

De la nécessité d'établir une taxonomie objective des sols ferrallitiques sur des bases phylogénétiques

Jean-Pierre MULLER

Pédologue O.R.S.T.O.M. Services Scientifiques Centraux, 70-74 Route d'Aulnay, 93140. Bondy

RÉSUMÉ

La représentation que l'on se fait des sols ferrallitiques à travers leurs images taxonomiques correspond à une vision fragmentaire, voire désordonnée. Les limites à l'objectivité et à l'exhaustivité, tant de leur étude que de leur systématique, tiennent à la fois aux ambitions de la pédologie (formulation précoce de lois spéculatives), aux idées-clés et apports allogènes (large inspiration par la géologie et la géomorphologie), à la subjectivité de l'observateur (altitude projective et réductrice), aux insuffisances dans la formulation, aux difficultés du choix des frontières du « système sol » étudié.

Une vision plus globale des objets et des phénomènes nous oblige à les situer dans un système physique de liaisons spatiales et d'antécédences temporelles : le rationnel et le devenir paraissent deux notions fondamentales et la nécessité d'établir une taxonomie objective sur des bases phylogénétiques devient évidente. Leurs fondements sont les mouvements d'orthogénèse et de diversification, les pulsations et dérives, les genèses de forme et de fond que présente la ferrallitisation et qu'attestent les organisations reliques qui parsèment la longue histoire de ces sols.

La systématique des sols ferrallitiques devrait donc tendre peu à peu à devenir une véritable « anatomie » et « physiologie » de « systèmes-sol », permettant de reconstituer leur histoire organique, expliquer leur environnement et rendre vraisemblable leur distribution géographique.

ABSTRACT

THE SETTING UP NECESSITY OF AN OBJECTIVE TAXONOMY OF FERRALLITIC SOILS ON PHYLOGENETIC PRINCIPLES

The idea one can have upon ferrallitic soils through their taxonomic reflection corresponds to a sketchy picture and even a disorganised picture.

Limits to objectivity and to exhaustivity on their study and set depend on both pedologic aims (speculative laws early formulated), on the main ideas and foreign supplies (broad inspiration from geology and geomorphology), on the observer's subjectivity (reducing and projective altitude), on formulation inadequacies, on difficulties in choosing the soil boundaries to be studied.

A more global view of objects and phenomena make it compulsory to place these later within a physical system of space links and temporal antecedences : Intercourse and Evolution thus appear to be two basic notions and the need of establishing an objective taxonomy on phylogenetic basis becomes evident. Their foundations are of orthogenesis and diversification motions, beatings and derivatives, genesis of content and form, that ferrallitisation presents and which are testified by relic organizations which sprinkle the long history of those soils.

The ferrallitic soils set should then gradually become a real "anatomy" and "physiology" of "soils-systems" allowing the restoration of their organic history, the explanation of their environment and enabling to make their geograph distribution plausible.

MOTS CLÉS : Sols ferrallitiques. Images taxonomiques. Objectivité et subjectivité. Systèmes-sol. Vision globale. Liaisons spatiales et temporelles. Environnement, distribution, histoire des sols. Classifications phylogénétiques.

INTRODUCTION

Science jeune, la pédologie a voulu s'ériger, dès sa naissance, en science autonome, possédant une doctrine. Elle est ainsi devenue rapidement spéculative en cherchant à résoudre les délicats problèmes de genèse. Cette ambition d'être à la fois descriptive et explicative est la plus nettement exprimée par la dualité des fonctions de certaines classifications dites morpho-génétiques : Pensum des connaissances (système de désignation, identification et mémorisation) et systématique des sols (structuration de ces connaissances en un ensemble intelligible).

Mais dès sa première phase, celle de la collecte des données, l'information passe par des filtres, au niveau desquels s'opère un tri, oblige à diverses simplifications, et débouche sur des explications empreintes de subjectivité, voire sujettes aux modes. Ce sont autant d'obstacles à une analyse objective et exhaustive.

