

PÉDOLOGIE. — *Géochimie d'un bassin versant au Maroc oriental. Evolution des argiles dans les sols des montagnes et des plaines de la Basse Moulouya.* Note (*) de M^{lle} Hélène Paquet, MM. Alain Ruellan, Yves Tardy et Georges Millot, présentée par M. Marcel Roubault.

Dans les montagnes subhumides et semi-arides, les hydrolyses libèrent des ions en transformant les minéraux argileux en interstratifiés. Dans les plaines, l'aridité croissante utilise ces ions pour provoquer l'agradation des interstratifiés et la néoformation de l'attapulгите dans les carapaces calcaires. Le milieu lessivé de l'amont nourrit le milieu confiné de l'aval.

Dans une Note précédente ⁽¹⁾, nous avons démontré la néoformation de l'attapulгите dans les sols isohumiques subtropicaux des plaines méditerranéennes semi-arides et arides des Triffa et du Zebra au Maroc oriental. Ce fait est situé dans l'ensemble de l'évolution des silicates des montagnes et de la plaine de la région. Les travaux sur le terrain au Maroc se sont poursuivis depuis 1959 [⁽²⁾, ⁽³⁾, ⁽⁴⁾]. Les analyses minéralogiques ont été faites au Centre de Sédimentologie et de Géochimie de la Surface à Strasbourg, en tenant compte des mesures déjà effectuées dans la région par Monition sur les roches ⁽⁵⁾ et par Schoen et Hubschmann sur les sols [⁽⁶⁾, ⁽⁷⁾]. Les termes pédologiques utilisés sont ceux de la classification 1965 d'Aubert ⁽⁸⁾.

I. LES ARGILES DES SOLS DE MONTAGNES (Bni-SNASSENE ET KEBDANA). — Les montagnes qui dominent les plaines des Triffa et du Zebra sont la chaîne sub-humide et semi-aride des Bni-Snassene appartenant au domaine atlasique au Sud et la chaîne semi-aride des Kibdana appartenant au domaine rifain au Nord.

Les roches mères se répartissent en trois groupes principaux : les flyschs essentiellement pélitiques, les calcaires et dolomies compacts, les grès plus ou moins calcaires ou dolomitiques.

1. *Les flyschs primaires.* — Les flyschs constituent le noyau de la partie orientale des Bni-Snassene et une partie de la nappe charriée des Kibdana. Les minéraux argileux de ces schistes sont essentiellement l'illite accompagnée d'un peu de chlorite. Les sols qui se développent sont de type fersiallitique. L'évolution des argiles varie avec l'altitude. Dans les hauteurs, vers 1 000 et 1 200 m, le climat est subhumide, les sols sont bien lessivés. L'illite et la chlorite donnent des interstratifiés illite-vermiculite et chlorite-vermiculite. La vermiculite des sols elle-même peut apparaître et atteindre 50 à 60 % de la fraction argileuse.

A basse altitude, la rubéfaction augmente, les sols sont peu lessivés. L'illite ouverte est accompagnée d'interstratifiés de type illite-montmorillonite.

2. *Les calcaires et dolomies du Jurassique.* — Les calcaires et dolomies du Lias et du Malm affleurent dans les deux chaînes, et spécialement dans la couverture du vieux socle des Bni-Snassene oriental. Le résidu non carbonaté recèle les minéraux argileux suivants : illite dominante souvent bien cristallisée ; dans certains échantillons : très belle chlorite (50 à 80 %) et accessoirement montmorillonite. Les sols dépendent des zones climatiques :

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

8 FEB. 1970

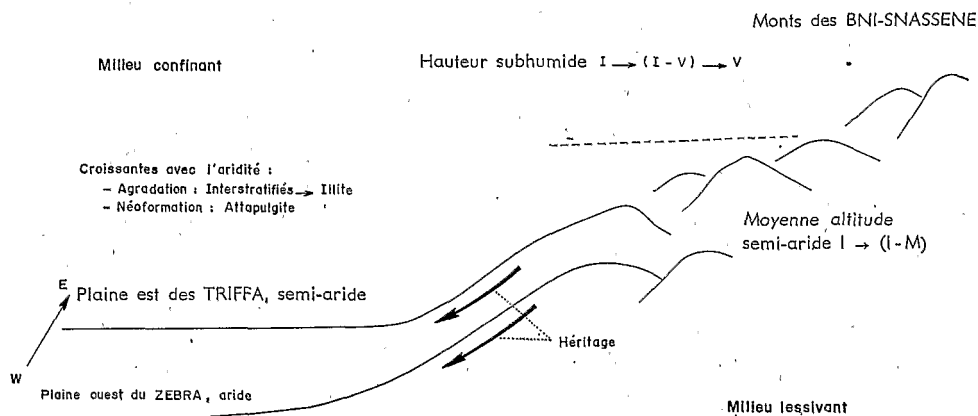
Collection de Référence

n° 13762 B

Au-dessus de 800 m, climat subhumide et pluviosité de 600 mm. Sols fersiallitiques rouges, assez lessivés, à horizon d'accumulation calcaire profond ou même absent. Développement des interstratifiés, illite-vermiculite et chlorite-vermiculite, ainsi que de la vermiculite elle-même qui peut atteindre 70 %.

