Melampyrum pratense

Propres au groupe 4^-, ces espèces appartiennent au GF n° 5^-.

Il reste encore, dans la liste des espèces du relevé, un certain nombre de plantes que nous n'avons pu faire entrer dans aucun des trois groupes précités : à une exception près , elles appartiennent au GF n° 2. Pour des raisons pratiques, nous avons décidé de ne pas inclure ce GF dans cette dernière étude. Sa localisation est effectivement particulière (clairières, trouées) et l'étude étant centrée sur les peuplements fermés, aucun relevé n'était vraiment représentatif de ce groupe. (voir note p. 48).

.../...

Ce relevé n° 2 comporte donc des espèces appartenant à trois GF différents :

GF n° 3^+ : il est au complet

GF n° 5^- : on n'y trouve que 8 espèces sur les 14 que le groupe comporte. Mais ce sont les plus caractéristiques et les plus fidèles.

GF n° 4^- : 4 espèces, dont trois, sont communes avec le GF n° 5^-. On doit l'individualiser à cause de la présence de *Dicranum scoparium*, espèce la plus fidèle de ce groupe.

Pour chacun d'eux, nous étions en possession des données obtenues lors du premier passage sur le terrain. Nous les avons complété par des analyses de sols.

Après avoir décrit le profil, nous avons prélevé un échantillon de chaque horizon, sur lequel les analyses suivantes ont été effectuées :

1/ - Méthodes de dosage utilisées -

Ca) Extraction à l'Acétate d'Amonium
K) Dosage par photométrie de flamme

Mg Extraction à l'Acétate d'Amonium
Dosage par absorbtion atomique

S/T Extraction à l'Acétate d'Amonium

Matière organique : cuisson au four à 700° pendant 1 heure
Carbone : Méthode ANNE
Azote : Méthode de KJELDHAL
P_2O_5 : Méthode DUCHAUFOUR
Al libre : Extraction au réactif de TAMM
Dosage par absorbtion atomique
Al échangeable : Extraction au Chlorure de Potassium
Dosage par absorbtion atomique

.../...

Note - Par ailleurs, ce groupe, en plus des héliophytes"traditionnelles" rassemble des espèces telles que le Bugle, le Paturin des bois, la Moehringia : on ne les rencontre dans les **tr**eu**ées**, sur ces sols en général pauvres, que parce que localement une insolation plus forte active la minéralisation de la matière organique, enrichissant momentanément les horizons supérieurs du sol.

Dans le GF n° 2, nous avons donc des héliophytes vrais (comme le jonc, les épilobes, le saule), mais aussi des héliophytes que l'on peut qualifier d'occasionnels dont la présence est dûe à des effets indirects de la lumière.

Fe libre : Méthode Deb.

Texture : Méthode internationale. Pipette de ROBINSON.

4.5.3. Espèces et caractéristiques chimiques du sol

Nous avons d'abord essayé de vérifier visuellement la notion d'espèce indicatrice en procédant de la façon suivante :

une espèce A est présente dans 12 relevés a b, c... l. Connaissant les caractéristiques chimiques des sols, on peut définir l'amplitude écologique de l'espèce A vis à vis des facteurs observés.

Cette opération a été faite pour plusieurs espèces dites caractéristiques de milieux très différents.

En fait, les résultats n'ont pas été très encourageants :

Deux groupes d'espèces se sont individualisés :

- d'une part les plantes que l'on ne rencontre que sur sol riche (S/T = 100 %, taux de Ca, Mg, K relativement élevé, C/N voisin de 10), *Glechoma hederaceum, Paris quadrifolia, Arum maculatum, Heracleum sphondylium.*

- d'autre part, les plantes que l'on ne rencontre que sur sol très pauvre (S/T $<$ 20 %, Ca $\leqslant$ 0,2 m.eq/100 g, K $\leqslant$ 0,5 m.eq/100 g, C/N $\geqslant$ 20).
Parmi les plus caractéristiques, on a : *Maïanthemum bifolium, Teucrium scorodonia, Vaccinium myrtillus, Melampyrum pratense.*

Parmi les autres espèces, rien de très net n'est apparu. Certaines semblaient être plus abondantes dans certains milieux, mais n'étaient pas pour autant absentes de milieux chimiquement différents.

Nous avons donc abandonné la notion d'espèce caractéristique pour nous tourner vers celle de groupe floristique caractéristique.

4.5.4. Groupes floristiques et caractéristiques chimiques du sol

Nous avons donc à comparer deux entités différentes qui sont :

- d'une part, les différentes caractéristiques chimiques d'un sol,

- d'autre part les groupes floristiques tels que nous les avons définis au paragraphe 4-2.

Nous avons procédé en deux étapes :

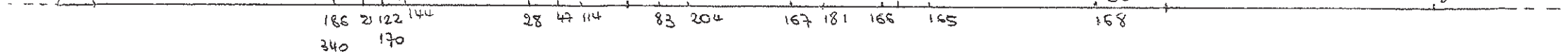
. Une première étape a consisté en une comparaison visuelle de la distribution des relevés selon chaque facteur analysé. Expliquons :

- sur un axe d'origine O, où seront portées par exemple les teneurs en Ca^{++} de l'horizon A_1, on peut disposer tous les relevés,

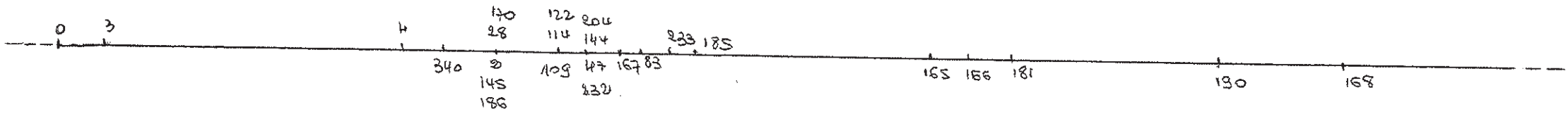
Si aucun groupe floristique ne doit sa présence à une certaine teneur en Calcium, on ne trouvera aucun regroupement de relevés autour de cette teneur.

Si au contraire, le taux de Calcium dans cet horizon A_1 est l'un

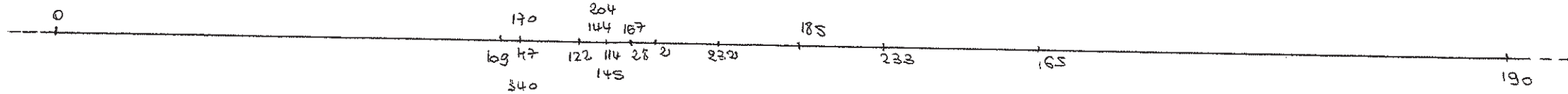
.../...



Horizon A_1

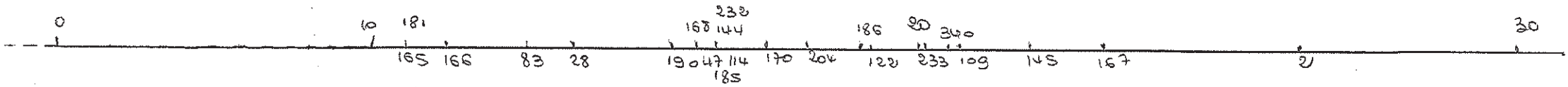


Horizon A_2 ou (B)

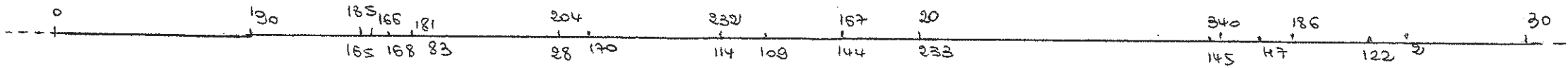


Horizon B ou II (B) ou C

Distribution des PH



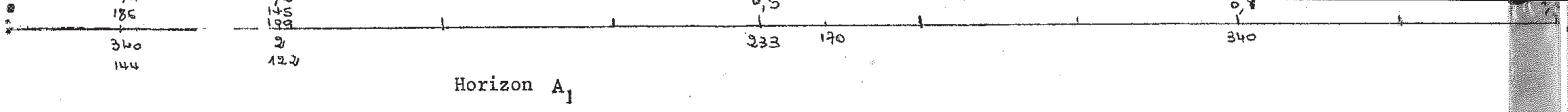
Horizon A_1



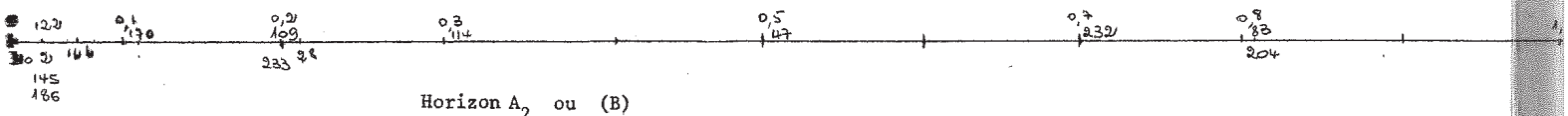
Horizon A_2 ou (B)

Distribution des C/N

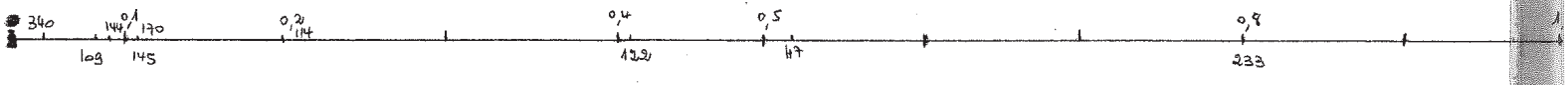
Planche 20



Horizon A_1

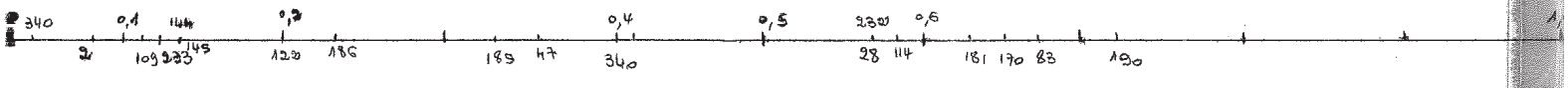


Horizon A_2 ou (B)

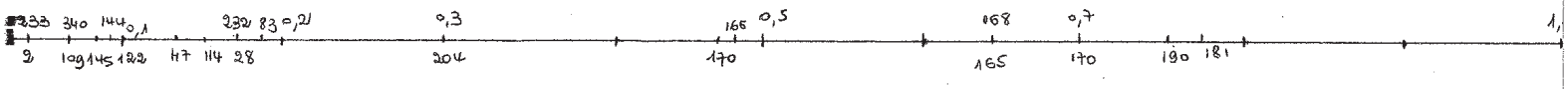


Horizon B ou II (B) ou C

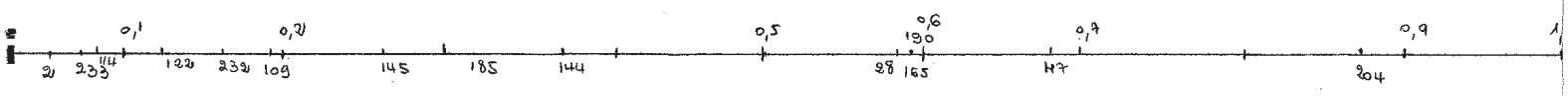
Calcium échangeable



Horizon A_1



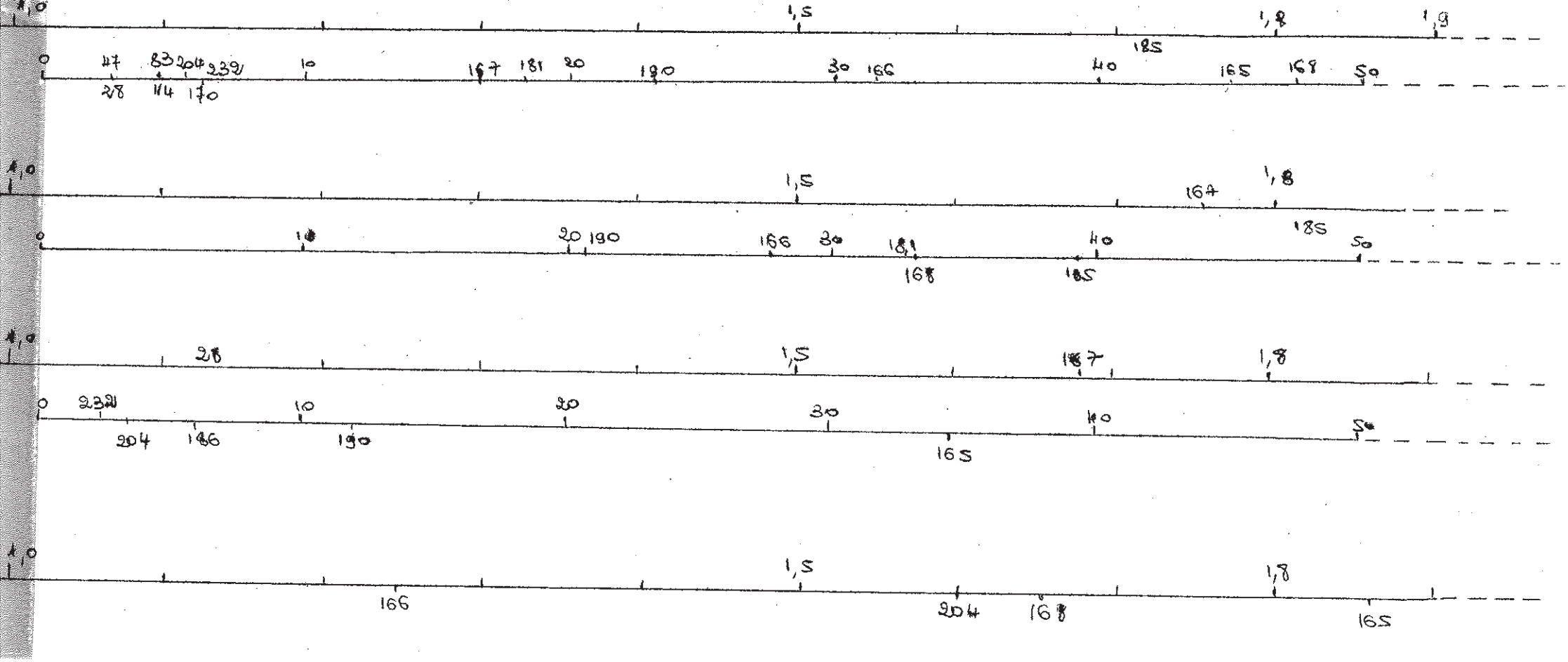
Horizon A_2 ou (B)

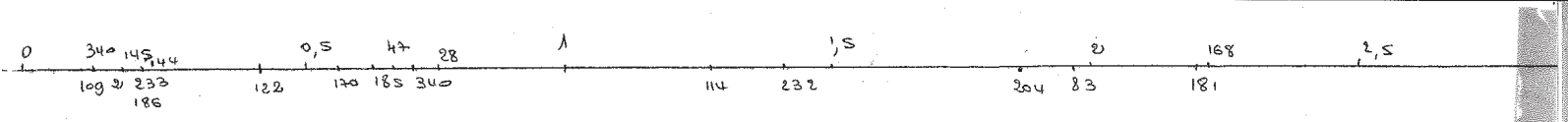


Horizon B ou II (B) ou C

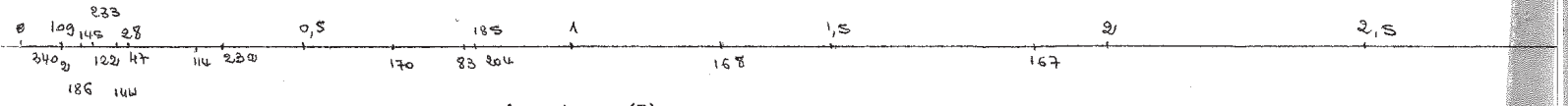
Potassium échangeable

Planche 21

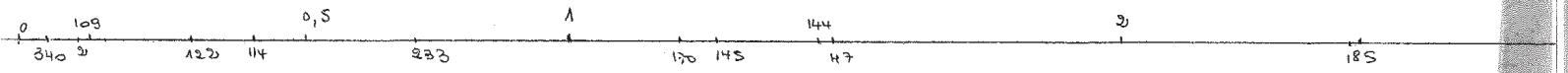

1,0
1,5
1,8
1,9
0
47 83 204 239
28 114 170
10
167 181
20
190
30 166
40
185
165 168
50
1,0
1,5
164
1,8
0
10
20 190
166
30
181
168
40
185
185
50
1,0
28
1,5
167
1,8
0
232
204 186
10
190
20
30
165
40
50
1,0
1,5
166
204
168
1,8
165



Horizon A_1

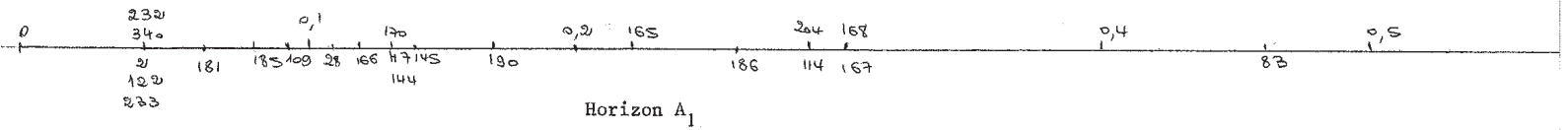


Horizon A_2 ou (B)

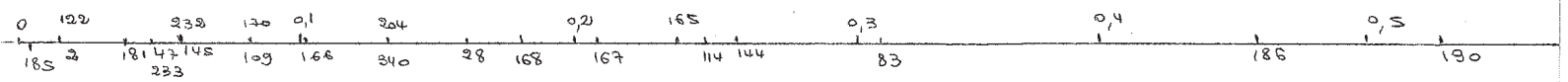


Horizon B ou II B ou C

Magnésium échangeable



Horizon A_1



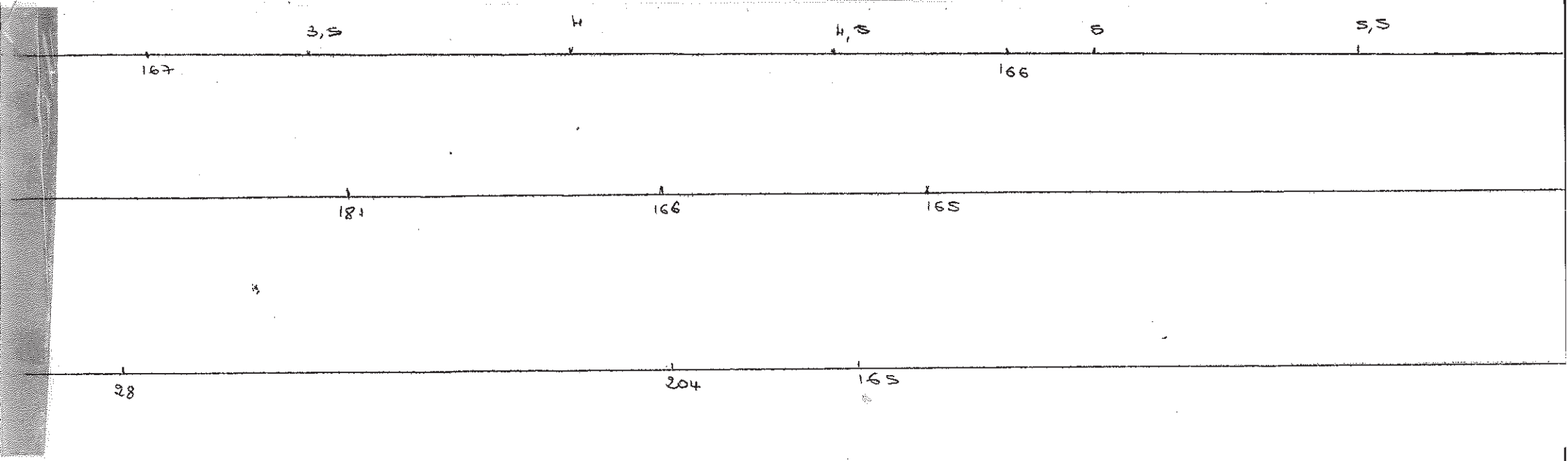
Horizon A_2 ou (B)

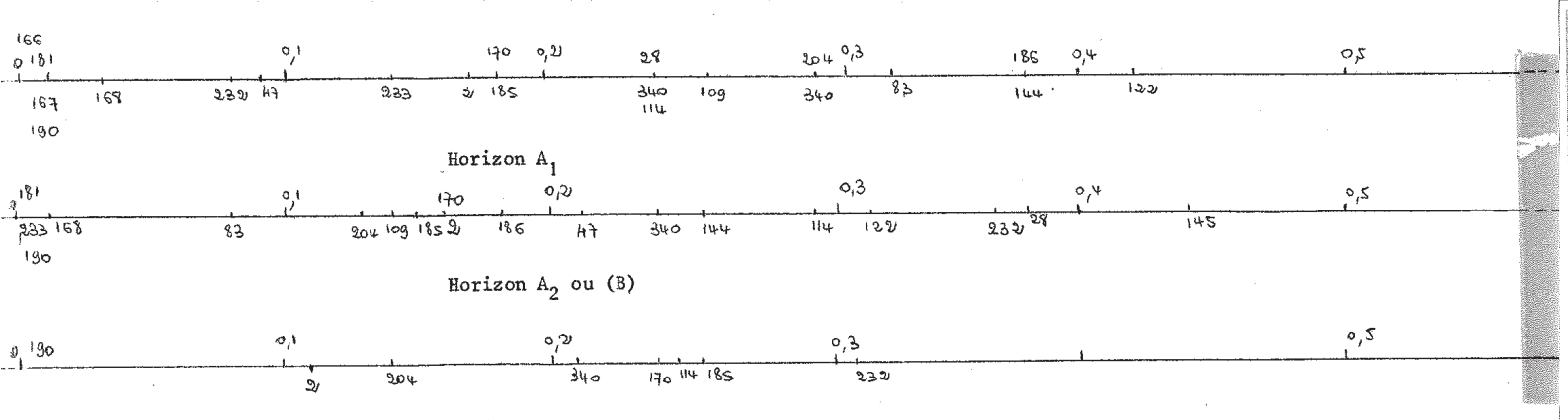


Horizon B ou II B ou C

Phosphore

Planche 22


3,5
4
4,5
5
5,5
167
166
181
166
165
28
204
165

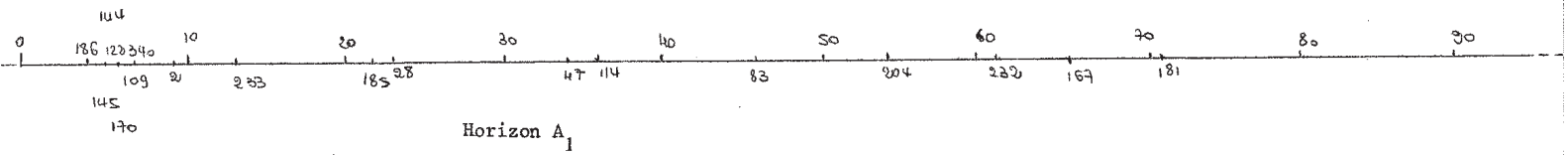


Horizon A_1

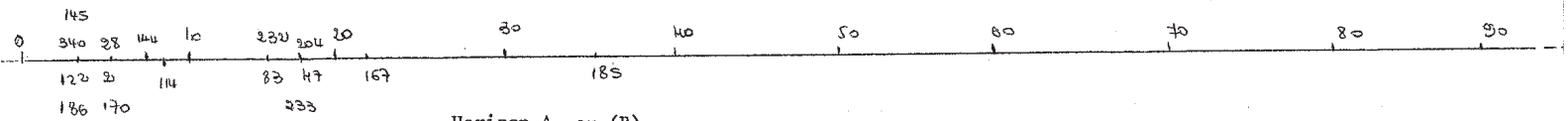
Horizon A_2 ou (B)

Horizon B ou II B ou C

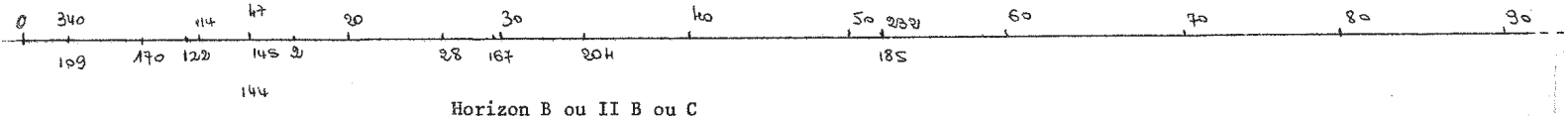
Aluminium échangeable



Horizon A_1



Horizon A_2 ou (B)

