

Essai de structuration pour une classification des sols et milieux de pédogenèse

M. LAMOUROUX

Pédologue de l'ORSTOM, SCC, Bondy

RÉSUMÉ

De nombreuses classifications des sols manquent de structuration au niveau des unités supérieures. Un cadre schématique s'appuyant sur trois critères principaux est proposé en vue de servir de base au choix d'unités de classifications.

Ces critères sont les suivants : le degré de différenciation des sols, le bilan géochimique et le milieu de pédogenèse.

Le milieu de pédogenèse de conception relativement nouvelle est défini, différents milieux sont caractérisés et le problème des limites entre milieux est envisagé. Enfin le milieu de pédogenèse est intégré dans un schéma d'ensemble, sur lequel sont représentés la plupart des types de sols étudiés.

Le cadre schématique proposé met en évidence la nécessité de reconsidérer le découpage d'unités conventionnelles de classification des sols.

Après avoir réfléchi au problème de la classification des sols, il nous est apparu qu'il devrait être possible d'améliorer la cohérence des systèmes proposés. Il en est ainsi notamment dans la classification française (AUBERT, 1965, CPCS, 1967), au niveau supérieur de la classe ou de la sous-classe. Cette insuffisance d'organisation interclasse est due au fait que l'unité sol étant difficile à individualiser il est fait appel pour définir des catégories de sols à un certain nombre de critères souvent hétérogènes,

ABSTRACT

Many of the present soil classifications lack structurations at the superior units level. A schematic frame depending on three principal criteria is proposed to serve as base for the choice of soil classification units. These criteria are : the degree of soil differentiation, the geochemical balance and the pedogenetic environment.

The relatively new conception of the pedogenetic environment is defined; different environments are characterized and the problem of the limits between different environments is laid down. Finally the pedogenetic environment is integrated in the general scheme, in which the greater part of the soil types studied is represented.

The schematic frame proposed makes evident the necessity of reconsidering the division of conventional units of soil classification.

choisis arbitrairement en fonction des connaissances acquises et indépendamment les uns des autres. Ainsi, certains sols sont caractérisés par un de leurs constituants tels que la matière organique ou les sesquioxides de fer. Or, les caractères invoqués (nature, répartition, individualisation, quantité, etc. de ces constituants) ne sont pas assez spécifiques et ne reflètent pas toujours l'essentiel de leur dynamique. Les sols calcimagnésiques ont une roche mère carbonatée ou basique et, d'après leur définition,

ils comprendraient, entre autres, les sols carbonatés plus ou moins évolués, des sols fersiallitiques saturés évolués et bien drainés, des sols bruns hydratés à drainage ralenti, des sols à profil calcaire ou gypseux différencié. Des caractères géochimiques sont invoqués pour les sols fersiallitiques, les sols podzolisés, etc. Les grandes unités au niveau de la classe présentent donc, outre des définitions souvent imprécises, un manque d'homogénéité et surtout de cohérence.

L'expérience nous a montré qu'il est actuellement difficile, sinon impossible, de définir une unité naturelle indépendamment d'un ensemble continu de sols. Ce « continuum » peut être fragmenté de manière artificielle et insuffisamment cohérente comme l'ont fait les Américains (USDA, 1960-1967). Dans cette tentative, on s'efforce de définir des concepts centraux, faute de pouvoir leur donner des limites précises, et de façon à bien articuler les unités sol, les unes par rapport aux autres.

Notre propos est donc une recherche de structuration fondée sur un nombre limité de principes directeurs. A partir de ce cadre, des unités conceptuelles de classification pourront être définies, mais ce ne sera pas l'objet de cette note.

