

INTENSITÉ DE LA FERRALLITISATION. CARACTÉRISATION DES DIFFÉRENTS STADES

par

R. MAIGNIEN*

Pour classer les sols ferrallitiques qui, dans le concept français, sont définis au niveau de la sous-classe, une solution possible est de s'appuyer sur l'intensité de la ferrallitisation. Il faut cependant noter que dans notre classification, la notion d'intensité n'intervient le plus généralement qu'au niveau du sous-groupe. Pour le retenir au niveau du groupe, il faut que les différents stades considérés soient suffisamment tranchés pour donner naissance à des ensembles de profils nettement différenciés. Ceci paraît être le cas pour les sols ferrallitiques. La classification française en reconnaît quatre groupes (AUBERT 1964) :

- les sols faiblement ferrallitiques,
- les sols ferrallitiques typiques,
- les sols ferrallitiques lessivés,
- les sols ferrallitiques humifères.

La dénomination même de ces quatre groupes montre que l'on fait intervenir à ce niveau plusieurs catégories de processus qui ne sont peut-être pas tous de même importance :

- intensité de la ferrallitisation pour séparer sols faiblement ferrallitiques des sols ferrallitiques typiques ;
- lessivage pour distinguer les sols ferrallitiques lessivés ;
- accumulation de matière organique pour les sols ferrallitiques humifères.

Un premier problème à considérer est donc la définition même du terme **ferrallitisation**. Si l'on se réfère à la plupart des données recueillies dans les rapports, on constate que ce terme est généralement pris dans le sens d'un type d'altération spécifique des minéraux des roches. Nous savons qu'il s'agit d'une forme extrême de l'**hydrolyse des silicates**. Ces derniers sont totalement hydrolysés et les éléments cardinaux (Si, Al, Mg, Fe, Ca, K, Na) sont libérés et en majeure partie évacués (G. MILLOT 1964). On peut donc tenter de mesurer l'intensité de cette hydrolyse en comparant la composition des horizons du sol à la composition de la roche leur ayant donné naissance : moins il y a de minerais frais, plus la ferrallitisation est poussée. Il s'agit de dresser un bilan par rapport à des éléments particulièrement stables et constants et, pour ce faire, plusieurs méthodes sont proposées : méthodes isochrome, isotitane, isoalumine ; ou par rapport à des volumes constants méthode isovolumétrique.

* Inspecteur général de Recherches. Directeur du Centre O.R.S.T.O.M. de Yaoundé, Cameroun.

En pratique, seule la seconde est entièrement satisfaisante. Malheureusement, elle n'est applicable que pour des structures conservées, ce qui limite son utilisation. Les premières portent par contre à discussion, d'une part parce qu'il n'y a pas d'éléments totalement stables à l'altération et que, d'autre part les produits libérés ne sont pas tous évacués à la même vitesse : certains sont partiellement retenus, d'autres s'organisent en édifices cristallins nouveaux, d'autres enfin restent passagèrement liés sous formes amorphes qui sont des morceaux de charpentes de silicates ou d'hydroxydes en voie de destruction (allophanes). Ainsi, l'alumine peut s'immobiliser sous forme de gibbsite ou de boehmite ; le fer sous forme de goéthite ou d'hématite ; la silice peut être sous forme de quartz ; ainsi la silice peut s'associer à l'alumine pour donner de la kaolinite. Ces diverses réactions se produisent plus ou moins rapidement et la présence de stades amorphes, mal connus, difficiles à identifier, complique le problème.

La connaissance des matériaux de néosynthèse offre une autre possibilité pour définir différents stades de ferrallitisation. Il est possible, en effet, de comparer qualitativement et quantitativement les produits nouveaux à ceux composant le matériau originel. On peut même tenter d'apprécier leur degré de cristallisation. Pour ce faire, de nombreuses méthodes sont proposées :

- détermination minéralogique des argiles et des sesquioxides ;
- étude des variations des rapports $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$, à travers les différents horizons des profils ;
- étude du rapport limon/argile ;
- étude des revêtements ;
- rapports matériaux amorphes/matériaux cristallisés.