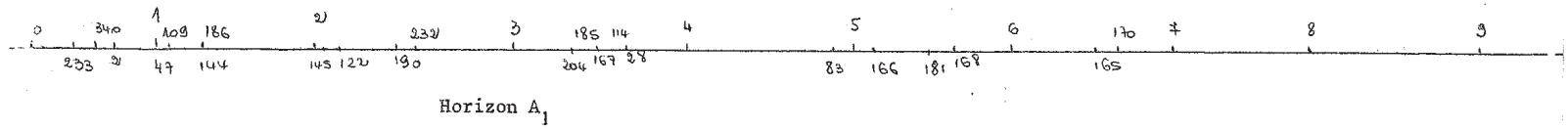


Horizon B ou II B ou C

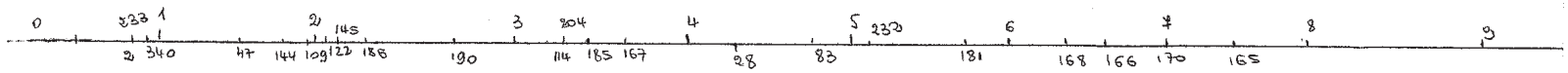
Taux de Saturation

lanche 23

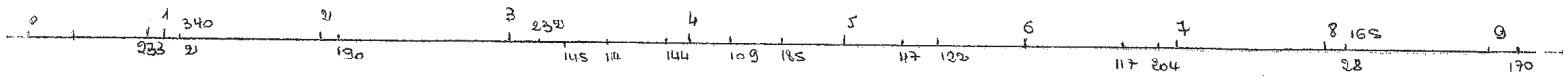
nBI
152
2'1
1'1
44
0'1
38
SH1
6'0
HH1
5'0
109
4'0
621



Horizon A_1

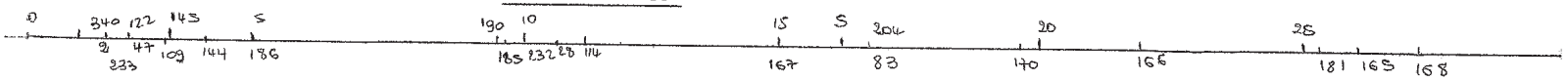


Horizon A_2 ou (B)

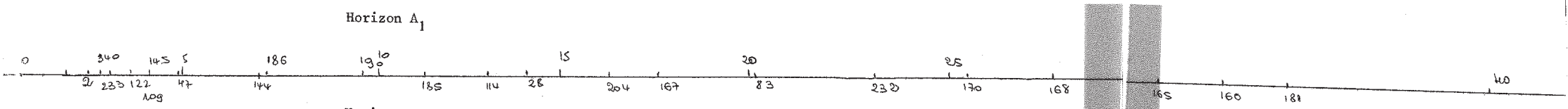


Horizon **B** ou **II** (B) ou C

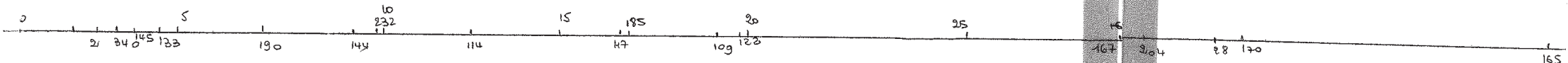
Aluminium libre



Horizon A_1



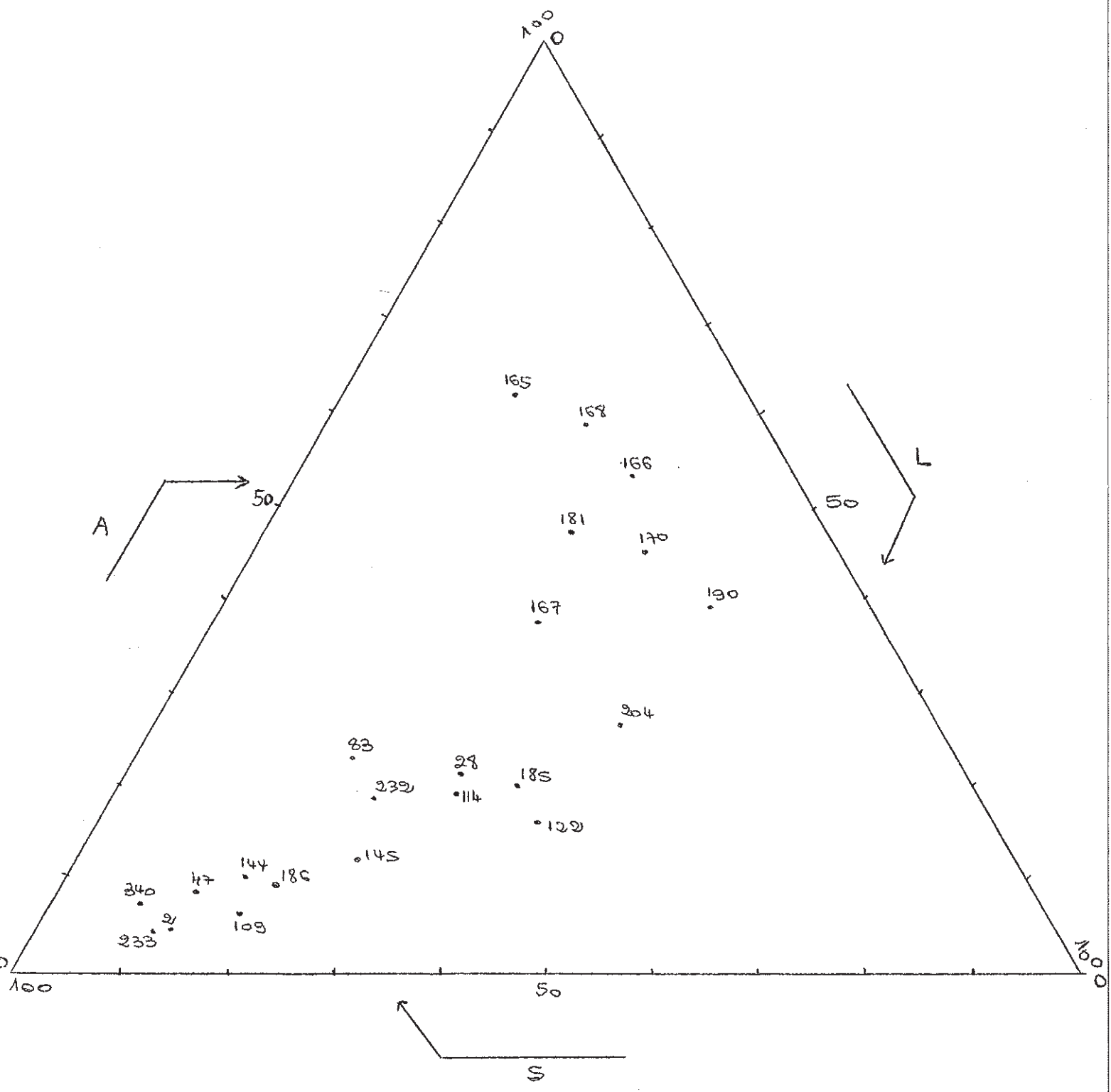
Horizon A_2 ou (B)



Horizon **B** ou **II** (B) ou C

Fer libre

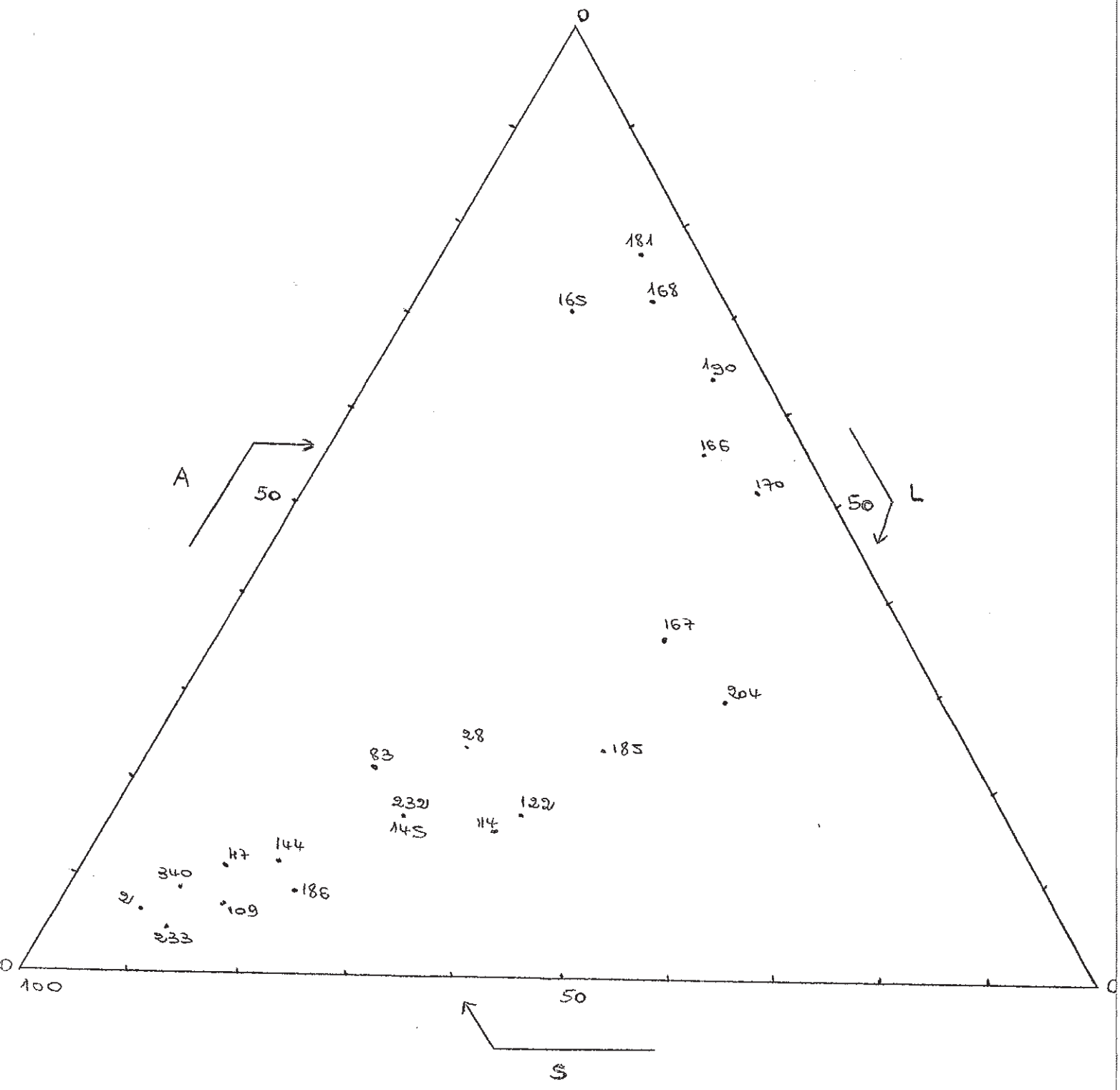
Planche 24



Triangle de texture (type DUCHAUFOUR)

Horizon A_1

Planche 25



Triangle de texture (type DUCHAUFOUR)

Horizon A_2 ou (B) -

Planche 26

facteurs majeurs de la présence d'un groupe floristique (par exemple le GF n° 6), on observera un regroupement des relevés contenant ce GF autour d'une certaine valeur alors que les autres relevés seront dispersés plus ou moins au hasard le long du reste de l'axe.

Nous avons donc, dans cette première étape, procédé de cette façon avec tous les GF et tous les éléments dosés.

Cette méthode ne nous a cependant pas permis de définir les exigences écologiques de tous les groupes floristiques. En particulier, le GF n° 4^- semblait n'être rattaché à aucune exigence chimique particulière.

. Pour tenter d'aller plus loin dans l'explication des relations entre les composantes chimiques du sol et les groupes floristiques, nous avons, dans une deuxième étape,utilisé une méthode relativement nouvelle (au moins son utilisation dans ce domaine) : l'analyse canonique. Cette méthode présente, par rapport aux analyses de régressions plus classiques, l'avantage de comparer globalement les caractères chimiques aux groupes floristiques.Par rapport aux analyses en composantes principales, elle a le gros avantage de pouvoir travailler sur des variables discontinues.

En fait, nous avons été amenés à faire deux analyses différentes -

Dans la première, nous avons pris en compte tous les groupes floristiques et tous les caractères chimiques. Mais, du fait de la trop grande dispersion des valeurs pour certains éléments (Ex. le Ca^{++} : le sol le plus pauvre contient 0,1 m. eq./100 g, le plus riche 5,8 m. eq./100 g), le graphique s'est décomposé en deux nuages de points très bien individualisés, mais sans qu'on puisse dire quoi que ce soit à l'intérieur de chacun des nuages de points (Figure n° 14).

Le premier nuage était constitué de relevés dits "riches" (n° 165, 166, 168, 181, 190) ; l'autre de relevés dits "pauvres". Si l'échantillonnage du plus petit des nuages était vraiment trop faible (5 relevés pour 4 GF), pour pouvoir aller plus loin, il n'en était pas de même pour le deuxième nuage.

Nous avons donc fait une deuxième analyse canonique dans ce deuxième nuage, en éliminant :

- les teneurs en K - Ca ainsi que S/T
- les relevés dits riches,
- les G.F. 1, 3^-, 6 et 5^+.

Cette deuxième analyse a permis de faire "éclater" le nuage de points, apportant, comme nous l'espérions, un certain supplément d'information.

4.5.5. Résultats

4.5.5.1. Méthode visuelle (1)

Nous exposons dans ce paragraphe les résultats que nous avons

.../...

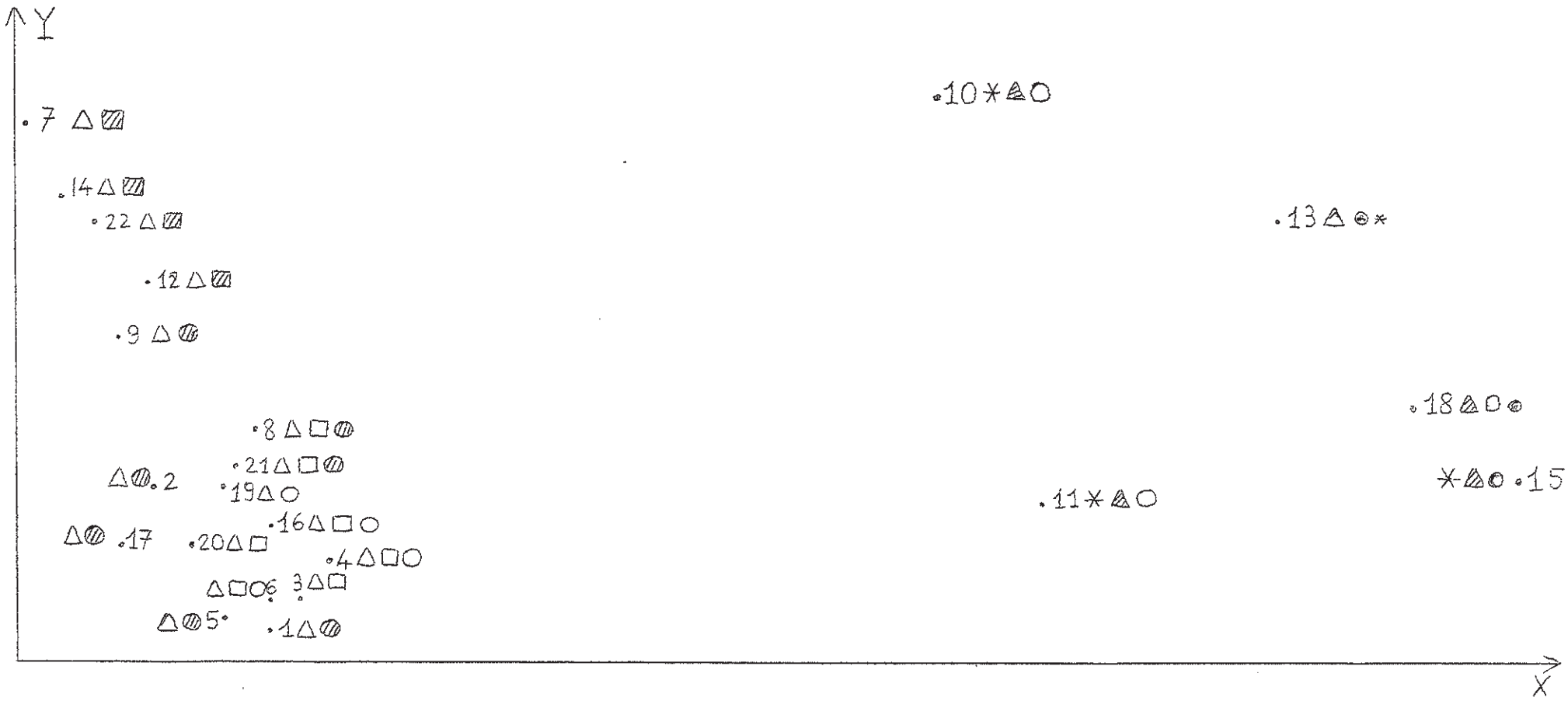
(1) pour la répartition des G.F. à l'intérieur des relevés, voir tableau n° 19.

Tableau N° 19

N° dans l'analyse	GF / R elevés	1	3^+	3^-	4^+	4^-	5^+	5^-	6
1	2	0	7	0	0	1	0	4	0
2	28	0	5	0	6	0	0	1	0
3	47	0	6	0	5	0	0	1	0
4	83	0	5	0	7	0	3	0	0
5	109	0	6	0	0	1	0	4	0
6	114	0	5	0	7	0	7	0	0
7	122	0	2	0	0	5	0	1	0
8	144	0	7	0	5	0	0	4	0
9	145	0	5	0	1	0	0	7	0
10	165	7	0	5	0	0	3	0	0
11	166	3	0	4	0	0	4	0	0
12	167	0	3	0	0	5	0	0	0
13	168	2	0	3	0	0	1	0	5
14	170	0	3	0	0	5	0	1	0
15	181	6	0	7	1	0	5	0	0
16	185	0	3	0	3	0	4	0	0
17	186	0	4	0	0	0	0	3	0
18	190	0	0	3	0	0	3	0	7
19	204	0	2	0	1	0	5	0	1
20	232	0	5	0	7	0	1	0	0
21	233	0	5	0	3	0	0	4	0
22	340	0	3	0	0	5	0	1	0

Répartition des G.F. dans les relevés

Note : la codification, de 0 à 7, que nous avons utilisée, tient compte du nombre d'espèces du G.F. présentes dans le relevé mais également du numéro d'ordre de cette espèce dans le G.F.



G.F. n° 1 ✳
G.F. n° 3^+ △
G.F. n° 3^- ◬
G.F. n° 4^+ □
G.F. n° 4^- ▨
G.F. n° 5^+ ○
G.F. n° 5^- ◍
G.F. n° 6 ◉

Variables écologiques

- Distribution des relevés obtenue par la première analyse canonique -

Figure 14

pu mettre en évidence par simple observation des planches 20 à 26 qui représentent la distribution des relevés le long des axes "facteurs chimiques".

Pour l'exposé qui suit, nous avons adopté un ordre chronologique arbitraire qui est celui des numéros des G.F. Mais, il est bien évident que cet exposé forme un tout et que nous serons souvent amené, et le lecteur voudra bien nous en excuser, à citer un G.F. que nous n'aurons pas encore décrit. On a construit un tableau général des résultats (tableau n° 27).

Nous n'y avons fait figurer que les résultats de l'horizon A_1. Ceux de l'horizon A_2 (ou (B)), bien qu'étant quantitativement différents, amènent aux mêmes conclusions quant aux positions relatives des G.F. sur les axes.

- Groupement floristique n° 1

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

  165 - 181

- de façon moyennement abondante :

  166 - 168.

Chimiquement, pour les horizons du profil pédologique, ce G.F. ne se différencie peu ou pas des G.F. 3^- et 6. On le trouve sur les sols très riches à tout point de vue.

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100 g	17	20
K m.eq./100 g	0.6	0.45
Mg m.eq./100 g	2.2	3.5
S/T %	70	100

Ces sols ne présentent pas d'Aluminium échangeable. Ce sont, par contre, les plus riches en Aluminium libre et en fer libre :

.../...

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Al libre ‰	>5	>6
Fer libre ‰	>21	>27

sauf pour le relevé 190.

Les pH y sont très élevés : 5,6 (A_1), 6 (A_2)

le C/N bas : 11,5 (A_1), 10 (A_2)

Si les analyses chimiques permettent de mettre en évidence une différence nette entre, d'une part les G.F. 1, 3^- et 6, d'autre part les G.F. 4^+, 4^-, 5^+, 5^- et 3^+, elles ne sont pratiquement d'aucune utilité pour distinguer les uns des autres les G.F. 1, 3^- et 6.

Nous devons donc chercher ailleurs les raisons qui font que ces sols qui présentent des compositions chimiques voisines portent des groupement végétaux différents.

Ce n'est pas non plus la texture qui pourra expliquer cette distribution des espèces puisque les uns comme les autres présentent une texture à dominance argileuse.

- Groupement floristique n° 3^+

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

83 - 232 - 114 - 186 - 144 - 233 - 47 - 145 - 28 - 2 - 109.

- de façon moyennement abondante :

167 - 170 - 185 - 204 - 222 - 340.

Le G.F. n° 3^+ est celui que nous avons appelé le groupement de la Chênaie-Hêtraie acidiphile. Etant donné le type de substrat sur lequel nous avons travaillé, il est normal que ce groupement se retrouve comme "toile de fond" de la plupart de nos relevés.

En fait, ce G.F. n° 3^+ se trouve très rarement seul. Sa présence n'indique qu'un contexte général (acidité assez marquée, pauvreté générale en bases échangeables, taux relativement élevé d'Al^{+++}, S/T faible), le (ou les) autres G.F. présents indiquant une tendance vers un type chimique plus précis.

Si nous classons maintenant ces relevés par rapport aux autres groupes floristiques qu'ils renferment, nous aurons :

- contenant le G.F. n° 5^- :

144 - 233 - 145 - 2 - 109 - 102 - 186 - 47 - 28.

.../...

Ce qui représente la tendance nettement acide de la Hêtraie-Chênaie ; à ce stade, le Hêtre est plus abondant que le Chêne.

- contenant le G.F. n° 5^+

114 - 185 - 204 - 83 - 232.

C'est la tendance la plus neutrophile de la Hêtraie. D'ailleurs, dans ce cas là, nous sommes en présence de relevés contenant soit en totalité le G.F. n° 3^+ et partiellement le G.F. n° 5^+, soit en totalité le G.F. 5^+ et partiellement le G.F. n° 3^+. Il semble donc que ce ne soit que pour des conditions chimiques limites que l'on constate la coexistence de ces deux groupes.

- contenant le G.F. n° 4^+ :

83 - 232 - 114 - 144 - 47 - 28 - 102 - 185 - 204. Il s'agit là de la tendance neutro-acidiphile du G.F. n° 3^+.

A l'intérieur de ce groupe de relevés, on constate aussi des tendances

- une tendance plus nettement acidiphile : 144 - 102
- une tendance neutro-acidiphile : 145 - 233
- une tendance neutrophile : 83 - 232 - 114 - 185 - 204.

- contenant le G.F. n° 4^- :

. - 167 - 170 - 122 - 340.

Il s'agit là du faciès hydromorphe du G.F. n° 3^+ ; c'est la Chêanie (à ce stade le Hêtre disparaît pratiquement totalement) acidiphile hydromorphe, établie sur un sol lessivé à pseudogley ou sur sol podzolique hydromorphe.

On voit donc bien que ce groupement 3^+ est caractérisé par une richesse chimique très variable qui ne peut être précisée que grâce à la présence d'autres groupements.

Il semble que l'optimum de richesse en éléments se situe à mi-distance entre le relevé 47 (neutro-acidiphile) et le relevé 145 (acidiphile). Le relevé idéal ne contenant que les espèces du G.F. n° 3^+ aurait donc des caractéristiques chimiques intermédiaires entre celles trouvées pour le 47 et celles trouvées pour le 145.

