



**HAL**  
open science

# Repartition du volume des pores dans des assemblages argile-squelette a diferents etats hydriques: etude experimentale et modelisation

J.C. Fiès

► **To cite this version:**

J.C. Fiès. Repartition du volume des pores dans des assemblages argile-squelette a diferents etats hydriques: etude experimentale et modelisation. Colloque polono francais, Sep 1983, Lublin, Pologne. hal-02855301

**HAL Id: hal-02855301**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02855301>**

Submitted on 8 Jun 2020

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

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

198

RÉPARTITION DU VOLUME DES PORES DANS DES ASSEMBLAGES  
ARGILE-SQUELETTE À DIFFÉRENTS ÉTATS HYDRIQUES: ÉTUDE EXPÉRIMENTALE  
ET MODÉLISATION

J. C. FIES

I.N.R.A., Station de Science du Sol, Centre de Recherches Agronomiques d'Avignon, B. P. 91, 84140 Montfavet

1. INTRODUCTION

Cette étude de la porosité des sols se situe à l'échelle de l'espace poral ménagé par l'assemblage des particules élémentaires. Elle constitue une contribution au problème des relations entre les caractéristiques générales des pores et les propriétés des sols, en particulier leur conductivité hydraulique.

Ce problème est en effet particulièrement vaste et peut être décomposé en deux niveaux principaux.

Au premier correspond une étude expérimentale visant à contrôler les méthodes de caractérisation des pores d'une part, à relier les caractéristiques des pores à leurs caractéristiques de fonctionnement d'autre part.

Comme cette démarche s'avère, on le verra, longue et délicate, il conviendra sans doute de rechercher un chemin beaucoup plus court entre des caractéristiques du sol plus aisées à obtenir, et leurs propriétés.

Les données obtenues au premier niveau devraient à cet égard permettre d'établir, dans une seconde étape, des liaisons entre les données de l'analyse granulométrique et la conductivité hydraulique en passant par l'intermédiaire de grandes catégories de modèles d'espace poral.

Un exemple de cette seconde étape est donné par les travaux de Arya et al. [1] qui utilisent un modèle de simple juxtaposition des constituants des différentes classes granulométriques, respectant la valeur de la masse volumique mesurée sur motte, pour prévoir la courbe teneur en eau - potentiel hydrique propre au ma-

tériau. Une telle approche gagnerait, pour être généralisée, à prendre en compte des lois de mélanges de particules et les modifications de l'espace poral liées au gonflement ou au retrait de la phase argileuse lors de l'humectation ou de la dessiccation du sol. Ce type de démarche est en particulier illustré par les travaux présentés par Guennelon [9].

Une autre approche enfin, complémentaire de ces études par simulation, revient à la caractérisation directe de l'espace poral en utilisant des méthodes adaptées à l'échelle de l'étude. Cette approche correspond au premier niveau indiqué ci-dessus. Les méthodes utilisées correspondent, pour le semi-quantitatif à la microscopie à balayage [4, 12], pour le quantitatif à la porosimétrie au mercure [10].

L'objet du travail que je présente ici porte sur la caractérisation de l'espace poral, par la porosimétrie au mercure, des échantillons artificiels constitués du mélange à l'état humide d'une fraction argileuse et de squelettes de sols. Les points suivants sont successivement abordés :

- espace poral des mélanges après séchage, influence de la composition granulométrique,
- quelques aspects des modifications de l'espace poral en dessiccation et en réhumectation,
- exemple de modélisation.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'argile entrant dans les différents mélanges correspond à la fraction inférieure à  $2 \mu\text{m}$  isolée d'un sol après dispersion, rendue calcique et conservée sous forme de pâte humide après centrifugation. Plus de la moitié de cette fraction est constituée de smectite.

Les squelettes associés à l'argile, constitués de quartz, correspondent à des limons ou à des sables séparés par tamisage ou sédimentation.

Les échantillons sont réalisés par mélange d'un squelette et d'argile en proportions variées, à l'état humide. Ils sont desséchés sur plaque poreuse sous l'action de succions et amenés à l'état sec à l'air.

La réhumectation est pratiquée sur des agrégats provenant des

échantillons secs par tamisage forcé entre 2 et 3 mm. Elle est pratiquée sous le vide réalisé à la trompe à eau, les agrégats étant placés sur une toile de coton soumise à une succion de 2 cm d'eau. Après 24 heures, ces agrégats sont soumis à différents équilibres de potentiel. Les mesures de volume, à différents états hydriques sont conduites après saturation dans le pétrole puis mesure de la poussée hydrostatique dans le pétrole. Connaissant le poids sec des échantillons, elles permettent le calcul de leur densité texturale [7].

Avant le passage au porosimètre, les échantillons humides ont été déshydratés par un échange eau - acétone -  $\text{CO}_2$ , suivi du passage par le point critique du  $\text{CO}_2$ , et l'ensemble des échantillons séchés à  $105^\circ\text{C}$  [2, 12.]

L'entrée de mercure sous l'effet de pressions croissantes a été mesurée sur un appareil Coultronics entre 0,003 et 200 MPa. Les valeurs de pression sont transformées en valeurs de diamètre d'entrée en utilisant les paramètres suivants: angle de raccordement mercure-solide:  $130^\circ$ ; tension superficielle du mercure: 480 dynes  $\text{cm}^{-1}$ . La gamme des diamètres d'entrée s'étend de 400 à 0,006  $\mu\text{m}$ .

