

**O
N
A
R
E
S
T**

**INSTITUT DE RECHERCHES AGRICOLES ET FORESTIÈRES
(I. R. A. F.)**

**REFLEXIONS SUR LES FONDEMENTS
D'UNE SYSTEMATIQUE DES SOLS**

**Bases génétiques et
approche systémique**



J. P. MULLER
Pédologue ORSTOM
1978

REFLEXIONS SUR LES FONDEMENTS D'UNE SYSTEMIQUE DES SOLS :
BASES GENETIQUES ET APPROCHE SYSTEMIQUE

-----oooOOooo-----

par

Jean-Pierre MULLER
Pédologue de l'ORSTOM *

* ONAREST. Institut de Recherches Agricoles et Forestières
Station Agronomique de Nkolbisson - B.P. 2067
YAOUNDE, Cameroun.

R E S U M E :

Des études séquentielles récentes ont montré qu'au-dessus de l'individu-sol existaient des structures d'ordre supérieur, caractérisées scientifiquement par des propriétés spécifiques parfaitement déterminables. Ces dernières sont irréductibles aux modes d'action de toute unité matérielle appartenant à un ordre de grandeur inférieur. Ainsi le continuum pédologique présente une structure hiérarchisée ; il semble possible d'y connaître une disposition "congénitale" des sols ; il nous apparaît que toutes les formes observées sont dans un état de dépendance physique et organique (ou structurelle et fonctionnelle) : la fondamentale unité du continuum pédologique et l'interliaison des éléments deviennent des évidences dont on ne peut plus se détacher.

Actuellement donc, connaître scientifiquement un objet, un phénomène pédologiques, c'est les situer dans un système physique d'antécédances temporelles et de liaisons spatiales. Or tout se passe comme si la systématique des sols ne puisse intégrer dans sa trame des unités de complexité supérieure à celle de l'individu-sol. De simple classification nominale elle hésite à devenir une véritable anatomie et histologie du continuum pédologique.

Dans cet article nous discutons de ces bases génétiques, phylétiques et systémiques sur lesquelles le pédologue classificateur devrait à notre avis porter ses efforts. Certes les difficultés pratiques ne manquent pas ; nous avons soulevé quelques uns de ces écueils. Nous n'en sommes pas moins convaincu que classer un sol c'est lui trouver sa place vraie, naturelle donc objective, dans l'ensemble organique des figures pédologiques considérées comme un tout en évolution. Il nous faut donc tenter de reconstituer son histoire organique, expliquer son environnement, et rendre vraisemblable sa distribution géographique.

.../...

A V E R T I S S E M E N T :

Il est bien entendu, d'abord, que dans ce qui suit, nous nous cantonnons expressément, comme il convient, sur le terrain des faits, c'est-à-dire dans le domaine du tangible et du photographiable. Discutant des perspectives scientifiques, nous nous en tiendrons à l'examen et à l'arrangement des apparences, c'est-à-dire des "phénomènes". Préoccupé des liaisons et de la succession que manifestent ces phénomènes, nous ne nous occuperons pas de leurs causalités profondes.

Les vues qui seront présentées ne sont encore que naissantes. Elles ne peuvent être prises comme définitives. Ce que nous proposons ce sont des suggestions, plus que des affirmations. Notre principal objectif n'est pas de convertir à des conceptions encore mouvantes, mais d'ouvrir des horizons.

* * *

.../...

P L A N :

- 1 - INTRODUCTION : LES FONDEMENTS ET LE FOND D'UNE SYSTEMATIQUE DES SOLS.
- 2 - VERS UNE VISION GLOBALE : UN PROBLEME METHODOLOGIQUE
 - 2.1 - L'infiniment complexe
 - 2.2 - Critique du raisonnement
 - 2.3 - Approches analytique et systémique
 - 2.4 - Limites de la notion de système
 - 2.5 - Pour une vision dynamique, génétique
 - 2.6 - Confusion partielle avec d'autres approches.
- 3 - LES BASES GENETIQUES ET PHYLETIQUES D'UNE SYSTEMATIQUE DES SOLS.
 - 3.1 - Confirmation par les faits de l'évolution en pédologie
 - 3.2 - Complication croissante du processus de l'évolution
 - 3.3 - Génèses de formes et de fond
 - 3.4 - Orthogénèse et diversification
 - 3.5 - L'existence de liaisons inter et supra-individuelles
 - 3.6 - Organisations spatio-temporelles : Une loi de récurrence
 - 3.7 - L'essence génétique d'une classification des sols.
- 4 - QUELQUES ECUEILS D'UNE SYSTEMATIQUE BASEE SUR UNE GENETIQUE SYSTEMIQUE.
 - 4.1 - L'apparence nécessairement discontinue de toute série évolutive
 - 4.2 - Les difficultés du choix des systèmes-sol.
L'exemple des sols ferrallitiques.
- 5 - CONCLUSIONS.
 - 5.1 - Pour une "anatomie" et une "physiologie" généralisées
 - 5.2 - Pour une approche systémique.

BIBLIOGRAPHIE.

"Aujourd'hui, la connaissance positive des choses s'identifie avec l'étude de leur développement"
(Theillard de Chardin. Le Phénomène Humain).

1 - INTRODUCTION : LES FONDEMENTS ET LE FOND D'UNE SYSTEMATIQUE
DES SOLS.

L'idée d'évolution est admise par tous les pédologues. Plus d'ailleurs on approfondit les perspectives, plus on est surpris de leur ampleur et de leur évidence. Mais plus on se sent étonné de la lenteur que met généralement le classificateur à se dégager de questions accessoires ou mal posées pour regarder exactement soit les problèmes, soit les réponses de fond qu'il importerait seul de voir.

La preuve inéluctable d'une évolution est fournie par les traces incontestables de structure hiérarchisée que manifeste à l'analyse le continuum pédologique considéré comme formant un tout. Certes l'idée et la compréhension d'ensembles pluri ou supra individuels nous sont moins familières en pédologie que celles d'individus-sol. Et cependant l'existence de vastes complexes évolutifs se manifeste à nous par des phénomènes précis aussi indiscutables que ceux qui caractérisent les relations à l'intérieur de chacun d'entre nous pris individuellement. Il y a une distribution et une interrelation naturelle des éléments dans l'espace et dans le temps : toutes les études séquentielles approfondies le montrent. Il apparaît possible d'établir une hiérarchie des structures suivant une loi de récurrence, de connaître une disposition "congénitale" et structurale des sols. Différents types de groupements peuvent être envisagés. Un ensemble de sols peut être intégré à des systèmes de grandeur supérieure ou au contraire se résoudre en unités plus petites. Or tout se passe actuellement comme si la systématique des sols, qui admet ces divisions vers des entités de plus en plus réduites et spécifiques (du groupe à la série par exemple) ne puisse intégrer dans sa trame des unités de complexité supérieure à celle de l'individu-sol. De simple classification nominale elle hésite à devenir une véritable anatomie ou histologie du continuum pédologique. Et quand elles pressent des organisations ou des fonctions d'ordre supérieur, elle les assimile à des faits élémentaires, les parcellises ajoutant la confusion au manque d'objectivité.

En fait tout se passe actuellement comme si de nombreux pédologues, "transformistes" dans leur recherche, devenaient "fixistes" dès qu'il s'agit de passer à la systématique des objets étudiés.