Plus bas, à mi-hauteur, la pluviosité diminue à 400 ou 500 mm. Les sols fersiallitiques sont rouges, peu lessivés, à forte accumulation calcaire en profondeur. L'illite ouverte est accompagnée d'interstratifiés illite-montmorillonite abondants.

A basse altitude, le climat devient semi-aride et aride, la pluviosité inférieure à 400 mm, les sols de type rendzine ou bruns calcaires. Les minéraux argileux mimment de près ceux des roches : l'altération est faible.



3. *Les grès du Malm.* — Les grès du Jurassique sont très bien représentés dans la partie occidentale des Bni-Snassene. Ils alternent avec des bancs marneux ou calcaires. Leur ciment peut être siliceux, calcaire ou dolomitique. Dans les grès, le minéral argileux dominant peut être la kaolinite ou la montmorillonite, bien cristallisée. L'illite n'est qu'accessoire (10 à 20 %), sauf dans les bancs marneux ou calcaires. Les sols fersiallitiques sont rouges, à texture sablo-argileuse. Le lessivage augmente avec l'altitude. Les minéraux argileux sont des mélanges de kaolinite, de montmorillonite et d'illite, provenant des intercalations marneuses altérées. Ces illites sont dégradées mais parviennent seulement aux interstratifiés illite-vermiculite.

II. LES ARGILES DES SOLS DES PLAINES DE BASSE MOULOUYA. — Les sols isohumiques subtropicaux des plaines de la Basse Moulouya sont développés sur des alluvions et colluvions quaternaires qui proviennent de l'érosion des sols des montagnes [(2), (3)]. En effet, depuis le début du Quaternaire, cette région n'a pu recevoir aucun apport extérieur. Seul le fleuve Moulouya profondément encaissé dans les formations villafranchiennes la traverse en l'ignorant.

Dans les plaines les plus orientales des Triffa, au climat semi-aride, sous une pluviosité de 300 à 400 mm, se développent des sols châtaîns. On trouve de fortes proportions d'illite moins ouverte que dans les Bni-Snassene, des interstratifiés complexes illite-vermiculite et chlorite-montmorillonite, accompagnés d'un peu de

chlorite et de kaolinite. L'attapulгите est présente dans les horizons profonds et spécialement dans les encroûtements calcaires.

Quand on marche vers les plaines occidentales du Zebra, on passe aux sols bruns des climats arides sous des pluviosités de 200 à 300 mm. Les sols deviennent calcaires en surface et les horizons d'accumulation calcaire se rapprochent de la surface. L'illite ouverte reste dominante. Mais les interstratifiés disparaissent progressivement : ils deviennent absents de tous les sols calcaires du Zebra. L'attapulгите augmente avec l'aridité du climat, spécialement dans les encroûtements où elle atteint 100 % de la fraction argileuse (1).

III. EVOLUTION DES MINÉRAUX ARGILEUX DANS LE PAYSAGE. — 1. Dans les hauteurs des massifs montagneux, la fraction argileuse des sols est héritée intégralement des roches mères. Mais elle se dégrade. Le climat subhumide montagnard ne permet que des hydrolyses ménagées. On s'oriente vers les interstratifiés de type illite-vermiculite et la vermiculite.

Dans ces sols fersiallitiques, il y a héritage suivi d'une dégradation ménagée en direction du type vermiculite.

2. Au flanc des montagnes, à altitude moins élevée, la fraction argileuse est encore héritée. Elle est encore dégradée, mais le climat est semi-aride, la pluviuosité diminue, le drainage faiblit et les édifices interstratifiés auxquels on parvient sont de type illite-montmorillonite. Il semble que le lessivage des ions solubles est encore correctement assuré, mais la silice est mieux retenue et les feuillets évoluent vers le type montmorillonite.

Dans ces sols fersiallitiques, il y a héritage suivi d'une transformation ménagée en direction du type montmorillonite.

3. Dans les plaines des Triffa et du Zebra, tous les matériaux offerts aux pédogenèses successives du Quaternaire proviennent en dernière analyse du remaniement des sols de montagne.

Dans ces sols subtropicaux, il y a à l'origine un héritage mécanique généralisé par transport latéral.

