



HAL
open science

Stabilité structurale. A. Evolution par désagrégation. B. Tests de stabilité

Gwendal Monnier, J.C. Fiès

► **To cite this version:**

Gwendal Monnier, J.C. Fiès. Stabilité structurale. A. Evolution par désagrégation. B. Tests de stabilité. Séminaire CEE Agrimed, Mar 1983, Avignon, France. hal-02780007

HAL Id: hal-02780007

<https://hal.inrae.fr/hal-02780007>

Submitted on 4 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.

Séminaire CEE-Agrimed

14-18 Mars 1983

STABILITE STRUCTURALE

A. Evolution par désagrégation

B. Tests de stabilité

G. MONNIER - J.C. FIES

A. - EVOLUTION DE LA STRUCTURE PAR DESAGREGATION.

L'édifice structural formé par les divers éléments primaires (particules élémentaires) et secondaires (éléments structuraux de niveaux divers) est soumis à de nombreuses agressions qui tendent à le désorganiser. L'un des processus principaux de désorganisation résulte de l'action de l'eau. Dans certaines conditions et pour certains sols, l'eau en excès (pluie, engorgement) provoque une désagrégation plus ou moins poussée des assemblages, accompagnée ou non de phénomènes de transport et de ségrégation des éléments qui en résultent.

1° Les manifestations "in situ".

a) La battance.

C'est une des manifestation de la désagrégation provoquée par l'impact des gouttes de pluies tombant sur des matériaux à organisation fragile (on dira que leur structure est instable). On constate une usure et un délitement des mottes allant jusqu'à l'apparition de particules élémentaires. Parallèlement, par effet "d'éclaboussure" (splash) et de transport en suspension par l'eau à travers le micro-relief, on voit apparaître des dépôts de particules simples ou complexes ségrégées par taille, en fonction de la succession des épisodes pluvieux. On tend donc vers la substitution à la surface motteuse d'origine, d'une surface lisse présentant sur une épaisseur pouvant atteindre plusieurs centimètres, une structure schisteuse. Cette "croûte de battance" peut, après dessiccation, acquérir une cohésion élevée ; aux conséquences générales sur les transferts d'eau, les échanges gazeux et thermiques, vont alors s'ajouter dans le cas où le phénomène intervient entre le semis et la levée d'une culture, la création d'un obstacle mécanique au développement et à l'émergence des plantules.

b) La prise en masse.

Elle a lieu généralement au cours des périodes hivernales à excédent pluviométrique et touche particulièrement la partie inférieure des couches labourées fréquemment engorgées dans les conditions climatiques citées. En sol instable, on observe un délitement des mottes avec disparition progressive de la porosité structurale. Lorsque la dessiccation intervient, les éléments se ressoudent en donnant une

structure continue qui peut être très compacte et présenter une cohésion élevée. Ces inconvénients agronomiques sont analogues à ceux qui sont cités à propos des conséquences du tassement

c) L'action du gel.

Couramment considérées comme bénéfiques pour la structure du sol, les successions de gel et de dégel sont cependant à l'origine de phénomènes de désagrégation souvent spectaculaire. Pendant la période de gel, on assiste à une remontée de l'eau, encore à l'état liquide dans les couches sous-jacentes, vers les couches superficielles gelées. La quantité de glace présente, de ce fait, dans les couches gelées, pour un sol initialement humide, peut correspondre à une teneur en eau double de la capacité de rétention. Par dégel, et surtout par dégel humide, le sol est brutalement transformé en une boue constituée d'éléments fortement désagrégés, et ceci parfois sur une épaisseur considérable.

En sol en pente et lors de dégels fortement pluvieux, les manifestations d'érosion hydrique sont graves et spectaculaires.

2° Mécanismes de la désagrégation par l'eau - Facteurs de stabilité.

a) Mécanismes de désagrégation.

Deux mécanismes interviennent simultanément :

- lorsqu'un sol sec est brutalement imbibé par de l'eau, celle-ci tend à pénétrer par capillarité dans les pores. L'air qui est piégé au sein des assemblages est comprimé exerçant une pression qui, si elle dépasse leur cohésion, provoque leur éclatement.

- parallèlement, la cohésion des assemblages diminue passant, d'une valeur à l'état sec à une valeur à l'état humide beaucoup plus faible, voire négligeable pour certaines textures et en présence d'ions alcalins adsorbés sur les minéraux argileux.

La conjonction de ces deux mécanismes, permet de représenter schématiquement la stabilité structurale S d'un matériau, c'est-à-dire sa résistance à la désagrégation par l'eau par la relation suivante :

Stabilité \sim Cohésion à l'état humide - Pression interne

On peut, à partir de ce schéma, étudier les facteurs et conditions de la stabilité structurale, selon qu'ils agissent principalement à travers l'un ou l'autre des deux termes de la stabilité.

b) Les facteurs à l'origine de la cohésion à l'état humide.

Précisons tout d'abord qu'il s'agit là d'une conséquence particulière de la grandeur mécanique désignée par le terme "cohésion". Telle qu'elle, elle n'est pas mesurable ; tout au plus, peut-on l'évaluer par des tests.

Plusieurs facteurs influent sur le niveau de la cohésion à l'état humide :

- la composition granulométrique et plus précisément la teneur en argile, en interaction avec la distribution dimensionnelle du squelette limono-sableux. Toutes choses égales par ailleurs et de façon très générale, la stabilité structurale augmente avec la teneur en argile (cf fig. 21).