1. CHOIX DES PRINCIPES DIRECTEURS

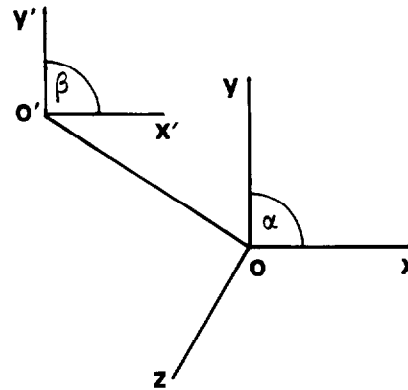
Trois critères ont été retenus au niveau des principes directeurs comme étant les données les plus caractéristiques de la pédogenèse :

— *Le degré de différenciation morphologique*, lié à la fois au facteur temps et au facteur climatique.

— *Le bilan géochimique*, laissant apparaître une zonation climatique.

— *Le milieu de pédogenèse* qui traduit dans de nombreux cas l'influence de la topographie.

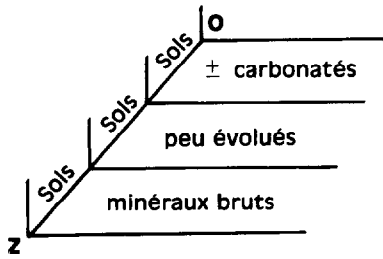
Un cadre schématique pluridimensionnel figure dans l'espace cette structuration : le degré de différenciation en Oz , le bilan géochimique en Oy et $O'y'$, le milieu de pédogenèse en Ox et $O'x'$. Une quatrième dimension OO' tenant compte des précipitations est introduite dans le but de faciliter la présentation des différents sols suivant deux plans α et β . En effet, comme il paraît difficile de présenter sur un même plan xOy l'ensemble des sols observés sous les différents climats, nous avons



distingué deux grands types de régions climatiques (bien que la réalité soit plus complexe) : les régions humides à subhumides et les régions subhumides à semi-arides, la limite entre les deux se situant entre 500 et 700 mm de précipitations actuelles. Mais la limite des climats a évolué dans le temps, si bien qu'il peut y avoir interpénétration des sols, d'un type de région, où ils sont habituellement formés, dans l'autre. Dans les régions humides ou subhumides, aux précipitations supérieures à 500 ou 700 mm, s'observe la plus grande partie des sols évolués étudiés. Ils seront représentés dans le plan α (xOy). Les régions subhumides à arides, soumises à moins de 500 ou 700 mm de précipitations, comprennent des zones chaudes tropicales et méditerranéennes ainsi que des zones froides boréales. Les sols de ces régions seront représentés dans un deuxième plan β ($x'O'y'$). Un seul plan ou plus de deux pourraient être considérés, mais ce n'est qu'une question pratique de présentation qui a guidé notre choix.

1.1. Le degré de différenciation morphologique

En Oz sont représentés des sols en fonction de leur degré de différenciation. Reconnaître une différenciation dans un sol c'est mettre en évidence des différences d'organisation morphologique ou des différences analytiques. Tout dépend alors de l'échelle d'observation ou d'analyse utilisée. Ici nous nous en tiendrons aux observations de terrain : apparition d'horizons bien délimités, d'éléments structuraux bien développés, de constituants individualisés dans un ensemble homogène, etc. Il n'est d'ailleurs pas question d'aller très loin dans cette voie.



Comme c'est le cas dans de nombreuses classifications, nous distinguerons sur l'axe Oz , d'abord des sols au premier stade de leur évolution, les sols minéraux bruts, puis des sols faiblement différenciés, ou sols peu évolués. Enfin apparaissent des sols plus ou moins carbonatés, mais en voie de décarbonatation. Dans ces sols des différenciations nettes peuvent apparaître, mais elles sont imputables essentiellement à des variations de la teneur en carbonates. L'évolution de la matière silicatée ou des produits ferrugineux par exemple est considérablement ralentie par la présence de ces carbonates. Ainsi se différencie fondamentalement les sols en voie de décarbonatation de sols évolués, plus ou moins recarbonatés, actuellement classés comme sols isohumiques et que RUELLAN (1971) appelle sols à profil calcaire différencié. Et nous arrivons en O , à l'ensemble des sols évolués dont les degrés de différenciation et d'évolution sont plus ou moins intenses. Il ne nous paraît pas possible, en l'état de nos connaissances, de distinguer cet ensemble de sols par un gradient de différenciation morphologique. Par contre l'introduction de nouveaux critères va permettre de tenir compte implicitement de certains types de différenciation.