4. Dans ces mêmes plaines, les mélanges de minéraux argileux communs montrent que l'illite est moins ouverte et que les interstratifiés sont moins abondants, et ceci d'autant plus qu'on gagne les climats arides. Dans l'ensemble le milieu confiné des plaines aide à la fermeture des espaces interfoliaires.

Dans les sols subtropicaux de la plaine, on observe une tendance vers une agrada-tion ménagée.

5. Enfin, au sein de ces sols subtropicaux se développent des encroûtements calcaires. Le milieu dans ces horizons encroûtés devient assez confiné pour précipiter le calcaire. Au niveau des encroûtements et des croûtes, il est également assez confiné pour que silice, alumine et magnésie soient engagées dans la néoformation de l'attapulгите, ainsi que nous l'avons récemment démontré (1). Et cette attapulгите est

croissante de bas en haut dans chaque profil jusqu'à la croûte ; elle est croissante de l'amont vers l'aval dans chaque glacis ; elle est croissante d'Est en Ouest en fonction de l'aridité.

Dans les sols subarides des plaines, il y a néoformation sur place d'un silicate aluminomagnésien : l'attapulгите.

IV. RELATION ENTRE LE MILIEU LESSIVÉ DE L'AMONT ET LE MILIEU CONFINÉ DE L'AVAL. — Il est tentant d'enchaîner tous ces faits dans le paysage.

Dans les hauteurs, les minéraux argileux hérités des roches mères évoluent par dégradation. Ils tendent vers la vermiculite comme dans les sols lessivés de climat atlantique. Ils perdent de la substance et principalement les ions solubles alcalins et alcalino-terreux et la silice. Au flanc inférieur des montagnes, là où l'aridité intervient, l'évacuation des ions solubles est encore assurée, mais celle de la silice est relativement freinée. Les interstratifiés multiplient les formes gonflantes. C'est une amorce de la montmorillonitisation. Dans les plaines parviennent les ions évacués par les hauteurs. Les ions migrent dans le sol soumis aux évaporations du climat aride. Ils s'y trouvent en partie piégés. Le sodium communique à maints profils des salinités mesurables. Le potassium et le magnésium provoquent une légère agradation générale des minéraux argileux. Le calcium engendre les imprégnations, inclusions et croûtes calcaires. Et dans les encroûtements et croûtes calcaires la silice et la magnésie se combinent à l'alumine pour engendrer une véritable néoformation. Ainsi le milieu lessivé des montagnes provoque l'évolution des silicates par soustraction, tandis que le milieu aride des plaines réalise le milieu confiné où les silicates vont évoluer par addition et de deux manières : transformations agradantes et néoformation⁽¹⁰⁾. Telle est la géochimie de ce paysage où, dans une seule unité géographique, les fruits de la soustraction géochimique en hauteur nourrissent les évolutions par addition de la plaine.

(*) Séance du 6 octobre 1969.

(1) G. MILLOT, H. PAQUET et A. RUELLAN, *Comptes rendus*, 268, Série D, 1969, p. 2771-2774.

(2) A. RUELLAN, *Comptes rendus*, 261, 1965, p. 2379-2382.

(3) A. RUELLAN, *C. R. Conf. des Sols Médit.*, Madrid, 1966, p. 81-89.

(4) A. RUELLAN, *Cahiers Pédologie, O. R. S. T. O. M.*, 5, 1967, p. 421-462.

(5) L. MONITION, *Serv. Géol. Maroc*, Notes et Mém. n° 140, 1958, 96 pages.

(6) J. HUBSCHMANN, Sols, pédogenèses et climats quaternaires dans la plaine des Triffa, *Thèse Ing. Doc.*, Toulouse, 1967, 152 pages.

(7) U. SCHOEN, Contribution à la connaissance des minéraux argileux dans les sols marocains, *Thèse Sc. et Cahiers Rech. Agron. INRA*, Rabat, 26, 1968 (à paraître).

(8) G. AUBERT, *Cahiers Pédologie, O.-R. S. T. O. M.*, 3, 1965, p. 269-288.

(9) Y. TARDY, Géochimie des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique, *Thèse Sc. et Mém. Carte Géol. Als.-Lorr.*, 1969 (à paraître).

(10) G. MILLOT, *La Géologie des Argiles*, Masson et Cie, Paris, 1964, 499 pages.

(Centre de Sédimentologie et de Géochimie, C. N. R. S.,
67-Strasbourg, Bas-Rhin ;
Institut de Géologie, 1, rue Blessig, 67-Strasbourg, Bas-Rhin ;
Mission O. R. S. T. O. M., Centre des Expérimentations,
Rabat, Maroc.)