

COMPTE RENDU DES JOURNÉES PÉDOLOGIQUES LIBANAISES

(5-11 juin et 29 octobre-4 novembre 1967)

M. LAMOUREUX

Après la Conférence de Madrid (septembre 1966), un colloque restreint fut projeté, au Liban, pour l'année 1967.

Une première réunion eut lieu début juin, mais fut contrariée par la guerre du 5 juin. Seuls y participèrent les pédologues du Liban, P. SEGALEN, A. PECROT et J.-P. COINTEPAS. Une deuxième réunion, en octobre, a groupé autour des pédologues locaux : Mlle PAQUET, G. MILLOT, G. AUBERT, G. PEDRO et A. RUELLAN. On a déploré l'absence de J. BOULAINÉ, seule victime de la guerre du 5 juin.

Ces réunions ont eu pour objets essentiels :

- La présentation d'une pédogénèse dynamique et actuelle des sols rouges et bruns méditerranéens.
- La mise en évidence du passage des sols rouges et bruns aux sols de plaine, plus ou moins hydromorphes et « isohumiques ».

*
**

Chaque pédologue de Tel Amara s'est chargé d'un ou de plusieurs itinéraires en présentant une notice et différentes notes, portant sur des problèmes de pédogénèse appliquée aux sols du Liban.

- | | | |
|-------------|---|---|
| Itinéraires | { | I - Nahr-Beyrouth (M. LAMOUREUX); |
| | | II - Liban Sud (J. THIRION et VERHEYE); |
| | | III - Liban Nord (A. OSMAN); |
| | | IV - Bekaa Nord (KHAZZAKA, A. OSMAN, M. LAMOUREUX); |
| | | V - Bekaa Centrale (P. WILLAIME, M. LAMOUREUX). |

Le milieu.

La montagne libanaise est une barrière continue Nord-Sud de 2.000 à 3.000 m, formant écran aux vents dominants. Sur le versant Ouest, la pluviométrie va de 700 à 1.500 mm (2.300 mm en 1966-1967), pour une température moyenne de 20° C sur la côte, de 10° C à 1.800 m.

Dans la plaine intérieure de la Bekaa (1.000 m), entre le Liban et l'Antiliban, il pleut entre 700 mm au Sud et 200 mm au Nord. La saison sèche dure de 5 à 7 mois.

Les roches-mères sont des calcaires ou dolomies, rarement des grès et des basaltes. Les matériaux originels des sols peuvent être soit les roches-mères, soit des alluvions ou colluvions variées.

La végétation arbustive est assez dense sur le versant Ouest et fortement dégradée à l'Est du Mont Liban.

Les sols.

La lithologie va jouer ici un rôle prépondérant :

Sur roche-mère carbonatée { Dure (karstique) : formation de sols rouges et bruns méditerranéens. Tendres, alternances de dure et tendre, crayeuse : formation de sols calcomagnésimorphes de type rendzine.

- Sur roche non carbonatée** { Sol brun lessivé ou sol rouge méditerranéen lessivé sur grès.
Sol brun eutrophe ou sol brun méditerranéen sur basalte (?).
- Sur colluvions** { Sols variés peu évolués, bruns calcaires et rendzines diverses.
Sols rouges et bruns méditerranéens, sols bruns et châtaîns isohumiques.
Sols hydromorphes et vertisols.

Les sols observés au cours de la réunion.

Une trentaine de profils ont été observés :

- des sols rouges méditerranéens divers (15);
- des sols rouges méditerranéens partiellement brunifiés (4);
- des sols bruns méditerranéens (2);
- des sols châtaîns isohumiques (2);
- un sol brun calcaire;
- des vertisols ou sols vertiques (4);
- un sol hydromorphe.

A. — SOLS ROUGES MEDITERRANEENS.

1 - Sols rouges méditerranéens formés in situ.

Ce sont incontestablement les sols les plus répandus dans la montagne libanaise.

1.1 — *Sur le karst du versant Ouest* (karst ouvert ou fermé), le sol se présente sous forme de poches (It. I profil 3 - It. II profil 4), en entonnoirs, drainant des quantités d'eau bien supérieures aux précipitations.

— Couleur 2,5 à 5 YR.

— Structure primaire, polyédrique, fine, dominant et s'organisant, en profondeur, en structure secondaire prismatique (surstructure).

— Complexe saturé en bases ($V = 90$ à 100%), capacité d'échange élevée de 30 à $50\text{ mé } \%$, du fait de l'abondance de minéraux de type montmorillonitique.