Il en est résulté, à l'échelle mondiale, une multitude de classifications, fort bien analysées par SÉGALEN (1977). Pour les sols ferrallitiques, toutes donnent, à divers degrés, l'impression que la représentation que l'on se fait du sol à travers son image taxonomique correspond à une vision fragmentaire.

Partant d'un examen critique de la méthode d'étude de ces sols, nous tenterons ici de jeter quelques bases d'une approche « globale », visant à une plus grande objectivité de l'information et de sa transmission.

LIMITES À L'OBJECTIVITÉ ET À L'EXHAUSTIVITÉ

Nous en examinerons les principales causes avant d'en rechercher les remèdes. Outre l'obligation de faire des choix imposés par notre savoir, il est des tares qu'il paraît déjà possible de combattre. Elles sont inhérentes :

a. *Aux ambitions de la pédologie* : Les lois génétiques spéculatives, formulées très tôt, ont fortement influencé l'analyse pédologique à tous les niveaux. Les types morphologiques sont conçus comme des stades évolutifs. Mais il n'y a pas de séparation bien nette entre le concret et l'interprétation théorique. Ainsi la classification C.P.C.S. (1967) associe-t-elle, à un rang taxonomique élevé, des concepts génétiques de « remaniement » ou de « rajeunissement » à la présence d'un horizon d'accumulation d'éléments grossiers (SÉGALEN, 1969) ou une faible épaisseur du solum (DE BOISSEZON, 1969).

L'instabilité et l'imprécision des « lois » s'est répercutée au niveau de l'observation : exemple des sols « rajcunis » (MULLER, à paraître). En outre

la formulation précoce d'une « pensée génétique » (CHATELIN, 1979), en privilégiant certaines voies de recherche, a longtemps polarisé l'attention des pédologues sur certains aspects des sols ferrallitiques (altération, induration...), en délaissant d'autres (la « maturation structurale » des B meubles, MULLER, 1977 a, par exemple).

b. *Aux idées-clés et apports allogènes* : La pédologie a certes développé des voies propres de recherches, mais a aussi sciemment recherché des bases considérées comme sûres, dans des classifications voisines mieux établies. Cela a influé notablement sur le choix de l'objet à étudier. La géochimie des altérations (DELVIGNE, 1965) ou des cuirasses (LEPRUN, 1979), et la mise en place des matériaux (SÉGALEN, 1967 ; MARTIN, 1967-1970 ; au Cameroun), préoccupations issues de la géologie et la géomorphologie, ont ainsi largement inspiré l'étude des sols ferrallitiques (CHATELIN, 1972).

Outre que ces idées subissent des changements (l'exemple de la « stone-line » est éloquent), elles suscitent des interprétations contradictoires sur des points fondamentaux, tels que la conception même du sol (§ e). Il en résulte aussi un déphasage dans le niveau des connaissances, la géochimie des altérations se situant généralement à leur pointe (CHATELIN, 1974). Ce n'est que très récemment qu'avec des méthodes d'investigations modernes, telles que la microscopie, que certains aspects « oubliés » des sols ferrallitiques ont été abordés en détail. Tel est le cas des microstructures des B argileux (BEAUDOU, 1975 ; BEAUDOU *et al.*, 1977, CHAUVEL, 1976 ; BUOL, ESWARAN, 1977 ; MULLER, 1977 b).

c. *A la subjectivité de l'observateur* : L'analyse morphologique est encore pour l'essentiel soumise à la perception directe de l'observateur. S'il est illusoire de se débarrasser de toute subjectivité, certaines pressions ou contingences peuvent être restreintes, voire éliminées. Un observateur, fortement conditionné par les objectifs qu'il se fixe, est amené à négliger certains faits. Ainsi, pendant une certaine période les éléments grossiers n'ont fait l'objet d'aucune attention particulière, puis ont envahi tout à coup les paysages et polarisé les attentions. Des pédologues partisans d'un allochtonisme outrancier ont négligé les horizons supérieurs et leur possible continuité avec les B meubles profonds à travers l'horizon grossier (« discontinuité dynamique endogène », MULLER, 1977 c).