- la nature minéralogique de l'argile et la nature des cations qui saturent ses déficits de charge. C'est ainsi que les smectites calciques confèrent aux agrégats terreux une cohésion à l'état humide, supérieure à une argile granulométrique associant à une phyllite des grains de calcite très fins (cas de certains sols calcaires) ou du quartz très divisé (exemple des terres de Boulbènes du Sud-Ouest de la France). C'est ainsi, d'autre part, qu'on peut classer les cations fixés sur l'argile par ordre décroissant, de cohésion à l'état humide correspondante :



- certains types de molécules à longue chaîne de la matière organique du sol qui se forment dans les phases transitoires de l'humification (cf.) accroissent la cohésion humide des assemblages. D'une façon plus générale et sans que le fait ait été rigoureusement établi, on peut admettre que la formation de complexes divers argi-les-matières organiques humifiées, a des conséquences analogues.

- enfin, la présence dans la solution du sol d'une quantité suffisante d'électrolytes en limitant le gonflement des phyllites, accroît la cohésion à l'état humide. C'est, par exemple, vérifié dans le cas des terres sodiques et salées pour lesquelles la baisse de cohésion due à la présence d'ions sodium est en partie compensée par les chlorures de la solution du sol.

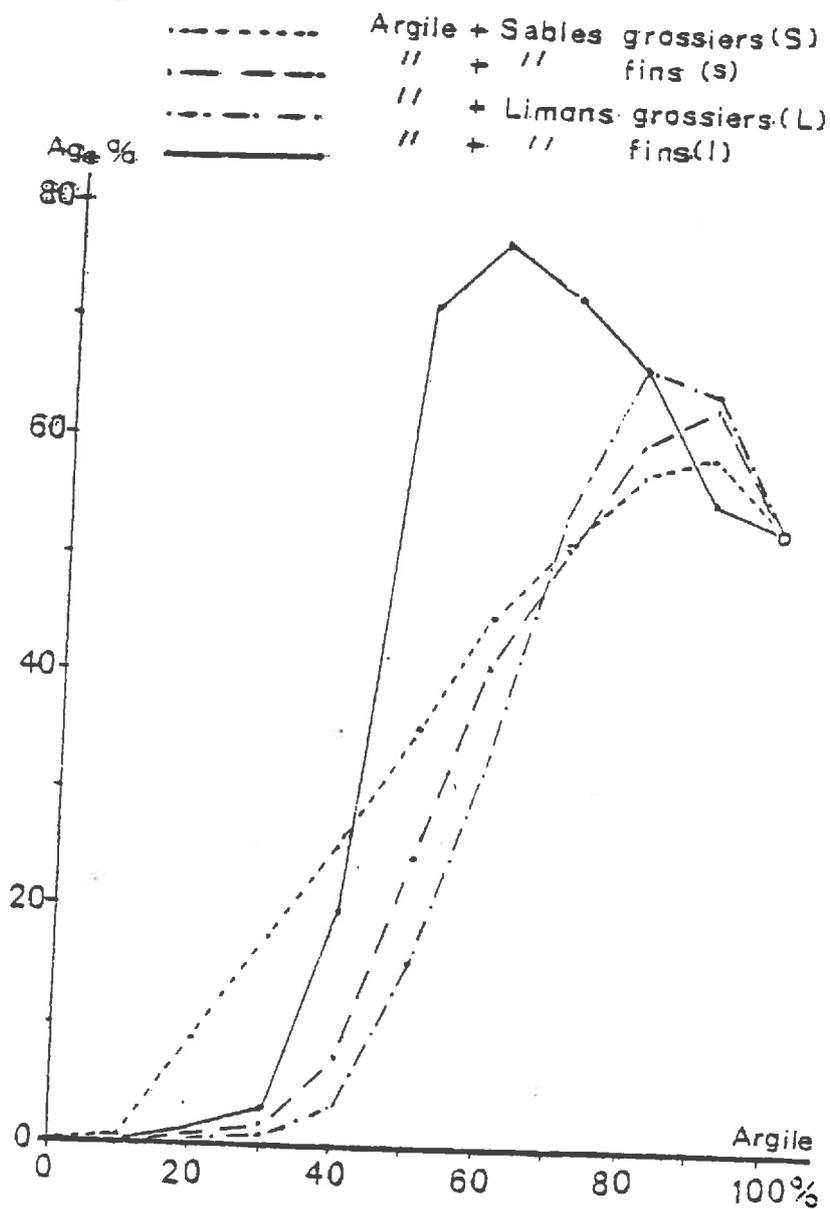


Figure n° 1 : Influence de la teneur en argile sur la stabilité structurale en l'absence de matières organiques ; rôle du squelette limono-sableux (d'après O. KHEYRABI et G. MONNIER).

c) Les facteurs agissant sur la pression interne.

Rappelons que celle-ci a pour origine les forces capillaires qui s'exercent au niveau du ménisque lors de la pénétration de l'eau dans les pores du sol. Par application de la loi de Jurin, la pression exercée peut s'écrire :

$$p = \frac{2T \cos\alpha}{r}$$

où T est la tension superficielle de l'eau,

α l'angle de raccordement sol-eau,

r le rayon des plus gros pores capillaires du système poreux concerné : c'est en effet dans ces pores que l'eau pénètre le plus rapidement.