1.2. Le bilan géochimique

Ce critère tient compte des résultats de l'altération des roches et des minéraux secondaires, en particulier de la formation et de la transformation des minéraux argileux, de la formation et de l'évolution des produits alumineux et ferrugineux. Un premier bilan fait apparaître trois grands domaines géochimiques que nous disposerons sur les axes Oy et $O'y'$.

— *Le domaine de la ferrallitisation* couvrant la zone équatoriale et une partie de la zone tropicale humide. Ce domaine n'intéresse donc que le premier type de régions humides à subhumides. Il se caractérise soit essentiellement par la formation de kaolinite

(monosiallitisation : PEDRO 1968) et ou par celle de gibbsite (allitisation), et plus rarement par la présence presque exclusive de produits ferrugineux (ferritisation : ZONN 1969, QUANTIN 1972).

— *Le domaine de la fersiallitisation* s'étend des zones tropicales et subtropicales, aux zones tempérées, en couvrant les zones méditerranéennes. Ce domaine se caractérise par la formation dans les sols d'argiles 2/1, parallèlement ou non à de la kaolinite (bisiallitisation : PEDRO 1968). En outre, le fer, intimement associé aux minéraux argileux, donne aux sols une couleur rouge.

— *Le domaine de la « Siallitisation »* intéresse essentiellement les zones tempérées. Il y a également bisiallitisation, mais il n'y a pas rubéfaction des sols, dans les limites strictes que nous admettrons (1) (LAMOUROUX 1972). Il n'y a pas lieu d'insister davantage sur ces deux critères dont il est déjà plus ou moins implicitement, tenu compte dans la classification française actuelle.

1.3. Le milieu de pédogenèse

1.3.1. LE CONCEPT DE MILIEU DE PÉDOGENÈSE

L'altération des minéraux primaires est à l'origine de multiples transformations pédogénétiques et conditionne en grande partie les différenciations. Or la stabilité d'un minéral, comme l'ont montré HENIN, PEDRO et ROBERT (1968), n'est pas un caractère fixe, mais dépend du milieu d'évolution, c'est-à-dire d'un ensemble de conditions et de facteurs déterminant ce que les auteurs appellent « la structure d'agression ». Différenciation et évolution du sol paraissent donc fortement conditionnées par le milieu de pédogenèse. *Ainsi ce dernier peut se définir comme l'environnement bio-physico-chimique conditionnant l'évolution du sol et pour une grande part les différenciations pédologiques.*

Ce milieu se traduit par un état déterminé des constituants du sol sur lesquels ont agi et agissent

(1) « Le processus de rubéfaction est limité à l'apparition dans les sols d'une couleur rouge dominante (5 YR à 10 R). Ainsi dans un sol brun rouge (7,5 YR) la couleur rouge peut résulter soit d'un début de rubéfaction, soit d'une simple oxydation des sesquioxydes de fer. Il n'est en outre pas question de rubéfaction quand la couleur rouge est originellement acquise, du fait de l'existence d'hématite dans la roche mère. »

les facteurs de pédogenèse et par un équilibre, à l'instant considéré, entre les éléments exportés et les éléments apportés par les altérations locales ou par des eaux provenant de plus ou moins loin.