Pour ce qui est des textures des sols, l'éventail en est aussi très large : le G.F. n° 3^+ semble s'accomoder aussi bien des sols limoneux que des sols sableux. Là encore c'est le G.F. compagnon qui l'indiquera d'une façon plus précise. Ainsi,

- s'il est accompagné du G.F. n° 5^-, elle sera nettement sableuse,
- s'il est accompagné du G.F. n° 4^+, elle sera équilibrée,
- s'il est accompagné du G.F. n° 5^+, elle sera nettement limoneuse.

.../...

- Groupement floristique n° 3^-

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

181 - 165

- de façon moyennement abondante :

166 - 190 - 168

Chimiquement, nous l'avons dit plus haut, on ne peut distinguer ce groupe des G.F. n° 1 et 6 : on les trouve dans les mêmes relevés.

Il semblerait cependant, si on regarde la distribution des G.F. à l'intérieur de ces relevés, que le G.F. n° 1 serait plus abondant là où les teneurs en bases échangeables sont les plus élevées.

Mais, l'échantillonnage est ici trop faible pour avoir une certitude.

Par contre, ce G.F. n° 3^- est très différent du G.F. n° 3^+. Si on se reporte aux planches 20 à 26, on voit que la richesse chimique des sols du G.F. 3^- est beaucoup plus élevée que celle des sols du G.F. 3^+ : il n'y a pratiquement aucun chevauchement des valeurs.

- Groupement floristique n° 4^+

Présent dans les relevés :

- d'une façon très abondante :

83 - 232 - 114 - 28 - 144 - 47.

- d'une façon moyennement abondante :

233 - 185

- simple présence :

204 - 145 - 181.

Le sol des relevés où l'on trouve ce groupement a des caractéristiques chimiques assez nettement définies qui se situent à un niveau intermédiaire entre celles du groupe 5^+ et celles du groupe 5^-. La dispersion des valeurs le long des graphiques n'en est pas moins assez importante.

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100g	$2,5 < Ca < 6,0$	$0,2 < Ca < 0,8$
K m.eq./100 g	$0,3 < K < 0,6$	$0,07 < K < 0,16$
Mg m.eq./100 g	$0,5 < Mg < 1,5$	$0,1 < Mg < 0,4$
S/T %	$20 < S/T < 60$	$6 < S/T < 20$

En confirmation de l'hypothèse émise plus haut, on s'aperçoit que les relevés contenant ce G.F. n° 4^+ peuvent être rangés dans deux catégories :

- dans la première, nous trouvons les relevés 204, 114, 83, 185 et 181 qui contiennent, en plus du G.F. 4^+, le G.F. 5^+,
- dans la seconde, nous trouverons les relevés 144, 47, 233, 145, 28 qui contiennent, en plus du G.F. 4^+, le G.F. 5^-.

La première catégorie représente la tendance chimiquement riche des relevés contenant le G.F. 4^+, la seconde la tendance chimiquement pauvre.

Quant à l'Aluminium et au Phosphore, on ne trouve toujours pas de distribution orientée.

Les textures sont en général limono-sableuses, avec une tendance limoneuse pour les relevés où l'on trouve les G.F. 4^+ et 5^+ ensemble, une tendance sableuse là où l'on trouve 4^+ et 5^- dans les mêmes relevés.

En tous cas, le rôle intermédiaire du G.F. 4^+ entre le G.F. 5^+ et le G.F. 5^- se confirme de plus en plus.

- Groupement floristique n° 4^-

Présent dans les relevés :

- d'une façon très abondante :

122 - 340 - 170 - 167.

Ce G.F. n° 4^- est le G.F. des sols hydromorphes dès la surface.

Ces sols sont chimiquement très mal caractérisés : on n'observe de regroupement pour aucun des facteurs chimiques mesurés.

On peut les scinder en deux groupes :

- les sols hydromorphes chimiquement riches : 167
- les sols hydromorphes chimiquement pauvres : 340 - 170 - 122.

Ces deux groupes sont chimiquement très différents et floristiquement très semblables.

La méthode d'observation n'arrive pas à justifier cette homogénéité floristique. Nous verrons plus loin, grâce à l'analyse canonique, qu'il existe là aussi un lien chimique entre le G.F. n° 4^- et le sol.

- Groupement floristique n° 5^+

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

114 - 204 - 181 - 166 - 185.

- de façon moyennement abondante :

83 - 165 - 190.

- simple présence :

168 - 232.

.../...

Ce groupement floristique se trouve dans des stations où le sol est chimiquement homogène. C'est un groupement de sols relativement riches, de texture limoneuse à limono-argileuse. Le regroupement des relevés correspondant se fait pour les éléments suivants :

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100 g	$> 4,5$	$> 0,8$
K m.eq./100 g	$> 0,55$	$> 0,15$
Mg m.eq./100 g	$5,0 > Mg > 1,2$	$4,1 > Mg > 0,3$
S/T %	$> 3,5$	> 20

Pour la première fois avec ce G.F., on trouve des relevés dont les caractéristiques chimiques du sol s'écartent de la moyenne ; le relevé 114 est riche en surface, plus riche que la moyenne, alors qu'il est plus pauvre en profondeur. Pour le relevé 185, on observe l'inverse : il est plus pauvre en surface et plus riche en profondeur. C'est probablement parce que la somme globale de la réserve en éléments chimiques est voisine de la moyenne que ces stations un peu particulières présentent le G.F. n° 5^+.

Si on ne peut rien conclure quant au P_2O_5, il n'en est pas de même pour l'Aluminium libre : il semble que plus le sol est riche, moins il contient d'Aluminium libre. Dans le cas présent, les trois relevés où le sol contient des quantités non négligeables de Al se différencient des deux autres par le fait que l'on n'y trouve que les G.F. 5^+, 4^+ et 3^+ ; les deux relevés où le sol ne contient pas d'Al libre ne comportent pas le G.F. 3^+, mais possèdent par contre des espèces du G.F. 1.

Ce G.F. 5^+ fait la transition entre la Chênaie-Hêtraie acidiphile et la Chênaie pédonculée mésophile.

- Groupement floristique n° 5^-

Présent dans les relevés :

- d'une façon très abondante :

  144 - 233 - 145 - 2 - 109 - 102

- d'une façon moyennement abondante :

  186

- simple présence :

  47 - 28 - 170 - 122 - 340.

.../...

Comme le G.F. n° 5^+ qui lui est floristiquement opposé, ce G.F. n° 5^- se caractérise très bien chimiquement. C'est un groupe floristique de sols pauvres à très pauvres, dont la texture est normalement sableuse.

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100 g	$< 0,5$	$< 0,2$
K m.eq./100 g	$< 0,25$	$< 0,15$
Mg m.eq./100 g	$< 0,2$	$< 0,2$
S/T %	< 10	< 10

Ces sols sont pauvres en bases échangeables et leur taux de saturation est en général très faible.

Pour ce qui est des autres éléments analysés, rien ne ressort avec netteté : que ce soit pour P_2O_5 ou Al^{+++}, on ne retrouve pas l'opposition entre G.F. 5^+ et G.F. 5^-. Les relevés appartenant à ces groupes sont dispersés le long des axes en mélange.

Il existe un relevé, le n° 233 pour lequel la teneur en Ca et la valeur du rapport S/T s'écartent très sensiblement des fourchettes données plus haut. De fait, floristiquement, ce relevé se distingue aussi des autres puisqu'il comporte, en plus des espèces du G.F. n° 5^-, des plantes comme la Mélique, l'Aspérule, l'Oxalis et même une tache de Brachypode : il est probable que ces espèces doivent leur présence à ce taux de Ca plus élevé. On peut enfin expliquer cette teneur en Calcium qui pourrait paraître surprenante pour cette station : en fait, le relevé 233 se trouve sur une pente, presque en bas, et pas très loin des bancs d'argile du Keuper qui peut donc affleurer par endroit sur de très petites surfaces.

- Groupement floristique n° 6

Nous ne dirons rien sur ce G.F. : étant présent dans les mêmes relevés que les G.F. n° 1 et 3^-, nous n'avons pas pu le caractériser chimiquement.

Cette méthode visuelle nous montre donc que la présence des groupes floristiques sur une station donnée est certainement, au moins en partie, conditionnée par les caractéristiques chimiques du sol de la station.

Naturellement, tous les éléments dosés n'ont pas le même poids dans la distribution des groupes floristiques.

.../...

Elément G.F.	Texture	Ca	K	Mg	S/T	P_2O_5	C/N	Fe ‰	Al ‰	Al^{+++} ‰	PH	Commentaire
G.F. n° 1 Mull actif taillis à érable	A	> 17	> 0.6	> 2.2	> 70	Rien de net pour	< 11.5	> 21	> 5	0	> 5.6	Profil très riche
G.F. n° 3^+ Hêtraie-Chênaie sessile acidiphile	L à LS	0.1 à 5.9	0.02 à 0.65	0.10 à 1.96	4.0 à 61.0		12.5 à 27	2.2 à 16.8	0.5 à 3.47	0.08 à 0.61	3.9 à 5.2	Grande variabilité des teneurs
G.F. n° 3^- Chênaie pédonculée-Frênaie	A à AL	Sensiblement les mêmes valeurs que pour le G.F. n° 1										
G.F. n° 4^+ Mull forestier Hêtraie à asperule	L à LS	2.5 à 6.0	0.3 à 0.6	0.5 à 4.5	20 à 60	aucun G.F.	12.5 à 16.5	2.7 à 16.8	1.0 à 4.9	0.08 à 0.38	4.2 à 5.2	Faciès moyennement riche du G.F. 3^+
G.F. n° 4^- Chênaie hydromorphe à Molinie	très variable	Distribution tout le long des axes										
G.F. n° 5^+ Chênaie mésophile à Carex silvatica	AL	> 4.5	0.55 à 6.70	1.2 à 2.2	> 35		10.5 à 18.0	10.0 à 26.0	3.2 à 5.6	< 0.29	4.8 à 6.1	Faciès riche du G.F. 3^+
G.F. n° 5^- Hêtraie acidiphile à Teucrium	S	< 0.5	< 0.25	< 0.2	< 10		> 20	2.0 à 4.0	0.5 à 2.0	0.14 à 0.6	3.9 à 4.2	Faciès pauvre du G.F. 3^+
G.F. n° 6 Mull calcique - T.S.F. à morts-bois calcicoles	A	Sensiblement les mêmes valeurs que pour le G.F. n° 1.										

Tableau n° 27

Nous avons vu que Ca, K et Mg (donc, implicitement S/T) jouent un rôle prépondérant.

Pour ce qui est des autres éléments dosés, leur rôle est beaucoup moins marqué.

En ce qui concerne le C/N, on retrouve des choses connues : C/N élevé pour les humus du type mull acide et moder, C/N faible pour les mulls, C/N très faible pour les mulls calciques.

L'Aluminium échangeable lui se distribue d'une façon inverse de S/T : plus le sol est riche, moins on y trouve d'Al^{+++}. Quant au Fer total et à l'Aluminium libre, les espèces semblent y être indifférentes. Tout ce qu'on remarque c'est un enrichissement des horizons profonds quand il y a lessivage.

Enfin, le Phosphore. Nous avons été étonné de constater que sa répartition ne suivait aucune loi : on sait en effet qu'il y a une grande importance dans la nutrition des végétaux.

Bien qu'aucun test mathématique ne puisse être avancé pour justifier nos conclusions (1), celles-ci sont relativement sûres, au moins chaque fois que l'échantillonnage est assez abondant. De plus, aucun de nos résultats n'est en contradiction avec ce que nous avons eu l'occasion de lire dans la bibliographie.

4.5.5.2. Analyse canonique

A la suite des différentes observations que nous avons faites, nous ne sommes pas arrivés à mettre en évidence ce qui différenciait, d'un point de vue chimique, les G.F. 1, 3^-, 6 et 4^+, 4^-. C'est à l'analyse canonique que nous avons eu recours pour tenter d'aller plus loin dans nos explications.

4.5.5.2.1. Première analyse -

Une première analyse a porté sur tous les facteurs mesurés,

- qu'ils soient chimiques
- ou floristiques.

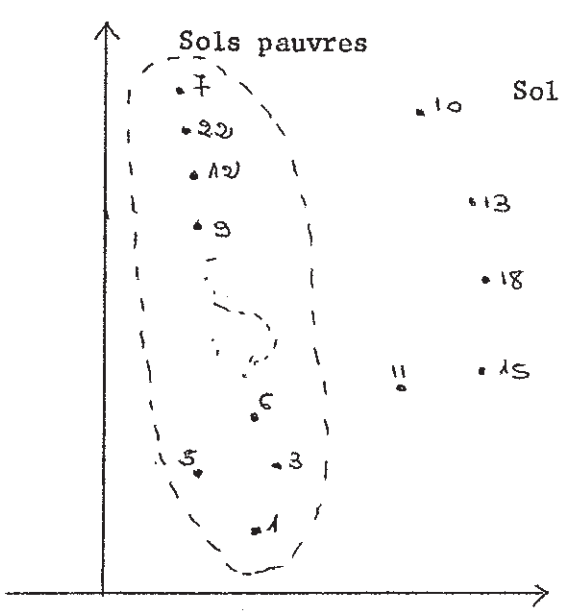
Les résultats de cette première analyse sont très bons en ce sens qu'ils confirment tout ce que nous avons pu dire jusqu'ici, décevants dans ce sens qu'ils n'apportent aucune information supplémentaire.

Que ce soit dans l'espace écologique ou dans l'espace floristique, les relevés sont agencés de façon identique (fig. 27).

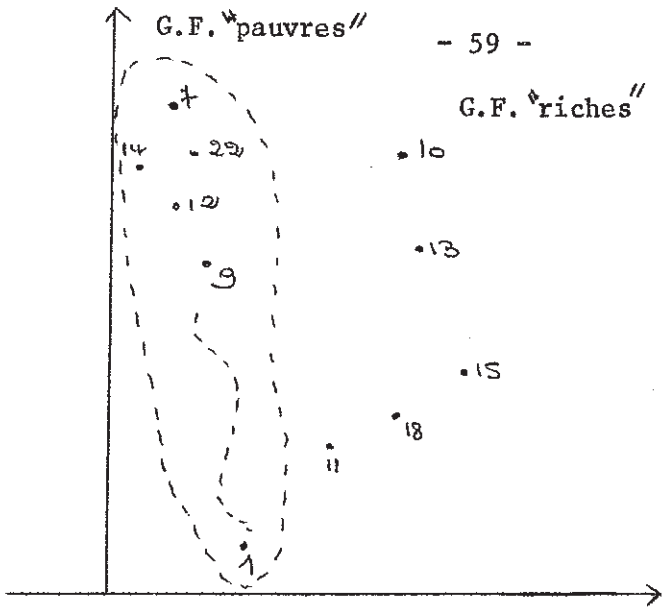
.../...

---

(1) Ces tests ne seraient applicables que si les relevés ne comportaient pas plusieurs G.F. à la fois.



Plan gauche
(composantes écologiques)



Plan droit
(composantes floristiques)

Cette première analyse ne permet pas d'aller plus loin dans la séparation entre les groupes. Nous avons donc tenté une deuxième analyse en repartant sur des bases légèrement différentes.

4.5.5.2.2. Deuxième analyse -

La première analyse nous a montré la liaison étroite existant entre les caractères K, Ca et S/T. L'énorme différence existant entre les deux groupes de relevés pour les valeurs de ces variables créé un "bruit de fond" pour l'analyse.

Nous avons donc décidé de supprimer ces variables pour la deuxième analyse ainsi que les groupes floristiques 1, 3^-, 5^+, 6 et que les relevés où ces groupes sont présents. Cette deuxième analyse nous donne une seule corrélation significative, qui s'établit d'une part contre le G.F. 4^- opposé à tous les autres (donc, en particulier, au 4^+) et la teneur en matière organique, liée au Fer, d'autre part.

Tout se passe comme si, pour le G.F. 4^-, une teneur en matière organique équivalente à celle qu'on trouverait pour un autre quelconque G.F., il correspondrait beaucoup moins de Fer que pour ces autres groupes.

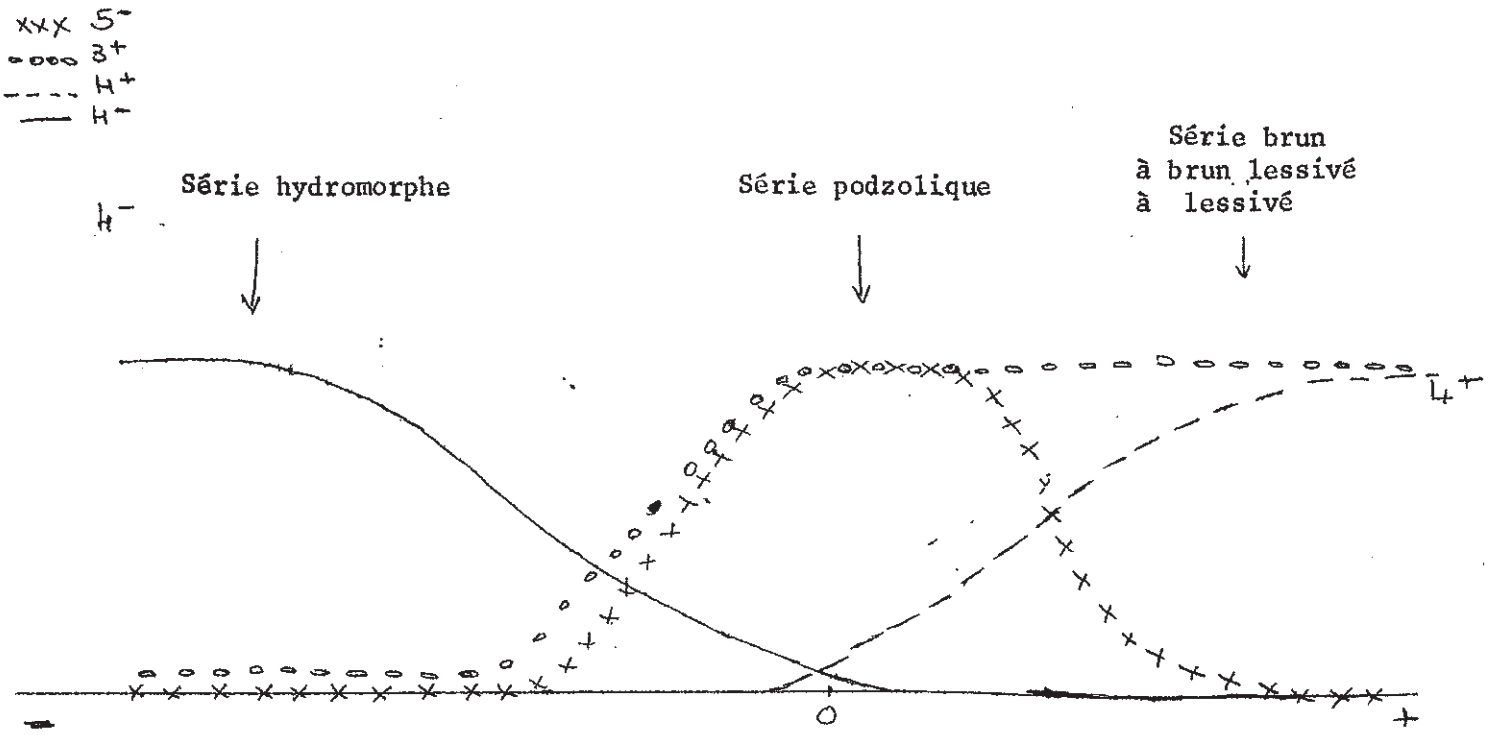
Nous pouvons tenter de donner une explication biologique de ce phénomène.

Ces relevés où l'on trouve le G.F. n° 4^- sont des relevés sur sols hydromorphes. Les sols hydromorphes ont comme caractéristique principale de voir leur teneur en matière organique (Acide) augmenter de façon considérable. Par ailleurs, l'acidité de cette matière organique provoque une réduction du Fer ferrique à l'état de Fer ferreux qui migre ainsi beaucoup plus facilement. Pratiquement, on peut même arriver à une disparition complète du Fer dans les horizons éluviaux.

.../...

Ces phénomènes consécutifs à l'hydromorphie masquent totalement les autres composantes chimiques du profil. Si on regarde les teneurs en éléments autres que Fer ou Matière organique, on constate qu'elles varient énormément d'un relevé à l'autre. Par exemple, le relevé 340 est très pauvre en éléments tels que K, Ca ; par contre, le relevé 167, bien que relativement riche en Ca, K, présente la même flore que le relevé 340.

La présence d'une nappe phréatique, qu'elle se développe dans un sol originellement très pauvre ou relativement riche, est donc un facteur déterminant dans la composition floristique du tapis herbacé, au moins dans les limites de richesse que nous avons rencontrées.



Répartition des groupes floristiques en fonction de Matière organique et Fer (variable canonique de droite)

Figure n° 28

Essayons de voir comment se répartissent les autres groupes floristiques vis à vis de ce facteur.

Là encore, les résultats sont intéressants. On voit en effet (fig. 33) que le G.F. 4^- n'est pas le seul à répondre à ce facteur et que les autres G.F. y sont sensibles.

On retrouve le rôle de "toile de fond" du G.F. n° 3^+ : son amplitude écologique plus vaste lui permet d'être présent quand, à quantité de Matière organique égale, il y a une quantité de Fer voisine de la moyenne ou même supérieure à la moyenne (sols de la série podzolique et sols bruns à lessivés).

.../...

Le G.F. n° 5^- lui se cantonne autour de la moyenne. Ayant son optimum sur des sols de la série podzolique, ce résultat est logique puisque dans ces sols, le taux de Matière organique augmente alors que celui de Fer diminue légèrement (émigration des sesqui oxydes).

Enfin, le G.F. n° 4^+, G.F. d'humus doux, se trouve en général sur des sols faiblement lessivés où l'on n'a pas d'accumulation importante de Matière organique ni de lessivage intense du Fer.

4.5.5.3. Conclusion

Cette étude complémentaire sur la flore, en liaison avec les composantes chimiques du sol, est en définitive riche d'enseignements.

. D'abord au point de vue des méthodes utilisées : l'analyse canonique s'est montrée très fructueuse : en ajoutant les uns aux autres des petits effets jouant dans le même sens, elle a mis en évidence ce qu'aucune autre méthode n'avait pu faire,

. Ensuite, au point de vue des résultats : la notion d'exigence écologique d'une espèce n'est pas une vue de l'esprit mais est pratiquement peu utilisable du fait de l'étendue du spectre écologique de la plupart des espèces (au moins dans notre cas, ceci étant moins vrai pour les espèces sociales).

Par contre, la notion d'exigence écologique d'un groupe floristique est beaucoup plus intéressante : étant en quelque sorte la synthèse des exigences écologiques de chacune des espèces qui le compose, son spectre est beaucoup moins étendu, donc plus précis et plus fidèle. Il n'en reste pas moins que lors de cette étude, une des premières du genre à notre connaissance, et qui utilise l'analyse canonique, nous nous sommes trop limités dans l'échantillonnage et nous n'avons pas pu exploiter le fond des données que nous avions. A l'avenir, il nous faudra donc porter toute notre attention sur ce problème qui est primordial.

Tout en conservant (pour cette comparaison G.F. - Chimie) un nombre de relevés pas trop important, il faut cependant que chaque G.F. soit présent dans un minimum de relevés.

4.5.6. Estimation de la fertilité

On sait que, en futaie, la hauteur dominante est une bonne estimation de la potentialité-production. En l'absence de données concernant le taillis-sous-futaie, nous avons tenté de voir s'il existait des liaisons entre la hauteur dominante des réserves d'une part, l'accroissement sur le rayon en trente ans (révolution du taillis) d'autre part, et les facteurs écologiques conditionnant la fertilité.

.../...

A cette fin, nous avons étudié les liaisons existant entre ces caractéristiques présumées de la fertilité et les facteurs synthétiques élaborés par l'analyse écologique, ceci au moyen de régressions orthogonalisées (TOMASSONE 1967).

La même méthode a été utilisée pour mettre en évidence une liaison éventuelle entre le couple de torsion (censé refléter la qualité du bois : voir § 2.2.2.4.) et les mêmes facteurs synthétiques.

Deux analyses ont été faites séparément, une pour les Chênes, l'autre pour les Hêtres.

4.5.6.1. Le Chêne

. Hauteur dominante - accroissement sur le rayon en trente ans.

Pour la hauteur dominante, on trouve une corrélation hautement significative avec les composantes 1 et 4, significative au seuil de 5 % avec la composante 5.