— Granulométrie du profil II₄ :

Profils	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7
Prof. cm	0-15	20-30	50-70	90-100	110-125	130-145	150
A %	68,1	73,2	75,2	79,2	83,8	87,3	86,8
L %	18,6	15,6	13,6	12,6	8,5	8,0	4,0
STF %	9,9	9,4	9,0	7,6	5,3	4,0	3,3
SF %	2,8	2,3	2,1	1,6	1,2	0,9	1,4
SG %	1,9	0,6	1,4	0,6	0,5	0,7	1,1
Fe ₂ O ₃ T %	9,9	9,4	—	—	11,4	11,2	11,5

Peu de discussions quant aux caractéristiques générales de ces sols, étudiés par ailleurs (LAMOUROUX 1966-1968). Signalons simplement la mise en évidence de « l'altération dite pelliculaire », ne pouvant être confondue avec un dépôt secondaire (premières objections de G. AUBERT et de LARUELLE).

Le problème du lessivage dans les sols rouges méditerranéens a fait l'objet de vives discussions entre l'auteur et A. RUELLAN.

D'après les données analytiques du tableau ci-dessus, A. RUELLAN note un gradient argileux et conclut à un début de lessivage (non à un sol rouge lessivé) qu'il pense provoqué par des entraînements physiques dus aux premières pluies, sur un sol sec dans lequel la macroporosité serait très forte.

Cette hypothèse n'est pas partagée par l'auteur qui ne peut nier le gradient argileux, mais considère cette question trop importante pour être présentée ainsi :

— Le processus mécanique auquel A. RUELLAN fait allusion est peut-être possible, mais c'est justement après des périodes sèches que les eaux de percolation sont les plus claires (les plus chargées en carbonates) alors que les eaux de ruissellement sont boueuses.

En outre, s'il est vrai que ces sols ont une macroposité assez élevée, ils possèdent souvent un couvert végétal et un horizon humifère suffisamment important pour jouer le rôle « d'amortisseur » et de filtre à d'éventuels entraînements.

Deux éléments importants contribuent à favoriser l'établissement d'un gradient argileux.

— La notion de « profil inversé » (LAMOUROUX, 1966) implique une alimentation de surface en cailloux et graviers calcaires, il s'en suit une augmentation des sables grossiers et fins (débris calcaires) des horizons de surface, au détriment des éléments fins, ce qui n'est pas visible dans l'exemple donné.

— Dans l'analyse granulométrique, l'attaque à l'eau oxygénée pour détruire la matière organique est nettement insuffisante, si bien qu'une partie importante des sables fins et des limons (5 à 10 %) est constituée de pseudo-limons ou pseudo-sables (argile intimement mêlée à des matières organiques et hydroxydes). Il est logique de les considérer comme sables ou limons du point de vue textural, il est inexact de les faire intervenir pour juger d'un entraînement argileux.

— Dans la 7^e Approximation, révisée en 1967, il est dit dans le texte « les horizons inférieurs peuvent être de texture plus fine que les horizons supérieurs, sans qu'il s'agisse pour autant d'un horizon argillique... La perte d'argile des horizons de surface pouvant n'avoir aucune signification de lessivage ». Les pédologues font de plus en plus allusion à cette notion d'appauvrissement des horizons de surface. N. LENEUF (1966) pense que les eaux de pluie et les facteurs biologiques imposent un enrichissement en matériaux fins colloïdaux. Ce phénomène, évoqué pour les sols ferrallitiques, peut très bien l'être également pour d'autres types de sols.

En outre, les produits résiduels de décarbonatation sont essentiellement argileux, peu sableux et pratiquement pas limoneux. Comment expliquer ces taux élevés de limon, en surface chaque fois que nous avons de la matière organique ou dans le profil quand des carbonates s'accumulent ?

Ces arguments sont à nuancer et à chiffrer, d'autres pourraient être avancés (des études sont en cours), sans toutefois exclure un faible entraînement dans quelques cas. Quant au résultat global, pour le classificateur il est le suivant :

si un entraînement des éléments colloïdaux du sol rouge méditerranéen du karst se produisait dans certains cas, il ne pourrait être que très faible et ses effets disparaîtraient sous l'action, non négligeable, des remaniements biologiques et mécaniques.

Sur ce dernier point, d'ailleurs, A. RUELLAN serait parfaitement d'accord et il l'a montré par sa prise de position dans son compte rendu sur la tournée Espagne de septembre 1966.

En marge du dialogue engagé avec A. RUELLAN, ajoutons que quelques éléments de micropédologie viennent confirmer qu'il n'existe pas de « cutans » d'illuviation, mais des « cutans de tension » que nous appelons généralement lissages. LARUELLE, après ses premières observations de terrain confirme celles-ci, faites en lames minces.

Il semble donc que s'il existe un faible entraînement mécanique, il soit difficile à mettre en évidence. Quand il est net, il est déjà difficile à prouver. Cet argument peut, en outre, être avancé pour bien d'autres sols.

