HAL
open science

# Contribution à l'étude du fonctionnement du drainage: caractérisation et comparaison de la tranchée (draineuse-traineuse) et de la saignée (draineuse sous-soleuse) de drainage

Vincent Hallaire

**To cite this version:**

Vincent Hallaire. Contribution à l'étude du fonctionnement du drainage: caractérisation et comparaison de la tranchée (draineuse-traineuse) et de la saignée (draineuse sous-soleuse) de drainage. Serie Service Etudes des Sols Montpellier, 1982, 531, pp.1-21. hal-02716966

**HAL Id: hal-02716966**

**https://hal.inrae.fr/hal-02716966v1**

Submitted on 1 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.

114

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

O N I C - I N R A

# CONTRIBUTION A L'ETUDE DU FONCTIONNEMENT DU DRAINAGE

## CARACTERISATION ET COMPARAISON DE LA TRANCHEE (DRAINEUSE-TRANCHEUSE) ET DE LA SAIGNEE (DRAINEUSE-SOLEUSE) DE DRAINAGE

par V. HALLAIRE

Laboratoire de Science du Sol
Centre INRA de Montpellier
9, Place Viala
34060 MONTPELLIER CEDEX

SES n° 531
Juin 1982

# S O M M A I R E


Pages

INTRODUCTION . . . . . 1

1. COMPARAISON DES MESURES "CYLINDRE" et "TROXLER" . . . . . 3

2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES TRANCHEES DE DRAINAGE . . . . . 4

a. Sols à forte différenciation texturale et structurale à faible profondeur . . . . . 4

b. Sols à profil homogène sur plus de 100 cm . . . . . 7

c. Sol alluvial à gley peu profond . . . . . 9

d. Conclusions sur l'analyse des tranchées de drainage . . . 11

3. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES "SAIGNEES" DE SOUS-SOLAGE . . . . 11

a. Sols à forte différenciation texturale et structurale à faible profondeur . . . . . 12

. Observation des profils . . . . . 12
. Mesures . . . . . 13
. Phénomènes de gonflement et porosité . . . . . 13
. L'éclatement . . . . . 14
. Cas de mauvais fonctionnement . . . . . 15

b. Sols à profil homogène sur plus de 100 cm . . . . . 16

c. Sol alluvial à gley peu profond . . . . . 17

d. Conclusions sur l'analyse des saignées de sous-solage. . . 19

CONCLUSIONS . . . . . 20

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES . . . . . 21

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

L'objectif de cette étude est de juger, au moyen de plusieurs méthodes, de l'efficacité des drainages effectués à la poseuse-trancheuse ou à la poseuses-outil-taupe. Cette analyse a un double intérêt :

- elle permet de comprendre le comportement hydrique des sols, notamment par l'étude des caractéristiques structurales et porales;

- à cet intérêt "heuristique" s'ajoute un intérêt technologique : la connaissance de ce comportement hydrique et du fonctionnement du drainage permet d'avoir des éléments pour le diagnostic (non fonctionnement d'un réseau), ou pour le pronostic (prévision du fonctionnement, choix des modalités d'exécution du réseau).

Cette étude a comporté trois phases :

- une enquête auprès des agriculteurs a permis de connaître les caractéristiques des réseaux de drainage, le mode d'exécution des travaux, les conduites culturales depuis le drainage, et l'appréciation, chiffrée ou non, de son fonctionnement (BOUZIGUES et al. , 1981);

- l'observation de profils creusés au-dessus des drains a permis la description du sol en place et de la tranchée ou de la saignée. Bien que cette description ne fasse pas appel à des techniques d'observations différentes de celles employées pour les descriptions pédologiques habituelles, une attention toute particulière est apportée aux caractétistiques structurales : formes et dimensions des agrégats, formes et dimensions des pores (fissures, cavités, pores racinaires, galeries de vers, etc...);

- des mesures de densité apparente et d'humidité sont effectuées dans le massif de sol en place, et dans la tranchée ou la saignée. Selon la complexité du profil, une ou plusieurs mesures ont pu être effectuées. Elles ont été réalisées par deux méthodes : le prélèvement au cylindre d'une part, la sonde gammaneutronique "Troxler" d'autre part.

Enquête, observation des profils et mesures se sont déroulées en Septembre 1981 dans deux régions qui bénéficiaient d'une carte pédologique au 1/10.000ème :

. la Bresse de l'Ain (ARNAL H. , 1981)
. la Plaine Dôloise (Jura) (BOUZIGUES R. et FAVROT JC.,1978)

Sur les 11 réseaux analysés dans cette étude, 6 se situent en Bresse, et 5 en Plaine Dôloise. A ces 11 réseaux s'ajoutent de nombreux autres réseaux sur lesquels enquête et observation ont eu lieu, mais où aucune mesure n'a été effectuée. Les sols concernés sont assez semblables d'une région à l'autre et peuvent être classés en 3 catégories :

- sols à faible épaisseur de limon (20 à 60 cm) sur un matériau plus lourd, marmorisé : cet horizon est en général considéré comme un horizon II Bt. (6 profils)

- sols à forte épaisseur de limon ou limon argileux (au moins 1 m) sur l'horizon II Bt : par colluvionnement les horizons supérieurs se sont épaissis. (3 profils)

- sols à gley à faible profondeur (40 à 80 cm), en position alluviale. (2 profils)

L'analyse des observations et des mesures a porté sur les tranchées de drainage (5 profils) puis sur les saignées de poseuse outil-taupe. (6 profils)

Compte-tenu du grand nombre de répétitions des mesures (79 mesures sur 40 emplacements), on a pu effectuer, dans un premier temps, une comparaison des méthodes "Cylindre" et "Troxler".

# 1. COMPARAISON DES MESURES "CYLINDRE" ET "TROXLER".

Sur 18 emplacements, des mesures ont été réalisées à la fois au cylindre et à la sonde Troxler :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | emplacements | où | il y a | 1 | cylindre | et | 1 | Troxler |
| 8 | " | " | " | 2 | " | " | 1 | " |
| 1 | " | " | " | 3 | " | " | 1 | " |
| 2 | " | " | " | 2 | " | " | 2 | " |
| 1 | " | " | " | 3 | " | " | 2 | " |

Des tests bilatéraux ont été effectués sur ces 18 couples de mesures afin de comparer les résultats des 2 méthodes en ce qui concerne la densité apparente humide, la densité apparente sèche, et l'humidité pondérale.

a) - les densités apparentes humides $\gamma h$ ne sont pas significativement différentes d'une méthode à l'autre. En l'absence de tout autre élément de comparaison, et à moins qu'il y ait un biais identique entre les deux types de mesures, on peut donc admettre que la densité apparente humide est correctement mesurée par l'une et par l'autre méthode. Malgré l'absence de différence significative, il faut toutefois remarquer que le cylindre donne des résultats souvent plus élevés que la Troxler : peut être cela est-il dû au tassement de la terre dans le cylindre.