2. - VERS UNE VISION GLOBALE : UN PROBLEME METHODOLOGIQUE

2.1 - L'infiniment complexe

Les méthodes d'investigation en pédologie nous ont conduit à envisager le très grand (pour ne pas dire l'infiniment grand), c'est-à-dire à examiner des objets naturels de grandes dimensions (paysages, domaines, zones, surfaces, couverture ...), ou à plonger vers l'infiniment petit (microscopie, électronique, RX...). Cette large échelle d'observations nous a aidé à percevoir un autre infini, l'infiniment complexe né de l'extraordinaire variété des éléments, des relations, des interactions et combinaisons, sur lesquels repose le fonctionnement des systèmes naturels dont fait partie le sol (1). Mais le naturaliste, et le pédologue en particulier, ne dispose plus d'instrument pour observer, comprendre et éventuellement agir sur cet infini. Son seul outil est son intelligence, sa raison.

2.2 - Critique du raisonnement :

De plus en plus et dans toutes les sciences (notamment en géographie, science proche à la nôtre), on parle "vision d'ensemble", "d'effort de synthèse". Mais notre éducation ne nous a guère préparé à ces attitudes. Les disciplines scientifiques ont découpé la nature en "chasses gardées", en modules. Cette éducation nous a habitué à une logique d'exclusion, de dualité (CHATELIN, le profil pédo. 1971), celle qui conduit à raisonner en termes d'opposition et d'exclusivité, qui mène aux logiques dichotomiques (dans lesquelles cherchent plus ou moins consciemment à s'enfermer les classificateurs). Or les sciences naturelles, l'écologie, nous montrent qu'il n'existe pas d'oppositions aussi tranchées dans la nature. Toute relation ou équilibre sont fondés sur le pluralisme, la diversité, la causalité mutuelle. "Il n'y a pas de logique d'exclusion ou de l'opposition, mais une logique de l'association et de la complémentarité". (J. de Roinay 1975.)

(1) Par complexité nous n'entendons pas seulement le nombre et la variété des éléments formant cet ensemble. Associés sans ordre tous ces éléments formeraient une hétérogénéité non une complexité. Telle que nous le comprenons ici, la complexité est une hétérogénéité organisée, et par conséquent centrée.

Cette logique d'exclusion, associée à une conception causaliste et analytique, parfois réductionniste de l'évolution^{et} des organisations pédo-
logiques, a souvent conduit le pédologue à ne s'occuper que des 'objets'
(aspect statique) et à négliger les 'sujets' (aspect dynamique, fonctionnel
évolutif).

2.3 - Approches analytique et systémique :

"Notre éducation semble favoriser la pensée analytique sur la pen-
sée systémique, la pensée rationnelle sur la pensée intuitive" (J. de
ROSNAY, 1975).

L'approche analytique ramène un système à ses éléments les plus
simples, les étudie en détail et décrit les types d'interaction qui exis-
tent entre eux. Pour étudier les lois du comportement du "système", on mo-
difie une variation à la fois et on essaie de prédire des propriétés du
système en conditions changeantes. (J.P. MULLER, 1977.). On suppose ainsi
que le système est homogène, que les éléments sont semblables, que les in-
teractions sont faibles, et que les propriétés élémentaires répondent aux
lois d'activité.

Mais dans la nature les systèmes sont hautement complexes, les élé-
ments sont très diversifiés, les interactions fortes, les propriétés élé-
mentaires non additives. Une nouvelle approche est nécessaire. "Il faut con-
siderer le système dans sa totalité, sa complexité, sa dynamique propre."
(J. de Rosnay).
Un système se propose de représenter (ou modéliser) dans sa globalité (et
non totalité exhaustive) (K.E. BOULDING 1956).

La biologie, l'écologie, l'économie... nous ont habitué à quelques
grandes notions de base : l'énergie et son utilisation ; les flux, les cy-
cles et ^{les} réservoirs ; les réseaux de communication ; la stabilité, la crois-
sance, l'évolution ; et celle de "système" qui relie toutes les autres.

Une approche commune pour comprendre et mieux décrire la "comple-
xité organisée" existe depuis les trente dernières années : c'est l'appro-
che systémique (ou analyse systémique, BAREL 1971). Elle est transdiscipli-
naire (R.L. ALKOFF, 1960 (1)) parce que "née de la fécondation de diverses

(1) "We must stop acting as though nature were organized into disciplines"

disciplines telles que la biologie, la théorie des systèmes, la cybernétique, la théorie de l'information." Il s'agit d'une methodologie qui vise à rassembler et organiser les connaissances, et non d'une discipline, théorie ou nouvelle science. Il s'agit "d'un cadre conceptuel de référence susceptible de faciliter l'acquisition des connaissances par les méthodes classiques". (J. de Rosnay, 1975) Cette approche englobe la totalité des éléments de l'ensemble étudié, leurs interdépendances, leurs interactions. Elle s'appuie sur la notion de "système", "ensemble d'éléments en interaction" (pris dans son sens le plus général).

Notons que des approches pluridisciplinaires ont été (ou sont) tentées, notamment par des géographes (ALLAIRE et al. (1973), BERTRAND (1968), RICHARD (1974), TRICARD (1973-74)). Elles visent théoriquement la résolution de problèmes complexes en tirant profit de la manière de voir de plusieurs disciplines et de la complémentarité des méthodes et techniques. Or combien ^{parmi} ces expériences sont celles qui n'ont jamais dépassé le stade de la "juxta-disciplinarité" ? (cf. Thème contact-savane en Côte d'Ivoire, AMENARD 1969). L'expérience a montré que dans l'analyse, les disciplines divergeaient ou en tout cas avaient beaucoup de mal à s'intégrer. Sans une approche systémique, qui dose et intègre les contributions respectives de chaque discipline, et qui ne les juxtapose pas à priori, cette opération semble vouée à l'échec. Si cette organisation est "finalisée", c'est-à-dire rendue nécessaire par la résolution de problèmes elle peut aboutir à une convergence des disciplines. Les coopérations pluridisciplinaires dans la conception sont ainsi plus efficaces, comme l'expérience l'a montré dans de nombreux domaines (voire les grandes théories ou concepts nés de la symbiose entre des disciplines très variées).

2.4 - Limite de la notion de système :

Cette notion commode, à force d'un emploi trop systématique, risque de se vider de sa substance (1). Ce "galvaudage" fréquent est né de ce que l'on cherche souvent à établir des analogies, à réduire un système à un autre considéré comme mieux connu (l'écologique au biologique par exemple), à transposer la connaissance d'un niveau inférieur à un niveau de

(1) BAREL (1971, p. 82) : "l'analyse de système peut parfois, mais de façon extraordinairement impressionnante, ne servir à rien".

complexité supérieur (J.P. MULLER 1977c). Mais la "lucidité ne justifie pas l'inaction" (LE MOIGNE 1972). Nous devons donc chercher à dépasser cette analyse analogique et chercher ce qui est commun aux différents systèmes, c'est-à-dire les "invariants" (principes généraux, structuraux et fonctionnels), en permettant une circulation des concepts d'une discipline à une autre.

2.5 - Pour une vision dynamique, génétique :

Nombre de travaux de synthèse anciens s'appuient sur une vision statique, celle des systèmes simples, fermés, "solides", permanents, rigides et stables, où les effets et les équilibres sont ceux des forces, où le temps est réversible, ou la causalité est linéaire (relations logiques de causes à effets au cours du temps), où le comportement des systèmes est prévisible, reproductible, réversible.

Au contraire l'examen des systèmes aussi complexes que sont les systèmes naturels nous oblige à introduire les notions de systèmes ouverts, de "fluidité", de mobilité, souplesse et adaptabilité, de flux et d'équilibre de flux, de durée, de "causalité circulaire" (stabilité dynamique, état stationnaire, "tuenover"), et envisager des systèmes imprévisibles, irréproductibles, irréversibles. "Deux notions fondamentales apparaissent : (J. de Rosnay 1975). Le relationnel et le devenir". Une vision génétique s'impose.

