

O  
N  
A  
R  
E  
S  
T

LE PROBLÈME DES FRONTIÈRES  
DU SYSTÈME SOL

APPLICATION A LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE  
DU PHÉNOMÈNE D'APPAUVRISSMENT EN  
ARGILE DES SOLS FERRALLITIQUES



J. P. MULLER  
Pédologue ORSTOM

1977

LE PROBLEME DES FRONTIERES DU SYSTEME--SOL. APPLICATION A  
LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE DU PHENOMENE  
"D'APPAUVRISSEMENT" EN ARGILE DES SOLS FERRALLITIQUES

par  
Jean-Pierre MULLER  
Pédologue de l'O R S T O M\*

Juin 1977  
Cote P. 205

\* O N A R E S T. Institut de Recherches Agricoles et Forestières  
Station de NKOLBISSON. Boîte Postale 2067, Yaoundé - CAMEROUN

COPYRIGHT ONAREST -- J.P. MULLER.

"Droits de reproduction et d'adaptation soumis pour tous pays à l'autorisation écrite préalable des dépositaires du copyright. Sont autorisées les citations et reproductions de figures accompagnées des références bibliographiques":

"All rights reserved. No part of this book may be translated or reproduced by any means without the prior written permission from the copyright owners. Quotations and reproductions of drawings can be made with bibliographical references".

## R E S U M E :

Un sol, volume tridimensionnel, a des limites supérieures, inférieures et latérales. Inévitablement le recensement des éléments d'un sol, système ouvert, conduit à l'identification de ses 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 objectifs 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 de la modularisation du système.

Sur ces bases théoriques nous reconsidérons la méthodologie de l'étude du phénomène d'appauvrissement en argile des sols ferrallitiques. Les données anciennes reposent sur une démarche analytique qui isole les horizons supérieurs du reste du matériau pédologique : Ce choix arbitraire de la frontière inférieure du sous-système apical, n'a pas permis une étude cohérente des transformations liées à cet "appauvrissement", sur des bases génétiques.

L'étude récente de ce phénomène, sur la base de l'observation de profils complets, montre qu'il n'est en fait qu'une

étape avancée d'un processus plus général de dégradation des épipédons, dont l'évolution continue se fait par sauts génétiques successifs du bas vers le haut des profils. Les implications méthodologiques de cette continuité verticale des organisations et de leurs transformations deviennent évidentes : Toute étude de type agronomique, telle que celle du processus d'appauvrissement, centrées sur les différenciations superficielles, devraient reposer sur une étude préalable et globale du système-sol considéré, du fait même des deux propriétés fondamentales de ce dernier ou de ses sous-systèmes : Les propriétés d'inclusion (espace) et de filiation (temps).

## 1. LES FRONTIÈRES DU SYSTÈME-SOL.

### 12 - Problématique :

Le sol est un système ouvert parce qu'il perd et reçoit de l'énergie et de la matière à ses frontières (JENNY 1941, SIMONSON 1959). Un système est un ensemble d'éléments identifiables (attributs et interrelations). Inévitablement le recensement des éléments d'un système conduit à l'identification de sa frontière. Opération délicate mais toujours essentielle, la définition des frontières impose un choix discrétionnaire. L'explication à priori rationnelle d'un système-sol mal identifié, mal borné, peut conduire à des échecs.

Un sol, volume tridimensionnel, a des limites supérieures, inférieures et latérales. La première, contact entre lithosphère et biosphère, est sans doute la plus facile à définir. La seconde est déjà plus subtile car on a parfois quelques difficultés à reconnaître le matériau parental (BREWER 1964) et elle dépend de la définition même du sol : Il s'agit de la structure d'origine géologique non affectée par la dynamique de la matière vivante pour BOULAINÉ (1969); elle est matérialisée par la stone-line pour les sols ferrallitiques du Congo ( ). Quant aux limites latérales elles sont encore plus subjectives et font l'objet de nombreuses spéculations. Pour BOULAINÉ (1969) elles doivent permettre au moins la définition de toutes les hétérogénéités (pédon); pour SCHELLING (1970) et HUGGETT (1975) le système-sol, qui doit être limité suivant des critères de drainage, forme un ensemble fonctionnel (mais pas forcément homogène sur le plan des propriétés des sols). Il s'agit dans ce dernier cas de systèmes paysagiques dont les dimensions sont celles du bassin versant.