Nous verrons comment le paramètre r peut être modifié par les conditions de l'humectation.

Le principal facteur à l'origine de variations de pression interne reste l'angle α de raccordement qui mesure l'affinité de la terre pour l'eau.

Lorsque cet angle est faible, la pression exercée au niveau des ménisques est maxima. C'est le cas des matériaux dépourvus de matières organiques peu affines pour l'eau.

En présence de matières organiques, très généralement hydrophobes, soit parce que leur molécule comporte des fonctions chimiques peu affines pour l'eau, soit parce qu'elles sont associées à des cations (Fe^{+++} , Al^{+++} , H^+) qui leur confèrent cette propriété, l'angle de raccordement augmente et la pression interne correspondante diminue.

Dans le cas de terres très peu mouillables (matériaux très organiques et fortement desséchés par exemple), l'angle de raccordement peut atteindre, voire dépasser 90° ; $\cos\alpha$ s'annule ou devient négatif. L'eau ne peut plus pénétrer dans les pores sans que soit exercée sur elle une pression hydrostatique élevée, la stabilité est alors maxima.

d) Les conditions générales de stabilité.

La connaissance des mécanismes de désagrégation suggère des conditions générales de stabilité dont l'influence peut être vérifiée expérimentalement.

- si l'humectation est réalisée non pas à partir d'eau "libre" à potentiel nul, mais à partir d'une partie voisine du sol, humide (cas de l'infiltration en profondeur) mais où le potentiel de l'eau reste

élevé en valeur absolue, la pénétration de l'eau s'effectue par des pores d'autant plus fins que ce potentiel est plus élevé. La vitesse de pénétration est alors plus lente et la stabilité effective augmente. C'est pourquoi, par exemple, la désagrégation de grosses mottes sous l'effet d'une pluie brutale de courte durée peut être totale dans les parties périphériques et beaucoup moins poussée dans la partie centrale.

- si une motte préalablement saturée avec ménagement est mise en contact avec de l'eau libre, sa désagrégation est beaucoup moins importante que dans le cas où elle est initialement sèche. Ceci tient à l'absence d'air susceptible d'être comprimé. Le résultat est corroboré par l'augmentation massive de stabilité d'agrégats humectés sous vide.

- dans le cas des phénomènes de battance superficielle, à l'action de désagrégation proprement dite, vient s'ajouter l'effet de l'énergie cinétique des gouttes de pluie. On conçoit alors qu'une pluie battante se définisse aussi par la taille des gouttes et la vitesse-limite de chute qui lui est liée.

3° Méthode d'évaluation de la stabilité structurale.

Contrairement à la plupart des méthodes utilisées à l'étranger, la méthode très généralement employée en France, vis à évaluer la stabilité intrinsèque des matériaux testés. Pour cela, elle standardise les conditions de la désagrégation à leur niveau le plus sévère : les agrégats soumis au test sont de petite taille et calibrés (< 2 mm) ; ils sont initialement séchés à l'air et mis brutalement au contact de l'eau.

Par contre, les conditions de l'humectation sont modulées de façon à faire apparaître l'importance relative des deux mécanismes principaux de désagrégation : baisse de cohésion à l'état humide ; action de la pression exercée aux ménisques.

Enfin un test réalisé en milieu concentré (rapport terre/eau élevée) a dû être mis au point pour tenir compte du rôle de la concentration en électrolyte de la solution du soi.

a) Tests principaux dits "analyses d'agrégats".

A partir de prises d'essais constituées d'agrégats < 2 mm, on mesure par tamisage dans des conditions standard, la proportion de particules qui conservent après action de l'eau, plus ou moins nuancée dans le but indiqué plus haut, une dimension supérieure à 200 μ m. On mesure également

par sédimentométrie du filtrat, la quantité d'éléments inférieurs à 20 μm dispersés.

Trois tests sont pratiqués :

- Le premier par action directe de l'eau fournit un taux d'agrégats stable sans prétraitement A_{g_e} .

- Dans le second, la terre est, préalablement à son contact avec l'eau, saturée par de l'alcool éthylique. Ce prétraitement permet d'éliminer l'air sans conduire à une baisse de cohésion significative vis-à-vis de la désagrégation. L'eau, miscible à l'alcool en toutes proportions, pénètre alors sans provoquer d'accroissement de pression interne ; son action se limite à provoquer la baisse normale de cohésion. C'est donc ce mécanisme dont l'action sera privilégié et dont rendra principalement compte le taux d'agrégats stables après prétraitement à l'alcool, A_{g_a} %.

- Dans le troisième test, le prétraitement est réalisé par du benzène. Deux modifications de l'action ultérieure de l'eau interviennent concurremment. D'une part, l'air est remplacé par un liquide incompressible et non miscible à l'eau. Lors de la pénétration de l'eau, la pression interne atteindra brutalement de ce fait, sa valeur maximum : les risques de désagrégation en seront considérablement accrus. Mais d'autre part, la fixation du benzène sur les substances organiques hydrophobes, éventuellement présentes, augmentera ce caractère hydrophobe limitant dans des proportions variables selon la nature et la quantité de substances hydrophobes affines pour le benzène, la pression maxima. On conçoit alors que ce test privilégie le rôle de la mouillabilité dans la désagrégation. Le taux d'agrégats stables après prétraitement benzène, A_{g_b} %, qui en résulte, est un indicateur très sensible à cet égard notamment vis-à-vis du rôle des matières organiques.