On peut en conclure que l'optimum de croissance en hauteur pour le Chêne se situe sur les terrains sableux (dans la région étudiée) ; en revenant aux facteurs initiaux, on peut préciser les caractéristiques de ces stations : sols acides, sableux (grossiers), peu tassés, où l'hydromorphie est assez profonde.

On n'observe aucune liaison significative en ce qui concerne l'accroissement sur le rayon : on peut l'expliquer par le fait que dans le traitement en taillis sous futaie, la croissance sur le rayon dépend plus de l' "histoire" de l'arbre que de la fertilité du sol.

. Couple de torsion

On n'observe aucune liaison significative avec les facteurs écologiques mesurés. En fait, dans le cas du Chêne, cette mesure est peu fidèle, l'épaisseur de l'écorce variant beaucoup d'un arbre à l'autre.

4.5.6.2. Le Hêtre

. Hauteur dominante - accroissement sur le rayon en trente ans.

En ce qui concerne la hauteur dominante, la corrélation est hau-

.../...

tement significative avec la composante n° 7, significative au seuil de 5 % pour les composantes 1 et 3.

Comme pour le Chêne, on trouve les meilleures potentialités - production sur sol sableux. Ce résultat se nuance lorsqu'on revient aux facteurs initiaux:

le Hêtre préfère les sols acides, profonds, légers et bien drainés ; la gamme des textures peut y varier des sables grossiers aux limons grossiers (inclus).

Là encore, la mesure des accroissements n'est liée significativement avec aucun facteur, pour les mêmes raisons que pour le Chêne.

. Couple de torsion

Dans le cas du Hêtre, on trouve une corrélation significative au seuil de 5 % entre le couple de torsion et la composante 5 : les stations sableuses, par opposition aux stations sur argile ou limon fin , sont donc également plus favorables à la qualité du Hêtre.

V - D I S C U S S I O N - C O N C L U S I O N S

L'objet de ce paragraphe n'est pas de reprendre les résultats dont on peut trouver une synthèse aux paragraphes 4.3, 4.4. et 4.5. Nous essayerons plutôt d'y mettre en évidence les améliorations que l'on pourrait apporter à des méthodes qui, par ailleurs, ont donné des résultats très satisfaisants.

5.1. L'ECHANTILLONNAGE

Il revêt une importance toute particulière dans ce type d'étude. Le principe de l'échantillonnage au hasard apparaît comme préférable à tout autre, malgré l'inconvénient (mineur) qu'il conserve (mais dont ne sont pas exempts les autres procédés) : il accorde un poids maximum aux types de station les mieux représentés en superficie ; les résultats obtenus ne sont donc valables intégralement que sur la région échantillonnée, et ne doivent être extrapolés à d'autres régions, même très proches, qu'avec beaucoup de prudence.

En revanche :

. il ne fait pas intervenir de coefficient personnel dû au chercheur (objectivité),

. il donne une bonne idée de l'importance relative des types de peuplement rencontrés, tout en apportant une sérieuse garantie de ne pas avoir fait d'oublis.

5.2. LES ANALYSES

5.2.1. Résultats

Quand nous avons commencé cette étude, notre méthode de travail sur le terrain a été de mener parallèlement les relevés phytosociologiques et écologiques.

Nous avons ensuite exploité parallèlement ces deux catégories de données qui ont débouché l'une sur l'élaboration de Groupes floristiques, l'autre sur celle de Groupes écologiques.

Les groupes élaborés par les deux analyses se sont révélés très proches les uns des autres. Les Groupes floristiques étant les plus satisfaisants, ce sont eux que nous avons conservés. Un parallèle établi avec les groupes écologiques nous a permis de définir l'amptitude écologique de ces groupes floristiques.

.../...

Cette étude des relations flore - caractéristiques chimiques du sol a complété cette étude.

5.2.2. Perspectives

5.2.2.1. Quant aux méthodes

Les méthodes que nous avons utilisées (Analyse factorielle, Analyse canonique) se sont révélées bien adaptées à nos préoccupations.

L'analyse factorielle s'avère assez facile à mettre en oeuvre et donne des résultats satisfaisants.

Dans le cas de l'analyse floristique, il faut cependant noter qu'elle ne débouche pas sur une classification. S'il ne s'agit pas là d'un inconvénient majeur, bien que, pratiquement, nous ayons pu nous en accomoder, il n'en reste pas moins que nous essayerons à l'avenir d'aboutir à une classification (ceci pourrait se faire en faisant l'analyse factorielle non sur une matrice de coefficients de JACCARD, mais sur une matrice de coefficients assimilables à des distances).

C'était la première fois que nous utilisions l'analyse canonique. Nous l'avons fait sur une petite partie des données, comme complément à une autre méthode. Nous ne pouvons donc pas encore nous faire une idée très précise des services qu'elle sera susceptible de rendre à l'avenir. Néanmoins, et dès maintenant, il est certain que nous pouvons en espérer un supplément de résultats. Il serait peut-être bon que, lors de la prochaine étude de ce type, l'on compare les possibilités de l'Analyse factorielle et de l'Analyse canonique sur les mêmes données écologiques.

5.2.2.2. Quant aux résultats

Cette étude fait évoluer nos idées sur les méthodes à employer pour réaliser ce type de travail.

Une première tournée serait consacrée à la floristique (1). Sur les données recueillies, une première analyse serait faite qui permettrait de définir les groupes floristiques. On ferait ensuite un tri parmi tous les relevés effectués de ceux qui sont les plus représentatifs de chaque groupement floristique : c'est dans ces relevés que se ferait l'étude écologique. Cette étude ainsi réalisée serait beaucoup moins lourde puisque portant sur un nombre restreint de relevés. Enfin, elle serait moins aléatoire puisque en procédant ainsi nous aurions moins de risques d'oublier le facteur écologique qui risque de caractériser un G.F. (voir § 4.2.2. 6ème composante).

.../...

(1) Un relevé floristique étant d'une réalisation beaucoup plus rapide qu'un relevé mixte phyto-écologique, nous gagnerions, lors de ce premier passage, un temps appréciable. On peut alors utiliser ce temps supplémentaire pour augmenter le nombre de relevés et par la même augmenter la précision du travail.

De plus, cette étude écologique, au lieu de se limiter à prendre en compte des facteurs assez généraux, pourrait être aussi fine que celle que nous avons exposée au § 4.5.5.

Ce travail ne doit pas être considéré comme une fin en soi. Il a permis de déceler un certain nombre de corrélations entre des caractéristiques écologiques et certaines composantes de la biologie de la forêt : vérifier, peut-être expérimentalement, qu'il s'agit de liaisons de cause à effet et les préciser, quantitativement, pourrait être une suite logique de cette étude.

ANDERSON T.W. 1964. Introduction to multivariate statistical analysis. John Wiley, New-York.

AUSSENAC G., BECKER M. 1968. Ecologie d'un massif sur sols hydromorphes : la forêt de Charmes (Vosges). Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude dynamique du milieu forestier. Ann. Sci. forest., 25,4, 291-332.

AUSSENAC G., PARDE J. 1969. Forêts et climats. BTI, 237, Fév.

BARTOLI C. 1966. Etudes écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne. Ann. Sci. forest., 23, 3, 3-319.

BECKER M. 1968. Le Hêtre (*Fagus silvatica* L.) et ses problèmes en forêt de Villers-Cotterets (Aisne). Contribution à la mise au point d'une méthode dynamique d'étude écologique du milieu forestier. Ann. Sci. forest. (sous presse).

DAGNELIE P. 1960. Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. Bull. Serv. Carte Phytogéog., B, 5, 1-195.

DUCHAUFOUR Ph. 1954. Evolution des sols forestiers en liaison avec la végétation forestière. Rev. for. fr., 11, 641-646.

DUCHAUFOUR Ph. 1957. Tableaux descriptifs et analytiques des sols. Edit E.N.E.F. Nancy, 87 p.

DUCHAUFOUR Ph. 1960. Stations, types d'humus et groupements écologiques. Rev. for. fr., 7, 484-494.

DUCHAUFOUR Ph. 1965. Précis de Pédologie. 2e éd. Masson, Paris, 481 p.

FOURNIER P. 1925. Les 4 flores de France. Ed. P. Lechevalier, Paris, 1105 p.

HARMAN M. 1964. Factor analysis. Chicago U.P.

JOLY H. 1908. Etudes géologiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la bordure N.E. du Bassin de Paris. Thèse. Faculté des Sciences de Nancy.

.../...

KENDALL M.G. 1961. A course in multivariate analysis.
Griffin, London.

LEMEE G. 1952. La valeur des groupements végétaux comme indicateurs des conditions du sol.
Bull. Ass. Fr. pour l'étude du sol. n° 35.

LEMEE G. 1967. Précis de Biogéographie.
Masson & Cie, Paris, 358 p.

MAUBEUGE P. 1955. Observations géologiques dans l'Est du Bassin de Paris.
AF. Nancy, 1082 p.

MERIAUX S. 1953. Contribution à l'étude de l'analyse granulométrique.
Thèse INRA, 118 p.

MILLIER C. 1970. Essai d'interprétation d'une analyse de corrélations canoniques.
Document ronéo - INRA-CNRF.

NGUYEN KHA, DUCHAUFOUR Ph. 1969. Note sur l'état du fer dans les sols hydromorphes.
Sciences du sol I, 96-110.

OFFICE NATIONAL METEOROLOGIQUE. 1940. Etude de climatologie de la région Lorraine Vosges et vallée du Rhin.

REMENIERAS G. 1965. L'hydrologie de l'Ingénieur.
2ème éd. Eyrolles, Paris, 456 p.

RENAUD C. 1967. Etude critique du déficit d'écoulement et de l'évapotranspiration. Bassin supérieur de la Moselle.
DES. Université de Nancy.

ROUX M. 1967. A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie.
Rev. de Strat. appl., 15, 59-72.

STATION DE BIOMETRIE - CNRF. Eléments d'analyse statistique à plusieurs variables : l'analyse factorielle.
Document ronéo.

TIMBAL J. 1968. Contribution à l'étude des associations forestières de la forêt de Ste-Hélène (Vosges).
Thèse - Document INRA-CNRF - Inédit.

TOMASSONE R. 1967. Une méthode d'investigation : la régression orthogonale.
Ann. Sci. forest., 24, 3, 233-258.

VAN DEN DRIESSCHE R. 1965. La recherche des constellations de groupes à partir des distances généralisées D^2 de MAHALANOBIS.
Biométrie - Praximétrie, 6, I, 36-47.

Travaux CPCS. 1967. Classification des sols.
ENSA, Grignon.

Cartes géologiques au 1/80.000e.
Mirecourt n° 84.
Epinal n° 85.

Divers Plans d'aménagement.

LISTE DES ESPECES RENCONTREES

Référence : "Les Quatre Flores de France" - P. FOURNIER - 1961.

N° Analyses	
1	Abies alba Mill.
2	Acer campestre L. S_I
3	Acer campestre L. $S_{II} + S_{III}$
4	Acer pseudoplatanus L.
	Adoxa moschatellina (Tourn.) L.
5	Agrostis sp.
6	Ajuga reptans L.
	Alliaria officinalis Andrz.
	Alnus glutinosa (L.) Gaertn.
7	Anemone nemorosa L.
	Angelica silvestris L.
	Anthoxantum odoratum L.
	Arrhenatherum elatius (L.) Mert. et K.
8	Arum maculatum L.
9	Asperula odorata L.
10	Athyrium filix-femina (L.) Roth.
11	Stachys officinalis (L.) Trevisan.
12	Betula verrucosa Ehrh.
13	Brachypodium silvaticum (Huds.) R. et S.
14	Calluna vulgaris (L.) Salisb.
15	Campanula trachelium L.
16	Cardamine pratensis L.
17	Carex brizoïdes L.
18	Carex glauca Murr.
19	Carex montana L.
20	Carex pallescens L.
	Carex pendula Huds.
21	Carex pilulifera L.
22	Carex polyrrhiza Wallr.
	Carex remota L.
23	Carex silvatica Huds.
24	Carpinus betulus L. S_I
25	Carpinus betulus L. $S_{II} + S_{III}$

.../...

Castanea sativa Miller

26 Circaea lutetiana L.

Climatis vitalba L.

27 Convallaria maïalis L.

28 Cornus sanguinea L.

Corydallis solida (L.) Sm.

29 Corylus avellana L.

30 Crataegus monogyna Jacq.

31 Crataegus oxyacantha L.

Dactylis glomerata L.

Daphne mezereum L.

32 Deschampsia coespitosa (L) P.B.

33 Deschampsia flexuosa (L.) Trin.

34 Epilobium angustifolium L.

35 Epilobium montanum L.

Epipactis latifolia (L.) All.

Eupatorium cannabinum L.

36 Euphorbia amygdaloïdes L.

Euphorbia dulcis L.

37 Evonymus vulgaris Miller.

38 Fagus silvatica L. $S_I + S_{II}$

39 Fagus silvatica L. S_{III}

Festuca gigantea (L.) Vill.

Festuca heterophylla Lamk.

40 Ficaria verna Huds.

41 Filipendula ulmaria (L.) Maxim.

42 Fragaria vesca L.

43 Fraxinus excelsior L. $S_I + S_{II}$

44 Fraxinus excelsior L. S_{III}

45 Galeopsis tetrahit L.

Galium aparine L.

46 Galium palustre

Galium silvaticum L.

Geranium robertianum L.

47 Geum urbanum L.

48 Glechoma hederaceum L.

.../...

49	Hedera helix L.
50	Heracleum sphondylium L.
51	Holcus mollis L.
52	Hieracium murorum L.
115	Hieracium sabaudum L.
	Hypericum humifusum L.
	Hypericum perforatum L.
53	Hypericum hirsutum L.
54	Hypericum pulchrum L.
55	Ilex aquifolium L.
56	Juncus sp.
	Juniperus communis L.
57	Lamium galeobdolon (L.) Crantz.
71	Lathyrus montanus (L.) Bernh.
58	Ligustrum vulgare L.
59	Lonicera periclymenum L.
60	Lonicera xylosteum L.
61	Lotus uliginosus Schk.
62	Luzula albida (Hoffm.) DC.
	Luzula campestris L.
	Luzula silvatica (Huds.) Gaud.
126	Luzula pilosa (L.) Willd.
	Lychnis flos cuculi L.
63	Lysimachia nemorum L.
64	Maianthemum bifolium (L.) Schimp.
65	Melampyrum pratense L. pp.
	Melandryum silvestre (Schkuhr) Roehl.
66	Melica uniflora Retz.
67	Milium effusum L.
68	Moehringia trinervia (L.) Clairv.
69	Molinia coerulea (L.) Moench.
	Mycelis muralis (L.) Rchb.
	Myosotis scorpioïdes (L.) Hill.
70	Neottia nidus avis Rich.
	Ornithogalum pyrenaïcum
72	Oxalis acetosella L.

.../...

73 Paris quadrifolia L.

74 Phyteuma spicatum L.

75 Picea excelsa (Lmk.) Lk.

Pinus nigra Arn. ssp. nigricans Host.

Pinus silvestris L.

Pinus strobus L.

76 Pirus communis L.

Pirus malus L.

Pirola rotundifolia L.

77 Poa chaixi Vill.

78 Poa nemoralis L.

79 Polygonatum multiflorum (L.) All.

80 Polystichum filix mas (L.) Roth.

81 Polystichum spinulosum Lmk. et DC.

82 Populus tremula L.

83 Primula elatior (L.) Schrb.

84 Prunus avium L. S_I

85 Prunus avium L. $S_{II} + S_{III}$

Prunus padus L.

86 Prunus spinosa L.

87 Pteridium aquilinum (L.) Kuhn.

Pulmonaria officinalis L.

88 Quercus pedunculata Ehrh. $S_I + S_{II}$

89 Quercus pedunculata Ehrh. S_{III}

90 Quercus sessiliflora Salisb. $S_I + S_{II}$

91 Quercus sessiliflora Salisb. S_{III}

92 Ranunculus auricomus L.

93 Ranunculus breyninus Crantz. SE nemorosus DC.

94 Ranunculus repens L.

95 Rhamnus frangula L.

Ribes uva crispa L.

96 Rosa canina L.

97 Rubus idaeus L.

98 Rubus sp.

Rumex sp.

99 Salix caprea L.

100 Sambucus racemosa L.

Sarothamnus scoparius (L.) Wimmer.

101 Scrofularia nodosa L.

102 Sorbus aucuparia L

.../...

103	Sorbus torminalis (L.) Crantz.
	Stachys silvaticus L.
104	Stellaria holostea L.
105	Taraxacum officinale Weber
106	Teucrium scorodonia L.
107	Tilia cordata MIller
	Ulmus campestris L.
	Urtica dioïca L.
108	Vaccinium myrtillus L.
109	Veronica chamaedrys L.
110	Veronica officinalis L.
	Viburnum lantana L.
111	Viburnum opulus L.
112	Vicia sepium L.
113	Vinca minor L.
114	Viola silvestris (Lamk.) Rchb.

MOUSSES

116 Atrichum undulatum P. Beauv.

117 Dicranum scoparium Hedw.

118 Eurhynchium sp.

Hylocomium splendens (Hedw.) B.e.

119 Leucobryum glaucum (Hedw.) Schimp.

120 Mnium undulatum Hedw.

Plagiochila asplenoïdes (L.) Dum.

121 Polytrichum formosum Hedw.

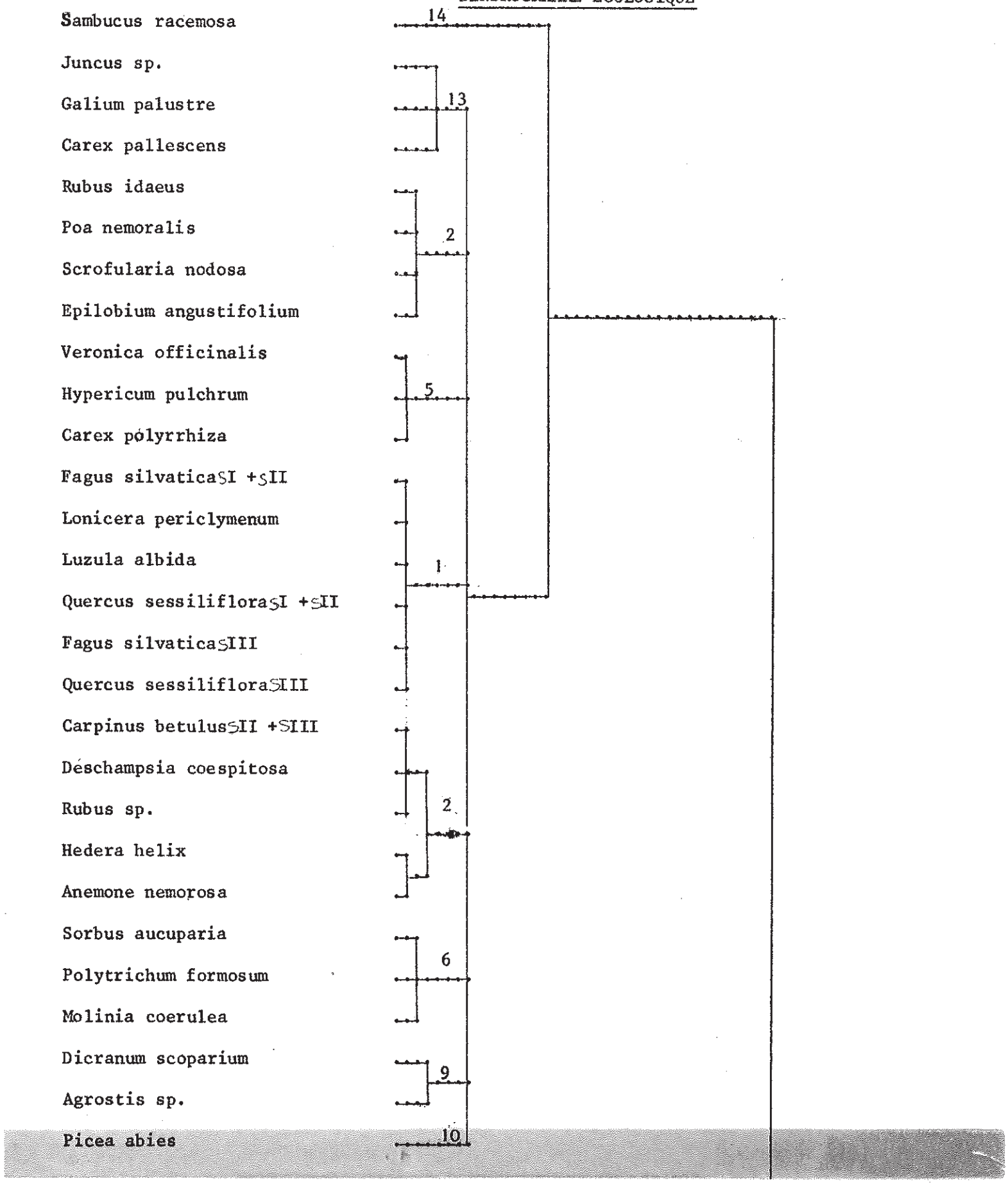
125 Pseudoscleropodium purum (Hedw.) Fleisch.

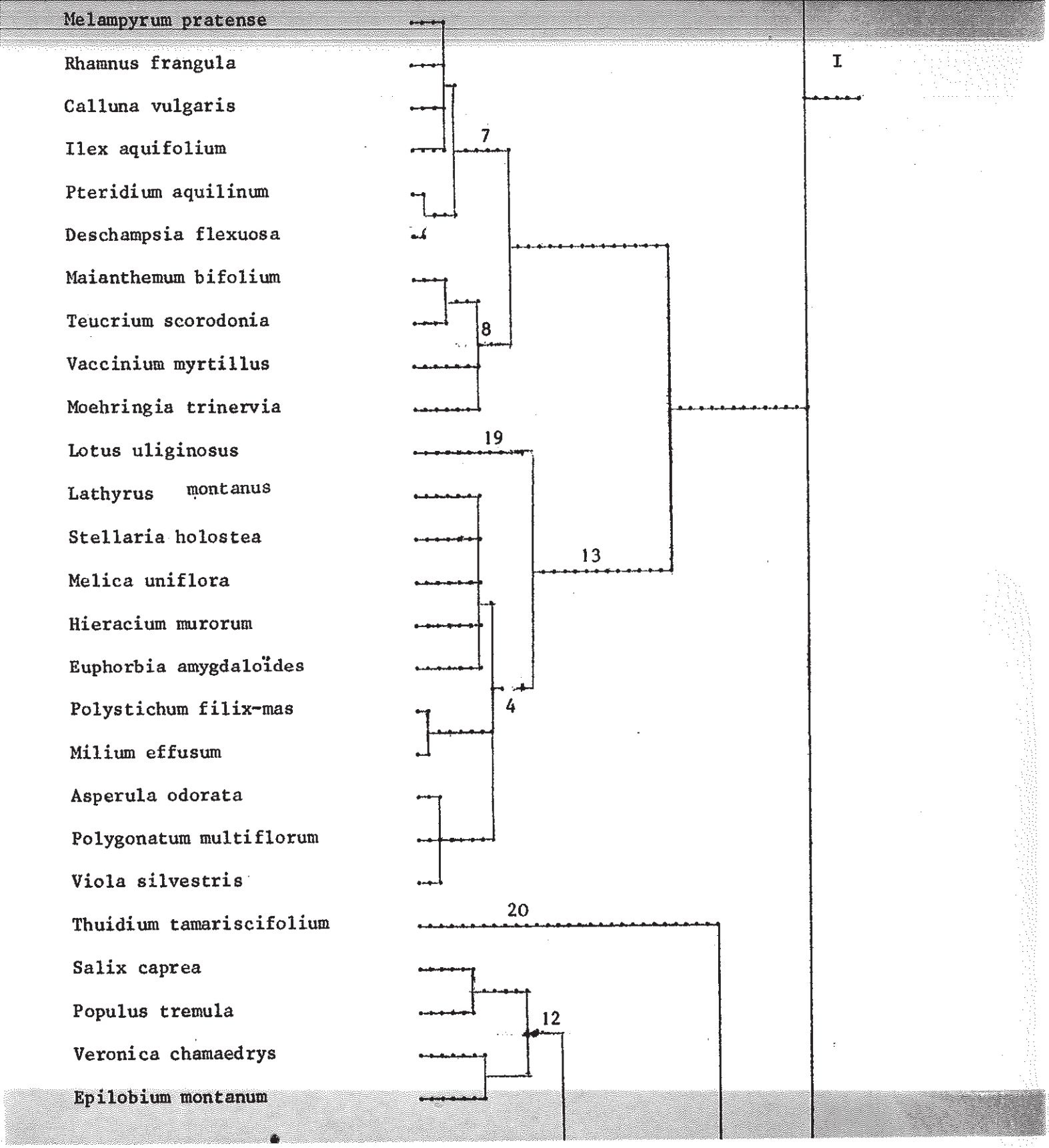
122 Rhitidiadelphus tricheter (Hedw.) Warnst.

