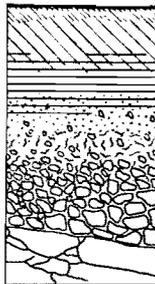


E. BRAUDEAU

ASPECTS STRUCTURAUX DU FRACTIONNEMENT PHYSIQUE D'UN SOL

PREMIÈRE PARTIE

MÉTHODE DE SÉPARATION ET UTILISATION
DES AGRÉGATS FINS ($50\mu-2\text{mm}$)
ISSUS DU FRACTIONNEMENT



OCTOBRE 1981

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE DAKAR-HANN



ASPECTS STRUCTURAUX DU FRACTIONNEMENT PHYSIQUE DU SOL

PREMIERE PARTIE

Méthode de séparation du résultat d'un fractionnement

I/ Généralités

Le fractionnement physique des agrégats (par l'eau; l'alcool; ultrasons ou autres) est une approche de laboratoire qui subit un renouveau important car il se révèle nécessaire dans au moins trois domaines d'étude du sol.

1/ Pour l'étude de la matière organique :

Le fractionnement chimique étant une méthode trop dénaturante pour permettre une étude de laboratoire approfondie de la matière organique, un fractionnement non destructeur de celle-ci commence à être utilisé par quelques chercheurs avec succès (*). Les publications les plus récentes montrent qu'il y a là une voie de recherche fournissant des résultats nombreux et conséquents, surtout sur l'aspect morphologique, de la matière organique en voie d'humification.

Ceci montre l'importance du fractionnement physique afin d'obtenir un matériau de laboratoire propre à l'étude physico-chimique et surtout morphologique des composants du sol.

2/ Pour l'étude de la stabilité structurale :

On vise depuis très longtemps à définir la stabilité structurale par le comportement des agrégats dans l'eau, ou autres solvants. Le test hénin donne une idée de la stabilité structurale par le taux d'agrégats de tailles supérieures à 200 μ m, issus d'une désagrégation dans l'eau. Actuellement, le taux d'agrégats de taille supérieure à une taille donnée, après désagrégation dans l'eau, est le principe le plus largement utilisé (**), pour apprécier la stabilité structurale, malgré le manque d'une définition satisfaisante de celle-ci ressentie par de nombreux auteurs.

3/ Enfin, pour l'étude du processus d'agrégation

COUGHLAN (1977) a étudié le processus d'agrégation d'une argile gonflante en présence de différents squelettes minéraux par la répartition par taille des agrégats obtenus après fractionnement de l'agrégat artificiel dans l'eau. Il

* Ref : 1, 8, 12, 30.

** Ref : 13, 19, 28.

observe une bonne corrélation entre la taille des agrégats vrais obtenus et la taille du squelette minéral introduit. On pourrait citer d'autres auteurs voulant considérer le sol comme un assemblage hétérogène de domaines agrégés. Ceci a évidemment une conséquence sur l'interprétation de la distribution de la porosité, du phénomène de gonflement - retrait et, plus généralement, du comportement du sol à l'eau (*).

Pour résumer, nous pouvons dire, que le fractionnement physique des agrégats est une étape nécessaire à l'étude laboratoire de certains composés du sol (M.O.), et, d'un point de vue structural, des agrégats eux-mêmes (morphologie, cohésion, comportement). Sa nécessité est ressentie actuellement au point que diverses méthodes de fractionnement ont été publiées récemment.

Cependant, l'étude du fractionnement en tant que tel et des informations structurales qu'il révèle (courbes de distribution, étude morphologique et de comportement des agrégats résultants) reste en suspens à cause de difficultés qui sont principalement :

- le choix des forces de rupture, facteurs du fractionnement.

Le sol contenant plusieurs niveaux d'aggrégations, chacune d'elles étant stable sous différentes conditions, il est difficile d'envisager un facteur de fractionnement n'agissant qu'à un niveau de cohésion donné (**).

- La séparation sans transformation morphologique du produit du fractionnement : en général les agrégats obtenus subissent une érosion partielle sur le tamis difficile à évaluer, et une réaggrégation lors du séchage. La résolution de cette difficulté permettra l'approche de la précédente.

C'est pourquoi, dans cette première partie, nous proposons une méthode simple de séparation des agrégats après un fractionnement physique quelconque, exposant sa justification expérimentale et ses possibilités pratiques d'utilisation. Nous étudierons la reproductibilité des courbes de distribution d'aggrégats, leurs caractéristiques, les facteurs du fractionnement et les notions structurales qui s'en dégagent dans une deuxième partie à venir.

Nous voulons aboutir à la possibilité d'étude de la structure des sols et de leurs comportements en passant par la définition préalable d'une échelle d'observation laboratoire d'un système organisé qu'est l'agrégat.

* Ref : 29, 26, 3, 6, 2, 24, 14.

** Ref : 7.

II/ Principe de la méthode

1°) Mode opératoire

Le schéma présenté à la figure 1 montre les différents stades de l'opération. Il s'agit de remplacer l'eau contenue dans l'échantillon fractionné par du méthanol lequel est ensuite évaporé laissant un ensemble d'agrégats parfaitement secs et individualisés.

a) La Fractionnement

Comme nous l'avons signalé plus haut, le choix des forces de rupture, facteurs de fractionnement, pose des problèmes qui ne sont pas encore résolus et qui feront l'objet d'une étude ultérieure plus approfondie.

Actuellement les forces de rupture traditionnellement utilisées sont : l'humectation plus ou moins rapide à partir d'une faible teneur en eau initiale, l'agitation dans l'eau, les ultra-sons, la pression osmotique (*). Pour la présente étude nous avons utilisé le mode fractionnement le plus simple, convenant bien à l'échantillon étudié : un agrégat séché à l'air de 50 à 150 g, non perturbé, est humecté lentement pendant deux à trois minutes, puis immergé totalement : le gonflement produit en partie le détachement des agrégats.

b) Séparation des agrégats, produit du fractionnement

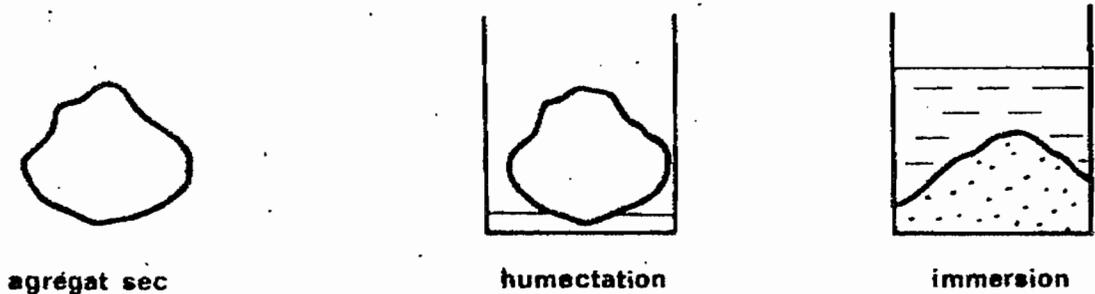
Le remplacement de l'eau par le méthanol se fait sous hotte, sur une colonne de deux tamis (ϕ : 30 cm, inox) de 200 μ m et 50 μ m par simple lavage (100 cm³) à l'aide d'un pulvérisateur. On l'effectue en atmosphère chaude et sèche créée par les lampes infra-rouges pour éviter la condensation atmosphérique provoquée par le refroidissement lors de l'évaporation du méthanol ; les agrégats restent ainsi individualisés en séchant. Le séchage dure une quinzaine de minutes.

c) Les agrégats de taille supérieure à 50 μ m sont rassemblés et mis à l'étuve. Ils sont suffisamment cohérents pour subir un tamissage à sec sur colonne de 10 tamis sans dommage appréciable ; les problèmes étant ceux inhérents à l'utilisation du tamis comme moyen de séparation par taille.(**).