## 2.1. Répartition du volume des pores et granulométrie

Deux types d'échantillons sont étudiés ici. Ils correspondent respectivement à des mélanges argile-limon (2-20  $\mu\text{m}$ ) et des mélanges argile-sables (100-200  $\mu\text{m}$ ). Après malaxage à l'état humide, les mélanges sont ressuyés 5 heures sous une dépression de 1 b, puis séchés à l'air 24 heures, enfin séchés à  $105^\circ\text{C}$ .

### 2.1.1. Modèle textural à deux compartiments de porosité

Rappelons qu'une étude précédente de la porosité d'assemblage des particules du sol [7] a permis de considérer l'espace poral des mélanges argile-squelette comme constitué, à l'état sec:

- de l'espace poral propre à la phase argileuse,
- d'un espace poral lacunaire, lié au retrait de la phase argileuse entre les particules du squelette.

Cette analyse a été suggérée par les résultats des bilans de volumes calculés sur la base des mesures de masse volumique des mélanges,  $\rho_d$ , de masse volumique de la phase argileuse,  $\rho_a$ .

Dans ces bilans, la valeur de  $\rho_a$ , mesurée sur des échantil-



T a b l e a u 2. Volumes de pores de mélanges argile - limon, calculés et mesurés à différents états d'hydratation, en  $\text{cm}^3$  pour 100 g de mélange

T a b l e a u 2. Objętość porów mieszanin il - pył, obliczona i zmierzona przy różnej wilgotności, w  $\text{cm}^3$  na 100 g mieszaniny

Echantillon	%	Etape du cycle	Teneur en eau w % masses volumiques $\rho_d, \rho_a, \rho_s$		Porosimétrie au mercure			
			W argile	W lacune	volume de pores argile	volume lacune	total (de 10 à 0,007 $\mu\text{m}$ )	
2-20	15	dessiccation	185	0	28	29	0	29
2-20	40	de mélange initial	110	0	44	41	0	41
20-35	41	premier état sec	0	12	7	14	10,5	3,5
20-35	41	réhumectation et dessiccation	entre 46 et 0	2	19	16	9	7
20-35	41	second état sec	0	12	7	13	10	3

lons secs de l'argile utilisée, a été supposée constante, e'est-à-dire indépendante de l'association argile-squelette.

Appelons S et A les teneurs pondérales de squelette et d'argile respectives,  $\rho_s$  la masse volumique de solide du squelette considéré.

La somme du volume encombré par l'argile, soit  $A/\rho_a$  du volume occupé par le squelette, soit  $S/\rho_s$  est toujours inférieure à  $1/\rho_d$ , c'est-à-dire au volume encombré par 1 g de mélange.

On est alors fondé à admettre la présence d'un volume de lacunes  $V_1$  tel que:

$$V_1 = 1/\rho_d - (S/\rho_s + A/\rho_a). \quad (1)$$

Le volume poreux propre à la phase argile peut être calculé par la relation suivante, dans laquelle  $\rho_{sa}$  représente la densité de solide de l'argile:

$$V_a = A/\rho_a - A/\rho_{sa}. \quad (2)$$

L'observation de lames minces, réalisées dans les seuls mélanges sable-argile a confirmé la présence d'un volume lacunaire. Par ailleurs, Chrétien [3] a présenté de nombreuses illustrations de pores lacunaires observés en lames minces dans des mélanges de sables, à morphologies variées, et d'argile.

Le tableau 1 rassemble les éléments obtenus par le calcul des bilans de volume pour les deux séries de mélanges étudiés. On reviendra sur les valeurs obtenues à propos du commentaire des courbes d'entrée de mercure.

### 2.1.2. Résultats et discussion

Les données relatives à la porosimétrie sont présentées par les figures 1 et 2 où les volumes cumulés de mercure sont portés en fonction du diamètre d'entrée.

Ces données sont discutées relativement à l'existence de deux compartiments d'espace poral. On doit en effet schématiquement s'attendre à obtenir une première entrée de mercure correspondant à l'occupation de la phase des lacunes, suivi d'une seconde entrée correspondant à la pénétration du mercure dans les pores propres à la phase argileuse. L'amplitude des deux phénomènes doit dépendre des volumes disponibles: elle devrait donc diminuer quand la teneur en argile croît, pour le compartiment lacune et croître

