



HAL
open science

Relation entre le retrait et le potentiel de l'eau dans les melanges smectite-limon

Pierre Stengel

► **To cite this version:**

Pierre Stengel. Relation entre le retrait et le potentiel de l'eau dans les melanges smectite-limon. Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France, 1981, 293, pp.465-468. hal-02721163

HAL Id: hal-02721163

<https://hal.inrae.fr/hal-02721163>

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.

PÉDOLOGIE. — *Relations entre le retrait et le potentiel de l'eau dans des mélanges smectite-limon.* Note (*) de **Pierre Stengel**, présentée par **Georges Millot**.

L'argile mélangée au limon retient, par rapport à l'argile pure et au même potentiel, une quantité d'eau supérieure, tant que le mélange reste saturé. Ce volume d'eau supplémentaire décroît dans le domaine du retrait résiduel et s'annule à la limite de retrait. Ces résultats peuvent s'interpréter en admettant l'existence d'un potentiel « d'interaction texturale » équivalent à l'énergie nécessaire pour rendre plus compact l'arrangement du squelette.

During normal shrinkage, water content of clay in a mixture is higher than water content of pure clay at the same water potential. Excess volume of water decreases as residual shrinkage occurs and becomes zero at shrinkage limit. These results can be interpreted by taking in account a "textural interaction potential", defined as the amount of energy which is required to compress silt packing.

I. INTRODUCTION. — De nombreux travaux sont consacrés à l'étude du comportement hydrique d'argiles pures au cours de leur première dessiccation après dispersion. Un de leurs objectifs est de relier la courbe de retrait (relation volume-teneur en eau) et la courbe de potentiel (relation potentiel-teneur en eau) à l'organisation des particules argileuses et son évolution au cours du retrait. Prévoir le comportement de matériaux naturels à partir de ces résultats acquis sur phyllites pures, suppose en premier lieu qu'on sache tenir compte des perturbations qu'introduit la présence de particules grossières non phylliteuses, limon ou sable.

Nous avons présenté récemment [1] une étude expérimentale des effets de cette interaction texturale sur la courbe de retrait. Celle-ci a montré, pour des mélanges smectite-limon fin, l'existence d'une gamme de teneurs en argile A ($20 \% \leq A \leq 50 \%$) à laquelle correspond un type de courbe de retrait bien défini, caractérisé par :

- l'existence d'un retrait résiduel et d'une limite de retrait;
- une courbe de retrait résiduel assimilable à une droite, ce qui implique en particulier une discontinuité de la pente au point d'entrée d'air;
- une teneur en eau W_{LR} à la limite de retrait proportionnelle à A , le rapport W_{LR}/A étant statistiquement égal à la teneur en eau de l'argile pure à son propre point d'entrée d'air.

Le présent travail a pour objectif de relier les variations du potentiel de l'eau dans ces mélanges et dans l'argile pure, à ce comportement au retrait.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES. — L'argile granulométrique d'un sol argileux à tendance vertique a été séparée, rendue calcique et extraite par centrifugation. Elle se caractérise par une forte teneur en smectites. La pâte obtenue avait une teneur en eau massique d'environ 200 %. Elle a été mélangée en différentes proportions (20, 30 et 40 %) à un limon extrait par sédimentation d'un sol limoneux, de façon à ne conserver que les particules de dimensions comprises entre 2 et 20 μm . Le mélange a été réalisé par malaxage à la main durant une dizaine de minutes, répété après un repos de 24 h. Les matériaux ont ensuite été placés dans des anneaux et soumis à des pressions pneumatiques croissantes sur des plaques, puis des membranes poreuses, jusqu'à 45 bar. Chaque palier de pression avait une durée de 48 h. Au-delà de cette pression, le potentiel a été imposé par équilibre en phase vapeur avec des solutions d'acide sulfurique de concentrations croissantes. Pour chaque valeur de potentiel, on a mesuré la teneur en eau massique, par séchage à 105°C pendant 48 h, et la densité par pesée hydrostatique dans le pétrole [2].