De toutes façons, nous sommes bien en présence de sols rouges méditerranéens non lessivés ne trouvant pas leur place dans la 7^e approximation (Rhodoxeralf pour THIRION et VERHEYE, faute de mieux). A. RUELLAN a déjà défendu ce point de vue à Madrid. Pour SEGALEN, cette difficulté de classer ces sols pousse bon nombre de pédologues à vouloir prouver, à toute force, qu'il s'agit de sols lessivés. G. AUBERT ne pense pas à un lessivage, mais n'exclut pas une certaine ségrégation des éléments structuraux pouvant être suivie de faibles entraînements en profondeur, sans rapport toutefois avec le phénomène physico-chimique du lessivage.

1.2. — *Sur le karst couvert* du Sud Liban, les sols rouges (It. II, profil 7) développés sur un calcaire dur à chailles, forment une couverture continue. Ils ont à peu près les mêmes caractéristiques que les précédents, mais nous n'avons plus de « profils inversés », la surface est totalement dépourvue de réserves carbonatées et les altérations profondes sont intenses. La structure devient plus massive en profondeur, dès que le profil s'humidifie.

Ici le gradient argileux est nettement plus accusé, un début de désaturation peut apparaître en surface ($V = 83 \%$, pH voisin de 7), mais il y a généralement saturation. Un faible lessivage ne serait pas impossible dans ces sols, il demeure difficile à mettre en évidence, du fait d'importants remaniements de surface dus aux vents et aux ruissellements (LAMOUROUX 1968).

Ce sont encore des sols rouges méditerranéens non lessivés pour les pédologues français. THIRION et VERHEYE en font plus facilement que les précédents des Rhodoxeralfs, en émettant quelques réserves quant à la nature de l'horizon B.

2 - Sols rouges méditerranéens allochtones - Passage aux sols châtaîns.

On peut considérer que les sols accumulés en poches sont piégés dans le karst et ne subissent que des remaniements sur eux-mêmes ou en surface sur les pentes du karst couvert. Par contre, sur les bas de pentes, sur les glacis et les anciens cônes torrentiels, des formations rouges, souvent importantes, ont été manifestement transportées et n'ont que peu de rapports avec le substratum.

De nombreuses questions se posent alors au pédologue :

— Comment ce matériau colluvionné s'est-il mis en place, en une ou plusieurs fois, à quelle époque, sous forme d'éléments dispersés ou encore structurés ?

— Quels critères d'évolution vont permettre de juger de la nouvelle pédogénèse qui s'est développée ou se développe sur ce matériau d'apport, ayant appartenu aux sols rouges méditerranéens du bassin versant amont ?

2.1. — *Les sols observés.*

— **Sur les pentes des glacis et des cônes** (It. IV et It V, profil 4). Le matériau est parfaitement rouge (2,5 YR) décalcifié, la structure de l'horizon Ap n'est pas très bien développée, finement grumeleuse à motteuse.

En profondeur, dans les sols des hauts de glacis ou de cônes, une faible structure polyédrique est reconnaissable avec des éléments mâts, peu cohérents, elle s'affirme vers le milieu des pentes, pour finalement présenter une surstructure prismatique très nette dans les sols de bas de pente, sous une faible topographie.

Notons un entraînement oblique des solutions du sol, bloquées par le substratum rocheux (conglomérat pliocène semble-t-il) et mis en évidence par un pseudo-mycélium calcaire, visible à certaines époques de l'année, vers le bas de la pente.

— **Sols rouges complexes** (Nabatyé). Il est parfois possible de distinguer des apports superposés, soit différents de nature, soit séparés par des cailloux roulés. Dans tous les cas, et nous en avons vu un exemple à Nabatyé (Sud Liban), la formation supérieure est un sol rouge à structure polyédrique, la formation sous-jacente est nettement prismatique, moyenne à fine. En profondeur, au contact des roches calcaires, l'intense altération pelliculaire a donné une argile rouge de décarbonatation peu structurée (Tests Hénin).

— **Sols rouges vertiques - vertisols rouges** (It. II, profil 3, It. IV, profil Kfardane, It. V. Kfar Zabad). En bas de pente, il n'est pas rare d'observer localement des sols rouges méditerranéens vertiques allant jusqu'à des vertisols rouges bien caractérisés. Structure en plaquette, argile montmorillonitique abondante, capacité d'échange élevés dès 30 ou 40 cm, sont bien des caractères de vertisols (Pecrot) lithomorphe.

— **Sols châtaîns-rouges de plaine** (Kfardane - Kfar Zabad). Enfin au bout de la séquence (en se rapprochant de la plaine), la nappe phréatique ou un ralentissement de l'écoulement latéral des eaux de drainage pro-

voque l'apparition d'accumulations calcaires décroissantes de la base (15 à 20 %) à la surface du profil (0 à 5 %). La structure de type prismatique, en saison sèche, s'étant fortement dégradée après les pluies d'octobre, il devenait difficile pour un visiteur de faire de ces sols des sols châtaîns (RUELLAN).

