

ETUDES DE SOLS FORMES SUR ROCHES
CARBONATEES
PEDOGENESE FERSIALITIQUE AU LIBAN

par
M. LAMOUROUX (*)

Résumé de la thèse présentée le 17 Mars 1971 à l'Université Louis Pasteur
de Strasbourg pour l'obtention du grade de Docteur ès Sciences Naturelles.

L'étude des sols fersialitiques du Liban est limitée aux
sols formés sur roches carbonatées. Des comparaisons sont cependant établies
avec des sols formés sur d'autres roches ou sur des colluvions de la plaine de
la Békaa. C'est avant tout une étude actualiste, axée sur les mécanismes faisant
évoluer les sols du Liban.

CHAPITRE I - LE MILIEU

Sur une surface limitée de 10 000 km², le Liban présente
des variations climatiques importantes : ainsi les précipitations varient de
200 à 1 500 mm. Les roches carbonatées sont très répandues, mais quelques zones
gréseuses et basaltiques rompent la monotonie lithologique. Les roches calcaires
ou dolomitiques ont une très grande variété de structure et de composition. En
outre, le fractionnement tectonique influe sur la nature des sols et sur leur
drainage. Les influences biologiques, végétales et humaines, contribuent pour
leur part à modifier et à perturber la matière minérale.

Dans ce contexte hétérogène, une très grande diversité de
sols s'est développée.

./.

(*) ORSTOM, 70-74, route d'Aulnay, 93 - BONDY, France.

CHAPITRE II - LES SOLS

Trois grands ensembles de sols formés sur roches carbonatées sont décrits :

1°) Un grand ensemble de sols formés sur roches dures carbonatées est de beaucoup le plus représenté. On y distingue :

- Sous le climat humide du versant Ouest du Mont Liban, un ensemble de sols formés sur karsts, fermé et ouvert. En position de bon drainage, les sols sont rouges lixiviés, décalcarifiés, mais restent saturés. En position de mauvais drainage, les sols sont brun-jaunes, confinés et présentent souvent un horizon d'accumulation calcaire. Les sols piégés dans le karst se caractérisent en outre par des mécanismes d'enfoncement et d'auto brassage de la masse très argileuse.

- Sous le climat subhumide du sud-ouest du Liban les sols formés sur karst couvert constituent une couverture continue. Ce sont des sols rouges lixiviés, lessivés ou appauvris en surface et présentant de forts remaniements. Ainsi les sols de haut de pente sont tronqués. Sur la pente ils sont appauvris en argile et en bas de pente s'accumulent les produits de remaniement.

- Sous le climat semi-aride de la Békaa, les colluvions de bas de pente se sont conservées et constituent des glacis ou des cônes. Les sols formés sur ces pédiments ont hérité des sols des bassins versants et n'ont pas ou très peu évolué depuis leur mise en place.

2°) Un grand ensemble de sols formés sur roches moyennement dures, sur lesquelles se développent des sols bruns, plus ou moins calcaires.

3°) Un grand ensemble de sols formés sur roches calcaro-marneuses, sur lesquelles se développent des sols très calcaires, souvent peu évolués.

De l'état dissous aux remaniements massifs et à longue distance tous les mécanismes contribuent à faire évoluer les matériaux des sols des sommets vers les bas-fonds. "L'amont nourrit l'aval" (H. PAQUET, 1969).

CHAPITRE III - ALTERATIONS ET ROCHES CARBONATEES

Les études sur les altérations des roches carbonatées contribuent à la compréhension de la pédogenèse en milieu karstique.

1°) Elles montrent que les résultats des altérations sont très variés, selon la nature de la roche-mère. L'estimation de la dureté aboutit à trois groupes de roches carbonatées, correspondant chacun à une résistance à l'altération très différente :

- sur roches dures l'altération est soit une dissolution directe, soit une altération pelliculaire, avec dissolution complète de la pellicule ;

- sur roches moyennement dures, l'altération est un pourrissement progressif et profond de la roche, suivi d'une évacuation incomplète des produits ainsi préparés ;

- sur roches tendres l'effritement du matériau carbonaté est poussé à l'extrême et l'évacuation par dissolution des carbonates est relativement limitée.