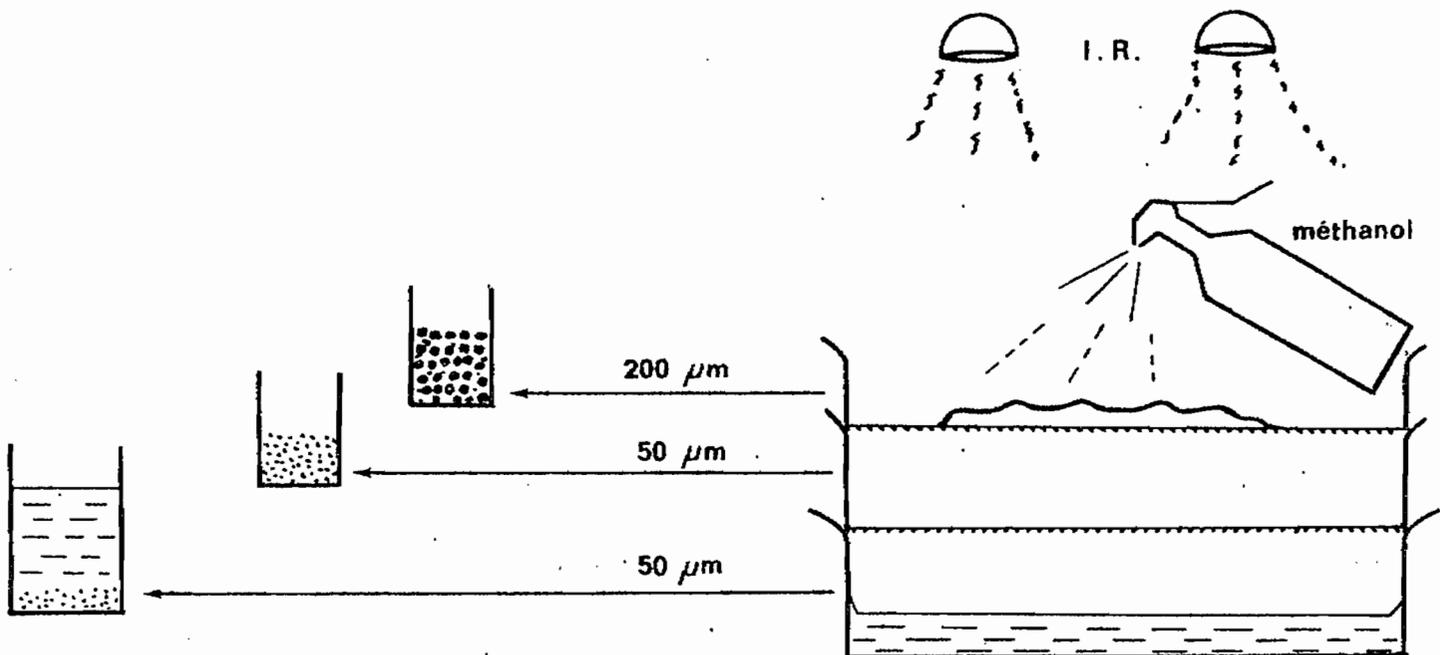
* Réf : 24,31.

** La vérification au microscope de la taille des tamis, nous a amené à apporter quelques modifications reportées sur les graphiques fig. 2,3,4 (ex. : 475 μ m au lieu de 500 μ m).

Les agrégats de trille inférieure à 50 μm sont centrifugés, séparés de l'eau, lavés au méthanol et séchés sous les lampes infra-rouges. Ils se présentent également individualisés.



FRACTIONNEMENT



les agrégats $> 50 \mu\text{m}$ sont obtenus secs, individualisés et cohérents.

La fraction $< 50 \mu\text{m}$ est centrifugée, lavée au méthanol, séchée et pesée.

lavage au méthanol puis séchage sur tamis sous lampes infra-rouges

**Fig. 1 - Séparation des agrégats du fractionnement
Mode opératoire**

III/ Justifications expérimentales

1) Emploi du méthanol

Bui huu Tri et Monnier (1971) ont utilisé l'éthanol dans l'étude du fractionnement des agrégats d'un sol, mais plus dans un souci de rechercher les conditions adéquates du fractionnement que d'en séparer les fractions. Or, pour ce qui est de séparer des agrégats humides afin de les préparer à une étude morphologique, le méthanol a déjà été utilisé avec un succès relatif dans la technique du "critical drying point" (*). Le "critical drying point" est un des rares procédés existant permettant d'assécher un agrégat, préalablement en équilibre à un taux d'humidité donné, tout en conservant la structure de l'échantillon (c.à.d. en évitant le phénomène de retrait).

D'après R. Green Kelly (1973) le méthanol et le dioxane sont, parmi les solvants organiques capables de remplacer l'eau, ceux qui perturbent le moins la structure de l'agrégat, soit par le gonflement dû aux propriétés du mélange eau-solvant, soit par le retrait occasionné par les forces de tension capillaires pendant l'évaporation.

De plus le méthanol possède des propriétés qui le rendent facilement utilisable pour l'objectif donné qui est de sécher l'agrégat rapidement en provoquant le moins de réactions secondaires possibles :

- une viscosité et une chaleur de vaporisation peu élevées ($\eta = 0,60$ centi-poise, $\Delta h = 8,98$ Kcal/mole) et par conséquent une diffusion rapide à travers le milieu poreux, supérieure à celle de l'eau, de l'éthanol et de leurs mélanges comme l'ont montré R.S. Malick et al. (1979).

- une tension de surface faible par rapport à celle de l'eau ($\sigma = 22,0$ dynes/cm contre 72,0 dynes/cm pour l'eau), ce qui fait que la tension effective créée sur la structure lors de l'évaporation du méthanol, est pratiquement négligeable comparée à celle créée par l'évaporation de l'eau.

* Ref : 22, 23.

- une miscibilité totale avec l'eau sans formation d'azéotrope, contrairement à l'éthanol. Par conséquent le méthanol assure la disparition complète de l'eau par évaporation.

- une faible réactivité chimique : nous avons vérifié que le taux de carbone mesuré sur un échantillon traité au méthanol et un témoin non traité, est identique.

2) Le tamisage

Le tamisage sous eau est le point faible des techniques traditionnelles de fractionnement par l'eau. En effet les agrégats humides y sont plastiques et peu cohérents, et perdent partiellement leur morphologie ce qui oblige à fixer des conditions opératoires empiriquement choisies pour éliminer le paramètre "du coup de main de l'opérateur". Or, un phénomène intéressant, noté par Green-Kelly (1973) a lieu, lorsqu'un agrégat de sol est plongé dans certains solvants organiques : un affermissement (hardening) de la structure y est observé, dû apparemment à un rapprochement des particules entre elles dans les solvants qui ont une faible affinité pour les surfaces polaires.