2.2. — *Les discussions à propos de ces sols.*

Il était à prévoir que ce passage des sols rouges méditerranéens aux sols plus ou moins rouges de plaine ouvrirait un débat assez animé.

— **Première constatation** : les sols isohumiques subtropicaux (sans attacher au terme isohumique un sens précis) correspondent, pour presque tous les pédologues présents, à des sols nettement différenciés d'autres sols mieux connus, sans qu'il soit possible, pour l'instant, d'en définir clairement et les caractères essentiels et les processus pédogénétiques dominants.

— **Deuxième constatation** : il ne s'agirait pas, dans le cas de la Bekaa, de sols bien caractéristiques de ces sols isohumiques, surtout en ce qui concerne les sols châtaîns, mieux connus sur les anciennes surfaces d'Afrique du Nord.

La position de l'auteur est la suivante :

Quand on passe des sols rouges méditerranéens de piedmont aux sols plus ou moins rouges de plaine, deux caractères morphologiques semblent assez nettement différencier ces sols : la structure d'une part, le profil calcaire d'autre part.

La structure prismatique apparaît progressivement en bas de pente, d'abord surstructure, ensuite structure proprement dite. La fabrication de cette structure, évoquée au cours de la tournée, se ferait dans un milieu de faible pente et à drainage ralenti.

Le gradient calcaire apparaît plus bas dans la plaine quand les fluctuations de la nappe peuvent intervenir et favoriser l'apport de carbonates à la base du profil.

La concomitance de ces deux caractères doit suffire à mettre en évidence une pédogenèse différente de celle des sols rouges méditerranéens, aussi n'hésitons-nous pas à parler de sols châtaîns, alors que les sols à structure prismatique (très friable à l'état humide) et sans calcaire seraient encore considérés comme sols rouges méditerranéens de bas de pente.

P. SEGALEN, à propos de ces sols de bas de pente et de plaine, adopte la position suivante :

- a) Le matériau a subi un transport important et la structure a complètement changé;
- b) La couleur châtain-rouge n'est pas due à l'évolution en place, mais est un caractère d'origine;
- c) La répartition du calcaire est très irrégulière (SEGALEN n'avait pas vu en juin de sols à gradient calcaire);
- d) La répartition de la matière organique peut être valablement attribuée à l'ouverture et à la fermeture des fentes;
- e) L'évolution vertisolique est fréquente, mais incomplète dans de nombreux cas. SEGALEN, considérant le matériau originel comme encore peu transformé, en fait des sols peu évolués d'apport, vertiques ou non suivant les cas.

Au sujet de la structure, SEGALEN estime « excessif » l'usage de ce caractère pour identifier les sols rouges méditerranéens eux-mêmes, en se basant d'une part sur le fait que des contenus minéralogiques différents correspondent parfois à des structures différentes et d'autre part qu'une texture très sableuse contrarie toute individualisation structurale.

Nous ne pouvons souscrire à cette position :

La structure, comme tous les caractères, ne peut certainement pas suffire à elle seule à caractériser un sol, mais le fait qu'elle soit un des caractères essentiels pour différencier les vertisols et sols vertiques montre déjà tout son intérêt. Quand il ne s'agit pas d'un vertisol, il s'agit alors de sols ayant évolué (SEGALEN a) d)) différemment des sols rouges de pente.

Que des sols sableux soient peu ou mal structurés, c'est exact et c'est valable non seulement pour les sols rouges méditerranéens, mais pour bien d'autres sols, d'où la tentation, pour certains, de voir traiter à part ces sols sableux.

Autres observations de WILLAIME :

— Le taux de dispersion à l'eau des terres provenant de sols rouges est très faible. La migration a donc pu se faire sous forme d'agrégats. Par conséquent, la structure des sols rouges méditerranéens peut ne pas s'être totalement dégradée, au cours de la mise en place du matériau colluvionné.

— Une structure peut s'éduquer relativement vite. La structure peut-elle alors être utilisée comme critère d'évolution ? Oui dans la mesure où, pour un matériau donné, le « réarrangement » des éléments structuraux primaires serait étroitement fonction des conditions pédoclimatiques.

Il est peu probable que la structure se maintienne intacte au cours de la mise en place du matériau du fait que les sols les plus récents (haut de glacis, apports alluviaux récents) sont peu ou mal structurés.

Tout au plus, peut-on accorder au matériau argileux des sols rouges une certaine facilité à s'agréger suivant des formes polyédriques et ceci a été observé dans des argiles de décarbonatation des calcaires.

Enfin, il ne semble pas que l'établissement d'une structure, surtout prismatique, soit vraiment très rapide, du fait que dans toutes nos observations de sols complexes les niveaux à structure prismatique se trouvent situés sous un sol assez mal structuré, qui, bien que plus récent, n'est certainement pas tout jeune.