b) - les densités apparentes sèches $\gamma d$ sont significativement différentes, au seuil 0,1 % , entre le cylindre et la Troxler. $\gamma d$ étant calculé à partir de $\gamma h$ et de l'humidité w par la formule $\gamma d = \frac{\gamma h}{1 + w}$ , on peut donc supposer que cette différence provient de la mesure de l'humidité.

c) - effectivement, les humidités sont significativement différentes, au seuil 0,1 % , entre les deux méthodes. Compte-tenu du principe de ces méthodes, il est probable que l'humidité obtenue par le cylindre est plus fiable que l'humidité obtenue par la sonde Troxler. Il faut noter qu'il n'y a aucune corrélation ($r = - 0,006$) entre l'humidité mesurée au cylindre et la différence d'humidité cylindre Troxler : on ne peut donc pas "prévoir" l'erreur commise sur w par la Troxler.

d) - en dernier lieu, on a calculé les densités sèches à partir des densités humides de la Troxler et des humidités du cylindre. Ces valeurs corrigées ne sont pas significativement différentes des $\gamma d$ obtenues par la méthode au cylindre.

On peut conclure de ces comparaisons :

- que les mesures effectuées au cylindre apparaissent fiables, qu'il s'agisse de $\gamma h$ , de w ou de $\gamma d$,

- que la sonde Troxler donne une bonne mesure de $\gamma h$ (sans doute meilleure que le cylindre), mais surestime la valeur de w : de ce fait, la valeur de $\gamma d$ est erronée,

- que la meilleure estimation de $\gamma d$ sera celle obtenue par calcul à partir :

  . du $\gamma h$ mesuré à la Troxler

  . de l'humidité mesurée indépendamment, par prélèvement d'échantillons et séchage à l'étuve.

## 2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES TRANCHEES DE DRAINAGE.

Quatre réseaux en Bresse et un en Plaine Dôloise ont été étudiés. Pour chacun d'eux, on dispose d'au moins une mesure dans la tranchée et d'une mesure dans le massif de sol.

Toutes ces mesures ont été effectuées à la sonde Troxler : on ne dispose d'aucune mesure par cylindre. En conséquence des conclusions précédentes, on peut donc s'attendre à avoir des surestimations d'humidité, donc des surestimations de densités apparentes sèches. Ces valeurs ont toutefois été retenues pour leur caractère relatif, afin de permettre des comparaisons.

On peut d'ailleurs constater que, sur les 13 mesures effectuées l'humidité volumique $\theta = w \cdot \gamma d$ , qui représente la porosité occupée par l'eau lors de la mesure, est supérieure à la quantité $n = 1 - \gamma d / \gamma s$ (avec $\gamma s = 2,65$), qui représente la porosité totale : cette aberration confirme que les chiffres obtenus ne peuvent être étudiés pour leur valeur absolue.

### *a) Sols à forte différenciation texturale et structurale à faible profondeur.*

Deux réseaux ont été étudiés : Fargeot 5, en Bresse, et Bachelut 6, en Plaine Dôloise.

Pour chacun d'eux, le drain est posé dans l'horizon IIB, c'est-à-dire un horizon de texture fine (limono-argileux à argilo-limoneux), marmorisé de gris et de rouille, à structure prismatique souvent grossière, et dont la porosité visible à l'oeil nu semble limitée aux petits pores tubulaires internes aux agrégats.

*Notion d'horizon imperméable* :

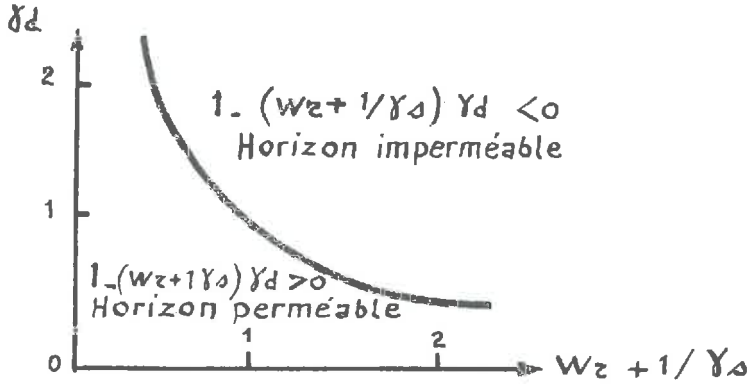
Les hydrodynamiciens nomment "plancher imperméable" une couche de sol dont la perméabilité est au moins cent fois plus faible que celle de la couche de sol susjacente.

Soucieux de ramener cette notion à des caractéristiques pédologiques, nous dénommerons "horizon imperméable" un horizon inaccessible à l'eau libre : sa saturation est atteinte avant la présence d'eau libre, c'est-à-dire lorsque toute l'humidité est sous forme hygroscopique et capillaire. Cette condition est remplie lorsque la porosité totale de l'horizon, $n = 1 - (\gamma d/\gamma s)$, est inférieure à la porosité occupée par l'humidité à la capacité de rétention, $wr \cdot \gamma d$ :

$$1 - (\gamma d/\gamma s) < wr \cdot \gamma d$$

$$\text{soit : } 1 - (wr + 1/\gamma s) \cdot \gamma d < 0$$

Comme $1/\gamma s$ est pratiquement constant, la condition d'imperméabilité d'un horizon ne dépend que des seules grandeurs wr et $\gamma d$, c'est-à-dire de ses caractéristiques texturales et structurales. Ceci peut être traduit sur un graphe :




Or, les horizons II Bt sont caractérisés par :

- une forte capacité de rétention wr, du fait de la texture fine (la capacité de rétention est de l'ordre de 25 à 28 % pour un limon argileux, de 30 à 35 % pour une argile limoneuse).

- une densité apparente sèche élevée, du fait de la structure de ces horizons (la valeur 1,61 trouvée chez Fargeot 5 paraît très probable; la valeur 1,42 trouvée chez Bachelut 6 est certainement sousestimée).

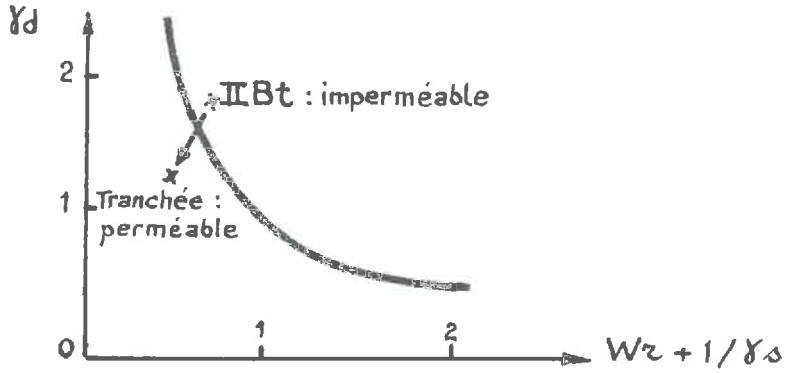
Ainsi, chez Fargeot 5, l'humidité maximale admise par l'horizon II Bt serait de 24,3 %, c'est-à-dire du même ordre que la capacité de rétention : les variations d'humidité dans cet horizon seront donc faibles, la présence d'eau libre y est improbable. Cet horizon peut être considéré comme imperméable : une nappe s'établira dans les couches supérieures du sol.