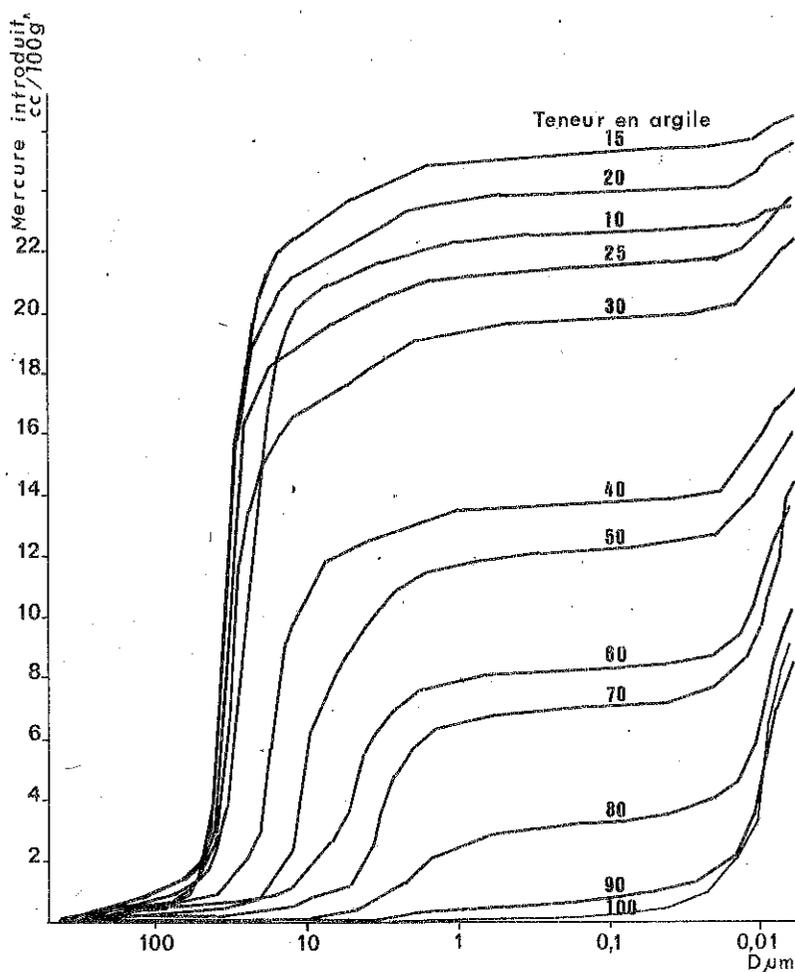


Fig. 1. Courbes cumulatives d'entrée de mercure dans des mélanges sable (100-200 µm) - argile en paramètre: teneur pondérale en argile

Rys. 1. Krzywe kumulatywne wejścia rtęci do mieszanin piasek (100-200 µm) - ił parametr: zawartość wagowa iłu

avec la teneur en argile pour le comportement argile, conformément aux résultats exposés au tableau 1.

Dans le cas des mélanges à squelette sableux, les courbes obtenues rendent compte de l'existence de lacunes, marquée par une première phase d'entrée de mercure entre 100 et 1 µm. La fin de leur remplissage par le mercure correspond à la présence du palier. Le mercure ne pénètre dans le compartiment poreux argileux, bien distinct du précédent, qu'à travers des pores de diamètre inférieur à 0,1 µm.

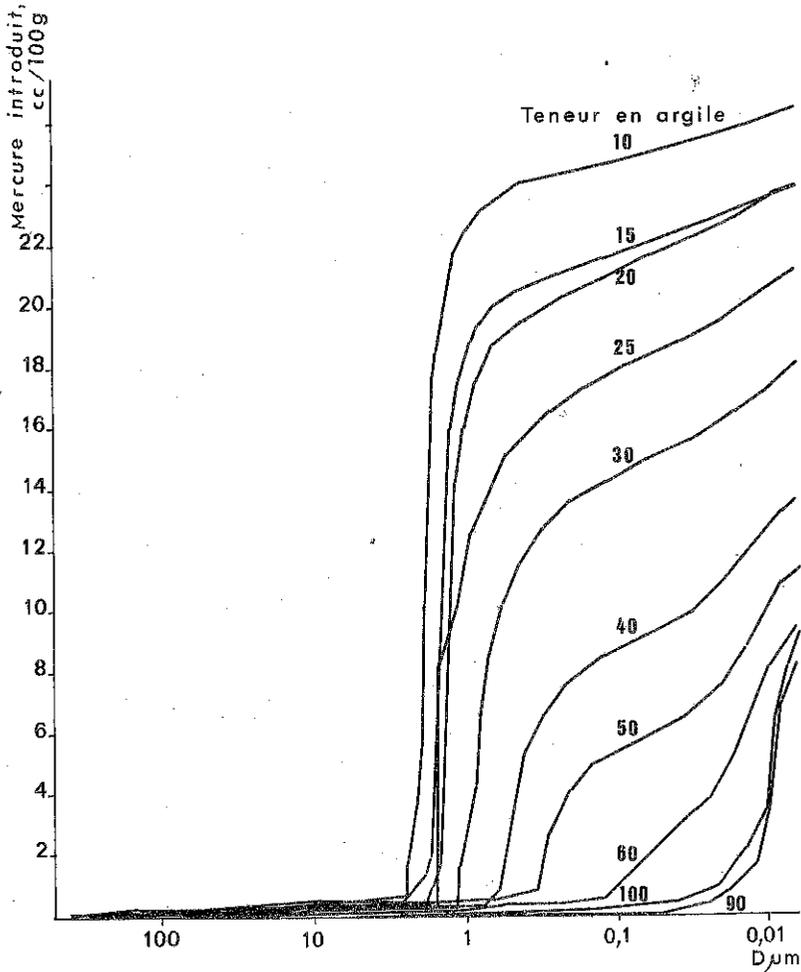


Fig. 2. Courbes cumulatives d'entrée de mercure dans des mélanges limon (2-20  $\mu\text{m}$ ) - argile en paramètre: teneur pondérale en argile

Rys. 2. Krzywe kumulatywne wejścia rtęci do mieszanin pyłu (2-20  $\mu\text{m}$ ) - ił parametr: zawartość wagowa iłu

On peut remarquer, en effet, que les quantités de mercure entrées à partir d'un diamètre de 0,1  $\mu\text{m}$ , croissent avec la teneur en argile des mélanges, et qu'il ne rentre, en pratique, de mercure dans l'échantillon d'argile qu'à partir de cette même valeur de diamètre.