La structure a changé du haut de la pente vers le bas et une différenciation très nette d'horizons s'observe dans chaque profil, pourquoi parler alors de sols peu évolués et fonder son jugement sur une hypothétique stabilité des caractères du matériau originel ? Ce matériau ne s'est pourtant pas mis en place en conservant sa structure et ses différenciations par horizon.

Ces critères de structure sont les seuls nettement apparents, ils sont réels et non imaginaires et même s'ils étaient induits par un matériau originel issu de sols rouges en place, ne serait-ce pas une plus grosse erreur de changer de classe, alors qu'à l'origine le matériau était sol rouge méditerranéen et que l'environnement est sol rouge méditerranéen ?

Il est évident que ce seul caractère ne peut suffire, aussi bien pour les sols rouges ou bruns méditerranéens que pour les sols isohumiques. Le gradient calcaire pour ces derniers est primordial, la nature et la répartition des différentes formes de fer et de matières organiques doivent également contribuer à caractériser les uns et les autres.

A. RUELLAN voit au Liban, comme au Maroc, d'une part des sols rouges transportés, d'autre part des sols bruns sur matériaux rouges. Si l'on prend son profil type de sol châtain de la Basse Moulouya (sol châtain subtropical dont il propose la suppression dans la classification française), il s'agit :

- d'un sol de couleur rouge (2,5 YR de 22 cm à 23 cm);
- d'un sol peu calcaire en surface (0,05 à 1,2 %), à 10 cm (16,4 %) et en profondeur (36,8 à 34,8 %);
- d'un sol argilo-limoneux en surface, argileux présentant une accumulation apparente d'argile, entre 50 et 80 cm;
- une structure prismatique de l'horizon non calcaire d'accumulation d'argile;
- une décroissance lente des taux de matière organique;
- une proportion de fer libre plus faible que dans les sols rouges, plus forte que dans les sols bruns.

C'est bien là l'idée que G. AUBERT nous avait donnée des sols châtaîns subtropicaux et la tournée Maroc de 1966 nous a montré des sols, peut-être moins caractéristiques que celui-ci, où la structure prismatique semblait un critère parfaitement valable, bien que non spécifique de ce sol.

Qu'a-t-on observé à Kfardane (à la tombée de la nuit) faisant suite à une séquence de sols rouges transportés :

- un sol de couleur rouge (2,5 à 5 YR) plus brun en bas de pente;
- calcaire : 1 à 3 % jusqu'à 80 cm, 7,5 % à 90 cm, puis 13 % à 130 cm;
- une légère, mais nette augmentation d'argile de 30 à 80 cm;
- une structure prismatique de 45 à 60 cm, cohérente à sec, dominant sur une soustructure polyédrique qui apparaît bien après les pluies;
- une décroissance très lente des matières organiques.

Il n'y a aucun doute : ce sont bien là les caractéristiques d'un sol châtain subtropical, tel qu'il était défini jusqu'à maintenant. Seulement au Liban, et c'est général, ce sont des sols jeunes à la différence du Maroc (Tadla).

Il semble qu'au Liban on ait la chance, non d'observer des sols châtain bien caractéristiques, mais de voir naître ce type de sols et ses caractères, de comprendre sa filiation avec les sols rouges méditerranéens, avec les sols vertiques et les sols hydromorphes. A. RUELLAN pense cependant que le passage des sols rouges aux sols châtain, dans la Bekaa est faussé par l'importance des nappes phréatiques.

Il ne s'agit pas forcément de nappes phréatiques, mais d'un ralentissement du drainage à la base des profils. N'y a-t-il pas ou n'y a-t-il pas eu de nappes temporaires dans les plaines de la basse Moulouya, du Zébra, etc. ?

En conclusion, il semble que dans les plaines ou cuvettes les matériaux colluvionnés de sols rouges ou bruns méditerranéens sont soumis à une nouvelle pédogenèse qui les différencie sensiblement des sols rouges méditerranéens. Dans la classification, ils devraient rester voisins des sols rouges méditerranéens, peut-être dans un nouveau groupe, mais il ne semble pas opportun d'en faire, comme le propose RUELLAN, des sols calcomagnésimorphes. A ces derniers, par contre, pourraient parfaitement se rattacher les sols bruns subtropicaux et peut-être les Sierozems (RUELLAN 1966). Le terme de « sols marrons » devrait être évité, d'abord parce que c'est un terme de couleur, très vague, ensuite parce que I. P. GERASIMOV (1961) semble avoir groupé sous ce terme des sols bruns très variés, calcaires ou non, lessivés ou non, différemment structurés...

3 - Autres sols rouges méditerranéens.

3.1. — Sols rouges méditerranéens riches en matières organiques.

Toujours sur roche-mère dure carbonatée, des sols rouges méditerranéens peuvent présenter, sur plus de 20 ou 30 cm, un horizon humifère (5 à 10 %), répondant aux caractéristiques de l'épipédon mollique américain (It. Barrouk, Reyfoun, Dj. Alaouites, etc.).