2.6 - Confusion partielle avec d'autres approches :

L'approche systémique ne doit pas être confondue avec les approches suivantes (J. de ROSNAY 1975) :

- L'approche cybernétique (WIENER, 1948) qui vise la seule étude des relations et communications, des échanges d'informations entre systèmes simples (à une seule finalité) et son environnement, et qui est donc englobée par l'approche systémique.

.../...

- La théorie générale des systèmes (BERTALANFFY, 1973) qui décrit et englobe dans des formules mathématiques les systèmes naturels. Cet aspect 'pratique' se distingue donc de l'approche systémique. De même l'analyse des systèmes qui conduit à la réduction d'un système en ses éléments et interactions est un outil de l'analyse systémique.

- L'approche systématique qui analyse en détail, sans rien oublier, d'une manière séquentielle, est différente de l'approche systémique qui correspond à une vision globale.

3. - LES BASES GENETIQUES ET PHYLETIQUES D'UNE SYSTEMATIQUE DES SOLS.

3.1 - Confirmation par les faits de l'évolution en pédologie :

Si l'on pose un large regard sur une quelconque région du monde pédologique on risque de n'être impressionné que par des saccades et des lacunes, c'est-à-dire de n'apercevoir que du désordre. Si l'on veut saisir avec netteté le point de vue "transformiste" de la pédologie il nous faut avant de considérer le continuum pédologique dans sa totalité ou dans ses organisations les plus anciennes, observer des objets limités et caractéristiques en concentrant son attention sur quelque ensemble d'apparition et d'expression particulièrement récentes, où les liaisons entre formes soient encore faciles à déchiffrer. Dans la masse si diversifiée des objets pédologiques il est possible aujourd'hui de reconstituer certaines lignes de développement indubitables fournissant des axes et une loi de périodicité suivant lesquels nous pouvons ordonner l'ensemble confus des autres objets. Sur des ensembles convenablement choisis d'horizons lessivés et d'accumulation (BOCQUIER, 1971), nous le constatons à n'en pouvoir douter : Il y a des règles précises, simples, constantes, qui président à la complication graduelle et "dirigée" des organisations. Dans le temps les formes s'introduisent les unes les autres, rameaux le long desquels certains caractères vont en s'accroissant régulièrement.

Chacun de ces rameaux forme un tout qui possède son individualité et une destinée : il naît, se développe, se fixe et disparaît. Nous pouvons dès lors, dans beaucoup de cas, à l'inspection des caractères d'un objet isolé, affirmer sans crainte par quelles étapes intermédiaires a passé ce caractère avant d'être formé. Ainsi BOCQUIER et al. (1970-74), nous ^{ont} / montré

qu'un horizon lessivé, après avoir atteint un stade avancé de son évolution et s'être "vidé" de sa matière argileuse, peut devenir structure d'accueil pour des argiles néoformées et disparaître en se transformant en un B d'accumulation secondaire. Seul l'arrangement de son squelette permet alors de dire qu'il s'agit d'un ancien horizon éluvial. De même un sol dont le profil présente une succession d'horizons sableux et argileux juxtaposés a pu jusqu'alors être confondu avec un sol alluvial dans le Nord-Cameroun alors qu'à la lumière des travaux de BOCQUIER (1971) sur des séquences à sols lessivés et d'accumulation ces sols sont maintenant cartographiés comme sols polysériés à horizons éluviaux superposés (BRABANT, GAVAUD, à paraître).

Là où on ne possède que des échantillons incomplets ou clairsemés nous tentons ainsi de proche en proche de tracer des ébauches de phylum ou des "séries généalogiques". Des lois générales d'évolution sont découvertes sur des organisations restreintes ; nous essayons ensuite de les appliquer à des ensembles de grandeur croissante. Des convergences d'organisations à différentes échelles sont mises en évidence (J.P. MULLER, 1974a), une véritable "sociologie des sols" est tentée (SCHLICHTING, 1970) : un ensemble de sols est aussi un sol (GAVAUD, 1976).

3.2 - Complication croissante du processus de l'évolution :

Mais 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, là brusquement reprise et continuant à croître, là encore toujours fraîche et montante, là au contraire à peine naissante. A l'intérieur d'un même ensemble pédologique certains individus seulement peuvent se mettre à changer pendant que les autres demeurent immobiles, si bien qu'à côté des types nouveaux on voit longtemps persister des formes anciennes (1). Chose plus troublante, les types immobiles que nous trouvons dans la nature ne sont pas seulement des extrémités de rameaux, des espèces coincées dans une sorte d'impasse morpho-

(1) -----
"L'enchêvêtrement de toutes les pousses nées à un même printemps est compliqué par la persistance de nombreux types archaïques dont les flèches monotones percent de tous côtés la frondaison nouvelle" (TEILLARD de CHARDIN, 1957, la vision du passé).

logique ou géochimique mais des formes vivantes en équilibre instable auxquelles on ne peut faire jouer le rôle d'intermédiaire généalogique. Il en est ainsi des sols rouges ferrallitiques multimétriques recouvrant d'immenses surfaces en zone intertropicale. Nous désespérons ainsi de raccorder brin par brin les généalogies pour nous contenter d'une sériation approchée, seule possible avec les éléments dont nous disposons.

3.3 - Genèses de Formes et de Fond :

Les recherches pédogénétiques entreprises ces dix dernières années font apparaître en outre une spéciation des matériaux pédologiques. C'est-à-dire que non seulement le catalogue individus-sol grossit, mais que ces individus se rassemblent 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 selon des vecteurs ramifiés. Mais nos connaissances sont encore rudimentaires et fragmentaires sur la structure interne de ces "phyla" et leur transformation progressive, et surtout leurs interliaisons et les lois de leur succession et de leur distribution d'ensemble. Ainsi malgré une énorme quantité de matériaux accumulés, de concepts élaborés, aucune véritable phylétique des ^{sols} n'a pu être formulée.

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

a/ - Genèse de formes :

Nous sommes parvenus à analyser avec une telle minutie les individus pédologiques que sous l'action du traitement, les grands groupes traduisant des évolutions ou "phyla pédogénétiques" de premier ordre donnent l'impression de disparaître. Il semblerait, au premier abord, que dans le foisonnement des formes, considérées comme indépendantes les unes les autres, la phylétique s'évanouisse comme une illusion à partir du moment où on essaie de la voir de près.

Mais justement, de regarder de trop près ne déforme-t-il pas cette

"réalité phylétique" ? La diversification des traits ne masque-t-elle pas un développement des caractères selon certains axes privilégiés. Mais ce développement, cette accentuation réapparaît immanquablement sur le "tracé d'ensemble" si celui-ci est observé avec quelque recul. Qu'importe au lieu de se représenter le phénomène d'appauvrissement sous l'aspect de quelques caractères (J.P. MULLER, 1972), d'un simple gradient d'argile, nous le voyons apparaître comme un ensemble de "fibres" typologiques plus ou moins contrastées et discontinues. L'essentiel est que par dessus ces fibres on reconnaisse un faisceau continu, vecteur le long duquel les différents types^{se} greffent, formes typologiques marquant diverses étapes du phénomène. 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 phase 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. C'est ainsi que "l'appauvrissement" en argile des sols ferrallitiques nous est apparu comme l'un de ces "vecteurs" caractéristiques d'un phénomène plus profond de "dégradation" par "microlyse plasmique" (J.P. MULLER, 1977b).

b/ - Génèse de fond :

Reportés symboliquement sur un même schéma, les nombreux phyla aujourd'hui reconnus par la pédogénèse, se distribuent suivant un certain nombre de rayons dirigés dans des directions divergeantes : chaque phylum pouvant en quelque sorte se définir par un "azimut" qui donne sa position et son orientation par rapport au système tout entier.