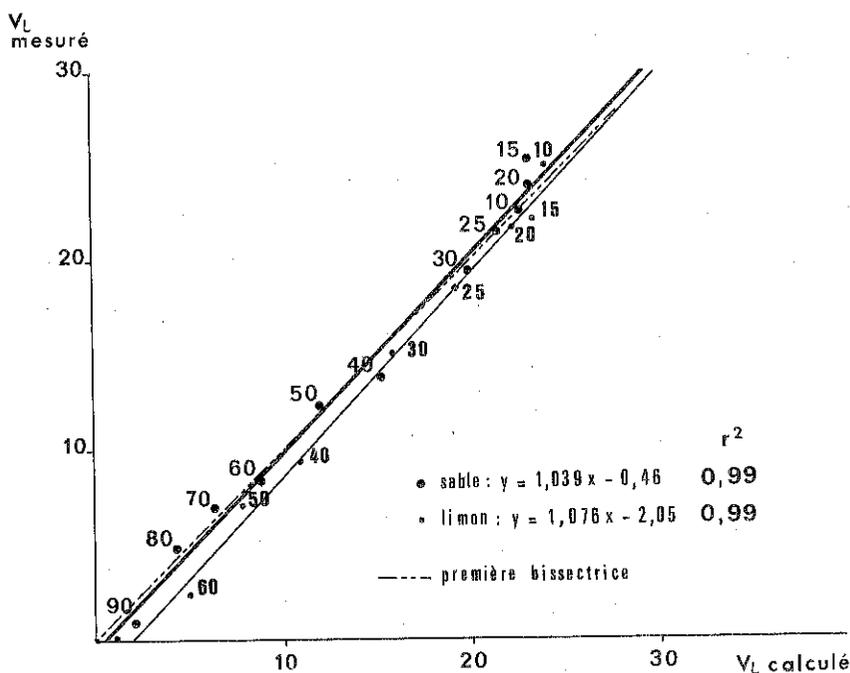


Fig. 3. Comparaison des volumes de lacune mesurés au porosimètre à mercure et calculés en paramètre: teneur en argile

Rys. 3. Porównanie objętości przestworów mierzonych porozymetrem rtęciowym i obliczonych parametr: zawartość ilu

Le calcul d'un ajustement linéaire entre le volume calculé de lacune (relation 1) et le volume de mercure entré dans l'échantillon jusqu'au palier a donné les meilleurs résultats pour une valeur de diamètre d'entrée de l'argile fixée à 0,05  $\mu\text{m}$ .

Dans le cas des mélanges à squelette limoneux, où il n'existe pas de palier toujours défini, la même valeur de 0,05  $\mu\text{m}$  a permis d'obtenir une corrélation étroite entre valeurs de lacune calculée et mesurée. Ces résultats sont présentés à la figure 3.

### 2.1.3. Conclusions

Ces résultats nous montrent que:

- le modèle textural proposé est vérifié dans l'ensemble des mélanges,

- les pores lacunaires sont reliés entre eux par des seuils

d'entrée dont le diamètre est supérieur à celui lié à l'arrangement des constituants de l'argile,

- la valeur du diamètre d'entrée des lacunes dépend de la taille du squelette et varie peu pour les teneurs en argile inférieures à 30 %, alors qu'elle diminue quand croît la teneur en argile au dessus de 30 %,

- ces seuils d'entrée conduisent à des lacunes de diamètre supérieur [3, 8],

- la porosité de la phase argileuse est peu affectée par la présence du squelette qui lui est associé.

Il paraît donc possible de rattacher des caractéristiques de l'espace poral à des caractéristiques de la granulométrie des constituants, pour des échantillons à l'état sec.

Il convient cependant d'envisager les modifications induites par l'état hydrique de l'échantillon.

## 2.2. Distribution du volume des pores et état hydrique

Les expériences rapportées ici concernent des mélanges de smectite (15 et 40 %) et de limon préparés à l'état humide sous forme de pastilles de 3 cm<sup>3</sup>, soumis à des succions croissantes (0,1 et 1 bar), séchés à l'air, mis sous forme d'agrégats, puis réhumectés (succion de 0,002 bar) et soumis à nouveau à une succion de 0,1 bar et séchés à l'air.

A chaque étape, les échantillons ont été soumis à des mesures de masse volumique et de volume d'entrée de mercure.

Pour les échantillons humides, on a observé que l'échange eau-acétone suivi du passage par le point critique CO<sub>2</sub> entraînait une diminution de la masse volumique de l'échantillon.

J'ai admis ici que les échantillons ainsi traités avaient un retrait qui suivait la même loi que celle décrite par les courbes de retrait obtenues avec les échantillons avant traitement. Il est ainsi possible de calculer une teneur en eau des échantillons déduite de la valeur de leur masse volumique après déshydratation. Les données obtenues en porosimétrie sont corrigées, quand nécessaire, du volume de mercure interagregats et sont présentées sous forme de distribution des pentes des courbes cumulatives en fonction du diamètre d'entrée. Pour ces courbes, la quantité de mercure  $\Delta V$  entrée dans l'échantillon dans l'intervalle de diamètre  $\Delta D$  est rapportée au poids d'argile présent dans l'échantillon pour faciliter les comparaisons.