L'utilisation d'une trancheuse dans ce type de sol jouera sur les deux termes wr et $\gamma d$ :

- *texture* : par un mélange des horizons supérieur et inférieur, la tranchée a une texture plus limoneuse que l'horizon II Bt, et la capacité de rétention peut y être sensiblement plus faible.

- *structure* : par un remaniement total de la structure, la tranchée est moins tassée que l'horizon II Bt ou, au maximum, aussi tassé que l'horizon de surface; ceci est bien mis en évidence par les chiffres obtenus, mais aussi par les nombreuses observations faites dans cette situation : à une structure prismatique grossière, à architecture ajustée (1), se substitue une structure polyèdrique très fine constituée de très petits agrégats à éclats anguleux, laissant entre eux une importante porosité.

Ces deux éléments concourrent donc à donner à la tranchée une meilleure porosité accessible aux eaux gravitaires :



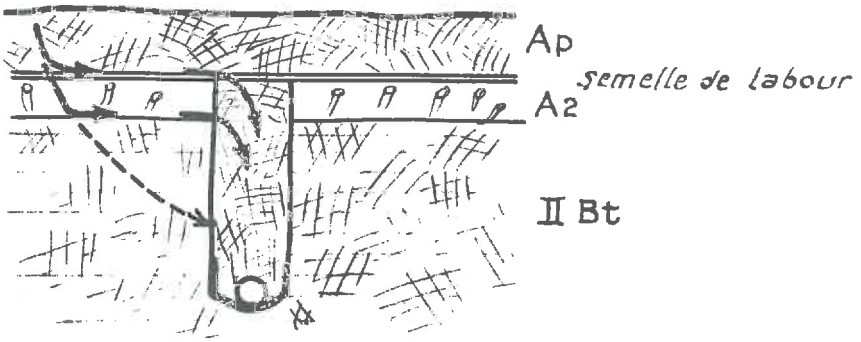

D'autre part, il faut noter que la porosité totale, calculée à partir de la densité apparente, ne renseigne pas sur la forme des pores : la tranchée est souvent caractérisée par d'importantes galeries de vers et de pores racinaires, l'activité biologique y est nettement plus importante que dans le massif de sol voisin; de plus il n'est pas rare d'observer, le long des parois de la tranchée, des fentes de décollement qui doivent participer abondamment à l'écoulement de l'eau.

---

(1) cf De Crécy, in CONCARET (1981)

Sans que l'on puisse formuler, à l'aide des seules mesures de densité, aucune hypothèse sur la forme de la porosité, les résultats précédents confirment que la tranchée, par un mélange des horizons et par une diminution du tassement, constitue une zone accessible à l'eau libre contrairement à l'horizon II Bt. Les mesures d'humidité dont on dispose ne sont malheureusement pas assez fiables pour que l'on ait pu quantifier ce phénomène.

Le fonctionnement du drainage dans ces sols apparaît donc tel que l'ont déjà décrit de nombreux auteurs (MERIAUX S. , 1973; ALESSANDRELLO E. et al. , 1976; CONCARET, 1981) : la nappe perchée installée soit sur la semelle de labour, soit au sommet des horizons lourds et tassés, est interceptée par la tranchée ("écoulements de subsurface").




L'efficacité du drainage est liée à la continuité de la porosité depuis les horizons supérieurs jusqu'à la tranchée : la présence d'une voûte peut limiter l'effet de la tranchée.

Sur les deux profils étudiés, où le drainage donne entière satisfaction, aucun obstacle structural (voûte ou semelle de labour) n'a été observé.

b) *Sols à profil homogène sur plus de 100 cm.*

Les profils Pont 11 et Pont 12, en Bresse, sont caractérisés par un épaississement des horizons recouvrant l'horizon IIBt : celui-ci se trouve à 110 cm de profondeur, c'est-à-dire sous le drain. Cet épaississement dû au colluvionnement (situation de bas de versant) n'a pas empêché un certain lessivage d'argile au sein des horizons supérieurs : la texture est limoneuse jusqu'à 50 cm, puis limono-argileuse. Malgré ce léger enrichissement en argile, ce premier horizon (B) a un comportement très différent du IIBt sous-jacent : structure polyèdrique à tendance prismatique beaucoup plus fine qu'en IIBt, absence de revêtements

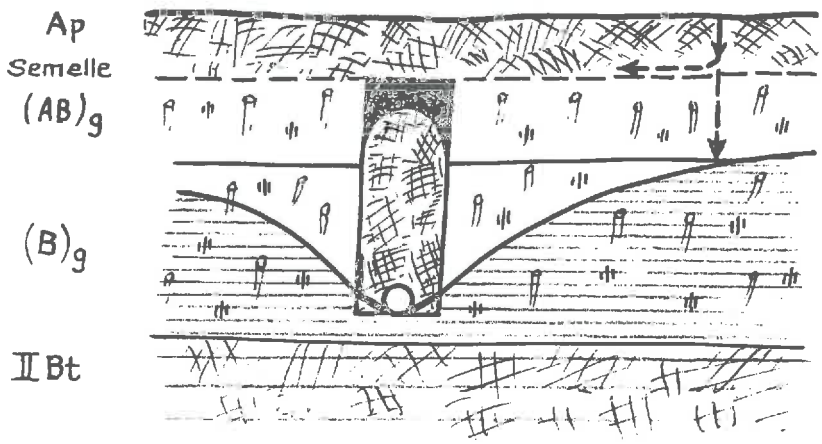
argileux gris le long des agrégats, porosité visible à l'oeil nu très importante dans et entre les agrégats, notamment sous forme de chenaux racinaires et de galeries de vers; quant à l'hydromorphie, elle ne se manifeste pas sous la forme d'un bariolage, mais d'une juxtaposition beaucoup plus désordonnée de plages rouille et jaunes.

Les mesures de porosité dans cet horizon donnent des valeurs de 44,3 % et 46 % . Ces chiffres sont peu supérieurs aux porosités mesurées dans les horizons IIBt, précédemment étudiés (notamment Bachelut 6), mais on a vu le risque qu'il y avait à se fier uniquement aux mesures Troxler; quoiqu'il en soit, l'observation seule suffit pour être certain que ces sols ont une densité apparente moins élevée que les précédents. En outre, nous avons déjà noté plus haut que le seul chiffre de porosité totale renseignait mal sur la porosité utile à l'écoulement de l'eau.

Malgré ces réserves, on peut effectuer le calcul explicité plus haut de la "porosité résiduelle" (différence entre la porosité totale et la porosité occupée par l'eau de rétention capillaire) : pour une densité moyenne de 1,45 et une capacité de rétention de l'ordre de 18 à 22 % , la porosité résiduelle est de 10 à 15 % . Ce résultat confirme les observations de terrain : le massif de sol n'est pas imperméable à l'eau gravitaire.