Cet affermissement, avec diminution notable de la plasticité, a effectivement lieu dans le méthanol et permet la manipulation des agrégats dans un état de cohésion suffisante, ainsi que la stabilisation de la structure lors du séchage. Ces propriétés du méthanol font que le tamisage sous l'eau ne se montre plus indispensable étant avantageusement remplacé par un tamisage à sec moins érosif.

3) Présentation des résultats

On trace la courbe de distribution en poids des agrégats en fonction de la taille. Certains auteurs (*) ont trouvé une loi log-normale de distribution, des agrégats ; cette loi n'est pas toujours vérifiée et dépend de toute façon des conditions du fractionnement, mais il est utile de la rechercher sur papier gaussien-logarithmique (ex : fig. 4). Ainsi définis par leur courbe de distribution, les agrégats sont propres à toute étude morphologique (loupe binoculaire ou microscope) et physico-chimique du comportement.

* Ref : 9.

IV/ Exemple d'utilisation : Fractionnement d'un sol argileux et étude du comportement des agrégats obtenus.

Le sol de Tilène, utilisé pour l'étude, provient du Delta du Fleuve Sénégal et est représentatif des sols hydromorphes argileux, des cuvettes de décantation, aménagées actuellement en rizières par la SAED (*).

Ce sol type est étudié en buses par le service de pédologie et le laboratoire de biologie (**) des sols du Centre ORSTOM de DAKAR dans le cadre d'accords de convention entre la SAED et l'ORSTOM.

Après quatre mois de submersion deux semaines de ressuyage (humidité h = 32 %), des prélèvements non remaniés en boîtes d'aluminium (15 x 7 x 5 cm) ont été effectués à trois niveaux de profondeur : 0-7 cm, 8-15 cm, 15-22 cm.

Les caractéristiques du sol "Tilène" sont présentées dans le tableau I.

TEXTURE %	"	CAPACITE DECHANGE	"	ANALYSES PHYSIQUES
Argile	58,8 "	Ca ⁺⁺ meq/100g	15,0 "	pF 2,5 29,95 %
Limon fin	12,0 "	Mg ⁺⁺ meq/100g	8,56 "	pF 3 27,1 %
Limon grossier	7,7 "	K ⁺ meq/100g	0,65 "	pF 4 17,8 %
Sable fin	12,6 "	Na ⁺ meq/100g	0,76 "	Is (henin) 6,5
Sable grossier	7,2 "	Somme des bases éch.	24,97 "	Densité sec (motte) 1,85
Matière organique	1,7 "	T Capacité d'échange meq/100g	23,50 "	Porosité à sec sur motte 22,8 %
pH (1/2,5) =		7,3	- Conductivité (1/5) 160 umhos/ cm 25°C	

TABLERAU I : Sol peu évolué d'apport alluvial à argile gonflante des cuvettes de décantation.

* SAED - Société d'Etude et d'Aménagement du Delta.
 ** Variations physico-chimiques dans un sol de rizière inondée et évolutions de la biomasse algale et des populations microbiennes du cycle du soufre - LOYER J.Y., JACQ V.A., REYNAUD P.A. - ORSTOM-DAKAR - BP. 1386.

a) Conditions du fractionnement.

Nous avons effectué deux types de fractionnement (A) et (B) (cf. fig. 4)

- Fractionnement (A)

Les pâtés de prélèvement, après séchage à 105°, ont été sciés en trois morceaux de 110 g environ pour trois répétitions. La structure est massive compacte, et les morceaux très cohérents à la suite d'un fort retrait mesuré à cette occasion : $\frac{V_{\text{air}}}{V_{\text{total}}} = 49,7\%$. Chaque morceau est fractionné comme il est mentionné en II 1) : après une humectation lente de 2 à 3 minutes, on immerge rapidement l'échantillon ; des agrégats s'en détachent (= slaking) jusqu'au moment où la totalité s'écroule sous le poids. On observe une faible dispersion de l'argile, ce qui permet de classer le sol en classe 2 de la classification d'Emmerson (*). Le tout est ensuite jeté sur le tamis et traité au méthanol comme décrit précédemment.

- Fractionnement (B)

Le prélèvement à 15 cm est conservé humide, et plongé directement dans le méthanol où il se fractionne : avec un affermissement de la structure comme noté plus haut (III, 2°) (= diminution de la plasticité). Le tout est ensuite séché sur le tamis sous les lampes infra-rouges.

b/ Courbes de distribution

- Fractionnement (A)

Pour plus de facilités nous n'avons considéré que les agrégats secs de taille supérieure à 50 μ , limite inférieure de la taille des tamis. Dans une classe d'agrégats donnée, sont rassemblés des agrégats vrais et des sables libres de même taille. Pour en connaître les pourcentages respectifs, chaque fraction est soumise aux ultra-sons (**) dans l'eau détruisant les agrégats vrais.

Les courbes de distribution - agrégats + sables - des trois niveaux de profondeur sont rassemblées sur le même graphique (fig. 2) : les trois répétitions pour chaque horizon, mettent en évidence des domaines qui ne se recoupent

* Ref : 7.

** Sonificateur BIOBLOCK 20-200S muni d'une sonotrode T 20.

**Fig. 2 - Courbes de distribution des agrégats du fractionnement (A)
de trois horizons du sol de Tilène.**

Chaque domaine représente trois répétitions :