La double comparaison qui figure au tableau de la figure 22 illustre le parti que l'on peut tirer, de la confrontation de ces trois tests. La comparaison du sol et du sous-sol du premier profil, qui ne diffèrent que par leurs teneurs en matières organiques, démontre l'efficacité de l'indicateur A_{g_b} , alors que celle des deux sous-sols également pauvres en matières organiques, mais différents par la texture, illustre l'intérêt du prétraitement à l'alcool. Dans les deux cas, l'action sous nuancée de l'eau accuse un comportement intermédiaire sensiblement moins discriminant.

Échantillon	A %	Texture	M.O. ₇ tot.	$100 \times \frac{M.O. \text{ liée}}{A}$	Agg A %	Agg B %
	20	limoneuse	3,05	13,0	20,5	5,8
n°1	21	limoneuse	0,7	2,9	19,0	0,5
n°2	32	argileuse	1,3	2,9	39,0	1,1

Table 2 : Influence des facteurs de stabilité sur les différents aspects.

b) Présentation d'un indice global de stabilité.

On voit que chacun de ces tests permet une interprétation particulière. Pour l'appréciation du comportement global d'un sol, on peut les intégrer dans un indice unique I_s dont la forme et les normes d'interprétation ont été mises au point empiriquement.

Il est de la forme :

$$I_s = \frac{(A + 1) \max Z}{\frac{Ag_a + Ag_b + Ag_e}{3} - 0.9 SG \%}$$

Dans lequel (A + 1) % représente le taux d'éléments fins mesuré à l'issue du prétraitement le plus dispersant (le benzène le plus souvent). La correction de la moyenne des taux d'agrégats stables par le terme 0.9 SG (sables grossiers) a pour but de ne conserver au dénominateur que des agrégats vrais (particules complexes agrégées) tout en évitant les valeurs indéterminées dans le cas des terres très instables.

Tel quel, cet indice d'instabilité varie de valeur de l'ordre de 0.1 pour les terres les plus stables à plus de 100 pour les matériaux les plus instables, la plupart des sols cultivés présentant des valeurs comprises entre 1 et 10..

Aussi exprime-t-on le plus couramment l'instabilité structurale par $\log_{10} 10 I_s$ qui varie de 0 à 3, avec une majorité de sols dans l'intervalle $1 < \log_{10} 10 I_s < 2$. Le tableau de la figure 23 présente une norme empirique d'interprétation de cet indice en termes de comportements in situ.

c) Test de percolation en milieu concentré.

L'indice I_s d'instabilité précédent, malgré ses performances de jugement global et d'interprétation particulière, est inadapté, en raison des conditions de son obtention, à rendre compte de variations de stabilité liées à la concentration d'électrolytes flocculants dans la solution du sol. On peut dans ce cas recourir à un test en milieu concentré. L'évaluation de la stabilité des agrégats par tamisage sous l'eau devenant impossible, on lui substitue la mesure d'une de ses conséquences : la vitesse de percolation à travers une colonne de sol ayant subi la désagrégation.

Classe	log 10 S	Evolution structurale probable
Très stables	< 1	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune manifestation de désagrégation. - Effet durable des sous-solages et labours profonds réalisés en conditions sèches.
Stables	1,0 - 1,3	<ul style="list-style-type: none"> - Battance peu probable et peu intense. - Prise en masse hivernale rare. - Sensibilité à l'érosion faible, même sur pentes fortes.
Classe limite	1,3 - 1,7	<ul style="list-style-type: none"> - Battance fréquente et accentuée en conditions pluvieuses. - Prise en masse lors d'épisodes hydriques prolongés. - Erosion en rigole sur pentes fortes ($> 33\%$).
Classe limite	1,7 - 2,0	<ul style="list-style-type: none"> - Battance et prise en masse fréquentes en conditions climatiques normales. - Erosion fréquente sur pentes moyennes.
Très instables	> 2	<ul style="list-style-type: none"> - Battance et prise en masse généralisées. - Imperméabilité totale au fin d'hiver. - Erosion sur pentes très faibles.

Figure 3 : Classes de stabilité structurale d'après log 10 S.

Le résultat est exprimé dans les dimensions d'une conductivité K en cm/heure, qui varie de valeurs voisines de 0 pour les terres très instables à environ 50 cm/h pour les terres les plus stables. Ce test a pour principal intérêt de rendre compte avec sensibilité de l'action stabilisante du surchaulage (voir) et des propriétés structurales des sols salés et gypseux.

C.- PHENOMENES DE PRISE EN MASSE ET DE TASSEMENT.

1° Prise en masse à la dessiccation.

a) Description et conséquences.

Ce phénomène, dont le processus d'élaboration n'est pas entièrement élucidé, a été décrit de la façon suivante par A. ES SIFAOUÏ :

"A la sortie de l'hiver, le sol étant humide et présentant une structure fragmentaire, de petites dimensions, quand survient une période de sécheresse, certains sols présentent de nombreuses fentes de retrait de plus en plus larges et profondes au fur et à mesure que la dessiccation se poursuit. Elles délimitent alors des prismes de grande taille, dont l'intérieur présente une structure devenue continue et compacte. Les "mottes" massives et fortement cohérentes constituent un obstacle au travail du sol et à l'installation de nouvelles cultures".

b) Conditions d'apparition et facteurs de prise en masse.