De ce point de vue on pourrait dire que la ferrallitisation, dans ces tâtonnements, se comporte comme une onde qui s'étale. En vérité elle semble avoir essayé dans ~~différentes~~ directions. Mais ce qui est bien plus remarquable encore n'est-ce pas que suivant ces divers azimuts elle est toujours essayé dans le même sens, c'est-à-dire vers la réalisation d'un couple d'accumulation-dégradation dont témoignent ces divers faciès indurés, étagés dans le temps et l'espace. (J.P. MULLER, à paraître).

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.

3.4 - Orthogénèse et diversification :

L'ensemble pédologique et plus spécifiquement le domaine ferrallitique ont pu longtemps passer à nos yeux pour un immense état d'équilibre (en dépit dirons-nous de la brièveté de nos existences). Ce support apparemment immuable de notre expérience commence à changer, en se déboîtant de proche en proche et au fur et à mesure de nos investigations dans le passé : un système d'ondes de plus en plus longues, un rythme d'amplitude et de lenteur plus grandes sont décelés.

De même, plus on descend vers l'infiniment petit, plus on accède à des changements extrêmes. A des grossissements suffisamment puissants un monde qui nous paraissait être ^{un} résidu interchangeable s'avère être en constante évolution voire se résoudre en figures traduisant une chaîne de transformations rapides. Il en est ainsi des microstructures des horizons B rouges ferrallitiques (J.P. MULLER, 1977a).

Ainsi, par simple approfondissement de notre perception du passé, tout l'ensemble pédologique se met en branle, à tous ses niveaux et jusque dans son organisation intime. Mais il nous apparaît qu'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'orthogénèse 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, non pas des évolutions continues mais une suite d'états sérialement distribués, une suite d'organisations témoins, une sorte de dessin en pointillé. En remontant le temps le pédologue se trouve confronté à des séries discontinues. Au sein des ensembles qu'il repère et isole se dessinent deux types de groupements.

- Très souvent les termes de la série étudiée se disposent successivement dans le temps. Le pointillé dégagé correspond alors à un processus génétique linéaire. L'évolution est du type orthogénétique.

- D'autres fois, par contre, il arrive que la gamme d'états ou de for-

mes soumises à l'épreuve stratigraphique se révèle formée de termes, non point espacés dans le temps, mais approximativement simultanés. Dans ce cas, il devient clair que la série considérée ne correspond plus à une seule trajectoire évolutive, à une croissance graduelle, mais à une diversification des formes. L'évolution est du type dispersif.

b/ - Pulsations et dérives :

Ces effets dispersifs entretiennent par ^{si} jeu diversifiant une certaine puissance expansive de la pédogenèse. Mais ^{si} importants soient-ils, c'est de plus en plus et en dernière analyse à la progression différentielle des divers ensembles de sols suivant certains axes privilégiés (c'est-à-dire aux orthogénèses) que nous nous adressons pour essayer de comprendre ce qui signifie et où nous mène l'évolution. L'examen objectif des faits observés à longue distance nous amène là encore à introduire une importante distinction au sein de cette notion orthogénèse ou encore de transformation linéaire dirigée.

Les mouvements de l'évolution sont très lents. Il est naturel que, dans notre perception du passé, ils se dégagent successivement par ordre croissant d'amplitude : le regard du chercheur est, pour commencer, sensible aux évolutions de période 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. Bien que de période plus longue la microlyse plasmique de la partie supérieure des B rouges ferrallitiques (J.P. MULLER, 1977b) entrerait dans cette catégorie.

Des ondes toujours plus longues se laissent entrevoir, sous-jacentes à ces pulsations, mais d'amplitude si forte et de fréquence si réduite qu'il nous est difficile d'imaginer une périodicité. Elles paraissent traduire plutôt des "dérives" singulières ou irréversibles. Telle à travers la diversité des âges (d'ordre géologique) l'émersion et l'induration de surfaces d'aplanissement en domaine ferrallitique.... Ainsi par delà toute vague de surface, il nous faut accéder à la perception de telles marées de fond.

3.5 - L'existence de liaisons inter et supra-individuelles :

Jusqu'à présent on a surtout cherché à trouver la raison des phénomènes pédologiques dans l'action des causes élémentaires. On peut se demander si cet espèce d'atomisme, malgré son incontestable fécondité, suffira longtemps encore à la tâche de nous rendre le continuum pédologique scientifiquement compréhensible. En fait, des travaux récents nous ont montré qu'à côté des propriétés résultant du jeu collectif des parties, il y avait dans chaque ensemble organisé, certaines propriétés, apanage de l'ensemble en tant que tel, dont ne saurait rendre compte l'analyse, ni la sommation des faits élémentaires. Nous ne pouvons expliquer le paysage pédologique sans envisager l'existence d'unités naturelles plus larges que celles ou nous avons le plus souvent l'habitude de limiter nos observations, et dont il suffirait probablement d'aborder directement l'étude pour voir s'évanouir sans doute bien des difficultés impossibles à écarter tant que l'on ne considère que les seuls faits, processus ou énergies élémentaires.

Examinons un exemple. Dans une toposéquence de sols ferrallitiques, du Centre-Cameroun, toutes les fosses (GOY 3. inédit), échelonnées sur la pente, laissent apparaître, à profondeur variable, un horizon nodulaire au faciès variable mais toujours peu poreux. Ce dernier est plus ou moins en continuité avec une altérite et est surmonté d'horizons argileux meubles. Ces organisations, que nous qualifierons de premier ordre sont grossièrement concordantes à la pente ; ce premier niveau d'organisation peut être appréhendé en limitant nos observations à quelques fosses, et expliqué par la sommation des processus élémentaires d'altération, pédoplasation, induration, microstructuration.... En affinant notre observation on voit apparaître des organisations de second ordre : c'est en particulier la ferra-
tisation des matériaux meubles directement sus-jacents à l'horizon nodulaire, phénomène qui a pour conséquence un accroissement de la compacité-dureté et une diminution de la porosité-perméabilité des matériaux affectés. Mais alors que ce phénomène apparaît nettement dans certaines fosses, il est totalement (ou quasiment) inexistant au niveau de quelques autres pourtant voisines. Si la présence d'un horizon nodulaire peu poreux permet d'entrevoir ici un début d'explication à cette accumulation, on ne voit pas pourquoi cet horizon moins poreux là ne produit pas les mêmes effets.

.../...

En d'autres termes l'observation sur profils isolés de faits élémentaires ne permet pas d'expliquer l'espèce de périodicité de ce phénomène secondaire. Tentant alors, une approche plus globale et compréhensive des organisations à l'échelle de toute l'unité de modelé, en multipliant le nombre des fosses et les reliant ici et là^{par} des tranchées, il nous est alors clairement apparu que cette ferritisation 1/ apparaissait au niveau d'ensellement des horizons nodulaires, dont la géométrie n'était pas accessible dans les quelques fosses primitives 2/ était localisée en un terme médian de la séquence, dans des conditions pédoclimatiques ni trop sèches, celles de l'amont favorables au processus de microstructuration, ni trop humides, celles de l'aval favorables à une décoloration des matériaux meubles, décomplexation du fer, microlyse des structures et lessivage de l'argile. Indéniablement, les lois de l'apparition et de la distribution de ce phénomène, schématiquement exposé ici ne peuvent être étudiées que^{si} l'on aborde la dynamique et l'équilibre de l'ensemble des organisations à l'échelle du modelé.

Cet exemple met clairement en évidence l'existence de liaisons inter et supra-individuelles. Il nous apparaît alors que certaines organisations ne peuvent être étudiées, explicitées puis classifiées que globalement.