Cette attitude projective, réductrice, a engendré diverses théories (cf. le « complexe de la stone-line », VOGT, VINCENT, 1966), chacune cherchant à vérifier des concepts d'emprunt, annihilant ainsi la recherche de données pourtant parfaitement décelables (cf. l'exemple précédent des microstructures).

d. *Aux insuffisances dans la formulation* : La terminologie pédologique, bien que concrète et riche, manque de rigueur et de stabilité. D'où une diversification artificielle de faits déjà complexes, qui retarde leur regroupement en masquant leur fréquence, et rend difficile la formulation de corrélations et filiations évidentes. La description des organisations des matériaux meubles ou indurés en fournit de nombreux exemples.

e. *Aux difficultés du choix des frontières du « système-sol » étudié* (MULLER, 1977 d).

Un sol, ensemble d'éléments en interrelation, est un « système ». Le recensement de ses éléments conduit inévitablement à l'identification de ses frontières. Très empreinte de subjectivité la définition des limites inférieures et latérales est l'objet de profondes divergences. Il s'agit, explicitement ou non, de définir, voire de limiter, les objectifs que l'on se propose ou que l'on propose au système. La taxonomie U.S.D.A. repose par exemple sur l'examen de profils de 2 m. La limite inférieure du sol est matérialisée par la stone-line au Congo (SYS, 1959). Eu égard à l'épaisseur généralement multimétrique du seul solum du manteau ferrallitique, ces choix sont donc très discrétionnaires. Un important problème méthodologique se pose : « Il nous faut disposer d'une façon de réfléchir à l'environnement d'un système plus subtile qu'une simple recherche de frontières » (CHURCHMANN, 1968).

VERS UNE VISION GLOBALE

Peut-être plus que tout autre, et pour les raisons invoquées ci-dessus, le domaine ferrallitique nous apparaît donc artificiellement fragmenté, l'information étant fortement centrée sur quelques « compartiments » (GAUVAUD, 1977) spécifiques (altérite, cuirasses, horizons superficiels...). A la limite les faits nous paraissent présentés comme des associations fortuites ou des juxtapositions accidentelles.

Depuis dix années cependant on perçoit un changement d'attitude. Visant à une plus grande objectivité de l'information et de sa transmission, quelques pédologues partisans d'une vision génétique, historique et globale des faits, donc compréhensive et explicative, ont entrepris l'analyse très détaillée et profonde de la *structure* et du *fonctionnement* de « systèmes-sol », en quelques sites sélectionnés pour leur représentativité. A travers quelques publications, on perçoit deux notions fondamentales : la *relationnel* et le *devenir*, avec d'autant plus d'acuité pour les sols ferrallitiques que des formations relictuelles témoignent de phases évolutives successives.

QUELQUES BASES PHYLOGÉNÉTIQUES D'UNE SYSTÉMATIQUE DES SOLS FERRALLITIQUES

Il ne peut s'agir ici de proposer une taxonomie exhaustive. Nous nous contenterons d'en discuter les fondements, à notre avis objectifs, sur la base de quelques exemples.

1. Complication croissante du processus de l'évolution :

En domaine ferrallitique nous avons renoncé à la conception d'une évolution trop simple, régulière, continue et totale des sols. La pédogenèse peut paraître ici complètement figée pendant de longues périodes (cuirasses sommitales anciennes) là reprise et croissante (BOULET, 1978 a), là encore toujours fraîche et montante (sols « faiblement ferrallitiques », ferrisols), là au contraire à peine naissante (Ouest-Cameroun, sur matériau volcanique). A l'intérieur d'un même ensemble certains individus seulement peuvent se mettre à changer (horizons supérieurs meubles), pendant que les autres demeurent immobiles (lithoreliques indurées profondes), si bien qu'à côté des types nouveaux on voit longtemps persister des formes anciennes. Mais en raison de la discontinuité fréquente des organisations (MULLER, 1977 c), nous désespérons de raccorder brin par brin les généalogies pour nous contenter d'une *sériation approchée* seule possible avec les éléments dont nous disposons (MULLER, 1974).

