

4

PÉDOLOGIE. — *Sur la nature et l'importance relative des principaux mécanismes intervenant dans le processus de lessivage pédologique.* Note (*) de MM. **Georges Pedro et Armand Chauvel**, présentée par M. Jean Orcel.

Une étude expérimentale réalisée *in vitro* conduit à montrer qu'au cours du lessivage pédologique deux sortes d'éléments doivent intervenir simultanément : ce sont la vitesse de séparation de l'argile et la capacité d'évacuation du matériau.

A côté des problèmes d'altération et de redistribution géochimique qui constituent les phénomènes majeurs de la pédogenèse, existe à la surface du globe un processus important de la différenciation des profils qui est connu sous le nom de « lessivage ». Un tel processus se manifeste essentiellement par *un abaissement de la teneur en argile granulométrique des horizons supérieurs du sol*, abaissement que l'on attribue d'une manière générale à la migration des particules fines après qu'elles aient été séparées de la matrice au cours de la percolation par les eaux d'infiltration. En réalité, la nature exacte des mécanismes mis en jeu dans ce processus, ainsi que les différents facteurs qui sont susceptibles d'y jouer un rôle sont à peu près inconnus. C'est la raison pour laquelle nous avons été amenés, comme l'a déjà tenté E. G. Hallworth (1), à aborder le problème par voie expérimentale.

Si les hypothèses émises lors de l'analyse habituelle du phénomène s'avèrent exactes, le développement du lessivage exige la réalisation simultanée de deux conditions :

- a. La possibilité d'une séparation des particules argileuses du matériau sous l'influence de facteurs favorisant leur dissociation et leur dispersion ;
- b. La mise en œuvre d'un entraînement en suspension par l'eau circulant *per descensum*, grâce à l'existence au sein du sol d'un système de porosité adéquat se maintenant tout au long du déroulement du processus.

Le but de ce travail préliminaire a été de montrer comment peuvent se superposer deux conditions apparemment aussi contradictoires : la dispersion de l'argile et le maintien de la macroporosité.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL. — Dans cette étude, nous avons été amenés à choisir un matériau de base qui soit à la fois simple et démonstratif : prélevé dans un horizon profond d'un sol rouge de Casamance (2), il est constitué de kaolinite et quartz associés par des hydrates ferriques, de telle sorte qu'une grande partie de l'argile est maintenue immobilisée lors du traitement par des agents dispersants classiques ne mettant en jeu que des modifications de la garniture ionique ; en revanche, celle-ci peut être libérée sous l'action de réactifs plus spécifiques, tel le réactif de Tamm dont on connaît l'action solubilisante sur les hydroxydes de fer (3) (tableau I). A titre de comparaison, nous avons traité un autre matériau, ayant une composition minéralogique similaire, mais dans lequel les hydrates ferriques ne jouent aucun rôle de liant — sol beige de Casamance (4). Ces deux matériaux, après avoir été forcés à la main à travers un tamis à mailles carrées de 3 mm, ont été utilisés sous forme d'agréats dont les dimensions étaient supérieures à 1 mm.

14 NOV. 1973

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 6217 Pedro

TABLEAU I. — *Caractéristiques générales des matériaux utilisés*

	Matériau rouge	Matériau beige
Teneur en kaolinite du matériau (I) (%)	42	30,7
Teneur en argile (< 2 μ) après libération totale par le réactif de Tamm (II) (%)	47,8	35
Teneur en argile (< 2 μ) après une dispersion type (H ₂ O ₂ -KCl-NH ₄ OH) (III) (%)	10,1	35
Coefficient d'immobilisation de l'argile : $\left(\frac{\text{II} - \text{III}}{\text{II}}\right) \times 100$.	> 75	0
Etat d'association (existence de pseudoparticules).....	présence	absence

Trois sortes de réactifs ont été retenus :

— L'eau qui sert de témoin, car elle n'a pas d'effet dans ce cas sur la dislocation des pseudoparticules et donc, sur la libération des constituants argileux ;

— Le réactif de Tamm (0,1 M en acide oxalique, 0,175 M en oxalate d'ammonium, pH 3,25), qui s'est montré adéquat pour la destruction progressive des pseudoparticules (matériau rouge) et la libération de leurs constituants argileux (3) ;

— Enfin, l'acide oxalique (N/2 500, pH 4), qui est intermédiaire entre les deux.