- a - horizon 0-7 cm
- b - horizon 8-15 cm
- c - horizon 15-22 cm

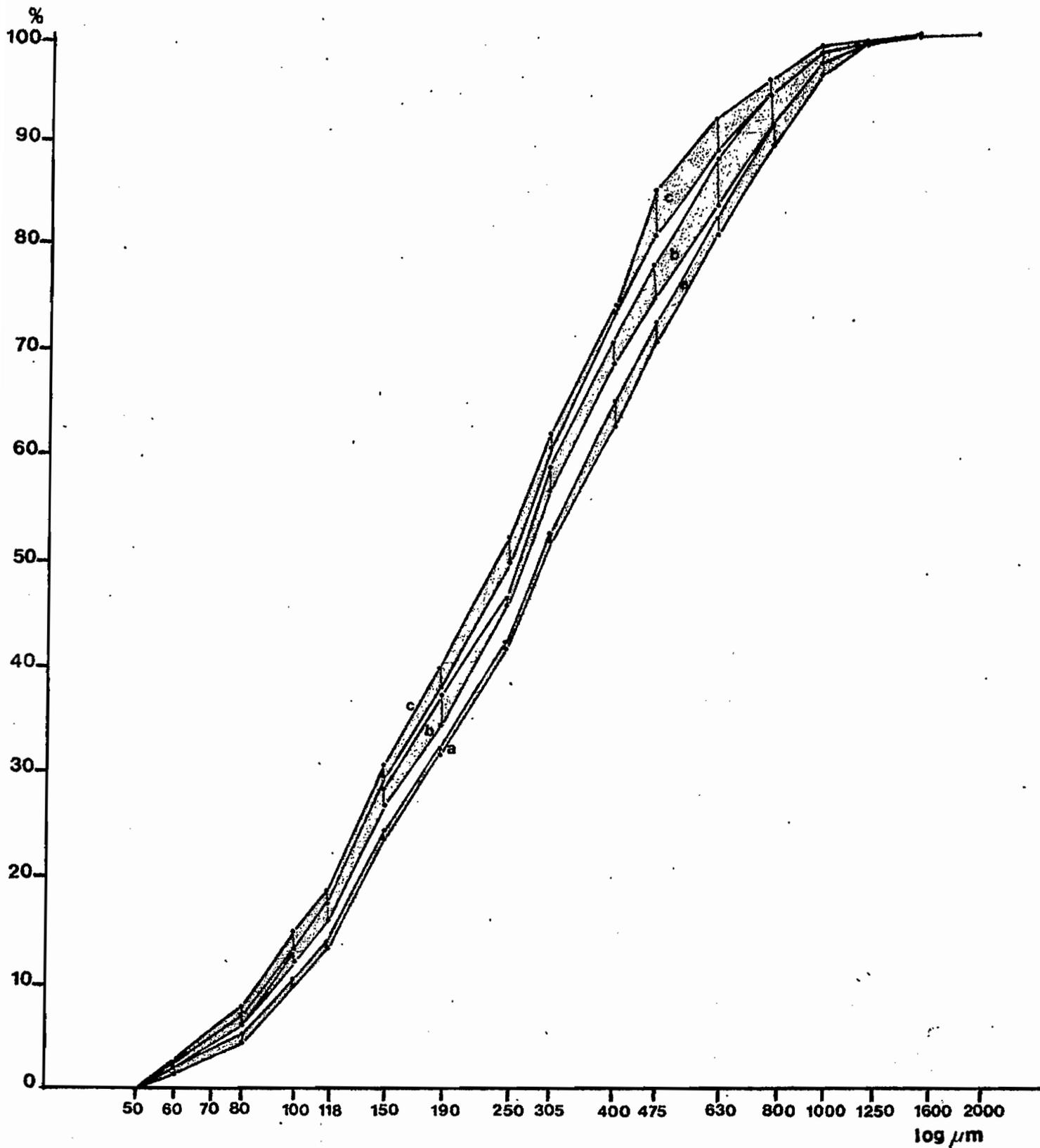


Fig. 3_Courbe de distribution et histogramme des agrégats du fractionnement (A) de l'horizon 15-22 cm du sol de Tiliène

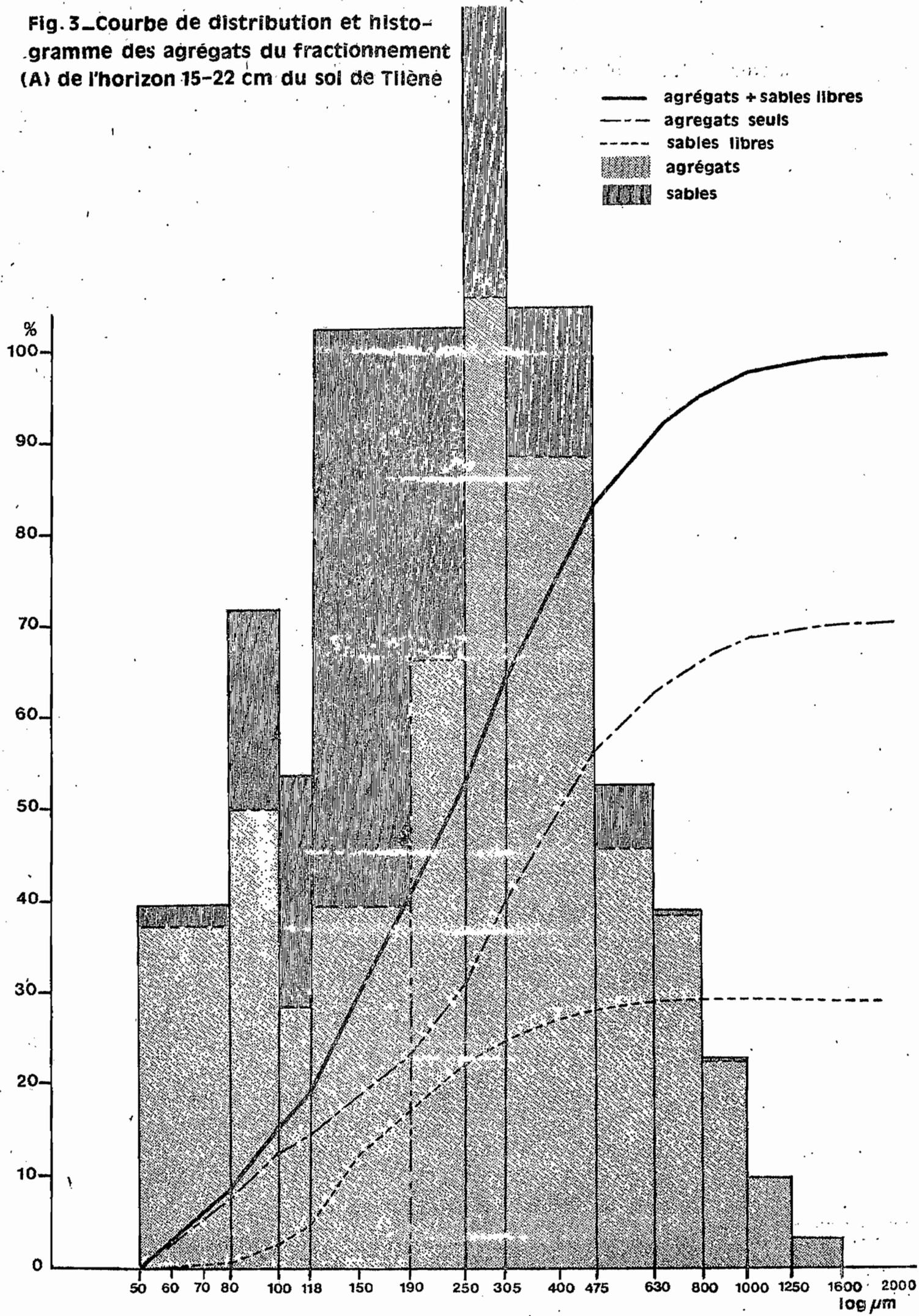


Fig. 3 bis - Courbe de distribution et histogramme des agrégats du fractionnement (A) de l'horizon 0-7 cm du sol de Tiliène