La recherche de frontières est encore plus délicate quand il s'agit de systèmes abstraits. Même la définition de l'individu-sol est l'objet de divergences : Certains le considèrent comme un objet naturel (JOHNSON 1963), d'autres comme une abstraction (DOST 1960). Certes on peut chercher à éluder le problème en s'en tenant à un empirisme strict et ne juger de

la validité d'un concept que d'après sa définition en termes opérationnels (BRIDGMAN 1927). En fait il paraît nécessaire de trouver un juste équilibre entre faits concrets peu discutables et concepts génétiques sujets à de multiples interprétations (CHATELIN 1972).

En fait la raison de cette difficulté à déterminer des frontières est aisée à définir : Délimiter les frontières d'un système c'est, explicitement ou non, définir, voire limiter les objectifs que l'on se propose ou que l'on propose au système considéré. C'est le principe de la relation frontières-objectifs.

### 13 - Relations frontières-objectifs :

On entend ces objectifs sous des désignations diverses : Buts, projets, finalité, voire propriétés.

Le choix du système à étudier dépend des objectifs de la recherche. Les pédologues travaillent à différents niveaux d'organisation : De l'échelle microscopique (BREWER 1964, JONGERIUS 1964), à celle des paysages (KOVDA et al., 1968, BUTLER 1959, RUHE et WALKER 1968, DANIELS et al. 1971). Mais le choix d'un système dépend aussi de l'aspect sur lequel l'attention est concentrée à chacun de ces niveaux. De ce point de vue CHORLEY et KENNEDY (1971) définissent par exemple onze types de systèmes dont cinq, non exclusifs, concernent la pédologie. Il s'agit :

- . Des systèmes morphologiques (horizon, catena...)
- . Des systèmes dynamiques (cascading systems) : Voies suivies par les flux d'énergie, de matière (flux d'eau, cycles de la matière organique ou nutritifs...)
- . Des systèmes réponse (processus-response systems) : Synthèse des deux précédents (Influence des processus dynamiques sur les propriétés morphologiques et vice versa)
- . Des systèmes de contrôle (control systems) : Systèmes précédents utilisés à l'avantage de l'utilisateur (irrigation, fertilisation)
- . Des écosystèmes : Relations entre le sol et son environnement (végétation, monde animal).

Ce choix dépend aussi des objectifs que l'on propose au système. Rappelons que le système a reçu de nombreuses définitions et que nombreuses sont celles qui considèrent que les éléments du système sont organisés en fonction d'un but. La finalité d'un système naturel est de maintenir ses équilibres et de permettre le développement de la vie. En pédologie ce pourrait être le sol climacique (ou homéostat) qui correspond à un état stationnaire. Le choix des frontières consiste alors à déterminer à quelle échelle cet équilibre se réalise.

#### 14 - Environnement du système :

La définition d'une stricte frontière est impossible. "Il nous faut disposer d'une façon de réfléchir à l'environnement d'un système plus riche et plus subtile qu'une simple recherche de frontières" (CHURCHMANN, 1968). Plus utilisé peut-être encore que le mot système, le mot environnement est au moins aussi difficile à définir de façon précise et générale. Ce concept intuitif résulte des notions de frontières (et donc d'objectifs) plus qu'il ne les provoque (LE MOIGNE, 1972). Sa portée paraît plus aisément perçue à la lumière de l'examen de leurs relations. Frontières et objectifs définissent un environnement au système. Il peut être alors défini comme un ensemble d'éléments (données) n'appartenant pas au système mais susceptibles d'affecter (ou d'être affectés par) telle de ses propriétés, ou telle évolution vers ses objectifs (ensemble vide dans le cas d'un système fermé). Ces données constituent une sorte de "tableau des exigences" du système.