Elles peuvent être précisées comme suit :

- la terre doit être de texture argileuse,
- le terrain doit être nu et donc soumis à l'évaporation directe,
- l'évolution vers la prise en masse est d'autant plus typique que le régime d'évaporation s'installe brutalement sur un sol humide et finement fragmentaire.

L'analyse des variations de porosité texturale et structurale dans les différentes parties du prisme au cours du déroulement du phénomène et leur reproduction expérimentale ont montré qu'il s'agit là d'un processus complexe impliquant de forts gradients d'humidité à partir de surfaces d'évaporation, et le développement de contraintes de retrait entraînant le tassement et la coalescence des éléments fragmentaires initiaux dans les parties du sol où, encore humides, ils sont restés à l'état plastique.

L'insuffisance de nos connaissances en ce qui concerne les mécanismes plus élémentaires intervenant dans ce processus général, nous interdit encore de préciser les risques d'apparition de cette évolution structurale, agronomiquement très dommageable et a fortiori d'envisager les moyens techniques de la prévenir.

TESTS DE STABILITE

I- Analyse d'agrégats.

Principe. Une partie des agrégats est détruite par une agitation standard dans l'eau. Après tamisage sous l'eau à 200 microns, on mesure le pourcentage d'agrégats restant (ainsi que leur teneur en sables grossiers) et le taux de particules inférieures à 20 microns sur la fraction qui a traversé le tamis.

Mode opératoire. Après prélèvement au champ, la terre est séchée à l'air en petites mottes pendant une semaine (24 heures à l'étuve 40°C). On isole un échantillon de 300 grammes environ que l'on fait passer à la main à travers un tamis 2 mm mailles d'acier.

Pour chaque échantillon, on isole 3 prises d'essai de 5 grammes (prélèvements au hasard dans une couche uniforme) qu'on met au fond de 3 bechers 250 cc forme basse (couche uniforme).

Dans le premier becher, la terre est recouverte d'alcool ethylique (5 cc), dans le deuxième becher la terre est recouverte de benzène (5 cc), dans le troisième becher la terre est laissée à l'air.

Après cinq minutes, on remplit chaque becher sans ménagement à partir d'un réservoir d'eau échangée (dé-ionisée).

On attend 30 minutes.

Le contenu de chaque becher passe dans un erlen 750 cc à col large avec bouchon. On agite avec 20 retournements successifs. L'intensité de l'agitation est déterminée par le résultat sur une terre de référence : 22 % d'agrégats stables après prétraitement alcool pour un horizon B de la région de Versailles. Le contenu de l'erlen passe sur un tamis 200 microns forme haute, placé dans un cristalliseur de 1 litre. On chasse les bulles d'air qui peuvent se former au niveau de la toile du tamis et on ajoute une quantité suffisante d'eau échangée. Le tamis monte et descend 30 fois sous l'eau avec un mouvement hélicoïdal (débattement 5 cm, arc 90 degrés). En position haute, la toile du tamis affleure la surface de l'eau. Si le tamisage est effectué à la main, il faut retrouver les résultats de la terre de référence. On peut utiliser un appareil de tamisage mécanique.

Le contenu du tamis passe dans une grande capsule (diamètre 15 cm), puis dans une petite (diamètre 5 cm) mise à l'étuve 105°C jusqu'à poids constant (1 nuit). On obtient le pourcentage d'agrégats stables.

Le contenu du cristalliseur passe dans une allonge graduée (1000 à 1200 cc). On fait un prélèvement avec la pipette de Robinson dans les conditions de l'analyse granulométrique : prélèvement à 10 cm après homogénéisation et sédimentation pendant 4 minutes 48 secondes à 20°C (en cas de floculation, on ajoute quelques gouttes d'une solution dispersante). Le contenu de la pipette passe dans une boîte à tare mise à l'étuve 105°C jusqu'à poids constant (1 nuit). On obtient le pourcentage de particules inférieures à 20 microns.

Les agrégats stables des trois traitements sont rassemblés dans un becher 250 cc et recouverts d'eau oxygénée 20 volumes pour détruire les ciments organiques. On chauffe quelques heures à 60°C au bain marie. On ajoute ensuite 100 cc de KCl 0.1 N pour saturer l'argile en potassium. On laisse 24 heures et on tamise à 200 microns. Les sables qui restent sur le tamis sont récupérés dans une capsule, séchés à 105°C et pesés. On obtient le pourcentage de sables grossiers.

Pour construire l'indice S, on utilise la moyenne des pourcentages d'agrégats issus des trois traitements, alcool, benzène et traitement nul, plus le pourcentage le plus élevé de particules inférieures à 20 microns (qu'on trouve soit avec le traitement benzène, soit avec le traitement nul mais pratiquement jamais avec le traitement alcool), plus le pourcentage de sables grossiers.

$$S = \frac{\% \text{ maximum de } < 20 \mu}{\% \text{ moyen d'agrégats} - 0,9 \% \text{ sables grossiers}}$$

II- Test de perméabilité.

Principe.

On mesure un écoulement d'eau à travers une colonne de terre dans des conditions standard.

Mode opératoire.