Toutes ces méthodes sont instructives. Elles ne sont malheureusement pas parfaites, car les différents stades de la ferrallitisation (hydrolyse, lessivage, néosynthèse) interfèrent plus ou moins les uns sur les autres et ne se caractérisent généralement pas dans le profil par des horizons spécifiques. Les processus sont étroitement associés et il est difficile de les dissocier sur le terrain, d'autant que si certains éléments sont exportés hors des profils, d'autres, au contraire, peuvent venir les contaminer par le canal des solutions du sol qui circulent obliquement, et, très souvent aussi, par des remaniements mécaniques qui intéressent toute la masse (effondrement de structure, érosion, colluvionement, "creep", etc.). L'évolution s'effectue à l'échelle du paysage. De plus, nous savons que la formation des produits de néosynthèse est étroitement liée à certaines conditions du milieu (drainage, teneur en alcalino-terreux, cristallinité des roches, etc.) qui n'ont le plus souvent qu'un caractère local. Donc, si l'on doit considérer la ferrallitisation comme un processus général, on ne doit le prendre qu'au niveau de l'hydrolyse. Mais, à ce point de vue, il ne semble pas qu'il y ait de différences fondamentales (sauf en ce qui concerne l'intensité) entre une hydrolyse de milieu tropical et une hydrolyse de milieu tempéré. Ce qui est fondamentalement différent, c'est la présence de produits nouveaux, plus particulièrement de gibbsite et de kaolinite.

D'un autre côté, la plupart des méthodes proposées ne sont applicables que si les sols se sont développés à partir de matériaux à minéraux primaires, ou si c'est à partir de minéraux secondaires, de minéraux qui se sont formés en dehors d'une ambiance pédologique (attapulgite, par exemple), ou de minéraux d'origine pédologique non spécifiques des milieux tropicaux humides (montmorillonite par exemple).

Mais il est possible d'observer, en de nombreuses régions du monde, des formations sédimentaires marquées par des processus ferrallitiques anciens. Ces formations donnent naissance actuellement à des sols caractéristiques des milieux écologiques où ils se développent qui, s'ils sont souvent fondamentalement différents des sols ferrallitiques (sols bruns subarides, par exemple) possèdent cependant toute une série de caractéristiques minéralogiques héritées de ce passé ferrallitique (présence de kaolinite, richesse en fer, faible capacité d'échange). Faut-il pour cela les classer parmi les sols ferrallitiques ? Mais le problème se complique singulièrement lorsque des sols ferrallitiques actuels se développent sur des formations ferrallitiques anciennes. Comment alors dissocier ce qui est actuel de ce qui est hérité ? Or, ce cas est malheureusement très fréquent sous les tropiques (exemple des sols de "terre de barre" sur sables tertiaires). Que doit-on considérer comme matériau originel de référence : la roche fraîche sous-jacente située parfois à plus de 10 m de profondeur, l'écorce d'altération marquée par le passé ?

Si même on arrive à définir la ferrallitisation en tant que processus d'altération et à reconnaître et mesurer un gradient dans l'intensité du phénomène, l'interprétation des résultats obtenus par les mesures proposées est très délicate du fait qu'à la notion d'intensité se superpose souvent la

notion de durée d'évolution. Par exemple, en zone fortement ferrallitique, un sol jeune, de faible épaisseur, peut posséder les caractéristiques minéralogiques d'un sol faiblement ferrallitique. Comment dissocier de tels sols qu'il faut cependant différencier, un sol ferrallitique typique peu évolué ne présentant pas le même potentiel agronomique qu'un sol faiblement évolué ? La notion de "ferri-sol" (SYS 1959) trouve peut-être là sa justification ?

A l'opposé, il peut arriver que, sur une roche facilement altérable, en régions tropicale ou équatoriale très humide, le front de ferrallitisation pénètre rapidement en profondeur, laissant derrière lui tout un cortège de noyaux de roches et de minéraux partiellement altérés qui vont se fossiliser dans les horizons de surface par imprégnation ferrugineuse. L'analyse totale de ces horizons fournira les caractéristiques chimiques, voire minéralogiques, d'un sol faiblement ferrallitique et, peut-être même, d'un sol non ferrallitique (rapport $SiO_2/Al_2O_3 > 2$, par exemple).