Le problème de l'analyse systémique est de maîtriser quelques interactions tenues pour privilégiées (transactions), celles précisément du système avec son environnement. Mais définir et borner un système, c'est délibérément se résigner à ne pas tenir compte de certaines inter-relations dont on fait l'hypothèse (dont on décide) qu'elles sont relativement sans importance par rapport au problème considéré, aux objectifs visés. Ce choix est difficile, mais il n'est guère possible de l'éviter. Selon la frontière retenue, il est des objectifs qui



seront ou ne seront pas accessibles à l'utilisateur du système. Si les objectifs changent, les frontières doivent aussi changer : Si on l'oublie ou si le système est trop rigide il cessera vite d'être utilisable. C'est ainsi que nous avons dû passer d'une stricte étude des épipédons à celle des B profonds pour accéder à la compréhension du phénomène "d'appauvrissement" (MULLER, 1972, 1977 et parag. 2).

15 - Transactions système-environnement et modularisation du système :

Les inter-relations entre système et environnement sont de type réciproque (transactions). Parmi les transactions on privilégie volontiers les relations entrées-sorties (~~input-output~~). Dans bien des cas en effet, aussi complexe que soit le système, on peut le réduire à une "boîte noire" recevant un nombre limité de relations entrantes (un événement dans l'environnement), lesquelles génèrent un nombre limité de relations sortantes (un changement dans l'environnement).

En prolongeant la réflexion sur la relation frontières-objectifs d'un système en évolution, on perçoit qu'à une différenciation des objectifs doit correspondre une différenciation interne du système qui affecte en général et surtout les frontières du système. Ces différenciations peuvent être formulées sous des formes modulaires. Un module étant un sous-système assurant spécifiquement l'adaptation du système à un type donné de différenciation des objectifs (MELESE, 1972). Ces modules permettent l'adéquation système-objectifs.

Ces volumes privilégiés situés aux frontières du système choisi, et à travers lesquels le système-sol échange matière et énergie avec la pédosphère (BOULAINÉ, 1969), sont des modules transactionnels. Ils sont par contre ou par convenance, considérés comme internes, externes ou partagés (GAVAUD, 1976). Parmi ceux-ci on peut signaler la litière non décomposée considérée comme "péripédon extragénique par BOULAINÉ (1969), le "compartiment apical" (GAVAUD, 1976), l'apexol (CHATELIN, 1972), l'épipédon (USDA, 1960) qui coïncide variablement avec les deux précédents

(GAVAUD, 1976), le "péripédon intragénique" (BOULAINÉ, 1969) considéré par l'auteur comme faisant partie de l'environnement immédiat du "pédon".

Rappelons avec GAVAUD (1976) que la partie supérieure des sols, la plus utile en agronomie, a parfois été utilisée comme taxon de base. Le résultat a été une confusion entre matériau et horizon, horizon et sol. Nous sommes de plus en plus convaincu que ce réductionnisme est stérile et l'on se fixe le pédogenèse comme objectif. "Le compartiment apical est utilisable à un rang taxinomique inférieur à celui du système-sol; il est défini par ses variables d'activité ou à défaut par ses sous-systèmes" (GAVAUD, 1976).

## 2. APPLICATION A LA METHODOLOGIE DE L'ETUDE DU PHENOMENE "D'APPAUVRISSEMENT" EN ARGILE DES SOLS FERRALLITIQUES.

L'évolution de la méthode suivie pour l'étude du phénomène "d'appauvrissement" en argile des sols ferrallitiques est révélatrice de cette difficulté à fixer son choix sur une frontière.