1.3.2. LES DIFFÉRENTS TYPES DE MILIEUX DE PÉDOGENÈSE

Deux types fondamentaux de milieux peuvent être distingués :

— des milieux agressifs correspondant à des sols bien drainés, où les solutions du sol favorisent des hydrolyses ou acidolyses provoquant un départ plus ou moins important de constituants du sol par lixiviation ou lessivage. C'est le « depleting environment » de BARSHAD (1966), milieu perdant des matériaux ;

— des milieux peu ou pas agressifs, correspondant à des sols plus ou moins bien drainés. Les solutions se concentrent dans ces milieux et enrichissent les constituants du sol par des dépôts ou des néogenèses. C'est « l'accumulating environment » de Barshad, milieu où s'accumulent des matériaux nouveaux. En fait, à l'analyse et à l'usage, il est apparu utile de prendre en considération 4 types de milieux pédogénèse (LAMOUREUX 1971).

a) *Le milieu bien drainé, lixiviant, perdant de la matière*

C'est un système d'agression ou éluvial occupant la partie amont d'un versant, une terrasse ou un plateau bien drainé, en région humide ou subhumide. Les solutions du sol sont alimentées directement par les eaux de pluie et se chargent en éléments dissous ou en suspension aux dépens de ce même milieu. Elles déposent leurs charges dans les milieux d'accumulation, situés en aval. Ce milieu sera plus concrètement défini par une ou plusieurs séries de critères, indiquant une soustraction de matière. Par exemple pour un sol présentant un milieu lixiviant sur tout le profil :

— un complexe absorbant partiellement désaturé dans le B ;

— pas de profil calcaire (dans le cas d'une roche mère carbonatée) ;

— des minéraux argileux évoluant de la profondeur à la surface.

b) *Le milieu drainant bien, mais confinant du fait de conditions arides*

Les solutions du sol provenant d'un amont de type lixiviant ou de sources, déposent leur charge à la suite de fortes évapotranspirations. Il se forme alors dans ces milieux des accumulations carbonatées, chlorurées ou sulfatées.

c) *Le milieu à drainage ralenti et confinant* est caractérisé par un engorgement temporaire. Le drainage étant ralenti, pour une cause quelconque, les solutions du sol se concentrent en ions variés et perdent de leur agressivité. Il peut se produire en profondeur des accumulations de carbonates ou de silice par exemple, des transformations de structure, de couleur, de compacité, de l'état du fer. Ces milieux sont plus fréquents en situation de piedmont sous les climats humides et peuvent exister sous des précipitations de 6 à 700 m. Les solutions du sol peuvent être encore agressives en surface, alors qu'en profondeur il y a gain de matière provenant de la partie supérieure et des milieux lixiviés amont.

Il n'y a pas de nappe apparente et morphologiquement apparaissent le plus souvent des symptômes d'une hydromorphie temporaire, ne se traduisant pas forcément par un pseudogley.

Les critères les plus fréquemment observés dans les sols présentant ce type de milieu sont les suivants :

complexe absorbant saturé ;

profil textural souvent peu différencié ;

minéraux argileux faiblement transformés de la base au sommet du profil ;

profil calcaire différencié (s'il existe) ;

sexquioxydes de fer transformés en goethite et plus ou moins individualisés sous forme de petits nodules.

d) *Le milieu à mauvais drainage et confinant* est un milieu hydromorphe à pseudogley ou à gley. Les solutions du sol ou de la nappe phréatique sont concentrées et donnent lieu à des accumulations de carbonates ou d'hydroxydes dans la « zone de battance ».

Des transformations importantes peuvent se produire dans la couleur, la nature des produits organiques, dans la structure, la cohérence et la porosité, ainsi qu'il en est de la nature des minéraux argileux qui peuvent se néoformer.

1.3.3. LIMITES ENTRE MILIEUX, MILIEUX MULTIPLES, MILIEUX DE TRANSITION

— Limites entre milieux

Le milieu de pédogenèse, tel qu'il vient d'être défini, peut caractériser un sol, mais comme lui il a des limites, déterminées à l'aide de critères précis dont un certain nombre, ont été énumérés ci-dessus.

Un même milieu peut intéresser la totalité ou une partie du profil et là apparaît une difficulté : peut-on caractériser un sol par plusieurs milieux de pédogenèse ? Avec la conception que nous avons du sol, il ne saurait en être autrement et nous touchons par ce biais à la question des intergrades qui ne peuvent être correctement définis que si des limites conventionnelles (morphologiques ou analytiques) sont adoptées. Mais à notre point de vue, il est préférable de résoudre, au préalable, la question des milieux multiples ou des milieux de transition avant de définir des unités sols qui poseront chaque fois ce même problème.