3.6 - Organisations spatio-temporelles : une loi de récurrence :

Observons ce qui se passe dans la répartition actuelle et passées des sols ferrallitiques. Nous sommes immédiatement frappés par un fait : Dans cette "classe", les figures que nous cataloguons se disposent en "nappes" successives, dont témoignent les aplanissements cuirassés étagés topographiquement, et dont chacune occupe 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, 1976), sont les traces d'autant d'expressions distinctes les unes les autres mais obéissant, malgré des discontinuités sur lesquelles nous reviendrons, à une loi incontestable de distribution. Dans nos perspectives, si limitées soient-elles par la brièveté du temps explorable, la couverture pédologique du Nord de la Côte d'Ivoire se renouvelle ainsi au moins 5 fois sur le domaine pédologique auquel nous nous sommes limités, ce qui fait au moins 5 pulsations de premier ordre sur l'axe de l'expansion ferrallitique.

Attachons-nous à l'étude de l'une de ces pulsations. Nous constatons qu'elle se prête à son tour à une décomposition ou clivages en parties tout à fait naturelles, dont les plus immédiatement apparentes sont celles qui résultent de l'harmonisation à un milieu différent du type morphologique fondamental. Reprenons l'exemple de la séquence GOY 3 précédente, que nous rattacherions grosso-modo et topographiquement à un moyen glacis. Nous voyons apparaître, à côté des sols rouges d'amont (microstructurés et à cuirasse ou horizon nodulaire profond et discontinu par rapport aux formations meubles), considérés comme originels, des sols jaunes d'aval à matrice argileuse microlysée et compacte, surmontant un matériau secondairement induré. Ainsi se dessine, dans chaque épisode de 1er ordre, en réponse aux provocations du milieu, en l'occurrence ici un pédoclimat humide d'aval, un système de verticilles.

Ces derniers sont en réalité eux-mêmes très complexes. Chaque verticille se découvre à l'analyse formé d'un faisceau de "rayons" parallèles, connectés à différents sous-verticilles, épanouissement de figures de 1°, 2°, 3° ordre.... Ainsi, considérant de manière plus approfondie cette induration secondaire, on s'aperçoit que si elle se développe indépendamment des formations primitives à l'extrême aval (sa genèse est uniquement tributaire des conditions pédoclimatiques liées à la topographie), elle n'apparaît dans un terme médian de la séquence, qu'au niveau des ensellements de l'horizon nodulaire primitif et peu poreux, et concerne la base des horizons argileux meubles surmontant ce dernier. Examinant plus en détail ce dernier mode d'induration, on constate que la ferritisation n'affecte en fait qu'une phase primitivement peu microstructurée, alors que la microstructure de la phase associée, originellement plus fragmentée, tend à se développer d'avantage. Lors d'un examen minutieux de la phase ferritisée on note qu'en son sein s'individualisent des "formes nodulaires" résistantes, les plus indurées, alors qu'en certaines autres de ses parties, et notamment à sa périphérie, une décoloration suivie de friabilisation témoigne d'une déferruginisation. etc....

Nappes successives au sein d'un même ensemble général (en l'occurrence des sols ferrallitiques), verticilles dans les nappes, rayons phylétiques dans les verticilles.... La loi de composition ou de décomposition à laquelle nous aboutissons n'est qu'une loi de récurrence. Dans certains

cas nous ne pouvons l'étudier que pour des unités majeures ou moyennes (cas des épisodes les plus anciens de cuirassement par exemple). Dans d'autres cas favorables il est possible de la suivre très bas jusqu'à y reconnaître une disposition "congénitale" et structurale de la matière. Mieux nous connaissons le sol, plus nous le voyons se résoudre en un nombre croissant "d'éventails" successifs de plus en plus petits. En domaine ferrallitique l'observation est la plus intéressante et la plus aisée au niveau des "surfaces" les plus récentes, celles correspondantes à la dernière "pulsation". Parce que la pédogenèse est la plus active, et qu'elle donne prise par ses nuances dans les processus et les morphologies résultantes, à une infinité de différenciations morpho-génétiques, nous pouvons arriver à compter^{sous} la pulsation fondamentale, un nombre élevé d'harmoniques réduites. Une étude sur la microstructuration (J.P. MULLER, 1977a) nous a montré par exemple à une échelle microscopique la variété morpho-génétique des microagrégations plasmiqes.

3.7 - L'essence génétique d'une classification des sols :

Reprenons maintenant cette question dans les rapports qu'elle présente avec notre effort de recherche scientifique et de classification. De ce point de vue, ce que nous venons de dire, peut se résumer dans la constatation suivante : la systématique des sols, partie pour établir une simple classification nominale ou logique des sols, tendra peu à peu, sous la pression des faits, à devenir une véritable anatomie ou histologie de la couverture pédologique.

Une fois donc que notre esprit a saisi un fragment d'ordre dans les objets inventoriés, il ne se résout pas facilement à en abandonner l'achèvement, mais il cherche à donner à la loi qui lui est apparue sur un court intervalle de temps ou d'espace des prolongements et une explication. Cette tendance à suppléer et interpréter se manifeste naturellement et énergiquement dans les questions relatives à la classification. Un problème essentiel que se pose le pédologue est de savoir s'il n'est pas possible de classer les sols suivants quelques axes privilégiés de l'évolution, ou bien si une vue objective des choses ne l'oblige pas à n'apercevoir qu'un foisonnement irrégulier de figures qui apparaissent pour ainsi dire au hasard

En fait nos connaissances sur les organisations pédologiques et leur genèse sont maintenant suffisantes pour affirmer que ce à quoi doit tenir le pédologue, par essence naturaliste, c'est au fait d'une liaison physique entre les objets. Les sols se tiennent naturellement. Les processus se commandent organiquement dans leur apparition successive. Par un travail d'analyse, le génétique tend à décomposer le continuum pédologique en un réseau naturel d'éléments se côtoyant et se couvrant les uns les autres. Dans ce réseau chaque forme nouvellement découverte devrait prendre une place qui achève la continuité de l'ensemble. Tout se classe, donc tout se tient. La masse formée par la totalité des individus ne forme pas une association fortuite ou une juxtaposition accidentelle. Elle constitue un groupement naturel, c'est-à-dire un ensemble physiquement organisé.

Par suite de cette connexion, nous devons nous attacher à chercher le fondement matériel ou la raison scientifique de cet enchaînement. Réduite à son essence, cette vision "transformiste" n'est donc pas une hypothèse. Elle est l'expression particulière de la loi suivante : on ne peut rien comprendre dans le domaine de la matière que sous forme de séries et d'ensembles.

*

*

*

4. - QUELQUES ECUEILS D'UNE SYSTEMATIQUE BASEE SUR UNE GENETIQUE SYSTEMIQUE

Il est évident que la mise en application de ces idées, toutes fondées qu'elles soient, au niveau d'une systématique des sols, rencontrera de nombreux obstacles pratiques qu'il nous appartiendra de surmonter. Les vérités nouvelles se sentent avant de pouvoir s'exprimer et quand elles s'expriment pour la première fois elles revêtent inmanquablement une forme défectueuse. Nous ne prétendons pas avoir résolu le problème. D'ores et déjà cette approche génétique et systémique nous apparaît beaucoup plus compliquée qu'on le pensait d'abord ; mais en même temps sa nécessité de plus en plus évidente, pourvu qu'elle soit comprise comme une relation très générale de dépendance et de continuité physiques entre formes organisées.

Parmi les écueils les plus nettement perceptibles nous signalerons

4.1 - L'apparence nécessairement discontinue de toute série évolutive :

Une des principales objections que l'on peut faire à ce type de démarche est tirée de ce fait que les séries évolutives que nous pourrions construire, tout en se disposant dans un ordre naturel, demeurent comme suspendues en l'air : les types de transition entre phyla demeurent fréquemment insaisissables ; sous l'inspection minutieuse, l'unité et la continuité que nous prétendons vouloir prendre en considération font mine de se disloguer. Si gênant que soit ce paradoxe, il semble cependant que sa découverte ne devrait pas nous faire hésiter sur la solidité de notre découverte première. Pour découvrir la faiblesse de cette objection, il suffirait d'observer que les apparences de discontinuités et de fixité, certes remarquables et critiquables, se retrouvent dans des réalités aussi incontestablement évolutives que la paléontologie, les civilisations, les langues.... N'est-ce pas en outre le propre de tout mouvement réel (spatial, chimique, biologique...) de pouvoir se décomposer, sous l'analyse, en éléments immobiles ?