Sur les deux profils étudiés, on a observé une zone légèrement compactée entre 25 et 35 cm, due à une mauvaise conduite culturale. Au niveau de la tranchée, ce tassement se traduit par un effet-voûte extrêmement net. Or, malgré cette voûte, ces deux réseaux de drainage donnent entière satisfaction, et les délais de ressuyage sont très courts.

De ces éléments, il ressort donc que la tranchée ne joue pas le rôle d'interceptrice de l'eau comme précédemment, car il n'y a pas de plancher imperméable à faible profondeur : tout le massif de sol participe à l'écoulement de l'eau, bien que cet écoulement soit quelque peu ralenti par la semelle de labour.



Ce serait cependant une erreur de sousestimer l'importance de la tranchée dans ces sols : les chiffres montrent en effet que leur porosité est beaucoup plus élevée que celle du massif de sol (6 à 8 points de porosité supplémentaires dans la tranchée, ce qui est supérieur aux sols décrits au § a), et que l'humidité y est beaucoup plus importante. D'après l'examen des profils, il semble que ce gain de porosité s'exprime sous la forme d'une meilleure porosité biologique, et également sous la forme de fentes le long de la paroi de la tranchée : ces fentes assurent une bonne continuité entre le sol et la tranchée et peuvent expliquer la forte humidité dans cette dernière.

De plus, l'intérêt d'un bon effet tranchée se manifestera dans les cas accidentels suivants :

- si l'horizon sous-cultural est trop tassé pour permettre le passage de l'eau, il se comportera comme un horizon imperméable sur lequel l'eau s'écoulera jusqu'à la tranchée, à condition bien sûr qu'il n'y ait pas de voûte. Toutefois il demeure évident que cette situation peut être résolue par un sous solage agricole; elle doit de toute façons être évitée par une bonne conduite culturale;

- au profil Pont 12, s'est présenté le cas tout à fait exceptionnel d'un drain non perforé : grâce à la très bonne porosité de la tranchée, l'eau a pu cependant s'écouler autour du drain, créant dans cette zone un gley très affirmé. La tranchée a joué le rôle de drain, et la situation a pu passer inaperçue à l'agriculteur.

c) *Sol alluvial à gley peu profond.*

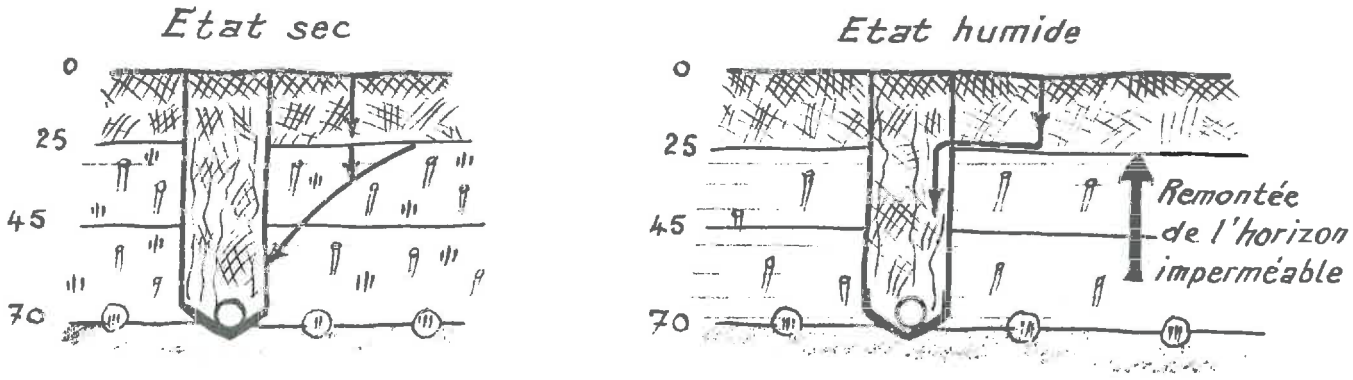
Parmi les réseaux observés en situation alluviale, effectués à la trancheuse, un seul a donné lieu à des mesures : le profil Chevalier 9, en Bresse de l'Ain.

Le profil observé est situé dans l'axe d'un talweg; il présente peu de différenciation texturale : le sol est argilo-limoneux sur tout la profil. Le drain est posé à 70 cm, au contact d'un gley réduit bleu, plastique : ce niveau correspond à la nappe permanente, peut être le gley réduit était-il plus proche de la surface avant le rabattement de la nappe par le drainage (celui-ci est âgé de 3 ans). De 45 à 70 cm on trouve un horizon de gley oxydé : s'agit-il d'une zone de battement de la nappe, ou d'un ancien gley réduit, réoxydé depuis le drainage ? Il n'est pas possible de le savoir, n'ayant pas la description du sol avant drainage. Entre cet horizon et l'horizon superficiel (0-25 cm), on trouve un horizon intermédiaire bariolé avec quelques concrétions. Les horizons 25-45 et 45-70 sont caractérisés par une structure prismatique bien affirmée, et à architecture ajustée : le système de fissures y est très

développé; la colonisation racinaire est bonne dans ces horizons et a permis la formation d'une porosité intraagrégat importante.

Dans la tranchée, la structure est grenue, et la porosité biologique importante (galeries de vers, racines) : le bouleversement total des agrégats se traduit par un gain de porosité, dans la tranchée, supérieur à 10 points.

D'autre part, les chiffres d'humidité sont de 36 % dans le massif de sol (à 50 cm), et 50 % ou presque dans la tranchée, ce qui correspond, dans chaque cas, à une saturation presque totale. Même si ces chiffres sont surestimés, l'importance de leur différence et l'observation du profil permettent de formuler une hypothèse quant à l'écoulement de l'eau : la structure prismatique et la prépondérance de la porosité fissurale laissent supposer qu'à saturation, il y a fermeture des fentes; au vu des résultats d'humidité, il semblerait que l'eau ne traverse pas le massif de sol, mais s'écoulerait latéralement vers la tranchée : la fermeture des fissures provoquerait une remontée de l'horizon imperméable, sans que les pores biologiques semblent intervenir efficacement; nous tenterons plus loin d'en donner l'explication.




Ce fonctionnement demeure hypothétique et demanderait de toute façon à être précisé par une série de mesures d'humidité au cours de l'année, et éventuellement à l'aide de traceurs pour suivre l'écoulement de l'eau.

Un autre point important à éclaircir est de savoir si le passage d'un gley réduit, initialement plastique, à un gley oxydé par rabattement de la nappe peut permettre sa structuration. L'intérêt de ce phénomène est surtout lié aux possibilités de sous-solage.