2.2.1. Résultats et discussion

Considérons les calculs de bilane, dont les résultats sont donnés au tableau 2. Dans la phase correspondant à la première dessiccation, les échantillons après traitement se situent sur la partie de la droite de retrait correspondant à la saturation, dont l'expression générale est:

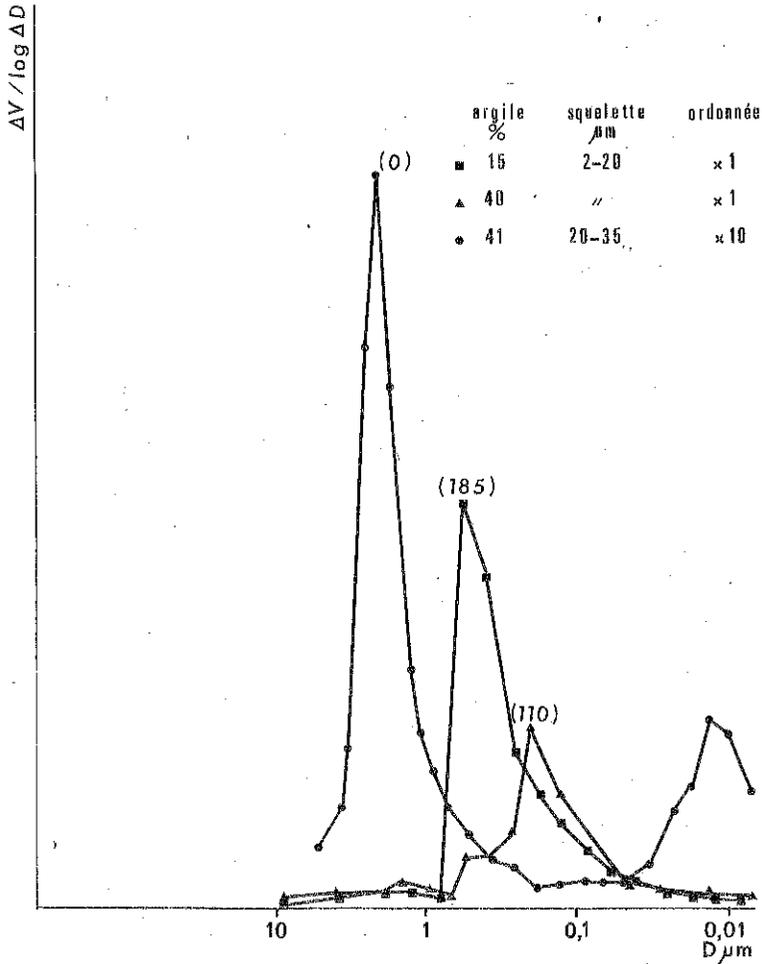


Fig. 4. Distribution des pentes des courbes d'entrée de mercure en fonction du diamètre d'entrée. Evolution lors de la première dessiccation des mélanges smectite - limon en paramètre: teneur en eau rapportée à l'argile

Rys. 4. Rozkład nachylenia krzywych wejścia rtęci w funkcji średnicy wejścia. Zmienność występuje przy pierwszym osuszaniu mieszanin smektyt - il  
parametr: zawartość wody w stosunku do ilu

$$1/\rho_d = S/\rho_s + A/\rho_{sa} + W, \quad (3)$$

où:

W est la teneur en eau d'un gramme de mélange.

Dans ce domaine, la phase argileuse encombre tout l'espace entre les grains de squelette et sa porosité résulte de l'assemblage des constituants de l'argile à l'état d'hydratation considéré, le point d'entrée n'ayant pas encore été atteint [11].

On constate que les volumes de mercure introduits au total dans les échantillons correspondent étroitement aux valeurs calculées. Le mode de la distribution des courbes (fig. 4) se situe à 0,5  $\mu\text{m}$  et 0,2  $\mu\text{m}$  pour les deux teneurs en eau considérées et la majorité du mercure a été introduite dans les échantillons avant d'atteindre la pression correspondant à un diamètre de 0,05  $\mu\text{m}$ . Ces courbes décrivent donc bien la pénétration complète du mercure dans la porosité d'une phase argile. La variation observée de la valeur du mode de la distribution est cohérente avec les différences de teneur en eau, la valeur la plus faible correspondant à l'état le moins hydraté. On doit noter, par ailleurs, une entrée faible mais significative de mercure entre 4 et 1  $\mu\text{m}$ .

Lors du passage au premier état sec à l'air, on retrouve les résultats déjà décrits dans la première partie. La distribution correspondant à cet état est bimodale, les pores lacunaires présentent une valeur modale voisine de 2  $\mu\text{m}$  et la phase argileuse, dont les pores sont incomplètement occupés par le mercure, présente des diamètres d'entrées inférieurs à 0,05  $\mu\text{m}$ .

Le traitement des échantillons ayant subi une réhumectation suivie d'un ressuyage à 0,1 bar a entraîné un retrait les amenant à des teneurs en eau inférieures à celles du point d'entrée d'air du mélange.

Compte-tenu de la forme de la courbe de retrait résiduel [11], le bilan de volume a été calculé en prenant deux hypothèses extrêmes de teneur en eau correspondant respectivement à la teneur avant traitement et à l'état sec.