Dans un précédent travail (J.P. MULLER, 1977c), nous avons déjà débattu de cette importante question des discontinuités et de leur signification dynamique. Nous nous intéresserons plus particulièrement ici à un autre aspect de cette notion : la suppression quasi automatique des origines

Si manifestes que se révèlent les traces de phylogénèse (pédomor-
phisme, GAVAUD, 1976) dans la distribution des objets et des processus ob-
servés, une difficulté demeure donc, à laquelle se heurte toute tentative
d'établir une interprétation cohérente du passé : Il existe une **antinomie**
structurelle du passé, qui, d'une part s'impose indiscutablement à notre
expérience comme ayant dû originellement former un courant sub-continu, et
qui cependant apparaît non moins manifestement comme un **ampli**ement d'or-
ganisations figées et disjointes. Les différents niveaux cuirassés ou la
présence quasi constate d'une stone-line témoignent par exemple de cette
apparente contradiction entre stabilité et fluidité dans la pédogenèse fer-
rallitique.

Il s'agit en fait d'un effet d'optique lié aux caractères intrin-
sèques de l'apparition de tout phénomène. La raison de ces lacunes appa-
raît toute simple : sous l'érosion sélective du temps les premières phases,
de courte durée et de moindre consistance, les plus connectives et les plus
plastiques, non consolidées dans leur structure, disparaissent, et les ob-
jets tendent automatiquement à se réduire à leurs portions les plus résis-
tantes et les plus amples : ce qui a le plus de chance de subsister ce sont
les maxima qualitatifs correspondant aux phases d'épanouissement, aux si-
tuations bien établies. Cela explique que les vieux sols ferrallitiques
nous présentent des choses toutes faites en somme : de vieilles cuirasses
massives et très dures, à structure conservée, séparées de l'altérite ori-
ginelle par un horizon pédologiquement très différencié (G. BOCQUIER, J.P.
MULLER, 1973), ou des "micronodules" parfaitement individualisés dans les
sols rouges de Casamance (CHAUVEL, 1976). Les ébauches, les "pédoncules"
reliant ces structures à d'autres qui les introduites, les traits origi-
naux de leur naissance, ont disparu. Nous tendons donc, à mesure que la nais-
sance des objets s'éloigne dans le temps à ne pouvoir saisir que des "a-
dultes", des phases figées et "atomisées" de l'évolution, qui semblent sur-
gir tout à fait à nos yeux. Il en est ainsi de différentes "structures" en
sols ferrallitiques dont l'origine est parfois datée du tertiaire.

Malgré la découverte continuelle de types intermédiaires, qui mul-
tiplient les "paliers ontologiques", des lacunes subsisteront toujours. Ce
pourrait être paradoxalement de l'observation non du passé mais du présent
que ressort l'étude du mécanisme des origines. La continuité des formes se-
rait à rechercher dans les "figures" actuelles.

4.2. - Les difficultés du choix des systèmes-sol. L'exemple des sols ferrallitiques :

a/- En domaine ferrallitique, l'apparente monotonie des différenciations, l'extension géographique et l'épaisseur des formations pédologiques, la longue histoire des sols dont les étapes sont marquées de pédo-reliques, n'ont cessé d'embarasser les pédologues ou cartographes qui ont cherché soit à définir le déterminisme de ces sols, soit à en déterminer les lois de répartition. Le milieu ferrallitique camerounais apparaît ainsi comme un immense manteau rouge (ou jaune) d'accumulation de fer et d'argile, en formations meubles et indurées, reposant sur une altérite non moins considérable, claire, poreuse, friable et de faible densité, milieu de départ caractéristique (relativement à la roche saine).

Certains ont abordé le problème sous un angle méga-spatial. L'échelle est alors celle de la surface (SEGALEN, 1967 ; D. MARTIN, 1967-1970), le point de vue fortement polarisé vers la géomorphologie. D'autres, et nous avons fait cette expérience (MULLER, 1972, 1974b), ont préféré l'étude détaillée généralement métrique, qui, étant donné le mode classique de prospection par fosses pédologiques peu profondes, concerne des organisations très superficielles, épiphénomènes à l'échelle de la pédogénèse ferrallitique. Quelques belles coupes ont cependant permis l'étude localisée et détaillée de faits métriques situés plus en profondeur (G. BOCQUIER, J.P. MULLER, 1973) et rendu possible une esquisse de relations chronologiques entre des faits observés sur plus de 300 Km (J.P. MULLER, 1975a). Des faits isolés dans certaines coupes, mais combinés à d'autres sur des coupes voisines, paraissent être l'expression morphologique de différentes étapes d'une évolution complexe : ils représentent les maillons d'une histoire dont l'étude paraît devoir être entreprise à une autre échelle que l'échelle métrique habituellement utilisée. D'autres enfin, séduits par les toposéquences en zone tropicale sèche ont cherché de telles différenciations latérales concordantes avec l'unité de modelé.

Des progrès ont été réalisés, mais chacun dans son domaine n'a pu définir le schéma général de la pédogénèse ferrallitique. L'impression est de ne jamais être situé au coeur du problème : soit que l'on se sente franchement en marge de la pédologie S.S. (notamment dans certaines études à petite échelle), soit que les faits détaillés et localisés ne peuvent être reliés entre eux ou rattachés à des ensembles plus vastes, et ainsi que

.../...

leur véritable déterminisme reste énigmatique, peut-être que les différenciations concordantes avec l'unité de modelé paraissent être des cas particuliers. Nous avons ainsi acquis la conviction que ce problème est en fait un problème méthodologique, d'ailleurs très général.

Rares en effet sont dans la biosphère, ^{les} sous-ensembles suffisamment isolés pour pouvoir être étudiés en négligeant leurs liens avec d'autres sous-ensembles. Les interdépendances paraissent (ou sont) telles qu'on arrive à croire qu'aucune conclusion sûre n'est possible sans la résolution d'un modèle général qui prendrait en compte l'ensemble des relations existant entre les "individus" arbitrairement distingués.

La méthode la moins courante aujourd'hui, parce que la plus difficile à mettre en oeuvre, consiste à élaborer un modèle général, nécessairement très simplifié. C'est ce qu'ont tenté de faire plusieurs auteurs en zone sèche : G. BOCQUIER (1971), R. BOULET (1974), M. GAVAUD, P. BRABANT pour ne citer que des travaux récents (ou inédits). Il s'agissait de modèles dont les domaines étaient ordonnés de l'amont à l'aval de toposéquences. L'échelle de base de ces modèles est celle de l'unité de modelé, et les organisations pédologiques sont concordantes avec la topographie. En domaine ferrallitique ces cas sont relativement rares : les toposéquences paraissent souvent comme des amonts hypertrophiés, la géométrie des diverses formations ou horizons ne calque pas toujours celle de la topographie, ou la polarité des différenciations vis-à-vis du réseau n'est pas évidente. En définitive chaque toposéquence semble n'être qu'un membre d'une organisation plus vaste.

Il est bien évident, dans ces conditions, que si l'on veut représenter dans un même modèle l'ensemble des interrelations, qualitatives ou quantitatives (bilans), à petite échelle entre des points éloignés les uns des autres, un tel modèle sera outrageusement simplifié - même si, par rapport à des modèles partiels il paraît extraordinairement complexe. Mais quelles que soient les limites d'un modèle général, et quel que soit le risque d'interprétation hâtive des conclusions que l'on peut tirer, il aurait au moins le mérite d'être général. A l'inverse une analyse partielle comme celle d'un profil ou d'une séquence, peut être beaucoup plus détaillée. Mais en négligeant des interdépendances essentielles (isolement arbitraire), on affaiblira beaucoup la portée des conclusions.