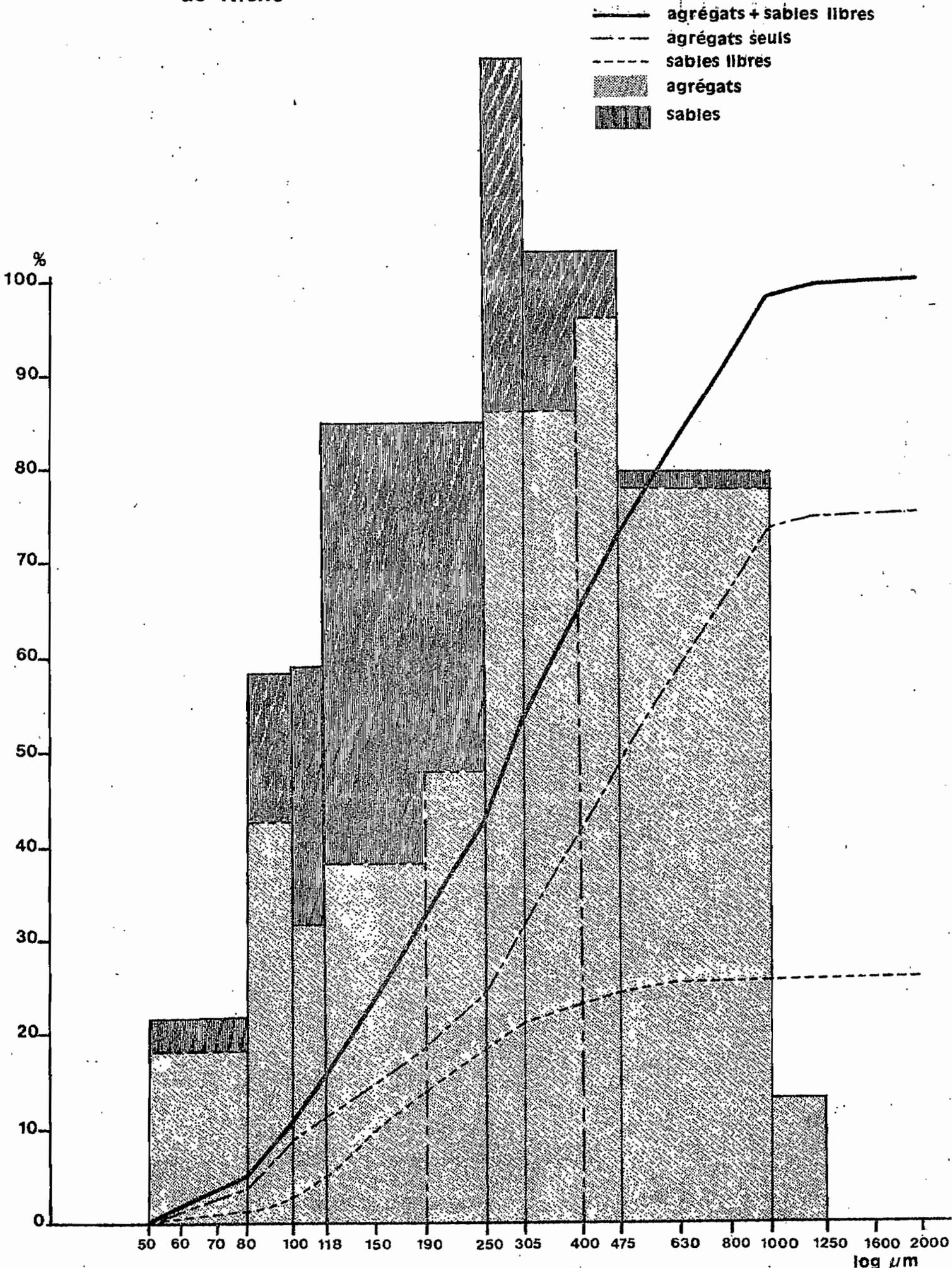
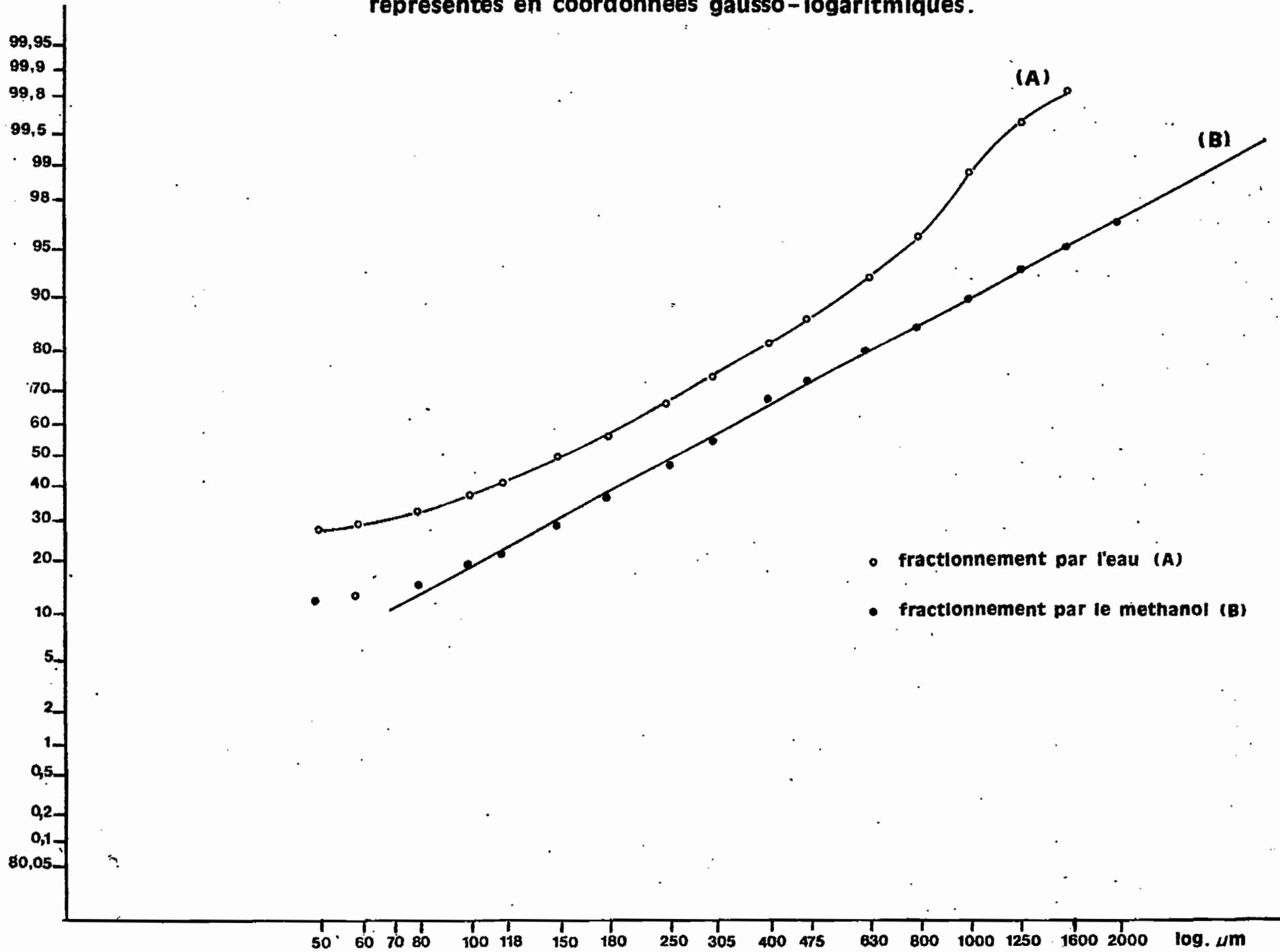


Fig. 4 - Fractionnements (A) et (B) de l'horizon 15-20 cm du sol de Tilène, représentés en coordonnées gaucco-logarithmiques.



pas entre eux et permettent d'observer une légère diminution, avec la profondeur, de la taille des agrégats (dans l'intervalle 50 μ - 2000 μ).