Les données de la porosimétrie s'accordent davantage avec la dernière hypothèse. Les courbes de distribution (fig. 5) soulignent cependant l'influence de l'état hydrique à des teneurs en eau inférieures au point d'entrée d'air, sur le volume des pores. En effet, la valeur du mode correspondant aux lacunes est devenue un peu inférieure à celle observée dans le premier état sec (1,5  $\mu\text{m}$ ).

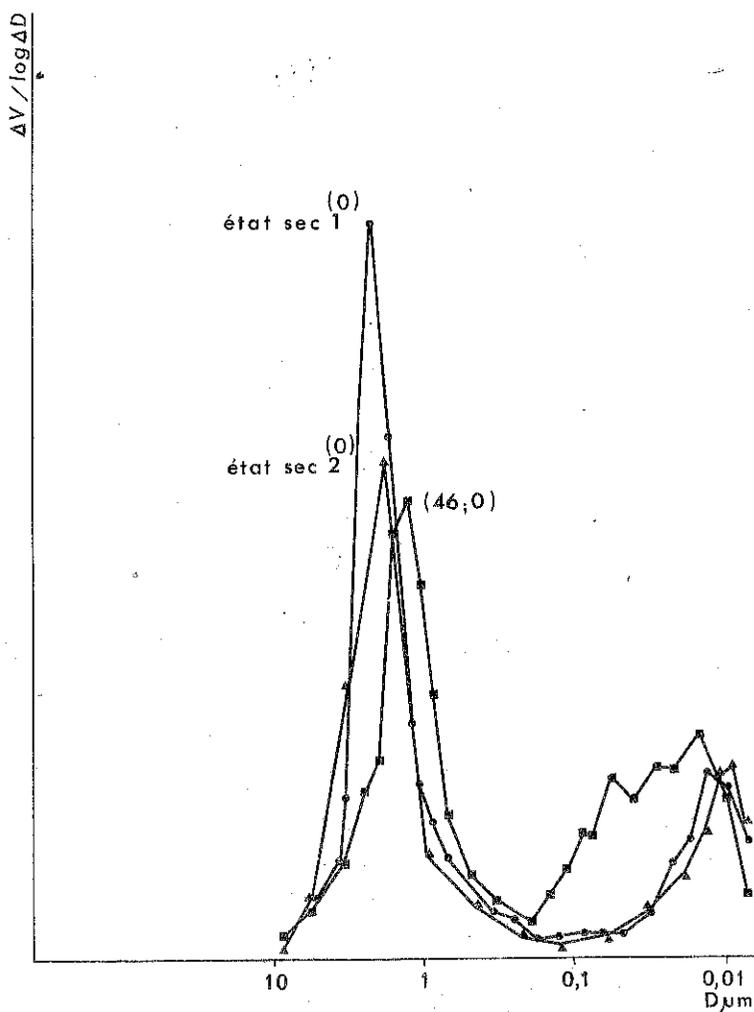


Fig. 5. Evolution après réhumectation. Echantillons 20-35  $\mu m$  + 41 % smectite

Rys. 5. Zmianność po ponownym nawilżeniu próbki 20-35  $\mu m$  + 41% smektytu

L'entrée de mercure dans les pores de la phase argile se manifeste dès le diamètre de 0,2  $\mu m$ , la majorité des pores paraissant ici occupée par le mercure.

Enfin, pour l'échantillon porté de nouveau à l'état sec (2<sup>ème</sup> passage pour l'état sec à l'air), on retrouve une distribution semblable à celle du premier état sec.

### 2.2.2. Conclusions

Les premiers résultats mettent bien en évidence:

- l'intérêt de l'utilisation conjointe des mesures de masse volumique et de porosimétrie au mercure. Ceci en particulier dans l'interprétation de résultats obtenus sur des échantillons déshydratés par des méthodes encore imparfaites quant à la conservation de la géométrie des pores à différents états hydriques,
- les modifications importantes des pores de la fraction argileuse au cours de la première dessiccation.

Ils suggèrent par ailleurs:

- la conservation par réhumectation de l'organisation acquise lors de la première dessiccation,
- l'influence de l'état d'hydratation des échantillons réhumectés sur les seuils d'accessibilité des lacunes. Le diamètre des seuils tendrait à diminuer quand la teneur en eau augmente.

### 3. MODÉLISATION DE LA POROSITÉ LACUNAIRE D'UN MÉLANGE SABLO-ARGILEUX

Il s'agit ici de tester dans quelle mesure il est possible de reconstituer une courbe d'entrée de mercure à partir d'hypothèses simples sur la distribution des seuils et des diamètres de lacunes et leur accessibilité.

#### 3.1. Données expérimentales

L'échantillon étudié ici correspond au mélange d'un sable 100-200  $\mu\text{m}$  et de 20 % d'argile présenté dans la première partie.

Nous considérerons la première entrée de mercure correspondant à l'occupation des pores lacunaires. La valeur modale de la distribution se situe au voisinage de 35  $\mu\text{m}$  (fig. 6).

L'observation de lames minces montre que le diamètre maximal des lacunes est de l'ordre de 150  $\mu\text{m}$  (ce diamètre correspondrait à celui du plus grand cercle inscrit dans la surface de section des lacunes). On retrouve ici le schéma général de lacunes de grand diamètre séparées par des seuils de petit diamètre déjà mis en évidence dans les roches gréseuses par Dullien et Dhawan [5].