C'est dans cette optique qu'est envisagée la recherche de systèmes-sol cohérents à diverses échelles. Des "structures" ou sous-ensembles de dimensions variées ont ainsi été reconnus, particulièrement en ce qui concerne les systèmes indurés. Ces derniers peuvent être notamment (et schématiquement) :

- Conformés au front d'altération dont la topographie ne calque pas celle du modèle. Leurs dimensions sont supérieures à celles de ce dernier : Cas d'une cuirasse à structure lithologique conservée suivie en continu sur deux interfluves séparés par un thalweg secondaire.
- Conformés au modelé, mais la morphogénèse étant secondairement et fortement influencée par la pédogénèse : cas des surfaces d'aplanissement décrites notamment en Afrique de l'Ouest (GRANDIN, 1973 ; GRANDIN, 1969 ; ESCHENBRENNER, GRANDIN, 1970).
- Conformés et égaux au modèle actuel, la pédogénèse s'adaptant au modelé : cas de systèmes indurés à différenciation latérale induite par un système induré plus ancien, ou systèmes indurés à "développement propre".
- Conformés aux dépressions ("ensellements") des précédents et de dimensions inférieures à l'unité de modelé actuel.

Plusieurs systèmes indurés paraissent donc emboîtés dans l'espace. En outre la disposition relative de ces organisations suggère une succession dans le temps des différenciations. Ces faits illustrent les deux propriétés importantes de systèmes-sol évoquées ci-dessus et implique une recherche chronologique : il s'agit d'emboitements "spatio-temporels".

Ainsi la recherche des systèmes-sol oblige-t-elle à un passage continu de l'échelle du "compartiment" (GAVAUD 1976), module intégré à une toposéquence, à celle de l'unité de modelé ou d'un ensemble paysagique. C'est à une véritable sociologie des sols que le pédologue, et particulièrement le pédologue "ferraliste" se trouve confronté.

b/- Mais la recherche d'un système-sol est aussi celle de ses frontières. Un sol, tridimensionnel, a des limites supérieures, inférieures et latérales. Inévitablement le recensement des éléments d'un sol, système ouvert, conduit à l'identification de ces limites. Mais la définition des

frontières est une opération rendue délicate par la définition même de l'individu-sol, objet naturel ou abstraction suivant les auteurs. Délimiter les frontières d'un système c'est aussi explicitement ou non, définir, voire limiter, les objets que l'on se propose ou que l'on propose au système considéré : c'est le principe de la relation frontières-objectifs. Enfin, la "finalité" d'un système naturel étant de maintenir ses équilibres, le choix des frontières consiste aussi à déterminer à quelle échelle cet équilibre se réalise, donc à poser le problème de l'environnement et la modularisation du système. Tous ces aspects ont été abordés dans un précédent travail (J.P. MULLER, 1977d) auquel le lecteur pourra se référer.

5. - CONCLUSIONS

5.1 - Pour une "anatomie" et une "physiologie" généralisées.

La pédologie a connu sa phase "limnéenne" de croissance où elle pouvait se ramener à collectionner et étiqueter.

Actuellement connaître scientifiquement un objet, un phénomène pédologique, c'est les situer dans un système physique d'antécédances temporelles et de liaisons spatiales. Tant que les sols sont tenus pour des unités fixes, juxtaposées (aussi harmonieusement et "naturellement" soit-il), il n'y a pas d'autres méthodes pour les appréhender intellectuellement que la description et le rangement dans des cadres logiques supposés (1) correspondants à ceux de leur genèse. Cette méthode n'est pas scientifique au sens évolutionniste du terme.

(1) En fait ce problème revêt deux aspects (GAVAUD, Comm.pers.). La "description" s'attache soit aux objets, soit aux relations, les objets étant alors considérés comme des "singularités" du champ morpho-génétique. On considère que les objets ne sont définissables que par relations et font le sujet d'une phénoménologie.

Par contre si on essaie d'éclairer nos représentations des notions de commencement et de devenir (1) il nous apparaît alors que toutes les formes observées sont dans un état de dépendance physique et organique (ou structurelle et fonctionnelle) : la fondamentale unité du "manteau" pédologique (continuum) et l'inter-liaison des éléments deviennent des évidences dont on ne peut plus se détacher.

Ceci posé, que doit devenir l'effort du pédologue classificateur ? Caractériser un sol est-ce simplement, comme dans le passé, lui trouver une place dans un tableau. A l'évidence non. Pour un pédologue naturaliste, classer un sol c'est lui trouver sa place vraie, naturelle, (donc) objective, dans l'ensemble organique des "figures" pédologiques considéré comme un (ou des ?) tout (s) en évolution. Pour comprendre un sol, donc, il ne suffit plus d'avoir énuméré ses caractères, et suivant un quelconque de ces caractères (généralement le plus commode ou le plus apparent), 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. Et ce ne sont pas forcément les mêmes pour deux types voisins comme pourrait nous le laisser croire une classification de type dichotomique ; ou encore, l'importance d'un même caractère peut varier d'un phylum à l'autre, le rang donné à un critère de classification peut changer.

Qu'il y ait continuité ou discontinuité (2) à la base (naissance) des individus, que les divers types de sols forment une suite sans autres coupures que celles des individus, ou qu'ils se repartissent au contraire en un nombre fini de combinaisons spécifiques, qu'importe. Nul objet pédologique ne "tient en l'air". Chacun est soudé, par un ou plusieurs caractères, à une ébauche préexistence, à un antécédent morphologique, et chacun, aussi, est solidaire des formes avoisinantes.

-
- (1) Les données de la description peuvent être rangées, classées, soit relativement à la méthode de description, soit relativement à des critères qui participent à "l'explication". Dans tous les cas il existe une axiomatique, une formulation de cette présentation. Savoir si elle est antérieure ou postérieure à la description et à l'explication n'est pas décidable. Il vaut mieux toutefois qu'elle soit explicite plutôt qu'implicite. (GAVAUD, comm. person.)
- (2) D'ordre topographique, induites par les variations continues, de type gradient, de caractéristiques même génériquement (s.s.) essentielles.

5.2 - Pour/^{une}approche systémique :

On sait maintenant (après des études récentes telles que celles de BOCQUIER (1971), BOULET (1974), BRABANT, GAVAUD, MULLER (à paraître), qu'au dessus de l'individu-sol il existe des structures (et fonctions) d'ordre supérieur. Non pas des collections dont les différents types de sol recensés seraient les éléments, ni des ensembles regroupant un certain nombre de ces individus présentant en commun un ou plusieurs caractères, mais une réalité physique d'un ordre supérieur, caractérisée, scientifiquement, par des propriétés spécifiques, parfaitement déterminées. Certes, parmi ces propriétés trahissant et caractérisant ces unités d'ordre supérieur, certaines peuvent n'être qu'une répétition agrandie (1) de celles qui appartiennent à l'individu-sol. Mais d'autres, déconcertant au premier abord le classificateur, ne présente d'analogie exacte avec aucun des objets jusqu'alors observés. Ainsi le pédologue est peu à peu amené à concevoir des phénomènes qui n'auraient pas leur équivalent parmi les phénomènes élémentaires, c'est-à-dire qui seraient irréductibles aux modes d'action de toute unité matérielle appartenant à un ordre de grandeur inférieur. Progressivement, ainsi, nous sommes (ou serons) amenés à négliger (dans une certaine mesure) des effets élémentaires "secondaires" (empiriques?) tandis que se discernent et se dégagent des groupes d'effets spécifiquement naturels qui caractérisent l'Unité-sol.