La vitesse relative de l'altération d'une roche carbonatée conditionne la teneur en calcaire du sol formé et plus généralement son degré d'évolution

2°) Elles mettent en évidence le rôle fondamental de l'altération pelliculaire dans la formation des sols rouges fersiallitiques. Cette altération présente un caractère cyclique lié à l'alternance des saisons sèches et humides. Elle se décompose en quatre phases : préparation du cortex d'altération, arrachement de la pellicule, dissolution des carbonates de la pellicule et enfin mise en place des résidus non carbonatés. Un autre type d'altération, "l'altération progressive et profonde" se produit sur roches carbonatées moyennement dures. Il procède des mêmes mécanismes généraux que les altérations d'autres types de roches.

3°) Elles donnent aux périodes sèches et humides (reproduites au cours d'expérimentations en tubes) une grande importance, non seulement dans la dissolution des calcaires, mais aussi dans le rôle du sol, lié au mécanisme physique des altérations pelliculaires.

4°) Elles permettent d'apprécier l'importance des résidus insolubles dans la formation des sols du Liban. Les roches carbonatées étudiées contiennent tous les éléments des sols correspondants, mais parfois dans des proportions différentes. Quantitativement les résidus des roches carbonatées peuvent fournir le matériau des sols observés actuellement.

5°) Elles contribuent à nous faire juger de l'exportation des différents ions du sol dans les eaux de ruissellement ou de percolation. Le calcium est quantitativement de beaucoup le plus exporté. Le magnésium, le sodium et le potassium le sont nettement moins. La silice est toujours dissoute en petite quantité, tandis que le fer et l'alumine ne sont pratiquement pas exportés.

6°) Elles nous permettent de considérer les sols des régions humides et subhumides du Liban, comme des sols actuels. Les altérations libèrent annuellement de petites quantités de résidus, suffisantes pour former 30 centimètres de sol en 5 000 à 7 500 ans pour des roches moyennement dures, 50 000 à 100 000 ans pour des roches dures. De nombreux sols du Liban de quelques centimètres d'épaisseur sont relativement jeunes (moins de 10 000 ans). Mais généralement dans les poches du karst, les résidus de décarbonatation continuent actuellement à nourrir le sol, en s'incorporant à des résidus anciennement libérés.

CHAPITRE IV. - LES MINÉRAUX ARGILEUX DES SOLS ET DES ROCHES

A.- L'évolution des minéraux argileux dans les sols, les altérations et les roches du Liban est étudiée en fonction des milieux.

1°) En milieux lixiviés, bien drainés, débarrassés de toute réserve carbonatée, les minéraux argileux subissent une nette évolution. Au-dessus de 1 000 mm, les minéraux argileux de type illite ou ses interstratifiés aboutissent à la vermiculite, plus ou moins mélangée à des interstratifiés 10-14_V. Entre 600 et 1 000 mm ils s'arrêtent aux interstratifiés 10-14_M ou 10-14_V. A moins de 600 mm ils ne subissent aucune évolution. La montmorillonite se dégrade nettement en surface sous des précipitations supérieures à 1 000 mm, faiblement en dessous. Sur matériaux basaltiques, la montmorillonite se néoforme sous des précipitations inférieures à 1 000 mm, tandis que la kaolinite se néoforme, associée à la montmorillonite, sous plus de 1 000 mm.

2°) En milieux confinés, hydratés, plus ou moins bien drainés, les solutions en transit cèdent certains éléments, dont de la silice, favorisant le montmorillonitisation des interstratifiés, sous des précipitations supérieures à 700 mm. En-dessous de 700 mm le milieu confiné hydraté n'est pas toujours alimenté en silice et les minéraux argileux n'évoluent que très peu.

3°) Lorsqu'un milieu bien drainant est calcaire, cas des sols de régions semi-arides, aucune évolution ne se fait.

4°) En milieux confinés hydromorphes, les eaux de nappe, venues des versants voisins, se concentrent en silice et en cations divers. La silicification des interstratifiés se produit, ainsi qu'une néoformation de montmorillonite. Sous climat aride, le milieu est très fortement confiné, et des attapulgités ont pu se former, d'autant mieux que le milieu est plus riche en calcium et en magnésium.