Pour toutes les autres caractéristiques nous avons là des sols rouges méditerranéens non lessivés que certains veulent appeler « mollisols », que d'autres appelleront « sols bruns méditerranéens ».

3.2 — Sols rouges méditerranéens sur matériau sableux.

Seul un profil développé sur grès a été rapidement observé sur l'itinéraire 1, mais ces sols sont fréquents sur le versant Ouest du Mont Liban :

— lessivage en surface, érosion fréquente et poussée de A, le B est assez mal structuré, mais des revêtements d'illuviation peuvent être observés. Sur grès dunaire (Ramleh) de tels sols peuvent également se former, mais souvent fortement remaniés.

3.3 — Sols rouges et formations rouges fossiles sur basalte.

Sur basalte dans le nord du Liban, des sols rouges (10 R à 2,5 YR), riches en kaolinite et hématite ont posé, au début des reconnaissances, un problème de pédogenèse.

La kaolinitisation serait-elle possible sous un tel climat, comme semble le suggérer certains auteurs israéliens ? La présence fréquente de formations rouges, structurées, entre deux coulées basaltiques pliocènes (Bp2 et Bp3) ne laisse aucun doute quant à l'origine de ces sols rouges sur basalte. Cependant, G. MILLOT n'écarte pas l'hypothèse d'une formation minime de kaolinite « dans des voies poreuses de cheminement préférentiel des solutions ».

Sur basalte, dans les conditions climatiques actuelles, le sol rouge méditerranéen ne semble pas se développer, mais un complément d'étude s'avère nécessaire sur ce type de sols.

3.4 — Sols rouges méditerranéens présentant des caractères d'hydromorphie (It. II, profil 1, It. V, profil 2).

Dans deux profils de bas de pente, ont été observées : dans le premier, des concrétions ferrugineuses, petites, très rondes dès 80 cm, avec des traînées de pseudo-gley vers 3 à 4 mètres de profondeur; dans le second, des marbrures noires, très développées, d'oxydes de fer et de manganèse. Mis à part, le pseudo-gley indiquant une nette hydromorphie de profondeur, les concrétions ferrugineuses et surtout les plages noires ferro-manganiques ne sont que des témoins d'hydromorphies passées, probablement très anciennes. G. MILLOT signale à ce propos que le manganèse

est plus mobile que le fer et LARUELLE confirme que les oxydes de manganèse peuvent garder leur couleur noire dans des milieux parfaitement bien drainés, ce qui était le cas du profil présenté par WILLAIME sur le cône du Yahfouta (It. V n° 2).

B. — SOLS ROUGES BRUNIFIES ET SOLS BRUNS MEDITERRANEENS.

Un phénomène de brunification des sols rouges méditerranéens a été rapidement présenté au cours de l'itinéraire I (profil 1 - 2 - 4 - 4' - etc.), brunification partielle des sols rouges, brunification totale du profil. Il serait trop long de développer ici cette question des sols bruns, présentés à Madrid (M. LAMOUROUX et G. AUBERT, 1966) et dans une prochaine note des Cahiers de Pédologie (M. LAMOUROUX, 1968).

Notons simplement les caractéristiques essentielles de ces sols :

- couleur : 7,5 à 10 YR, allant à 2,5 Y quand le milieu est hydromorphe;
- accumulation de carbonates en profondeur, dans pratiquement tous les cas;
- altération pelliculaire des roches, uniquement en surface;
- structure profonde, large, très cohérente à sec (tendance prismatique et aux plaquettes fréquentes);
- le fer, sous forme de goëthite serait, dans sa presque totalité, cristallisé (méthode SEGALEN). De très faibles quantités d'oxyde de fer amorphe formant un enduit rougeâtre.

Il a été montré que le sol brun correspondait à un milieu faiblement confiné (au sens de G. MILLOT), appelé milieu confiné hydraté.

Cet état d'hydratation, préréaction de l'hydromorphie, serait provoqué par une stagnation prolongée des solutions du sol dans un profil ou une partie de ce profil. Ce mauvais drainage ayant sa cause parfaitement visible sur le terrain : couche imperméable, fissures obstruées ne drainant plus les poches de sols, etc.

Deux remarques sont à faire à ce sujet : G. MILLOT observant ces sols, dont l'altération se fait à partir de l'horizon de surface, tandis que les horizons profonds s'engorgent, parle de profils « ayant la tête en bas », ce qui implique un tout autre raisonnement quant à l'évolution des minéraux argileux en particulier.

La vieille conception de la limonite (braunhem de Kubierna) était très séduisante, pour expliquer les causes de cette brunification, mais les derniers travaux sur le fer amorphe remettent tout en question. Pourtant, certains phénomènes, observés en micropédologie, restent difficiles à expliquer.

C. — SOLS PLUS OU MOINS CALCAIRES ET SOLS DIVERS.

Bien que très répandus au Liban, les sols calcaires ont été un peu sacrifiés au profit des sols rouges et bruns méditerranéens.