*d) Conclusions sur l'analyse des tranchées de drainage.*

Malgré l'imprécision des résultats due à la méthode elle-même, cette analyse a permis de retrouver les théories déjà connues sur le fonctionnement du drainage par tranchées, tant en ce qui concerne les sols à nappe perchée que les sols à nappe profonde :

- dans les sols à nappe perchée peu profonde, la tranchée intercepte les eaux s'écoulant sur l'horizon imperméable - qu'il s'agisse d'un horizon pédologique ou d'un horizon compacté artificiellement - lorsque celui-ci est proche de la surface;

- par contre tout le massif de sol participe à l'écoulement de l'eau lorsque l'horizon imperméable est plus profond que le drain, à condition que la perméabilité soit suffisante car, pour une pluie importante et longue, il peut aussi y avoir du ruissellement. Toutefois la tranchée peut encore intercepter les eaux s'écoulant sur une semelle de labour; dans ce cas comme dans le précédent, l'effet voûte peut revêtir une grande importance.

Il faut malgré tout se garder de trop simplifier : il est probable que les 2 types de fonctionnement interviennent avec plus ou moins d'importance; il n'en reste pas moins vrai que l'un des deux types détermine un comportement global du sol s'il est nettement prépondérant; si tel n'est pas le cas, comme dans les sols à gley à structure prismatique, il est difficile d'être affirmatif sur le processus d'écoulement.

Des études sont encore à mener dans ce sens, non seulement pour suivre avec précision le régime hydrique du sol, mais surtout pour distinguer, dans la porosité totale, la porosité fissurale, soumise aux phénomènes de retrait et de gonflement, et la porosité non fissurale.

## 3. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES "SAIGNEES" DE SOUS-SOLAGE.

Deux réseaux en Bresse et quatre en Plaine Dôloise ont donné lieu à des observations de profils sur drain assorties de mesures. Sur l'ensemble de ces 6 profils, 26 emplacements ont été analysés, la plupart ayant donné lieu à des répétitions de mesures, ce qui a donné un total de 66 mesures :

- sur 18 emplacements, là ou les mesures au cylindre ont été accompagnées d'au moins une mesure à la sonde Troxler,
- sur 3 emplacements, on dispose de 2 ou 3 mesures au cylindre,
- sur 1 emplacement, on ne dispose que d'une mesure au cylindre,
- sur 3 emplacements, on ne dispose que d'une mesure Troxler.

Comme il a été dit au § 1, l'existence sur un même emplacement de mesures au cylindre et de mesures Troxler permet d'avoir des valeurs plus fiables d'humidité et de densité sèche.

D'une manière générale, ces chiffres apparaissent plus conformes à la réalité que ceux obtenus sur tranchées de drainage; l'humidité volumique $\gamma_d \cdot w$ reste en tout cas toujours inférieure à la porosité totale n , la différence entre les deux termes étant comprise entre 5 et 10 points.

*a) Sols à forte différenciation texturale et structurale à faible profondeur.*

Ces sols sont du même type que ceux étudiés au 6 2a : un horizon limoneux repose vers 50-60 cm sur un horizon IIBt à structure prismatique très affirmée.

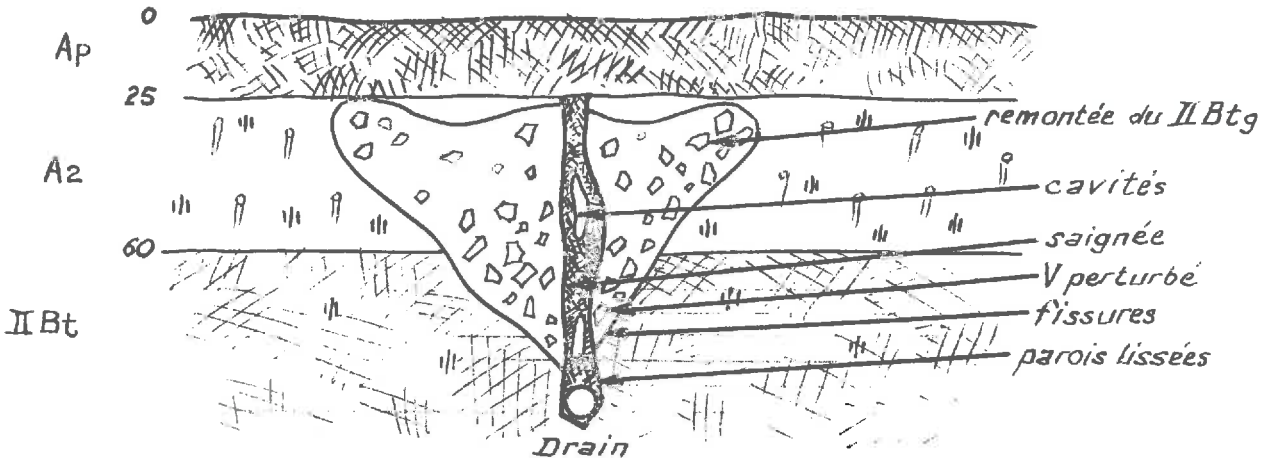
Sur les quatre profils de ce type, soumis à des mesures, trois appartiennent à des réseaux donnant entière satisfaction (Bachelut 7, Vergnes 4, Seguin 9), un à un réseau fonctionnant moins bien (Veuriot 1). Tous quatre sont situés en plaine Dôloise.

. *Observation des profils.*

L'observation des trois premiers profils permet de noter, au-dessus du drain, c'est-à-dire sur le passage du coutre, une zone centrale irrégulière, de largeur comprise entre 3 et 15 cm, plus ou moins continue depuis le haut du profil jusqu'au drain, qui se distingue par sa couleur : la terre plus organique de surface y est tombée lors de l'exécution des travaux; elle se caractérise par un très fort enracinement, et surtout une très grande quantité de galeries de vers, et de fissures créées par le coutre et non comblées depuis; certaines de ces cavités atteignent des dimensions de plusieurs centimètres. Cette zone constitue la saignée proprement dite.

De part et d'autre de cette saignée centrale, on observe une zone perturbée qui va en s'évasant du bas vers le haut, en forme de V. La structure y est polyèdrique subanguleuse, constituée par de très petits agrégats; l'humidité y est souvent élevée, ce qui donne parfois à cette zone un aspect pâteux; on y voit peu de galeries, la seule porosité visible dans cette zone étant constituée par les petits pores tubulaires internes aux agrégats et, parfois, par des fissures le long de la paroi (au contact du V et du massif de sol). Ce V, qui n'est plus visible dans les horizons de surface, est parfois dissymétrique, soit à cause d'un passage non

vertical du coutre, soit du fait de la remontée dans les horizons supérieurs de "noyaux" d'horizon IIBt.




. *Mesures.*

Les mesures de densité et d'humidité correspondent bien à ces observations : la porosité de la saignée centrale est nettement supérieure à celle du IIBt en place (de 3 à 4 points environ), et l'humidité au moins égale à celle du IIBt.