— Milieux multiples

Partant d'un volume de sol unitaire donné, nous devons faire un choix hiérarchique quand deux milieux de pédogenèse se superposent (A lixivié sur B hydromorphe par exemple) :

— dans le cas d'un sol profond (plus de 80 cm), si le milieu supérieur A intéresse une épaisseur de moins de 40 cm, le sol sera d'abord caractérisé par le milieu B (sol de milieu B, à milieu A de surface) et inversement si le milieu A a plus de 40 cm d'épaisseur ;

— dans le cas d'un sol peu épais (moins de 80 cm) le milieu intéressant la plus grande épaisseur de sol (plus de 50 cm) caractérisera d'abord le sol.

— Milieux de transition

Le passage latéral d'un milieu de pédogenèse à un autre, peut se faire, par exemple dans un bas de pente au contact d'une nouvelle roche mère. Les limites approximatives sont alors faciles à établir. Mais les transitions peuvent être progressives, problème bien connu en cartographie des sols. Il convient, dans ce cas, d'adopter des limites conventionnelles.

Les cas sont trop nombreux pour en dresser une liste ici, mais on peut citer quelques exemples :

— au Liban, le passage d'un milieu lixivié à un milieu hydraté se reconnaît à un changement de

couleur du rouge au brun (limite 5 YR 4/4 à 4/6) ou plus précisément après l'analyse des produits ferrugineux amorphes qui représentent plus de 20 % du fer total dans le sol rouge et moins de 20 % dans le sol brun hydraté ;

— le passage d'un milieu lixivié à un milieu drainant bien mais confinant, peut être déterminé sur la base du critère calcaire (s'il s'agit d'un confinement en calcaire) : par exemple, si 5 % de CaCO_3 s'accumulent sur l'ensemble du profil ou plus de 10 % sur au moins 1/3 du profil, le milieu devient confinant.

Ces quelques exemples concrets appliqués à quatre types de milieux de pédogenèse nous montrent que l'on peut parfaitement distinguer de grands ensembles pédogénétiques, à condition d'adopter des limites conventionnelles et des définitions précises.

2. INTÉGRATION DU MILIEU DE PÉDOGENÈSE EN TANT QUE PRINCIPE DIRECTEUR DE LA CLASSIFICATION

Ce troisième critère intervient dans chacune des régions climatiques considérées.

— Dans les régions subhumides à arides (plan β) ne subsistent que deux domaines géochimiques, celui de la fersiallisation et celui de la siallisation. En régions tropicales et méditerranéennes subhumides à arides, les sols fersiallitiques, tels que nous les avons définis (LAMOUROUX 1971), ne caractérisent pas toujours les milieux lixiviés des hauts de toposéquences. Il peut s'agir aussi de sols ferrugineux tropicaux profondément lessivés, comme l'a montré BOCQUIER (1972) dans ses toposéquences du Tchad. Dans ce cas on passe très vite à des milieux à drainage ralenti puis hydromorphes. Mais il s'agit souvent, dès que les conditions climatiques deviennent plus arides, de sols peu évolués ou de sols carbonatés passant en bas de pente à des sols caractérisés par un milieu drainant bien mais confinant. Certains sols ferrugineux tropicaux, des sols halomorphes, des vertisols, des sols hydromorphes, ainsi que des sols moins connus de zones arides boréales, peuvent entrer dans cette partie du schéma.

— C'est en régions humides à subhumides (plan α), caractérisées par les trois grands domaines géochimiques, que se forme la plus grande variété de

sols évolués. Nous avons représenté sur le tableau suivant un certain nombre de types de sols étudiés dans ces régions, en fonction des domaines géochimiques en Y et des milieux de pédogenèse en X (le milieu drainant bien et confinant n'existe qu'en régions subhumides à arides). Le but recherché n'est

pas d'inclure dans notre schéma tous les sols connus (ce qui reste possible), mais de choisir un certain nombre d'exemples étudiés et de montrer l'intérêt d'un tel système de structuration pour situer les grands types de sols les uns par rapport aux autres et peut-être reconsidérer leur classification.