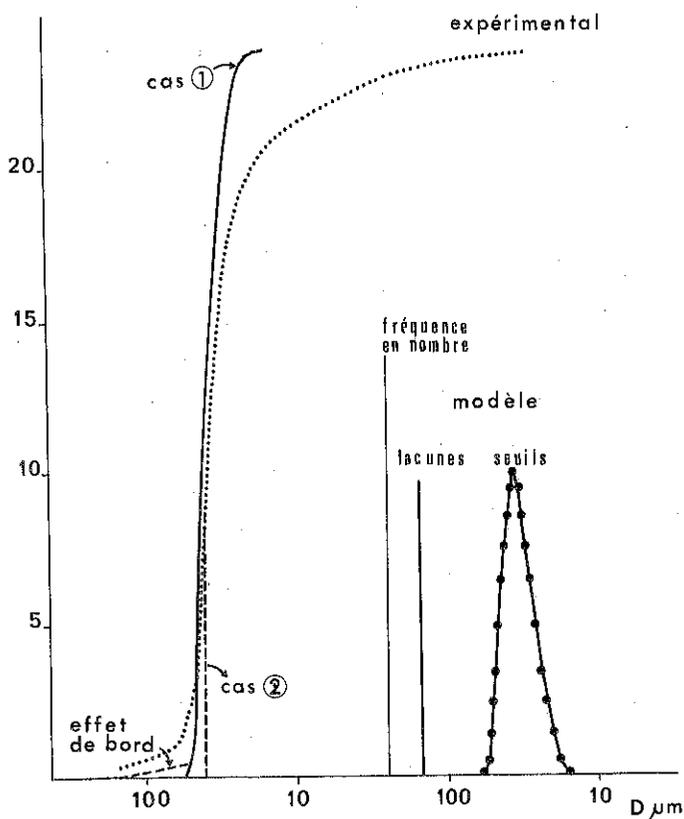


Fig. 6. Modèle de distribution de seuils et de lacunes et courbes d'entrée du mercure

1. Toutes les lacunes occupables par le mercure sont occupées à chaque état d'équilibre de pression correspondant au diamètre  $D$ .
2. Une partie des lacunes occupables est occupée

Rys. 6. Model rozkładu przestworów przewężonych i zaokrąglonych oraz krzywa wejścia rtęci

1. Wszystkie przestwory mogące być wypełnione rtęcią są nią wypełnione przy każdym stanie równowagi ciśnienia odpowiadającej średnicy  $D$ .
2. Część tych przestworów jest wypełniona rtęcią

### 3.2. Hypothèses pour le modèle

Le nombre de seuils d'entrée est distribué selon une courbe en cloche, dont l'axe de symétrie correspond à la valeur de 35  $\mu\text{m}$ . On a alors choisi 21 classes de seuils s'étendant entre 55 et 15  $\mu\text{m}$  (fig. 6).

Une seule classe de diamètre, correspondant à une valeur de 150  $\mu\text{m}$  a été retenue pour les lacunes.

Aucun volume n'est attribué aux seuils.

Deux cas de figure sont successivement considérés:

- toutes les lacunes accessibles à travers un seuil de diamètre  $D_1$  sont remplies quand la pression d'entrée atteint la valeur nécessaire au passage de  $D_1$ ,
- une partie seulement des lacunes accessibles sera occupée par le mercure pour la même condition de pression.

### 3.3. Résultats et discussion

Avec le premier cas de figure, on constate (fig. 6) un bon accord entre courbe calculée et mesurée pour les deux premiers tiers de l'entrée du mercure. Il apparaît nécessaire d'élargir la distribution des seuils d'entrée vers les diamètres inférieurs à 35  $\mu\text{m}$  pour rendre compte de la courbure plus accentuée de la courbe expérimentale en fin d'entrée du mercure.

La prise en compte d'un effet de bordure permet d'expliquer la forme de la courbe expérimentale au début de l'entrée du mercure. Nous avons admis pour cela la présence de lacunes à la surface de l'échantillon, directement accessibles à des diamètres supérieurs à ceux des seuils, du fait de leur fracturation lors de la création de cette surface.

Ces lacunes fracturées sont observables avec une loupe bino-culaire. Le choix d'une distribution uniforme de leur diamètre entre 150 et 50  $\mu\text{m}$  rend compte des données expérimentales. Cet effet de bordure croît avec la surface spécifique des échantillons, en particulier quand il s'agit d'agrégats. Il devient cependant négligeable quand la taille des lacunes devient inférieure à 50  $\mu\text{m}$ . On constate en effet sa disparition quand on passe des mélanges sableux pauvres en argile aux mélanges riches en argile (fig. 1). Il est négligeable dans le cas des mélanges à squelette limoneux (fig. 2).

Pour aborder le second cas de figure, nous avons utilisé les données obtenues par Dullien et al. [6] sur la répartition dans un réseau cubique simple des sites occupés et occupables. Les sites sont représentés ici par les lacunes et la proportion de lacunes occupables est définie pour chaque classe de seuil par le rapport du nombre de lacunes accessibles par un diamètre  $D_1$  au nombre total de lacunes. Nous avons admis pour ce calcul la proportion de deux seuils pour une lacune.

Les résultats de simulation de percolation montrent, pour le réseau considéré, que la pénétration du mercure n'est effective qu'avec une proportion de sites occupables supérieure à 31 %, que le rapport entre sites occupés et occupables atteint la valeur de 1 pour 50 % de sites occupables. On retrouve alors à partir de cette dernière valeur le premier cas de figure considéré.