2. Orthogenèse et diversification :

Le manteau ferrallitique qui a pu longtemps passer à nos yeux pour un immense état d'équilibre se déboîte de proche en proche au fur et à mesure de nos investigations dans le passé. Ainsi dans la « classe » des sols ferrallitiques, les figures que nous cataloguons se disposent en « nappes » successives, dont témoignent, par exemple, les aplanissements cuirassés étagés topographiquement, et dont chacune semble avoir occupé à tour de rôle une grande partie du paysage avant de se démanteler plus ou moins complètement, remplacée par la nappe suivante. Les cuirasses bauxitiques, de niveau intermédiaire, de haut, moyen et bas glacis (ESCHENBRENNER, GRANDIN, 1970) sont les traces d'autant d'expressions distinctes les unes des autres mais obéissant, malgré des discontinuités, à une loi incontestable de distribution.

De même plus on descend vers l'infiniment petit, plus on accède à des changements extrêmes. Des organisations qui nous paraissent être un résidu

inchangeable s'avèrent être en constante évolution et se résolvent en figures traduisant une chaîne de transformations rapides (exemple des microstructures des horizons B meubles).

Il ne s'agit pas de saccades désordonnées, mais d'une riche variété de mouvements bien définis, parmi lesquels nous distinguerons deux couples privilégiés :

a. *Les mouvements d'orthogenèse et diversification :*

La seule chose bien entendu que puisse nous livrer l'observation sous toute l'épaisseur d'un intervalle de temps, ce ne sont pas les mouvements eux-mêmes mais leurs traces (organisation témoins), non pas des évolutions continues mais une suite d'états sérialelement distribués. En remontant le temps le pédologue se trouve donc confronté à des séries discontinues. Au sein des ensembles qu'il repère et isole se dessinent deux types de groupement.

— Les termes de la série étudiée se disposent successivement dans le temps. Le pointillé dégagé correspond à un processus génétique linéaire : l'évolution est de *type orthogénétique*. Il en est ainsi de l'induration *constante* de tout ou partie de l'altérite ou de l'altéroplasma de la majorité des sols ferrallitiques (MULLER, inédit).

— Parallèlement, la gamme d'états et de formes soumise à l'épreuve stratigraphique peut se révéler être formée de termes approximativement simultanés. La série considérée ne correspond plus à une seule trajectoire évolutive, mais à une diversification des formes. L'évolution est de *type dispersif*. L'altéroplasation (BOULET, 1974) et la pédoplasation (FLACH *et al.* 1968) ont conduit au développement « simultané » (état actuel) d'horizons « oxiques » et de cuirasses à structure lithologique conservée dans les « vieux » sols (amonts topographiques), et à des horizons « ultiques » et carapaces argilomorphes fragiles dans des sols plus « jeunes » (avals) (MULLER, inédit).

b. *Pulsations et dérives :* Si importants soient ces efforts dispersifs, c'est, de plus en plus et en dernière analyse, à la progression des divers ensembles de sols suivant certains axes privilégiés — c'est-à-dire aux orthogenèses — que nous nous adressons pour essayer de comprendre ce que signifie et où nous mène l'évolution. Cela nous amène à introduire une importante distinction au sein de cette notion d'orthogenèse ou encore de *transformation linéaire dirigée*.

Il peut paraître logique — ce qui n'a pas été fait pour les sols ferrallitiques — de dégager successivement les mouvements de l'évolution par ordre croissant d'amplitude ; pour commencer, le regard du chercheur peut être sensible aux évolutions de périodes relativement brèves, aux « pulsations »,

systèmes souvent basés sur des mécanismes oscillants. C'est par exemple le cas des phénomènes superficiels, particulièrement ceux liés aux variations saisonnières des facteurs de l'environnement (HUMBEL, 1976 ; « microlyse plasmique », MULLER, 1977 e ; phénomène « d'ultradessication », CHAUVEL, 1976). A une échelle spatio-temporelle supérieure nous avons mis en évidence, au Cameroun, de nombreuses différenciations discordantes, qui correspondent à autant de pulsations pédogénétiques dont les effets se recourent (MULLER, inédit). La couverture pédologique du Nord de la Côte d'Ivoire (cf. *supra*) paraît s'être renouvelée au moins cinq fois, ce qui constituerait au moins cinq pulsations d'ordre supérieur sur l'axe de l'expansion ferrallitique.