Les histogrammes, fig. 3, dressés à partir des courbes de distribution des agrégats et des sables pour les horizons 0-7 cm et 15-20 cm montrent nettement une augmentation du pourcentage d'agrégats vrais entre 500 μ et 1 mm pour l'horizon 0-7 cm par rapport à l'horizon plus profond. Cette augmentation de la taille des agrégats est aussi accompagnée d'une faible diminution (5 %) des sables entre 120 et 250 μ . Ce phénomène reste à être évalué par plusieurs prélèvements et au cours de différentes périodes du cycle de culture, mais est mis en évidence de façon significative par le fractionnement.

- Fractionnement (B)

La figure 4 présente les courbes de distribution obtenues par les deux types de fractionnement sur l'horizon profond, en représentation gaussio-logarithmique. Le fractionnement (B) suit une loi de distribution log-normale de paramètres : $m_g = 270 \mu$ et $g = \text{Log } 3$ (*). Comme G. Monnier et Bui huu Tri (1971), on peut penser que le méthanol sépare les agrégats selon leurs surfaces structurales alors que le fractionnement par l'eau procède de plusieurs causes plus ou moins définies. Si tel est le cas, la loi log-normale serait la loi de distribution des surfaces structurales. On se trouverait donc devant une forme d'agrégation d'un type défini par deux paramètres moyenne et écart type que l'on pourrait introduire dans les modèles de comportement du sol comme l'avait envisagé W. R. Garner (1956).

Ce résultat reste cependant lié à ce type de sol argileux et au système de porosité qu'il présente (porosité représentée en majorité par les surfaces structurales).

2°) Comportement et stabilité des agrégats du fractionnement

Pour évaluer la stabilité des agrégats issus du fractionnement, nous avons fait subir à une fraction choisie une certaine histoire hydrique (humectation, drainage, percolation, saturation) pour ensuite en analyser le changement granulométrique par la technique du méthanol.

* m_g est la moyenne géométrique des diamètres des agrégats et correspond à 50 % des agrégats sur la courbe cumulative fig. 4

g est l'écart type = $\text{Log } \frac{\text{taille à 50 \%}}{\text{taille à 15,87 \%}}$

L'appareillage utilisé pour humecter et drainer l'échantillon est celui de Haines, modifié (Jayawardane et Beatie 1978), dont le principe est largement employé pour l'étude laboratoire du comportement du sol pris sous forme de "paquets" d'agrégats de taille donnée (fig. 5).

Pour obtenir un système poreux homogène, on a utilisé des agrégats de taille comparable (assurant une porosité d'entassement à peu près équivalente partout, excepté cependant au contact des parois), et évité la présence de sables libres. Pour cela, nous n'avons pris que les trois fractions comprises entre 0,475 mm et 1 mm (cf. fig. 3) d'un fractionnement quelconque par l'eau, de l'horizon 15-20 cm du sol de Tilène. La répartition granulométrique de départ est présentée dans le tableau V : 20 g au total sont entassés sur le verre fritté (fig. 5) avec une densité de 1,08 g/cm³.

Le volume apparent V occupé par l'échantillon sec, est maintenu constant par un bouchon troué (fig. 5 bis), placé sur un lit de billes (2,5 mm ϕ) de 0,5 cm d'épaisseur, assurant le libre passage de l'air. Ainsi le volume du gonflement permis est uniquement la volume des macropores d'entassement (*) : V_M (tableau II).

Agrégats individuels secs (105°)			Ensemble des agrégats secs			
Densité(**) apparente	Porosité (**) cm ³ /100g sol	Volume occupé cm ³	Poids g	Volume apparent	Densité apparente	Porosité d'entassement
d _a = 1,86	m = 15,3 %	V _a = P/d _a = 10,7	P=20g	V = 18,5	D _a = 1,08	m = (V - V _a)/P = 39%
Volume de la micro-porosité			Volume de la macro-porosité			
V _m = $\frac{V}{m} \times P = 3,1 \text{ cm}^3$			V _M = V - V _a = 7,8 cm ³			

TABLEAU II : Les paramètres caractéristiques du système formé par l'ensemble des agrégats.

Le volume total disponible à l'eau est le volume d'eau à saturation contenu dans la microporosité et la macroporosité inter-agrégats :

$$V_s = V_m + V_M = 10,9 \text{ cm}^3$$

* Ref : 3.

** Ref : 21 méthode de mesure de la densité apparente et de la porosité de petits agrégats de sol.

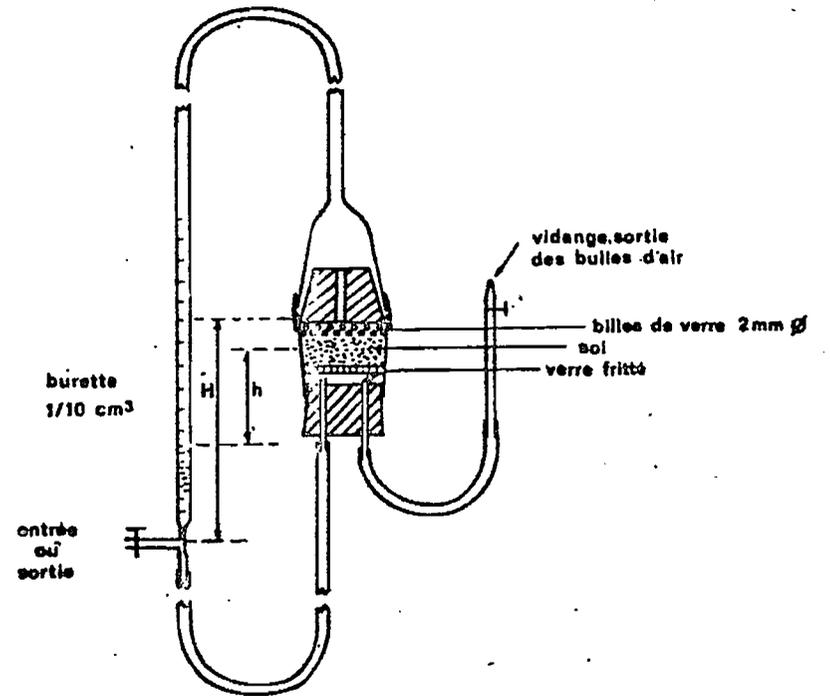
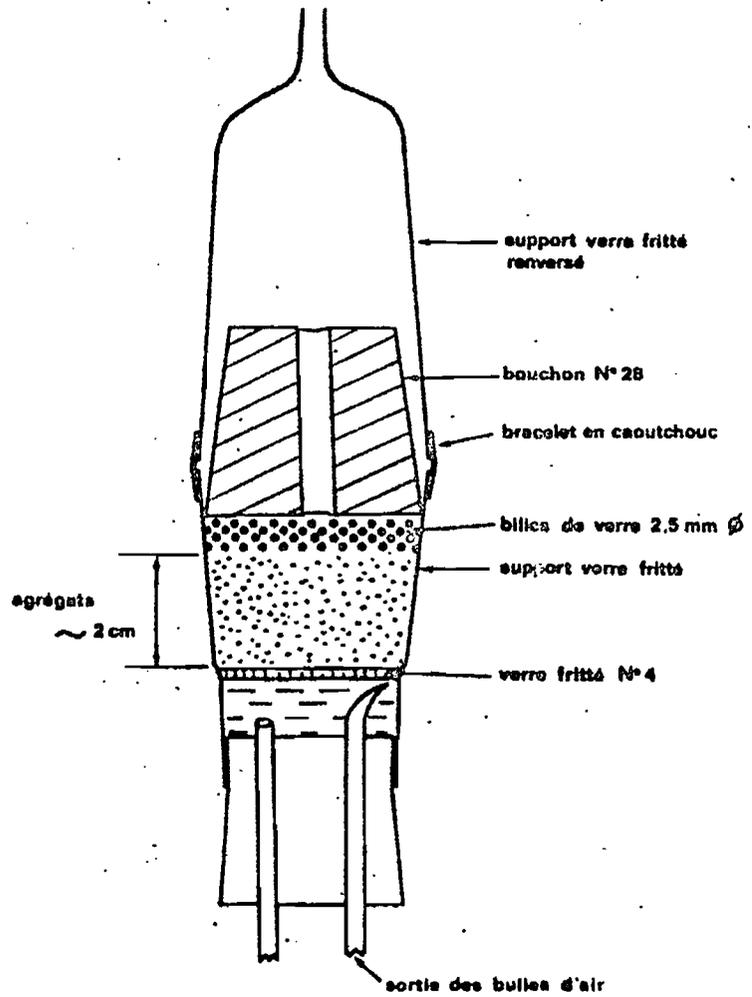