Pour chaque échantillon, on isole 5 prises de 10 g de la terre préparée comme précédemment (prélèvements au hasard dans une couche uniforme) répartis dans 5 verres de montre.

On utilise des tubes de percolation en verre, de diamètre 32 mm, hauteur 15 cm avec au fond une toile nylon et 2 cm de sables 2-3 mm. Chaque tube est dans un bécher 250 cc avec eau échangée. Chaque prise de 10 g tombe dans 2 cm d'eau seulement (pour limiter le tri par sédimentation). On égalise la surface par un petit mouvement hélicoïdal. Au bout d'un quart d'heure, on rajoute avec précaution 2 cm d'eau échangée (d'abord à l'intérieur, puis à l'extérieur du tube) pour les 10 g suivants et on remplit ainsi le tube en 75 mn.

On ajoute de l'eau jusqu'à 2 cm du haut du tube et on le branche sur un bac à niveau constant. Après 5 mn d'écoulement, on place un bécher vide sous le tube et on mesure le volume écoulé pendant 1 heure.

On construit l'indice de perméabilité K

$$K_{\text{cm/heure}} = \frac{V \times e}{S \times H}$$

V (cm³) = volume écoulé pendant 1 heure

e (cm) hauteur de la colonne de terre

S (cm²) = section du tube

H (cm) = charge (différence de niveau des 2 surfaces d'eau libres)

Observations.

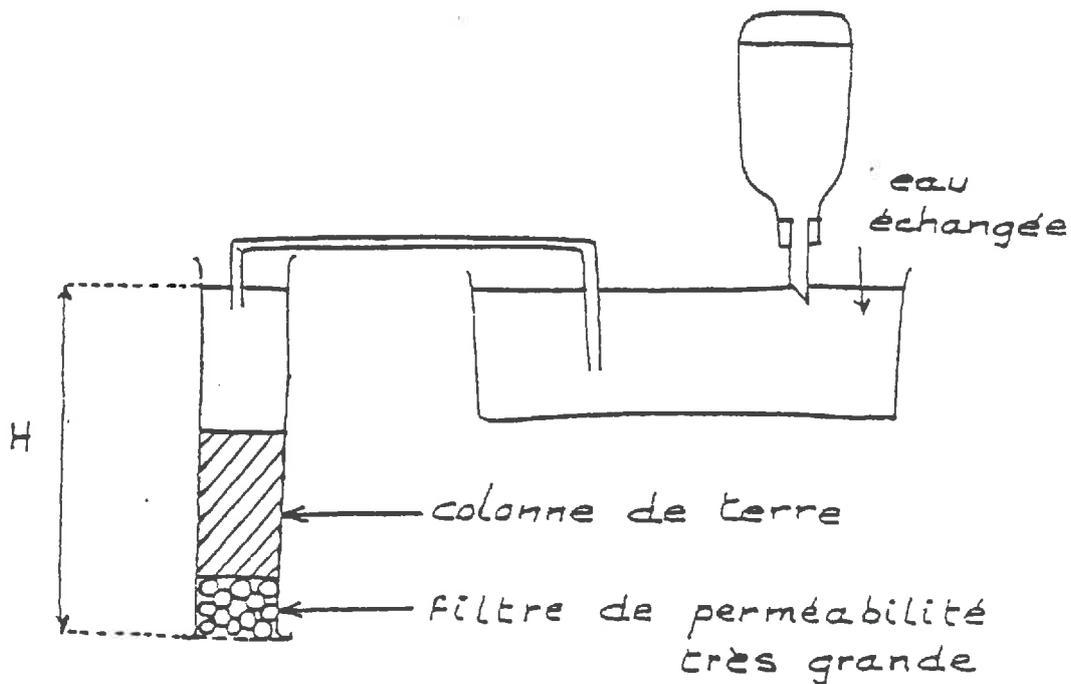
Une fois dans l'eau, le gonflement des argiles est fonction du temps et a une influence sur la perméabilité, d'où la nécessité d'un temps de remplissage des tubes standard.

Les résultats des deux tests sont combinés pour donner une image d'ensemble en portant sur un graphique log 10 S en abscisse et log 10 K en ordonnée.