Des ondes toujours plus longues se laissent donc entrevoir, sous-jacentes aux pulsations d'ordre inférieur, elles paraissent plutôt traduire des *dérives* singulières ou irréversibles. Il en est ainsi de la dérive des sols à horizons « oxiques » (très rouges, fortement microstructurés), et à cuirasses à faciès lithodépendant (LEPRUN, 1979, à hématite et gibbsite dominante), aux sols à horizons « ultiques » (jaunes et compacts) et à carapace fragile d'altéroplasma (à goéthite dominante), en passant par de nombreux intergrades « historiques » (cf. *supra*, MULLER inédit).

Il faut donc à la fois considérer la dérive générale de fond et les diverses branches en lesquelles, en cours de route elle se diffracte.

3. Genèse de formes et de fond :

Les recherches pédogénétiques entreprises ces dix dernières années font apparaître une *spéciation* des matériaux ferrallitiques. C'est-à-dire que non seulement le catalogue individus-sol grossit, mais que ces individus paraissent se rassembler autour de grands types dominants. Le problème est de déterminer les figures engendrées par ces forces de spéciation au cours du temps.

On sait que l'évolution d'un matériau déterminé peut se faire dans des directions divergentes (ex. : D. MULLER, 1979, pour la différenciation des horizons nodulaires). Malgré de nombreux articles examinant ces *vecteurs ramifiés*, nos connaissances sont encore rudimentaires et fragmentaires sur la structure interne de ces « phylas » et leur transformation progressive, et surtout leurs interrelations et les lois de leur succession et de leur distribution d'ensemble ; tout particulièrement quand naissent des discontinuités, abondantes en domaine ferrallitique (MULLER, 1977 c). Ainsi, malgré une énorme quantité de matériaux accumulés, de concepts élaborés, aucune véritable phylétique des sols ferrallitiques n'a pu être formulée.

Peut-être faut-il voir là notre persistance à accorder une plus grande importance à la diversification (collection de faciès, KELLOG, 1939), qu'à l'intensification orientée, aux formes résultantes qu'aux phénomènes responsables.

a. *Genèse de formes*: Il semblerait que dans le foisonnement des « individus » pédologiques, souvent considérés comme indépendants les uns les autres, les grands groupes traduisant des évolutions ou « phyla pédogénétiques » de premier ordre s'évanouissent. La diversification des traits semble déformer un développement des caractères selon certains axes privilégiés. Mais ce dernier réapparaît inmanquablement sur le « tracé d'ensemble » si celui-ci est observé avec quelque recul. Nous avons soulevé ce problème dans trois publications récentes :

— Étudiant le phénomène superficiel d'appauvrissement en argile sous l'aspect de quelques caractères (MULLER, 1972), nous l'avons vu apparaître non comme un simple gradient d'argile, mais comme un ensemble de « fibres typologiques » plus ou moins contrastées et discontinues. Une étude plus globale (MULLER 1977 d et 1978), introduisant deux propriétés fondamentales des systèmes-sol — l'inclusion (espace) et la filiation (temps) — a permis de reconnaître, par-dessus ces fibres, un faisceau continu, vecteur le long duquel les différents types se greffent, formes typologiques marquant diverses étapes du phénomène.

— L'étude complète d'un profil de sol « rajeuni par troncature » (MULLER, à paraître), dont la morphologie présente les critères taxonomiques des processus de « rajeunissement », « remaniement », « appauvrissement » (C.P.C.S., 1967), nous a amené à envisager une subordination des attributs pédologiques et une filiation des processus pédogénétiques.