B.- Les mécanismes de l'évolution des minéraux argileux ont été examinés.

1°) L'héritage représente un mécanisme fondamental pour expliquer la présence des argiles dans les sols du Liban. Les sols miment les roches-mères dans un grand nombre de cas : sur grès, sur calcaires tendres éocènes. Les minéraux hérités constituent la trame de fond de tous les autres sols, même si des actions d'hydrolyse ou des néoformations viennent plus ou moins corriger l'héritage initial.

2°) Les transformations, résultats d'hydrolyses modérées, inclinent l'illite à des interstratifications progressives aboutissant, sous fortes précipitations, à la vermiculite et à la montmorillonite.

3°) Les néoformations de montmorillonite représentent une certaine proportion des minéraux argileux des sols hydromorphes. Quand le confinement est extrême, sous climat aride, c'est l'attapulgitite qui se néoforme dans les sols encroûtés.

C.- La grande sensibilité des minéraux argileux apporte beaucoup à la connaissance de la pédogenèse des régions méditerranéennes.

1°) Sensibilité en tant qu'indicateur de l'origine et de l'homogénéité des matériaux dans la mesure où les minéraux argileux n'ont pas subi de transformation.

2°) Sensibilité et classification des sols : l'évolution du profil minéralogique est un caractère dynamique fondamental d'une pédogenèse donnée. C'est un des meilleurs critères pour la classification des sols fersiallitiques.

3°) Sensibilité et contexte pédologique méditerranéen : cette grande sensibilité, portant sur un matériel varié évoluant sous diverses conditions, permet de comprendre pourquoi toutes les catégories et toutes les proportions d'argiles ont été observées dans les sols de cette région.

En régions méditerranéennes, les argiles sont particulièrement variées et sensibles aux moindres variations des facteurs externes.

CHAPITRE V - SESQUIOXYDES DE FER, SILICE ET ALUMINE DE LA FRACTION FINE DES SOLS

1°) Silice et alumine amorphes. La silice est facilement dissoute dans les sols rouges lixivés des régions humides. Elle est présente, en petite quantité, dans les sols rouges des régions sèches. Les proportions d'alumine amorphe semblent augmenter de la roche saine à la surface du sol, ce qui confirme une dégradation des minéraux argileux, détruits vers le haut des profils. L'alumine des silicates argileux détruits est peu exportée et accroît les taux d'alumine amorphe.

2°) Du côté fer des évolutions se produisent. Les faits importants sont les suivants : la couleur rouge des sols lixivés est due à la présence de sesquioxydes de fer amorphes ; la couleur brun-jaune des sols hydratés est due à la goéthite.

Les évolutions observées sur les produits ferrugineux dépendent du milieu. Dans les sols rouges, la lixiviation décarbonate le milieu ; ainsi peut s'amorcer une cristallisation au sein des amas de sesquioxydes de fer qui réfléchissent la lumière rouge du spectre. Cette cristallisation ne se poursuit pas du fait de l'effet inhibiteur des silicates argileux (SCHWERTMANN - 1966). La couleur du matériau est rouge ; les sesquioxydes de fer amorphes sont stabilisés sous une forme amorçant un début de cristallisation. C'est la rubéfaction.

Dans les milieux confinés hydratés, le début du confinement provoque des réductions éphémères et saisonnières de fer et sa dissolution. Affranchi de ses liens avec les argiles qui bloquent sa cristallisation, ce fer, dès la saison sèche, peut s'oxyder et cristalliser en goéthite. La couleur est brune ou brun-jaune. Dans les milieux confinés hydromorphes, les réductions de fer et sa dissolution sont possibles une grande partie de l'année. Il peut participer aux néoformations argileuses et entrer dans la constitution des montmorillonites.

CHAPITRE VI - INTERPRETATIONS GENERALES

1°) L'ensemble des sols étudiés se regroupent en quatre milieux :

- Un milieu bien drainé, lixiviant, lui-même subdivisé en milieu lixiviant agressif, moyennement agressif et conservateur. Cette subdivision est fonction du "système d'agressivité" du milieu, mesuré par différents caractères du sol choisis comme critères d'évolution.