### 21 - Les données anciennes.

#### 211 - Mode d'étude et résultats :

Le terme "appauvrissement" (FAUCK, 1971) s'applique à l'entraînement des colloïdes d'une partie du profil (argile, fer, humus(1)). Il traduit ce déplacement sans faire allusion à une quelconque accumulation dans le profil, difficile sinon impossible à mettre en évidence macromorphologiquement en ce qui concerne l'argile.

Ce départ d'argile étant décelé dans les horizons supérieurs, c'est donc à l'étude du compartiment apical, ou des épipedons que nous nous sommes attachés (J.P. MULLER, 1970), la frontière du système étudié étant fixée à la base de ces ensembles d'horizons supérieurs. La méthode de prospection utilisée (fosses isolées, profondes de 1,50 . à 2 m) est celle alors largement pratiquée en cartographie pédologique.

Notre étude morphologique aboutit à une riche typologie des sols appauvris du Gabon. On constate que le phénomène jusqu'alors (et généralement) traduit en termes de gradient textural, s'identifie aussi par des changements de structure. En outre le mode d'accumulation organique varie en même temps que ces caractères. On note d'autre part que la typologie des sols appauvris fluctue dans une assez large mesure avec certains facteurs d'environnement tels que la nature du matériau originel ou le type de végétation. On observe par exemple des profils profondément "appauvris" mais peu contrastés sur matériau sableux, c

---

(1) En fait seuls les caractères morphologiques liés au déplacement de l'argile sont mis en évidence.

et des profils superficiellement "appauvris" mais à fort gradient textural et très contrastés sur matériaux argileux et sous cultures (Woleu-Ntem au Nord-Gabon, J.P. MULLER 1970, D. MARTIN 1977).

212 - Critique :

Certes cette étude nous a permis de tenter une définition de caractères et d'un horizon diagnostiques de "l'appauvrissement" (J.P. MULLER, 1972). En outre elle nous a montré que l'appellation "sols appauvris", qui faisait essentiellement référence à un gradient textural, recouvrait en fait une gamme très étendue de faciès morphologiques des horizons supérieurs.

Mais il nous a semblé impossible de parvenir à une typologie exhaustive tant les combinaisons des caractères apparemment liés à cet appauvrissement sont nombreux, et l'interférence des divers facteurs d'environnement est complexe. Il nous a paru, d'autre part, qu'outre les transformations subies par les horizons de départ d'argile (horizons appauvris), des caractères originaux apparaissaient dans des horizons sous-jacents, à la partie supérieure des B notamment : Un B de consistance décoloré et compact a ainsi été reconnu. Nous avons pour ces caractères et horizons utilisé la notion de "caractères et horizons majeurs". En l'absence d'horizon diagnostique d'appauvrissement il permettaient de traduire l'existence d'un certain nombre de transformations profondes apparemment liées au phénomène d'appauvrissement.

En conclusion, nous avons donc, par une démarche strictement analytique, décrit diverses expressions morphologiques d'un phénomène commun, en isolant arbitrairement les horizons supérieurs(1) du reste du matériau pédologique, mais aucun lien génétique n'a pu être mis en évidence entre les transformations observées.

---

(1) Prémisés strict domaine de manifestation du phénomène "d'appauvrissement".

22 - Les données récentes :

Pour l'étude récente, en domaine ferrallitique Centre-Camerounais, de sols plus ou moins affectés par ce phénomène "d'appauvrissement", une autre méthodologie a été adoptée : Celle de l'étude continue des organisations de l'amont vers l'aval des unités de modelé et des horizons supérieurs à l'altérite des sols. Une première série de données a été publiée (J.P.MULLER 1977).