	Milieux lixiviés (bon drainage)	Milieux hydratés (drainage ralenti)	Milieux hydromorphes (mauvais drainage)
Domaine de la Siallisation	Sols brunifiés tempérés Podzols Andosols Sols calcimagnésiques	« Sols bruns hydratés » (vertisols)	Sols hydromorphes
Domaine de la fersiallisation	Sols fersiallitiques (rouge médit.) Andosols Sols bruns eutrophes Sols fersiallitiques (rouges tropicaux)	Sols bruns hydratés Sols ferrugineux tropicaux	Sols hydromorphes Sols isohumiques (p.p.) Vertisols Sols hydromorphes Sols halomorphes
Domaine de la ferrallitisation	Andosols Sols ferrallitiques (rouges) Sols ferrallitiques jaunes	sols ferrallitiques (jaunes hydratés)	sols hydromorphes sols hydromorphes Vertisols

Place de certains sols connus dans le tableau

Certains sols correspondant à un milieu bien caractérisé trouvent facilement leur place dans ce tableau. Ce sont par exemple les sols hydromorphes, quelques sols halomorphes des régions humides. Il apparaît tout de suite qu'aucune distinction n'a été faite entre sols hydromorphes des différents domaines dont les matériaux illuviés sont pourtant très différents.

— Les vertisols apparaissent également dans les trois domaines, aussi bien en milieu à drainage ralenti (vertisols rouges du Moyen-Orient), qu'en milieu mal drainé (vertisols foncés des dépressions).

— Les sols ferrugineux tropicaux sont le plus souvent des sols à drainage ralenti, ce qui permet de considérer que leurs caractères essentiels sont plus liés à ce drainage déficient qu'à leur situation dans le domaine fersiallitique. Ils n'apparaissent donc pas sur le même phylum, lixivié et bien drainé, que les sols ferrallitiques et fersiallitiques dont ils diffèrent assez nettement.

— Quant aux sols isohumiques, dont la définition n'est pas très claire, il est difficile de les situer entre les régions humides et subarides, entre les milieux lixiviés et plus ou moins drainés. Il paraît souhaitable de reconsidérer ces sols dans leur contexte géographique et toposéquentiel.

— Il en est de même de cet ensemble hétéroclite des sols dits calcimagnésiques dont on voit mal, et les caractères communs qui les lient, si ce n'est une roche mère basique, et leur position dans le contexte topogéographique.

— *Exemples d'intégration de certains sols dans le schéma proposé*

Dans les différents domaines géochimiques où nous avons eu l'occasion de travailler, nous avons pu établir pour les sols étudiés des apparentements avec ces domaines et avec un milieu de pédogenèse donné.

La toposéquence suivante est fréquemment observée au Togo, ainsi qu'en de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest : aux sols rouges ferrallitiques bien lixivifiés de haut de pente succèdent en bas de pente des sols ferrallitiques jaunes (hydratés) à drainage ralenti, puis des sols hydromorphes mal drainés.

Au Liban, comme dans d'autres pays méditerranéens, les sols rouges fersiallitiques correspondent à des milieux lixivifiés bien drainés, les sols « bruns hydratés » à des milieux à drainage déficient et les sols hydromorphes à des milieux mal drainés. Ce type d'association peut également s'observer en zones tempérées et même boréales.