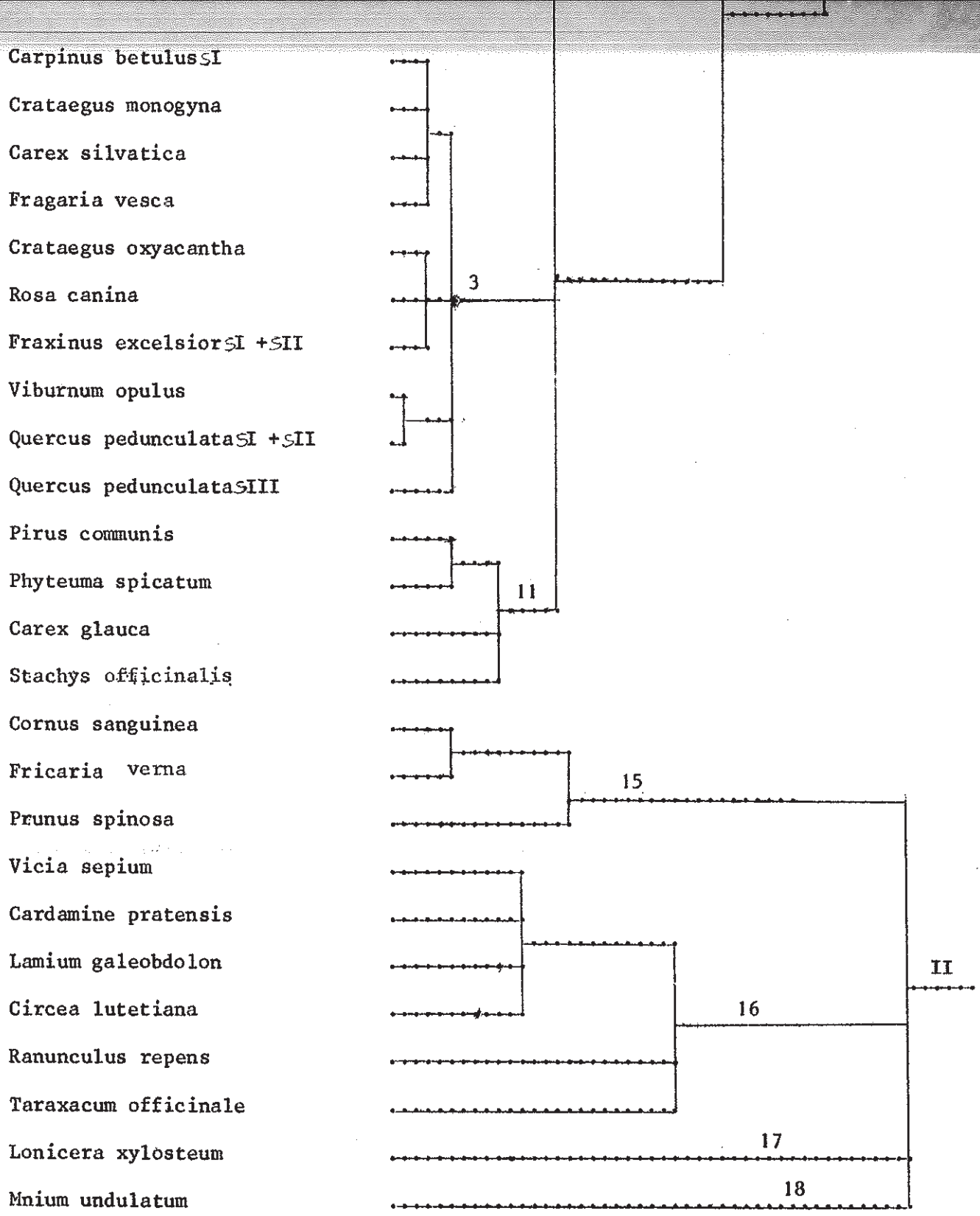
Sphagnum sp.

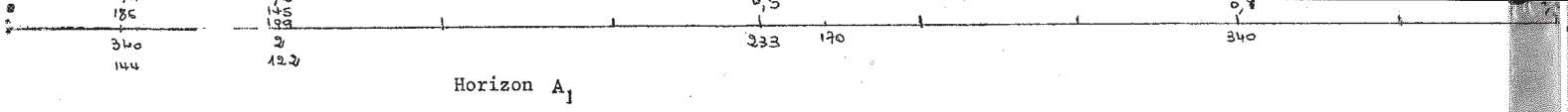
124 Thuidium tamariscifolium (Hedw.) Lindb.

DENDROGRAMME ECOLOGIQUE

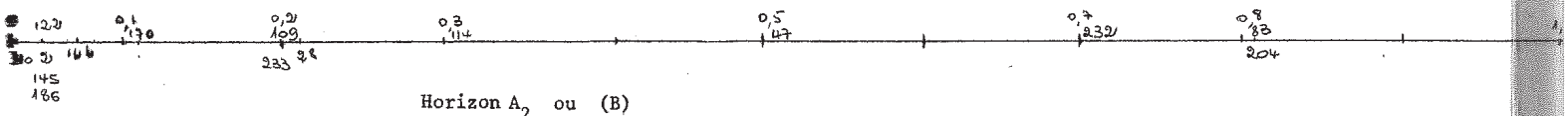



Melampyrum pratense
Rhamnus frangula
Calluna vulgaris
Ilex aquifolium
Pteridium aquilinum
Deschampsia flexuosa
Maianthemum bifolium
Teucrium scorodonia
Vaccinium myrtillus
Moehringia trinervia
Lotus uliginosus
Lathyrus montanus
Stellaria holostea
Melica uniflora
Hieracium murorum
Euphorbia amygdaloïdes
Polystichum filix-mas
Milium effusum
Asperula odorata
Polygonatum multiflorum
Viola silvestris
Thuidium tamariscifolium
Salix caprea
Populus tremula
Veronica chamaedrys
Epilobium montanum
I
7
8
19
13
4
20
12

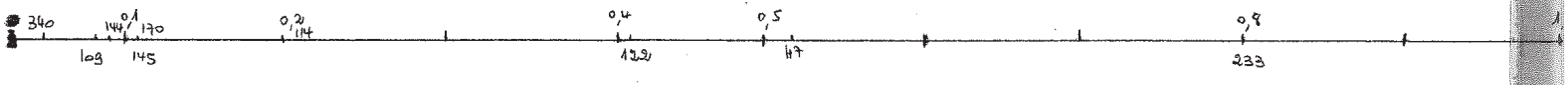

Carpinus betulus≤I
Crataegus monogyna
Carex silvatica
Fragaria vesca
Crataegus oxyacantha
Rosa canina
Fraxinus excelsior≤I +≤II
Viburnum opulus
Quercus pedunculata≤I +≤II
Quercus pedunculata≤III
Pirus communis
Phyteuma spicatum
Carex glauca
Stachys officinalis
Cornus sanguinea
Fricaria verna
Prunus spinosa
Vicia sepium
Cardamine pratensis
Lamium galeobdolon
Circea lutetiana
Ranunculus repens
Taraxacum officinale
Lonicera xylosteum
Mnium undulatum
3
11
15
16
17
18
II



Horizon A_1

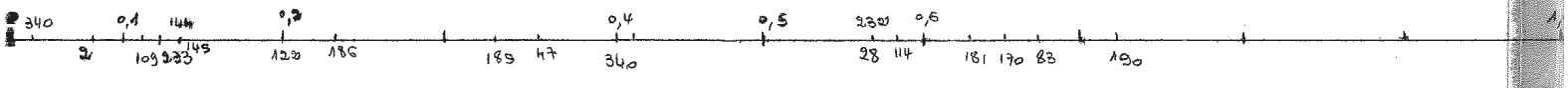


Horizon A_2 ou (B)

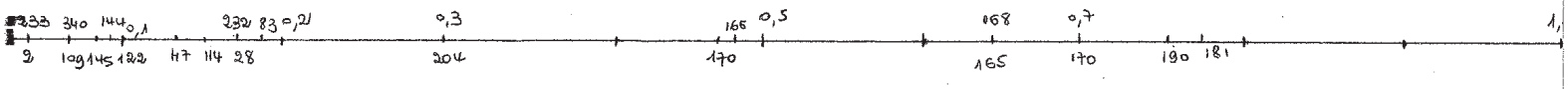


Horizon B ou II (B) ou C

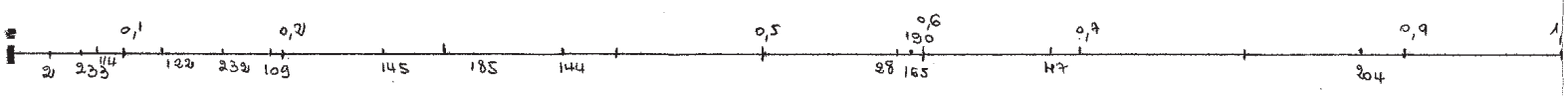
Calcium échangeable



Horizon A_1



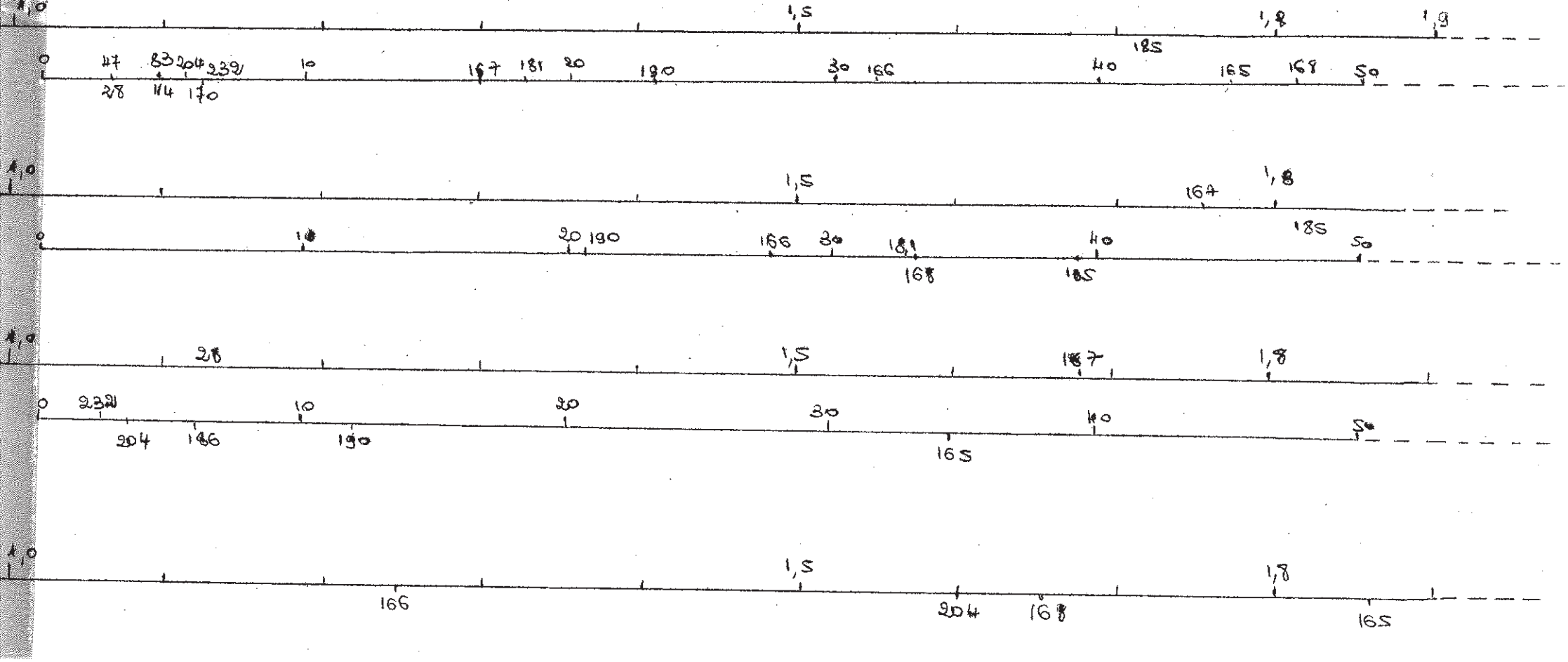
Horizon A_2 ou (B)

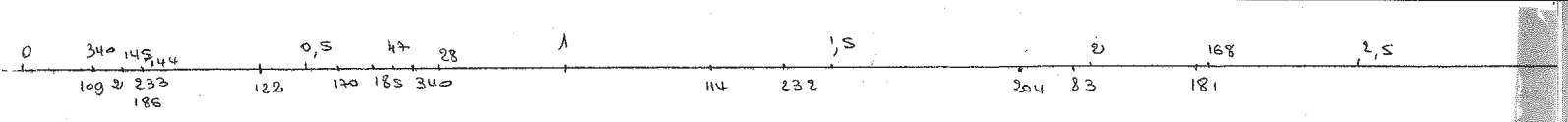


Horizon B ou II (B) ou C

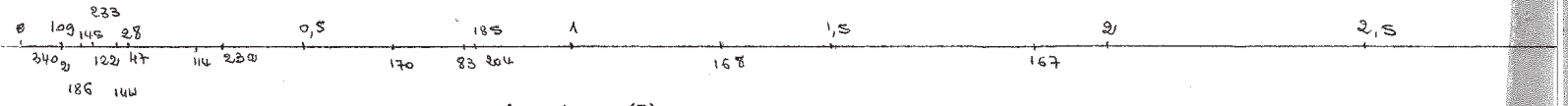
Potassium échangeable

Planche 21

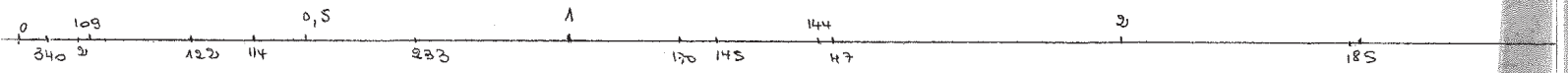

1,0
1,5
1,8
1,9
0
47 83 204 239
28 114 170
10
167 181
20
190
30 166
40
185
165 168
50
1,0
1,5
164
1,8
0
10
20 190
166
30
181
168
40
185
185
50
1,0
28
1,5
167
1,8
0
232
204 186
10
190
20
30
165
40
50
1,0
1,5
166
204
168
1,8
165



Horizon A_1

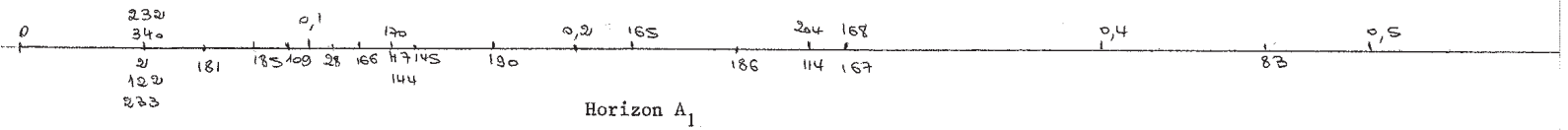


Horizon A_2 ou (B)

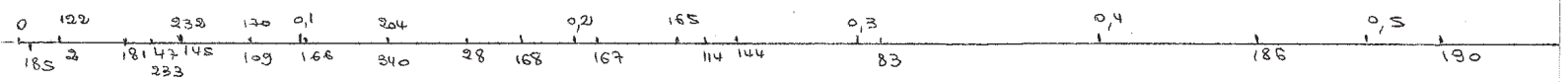


Horizon B ou II B ou C

Magnésium échangeable



Horizon A_1



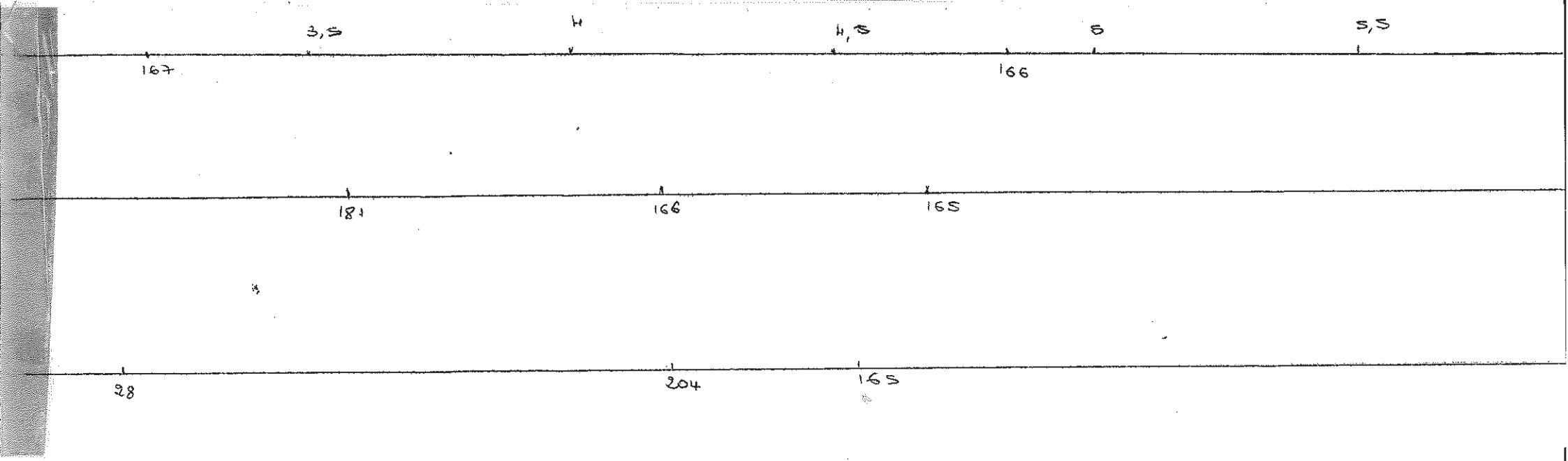
Horizon A_2 ou (B)

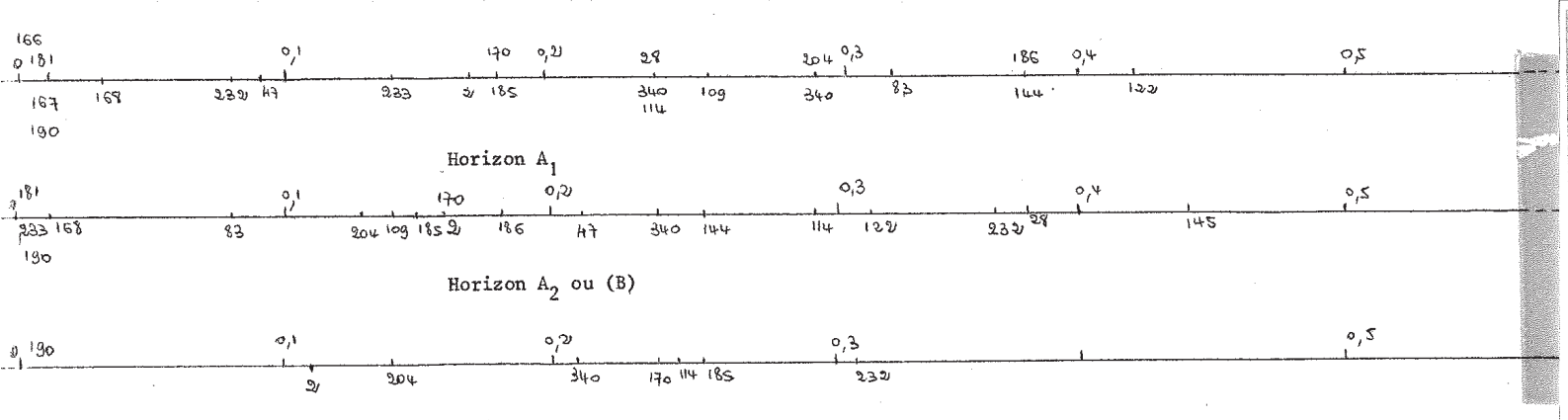


Horizon B ou II B ou C

Phosphore

Planche 22


3,5
4
4,5
5
5,5
167
166
181
166
165
28
204
165

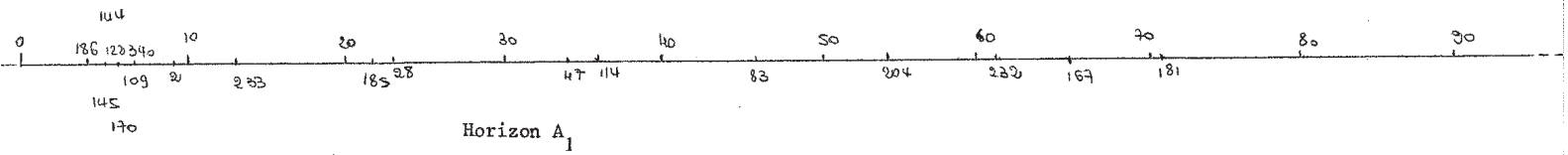


Horizon A_1

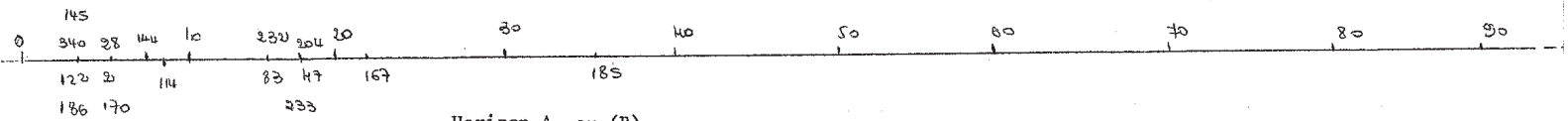
Horizon A_2 ou (B)

Horizon B ou II B ou C

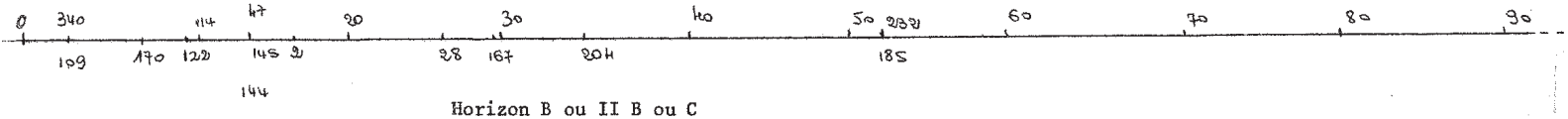
Aluminium échangeable



Horizon A_1



Horizon A_2 ou (B)

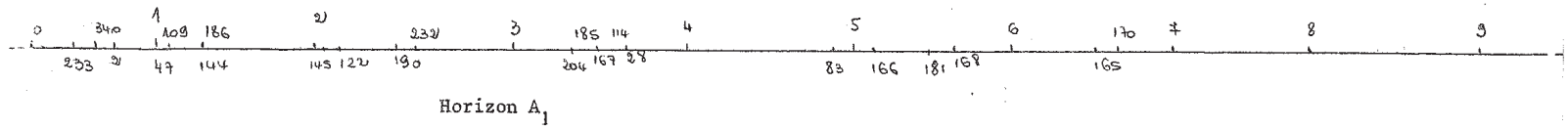


Horizon B ou II B ou C

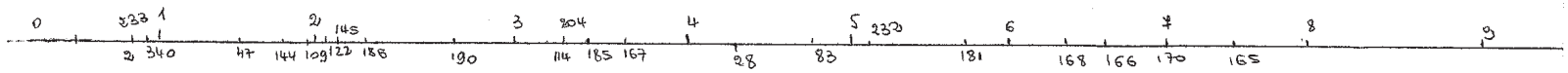
Taux de Saturation

lanche 23

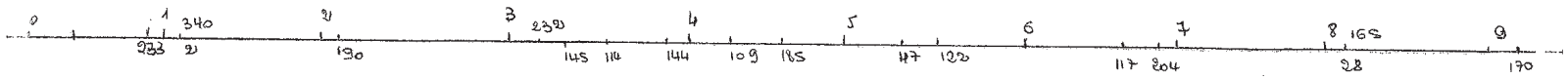
nBI
152
2'1
1'1
44
0'1
38
SH1
6'0
HH1
5'0
109
4'0
621