Les mesures effectuées dans le V montrent que la densité apparente y est à peine inférieure à celle du IIBt en place, elle est en tout cas largement supérieure à la densité de la saignée centrale : la porosité totale du V n'est guère plus élevée que dans le massif de sol. Par contre l'humidité du V est sensiblement supérieure à celle du IIBt, et même parfois (SEGUIN 9) à celle de la saignée.

. *Phénomènes de gonflement et porosité.*

L'observation de terrain permet de comprendre le phénomène mis en évidence par les mesures : la porosité de l'horizon IIBt peut se subdiviser en :

- une porosité interagrégats, composée de fissures entre les prismes; les fissures sont généralement gainées par un enrobage d'argile grise litée qui forme un écran entre l'intérieur et l'extérieur de l'agrégat. Cette porosité est soumise aux phénomènes de gonflement et de retrait : au-delà d'une certaine humidité, les fissures se ferment;

- une porosité intra-agrégats, parfois importante et même visible à l'oeil nu (pores tubulaires fins, probablement créés par les cheminements racinaires). Cette porosité n'est pas soumise aux phénomènes de gonflement et de retrait.

Lors de la réhumectation, les fissures se ferment, le gainage d'argile ne permet plus le passage de l'eau : ce phénomène, lié au piégeage

de l'air dans l'agregat, empêche le remplissage de celui-ci par l'eau; l'humidité de l'agrégat a donc très peu augmenté, l'air sous pression contribue à la fermeture des fissures, et l'horizon est imperméable bien que non saturé.

Lors de la dessiccation, les fissures se rouvrent; l'argile enrobant les agrégats retarde sans doute le départ de l'eau de l'agrégat (peut être ce phénomène contribue-t-il à l'hystérésis entre l'humectation et la dessiccation).

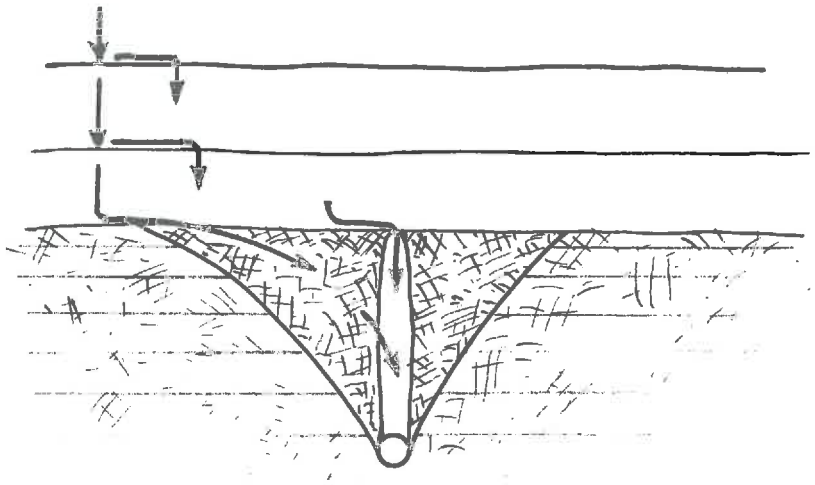
. *L'éclatement.*

Le passage du coutre sous-soleur produit dans cet horizon un bouleversement. Il consiste à substituer à la structure prismatique grossière une structure polyèdrique fine : les grands prismes sont fracturés en petits polyèdres de 1 à 5 mm qui sont disposés en une orientation nouvelle. Cette *désagrégation* de l'horizon IIBt a été désignée par le terme *d'éclatement* (J. CONCARET).

Cet éclatement a peu d'effet sur la porosité totale : les densités apparentes sont peu différentes avant et après éclatement. Par contre on peut supposer qu'il tend à augmenter la fraction de cette porosité *utile* à l'écoulement de l'eau : les faces des polyèdres nouvellement créées par cassure n'étant pas enrobées par l'écran d'argile, la porosité inter-agrégat et la porosité intra-agrégat sont mises en contact. De ce fait, la porosité intra-agrégat deviendrait accessible à l'eau gravitaire, ce qui explique la plus forte humidité dans le V que dans le massif de sol.

Le rôle de l'éclatement serait donc de rendre utile à l'écoulement gravitaire une porosité non soumise au gonflement, porosité qui était plus ou moins fermée. Le V intercepterait alors les eaux s'écoulant à la surface du IIBt et les conduirait à la saignée très poreuse.

Fonctionnement hypothétique du V d'éclatement :



De plus, cette porosité nouvellement accessible est caractérisée par une tension capillaire élevée; l'humidité dans le V peut ainsi atteindre des valeurs importantes, et risque d'être supérieure à limite de plasticité du matériau. Si tel est le cas, le sol peut perdre sa structure; il n'est pas rare d'observer dans ces V des zones pâteuses.

Ce fonctionnement reste de toute façon hypothétique; il demanderait à être vérifié par des mesures de perméabilité sur le massif non perturbé et le sol perturbé.

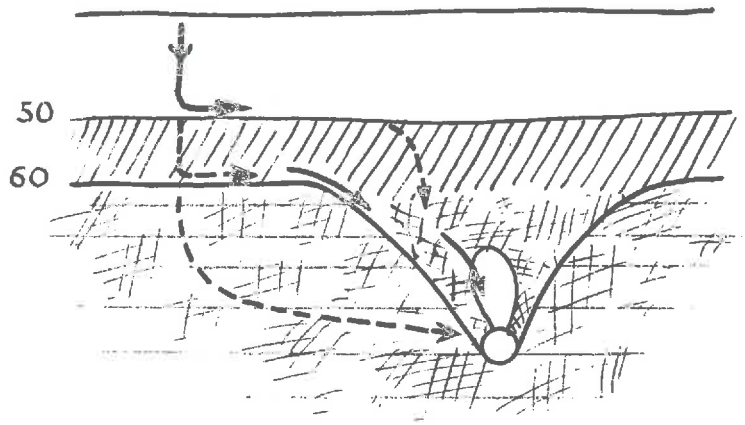
*Cas de mauvais fonctionnement.*

A ce comportement idéal observé sur 3 profils, on peut comparer le profil Veuriot 1 où le drainage ne donne pas satisfaction, sans qu'il soit possible d'imputer cet échec à de mauvaises conditions de pose.

L'observation de ce profil n'a pas permis de déceler une saignée aussi nette, et le V n'est pas aussi visible que dans les cas précédents, à part un certain décollement de la paroi vers 100 cm de profondeur (il faut noter qu'une forte pluie est intervenue entre l'ouverture de la fosse et l'observation).

Les mesures sont également très différentes des mesures précédentes : à 50 cm, on observe un horizon peu poreux et peu humide, aussi bien au-dessus du V que du massif de sol. C'est seulement à partir de 70 cm que le V devient plus poreux et humide.

Il est difficile, en l'absence de renseignements plus précis sur les conditions de pose et les conduites culturales, de se prononcer sur la raison exacte de ce niveau tassé à 50 cm. Quoi qu'il en soit, ce mauvais fonctionnement confirme les hypothèses précédentes sur l'efficacité du sous-solage dans ce type de sol : les eaux traversent peu le massif, elles s'écoulent principalement au sommet des horizons tassés ou du IIBt jusqu'à interception par la zone éclatée.