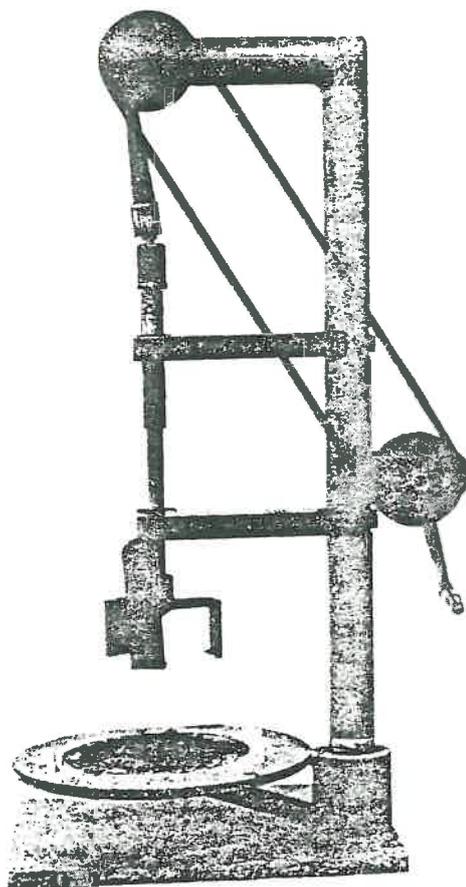
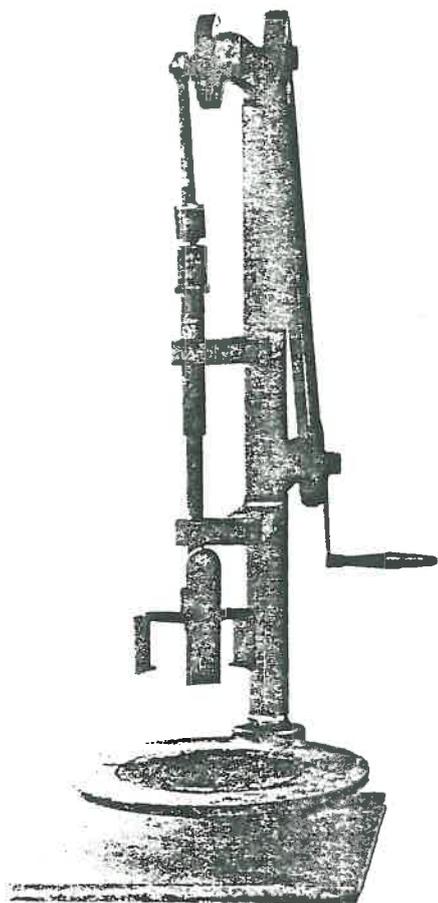
BIBLIOGRAPHIE

FEODOROFF A., 1960 - Évaluation de la stabilité structurale d'un sol (indice S). Nouvelles normes d'emploi pour l'appareil à tamiser. Ann. agron., 11, 651-659.

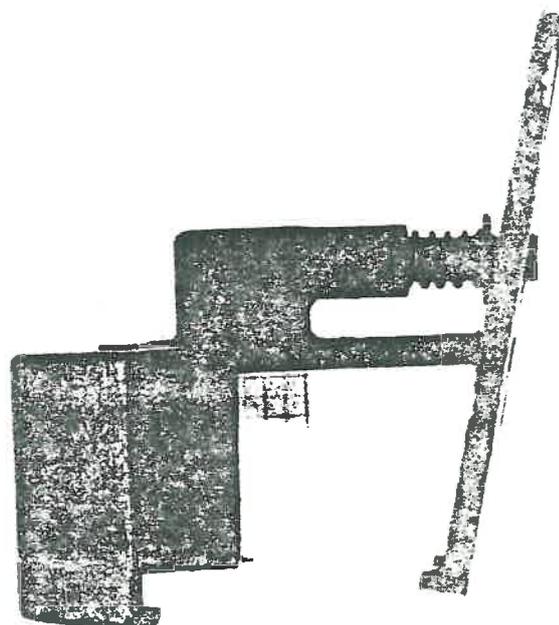
HENIN S., MONNIER G. et COMBEAU A., 1958 - Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. Ann. agron., 1, 73-92.