En vérité, la pédologie paraît arriver à l'âge où après s'être occupée des grandeurs élémentaires, elle essaie d'aborder directement l'étude des unités (structures) et des mouvements (fonctions) globaux. Elle passe insensiblement de l'étude des individus à celle des systèmes. On imagine même le jour, si ce mouvement s'accroît (comme il est probable), où la Génétique des sols, seule encore aujourd'hui à explorer explicitement le domaine de ces "super-individus" verra le domaine de ses recherches démembré et subdivisé. Il y aura peut-être un jour à sa place une Morphologie, une Physique, une Chimie... des systèmes-sol. Ces sciences dont ^{elle} cumule en ce moment les fonctions s'individualiseront à ses dépens.

La science du sol, nous le sentons, ne méritera ce nom que lorsque négligeant les effets secondaires qui peuvent se reproduire au laboratoire elle aura discerné et dégagé le groupe des effets, spécifiquement naturels qui caractérisent l'Unité-sol.

(1) Sortes de "grands" sols avec entrée et sortie propres.

B I B L I O G R A P H I E

- ALKOFF (R.L.), 1960.- Systems, Organisations and Interdisciplinary Research. General Systems Yearbook, vol. 5, p. 6.
- ALLAIRE (G.), PHIPPS (M), STOUPI (M.), 1973.- Analyse écologique des structures de l'utilisation du sol. L'espace Géographique, Doin, Paris, n° 3, pp. 185-197.
- AVENARD (J.M.), 1969.- Réflexions sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts-savanes. Essai de mise au point bibliographique. ORSTOM Paris, Init. & Doc. Techn. n° 14, 154 pages.
- BAREL (Y.), 1971.- Prospective et analyse de système. Paris. La Documentation Française. Coll. Travaux et Recherches de Prospectives. n° 14, 174 pages.
- BERTALANFFY (L.), 1973.- Théorie Générale des systèmes. Dunod. Paris.
- BERTRAND (G.), 1968.- Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest, fasc. 3, pp. 249-272.
- BOCQUIER (G.), 1971.- Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Mém. ORSTOM Paris, N° 62, 359 pages.
- BOCQUIER (G.), PAQUET (H.), MILLOT (G.), 1970; Un nouveau type d'accumulation oblique dans les paysages géochimiques : l'invasion remontante de la montmorillonite. C.R. Acad. Sci. Paris, 270-D, pp. 460-463.
- BOCQUIER (G.), MULLER (J.P.), 1973.- Les coupes du chemin de fer Transcamerounais entre BELABO et NGAOUNDERE. Reconnaissance pédologique. Multigr. ORSTOM-YAOUNDE, 29 p.
- BOCQUIER (G.), MILLOT (G.), RUELLAN (A), 1974.- Différenciation pédologique et géochimique dans les paysages africains, tropicaux et méditerranéens. La pédogénèse latérale remontante. Int. Congr. Soil Sci., 10, Moscou, VI, 2 : 226-232.
- BOULDING (K.E.), 1956.- General Systems Theory; The skeleton of Science. Management Science, vol. 2, 3 : 197-208.
- BOULET (R.), 1974.- Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibres dynamiques et bioclimats. Thèse Sci., Strasbourg, 330 pages.
- CHATELIN (Y.), 1971.- Le profil et les horizons pédologiques. Multigr., ORSTOM-BANGUI, 6 pages.

.../...

- CHAUVEL (A.), 1976.- Recherches sur les transformations des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges en Moyenne Casamance. Trav. Doc. ORSTOM, Paris, N° 62, 543 pages.
- ESCHENBRENNIER (V.), GRANDIN (G.), 1970.- La séquence des cuirasses et ses différenciations entre Agnibilékrou (Côte d'Ivoire) et Diébougou (Haute-Volta). Cah. ORSTOM. sér. Géol., II, 2 : 205-245.
- GAVAUD (M.), 1977.- Essai sur la classification génétique des sols. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XV, N° 1.
- GRANDIN (G.), 1973.- Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest. Mém. ORSTOM Paris, N° 82, 275 pages.
- GRANDIN (G.), DELVIGNE (J.), 1969.- Les cuirasses de la région birrienne volcano-sédimentaire de Toumodi : Jalons de l'histoire morphologique de la Côte d'Ivoire. C.R. Acad. Sci. Paris, 269-D, 16 : 1474-1477.
- LE MOIGNE (J.L.), 1972.- La théorie des systèmes. Note technique N° 6/1972. I.A.E. Aix en Provence. Multigr. 53 pages.
- MARTIN (D.), 1967.- Géomorphologie et sols ferrallitiques dans le Centre-Cameroun. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., V, 2 : 189-218.
- MARTIN (D.), 1970.- Quelques aspects des zones de passage entre surfaces d'aplanissement (Centre-Cameroun). Cah. ORSTOM, sér. Pédol. VIII, 2 : 219-241.
- MULLER (J.P.), 1972.- Etude macromorphologique des sols appauvris en argile du Gabon. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., X, 1 : 77-93.
- MULLER (J.P.), 1974a.- Transport et accumulation de matière en domaine ferrallitique camerounais. Premières données morphologiques et interprétations. Multigr. ORSTOM-YAOUNDE, 21 pages.
- MULLER (J.P.), 1974b.- Morphologie des horizons supérieurs des sols ferrallitiques du Gabon (appumites et épistructichrons dyscrophes). Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XII, 3 : 73-83.
- MULLER (J.P.), 1977a.- Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques, à l'amont des modelés convexes (Centre-Cameroun). Aspects morphologiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 2 :
- MULLER (J.P.), 1977b.- La microlyse plasmique et la différenciation des épipedons dans les sols ferrallitiques rouges du Centre-Cameroun. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 3 :
- MULLER (J.P.), 1977c.- Les phénomènes de discontinuité en pédologie. Application au domaine ferrallitique. Illustration par exemples camerounais. Multigr. ONAREST-IRAF, 33 pages. Cote P. 207.

- MULLER (J.P.), 1977d.- Le problème des frontières du système-sol. Application à la méthodologie de l'étude du phénomène d'appauvrissement en argile des sols ferrallitiques. Multigr. ONAREST - I.R.A.F., 13 p., cote P. 205.
- MULLER (J.P.), 1977e.- Note critique sur les outils et les méthodes de l'approche systémique en pédologie ; sur la base d'une analyse bibliographique. Multigr. ONAREST-I R A F, 23 p. A paraître Cah ORSTOM, sér. Pédol.
- RICHARD (J.F.), 1974.- Paysage, écosystème et environnement : une approche géographique. Multigr. ORSTOM Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), 28 pages.
- ROSNEY (J. de), 1975.- Le microscope. Vers une vision globale. Ed. du Seuil, 295 pages.
- SCHLICHTING (E.), 1970.- Soil classification and "Bodensoziologie" Z. Pflernähr. Bodenk., 127 : 1 - 9.
- SEGALEN (P.), 1967.- Les sols et la géomorphologie au Cameroun. Cah. ORSTOM, série Pédol., V. 2 : 137-187.
- THEILLARD de CHARDIN (P.) 1955.- Phénomène humain. ED. du Seuil, 347 pages
- THEILLARD de CHARDIN (P.), 1957.- La vision du passé. Ed. du Seuil, 391 pages.
- TRICART (J.), 1973.- La géomorphologie dans les études intégrées d'aménagement en milieu naturel. Ann. de Géogr. LXXXII, pp. 421-53.
- TRICART (J.), 1974.- De la géomorphologie à l'étude écogéographique intégrée. Agron. Trop., 2-3 : 122-132.
- WIENER (N.), 1948.- Cybernetics. Hermann, Paris./-