Cette présentation des différents sols étudiés dans un tel tableau à double entrée permet :

— d'associer des sols qui se présentent sur le terrain suivant des toposéquences dont la partie amont nourrit la partie aval ;

— de juxtaposer des domaines géochimiques qui géographiquement se succèdent suivant une vaste climoséquence. Dans ce cas, les sols se correspondent dans un même phylum (même milieu, mais de domaine géochimique différent) :

● En milieu lixivifié aux sols ferrallitiques jaunes puis rouges succèdent des sols rouges fersiallitiques, puis des sols « bruns siallitiques » ;

● En milieu à drainage ralenti aux sols ferrallitiques hydratés de bas de pente se juxtaposent des sols ferrugineux tropicaux au fer fortement induré, puis des sols bruns hydratés où la ségrégation du fer commence à apparaître ;

● En milieu hydromorphe, le même type de sol persiste du Nord au Sud, sans qu'il soit possible pour l'instant d'établir de différenciations.

— de mettre en évidence des sols n'apparaissant que dans un milieu donné et sans équivalent dans les autres milieux, soit que ces équivalents n'existent pas, soit qu'ils restent à définir.

Conclusion

Le choix de trois critères comme principes directeurs de classification des sols permet d'établir trois types de liaisons entre les sols :

— des liaisons basées sur le degré de différenciation morphologique ; celles-ci sont apparentes dans la plupart des classifications ;

— des liaisons entre des types géochimiques voisins ;

— des liaisons toposéquentielles partiellement étudiées jusqu'à maintenant.

Ce type de structure tridimensionnelle permet de situer les sols dans un continuum, comme dans la réalité. Il pose alors le problème du découpage en unités conventionnelles. Nous avons constaté que si nous ne définissons pas un cadre préalable à la classification nous aboutissons à des unités mal définies, ne présentant aucune filiation entre elles, parce que situées à des niveaux différents d'évolution, d'altération géochimique, etc. Ce schéma n'est qu'un cadre parmi bien d'autres possibles ; il prétend servir de base à la définition d'unités supérieures cohérentes, couvrant la totalité du continuum pédologique.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 31 octobre 1972.

BIBLIOGRAPHIE

AUBERT (G.), 1965. — Classification des sols — Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes utilisés par la Section de Pédologie ORSTOM. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, III, 3 : 269-288.

Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. X, n° 3, 1972 : 243-250.

BARSHAD (I.), 1966. — The effect of a variation in precipitation on the nature of clay mineral formation in soils from acid and basic igneous rocks. *Int. clay. Conf.* 1, 1966. Jérusalem, vol. 1 : 167-173.

- BOCQUIER (G.), 1971. — Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation hydrodynamique. Thèse Science, Strasbourg. ORSTOM, Paris, 364 p. *multigr.*
- C.P.C.S., 1967. — Classification des sols — Laboratoire de Géologie-Pédologie, Grignon, 87 p. *multigr.*
- HENIN (S.), PEDRO (G.), ROBERT (M.), 1968. — Considérations sur les notions de stabilité et d'instabilité des minéraux en fonction des conditions du milieu; essai de classification des « systèmes d'agression ». *Int. Congr. Soil Sci.*, 9, 1968, Adélaïde, III : 79-90.
- LAMOUREUX (M.), 1972. — Etude de sols formés sur roches carbonatées — Pédogenèse fersiallitique au Liban. *Mém. ORSTOM*, n° 56, Paris, 266 p.
- LAMOUREUX (M.), 1972. — Rubéfaction des sols et sols rubéfiés. *Encyclopaedia Universalis* (en cours de publication).
- PEDRO (G.), 1968. — Distribution des principaux types d'altération chimique à la surface du globe. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.* X, 5 : 457-470.
- QUANTIN (P.), 1972. — Communications personnelles.
- RUELLAN (A.), 1971. — Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes : les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc oriental). *Mém. ORSTOM*, n° 54, Paris, 302 p.
- U.S.D.A., 1960. — Soil classification — A comprehensive system, 7th, approximation — U.S.D.A. soil survey staff, soil conservation service, Washington, 265 p.
- U.S.D.A., 1967. — « Supplement to soil classification system, 7th, approximation » — U.S.D.A. soil survey staff, soil conservation service, 207 p. *multigr.*
- ZONN (S.V.), 1969-1971. — Introduction to the study of subtropical and tropical soils. « Patrice Lumumba » People's Friendship Univ., Moscou, 242 + 343 p.