Horizon A_1

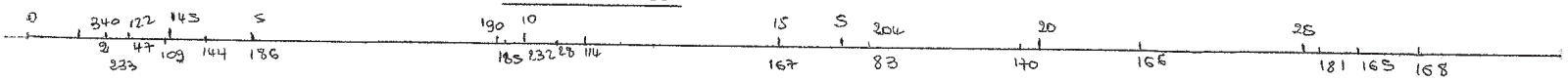


Horizon A_2 ou (B)

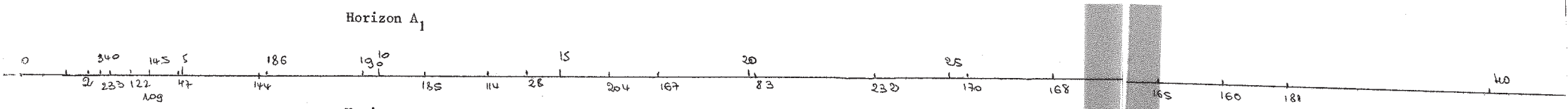


Horizon **B** ou **II** (B) ou C

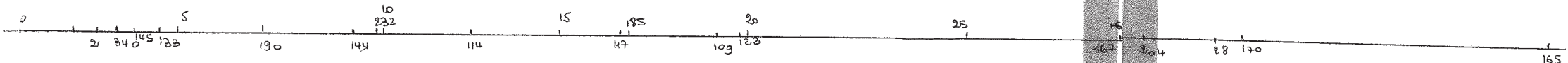
Aluminium libre



Horizon A_1



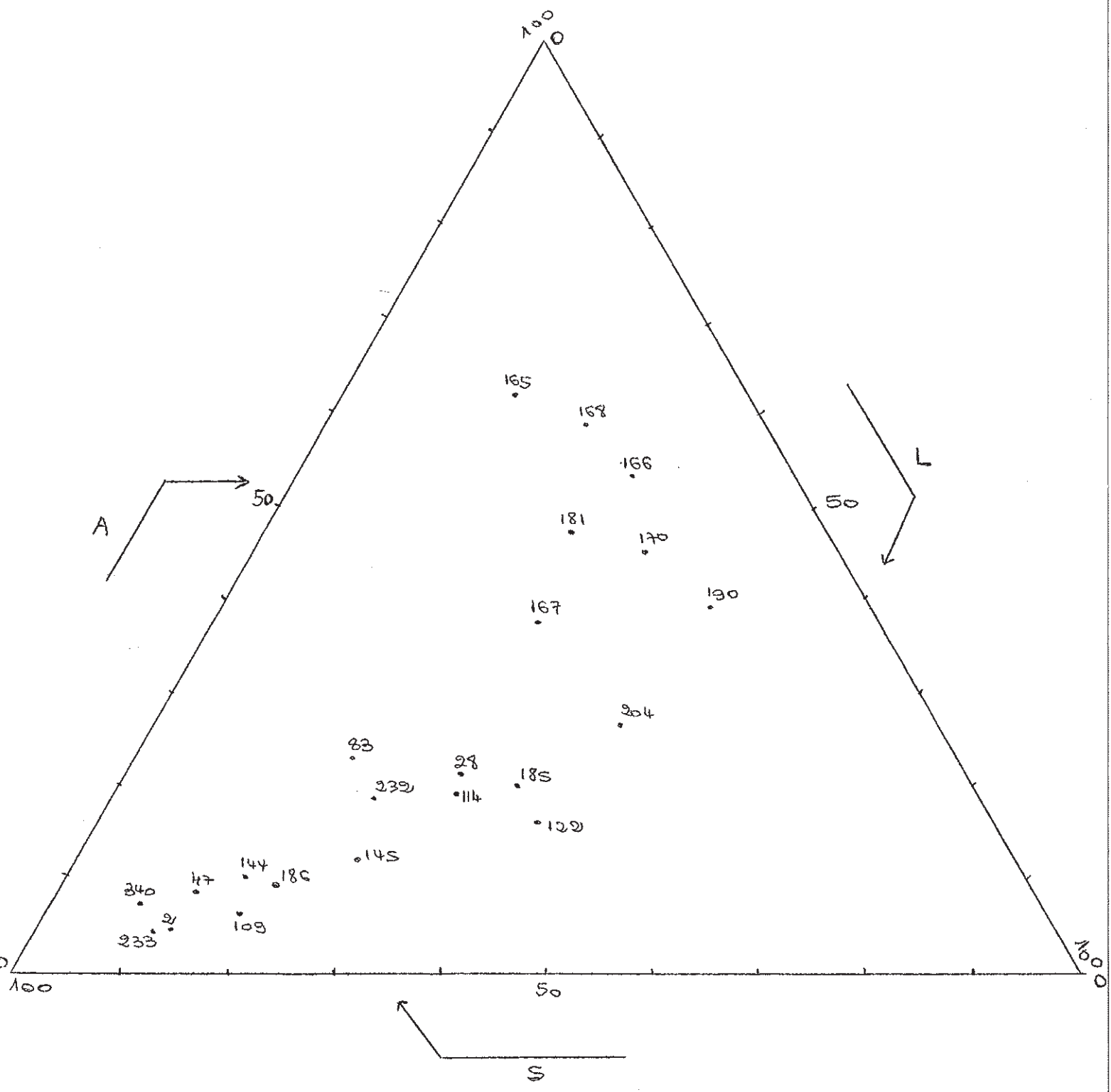
Horizon A_2 ou (B)



Horizon **B** ou **II** (B) ou C

Fer libre

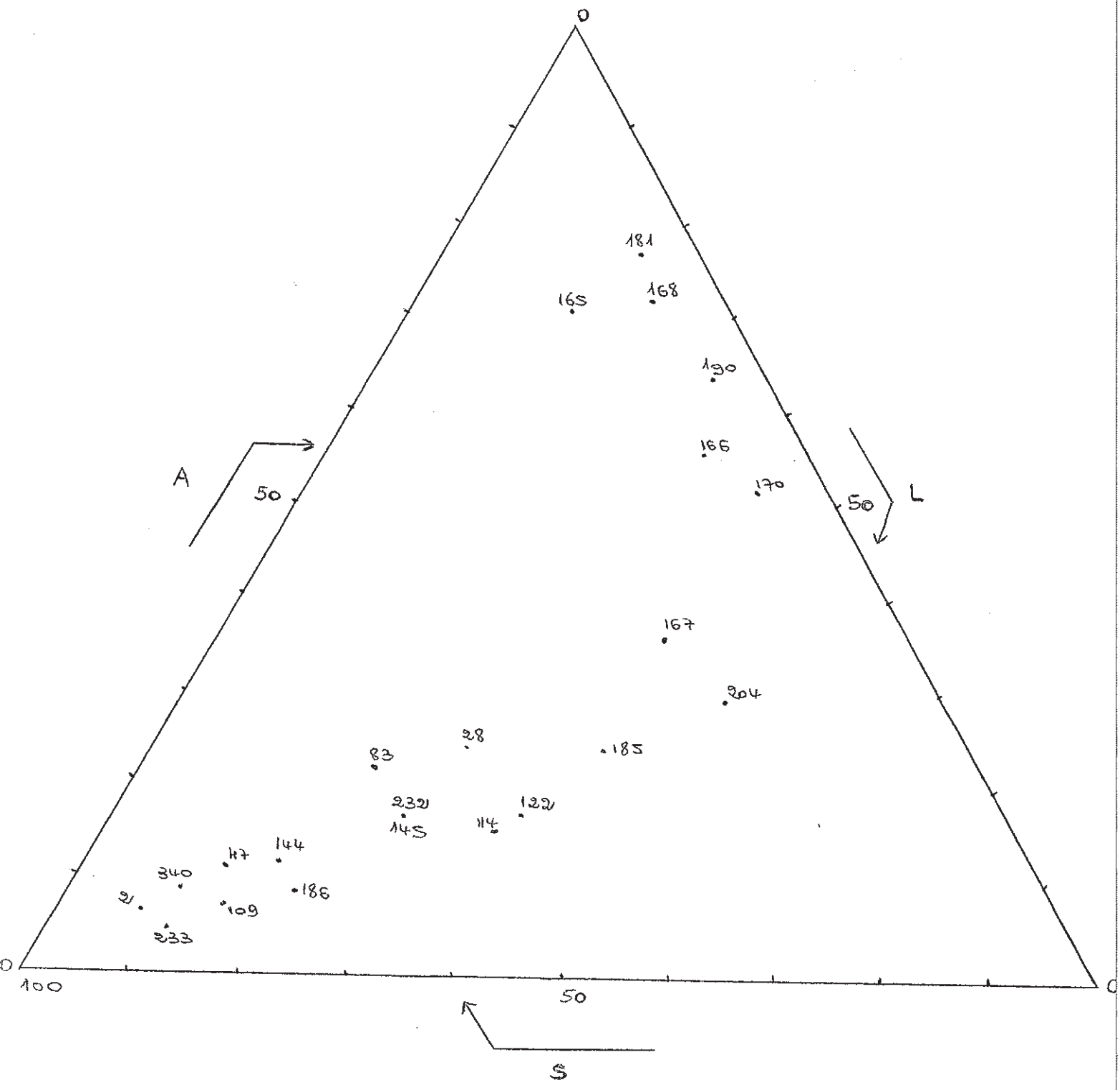
Planche 24



Triangle de texture (type DUCHAUFOUR)

Horizon A_1

Planche 25



Triangle de texture (type DUCHAUFOUR)

Horizon A_2 ou (B) -

Planche 26

facteurs majeurs de la présence d'un groupe floristique (par exemple le GF n° 6), on observera un regroupement des relevés contenant ce GF autour d'une certaine valeur alors que les autres relevés seront dispersés plus ou moins au hasard le long du reste de l'axe.

Nous avons donc, dans cette première étape, procédé de cette façon avec tous les GF et tous les éléments dosés.

Cette méthode ne nous a cependant pas permis de définir les exigences écologiques de tous les groupes floristiques. En particulier, le GF n° 4^- semblait n'être rattaché à aucune exigence chimique particulière.

. Pour tenter d'aller plus loin dans l'explication des relations entre les composantes chimiques du sol et les groupes floristiques, nous avons, dans une deuxième étape,utilisé une méthode relativement nouvelle (au moins son utilisation dans ce domaine) : l'analyse canonique. Cette méthode présente, par rapport aux analyses de régressions plus classiques, l'avantage de comparer globalement les caractères chimiques aux groupes floristiques.Par rapport aux analyses en composantes principales, elle a le gros avantage de pouvoir travailler sur des variables discontinues.

En fait, nous avons été amenés à faire deux analyses différentes -

Dans la première, nous avons pris en compte tous les groupes floristiques et tous les caractères chimiques. Mais, du fait de la trop grande dispersion des valeurs pour certains éléments (Ex. le Ca^{++} : le sol le plus pauvre contient 0,1 m. eq./100 g, le plus riche 5,8 m. eq./100 g), le graphique s'est décomposé en deux nuages de points très bien individualisés, mais sans qu'on puisse dire quoi que ce soit à l'intérieur de chacun des nuages de points (Figure n° 14).

Le premier nuage était constitué de relevés dits "riches" (n° 165, 166, 168, 181, 190) ; l'autre de relevés dits "pauvres". Si l'échantillonnage du plus petit des nuages était vraiment trop faible (5 relevés pour 4 GF), pour pouvoir aller plus loin, il n'en était pas de même pour le deuxième nuage.

Nous avons donc fait une deuxième analyse canonique dans ce deuxième nuage, en éliminant :

- les teneurs en K - Ca ainsi que S/T
- les relevés dits riches,
- les G.F. 1, 3^-, 6 et 5^+.

Cette deuxième analyse a permis de faire "éclater" le nuage de points, apportant, comme nous l'espérions, un certain supplément d'information.

4.5.5. Résultats

4.5.5.1. Méthode visuelle (1)

Nous exposons dans ce paragraphe les résultats que nous avons

.../...

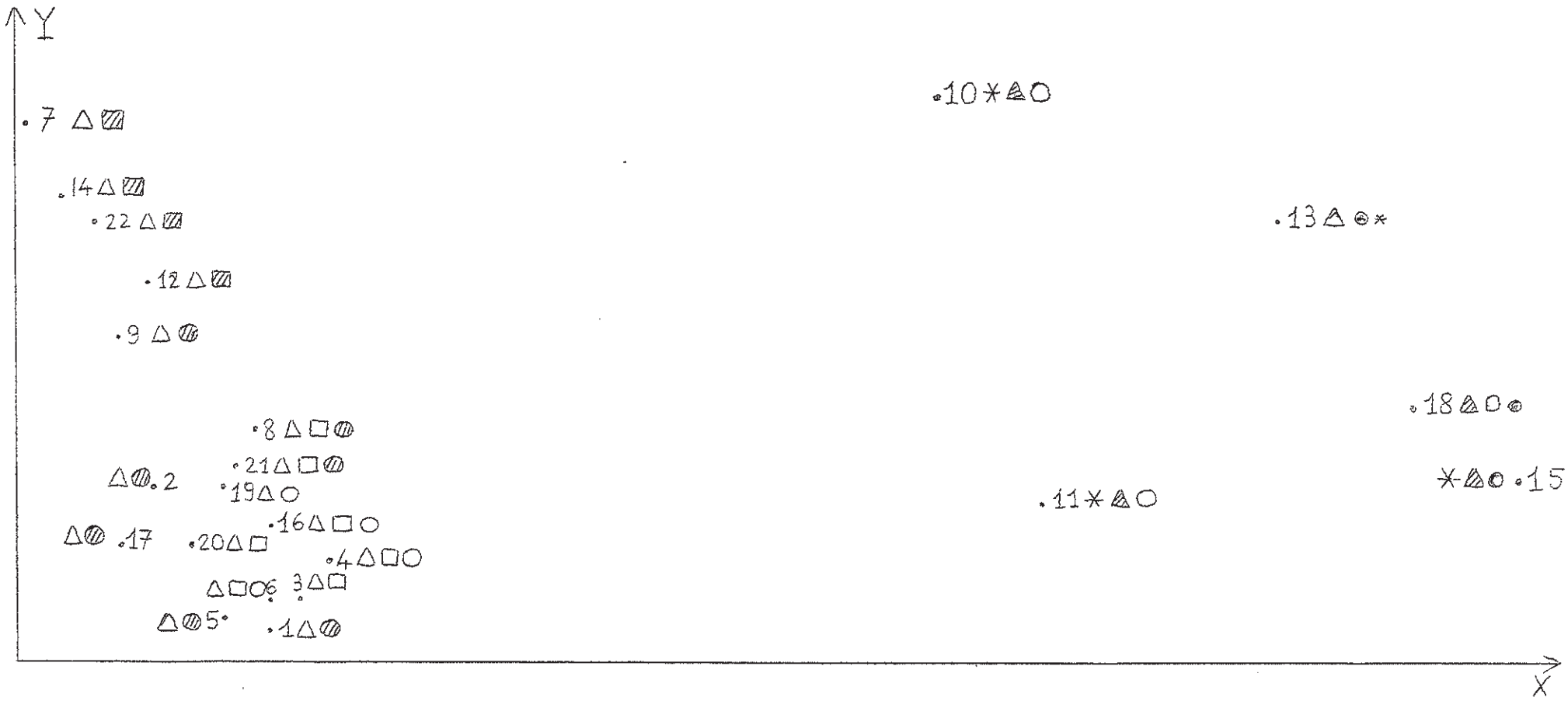
(1) pour la répartition des G.F. à l'intérieur des relevés, voir tableau n° 19.

Tableau N° 19

N° dans l'analyse	GF / R elevés	1	3^+	3^-	4^+	4^-	5^+	5^-	6
1	2	0	7	0	0	1	0	4	0
2	28	0	5	0	6	0	0	1	0
3	47	0	6	0	5	0	0	1	0
4	83	0	5	0	7	0	3	0	0
5	109	0	6	0	0	1	0	4	0
6	114	0	5	0	7	0	7	0	0
7	122	0	2	0	0	5	0	1	0
8	144	0	7	0	5	0	0	4	0
9	145	0	5	0	1	0	0	7	0
10	165	7	0	5	0	0	3	0	0
11	166	3	0	4	0	0	4	0	0
12	167	0	3	0	0	5	0	0	0
13	168	2	0	3	0	0	1	0	5
14	170	0	3	0	0	5	0	1	0
15	181	6	0	7	1	0	5	0	0
16	185	0	3	0	3	0	4	0	0
17	186	0	4	0	0	0	0	3	0
18	190	0	0	3	0	0	3	0	7
19	204	0	2	0	1	0	5	0	1
20	232	0	5	0	7	0	1	0	0
21	233	0	5	0	3	0	0	4	0
22	340	0	3	0	0	5	0	1	0

Répartition des G.F. dans les relevés

Note : la codification, de 0 à 7, que nous avons utilisée, tient compte du nombre d'espèces du G.F. présentes dans le relevé mais également du numéro d'ordre de cette espèce dans le G.F.



G.F. n° 1 ✳
G.F. n° 3^+ △
G.F. n° 3^- ◬
G.F. n° 4^+ □
G.F. n° 4^- ▨
G.F. n° 5^+ ○
G.F. n° 5^- ◍
G.F. n° 6 ◉

Variables écologiques

- Distribution des relevés obtenue par la première analyse canonique -

Figure 14

pu mettre en évidence par simple observation des planches 20 à 26 qui représentent la distribution des relevés le long des axes "facteurs chimiques".

Pour l'exposé qui suit, nous avons adopté un ordre chronologique arbitraire qui est celui des numéros des G.F. Mais, il est bien évident que cet exposé forme un tout et que nous serons souvent amené, et le lecteur voudra bien nous en excuser, à citer un G.F. que nous n'aurons pas encore décrit. On a construit un tableau général des résultats (tableau n° 27).

Nous n'y avons fait figurer que les résultats de l'horizon A_1. Ceux de l'horizon A_2 (ou (B)), bien qu'étant quantitativement différents, amènent aux mêmes conclusions quant aux positions relatives des G.F. sur les axes.

- Groupement floristique n° 1

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

  165 - 181

- de façon moyennement abondante :

  166 - 168.

Chimiquement, pour les horizons du profil pédologique, ce G.F. ne se différencie peu ou pas des G.F. 3^- et 6. On le trouve sur les sols très riches à tout point de vue.

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100 g	17	20
K m.eq./100 g	0.6	0.45
Mg m.eq./100 g	2.2	3.5
S/T %	70	100

Ces sols ne présentent pas d'Aluminium échangeable. Ce sont, par contre, les plus riches en Aluminium libre et en fer libre :

.../...

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Al libre ‰	>5	>6
Fer libre ‰	>21	>27

sauf pour le relevé 190.

Les pH y sont très élevés : 5,6 (A_1), 6 (A_2)

le C/N bas : 11,5 (A_1), 10 (A_2)

Si les analyses chimiques permettent de mettre en évidence une différence nette entre, d'une part les G.F. 1, 3^- et 6, d'autre part les G.F. 4^+, 4^-, 5^+, 5^- et 3^+, elles ne sont pratiquement d'aucune utilité pour distinguer les uns des autres les G.F. 1, 3^- et 6.

Nous devons donc chercher ailleurs les raisons qui font que ces sols qui présentent des compositions chimiques voisines portent des groupement végétaux différents.

Ce n'est pas non plus la texture qui pourra expliquer cette distribution des espèces puisque les uns comme les autres présentent une texture à dominance argileuse.

- Groupement floristique n° 3^+

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

83 - 232 - 114 - 186 - 144 - 233 - 47 - 145 - 28 - 2 - 109.

- de façon moyennement abondante :

167 - 170 - 185 - 204 - 222 - 340.

Le G.F. n° 3^+ est celui que nous avons appelé le groupement de la Chênaie-Hêtraie acidiphile. Etant donné le type de substrat sur lequel nous avons travaillé, il est normal que ce groupement se retrouve comme "toile de fond" de la plupart de nos relevés.

En fait, ce G.F. n° 3^+ se trouve très rarement seul. Sa présence n'indique qu'un contexte général (acidité assez marquée, pauvreté générale en bases échangeables, taux relativement élevé d'Al^{+++}, S/T faible), le (ou les) autres G.F. présents indiquant une tendance vers un type chimique plus précis.

Si nous classons maintenant ces relevés par rapport aux autres groupes floristiques qu'ils renferment, nous aurons :

- contenant le G.F. n° 5^- :

144 - 233 - 145 - 2 - 109 - 102 - 186 - 47 - 28.

.../...

Ce qui représente la tendance nettement acide de la Hêtraie-Chênaie ; à ce stade, le Hêtre est plus abondant que le Chêne.

- contenant le G.F. n° 5^+

114 - 185 - 204 - 83 - 232.

C'est la tendance la plus neutrophile de la Hêtraie. D'ailleurs, dans ce cas là, nous sommes en présence de relevés contenant soit en totalité le G.F. n° 3^+ et partiellement le G.F. n° 5^+, soit en totalité le G.F. 5^+ et partiellement le G.F. n° 3^+. Il semble donc que ce ne soit que pour des conditions chimiques limites que l'on constate la coexistence de ces deux groupes.

- contenant le G.F. n° 4^+ :

83 - 232 - 114 - 144 - 47 - 28 - 102 - 185 - 204. Il s'agit là de la tendance neutro-acidiphile du G.F. n° 3^+.

A l'intérieur de ce groupe de relevés, on constate aussi des tendances

- une tendance plus nettement acidiphile : 144 - 102
- une tendance neutro-acidiphile : 145 - 233
- une tendance neutrophile : 83 - 232 - 114 - 185 - 204.

- contenant le G.F. n° 4^- :

. - 167 - 170 - 122 - 340.

Il s'agit là du faciès hydromorphe du G.F. n° 3^+ ; c'est la Chêanie (à ce stade le Hêtre disparaît pratiquement totalement) acidiphile hydromorphe, établie sur un sol lessivé à pseudogley ou sur sol podzolique hydromorphe.

On voit donc bien que ce groupement 3^+ est caractérisé par une richesse chimique très variable qui ne peut être précisée que grâce à la présence d'autres groupements.

Il semble que l'optimum de richesse en éléments se situe à mi-distance entre le relevé 47 (neutro-acidiphile) et le relevé 145 (acidiphile). Le relevé idéal ne contenant que les espèces du G.F. n° 3^+ aurait donc des caractéristiques chimiques intermédiaires entre celles trouvées pour le 47 et celles trouvées pour le 145.

Pour ce qui est des textures des sols, l'éventail en est aussi très large : le G.F. n° 3^+ semble s'accomoder aussi bien des sols limoneux que des sols sableux. Là encore c'est le G.F. compagnon qui l'indiquera d'une façon plus précise. Ainsi,

- s'il est accompagné du G.F. n° 5^-, elle sera nettement sableuse,
- s'il est accompagné du G.F. n° 4^+, elle sera équilibrée,
- s'il est accompagné du G.F. n° 5^+, elle sera nettement limoneuse.

.../...

- Groupement floristique n° 3^-

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

181 - 165

- de façon moyennement abondante :

166 - 190 - 168

Chimiquement, nous l'avons dit plus haut, on ne peut distinguer ce groupe des G.F. n° 1 et 6 : on les trouve dans les mêmes relevés.

Il semblerait cependant, si on regarde la distribution des G.F. à l'intérieur de ces relevés, que le G.F. n° 1 serait plus abondant là où les teneurs en bases échangeables sont les plus élevées.

Mais, l'échantillonnage est ici trop faible pour avoir une certitude.

Par contre, ce G.F. n° 3^- est très différent du G.F. n° 3^+. Si on se reporte aux planches 20 à 26, on voit que la richesse chimique des sols du G.F. 3^- est beaucoup plus élevée que celle des sols du G.F. 3^+ : il n'y a pratiquement aucun chevauchement des valeurs.

- Groupement floristique n° 4^+

Présent dans les relevés :

- d'une façon très abondante :

83 - 232 - 114 - 28 - 144 - 47.

- d'une façon moyennement abondante :

233 - 185

- simple présence :

204 - 145 - 181.

Le sol des relevés où l'on trouve ce groupement a des caractéristiques chimiques assez nettement définies qui se situent à un niveau intermédiaire entre celles du groupe 5^+ et celles du groupe 5^-. La dispersion des valeurs le long des graphiques n'en est pas moins assez importante.