Dans une première étape nous avons mis en évidence l'existence et le développement antagoniste de deux grands processus pédogénétiques (à caractérisation essentiellement micromorphologique) : La microstructuration des B profonds, à polarité verticale ascendante, et la microstructurolyse (ou microdestruction), à polarité verticale descendante. Le premier est générateur de micropeds résistants (CHAUVEL 1976), le second traduit l'existence d'un phénomène général de dégradation des horizons supérieurs.

De l'étude de ce dernier, qui intéresse spécifiquement notre raisonnement, trois importantes conclusions ont été tirées :

- a - Cette "dégradation" procède en plusieurs étapes successives parmi lesquelles nous avons reconnu : Une décoloration ("jaunissement" par décomplexation), une microstructurolyse p.d. (phénomène très important de destruction des structures plasmiques), un déplacement de l'argile dans les horizons supérieurs (en fait lessivage plutôt "qu'appauvrissement" s.s.).
- b - Si la différenciation morphologique résultante est prononcée dans les horizons supérieurs, les prémices de ces transformations peuvent être observés très en profondeur (taches de décoloration diffuses à plusieurs mètres dans un matériau rouge); bien au-delà par conséquent d'une profondeur arbitrairement fixée à 2 m (par exemple).
- c - Ces transformations affectent des matériaux à différenciations pédologiques variées, indépendamment ou non de la nature elle-même diversifiée du matériau originel. Il apparaît donc important de connaître la nature, et semble-

est-il tout particulièrement l'organisation fine, des horizons B concernés : Ainsi une forte microstructuration s'oppose, ou tout au moins ralentit, ce phénomène de dégradation.

Cette étude met donc en évidence deux faits capitaux aux implications méthodologiques évidentes :

- a - "L'appauvrissement en argile des horizons supérieurs n'est qu'une étape avancée d'un processus plus général de dégradation des épipedons. Ainsi les caractères et horizons majeurs précédemment mentionnés distinguaient-ils la phase de forte destruction des structures dans des horizons déjà très décolorés, sous-jacents aux horizons appauvris p.d. Ils sont le fait de la microstructurolyse plasmique, étape précédant l'entraînement des fines(1).
- b - L'évolution continue de ce phénomène de "dégradation" se fait par sauts génétiques successifs du bas vers le haut des profils en marquant dans le même sens, et de plus en plus profondément, la morphologie des profils.

### 23 - Conclusions :

Les difficultés dues à l'emploi de la seule démarche analytique, parcellisante en tranches présumées indépendantes (études sur des profils isolés dont les 2 m supérieurs sont arbitrairement séparés des matériaux sous-jacents) apparaissent clairement : Les études butant rapidement sur le problème de la continuité verticale (et latérale) des organisations et de leurs transformations. Aucune hiérarchisation des caractères et des processus sur des bases naturelles ne peut être tentée. Aucune véritable

---

(1) On pourrait imaginer une étape plus avancée : Celle de l'ablation complète des horizons supérieurs (humifères et appauvris), avec mise à nu des B compacts dégradés, comme cela se passe pour certains sols des zones sèches. L'observation de quelques sols surcultivés à GOYOUM (inédit) nous confirmerait cette tendance : Des lits de sables grossiers blanchis apparaissent déjà en surface.

étude génétique ne peut être entreprise. En effet une telle démarche ignore dans les faits deux propriétés fondamentales des systèmes-sol :

a - La propriété d'inclusion (espace) : Le sol, comme la plupart des systèmes ouverts, est caractérisé par une organisation hiérarchique (WHYTE et al. 1969) : Il peut être subdivisé en sous-systèmes de plus en plus petits, de complexité décroissante, qui sont emboîtés les uns dans les autres pour former une hiérarchie de systèmes. Pour définir le "sous-système appauvri", sous ses deux aspects structural et fonctionnel, pour lui donner une frontière, il paraît logique de définir ses inter-relations avec son voisinage, d'en connaître les structures "encaissantes" afin de ne pas confondre des faits inhérents :