*b) Sol à profil homogène sur plus de 100 cm.*

Le profil Morel 2, en Bresse, est développé sur des formations limoneuses épaisses d'origine colluviale en position de pente; l'uniformité des horizons jusqu'à 110 cm au moins rapproche ce profil des profils Pont 11 et Pont 12, bien que leur formation soit très différente. La structure prismatique est assez bien développée, mais les gros agrégats se débitent bien en petits polyèdres; la porosité biologique, visible à l'oeil nu, y est très importante. L'horizon 25-40 cm est tassé, ce compactage étant dû aux conduites culturales dans ce matériau limoneux; les pores visibles sont beaucoup moins nombreux qu'en dessous, les racines dépassent peu ce niveau.

Le drainage, effectué par poseuse outil-taupe, donne ici entière satisfaction. Le V d'éclatement est très visible sous l'horizon tassé, mais il diffère des V précédemment décrits par les faits suivants :

- l'éclatement proprement dit ne commence qu'à 80 cm, c'est-à-dire 30 cm au-dessus du drain; ce phénomène de la "profondeur critique" a été étudié par DELACOTTE (1981);
- le V est homogène : la saignée centrale, plus poreuse, telle qu'elle a été observée dans les cas précédents, ne se distingue ni par sa couleur, ni par sa porosité, mais seulement par une structure plus fine.

Mis à part ces différences, l'éclatement est semblable à ceux déjà décrits : il y a disparition de la structure prismatique, réarrangement anarchique des polyèdres, et absence de galeries.

Les mesures traduisent bien ces observations : il n'y a pas de différences de densité apparente sèche, donc de porosité totale, entre le massif de sol en place (sous l'horizon tassé), le V et la partie centrale du V : la porosité reste entre 48 et 49 % . Quant à l'humidité, elle ne semble pas être plus forte dans le V que dans le massif. Dans l'horizon sous-cultural, la mesure de $\gamma d$ traduit mal le tassement observé, mais l'humidité y est sensiblement plus forte qu'en dessous : cet horizon constitue donc bien un frein à l'écoulement de l'eau.

L'étude du comportement hydrique de ce sol et du fonctionnement du drainage consiste à déterminer la part jouée par le massif de sol, sous l'horizon tassé, dans l'écoulement de l'eau. Plusieurs faits laissent penser qu'il ne s'agit pas d'un horizon imperméable :

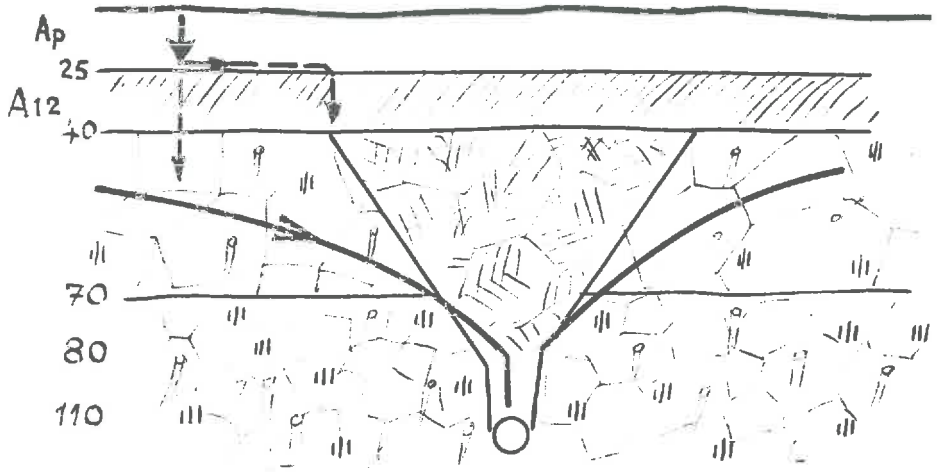
- la "porosité résiduelle" non occupée par l'eau de rétention est importante, car la densité apparente et la capacité de rétention sont peu élevées;
- si la structure prismatique peut laisser supposer que ce sol est soumis à des gonflements, il est probable que ces gonflements en sol limoneux sont moins importants que dans les horizons IIBg; les prismes se débitent d'ail-

leurs en petits polyèdres, et ne sont pas enrobés d'argile grise;

- l'humidité ne semble pas être plus élevée dans la saignée que dans le massif de sol;

- malgré la présence d'un horizon sous-cultural compacté, le drainage donne satisfaction.

Tous ces éléments conduisent à la conclusion que l'eau ne s'écoule pas sur un horizon imperméable jusqu'à un V d'éclatement, mais occupe toute la porosité du sol jusqu'au drain. L'éclatement a donc ici moins d'importance que dans les sols à horizon IIB; le bon fonctionnement de ce type de drainage dans ces matériaux limoneux restera cependant lié aux semelles de labours qui freinent, puis risquent d'empêcher l'écoulement de l'eau.




*c) Sol alluvial à gley peu profond.*

Le profil Germain 3, en Bresse, présente une succession d'horizons argilo-limoneux sur du sable, à 110 cm; dès 40 cm, on a un gley oxydé, qui passe à un gley réduit vers 80 cm. La structure, dès 40 cm, est polyèdrique anguleuse nette, avec une tendance à une structure prismatique peu nette; de plus, des faces obliques assez nombreuses laissent penser que les phénomènes de gonflement y sont importants.

Si la porosité des agrégats est peu visible, il faut noter par contre que le sol est parcouru par de nombreuses galeries de vers, surtout dans l'horizon 40-80 cm.

Le passage du coutre sous-soleur dans ce gley a laissé une saignée très visible sur toute la hauteur du profil (sauf en surface), de largeur irrégulière, et comportant de très nombreuses cavités et galeries verticales, y compris entre 80 cm et le drain, à 110 cm.

Le V produit par l'éclatement n'est pas aussi net que la saignée; il se distingue du massif de sol surtout par sa plasticité élevée; la structure ne diffère de celle du sol en place que par la disparition de la tendance prismatique et des faces obliques; les racines et les pores ne sont pas plus abondantes dans le V que dans le massif de sol. De plus, la base du V se situe vers 80 cm : entre 80 cm et le drain, seule la saignée est visible.