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100g	$2,5 < Ca < 6,0$	$0,2 < Ca < 0,8$
K m.eq./100 g	$0,3 < K < 0,6$	$0,07 < K < 0,16$
Mg m.eq./100 g	$0,5 < Mg < 1,5$	$0,1 < Mg < 0,4$
S/T %	$20 < S/T < 60$	$6 < S/T < 20$

En confirmation de l'hypothèse émise plus haut, on s'aperçoit que les relevés contenant ce G.F. n° 4^+ peuvent être rangés dans deux catégories :

- dans la première, nous trouvons les relevés 204, 114, 83, 185 et 181 qui contiennent, en plus du G.F. 4^+, le G.F. 5^+,
- dans la seconde, nous trouverons les relevés 144, 47, 233, 145, 28 qui contiennent, en plus du G.F. 4^+, le G.F. 5^-.

La première catégorie représente la tendance chimiquement riche des relevés contenant le G.F. 4^+, la seconde la tendance chimiquement pauvre.

Quant à l'Aluminium et au Phosphore, on ne trouve toujours pas de distribution orientée.

Les textures sont en général limono-sableuses, avec une tendance limoneuse pour les relevés où l'on trouve les G.F. 4^+ et 5^+ ensemble, une tendance sableuse là où l'on trouve 4^+ et 5^- dans les mêmes relevés.

En tous cas, le rôle intermédiaire du G.F. 4^+ entre le G.F. 5^+ et le G.F. 5^- se confirme de plus en plus.

- Groupement floristique n° 4^-

Présent dans les relevés :

- d'une façon très abondante :

122 - 340 - 170 - 167.

Ce G.F. n° 4^- est le G.F. des sols hydromorphes dès la surface.

Ces sols sont chimiquement très mal caractérisés : on n'observe de regroupement pour aucun des facteurs chimiques mesurés.

On peut les scinder en deux groupes :

- les sols hydromorphes chimiquement riches : 167
- les sols hydromorphes chimiquement pauvres : 340 - 170 - 122.

Ces deux groupes sont chimiquement très différents et floristiquement très semblables.

La méthode d'observation n'arrive pas à justifier cette homogénéité floristique. Nous verrons plus loin, grâce à l'analyse canonique, qu'il existe là aussi un lien chimique entre le G.F. n° 4^- et le sol.

- Groupement floristique n° 5^+

Présent dans les relevés :

- de façon très abondante :

114 - 204 - 181 - 166 - 185.

- de façon moyennement abondante :

83 - 165 - 190.

- simple présence :

168 - 232.

.../...

Ce groupement floristique se trouve dans des stations où le sol est chimiquement homogène. C'est un groupement de sols relativement riches, de texture limoneuse à limono-argileuse. Le regroupement des relevés correspondant se fait pour les éléments suivants :

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100 g	$> 4,5$	$> 0,8$
K m.eq./100 g	$> 0,55$	$> 0,15$
Mg m.eq./100 g	$5,0 > Mg > 1,2$	$4,1 > Mg > 0,3$
S/T %	$> 3,5$	> 20

Pour la première fois avec ce G.F., on trouve des relevés dont les caractéristiques chimiques du sol s'écartent de la moyenne ; le relevé 114 est riche en surface, plus riche que la moyenne, alors qu'il est plus pauvre en profondeur. Pour le relevé 185, on observe l'inverse : il est plus pauvre en surface et plus riche en profondeur. C'est probablement parce que la somme globale de la réserve en éléments chimiques est voisine de la moyenne que ces stations un peu particulières présentent le G.F. n° 5^+.

Si on ne peut rien conclure quant au P_2O_5, il n'en est pas de même pour l'Aluminium libre : il semble que plus le sol est riche, moins il contient d'Aluminium libre. Dans le cas présent, les trois relevés où le sol contient des quantités non négligeables de Al se différencient des deux autres par le fait que l'on n'y trouve que les G.F. 5^+, 4^+ et 3^+ ; les deux relevés où le sol ne contient pas d'Al libre ne comportent pas le G.F. 3^+, mais possèdent par contre des espèces du G.F. 1.

Ce G.F. 5^+ fait la transition entre la Chênaie-Hêtraie acidiphile et la Chênaie pédonculée mésophile.

- Groupement floristique n° 5^-

Présent dans les relevés :

- d'une façon très abondante :

  144 - 233 - 145 - 2 - 109 - 102

- d'une façon moyennement abondante :

  186

- simple présence :

  47 - 28 - 170 - 122 - 340.

.../...

Comme le G.F. n° 5^+ qui lui est floristiquement opposé, ce G.F. n° 5^- se caractérise très bien chimiquement. C'est un groupe floristique de sols pauvres à très pauvres, dont la texture est normalement sableuse.

Horizon / Elément	A_1	A_2 ou (B)
Ca m.eq./100 g	$< 0,5$	$< 0,2$
K m.eq./100 g	$< 0,25$	$< 0,15$
Mg m.eq./100 g	$< 0,2$	$< 0,2$
S/T %	< 10	< 10

Ces sols sont pauvres en bases échangeables et leur taux de saturation est en général très faible.

Pour ce qui est des autres éléments analysés, rien ne ressort avec netteté : que ce soit pour P_2O_5 ou Al^{+++}, on ne retrouve pas l'opposition entre G.F. 5^+ et G.F. 5^-. Les relevés appartenant à ces groupes sont dispersés le long des axes en mélange.

Il existe un relevé, le n° 233 pour lequel la teneur en Ca et la valeur du rapport S/T s'écartent très sensiblement des fourchettes données plus haut. De fait, floristiquement, ce relevé se distingue aussi des autres puisqu'il comporte, en plus des espèces du G.F. n° 5^-, des plantes comme la Mélique, l'Aspérule, l'Oxalis et même une tache de Brachypode : il est probable que ces espèces doivent leur présence à ce taux de Ca plus élevé. On peut enfin expliquer cette teneur en Calcium qui pourrait paraître surprenante pour cette station : en fait, le relevé 233 se trouve sur une pente, presque en bas, et pas très loin des bancs d'argile du Keuper qui peut donc affleurer par endroit sur de très petites surfaces.

- Groupement floristique n° 6

Nous ne dirons rien sur ce G.F. : étant présent dans les mêmes relevés que les G.F. n° 1 et 3^-, nous n'avons pas pu le caractériser chimiquement.

Cette méthode visuelle nous montre donc que la présence des groupes floristiques sur une station donnée est certainement, au moins en partie, conditionnée par les caractéristiques chimiques du sol de la station.

Naturellement, tous les éléments dosés n'ont pas le même poids dans la distribution des groupes floristiques.

.../...

Elément G.F.	Texture	Ca	K	Mg	S/T	P_2O_5	C/N	Fe ‰	Al ‰	Al^{+++} ‰	PH	Commentaire
G.F. n° 1 Mull actif taillis à érable	A	> 17	> 0.6	> 2.2	> 70	Rien de net pour	< 11.5	> 21	> 5	0	> 5.6	Profil très riche
G.F. n° 3^+ Hêtraie-Chênaie sessile acidiphile	L à LS	0.1 à 5.9	0.02 à 0.65	0.10 à 1.96	4.0 à 61.0		12.5 à 27	2.2 à 16.8	0.5 à 3.47	0.08 à 0.61	3.9 à 5.2	Grande variabilité des teneurs
G.F. n° 3^- Chênaie pédonculée-Frênaie	A à AL	Sensiblement les mêmes valeurs que pour le G.F. n° 1										
G.F. n° 4^+ Mull forestier Hêtraie à asperule	L à LS	2.5 à 6.0	0.3 à 0.6	0.5 à 4.5	20 à 60	aucun G.F.	12.5 à 16.5	2.7 à 16.8	1.0 à 4.9	0.08 à 0.38	4.2 à 5.2	Faciès moyennement riche du G.F. 3^+
G.F. n° 4^- Chênaie hydromorphe à Molinie	très variable	Distribution tout le long des axes										
G.F. n° 5^+ Chênaie mésophile à Carex silvatica	AL	> 4.5	0.55 à 6.70	1.2 à 2.2	> 35		10.5 à 18.0	10.0 à 26.0	3.2 à 5.6	< 0.29	4.8 à 6.1	Faciès riche du G.F. 3^+
G.F. n° 5^- Hêtraie acidiphile à Teucrium	S	< 0.5	< 0.25	< 0.2	< 10		> 20	2.0 à 4.0	0.5 à 2.0	0.14 à 0.6	3.9 à 4.2	Faciès pauvre du G.F. 3^+
G.F. n° 6 Mull calcique - T.S.F. à morts-bois calcicoles	A	Sensiblement les mêmes valeurs que pour le G.F. n° 1.										

Tableau n° 27

Nous avons vu que Ca, K et Mg (donc, implicitement S/T) jouent un rôle prépondérant.

Pour ce qui est des autres éléments dosés, leur rôle est beaucoup moins marqué.

En ce qui concerne le C/N, on retrouve des choses connues : C/N élevé pour les humus du type mull acide et moder, C/N faible pour les mulls, C/N très faible pour les mulls calciques.

L'Aluminium échangeable lui se distribue d'une façon inverse de S/T : plus le sol est riche, moins on y trouve d'Al^{+++}. Quant au Fer total et à l'Aluminium libre, les espèces semblent y être indifférentes. Tout ce qu'on remarque c'est un enrichissement des horizons profonds quand il y a lessivage.

Enfin, le Phosphore. Nous avons été étonné de constater que sa répartition ne suivait aucune loi : on sait en effet qu'il y a une grande importance dans la nutrition des végétaux.

Bien qu'aucun test mathématique ne puisse être avancé pour justifier nos conclusions (1), celles-ci sont relativement sûres, au moins chaque fois que l'échantillonnage est assez abondant. De plus, aucun de nos résultats n'est en contradiction avec ce que nous avons eu l'occasion de lire dans la bibliographie.

4.5.5.2. Analyse canonique

A la suite des différentes observations que nous avons faites, nous ne sommes pas arrivés à mettre en évidence ce qui différenciait, d'un point de vue chimique, les G.F. 1, 3^-, 6 et 4^+, 4^-. C'est à l'analyse canonique que nous avons eu recours pour tenter d'aller plus loin dans nos explications.

4.5.5.2.1. Première analyse -

Une première analyse a porté sur tous les facteurs mesurés,

- qu'ils soient chimiques
- ou floristiques.

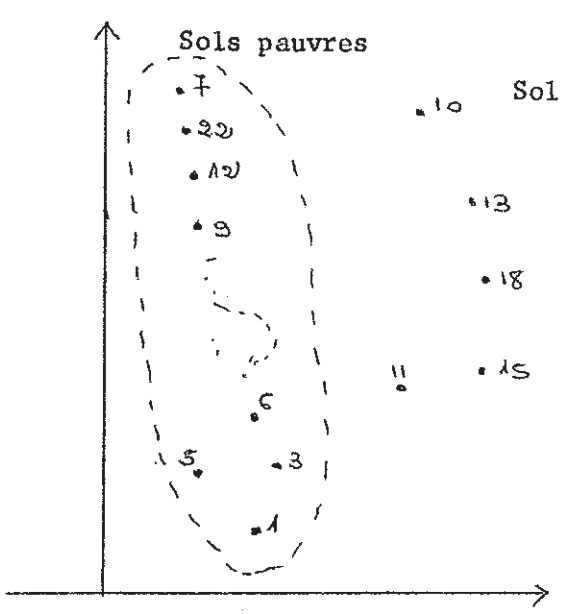
Les résultats de cette première analyse sont très bons en ce sens qu'ils confirment tout ce que nous avons pu dire jusqu'ici, décevants dans ce sens qu'ils n'apportent aucune information supplémentaire.

Que ce soit dans l'espace écologique ou dans l'espace floristique, les relevés sont agencés de façon identique (fig. 27).

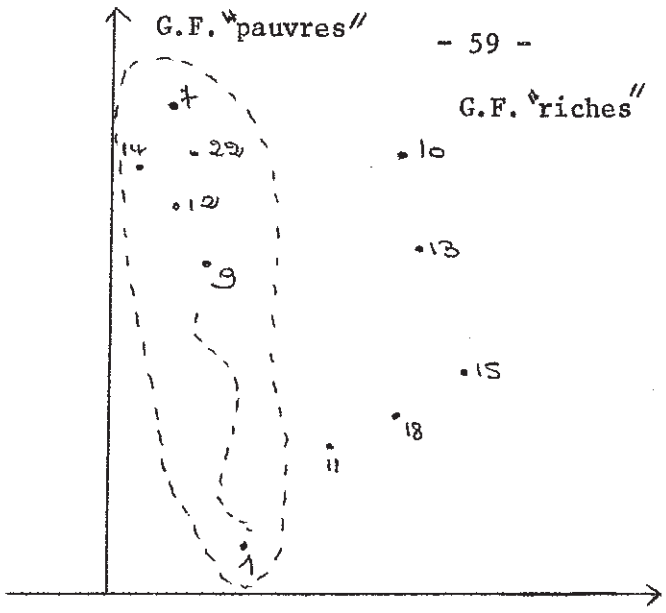
.../...

---

(1) Ces tests ne seraient applicables que si les relevés ne comportaient pas plusieurs G.F. à la fois.



Plan gauche
(composantes écologiques)



Plan droit
(composantes floristiques)

Cette première analyse ne permet pas d'aller plus loin dans la séparation entre les groupes. Nous avons donc tenté une deuxième analyse en repartant sur des bases légèrement différentes.

4.5.5.2.2. Deuxième analyse -

La première analyse nous a montré la liaison étroite existant entre les caractères K, Ca et S/T. L'énorme différence existant entre les deux groupes de relevés pour les valeurs de ces variables créé un "bruit de fond" pour l'analyse.

Nous avons donc décidé de supprimer ces variables pour la deuxième analyse ainsi que les groupes floristiques 1, 3^-, 5^+, 6 et que les relevés où ces groupes sont présents. Cette deuxième analyse nous donne une seule corrélation significative, qui s'établit d'une part contre le G.F. 4^- opposé à tous les autres (donc, en particulier, au 4^+) et la teneur en matière organique, liée au Fer, d'autre part.

Tout se passe comme si, pour le G.F. 4^-, une teneur en matière organique équivalente à celle qu'on trouverait pour un autre quelconque G.F., il correspondrait beaucoup moins de Fer que pour ces autres groupes.

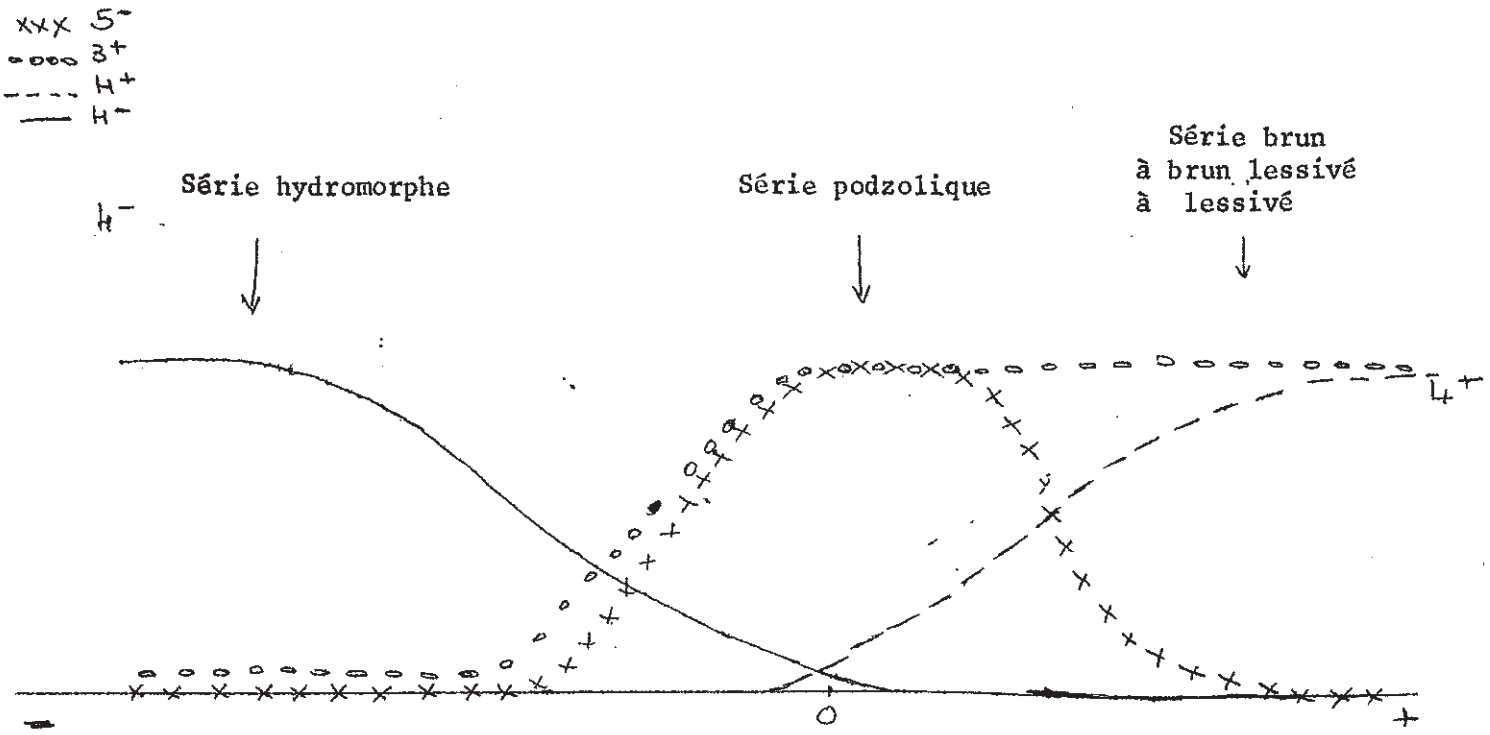
Nous pouvons tenter de donner une explication biologique de ce phénomène.

Ces relevés où l'on trouve le G.F. n° 4^- sont des relevés sur sols hydromorphes. Les sols hydromorphes ont comme caractéristique principale de voir leur teneur en matière organique (Acide) augmenter de façon considérable. Par ailleurs, l'acidité de cette matière organique provoque une réduction du Fer ferrique à l'état de Fer ferreux qui migre ainsi beaucoup plus facilement. Pratiquement, on peut même arriver à une disparition complète du Fer dans les horizons éluviaux.

.../...

Ces phénomènes consécutifs à l'hydromorphie masquent totalement les autres composantes chimiques du profil. Si on regarde les teneurs en éléments autres que Fer ou Matière organique, on constate qu'elles varient énormément d'un relevé à l'autre. Par exemple, le relevé 340 est très pauvre en éléments tels que K, Ca ; par contre, le relevé 167, bien que relativement riche en Ca, K, présente la même flore que le relevé 340.

La présence d'une nappe phréatique, qu'elle se développe dans un sol originellement très pauvre ou relativement riche, est donc un facteur déterminant dans la composition floristique du tapis herbacé, au moins dans les limites de richesse que nous avons rencontrées.



Répartition des groupes floristiques en fonction de Matière organique et Fer (variable canonique de droite)

Figure n° 28

Essayons de voir comment se répartissent les autres groupes floristiques vis à vis de ce facteur.

Là encore, les résultats sont intéressants. On voit en effet (fig. 33) que le G.F. 4^- n'est pas le seul à répondre à ce facteur et que les autres G.F. y sont sensibles.

On retrouve le rôle de "toile de fond" du G.F. n° 3^+ : son amplitude écologique plus vaste lui permet d'être présent quand, à quantité de Matière organique égale, il y a une quantité de Fer voisine de la moyenne ou même supérieure à la moyenne (sols de la série podzolique et sols bruns à lessivés).

.../...

Le G.F. n° 5^- lui se cantonne autour de la moyenne. Ayant son optimum sur des sols de la série podzolique, ce résultat est logique puisque dans ces sols, le taux de Matière organique augmente alors que celui de Fer diminue légèrement (émigration des sesqui oxydes).

Enfin, le G.F. n° 4^+, G.F. d'humus doux, se trouve en général sur des sols faiblement lessivés où l'on n'a pas d'accumulation importante de Matière organique ni de lessivage intense du Fer.

4.5.5.3. Conclusion

Cette étude complémentaire sur la flore, en liaison avec les composantes chimiques du sol, est en définitive riche d'enseignements.

. D'abord au point de vue des méthodes utilisées : l'analyse canonique s'est montrée très fructueuse : en ajoutant les uns aux autres des petits effets jouant dans le même sens, elle a mis en évidence ce qu'aucune autre méthode n'avait pu faire,

. Ensuite, au point de vue des résultats : la notion d'exigence écologique d'une espèce n'est pas une vue de l'esprit mais est pratiquement peu utilisable du fait de l'étendue du spectre écologique de la plupart des espèces (au moins dans notre cas, ceci étant moins vrai pour les espèces sociales).

Par contre, la notion d'exigence écologique d'un groupe floristique est beaucoup plus intéressante : étant en quelque sorte la synthèse des exigences écologiques de chacune des espèces qui le compose, son spectre est beaucoup moins étendu, donc plus précis et plus fidèle. Il n'en reste pas moins que lors de cette étude, une des premières du genre à notre connaissance, et qui utilise l'analyse canonique, nous nous sommes trop limités dans l'échantillonnage et nous n'avons pas pu exploiter le fond des données que nous avions. A l'avenir, il nous faudra donc porter toute notre attention sur ce problème qui est primordial.

Tout en conservant (pour cette comparaison G.F. - Chimie) un nombre de relevés pas trop important, il faut cependant que chaque G.F. soit présent dans un minimum de relevés.

4.5.6. Estimation de la fertilité

On sait que, en futaie, la hauteur dominante est une bonne estimation de la potentialité-production. En l'absence de données concernant le taillis-sous-futaie, nous avons tenté de voir s'il existait des liaisons entre la hauteur dominante des réserves d'une part, l'accroissement sur le rayon en trente ans (révolution du taillis) d'autre part, et les facteurs écologiques conditionnant la fertilité.

.../...

A cette fin, nous avons étudié les liaisons existant entre ces caractéristiques présumées de la fertilité et les facteurs synthétiques élaborés par l'analyse écologique, ceci au moyen de régressions orthogonalisées (TOMASSONE 1967).

La même méthode a été utilisée pour mettre en évidence une liaison éventuelle entre le couple de torsion (censé refléter la qualité du bois : voir § 2.2.2.4.) et les mêmes facteurs synthétiques.

Deux analyses ont été faites séparément, une pour les Chênes, l'autre pour les Hêtres.

4.5.6.1. Le Chêne

. Hauteur dominante - accroissement sur le rayon en trente ans.

Pour la hauteur dominante, on trouve une corrélation hautement significative avec les composantes 1 et 4, significative au seuil de 5 % avec la composante 5.

On peut en conclure que l'optimum de croissance en hauteur pour le Chêne se situe sur les terrains sableux (dans la région étudiée) ; en revenant aux facteurs initiaux, on peut préciser les caractéristiques de ces stations : sols acides, sableux (grossiers), peu tassés, où l'hydromorphie est assez profonde.

On n'observe aucune liaison significative en ce qui concerne l'accroissement sur le rayon : on peut l'expliquer par le fait que dans le traitement en taillis sous futaie, la croissance sur le rayon dépend plus de l' "histoire" de l'arbre que de la fertilité du sol.

. Couple de torsion

On n'observe aucune liaison significative avec les facteurs écologiques mesurés. En fait, dans le cas du Chêne, cette mesure est peu fidèle, l'épaisseur de l'écorce variant beaucoup d'un arbre à l'autre.

4.5.6.2. Le Hêtre

. Hauteur dominante - accroissement sur le rayon en trente ans.

En ce qui concerne la hauteur dominante, la corrélation est hau-

.../...

tement significative avec la composante n° 7, significative au seuil de 5 % pour les composantes 1 et 3.

Comme pour le Chêne, on trouve les meilleures potentialités - production sur sol sableux. Ce résultat se nuance lorsqu'on revient aux facteurs initiaux:

le Hêtre préfère les sols acides, profonds, légers et bien drainés ; la gamme des textures peut y varier des sables grossiers aux limons grossiers (inclus).

Là encore, la mesure des accroissements n'est liée significativement avec aucun facteur, pour les mêmes raisons que pour le Chêne.

. Couple de torsion

Dans le cas du Hêtre, on trouve une corrélation significative au seuil de 5 % entre le couple de torsion et la composante 5 : les stations sableuses, par opposition aux stations sur argile ou limon fin , sont donc également plus favorables à la qualité du Hêtre.