- 1/ A l'organisation générale du profil : Les sols jaunes ne portent-ils pas déjà en eux (par nature) les "germes de l'appauvrissement" ? Les sols sous forêt ne sont-ils pas déjà "appauvris" ou transformés dans ce sens ?
- 2/ A l'organisation du compartiment apical soumis aux variations saisonnières des facteurs externes et "module transactionnel" du système.
- 3/ Aux transformations subapicales (superficielles) de ce compartiment liées à l'occupation humaine et qui ont pour effet d'exacerber le processus "d'appauvrissement" tout en accentuant le contraste des horizons. Notons que seule cette ultime étape est prise en compte à un niveau élevé de la classification, dans son application aux sols du Gabon (MARTIN et al. 1977, MARTIN 1977)(1).

---

(1) Remarquons que la classification actuelle rompt la continuité en nous amenant, d'une part, à considérer les sols jaunes sous forêt comme intrinsèquement non appauvris (en fait peu) et en les regroupant dans un même taxon (gr. typique) que les sols rouges à organisation de base et propriétés pourtant différentes (HUMBEL, 1976), et d'autre part, en ne considérant pratiquement comme appauvris que les seuls sols situés sous cultures.

b - La propriété de filiation (temps) :

Chaque sous-système peut dériver d'un sous-système voisin par un certain nombre de transformations échelonnées dans le temps. Or la chronologie des processus, les inter-relations, les liens de récurrence ne peuvent être connus si les observations ne portent que sur l'ultime différenciation, la partie du profil la plus évoluée, résultante morphologique d'une longue chaîne évolutive. L'interférence de plusieurs processus pédogénétiques, le risque d'apparition de discontinuités (MULLER, 1977) rendent cette analyse quasi impossible.

Or ce sont sur ces bases naturelles qu'à notre avis doit reposer toute étude cohérente de géographie des sols. Il nous paraît ainsi illusoire de vouloir étudier autrement que sous un aspect descriptif des éléments cloisonnés sinon disjoints(1). Les différentes parties doivent être reliées dans l'espace et dans le temps de telle sorte que les différents systèmes puissent être comparés et le même système suivi à travers une séquence de changement dans le temps. Les études de type agronomique, centrées sur les différenciations superficielles, semblent ne pas devoir échapper à la règle.

---

(1) La représentation que l'on se fait du sol à travers son image taxonomique correspond d'ailleurs à une vision fragmentaire. Cela est particulièrement vrai pour les sols ferrallitiques.



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

- BOULAIN (J.), 1969.- Sol, pédon, géon. Concepts et définitions. Bull. A.F.E.S., 2 : 31-40.
- BREWER (R.), 1964.- Fabric and mineral analysis of soils. J. Wiley and Sons; New-York, London, Sydney, 470 pages.
- BRIDGMAN (P.W.), 1927.- The logic of the modern physics. Mac Millan, New-York, XIV, 228 pages.
- BUTLER (B.E.), 1959.- Periodic phenomena in landscapes as a basis for soil studies. C.S.I.R.O. Australis, Soil Public, 14 : 20 pages.
- CHATELIN (Y.), 1972.- Eléments d'épistémologie pédologique. Application à l'étude des sols ferrallitiques. Cah.ORSTOM, sér. Pédol., vol. X, n° 1 : 3-24.
- CHAUVEL (A.), 1976.- Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges en Moyenne Casamance. Thèse Sci. Strasbourg C.N.R.S., A.O. 12 803, 496 pages.
- CHORLEY (R.J.), KENNEDY (B.A.), 1971.- Physical geography, a systems approach. Prentice Hall, London, 370 pages.
- CHURCHMANN (C.W.), 1974.- Qu'est-ce que l'analyse par les systèmes ? Dunod Entreprise. Trad. Française. 218 pages.
- DANIELS (R.B.), GAMBLE (E.E.), CADY (J.G.), 1971.- The relation between geomorphology and genesis. Advances in Agronomy, vol. 23. Academic Press, New-York.
- DOST (H.), 1960.- Criticism of the concept of soil as a natural body. Intern.Congr.Soil Sci., 7th, Madison, 4 : 124-126.
- FAUCK (R.), 1971.- Contribution à l'étude des sols des régions tropicales : Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale. Mém.ORSTOM, 61, Paris, XII, 259 pages.
- GAVAUD (M.), 1976.- Essai sur la classification génétique des sols. Multigr.ORSTOM-YAOUNDE, 49 pages.
- HUMBEL (F.X.), 1976.- L'espace poral des sols ferrallitiques du Cameroun. Caractéristiques et comportements en relation avec les régimes hydriques et les bioclimats. Thèse Fac.Sci. Sci.Univ.PARIS VI; Trav. et Doc.de l'ORSTOM, 54, 306 pages.