Afin de réaliser la percolation dans des conditions favorables, nous avons adopté, pour la préparation des colonnes de terre, le mode opératoire proposé par S. Hémin lors de la détermination de l'indice K, servant à la caractérisation de la stabilité structurale (5). Cependant, pour tenter de dissocier, dans les meilleures conditions, les deux effets exercés par les réactifs complexants utilisés : dégradation de la structure (entraînant une réduction de la macroporosité et donc des possibilités d'écoulement) et libération de l'argile (alors susceptible d'être entraînée en suspension), il a paru nécessaire, dans un certain nombre de colonnes, de modifier la composition des matériaux étudiés en leur ajoutant un poids équivalent de sable quartzueux grossier (2 mm < \varnothing < 4 mm) ; ceci, de façon à constituer une *armature* ayant pour objet d'accroître la macroporosité initiale (tableaux II et III) et si possible de la maintenir à un niveau tel que l'écoulement ne puisse être interrompu au cours de l'essai.

En pratique, les modalités expérimentales suivantes ont donc été adoptées :

— pour chacun des deux matériaux étudiés, 6 tubes de percolation ont été préparés, comportant chacun 50 g de produit, dont 3 pour le matériau enrichi en quartz et 3 pour le matériau brut ;

— la percolation dans les colonnes de terre a été assurée en versant quotidiennement, au goutte à goutte, 50 cm³ de chaque solution dans les 4 colonnes correspondantes (matériau rouge et beige, enrichi ou non en quartz). Cette opération a été répétée durant 6 jours consécutifs.

RÉSULTATS. — A la fin de l'expérience, l'ensemble des éléments obtenus peut être résumé de la manière suivante :

A. En présence d'une armature de sables grossiers quartzueux (1^{re} série d'essai), le tableau II montre que l'écoulement des réactifs n'est jamais interrompu au cours des expériences.

Si l'on examine tout d'abord le problème du matériau beige, on constate que l'entraînement reste faible dans tous les cas, ce qui résulte, soit d'une limitation de la dispersion de l'argile (essai à l'eau), soit d'une diminution localisée de la macroporosité consécutive à une dégradation de la structure (essai Tamm).

TABLEAU II. — 1^{re} série : Volume total de solutions ayant percolé (en cm³) (a) et poids des produits entraînés durant l'expérience (en ‰ du matériau contenu dans les colonnes) (b)

Matériaux utilisés	Macroporosité au départ (6)	Réactifs			
		Eau	Acide oxalique	Tamm	
Matériau rouge + sable quartzeux.	52 %	(a) .	300	300	300
		(b) .	1,3	2,2	33,2
Matériau beige + sable quartzeux.	49 %	(a) .	300	300	300
		(b) .	2,3	1,1	2,1

En ce qui concerne le matériau rouge, il n'y a eu en aucun cas tassement des colonnes, l'assemblage restant de type intertextique. Néanmoins, sur le plan de l'entraînement, l'action des réactifs s'est traduite de manière très différente :

— La percolation par l'eau ne produit aucune « libération » d'argile ; seules quelques pseudoparticules sont évacuées.

— Le passage de la solution diluée d'acide oxalique est à l'origine d'une faible dispersion de l'argile, qui est emportée en suspension en même temps qu'une petite quantité de pseudoparticules.

— Enfin, la percolation par le réactif de Tamm provoque une forte libération d'éléments fins qui sont entraînés *au fur et à mesure*, tandis qu'on peut observer dans le matériau le développement d'un réseau de cavernes communicantes qui accroît encore les possibilités de percolation.

Ainsi, il apparaît que lorsqu'il n'y a pas de limitation sur le plan des possibilités d'évacuation, par suite du *maintien* d'une macroporosité élevée résultant d'une armature constituée de grains de quartz et de pseudoparticules non encore dissociées, c'est la libération des produits argileux qui commande les processus de migration. Le phénomène obtenu tend d'ailleurs à s'auto-accélérer, en sorte qu'à la limite on pourrait même aboutir à une élimination totale des constituants argileux laissant un squelette poreux de nature essentiellement sableuse (« vidage »).