V - D I S C U S S I O N - C O N C L U S I O N S

L'objet de ce paragraphe n'est pas de reprendre les résultats dont on peut trouver une synthèse aux paragraphes 4.3, 4.4. et 4.5. Nous essayerons plutôt d'y mettre en évidence les améliorations que l'on pourrait apporter à des méthodes qui, par ailleurs, ont donné des résultats très satisfaisants.

5.1. L'ECHANTILLONNAGE

Il revêt une importance toute particulière dans ce type d'étude. Le principe de l'échantillonnage au hasard apparaît comme préférable à tout autre, malgré l'inconvénient (mineur) qu'il conserve (mais dont ne sont pas exempts les autres procédés) : il accorde un poids maximum aux types de station les mieux représentés en superficie ; les résultats obtenus ne sont donc valables intégralement que sur la région échantillonnée, et ne doivent être extrapolés à d'autres régions, même très proches, qu'avec beaucoup de prudence.

En revanche :

. il ne fait pas intervenir de coefficient personnel dû au chercheur (objectivité),

. il donne une bonne idée de l'importance relative des types de peuplement rencontrés, tout en apportant une sérieuse garantie de ne pas avoir fait d'oublis.

5.2. LES ANALYSES

5.2.1. Résultats

Quand nous avons commencé cette étude, notre méthode de travail sur le terrain a été de mener parallèlement les relevés phytosociologiques et écologiques.

Nous avons ensuite exploité parallèlement ces deux catégories de données qui ont débouché l'une sur l'élaboration de Groupes floristiques, l'autre sur celle de Groupes écologiques.

Les groupes élaborés par les deux analyses se sont révélés très proches les uns des autres. Les Groupes floristiques étant les plus satisfaisants, ce sont eux que nous avons conservés. Un parallèle établi avec les groupes écologiques nous a permis de définir l'amptitude écologique de ces groupes floristiques.

.../...

Cette étude des relations flore - caractéristiques chimiques du sol a complété cette étude.

5.2.2. Perspectives

5.2.2.1. Quant aux méthodes

Les méthodes que nous avons utilisées (Analyse factorielle, Analyse canonique) se sont révélées bien adaptées à nos préoccupations.

L'analyse factorielle s'avère assez facile à mettre en oeuvre et donne des résultats satisfaisants.

Dans le cas de l'analyse floristique, il faut cependant noter qu'elle ne débouche pas sur une classification. S'il ne s'agit pas là d'un inconvénient majeur, bien que, pratiquement, nous ayons pu nous en accomoder, il n'en reste pas moins que nous essayerons à l'avenir d'aboutir à une classification (ceci pourrait se faire en faisant l'analyse factorielle non sur une matrice de coefficients de JACCARD, mais sur une matrice de coefficients assimilables à des distances).

C'était la première fois que nous utilisions l'analyse canonique. Nous l'avons fait sur une petite partie des données, comme complément à une autre méthode. Nous ne pouvons donc pas encore nous faire une idée très précise des services qu'elle sera susceptible de rendre à l'avenir. Néanmoins, et dès maintenant, il est certain que nous pouvons en espérer un supplément de résultats. Il serait peut-être bon que, lors de la prochaine étude de ce type, l'on compare les possibilités de l'Analyse factorielle et de l'Analyse canonique sur les mêmes données écologiques.

5.2.2.2. Quant aux résultats

Cette étude fait évoluer nos idées sur les méthodes à employer pour réaliser ce type de travail.

Une première tournée serait consacrée à la floristique (1). Sur les données recueillies, une première analyse serait faite qui permettrait de définir les groupes floristiques. On ferait ensuite un tri parmi tous les relevés effectués de ceux qui sont les plus représentatifs de chaque groupement floristique : c'est dans ces relevés que se ferait l'étude écologique. Cette étude ainsi réalisée serait beaucoup moins lourde puisque portant sur un nombre restreint de relevés. Enfin, elle serait moins aléatoire puisque en procédant ainsi nous aurions moins de risques d'oublier le facteur écologique qui risque de caractériser un G.F. (voir § 4.2.2. 6ème composante).

.../...

(1) Un relevé floristique étant d'une réalisation beaucoup plus rapide qu'un relevé mixte phyto-écologique, nous gagnerions, lors de ce premier passage, un temps appréciable. On peut alors utiliser ce temps supplémentaire pour augmenter le nombre de relevés et par la même augmenter la précision du travail.

De plus, cette étude écologique, au lieu de se limiter à prendre en compte des facteurs assez généraux, pourrait être aussi fine que celle que nous avons exposée au § 4.5.5.

Ce travail ne doit pas être considéré comme une fin en soi. Il a permis de déceler un certain nombre de corrélations entre des caractéristiques écologiques et certaines composantes de la biologie de la forêt : vérifier, peut-être expérimentalement, qu'il s'agit de liaisons de cause à effet et les préciser, quantitativement, pourrait être une suite logique de cette étude.

ANDERSON T.W. 1964. Introduction to multivariate statistical analysis. John Wiley, New-York.

AUSSENAC G., BECKER M. 1968. Ecologie d'un massif sur sols hydromorphes : la forêt de Charmes (Vosges). Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude dynamique du milieu forestier. Ann. Sci. forest., 25,4, 291-332.

AUSSENAC G., PARDE J. 1969. Forêts et climats. BTI, 237, Fév.

BARTOLI C. 1966. Etudes écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne. Ann. Sci. forest., 23, 3, 3-319.

BECKER M. 1968. Le Hêtre (*Fagus silvatica* L.) et ses problèmes en forêt de Villers-Cotterets (Aisne). Contribution à la mise au point d'une méthode dynamique d'étude écologique du milieu forestier. Ann. Sci. forest. (sous presse).

DAGNELIE P. 1960. Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. Bull. Serv. Carte Phytogéog., B, 5, 1-195.

DUCHAUFOUR Ph. 1954. Evolution des sols forestiers en liaison avec la végétation forestière. Rev. for. fr., 11, 641-646.

DUCHAUFOUR Ph. 1957. Tableaux descriptifs et analytiques des sols. Edit E.N.E.F. Nancy, 87 p.

DUCHAUFOUR Ph. 1960. Stations, types d'humus et groupements écologiques. Rev. for. fr., 7, 484-494.

DUCHAUFOUR Ph. 1965. Précis de Pédologie. 2e éd. Masson, Paris, 481 p.

FOURNIER P. 1925. Les 4 flores de France. Ed. P. Lechevalier, Paris, 1105 p.

HARMAN M. 1964. Factor analysis. Chicago U.P.

JOLY H. 1908. Etudes géologiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la bordure N.E. du Bassin de Paris. Thèse. Faculté des Sciences de Nancy.

.../...

KENDALL M.G. 1961. A course in multivariate analysis.
Griffin, London.

LEMEE G. 1952. La valeur des groupements végétaux comme indicateurs des conditions du sol.
Bull. Ass. Fr. pour l'étude du sol. n° 35.

LEMEE G. 1967. Précis de Biogéographie.
Masson & Cie, Paris, 358 p.

MAUBEUGE P. 1955. Observations géologiques dans l'Est du Bassin de Paris.
AF. Nancy, 1082 p.

MERIAUX S. 1953. Contribution à l'étude de l'analyse granulométrique.
Thèse INRA, 118 p.

MILLIER C. 1970. Essai d'interprétation d'une analyse de corrélations canoniques.
Document ronéo - INRA-CNRF.

NGUYEN KHA, DUCHAUFOUR Ph. 1969. Note sur l'état du fer dans les sols hydromorphes.
Sciences du sol I, 96-110.

OFFICE NATIONAL METEOROLOGIQUE. 1940. Etude de climatologie de la région Lorraine Vosges et vallée du Rhin.

REMENIERAS G. 1965. L'hydrologie de l'Ingénieur.
2ème éd. Eyrolles, Paris, 456 p.

RENAUD C. 1967. Etude critique du déficit d'écoulement et de l'évapotranspiration. Bassin supérieur de la Moselle.
DES. Université de Nancy.

ROUX M. 1967. A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie.
Rev. de Strat. appl., 15, 59-72.

STATION DE BIOMETRIE - CNRF. Eléments d'analyse statistique à plusieurs variables : l'analyse factorielle.
Document ronéo.

TIMBAL J. 1968. Contribution à l'étude des associations forestières de la forêt de Ste-Hélène (Vosges).
Thèse - Document INRA-CNRF - Inédit.

TOMASSONE R. 1967. Une méthode d'investigation : la régression orthogonale.
Ann. Sci. forest., 24, 3, 233-258.

VAN DEN DRIESSCHE R. 1965. La recherche des constellations de groupes à partir des distances généralisées D^2 de MAHALANOBIS.
Biométrie - Praximétrie, 6, I, 36-47.

Travaux CPCS. 1967. Classification des sols.
ENSA, Grignon.

Cartes géologiques au 1/80.000e.
Mirecourt n° 84.
Epinal n° 85.

Divers Plans d'aménagement.

LISTE DES ESPECES RENCONTREES

Référence : "Les Quatre Flores de France" - P. FOURNIER - 1961.

N° Analyses	
1	Abies alba Mill.
2	Acer campestre L. S_I
3	Acer campestre L. $S_{II} + S_{III}$
4	Acer pseudoplatanus L.
	Adoxa moschatellina (Tourn.) L.
5	Agrostis sp.
6	Ajuga reptans L.
	Alliaria officinalis Andrz.
	Alnus glutinosa (L.) Gaertn.
7	Anemone nemorosa L.
	Angelica silvestris L.
	Anthoxantum odoratum L.
	Arrhenatherum elatius (L.) Mert. et K.
8	Arum maculatum L.
9	Asperula odorata L.
10	Athyrium filix-femina (L.) Roth.
11	Stachys officinalis (L.) Trevisan.
12	Betula verrucosa Ehrh.
13	Brachypodium silvaticum (Huds.) R. et S.
14	Calluna vulgaris (L.) Salisb.
15	Campanula trachelium L.
16	Cardamine pratensis L.
17	Carex brizoïdes L.
18	Carex glauca Murr.
19	Carex montana L.
20	Carex pallescens L.
	Carex pendula Huds.
21	Carex pilulifera L.
22	Carex polyrrhiza Wallr.
	Carex remota L.
23	Carex silvatica Huds.
24	Carpinus betulus L. S_I
25	Carpinus betulus L. $S_{II} + S_{III}$

.../...

Castanea sativa Miller

26 Circaea lutetiana L.

Climatis vitalba L.

27 Convallaria maïalis L.

28 Cornus sanguinea L.

Corydallis solida (L.) Sm.

29 Corylus avellana L.

30 Crataegus monogyna Jacq.

31 Crataegus oxyacantha L.

Dactylis glomerata L.

Daphne mezereum L.

32 Deschampsia coespitosa (L) P.B.

33 Deschampsia flexuosa (L.) Trin.

34 Epilobium angustifolium L.

35 Epilobium montanum L.

Epipactis latifolia (L.) All.

Eupatorium cannabinum L.

36 Euphorbia amygdaloïdes L.

Euphorbia dulcis L.

37 Evonymus vulgaris Miller.

38 Fagus silvatica L. $S_I + S_{II}$

39 Fagus silvatica L. S_{III}

Festuca gigantea (L.) Vill.

Festuca heterophylla Lamk.

40 Ficaria verna Huds.

41 Filipendula ulmaria (L.) Maxim.

42 Fragaria vesca L.

43 Fraxinus excelsior L. $S_I + S_{II}$

44 Fraxinus excelsior L. S_{III}

45 Galeopsis tetrahit L.

Galium aparine L.

46 Galium palustre

Galium silvaticum L.

Geranium robertianum L.

47 Geum urbanum L.

48 Glechoma hederaceum L.

.../...

49	Hedera helix L.
50	Heracleum sphondylium L.
51	Holcus mollis L.
52	Hieracium murorum L.
115	Hieracium sabaudum L.
	Hypericum humifusum L.
	Hypericum perforatum L.
53	Hypericum hirsutum L.
54	Hypericum pulchrum L.
55	Ilex aquifolium L.
56	Juncus sp.
	Juniperus communis L.
57	Lamium galeobdolon (L.) Crantz.
71	Lathyrus montanus (L.) Bernh.
58	Ligustrum vulgare L.
59	Lonicera periclymenum L.
60	Lonicera xylosteum L.
61	Lotus uliginosus Schk.
62	Luzula albida (Hoffm.) DC.
	Luzula campestris L.
	Luzula silvatica (Huds.) Gaud.
126	Luzula pilosa (L.) Willd.
	Lychnis flos cuculi L.
63	Lysimachia nemorum L.
64	Maianthemum bifolium (L.) Schimp.
65	Melampyrum pratense L. pp.
	Melandryum silvestre (Schkuhr) Roehl.
66	Melica uniflora Retz.
67	Milium effusum L.
68	Moehringia trinervia (L.) Clairv.
69	Molinia coerulea (L.) Moench.
	Mycelis muralis (L.) Rchb.
	Myosotis scorpioïdes (L.) Hill.
70	Neottia nidus avis Rich.
	Ornithogalum pyrenaïcum
72	Oxalis acetosella L.

.../...

73 Paris quadrifolia L.

74 Phyteuma spicatum L.

75 Picea excelsa (Lmk.) Lk.

Pinus nigra Arn. ssp. nigricans Host.

Pinus silvestris L.

Pinus strobus L.

76 Pirus communis L.

Pirus malus L.

Pirola rotundifolia L.

77 Poa chaixi Vill.

78 Poa nemoralis L.

79 Polygonatum multiflorum (L.) All.

80 Polystichum filix mas (L.) Roth.

81 Polystichum spinulosum Lmk. et DC.

82 Populus tremula L.

83 Primula elatior (L.) Schrb.

84 Prunus avium L. S_I

85 Prunus avium L. $S_{II} + S_{III}$

Prunus padus L.

86 Prunus spinosa L.

87 Pteridium aquilinum (L.) Kuhn.

Pulmonaria officinalis L.

88 Quercus pedunculata Ehrh. $S_I + S_{II}$

89 Quercus pedunculata Ehrh. S_{III}

90 Quercus sessiliflora Salisb. $S_I + S_{II}$

91 Quercus sessiliflora Salisb. S_{III}

92 Ranunculus auricomus L.

93 Ranunculus breyninus Crantz. SE nemorosus DC.

94 Ranunculus repens L.

95 Rhamnus frangula L.

Ribes uva crispa L.

96 Rosa canina L.

97 Rubus idaeus L.

98 Rubus sp.

Rumex sp.

99 Salix caprea L.

100 Sambucus racemosa L.

Sarothamnus scoparius (L.) Wimmer.

101 Scrofularia nodosa L.

102 Sorbus aucuparia L

.../...

103	Sorbus torminalis (L.) Crantz.
	Stachys silvaticus L.
104	Stellaria holostea L.
105	Taraxacum officinale Weber
106	Teucrium scorodonia L.
107	Tilia cordata MIller
	Ulmus campestris L.
	Urtica dioïca L.
108	Vaccinium myrtillus L.
109	Veronica chamaedrys L.
110	Veronica officinalis L.
	Viburnum lantana L.
111	Viburnum opulus L.
112	Vicia sepium L.
113	Vinca minor L.
114	Viola silvestris (Lamk.) Rchb.

MOUSSES

116 Atrichum undulatum P. Beauv.

117 Dicranum scoparium Hedw.

118 Eurhynchium sp.

Hylocomium splendens (Hedw.) B.e.

119 Leucobryum glaucum (Hedw.) Schimp.

120 Mnium undulatum Hedw.

Plagiochila asplenoïdes (L.) Dum.

121 Polytrichum formosum Hedw.

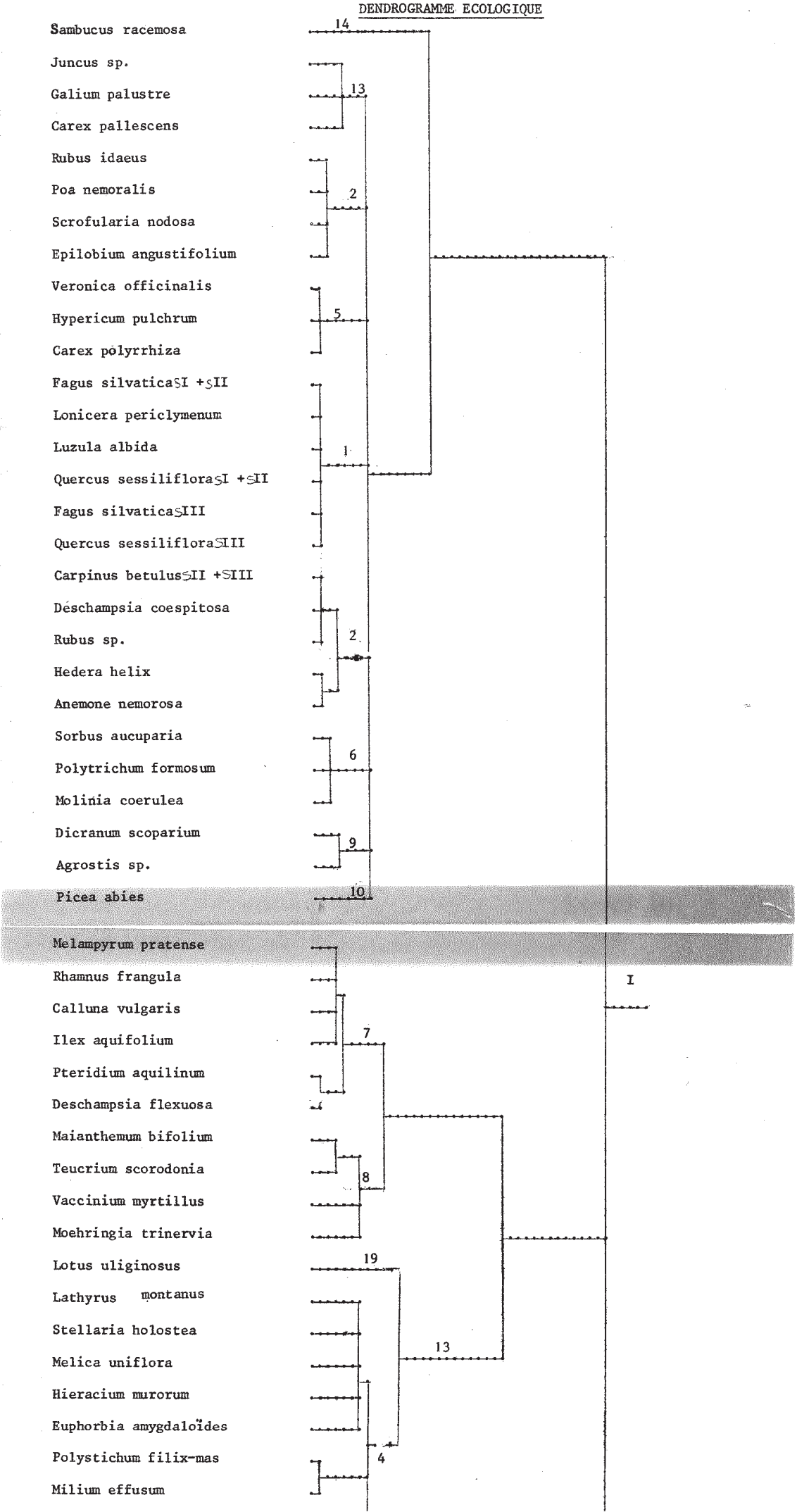
125 Pseudoscleropodium purum (Hedw.) Fleisch.

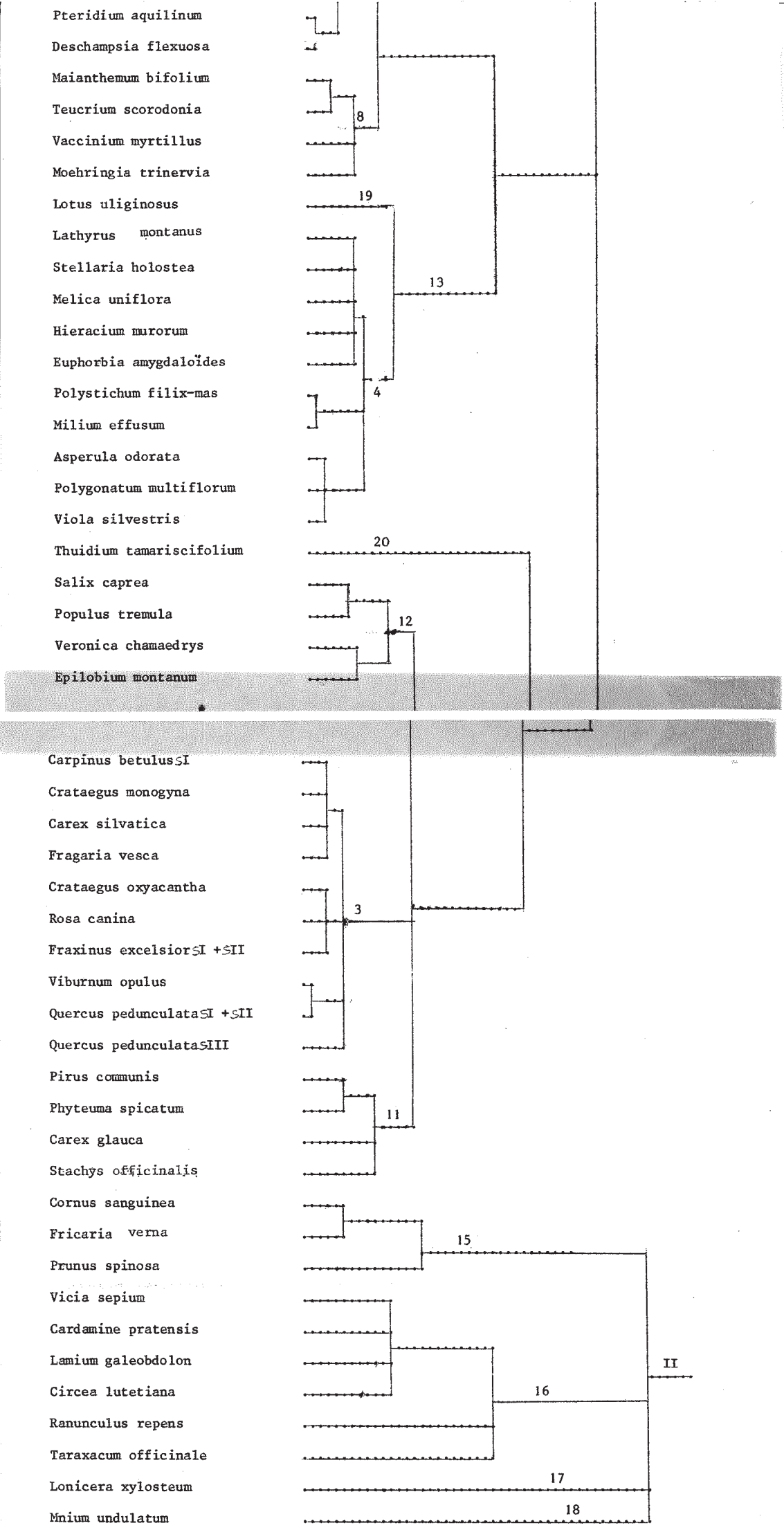
122 Rhitidiadelphus tricheter (Hedw.) Warnst.

Sphagnum sp.

124 Thuidium tamariscifolium (Hedw.) Lindb.

DENDROGRAMME ECOLOGIQUE




Pteridium aquilinum
Deschampsia flexuosa
Maianthemum bifolium
Teucrium scorodonia
Vaccinium myrtillus
Moehringia trinervia
Lotus uliginosus
Lathyrus montanus
Stellaria holostea
Melica uniflora
Hieracium murorum
Euphorbia amygdaloïdes
Polystichum filix-mas
Milium effusum
Asperula odorata
Polygonatum multiflorum
Viola silvestris
Thuidium tamariscifolium
Salix caprea
Populus tremula
Veronica chamaedrys
Epilobium montanum
Carpinus betulus≤I
Crataegus monogyna
Carex silvatica
Fragaria vesca
Crataegus oxyacantha
Rosa canina
Fraxinus excelsior≤I +≤II
Viburnum opulus
Quercus pedunculata≤I +≤II
Quercus pedunculata≤III
Pirus communis
Phyteuma spicatum
Carex glauca
Stachys officinalis
Cornus sanguinea
Fricaria verna
Prunus spinosa
Vicia sepium
Cardamine pratensis
Lamium galeobdolon
Circea lutetiana
Ranunculus repens
Taraxacum officinale
Lonicera xylosteum
Mnium undulatum
8
19
13
4
20
12
3
11
15
II
16
17
18