1. — *Les sols bruns isohumiques.*

A. OSMAN nous a présenté dans l'extrême nord de la Bekaa (200 mm de pluie) deux profils bien caractéristiques de la région :

0-20 cm : Un horizon mal structuré (7,5 YR 6/6); limono-argileux; calcaire. Cet horizon semble fortement remanié par les vents.

20-35 cm : Petite accumulation calcaire avec quelques amas calcaires friables, granulés pouvant passer latéralement à un encroûtement avec croûte comme nous l'avons vue dans le 2° profil.

35-65 cm : Le matériau originel situé sous l'accumulation calcaire présente une structure polyédrique, un peu grosse et arrondie, il est limono-argileux, calcaire et très poreux.

A. RUELLAN trouve là des sols qui correspondent parfaitement bien à ceux qu'il a très souvent observés au Maroc, dans des conditions identiques. La croûte du 2° profil correspondrait à une accumulation calcaire dans une formation tensiftienne.

2. — *Sols bruns calcaires vertiques* (It. II, profil 1).

J. THIRION a présenté sur les plateaux de calcaires tendres éocènes un sol brun foncé, peu épais, assez fortement décalcarifié en surface, de structure nuciforme sur 10 cm, tendant à former de larges prismes (peu individualisés) en profondeur. Souvent des poches plus décalcarifiées, très brunes (10 YR 3/1), à structure en plaquettes, sont visibles entre 50 et 100 cm. Un horizon C, plus ou moins mélangé à des débris de calcaire tendre, caractérise un type d'altération différent de celui observé sur roches dures carbonatées.

Complexe absorbant saturé, capacité d'échange forte (25 %) pour 55 % d'une argile montmorillonitique, bien cristallisée. Aucune objection quant à la classification de ce sol dans les sols bruns calcaires vertiques. Dans la 7^e Approximation, THIRION en fait un Inceptisol, sous-groupe des xérochrept vertiques.

3 - Sol noir décalcarifié (It. I, profil 9).

Ces sols peu épais (20 à 30 cm) se forment sur roche dure calcaire, plus ou moins altérée, avec des chailles et des marnes. Ils sont très argileux, polyédriques en profondeur, peu ou pas calcaires, très riches en montmorillonite et saturés.

La présence, parfois, de facettes lissées et obliques, en profondeur, contribue à appuyer l'hypothèse de THIRION qui considère ces sols comme d'anciens sols vertiques érodés qu'il classe dans les xérochrept vertiques.

Dans la classification française, il est difficile de classer ce sol, l'idée d'en faire un sol rendziniforme non calcaire ne paraît pas très satisfaisante.

4 - **Des vertisols foncés** ou noirs ont été observés sur matériaux fortement argileux issus de roches carbonatées ou de basaltes. Leurs caractères étaient plus ou moins nets, et il n'y a pas lieu de s'étendre sur ce type de sols, assez classique.

5 - Sols hydromorphes de la Bekaa (It V. Tel Aragi).

Le profil observé présente, a priori, les caractéristiques morphologiques d'un sol châtain foncé :

— nombreuses individualisations calcaires en amas friables (chandelles) sur l'ensemble du profil; structuration prismatique fine, très prononcée, petite augmentation d'argile de 40 à 60 cm, décroissance lente de la matière organique.

Mais il n'y a pratiquement pas de gradient calcaire (30 à 34 %) et le pseudo-gley est nettement visible dès 20 à 30 cm.

Il s'agit donc d'un sol hydromorphe, à engorgement temporaire (5 mois par an). Un drainage poussé, interdisant toute remontée de nappe, au-delà de 80 cm suffirait peut-être pour qu'un tel sol, non cultivé, devienne un sol châtain foncé (il faudrait, au moins, 10.000 ans sous la pluviométrie actuelle de 700 mm).

6 - Sol brun forestier de Masser-Chouff.

Hors programme, une incursion dans le domaine des Cèdres a permis d'observer un sol brun (10 YR 3/3, à 5 YR 4/6 en profondeur), grumeleux en surface, nuciforme en profondeur, argilo-limoneux, non calcaire, très organique (25 % en surface à 5,5 % en profondeur) et à C/N élevé (18,7 à 13,6).

Notons qu'autour de cette cèdraie relique, les sols sont des sols rouges méditerranéens, peu organiques, alors qu'il est fort probable que la forêt de cèdres s'étendait autrefois sur une grande partie de la région considérée.