Ces données ramenées aux distributions de seuils et de lacunes que nous avons définies, conduisent au niveau de la courbe d'entrée du mercure à un déplacement du pied de la courbe vers un plus faible diamètre d'entrée (40  $\mu\text{m}$  au lieu de 55  $\mu\text{m}$ , fig. 6).

### 3.4. Conclusions

Le second cas de figure étudié, établi sur une loi de percolation, conduit à une courbe d'entrée de mercure qui serait celle observée sur un milieu infini, c'est-à-dire présentant au moins sur une traversée moyenne plus de 1 000 ou 10 000 sites. Il n'en est pas de même avec le mélange étudié, où cette traversée représente environ 50 lacunes, qui constitue de ce fait un milieu fini.

Le peu de différence observé cependant entre les courbes relatives à ces deux échelles du même milieu poreux suggère que les courbes expérimentales d'entrée de mercure pourraient être utilisées sans correction faisant intervenir des hypothèses sur le mode d'anastomose des pores entre eux. Ce point n'est pas négligeable dans la mesure où le passage à des matériaux à squelette fin, de type limon, ou à la fraction argileuse elle-même, nous ramène très vite au cas du milieu infini, mais il reste encore à le préciser.

### 4. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Arya L. M., Paris J. F.: A physicoempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1981, 45(6), 1023-1030.
2. Bourlet M., Fies J. C.: Technique d'échange de l'eau de gros échantillons de sol par l'acétone en phase vapeur. *Science du Sol*, 1981, 4, 293-304.
3. Chretien J.: Etude expérimentale de la porosité de mélanges sables-argile. Aspects micromorphologiques. *Science du Sol*, 1979, 4, 333-353.
4. Delage P., Tessier D., Marcel-Audiguier M.: Use of the cryo-scanning apparatus for observation of freeze-fractured planes of a sensitive Quebec clay in scanning electron microscopy. *Can Geo. J.*, 1982, 19(1), 112-114.

5. Dullien F.A.L., Dhawan G. K.: Bivariate pore-size distributions of some sandstones, *J. Coll. Int. Sci.*, 1974, 52(1), 129-135.
6. Dullien F.A.L., Chatzis I., El-Sayed M. S.: Modelling transport phenomena in porous media by networks consisting of non-uniform capillaries. 51st Annual fall technical conference and exhibition, Soc. of Petroleum Engineers of AIME, New Orleans, preprint SPE 6191, 1976.
7. Fies J. C., Stengel P.: Densité texturale de sols naturels. I - Méthode de mesure, II - Eléments d'interprétation. *Agronomie*, 1981, 1(8), 651-658, 649-666.
8. Fies J. C., Zimmer D.: Etude expérimentale de modification de l'assemblage textural d'un matériau sablo-argileux sous l'effet de pressions. *Bull. G.F.H.N.*, 1982, 12, 39-54.
9. Guennelon R.: Préviation des courbes potentiel - tenseurs en eau, - Colloque Franco-Polonais Lublin (à paraître).
10. Pellerin F. M.: La porosimétrie au mercure appliquée à l'étude géotechnique des sols et des roches. *Bull. Liais. des L.P.C.*, 1980, 206, 105-116.
11. Stengel P.: Etude expérimentale du retrait de mélanges argile-limon. *Agronomie* (à paraître).
12. Tessier D., Berrier J.: Utilisation de la microscopie électronique à balayage dans l'étude des sols. Observation de sols humides à différents pF. *Science du Sol*, 1979, 1, 67-82.

J. C. Fies

IŁOŚCIOWY OPIS PRZESTRZENI POROWATEJ GLEBY O RÓŻNEJ WILGOTNOŚCI:  
PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z POROZYMETRII RTĘCIOWEJ I STABILIZACJI  
GEOMETRII PORÓW

S t r e s z c z e n i e

Porozymetria rtęciowa służy do ilościowego określenia przestrzeni porowatej gleby wynikającej z obecności różnych co do wymiarów i kształtów cząstek glebowych. Przedstawiono ocenę tej techniki ze szczególnym uwzględnieniem wielkości próbek. Wyniki dehydratacji przeprowadzonej przy pomocy zamrażania i sublimacji lub przez wymianę woda - aceton - dwutlenek węgla są omówione i porównane z danymi otrzymanymi z krzywych kurczenia i pęcznienia. Przedstawiono przykłady interpretacji krzywych wejścia rtęci, jak również próby modelowania mające na celu otrzymanie krzywej porozymetrycznej badanych układów porowatych.

Ж. К. Фисс

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ ПОРИСТОГО ПРОСТРАНСТВА ПОЧВЫ РАЗЛИЧНОЙ  
ВЛАЖНОСТИ: ПРОБЛЕМЫ ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ РТУТНОЙ ПОРОЗИМЕТРИИ  
И СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ ПОР

Р е з ю м е

Ртутная порозиметрия пригодна для количественного определения пористого пространства почвы, вытекающего из наличия почвенных частиц разного размера и формы. Представлено оценку этой техники с особым учетом величины образцов. Результаты дегидратации, проведенной при помощи замораживания и сублимации или через обмен вода - ацетон - двуокись углерода, рассматриваются и сравниваются с данными, полученными из кривых сокращения и набухания. Представлено примеры интерпретации кривых входа ртути как и попытки моделирования, имеющие целью получение геометрической кривой исследуемых пористых систем.