III. RÉSULTATS. — A partir des courbes de potentiel de chacun des mélanges, et de celle de l'argile pure (fig. 1), nous avons calculé pour chaque valeur du potentiel ψ : $b_\psi = W_\psi - AW_\psi^A$.
 W_ψ , teneur en eau d'un mélange au potentiel ψ ;
 W_ψ^A , teneur en eau de l'argile pure au même potentiel;
 b_ψ , représente une quantité d'eau retenue dans le mélange, du fait de l'interaction argile hydratée-squelette.

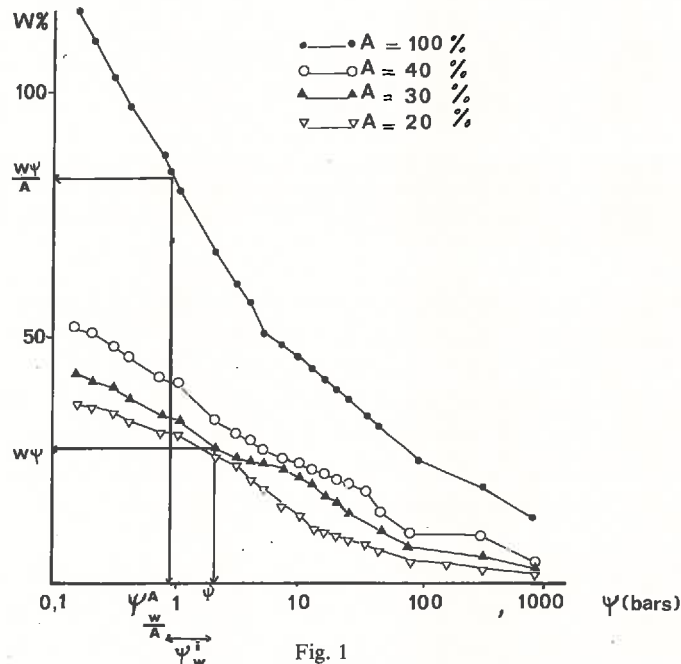


Fig. 1

Nous avons porté sur la figure 2 les variations de b_ψ avec ψ pour les trois mélanges. On constate que les trois courbes ont la même allure : elles présentent un plateau, suivi d'une partie décroissante, bornée par une limite commune pour un potentiel de l'ordre de 100 bar, au-delà de laquelle b_ψ est nul. La détermination des teneurs en eau au point d'entrée d'air [1] montre que la fin du plateau coïncide avec le potentiel ψ_{AE} , pour chacun des mélanges. On est ainsi amené à distinguer les effets de l'interaction texturale sur la rétention d'eau dans les domaines saturé et non saturé.

1. *Domaine saturé.* — L'humidité de chacun des mélanges est liée par une relation linéaire étroite à l'humidité de l'argile pure aux mêmes potentiels qu'on peut écrire : $W_\psi = \alpha W_\psi^A + \beta$.

Nous avons obtenu les ajustements suivants :

A = 20 %; $W_\psi = 0,186 W_\psi^A + 15,8$; $r = 0,99$; $n = 6$;

A = 30 %; $W_\psi = 0,315 W_\psi^A + 7,4$; $r = 0,996$; $n = 9$;

A = 40 %; $W_\psi = 0,412 W_\psi^A + 6,7$; $r = 0,999$; $n = 14$.

Les valeurs calculées des coefficients de régression α sont peu différentes des teneurs en argile A. En fait, si l'on impose pour α la valeur A et pour β la valeur moyenne des b_ψ calculés précédemment, les sommes des carrés résiduels ne diffèrent pas de façon significative. On peut donc admettre que, dans le domaine saturé, la teneur en eau des mélanges vérifie pour toute valeur du potentiel ψ la relation :

$$W_\psi = AW_\psi^A + b,$$

où b est une constante.