D. — PROBLEMES GENERAUX ABORDES

Outre les questions débattues à propos des sols passés en revue dans cette note, nous signalerons un certain nombre de sujets plus ou moins abordés :

1 - **Les minéraux argileux des sols du Liban** (travaux en cours : M. LAMOUROUX, H. PAQUET, G. MILLOT, M. PINTA). G. MILLOT met l'accent sur l'importance de l'héritage dans ces sols du Liban où la montmorillonite paraît très abondante. Il faut cependant noter une évolution, constamment observée en zone humide, de l'illite vers des minéraux gonflants de type montmorillonitique. Il est fort probable, mais nous n'en avons pas la preuve, que la montmorillonite est néo-formée dans les milieux confinés hydromorphes, de la Bekaa par exemple.

2 - Le Quaternaire dans la Bekaa. M. BESANCON nous a présenté sur le cône de Yahfoufa une série de terrasses quaternaires et je laisse à RUELLAN le soin d'en parler :

« Existence de trois niveaux principaux : un glacis majeur très net, rappelant les grandes formes du Villafranchien marocain, un glacis moyen complexe dans ses formes d'érosion et d'accumulation: deux niveaux récents qui peuvent rappeler le Soltanien et le Rharbien du Maroc.

Importance des formes d'érosion se développant dans les dépôts quaternaires : un étage est alors caractérisé par un dépôt, par le glacis qui a modelé ce dépôt et par la couverture qui a fossilisé le glacis, cette couverture étant d'ailleurs souvent absente, ce qui complique les interprétations. Ces formes ont déjà été décrites au Maroc par BEAUDET dans le bas Tensift et MAURER dans le Rif oriental. »

A. RUELLAN note que, comme au Maroc, les dépôts récents sont gris et non rouges et voit là une éventuelle influence de l'homme. Il note, en outre, que les formes emboîtées sont peu nombreuses et les glacis d'érosion et d'accumulation mal développés.

3 - Les problèmes de structure.

WILLAIME a présenté, dans une note annexée au dossier, les propriétés physiques des sols de la Bekaa, notamment de la structure et de sa stabilité. L'auteur a, par ailleurs, beaucoup insisté sur l'importance de ce caractère en pédogenèse méditerranéenne, importance contestée par P. SEGALEN et A. RUELLAN.

4 - Le calcaire et le profil calcaire du sol.

Bien que peu de sols calcaires aient été observés, nous avons tous remarqué :

— Sous les climats humides et subhumides, en milieu aéré une profonde lixiviation; en milieu confiné hydraté une accumulation de carbonates allant de formes faibles et diffuses à l'encroûtement, en milieu confiné hydromorphe des accumulations variables, mais importantes.

— Sous les climats semi-arides et arides, le calcaire subsiste dans les profils d'autant plus que le climat est plus aride. De faibles gradients calcaires s'observent, sous 500 mm sur des terrasses, datant probablement de la fin quaternaire. Des encroûtements et croûtes, parfois très importants, sont fréquents à la base de glacis ou cônes entre Rayak (600 mm) et la frontière syrienne (200 mm). Mais ce n'est pas dans les zones les plus arides que s'observent les encroûtements les plus développés. Des encroûtements, avec rognons plus ou moins ferruginisés, ont pu être observés sur plusieurs mètres dans la propriété Kettaneh, près de Baalbek. Il est probable que ces importantes accumulations soient liées à un réseau de sources, ayant formé des zones marécageuses subsistant encore aujourd'hui par points.

A. RUELLAN a pu, à cette occasion, nous exposer ses idées sur les accumulations calcaires, lesquelles sont largement développées dans ses récentes publications.

Une note de VERHEYE sur les profils calcaires des sols du Sud-Ouest était annexée au dossier. Des données chiffrées ont été présentées par l'auteur sur la dynamique des eaux de percolation et de ruissellement en fonction du profil calcaire.

5 - Relations sols-climat actuel, remaniements dans les profils, critères d'appréciation de l'évolution d'un profil, sont autant de sujets dont le schéma de discussion était prévu, mais il s'agissait d'une réunion de 5 jours et non d'une conférence.

Ces réunions de petits groupes de chercheurs différents, passionnés pour des sujets communs sont d'un très grand intérêt. Si personne ne semble convaincre personne, de grands efforts sont faits par chacun pour convaincre les autres et il n'est pas rare d'observer ultérieurement des évolutions qui rapprochent les points de vue.

Un autre fait, très encourageant, est à noter : des chercheurs travaillant sur des problèmes semblables, mais dans des régions différentes, aboutissent à un certain nombre de conclusions identiques.

Des divergences importantes subsistent et sont attribuables soit à une conception différente du problème, soit, et c'est le cas le plus fréquent, à une connaissance incomplète de ce problème.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE DE PÉDOLOGIE

rédigé par

LA SECTION DE PÉDOLOGIE
DE L'O.R.S.T.O.M.

Tome XVII — Fascicule 3/4
3/4^e trimestre 1968

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Direction Générale :
24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :
70 à 74, route d'Aulnay, 93-BONDY (Seine-S^t-Denis)

Rédaction du Bulletin : S.S.C., 70 à 74, route d'Aulnay, 93-BONDY (Seine-S^t-Denis)