Fig. 5 - Mesure de l'absorption de l'eau par un ensemble d'agrégats de même taille, entassés dans un volume V constant, et soumis à une succion donnée $\approx h$.

Fig. 5 bis - Appareil de HAINES ; détails

a/ Humectation - drainage - percolation*

La colonne d'agrégats a été humecté h = 60 cm (pF = 1,8) en 50 heures, puis amenée à h = 10 cm (20 heures) et enfin à saturation. Après une percolation* à - 60 cm (débit q60 = 12 cm³/mm), la colonne est remise à h = 10 cm et laissée à cette succion pendant trois jours.

Les expériences suivantes sont ensuite effectuées (tableau III).

! Variation du !	! Drainage de !	! Drainage de !	! Infiltration de !	! Percolation * !
! volume d'eau !	! h= -10 à 30 !	! h= -30 à -60 !	! -60 à satura- !	! à -10 cm à -60 cm !
! !	! cm d'eau !	! cm d'eau !	! tion !	! !
!	$V_{10/30} =$	$V_{30/60} =$	$V_{60/S} =$	$q_{-10} =$
!	$1,9 \text{ cm}^3$	$0,4 \text{ cm}^3$	$4,7 \text{ cm}^3$	$q_{-60} =$
!	!	!	!	$1 \text{ cm}^3 / \text{mm}$
!	!	!	!	$5 \text{ cm}^3 / \text{mm}$

TABLEAU III : Variation du volume d'eau dans l'échantillon et débit de percolation en fonction de la succion.

La macroporosité créée par l'entassement des agrégats de taille comprise entre 0,475 et 1 mm est formée de pores de rayon moyen (100-150 μm)**. Or une succion de -60 cm d'eau (pF : 1,8) correspond au drainage des pores de rayons supérieurs à 30 μm. Par conséquent, à pF 1,8 la macroporosité est entièrement vidée de son eau et seule la microporosité V_{m60} des agrégats eux-mêmes retiennent les 6,2 cm³ restants. L'humidité des agrégats de 0,475 - 1 mm à pF 1,8 est donc de 31 %.

D'autre part, en régime de percolation, le débit à -60 cm est passé de 12 cm³/mm à 5 cm³/mm après trois jours à -10 cm. Cette diminution du débit n'est pas le résultat de la destruction des agrégats comme nous allons le vérifier ci-dessous, mais plutôt celui du gonflement (29 %) qui a continué à s'opérer lentement pendant les trois jours de la succion h = 10 cm.

! Volume d'eau contenu !	! Humidité à !	! Gonflement des !
! dans la microporosité V_{m60} !	! - 60 cm (pF=1,8) !	! agrégats !
!	!	!
$V_{m60} = V_S - V_{S/60} = 6,2 \text{ cm}^3$	$(V_S - V_{S/60})/P = 31 \%$	$(V_{m60} - V_m)/V_a = 29\%$

TABLEAU IV : humidité et gonflement des agrégats à pF = 1,8.

* L'expérience de percolation se fait en retirant la partie supérieure de l'appareil haines, ainsi que le bouchon (fig. 5 bis), l'eau est ajoutée à la barette au dessus des billes de façon à obtenir un niveau constant. La succion est alors mesurée par h (fig. 5).

** Ref : II

B/ Stabilité

A la fin de l'expérience, le méthanol est ajouté de façon à percoler trois à quatre fois le volume des agrégats ($\sim 50 \text{ cm}^3$) afin de le substituer à l'eau. Le tout est ensuite versé sur le tamis, séché comme décrit précédemment et tamisé à sec.

Le résultat du tamisage (tableau V) montre une variation de 9,8 % au maximum sur la distribution des agrégats, mais 3,5 % seulement des agrégats ont été détruits en particules de tailles inférieures à 0,315 mm. Le gonflement en milieu confiné ($V = \text{cte}$) a produit un léger tassement sur les agrégats puisqu'on retrouve 1,06 g d'agrégats sur le tamis n° 4 (400-500 μ) qui n'étaient pas présents au départ. Une très légère agrégation s'est également effectuée (0,4 % 1 mm).

N° du Tamis	Ouverture mm	Poids initiaux g		Poids finaux g		Variation sur la somme
0	1,00	0	0	0,08	0,08	+ 0,4 %
1	0,800	6,10	6,10	5,09	5,17	- 4,6 %
2	0,630	5,80	11,90	5,18	10,35	- 7 %
3	0,500	8,10	20,00	7,68	18,03	- 9,8 %
4	0,400	0	20,00	1,06	19,09	- 4,4 %
5	0,315	0	20,00	0,21	19,30	- 3,5 %
6	0,250	0	20,00	0,12	19,42	
7	0,200	0	20,00	0,10	19,52	
8	0,160	0	20,00	0,18	19,70	- 2 %
TOTAL		20,00		19,70		

TABLEAU V : Composition granulométrique de l'échantillon Ti III au départ et à la fin de l'expérimentation d'infiltration-percolation.

4% Discussion

Cette expérience montre que l'on a accès à l'évaluation de la stabilité structurale sous l'influence de facteurs bien définis de l'agrégation/destruction(*). Ainsi, la mesure suivie du comportement d'agrégats non perturbés peut se faire parallèlement à la mesure du changement structural qui s'opère pendant l'expérience. Or toutes sortes de mesures des propriétés physiques et de comportement du sol sont accessibles par cet appareillage simple ; et déjà décrites dans la littérature (**): mesure du gonflement, de l'influence du gypse, du S.A.R., des variations de la porosité, de l'infiltration, de l'activité biologique etc...

En effet, le travail sur les agrégats fins, de taille donnée, répond à une nécessité qui est de réduire "le remaniement" de l'échantillon de sol à un ou quelques paramètres mesurables, comme nous l'avons remarqué à propos de la macroporosité d'entassement dans l'expérience de percolation ci-dessus : l'étude laboratoire se porte alors directement sur une micro-porosité intra-agrégats qui se trouve être particulièrement stable et caractéristique du sol ainsi que l'ont très bien montré G. Monnier, et Coll. (1973) et Stengel (1979) ; définissant par ce fait, une échelle d'observation en laboratoire se rapportant à un niveau organisé du sol par le fractionnement.