La présence du limon a pour effet la rétention, par l'argile du mélange, d'une quantité d'eau supplémentaire (par rapport à l'argile pure), qui reste constante dans tout le domaine saturé.

2. *Domaine non saturé.* — Compte tenu des incertitudes expérimentales, on peut situer le rapport W_{LR}/A pour chacun des mélanges à leur limite de retrait, et le point d'entrée d'air de l'argile pure à une humidité comprise entre 23,4 et 26 %. Les potentiels correspondants sont 80 et 140 bar. On voit (fig. 2) que b_ψ s'annule dans cette gamme de potentiel. L'effet de l'interaction argile-squelette sur la rétention d'eau, décroît dans le domaine du retrait résiduel et s'annule quand le mélange atteint sa limite de retrait. Au-delà de ce seuil de déshydratation, on peut écrire : $W_\psi = AW_\psi^A$.

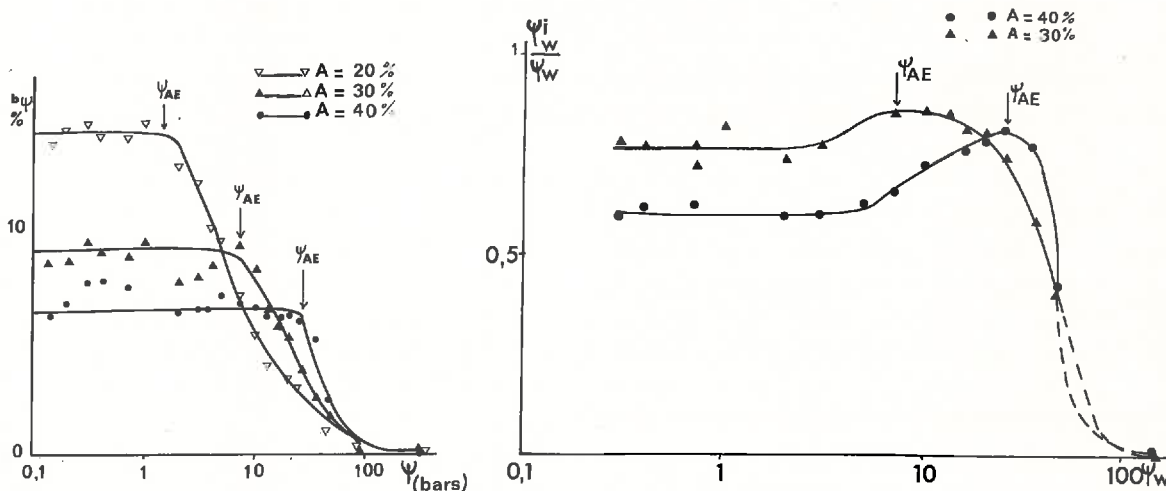


Fig. 3

D'un point de vue hydrique, l'effet du squelette n'est plus alors qu'un effet de dilution de l'argile hydratée. D'après Tessier et coll. [3], l'eau extraite à ce niveau de potentiel est de l'eau interfoliaire. Il n'est pas surprenant de constater que son énergie de liaison à l'argile n'est pas modifiée en mélange.

IV. DISCUSSION. CONCLUSIONS. — On peut exprimer l'effet de mélange ou d'interaction texturale, en disant qu'à une même teneur en eau de l'argile, le potentiel de l'eau (ou plus exactement sa valeur absolue, la succion) est plus élevé dans une mélange que dans l'argile pure.

Ce qui s'écrit :

$$(1) \quad \psi_w = \psi_{w/A}^A + \psi_w^i$$

ψ_w , potentiel de l'eau du mélange à la teneur w ;

$\psi_{w/A}^A$, potentiel de l'eau dans l'argile pure à la teneur w/A ;

ψ_w^i , potentiel d'« interaction » dans le mélange à teneur en eau w .