— A une échelle encore plus vaste, une étude des coupes le long du chemin de Fer Transcamerounais (BOCQUIER, MULLER, 1973 ; MULLER, 1974), a permis la mise en évidence de systèmes indurés à faciès variés, emboîtés dans l'espace et dont la disposition relative des organisations suggérait une succession des différenciations dans le temps (emboitements spatio-temporels).

Ce qui, finalement, doit dominer dans la phylogénèse des grands groupes, ce n'est pas la dispersion mais la « canalisation » des formes.

Ainsi les types ou phases observés apparaissent non pas comme des points isolés, inertes, isotropes, mais représentent des « vecteurs élémentaires », réagissant additivement dans un même sens préférentiel aux facteurs du milieu.

b. *Genèse de fond*: La ferrallitisation se comporte donc comme une onde qui s'étale et semble avoir

essayé dans différentes directions : les nombreux phyla aujourd'hui reconnus se distribuent suivant un certain nombre de rayons, qu'attestent les diverses structures de différents ordres, plus ou moins répertoriées mais peu hiérarchisées dans les diverses taxonomies. Mais ce qui est bien plus remarquable encore n'est-ce pas que suivant ces divers « azimuts » elle ait toujours, dans le fond, essayé dans le même sens, c'est-à-dire :

— D'un point de vue géochimique, vers une altération très profonde des minéraux primaires (le quartz étant lui-même atteint, CLAISSE, 1972), et la néoformation de constituants alumineux, ferrifères et kaolinitiques. PEDRO *et al.* (1975) soulignent l'importance de cette caractéristique, d'ailleurs prise en considération à un niveau taxonomique élevé dans les classifications morphogénétiques (dont C.P.C.S., 1967) ou dans celles fortement axées sur la nature des constituants (FAUCK *et al.*, 1979).

— D'un point de vue « structural », vers la réalisation d'un couple accumulation-dégradation dont témoignent les accumulations indurées, presque toujours présentes à l'état relictuel, et plus ou moins étagées dans l'espace et le temps.

CONCLUSION

La pédologie a connu une phase « linnéenne » de croissance où elle pouvait se ramener à collectionner et étiqueter. Dès cette phase de nombreuses limites à l'objectivité et l'exhaustivité se sont imposées ; elles ont conduit à une image fragmentée, voire désordonnée, du domaine ferrallitique.

Par contre, si on essaie d'éclairer nos représentations des notions de commencement et de devenir (*filiations*) il nous paraît progressivement que toutes les formes observées sont dans un état de dépendance physique et organique (ou *structurale* et *fonctionnelle*).

D'un point de vue taxonomique cela signifie que la *systématique des sols*, partie pour établir une simple classification nominale ou logique des sols devrait tendre peu à peu, sous la pression des faits, à devenir une véritable « anatomie » ou « histologie » de la couverture pédologique. Cette nécessité se révèle avec d'autant plus d'acuité pour les sols ferrallitiques que des structures reliques parsèment leur longue histoire. Particulièrement, n'est-il pas possible de classer les sols ferrallitiques suivant quelques axes privilégiés de l'évolution, sur des bases phylogénétiques — brièvement abordées ici — ou bien une vue « objective » des choses ne nous obligerait-elle qu'à n'apercevoir qu'un foisonnement irrégulier de figures qui apparaissent pour ainsi dire au hasard ? Après

avoir critiqué ici quelques bases de cette alternative, il nous devient évident que pour comprendre un sol, il ne suffit plus d'avoir énuméré ses caractères, et suivant un quelconque de ceux-ci — généralement le plus commode ou le plus apparent (cf. § 2) — de l'avoir ajouté à l'un ou l'autre chapitre d'un catalogue. Il faut, travail bien plus profond, avoir, au moins d'une façon approximative et provisoire, *reconstitué son histoire organique, expliqué son entourage (environnement), et rendu vraisemblable sa distribution géographique*. Finalement aucun sol ne devrait paraître intelligible que par la place qu'il tient, *de par sa genèse*, dans l'édifice entier d'un « système-sol ». Les « bons » caractères, aussi

bien génériques que spécifiques, sont précisément ceux qui décèlent le mieux cette situation.