Conclusion

Nous avons montré que la séparation et l'étude du résultat d'un fractionnement, rendues possible par l'emploi du méthanol, nous offrent la possibilité de mesurer les propriétés de comportement physique d'un sol à une échelle correctement définie par la taille des petits agrégats du sol.

* Exemple - agrégation par gonflement en milieu confiné ou par activité bactérienne ou autre.

- des agrégations, dispersion par percolation de solutions de forces ioniques ou de S.A.R. différents - Ref : 15.

** Ref : 2, 14, 25, 26, 27, 31.

- 1 - ANDREUX (F.), BRUCKERT (S.), CORREA (A.), SOUCHIER (B.) - 1980 - Sur une méthode de fractionnement physique et chimique des agrégats du sol : origine possible de la matière organique des fractions obtenues.
G.R. Habd. Séances Acad. Sci (1980), 291, n° 4 - pp. 381-384.
- 2 - COLLIS-GEORGES (N.) and GREENE (R.S.B.) - 1979 - The effect of aggregate size on the infiltration behaviour of a slaking soil and its relevance to pounded irrigation.
Aust. J. Soil Res. 17, 65-74.
- 3 - COLLIS-GEORGES (N.) and BRIDGE (B.J.) - 1973 - The effect of height of sample and confinement on the moisture characteristics of aggregated swelling clay soils.
- 4 - CONCARET (J.) - 1967) - Etude des mécanismes de la destruction des agrégats de terre en contact de solutions aqueuses.
Ann. Agron. (1), 67-90.
- 5 - COUGHLAN (K.J.) and FOX (W.E.) - Measurement of aggregate size, Aust. J. Soil. Res. (1977) - 15 - 211-219.
- 6 - EMERSON (W.W.) - 1954 - The determination of the stability of soil crumbs.
J. Soil. Science. 5, 233-50
1959 - The structure of soil crumbs.
J. Soil Science - 10 - 227-40.
- 7 - EMERSON (W.W.) - 1967 - A classification of soil aggregates based on their coherence in water.
Aust. J. Soil. Res. 5, 47-57.
- 8 - FELLER (C.) - 1979 - Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols.
Cah. ORSTOM - Série Pédol. Vol. XVII n° 4 - pp. 339-346.

- 9 - GARDNER (W.R.) - 1956 - Représentation of soil aggregate - size distribution by a logarithmic-normal distribution.
Soil Sci. Soc. Proc. 151-153.
- 10 - GREENE-KELLY (R.) - 1973 - The preparation of clay soils for determination of structure.
J. Soil Science, 24, 277-83.
- 11 - GUPTA (S.C.) and LARSON (W.E.) - 1979 - A model for predicting packing density of soils using particle - size distribution.
Soil Sci. Soc. Amer. J., 43, 758-763.
- 12 - HAMBLIN (A.P.) - 1980 - Changes in aggregate stability and associated organic matter properties after drilling and ploughing on some Australian Soils.
Aust. J. Soil. Res. 1980, 18, 27-36.
- 13 - HENIN (S.) - 1938 - Etude physico-chimique de la stabilité structurale des terres.
These, Univ. Paris.

1948 - Essai d'une théorie de la stabilité de la structure des sols.
Plant & Soil, 1, 167-78.
- 14 - JAYAWARDANE (N.S.) and BEATTIE (J.A.) - 1978 - Effect of salt solution composition on moisture release curves of soil.
Aust. J. Soil. Res. 1978, 17, 89-99.
- 15 - JAYAWARDANE (N.S.) - 1979 - An equivalent salt solutions method for predicting hydraulic conductivities of soil for different salt solutions.
Aust. J. Soil. Res. 1979, 17, 423-8.
- 16 - LAWRENCE (G.P.) - 1977 - Measurement of pore sizes in fine-textured soils : review of existing techniques.
J. Soil. Sci. 28, 327-40.
- 17 - LAWRENCE (G.P.), PAYNE (D.), GREENLAND (D.J.) - 1979 - Pore size distribution in critical point and freeze dried aggregates from clay subsoil.
J. Soil. Sci. 30, 3, 499-516.

- 18 - MALICK (R.S.), LAROUSSE (Ch.), DE BAKER (L.W.) - 1979 - Physical components of the diffusivity coefficient.
Soil. Sci. Soc. of Amer. J. 43, (4), 633-637.
- 19 - Modification of soil structure edited by EMERSON (W.W.), BOND (R.D.), DEXTER (A.R.) - 1978 - (JOHN WILEY and SONS).
- 20 - MONNIER (G.) et BUI HUU TRI - 1971 - Une méthode d'évaluation de la taille des éléments structuraux du sol.
Science du sol n° 2 (1971) PP. 17-27.
- 21 - MONNIER (G.) - STENGEL (P.) - FIES (J.C.) - 1973 - Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux. Application à l'analyse des systèmes de porosité du sol.
Ann. Agro. 1973, 24 - (5), pp. 533-546.
- 22 - MURRAY (R.S.) and QUIRK (J.P.) - 1980 - Comments on recent work critical point dried soil.
Replies by NEWMAN A.C.D. and LAWRENCE G.P., PAYNE D. and GREENLAND D.J.
J. Soil. Sci. 32 p. 161-163.
- 23 - NEWMAN (A.C.D.) and THOMASSON (A.J.) - 1979 - Rothamsted studies of soil structure III Pore size distributions and shrinkage processes.
J. Soil Science 30, 415-440.
- 24 - NORTH P.F. - 1976 - Toward an absolute measurement of soil structural stability using ultra sound.
J. Soil. Sci. 27, (4), 451.
- 25 - QUIRK (J.P.) and SCHOFIELD (R.K.) - 1955 - The effect of electrolyte concentration on soil permeability.
J. Soil. Sci. 6 163-178.
- 26 - QUIRK (J.P.) and PANABOKE (C.R.) - 1962 - Pore volume - Size distribution and swelling of natural soil aggregates.
J. Soil. Sci. 13, 71-81.

- 27 - QUIRK (J.P.) and PANABOKKE (C.R.) - 1962 - Incipient failure of soil aggregates
J. Soil. Sci. 13, 60-70.
- 28 - RORKE BRYAN (B.) - 1971 - The efficiency of aggregation indices in the
comparison of some English and Canadian soils.
J. Soil. Sci. 22 , (2), 166-178.
- 29 - STENCEL (P.) - 1979 - Utilisation de l'analyse des systèmes de porosité pour
la caractérisation de l'état physique du sol "in situ".
Ann. Agron. 1979, 30 (1), 27-51.
- 30 - TURCHENECK (L.W.) and OADES (J.M.) - 1979 - Fractionation of organo-mineral
complexes by sedimentation and density techniques.
Geoderma 21 (1979), 311-343.
- 31 - WILLIAMS (B.G.), GREENLAND (D.J.), LINDSTROM (G.R.), QUIRK (J.P.) - 1966 -
Techniques for the determination of the stability of soil aggregates
Soil. Sci. 101, 157-163.