B. *En l'absence d'une armature de sables grossiers quartzeux (2^e série d'essais)*, les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau III. Si l'on se limite à un examen du comportement des deux matériaux en présence du seul réactif de Tamm, on constate qu'il y a ici réduction notable de l'entraînement et que cette réduction va de pair avec une forte diminution de la quantité de solutions ayant réellement circulé à travers les colonnes : en effet, la percolation, qui est faible au départ, s'annule après un écoulement de 50 cm³ pour le matériau beige et de 150 cm³ dans le cas du sol rouge. Or, une telle tendance à l'imperméabilisation s'explique aisément, non seulement par suite d'une baisse de la porosité totale mise en évidence par un léger tassement des colonnes en cours d'expérience, mais aussi du fait que l'argile libérée en masse se trouve arrêtée au niveau des étranglements de pores provoquant ainsi leur obstruction.

En définitive, lorsque les possibilités d'évacuation du matériau sont plus limitées, une augmentation notable de la libération de l'argile conduit inéluctablement

TABLEAU III. — 2^e série : Volume total de solution ayant percolé (en cm³) (a) et poids des éléments entraînés durant l'expérience (en ‰ du matériau contenu dans les colonnes) (b)

Matériaux utilisés	Macroporosité au départ (6)	Réactifs			
		Eau	Acide oxalique	Tamm	
Matériau rouge	39 %	(a) .	300	300	150
		(b) .	0,35	0,90	0,20
Matériau beige	35 %	(a) .	300	300	50
		(b) .	1,20	0,90	0,15

à l'apparition d'un effet de « colmatage ». On obtient donc le résultat inverse de celui enregistré précédemment.

CONCLUSIONS. — Il ressort de ces premières données expérimentales que la teneur en argile d'un matériau ne constitue pas le seul élément pouvant entrer en ligne de compte lors de la mise en œuvre d'un processus de lessivage, ainsi que le laissaient prévoir les études antérieures d'E. G. Hallworth (1). En réalité, si l'on considère les phénomènes dans une optique plus *dynamique*, deux conditions semblent indispensables au développement d'un tel processus :

1. Qu'il y ait effectivement *libération de produits argileux* par dissociation du matériau, et ceci découle plus particulièrement des conditions physico-chimiques dans lesquelles le milieu évolue (influence de la nature du réactif choisi pour l'expérimentation rapportée ici).

2. Que la vitesse de libération de l'argile reste toujours *inférieure* à la capacité d'évacuation, qui est elle-même dépendante de l'état du système de porosité au départ et de son évolution dans le temps.

Ainsi, lorsque la capacité d'entraînement est très élevée, c'est la libération de l'argile qui constitue le facteur limitant du lessivage. En présence de conditions physico-chimiques favorables, on pourrait par exemple assister au « vidage » complet des constituants argileux d'un matériau de départ (cas des horizons éluviés formés aux dépens d'arènes granitiques à forte macroporosité).

En revanche, lorsque cette capacité d'évacuation est plus réduite, c'est elle qui devient le facteur limitant et le lessivage ne peut intervenir que pour de très faibles libérations d'argile. Dès que le taux de séparation s'élève, on tend alors, très rapidement, à provoquer à un « colmatage » total du matériau.

(*) Séance du 30 juillet 1973.

(1) E. G. HALLWORTH, *J. Soil Sc.*, 14, 1963, p. 360.

(2) Sol rouge ferrallitique développé sur les grès argileux du Continental Terminal.

(3) O. TAMM, *Medd. Skogsförsöksanstalt*, Stockholm, 19, 1922, p. 387-404 ; A. CHAUVEL, ORSTOM, *Bull. Liaison Thème A*, 1, 1972, p. 43-64.

(4) Sol beige, ferrugineux tropical, développé sur les grès argileux du Continental Terminal.

(5) S. HENIN, R. GRAS et G. MONNIER, *Le profil cultural*, 1969, p. 130.

(6) Il s'agit ici de la porosité interagrégats qui correspond à la partie du volume de la colonne de terre qui après humectation par l'eau n'est pas occupée par les agrégats et les grains de quartz.

G. P., INRA, A. C., ORSTOM,
Laboratoire des Sols, Station d'Agronomie,
route de Saint-Cyr, 78000 Versailles.