- Un milieu drainant bien et confinant caractérise des sols de régions arides où les sels transportés par les eaux de percolation s'accumulent dans le profil.

- Un milieu confinant, hydraté, caractérisé par une accumulation de carbonates, une aggradation de silicates argileux et une transformation des sesquioxydes de fer en goethite.

- Un milieu confinant, hydromorphe, caractérisé par de fortes accumulations et des néoformations de minéraux argileux souvent ferrifères.

2°) Les sols rouges lixiviés sont regroupés dans une classe de sols fersiallitiques. Cette classe est divisée en deux sous-classes : une sous-classe de sols saturés (taux de saturation > 90 %) peu ou pas lessivés et une sous-classe de sols moyennement désaturés (taux de saturation de 40 à 90 %), lessivés ou appauvris en argile. Dans cette sous-classe il y a quatre groupes : modal, hydraté, mollique et pénévolué. Les sous-groupes sont caractérisés par l'apparition de caractères secondaires : vertiques, hydromorphes, de remaniement, de recalcarification. Les limites entre classes sont établies en fonction d'un certain nombre de caractères dont la répartition et la teneur en sesquioxydes de fer amorphes sont parmi les plus importants. Ainsi un sol est fersiallitique quand il contient plus de 20 % de sesquioxydes de fer amorphes par rapport au fer total, sur au moins 30 % du profil.

3°) Les sols fersiallitiques de formation actuelle sont limités au Liban à une aire géographique définie par les paramètres suivants : $T = 10$ à 22°C ; P supérieure à 500 mm ; $D = (P - \text{ETP})$ supérieure à 200 mm ; $E_1 = D \times T$ supérieur à 5 000. Les sols fersiallitiques semblent s'étendre, au Moyen-Orient, un peu au-delà d'une aire définie par ces paramètres, notamment jusqu'à l'isohyète 300 mm. Entre les isohyètes 300 et 500 mm les sols fersiallitiques seraient des sols fossiles. Sur le pourtour de la mer Méditerranée, ces sols ont souvent été étudiés, ainsi que sous des climats de type méditerranéen en Australie, en Californie et en Afrique du Sud. En régions tropicales, des sols fersiallitiques existent, en particulier sur roches basiques bien drainées et sous un climat à longue saison sèche (Cameroun, Mexique, Haïti, Brésil, etc...). Les limites avec les sols bruns ou calcimagnésiques des régions tempérées pourraient être établies à partir de la teneur en sesquioxydes de fer amorphes. A moins de 20 % de sesquioxydes de fer amorphes par rapport au fer total, les sols ne seraient plus des sols fersiallitiques.

CONCLUSIONS

L'étude des sols fersiallitiques du Liban a mis en évidence une pédogenèse actuelle en région méditerranéenne. Cet actualisme est d'autant plus net que les divers mécanismes décrits (altérations, profils calcaires, évolution des minéraux argileux et des sesquioxydes de fer) sont particulièrement vivants. Cette pédogenèse est rubéfiante, du fait que les produits ferrugineux libérés des roches carbonatées rubéfient au contact des solutions du sol. Une théorie de la rubéfaction des sols fersiallitiques est ébauchée.

COMITE TECHNIQUE DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON
du
THEME B

Numéro 2

Juillet 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

SOMMAIRE

Etudes de sols formés sur roches carbonatées. Pédogenèse fersiallitique au Liban, par M. Lamouroux	3
Première tentative d'inventaire des principales toposéquences en zone tropicale à longue saison sèche, par M. Gavaud	11
Mise en évidence de deux types fondamentaux de toposéquences développées sur matériaux riches en minéraux altérables issus de granites ou de migmatites en Haute-Volta orientale, par R. Boulet	13
Premières observations sur des toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta orientale : rôle de la pédogenèse dans la destruction des cuirasses et le façonnement du modelé, par J. C. Leprun	39
Les sols « hardé » du Nord-Cameroun. Mise au point bibliographique, par M. Gavaud	55
La Conférence Internationale de Géologie Africaine d'Ibadan. Compte-rendu par M. Gavaud	89



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER

COMITE TECHNIQUE DE PEDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON

du

THEME B

Numéro 2

Juillet 1971