- HUGGETT (R.J.), 1975.- Soil landscape systems : A model of soil genesis. *Geoderma*, 13 : 1-22.
- JENNY (H.), 1941.- Factors of soil formation. A system of quantitative pedology. McGraw Hill, New-York, 281 pages.
- JONGERIJUS (A.), 1964.- Soil micromorphology. Elsevier, Amsterdam, 590 pp.
- JOHNSON (W.M.), 1963.- The pedon and the polypedon. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 27 : 212-215.
- KOVDA (V.A.), SAMOILOVA (E.M.), VASILEVSKAYA (V.), YAKUSHEVSKAYA (I.V.), 1968.- Geochemical differentiation of product of Weathering and soil formation on the Russian great plain. *Trans. Intern. Congr. Soil Sci.*, 9th, Adelaide, 4 : 293-301.
- LE MOIGNE (J.L.), 1972.- La théorie des systèmes. Cours inédit. I.A.E. Aix-En-Provence. Notices Techniques.
- MARTIN (D.), 1977.- Les sols des cacaoyères du Woleu-Ntem (Gabon). *Multigr. ORSTOM-BRAZZAVILLE*, 23 pages.
- MARTIN (D.), MULLER (J.P.), MARIUS (C.), 1977.- Les horizons supérieurs des sols ferrallitiques du Woleu-Ntem. A paraître.
- MELESE (J.), 1972.- Systèmes et structures. *Hommes et Techniques*. 328 : 122-126.
- MULLER (J.), 1970.- Contribution à l'étude du phénomène d'appauvrissement : Etude morphologique et typologique des sols appauvris en argile du Gabon. Nomenclature et classification. *Multigr. ORSTOM-LIBREVILLE*, 140 pages.
- MULLER (J.P.), 1972.- Etude macromorphologique des sols appauvris en argile du Gabon. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, X, 1 : 77-93.
- MULLER (J.P.), 1977a.- Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques à l'amont des modèles convexes (Centre-Cameroun). Aspects morphologiques. A paraître *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XV, n° 2.
- MULLER (J.P.), 1977b.- La microlyse planique et la différenciation des épipédons dans les sols ferrallitiques rouges du Centre-Cameroun. A paraître, *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XV, n° 3.
- MULLER (J.P.), 1977c.- Les phénomènes de discontinuité en pédologie. Application au domaine ferrallitique. Illustration par des exemples camerounais. *Multigr. ONAREST-IRAF*, 34 p., 29 réf., cote P. 204.
- RUHE (R.V.), WALKER (P.H.), 1968.- Hillslope models and soil formation. I. Open systems. *Trans. 9th, Int. Congr. Soil Sci.*, Adelaide S.A., 4 : 551-560.

SCHELLING (J.), 1970.- Soil genesis, soil classification and soil survey. Geoderma, 4 : 165-193.

SIMONSON (R.W.), 1959.- Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 23 : 152-156.

WHYTE (L.L.), WILSON (A.G.), WILSON (D.)(Editors), 1969.- Hierarchical structures. Proceedings of a symposium American Elsevier, New-York.