Ceci conduit à définir un potentiel d'interaction texturale caractérisant d'un point de vue énergétique l'interaction argile-squelette. Suivant la définition des termes de (1), on peut évaluer graphiquement ψ_w^i , comme indiqué sur la figure 1. A partir de cette évaluation, nous avons tracé la figure 3, où sont portées les variations du rapport ψ_w^i/ψ_w avec ψ_w . Ce rapport exprime la part du potentiel d'interaction texturale dans le potentiel total. On voit qu'elle est stable ou croissante pour un mélange donné, jusqu'au potentiel d'entrée d'air ψ_{AE} qui

coïncide avec le maximum de la courbe. L'ensemble des résultats permet de retenir l'interprétation suivante :

— Tout retrait d'un mélange argile-squelette implique un resserrement de l'arrangement du squelette, donc des mouvements relatifs des grains de ce squelette [4]. Ces mouvements absorbent de l'énergie sous forme de frottements de grain à grain ou du fait de la viscosité de la phase argile hydratée elle-même. Cette part de l'énergie apportée au mélange en dessèchement correspondrait au potentiel d'interaction texturale. Seule, la part complémentaire de l'énergie aurait pour effet la déshydratation de la phase argile.

— Les mouvements des grains ont pour moteur les contraintes mécaniques développées par le retrait de la phase argile. Celle-ci se trouve en tension entre les grains qu'elle tend à rapprocher les uns des autres. Le potentiel d'interaction texturale peut également être considéré comme l'expression de cette tension s'opposant à la compression qui provoque le retrait. A mesure qu'augmente la succion appliquée à l'échantillon, et tant qu'on reste dans le domaine saturé, cette tension croît (*fig. 3*). Le rapprochement des grains, dont l'arrangement est de plus en plus compact, dans l'argile de moins en moins déformable, requiert nécessairement une contrainte croissante.

— Après désaturation, la part d'énergie absorbée par le réarrangement des grains du squelette diminue : une proportion croissante de l'énergie appliquée a pour effet d'extraire l'eau de l'argile et b_ψ décroît. A la limite de retrait du mélange, les mouvements des grains cessent. Ils n'absorbent plus d'énergie, ψ_w^i s'annule. Cependant, la phase argile subit encore un retrait [1] : celui-ci implique une variation du spectre dimensionnel des pores dans le mélange, sans variation du volume ou de la porosité totale.

Cette interprétation ne préjuge en rien de la cause physique de l'entrée d'air. Dans le domaine non saturé, la variation du volume, pour une même variation de teneur en eau, est nécessairement plus faible que dans le domaine saturé. L'amplitude des réarrangements du squelette est donc réduite, ce qui suffirait à expliquer que la part d'énergie qu'ils absorbent diminue. Mais, si l'on accepte l'assimilation du potentiel d'interaction texturale à une tension de la phase argile, on peut supposer que l'entrée d'air se produit par fissuration de cette phase, sous l'effet de la tension croissante avec le dessèchement. La rupture aurait pour conséquence une décroissance relative de la tension qu'exprime la diminution du rapport ψ_w^i/ψ_w , au-delà de ψ_{AE} .

Une telle hypothèse est cohérente avec la description de l'organisation texturale de mélanges voisins des nôtres et soumis à une préparation identique, proposée par Fies [4]. Cet auteur constate l'existence de lacunes dans la phase argile, dont les dimensions sont très supérieures à celles des particules d'argile et l'allongement très marqué. On peut les considérer comme des fissures résultant de la rupture amorcée au point d'entrée d'air.

(*) Remise le 21 septembre 1981.

[1] P. STENGEL, *Agronomie* (sous presse).

[2] G. MONNIER, P. STENGEL et J. C. FIES, *Ann. Agron.*, 24, (5), 1973, p. 533-545.

[3] D. TESSIER, G. PEDRO et L. CAMARA, *Comptes rendus*, 291, série D, 1980, p. 1169.

[4] J. C. FIES, *Thèse Sc.*, Université de Strasbourg, 139 p.