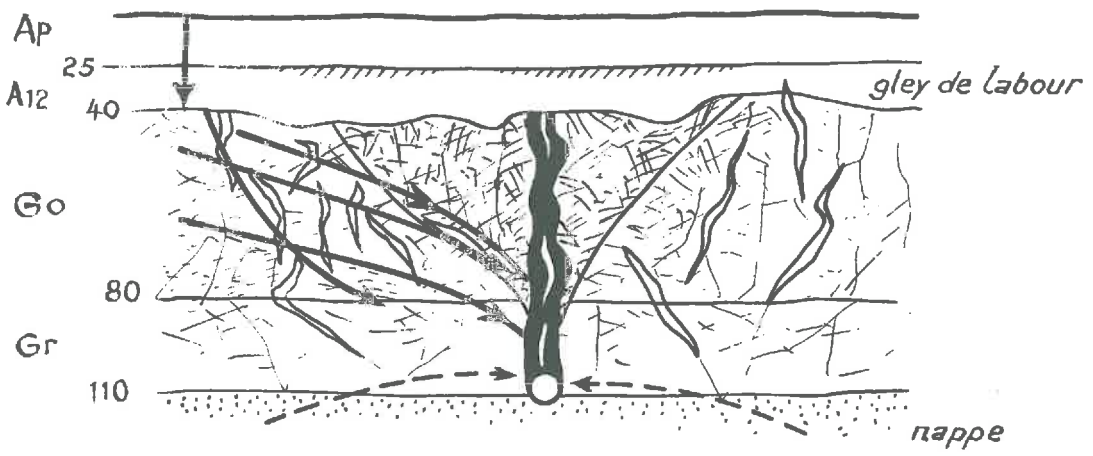
Les mesures montrent peu de différences entre la saignée et le sol en place, aussi bien en ce qui concerne la porosité (2 points de porosité en plus dans la saignée) que l'humidité. On ne dispose pas de mesure dans la zone éclatée.

L'origine de l'eau est double ici : à l'infiltration des eaux de pluie s'ajoute la remontée de la nappe phréatique.

Le caractère argileux de ce sol, entraînant une forte rétention de l'eau, et les phénomènes de gonflement, signalés par les faces de glissement, pourraient laisser penser que le comportement hydrique de ce sol est semblable à celui d'un horizon IIBt : après fermeture des fissures, l'horizon est imperméable et provoque une nappe perchée.

Bien qu'il soit difficile d'être affirmatif, il est probable que ce sol ne se comporte pas comme un horizon imperméable; l'humidité dans la saignée n'est en effet pas supérieure à celle du sol en place (elle y est même légèrement inférieure). Les nombreuses galeries et chenaux sont sans doute responsables de la perméabilité du gley, car elles ne sont pas soumises au gonflement.

Le fonctionnement du drainage est donc lié à la bonne activité biologique dans le sol, et à l'importance des cavités laissées par le coutre dans la saignée.



Il faut également noter qu'un taupage a été effectué à une profondeur de 30 cm; dans la mesure où les galeries-taupes ne coupent pas les saignées, ce taupage ne sert à rien; il n'a en tout cas pas supprimé le gley de labour.

*d) Conclusion sur l'analyse des saignées de sous-solage.*

L'analyse des tranchées de drainage n'avait guère permis que de confirmer les processus d'écoulement de l'eau tels qu'ils ont déjà été décrits par divers auteurs.

Si ces mêmes processus ont été retrouvés dans l'observation des drainages effectués à la poseuse outil-taupe, cette analyse a également permis de mettre en évidence le fonctionnement de ce type de drainage dans les sols à nappe perchée : il ne s'agirait plus ici, comme dans la tranchée, d'augmenter la porosité totale, mais de rendre accessible à l'eau gravitaire une porosité qu'elle ne pouvait pas occuper du fait de l'enrobage d'argile, une porosité non soumise aux phénomènes de gonflement. Sans augmenter la porosité totale, l'éclatement augmenterait la porosité utile à l'eau libre.

D'autre part, la présence fréquente d'une saignée, au centre du V d'éclatement, permet un accès rapide de l'eau au drain, grâce à sa très forte porosité.

Dans les sols sans horizon imperméable à faible profondeur, l'intérêt de l'éclatement n'apparaît pas aussi nettement. Mais, ici encore, il faut se garder de trop schématiser : il est probable que le V intercepte toujours des eaux latérales, ne serait-ce qu'à la faveur d'une discontinuité pédologique, même lorsque le massif de sol participe à l'écoulement de l'eau.

Même schématique, cette distinction entre les grands types de fonctionnement hydrique reste utile, tant pour l'étude de l'intérêt que présente la poseuse outil taupe que pour l'évolution des risques de plasticité du matériau (cf GUYOT et al. , 1979).

# CONCLUSIONS

La confrontation de l'enquête agricole, de l'observation du profil et des mesures permet, sinon de répondre précisément à des questions, du moins de formuler des hypothèses sur le comportement hydrique des sols et le fonctionnement du drainage. Des analyses plus précises permettront de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses.

Cette confrontation permet également de mettre en évidence les insuffisances des méthodes actuellement employées pour la connaissance des caractéristiques hydriques des sols. Cette étude a cependant pu dégager certains thèmes pour lesquels des observations précises et des recherches poussées s'avèrent nécessaires, et entre autres :

- la structure du sol, dont la description est souvent insuffisante; il ne suffit pas de définir la forme des agrégats, il faut aussi donner leur débit (sous structure), et leur arrangement; à cet égard, la notion d' "architecture" apparaît bienvenue;

- les enrobages d'argile autour des agrégats, qui peuvent déterminer l'inaccessibilité des pores internes aux agrégats.

- les phénomènes de retrait et de gonflement, qui modifient considérablement les caractéristiques porales;

- la porosité, qui doit être subdivisée en porosité intra-agrégat, porosité fissurale et porosité biologique : ni la porosité totale ni la porosité résiduelle n'expriment la porosité utile à l'écoulement de l'eau.

D'une manière générale, il apparaît primordial de ne plus étudier ces caractéristiques structurales et porales sous un aspect statique, mais de les relier aux caractéristiques hydrodynamiques : humidité, perméabilité.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES


ALESSANDRELLO E,CONCARET J, GUYOT J., PERREY C. - 1976 - Circulation de l'eau en sols limoneux lessivés hydromorphes drainés. C. R. Acad. Agric. F. p 364 - 373.

CNARBRL - 1982 - Etude du secteur de référence de la Bresse et de l'Ain.

BOUZIGUES R., FAVROT JC. - 1978 - Etude pédologique dans la plaine dôloise ( Jura ) - INRA Montpellier, SES n° 333.

BOUZIGUES R., FAVROT JC., HALLAIRE V., COMMERE P., LAGACHERIE Ph. - 1981 - Enquête sur des réseaux de drainage. L'exemple du secteur de référence de la Bresse. Rapport de synthèse - INRA Montpellier, SES n° 527.

CONCARET J. - 1981 - ( ouvrage collectif sous la direction de ) - Drainage agricole. Théorie et pratique. Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne. 509 p.

DELACOTTE J.M - 1981 - Contribution à l'étude des outils d'éclatement du sol. Memoire ENITA - INRA Dijon.

GUYOT J., CONCARET J., DE CRECY J., JACQUIN M. - 1979 - Aptitude des sols à l'éclatement mécanique. C.R. Acad. Agric. F., p 1370 - 1376.

MERIAUX S. - 1973 - Sur le processus de fonctionnement des drains en sol lessivé hydromorphe. Ann. Agron. 24 ( 6 ), 639 - 650.