On ne peut nier d'ailleurs que les études toposéquentielles menées en zone tropicale sèche par BOCQUIER (1973), BOULET (1974), CHAUVEL (1976) — pour ne citer que quelques exemples — nous ont fait faire des progrès considérables dans notre connaissance des sols tropicaux, et que le *système*, puisqu'il s'agit bien de cela, est dès maintenant opérationnel, y compris en domaine ferrallitique (BOULET, 1978 b).

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M. le 11 septembre 1981.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUDOU (A. G.), 1975. — La microagrégation dans les sols. *Multigr.* O.R.S.T.O.M., Abidjan, 15 p.
- BEAUDOU (A. G.) *et al.*, 1977. — Notes sur la micromorphologie de certains sols ferrallitiques jaunes de régions équatoriales d'Afrique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, XV, 4 : 361-380.
- BOCQUIER (G.), 1971. — Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 62, 350 p.
- BOCQUIER (G.), MULLER (J.-P.), 1973. — Les coupes du chemin de fer Transcamerounais de Bélabo à Ngaoundéré. Reconnaissance pédologique. *Multigr.* O.R.S.T.O.M., Yaoundé (Cameroun), 29 p.
- BOISSEZON (P. de), 1969. — Note sur la classification des sols ferrallitiques. *Multigr.* O.R.S.T.O.M., Abidjan, 13 p.
- BOULET (R.), 1974. — Toposéquence de sols tropicaux en Haute-Volta. Équilibres dynamiques et bio-climatiques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, XIII, 1 : 3-6.
- BOULET (R.), 1978 a. — Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique guyanais : Un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre. *Sciences du sol*, 2 : 75-82.
- BOULET (R.), 1978 b. — Étude pédologique des parcelles d'érosion I.N.R.A.-C.T.F.T. I. Préambule : Méthode de prospection détaillée et représentation correspondante des couvertures pédologiques en Guyane Française. *Multigr.*, O.R.S.T.O.M., Cayenne, 9 p.
- BUOL (S. W.), ESWARAN (H.), 1977. — Micromorphology of oxisols. Proc. Vth Intern. Meet. Soil Micromorph., Grenade : 325-347.
- CHATELIN (Y.), 1972. — Les sols ferrallitiques. T. I. Historique, développement des connaissances, formation des concepts actuels. *Init. Doc. Tec.*, n° 20, O.R.S.T.O.M., Paris, 97 p.
- CHATELIN (Y.), 1974. — Les sols ferrallitiques. T. III : L'altération. *Init. Doc. Tec.*, n° 24, O.R.S.T.O.M., Paris, 144 p.
- CHATELIN (Y.), 1979. — Une épistémologie des Sciences du sol. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 88, 151 p.
- CHURCHMAN (C. W.), 1974. — Qu'est-ce que l'analyse par les systèmes ? Dunod Entreprise. Trad. Franç., 217 p.
- CHAUVEL (A.), 1976. — Recherches sur les transformations des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Évolution et réorganisation des sols rouges en moyenne Casamance. *Trav. Docum., O.R.S.T.O.M.*, n° 62, 543 p.
- CLAISSE (G.), 1972. — Étude de la solubilisation du quartz en voie d'altération. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, 10, 2 : 97-122.
- C.P.C.S., 1967. — Classification française des sols. *Multigr.* 87 p.
- DELVIGNE (J.), 1965. — Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique, *Mém. O.R.S.T.O.M.*, 13, 117 p.
- ESCHENBRENNER (V.), GRANDIN (G.), 1970. — La séquence des cuirasses et ses différenciations entre Agnibélékrou (Côte d'Ivoire) et Diébougou (Haute-Volta). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, II, 2 : 205-245.
- FAUCK (R.) *et al.*, 1979. — Projet de classification des sols, O.R.S.T.O.M., Paris, 299 p.