Pour toutes ces raisons, on peut se demander s'il est vraiment possible de reconnaître différents stades dans l'intensité de la ferrallitisation en s'appuyant sur les seuls critères d'altération et de néosynthèse. Les données ainsi obtenues ne sont qu'indicatives. Elles doivent constamment être confrontées au milieu (au niveau de l'échantillon, de l'horizon, du profil, du paysage).

Il serait plus pédologique de considérer l'ensemble des caractéristiques morphologiques, physiques, chimiques, biologiques des profils entiers, caractéristiques que l'on peut supposer être plus ou moins subordonnées à la ferrallitisation, ce terme étant pris dans le sens "type de développement et d'évolution d'un profil" et non uniquement "type d'altération d'une roche". De plus, ces données devraient être facilement déterminables sur le terrain ; d'où l'importance que devraient présenter les critères morphologiques. Est-il possible de préciser ces critères ?

Cela semble difficile dans l'état actuel de nos connaissances. Il est nécessaire de mener des études systématiques et détaillées sur la morphologie des sols ferrallitiques. Ces considérations justifient pleinement le programme général de la section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M. sur la constitution d'un fichier à normes standardisées, lequel pourra être traité à l'aide des méthodes de la statistique approfondie (R. VAN DEN DRIESSCHE et R. MAIGNIEN 1965). Il est déjà possible cependant de dresser une liste de critères semblant présenter un intérêt dans la caractérisation des sols ferrallitiques. Cette liste, naturellement, n'est pas limitative. Elle appelle des vérifications et des compléments. On peut citer :

- épaisseur des profils : par rapport à la roche non altérée ?
- nature des horizons d'altération : argilitisation ;
- structure : signification des pseudo-sables, oblige au développement d'études sur la microstructure ;
- définition des liaisons particulièrement stables : fer/argile, relation avec la couleur du sol, la structure et les possibilités de lessivage ; tendance au concrétionnement ou cuirassement ;
- entraînement de l'argile en profondeur ; peut-il exister un horizon argilique ? sur quels types d'argiles portent ces migrations ?
- étude des revêtements : humifères, argileux, de sesquioxydes, de produits amorphes ;
- type, teneurs et distribution de la matière organique ;
- porosité, plasticité, adhésivité, etc..

Le problème est, en fait, très comparable à celui posé par les sols "ando" dont les propriétés sont dominées par la richesse en matériaux amorphes résultant de l'altération de verres et produits pyroclastiques divers. La présence importante d'allophanes induits de caractéristiques spécifiques, telles que : capacité d'échange, fixation de la matière organique, etc.. Les spécialistes de ces sols ont été ainsi amenés à donner une définition s'appuyant sur des critères subordonnés aux caractéristiques minéralogiques (F.A.O. 1964), à savoir :

"Sols minéraux dont la fraction active est dominée par des matériaux amorphes (au moins 50 %). Ces sols ont une haute capacité de sorption. Ils présentent un horizon A de couleur noire. Ils sont relativement épais et friables. Leur densité apparente est faible. Ils sont peu collants. Ils peuvent avoir un horizon B, mais ne montrent pas de mouvement apparent de l'argile. Ces sols se distribuent sous des climats humides et subhumides."

Il semble que le problème de la définition et de la classification des sols ferrallitiques pourrait partir d'un point de vue comparable. En fait, la plupart des pédologues travaillant en zone ferrallitique font instinctivement cette approche. Il est indispensable de la concrétiser, en explicitant les données ainsi utilisées. C'est l'objet d'une enquête actuellement en cours.

Bibliographie

AUBERT (G.) - 1964 - La classification des sols utilisée par les pédologues français en zone tropicale ou aride. *Sols afric.*, IX, 1, p.97-105.

F.A.O. - 1964 - *Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. Tokyo, Japan, 11-27 juin*, F.A.O., Rome, 169 p.

MILLOT (G.) - 1964 - *La géologie des argiles*. Masson, Paris, 499 p.

VAN DEN DRIESSCHE (R.), MAIGNIEN (R.) - 1965 - Application d'une méthode de la statistique approfondie à la Pédologie. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, III, 1, p.79-87.