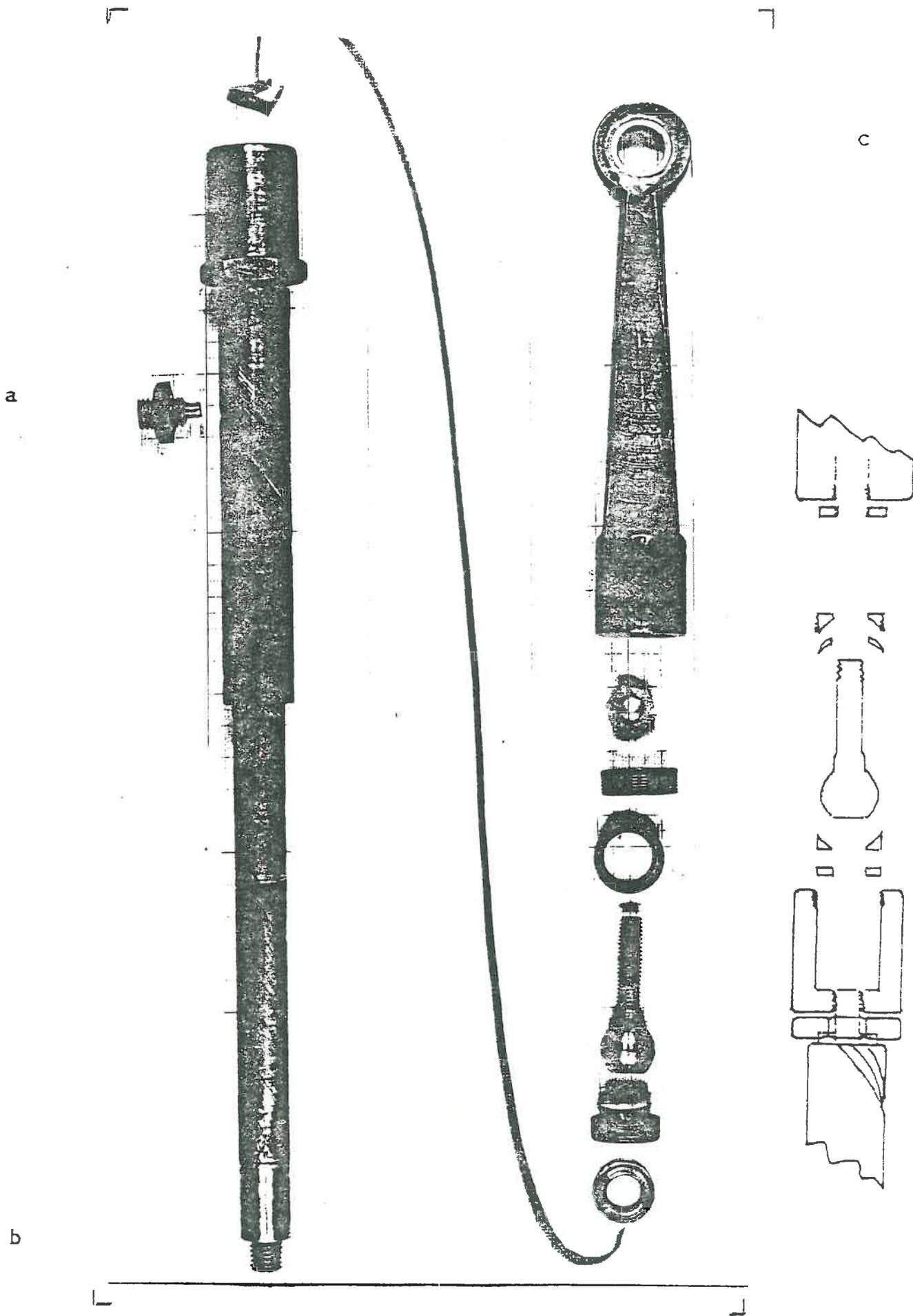
Montage - test de perméabilité



Stabilité structurale : appareil à tamiser



Détail de la pince de fixation du tamis



Détail de l'axe donnant le mouvement hélicoïdal

- a: fixation au support
- b: fixation de la pince
- c: fixation à la roue

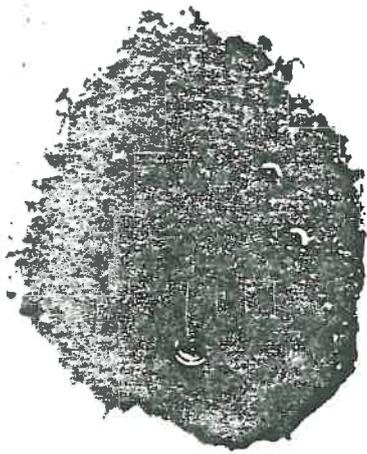
Matériaux étudiés :

granulométrie pour 100 g.

du sol.	argile	limon fin	limon grossier	sable fin	sable grossier	MO%	CO ₃ Ca%	capacité d'échange M.EQ.%
A	18.5	28.5	23.1	27.3	2.6	1.5	29.4	7.5
es HB	28.5	24.0	45.0	1.5	0.5	0.5	0	15.0
menté	idem, fermenté 6 jours							
ES	51.2	29.2	6.9	10.6	2.1	1.7	25.5	26.4

Observation du comportement d'agrégats 2-3 mm. Essais des matériaux ci-dessus :

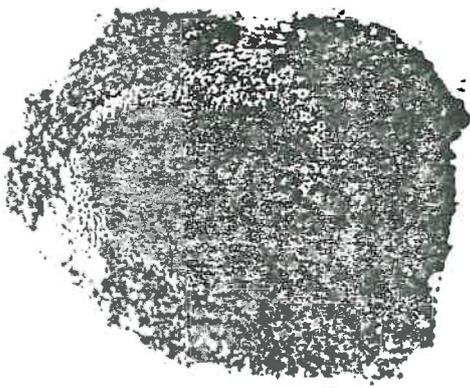
- Traitements : alcool. alcool + eau
benzène. benzène + eau
eau
- Observations : mouillabilité
dégazage
cohésion
fissuration + ou - grossière
dispersion
- Matériel : loupe binoculaire
verre de montre - tube à essai
petite spatule



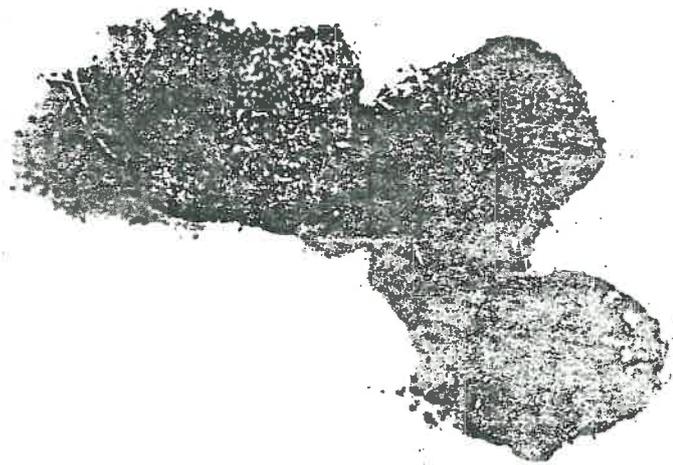
a



b



c



d

2 mm

Observations de comportements d'agglomérats plongés dans l'eau :
cas d'une terre argilo limoneuse

- a : effet direct de l'eau : départ de bulles d'air, fragmentation
- b : agglomérat d'abord traité à l'alcool éthylique : fragmentation grossière
- c : agglomérat d'abord traité au benzène : éclatement
- d : agglomérats d'abord mis à fermenter (6 jours) : développement d'un mycelium, mouillabilité réduite