- FLACH (W.) *et al.*, 1968. — Pedogenetic alteration of highly weathered parent materials. *Trans. 9th. Intern. Congr. Soil Sci.*, vol. IV : 343-351.
- HUMBEL (F. X.), 1976. — L'espace poral des sols ferrallitiques du Cameroun. *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, Paris, n° 54, 306 p.
- KELLOG (C. E.), 1939. — Soil classification and cartography in relationship to other soil research. *Proc. Soil. Soc. Amer.*, 4 : 339-342.
- LEPRUN (J. C.), 1979. — Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique Occidentale sèche. Genèse, transformation, dégradations. Thèse Sci. Nat., Strasbourg, 214 p.
- MARTIN (D.), 1967. — Géomorphologie et sols ferrallitiques dans le Centre Cameroun. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, V, 2 : 189-218.
- MARTIN (D.), 1970. — Quelques aspects des zones de passage entre les surfaces d'aplanissement (Centre-Cameroun). *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, VIII, 2 : 219-241.
- MULLER (D.), 1979. — Contribution à l'étude de la différenciation des horizons nodulaires de sols ferrallitiques congolais sur granito-gneiss. Thèse 3^e cycle, Univ. Paris VII, 118 p. *multigr.*
- MULLER (J. P.), 1972. — Étude macromorphologique des sols appauvris en argile du Gabon. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, X, 1 : 77-93.
- MULLER (J. P.), 1974. — Transport et accumulation de matière en domaine ferrallitique camerounais. Premières données morphologiques et interprétation. *Multiogr.* O.R.S.T.O.M., Yaoundé, 21 p.
- MULLER (J. P.), 1977 a. — La maturation structurale des horizons B meubles et rouges des sols ferrallitiques du Centre-Cameroun. *Multiogr.* ONAREST, Yaoundé, 19 p.
- MULLER (J. P.), 1977 b. — Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques, à l'amont des modelés convexes (Centre Cameroun). Aspects morphologiques. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, XV, 2 : 239-251.
- MULLER (J. P.), 1977 c. — Les phénomènes de discontinuité en pédologie, application au domaine ferrallitique, illustration par des exemples camerounais. *Multiogr.* ONAREST, Cameroun, 34 p.
- MULLER (J. P.), 1977 d. — Le problème des frontières du système-sol. Application à la méthodologie de l'étude du phénomène d'appauvrissement en argile des sols ferrallitiques. *Multiogr.* ONAREST Cameroun, 14 p.
- MULLER (J. P.), 1977 e. — La microlyse plasmique et la différenciation des épipédons dans les sols ferrallitiques rouges du Centre Cameroun. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, XV, 4 : 345-359.
- MULLER (J. P.), 1978. — La séquence verticale d'organisation des horizons meubles ferrallitiques au Cameroun. Variations en latitude en fonction du pédoclimat et de l'âge des sols. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, XV, 4 : 73-82.
- MULLER (J. P.), à paraître. — Rajeunissement par troncature d'un sol ferrallitique rouge du Cameroun. Problématique génétique et incidences taxonomiques.
- PEDRO (G.) *et al.*, 1975. — Sur la nécessité et l'importance d'une distinction fondamentale entre type et degré d'altération. Application à la définition de la ferrallitisation. *C.R. Acad. Sci. D*, 280, 7 : 825-828.
- SEGALEN (P.), 1967. — Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, V, 2 : 137-187.
- SEGALEN (P.), 1969. — Le remaniement des sols et la mise en place de la stone-line en Afrique. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. *Pédol.*, VII, 1 : 113-132.
- SEGALEN (P.), 1977. — Les classifications des sols. *Revue critique.* O.R.S.T.O.M., Paris, 175 p.
- SYS (C.), 1959. — La classification des sols au Congo. Ses principes et ses méthodes. *I.N.E.A.C. Publ. sér. Techn.*, n° 66, Bruxelles, 149 p.
- VOGT (J.), VINCENT (P. L.), 1966. — Terrains d'altération et de recouvrement en zone intertropicale. A. Le complexe de la stone-line. *Bull. B.R.G.M.*, n° 4.