

L'HISTOIRE DES SOLS : QUELQUES PROBLÈMES DE DÉFINITION ET D'INTERPRÉTATION

Alain RUELLAN*

RÉSUMÉ

D'après l'accord ou le désaccord qui semble exister actuellement entre le milieu pédologique et son environnement, on distingue trois types de sols dont les passés sont différents.

Dans les sols dont tous les caractères paraissent en accord avec l'environnement actuel, rien ne témoigne d'une évolution passée différente de l'évolution actuelle. Il y a parmi ces sols, soit des sols dont les caractères principaux se différencient rapidement puis dont la différenciation globale ne se modifie plus en fonction du temps, soit des sols qui se différencient lentement en fonction du temps, toujours dans le même sens.

De nombreux sols ont des caractères reliques qui témoignent de conditions pédogénétiques passées différentes des conditions actuelles. Ces caractères reliques sont souvent très jeunes et le paléoclimat n'en est pas la seule signification possible ; les mouvements tectoniques, la différenciation des sols et l'utilisation des sols par l'homme, modifient aussi le sens de l'évolution des sols dont certains caractères deviennent alors reliques.

Le troisième type est celui des sols enterrés. L'étude de ces sols pose de nombreux problèmes concernant la reconnaissance de la limite supérieure du sol enterré, la distinction à faire entre allochtonie et remaniement, la nature des mécanismes modifiant les sols pendant et après l'enfouissement.

ABSTRACT

According to the agreement or the disagreement which seems to exist presently between the soil and its environment, one can distinguish three types of soils whose pasts are different.

* Centre ORSTOM de Dakar.

Cet article a été présenté, en août 1970, au Symposium d'Amsterdam sur l'âge des matériaux originels et des sols, organisé par l'INQUA, l'AISS, l'UNESCO. Une version anglaise, légèrement différente du présent article, est publiée par l'AISS et Israel Universities Press dans le Volume intitulé : « *Paleopedology : origin, nature and dating of paleosols* », Jérusalem, 1971.

In the soils whose characteristics seem in balance with the present environment, there is no proof of a past evolution different from the present one. Among these soils, there are, on one hand, soils whose main characteristics are rapidly formed and than whose total differenciation is not longuer modified over a long period of time ; on the other hand, soils whose formation is very slow, but always in the same direction.

Numerous soils have relict features, indicating different past pedological conditions than the present ones. These relict features can be very young and the paleoclimate is not the only possible meaning of these characteristics. The tectonic movements, the differenciation of the soils and the utilization of soils by man, can also modify the orientation of soil evolution whose certain characteristics become, in consequence, relict.

The third type is the one of buried soils. The study of these soils pose numerous problems concerning the determination of the upper limit of the buried soil, the distinction between allochtony and reworking, the processes which modify the soils during and after the burial.

Les sols ont tous une histoire plus ou moins longue et compliquée et l'une des ambitions du pédologue est la reconstitution de cette histoire. Les sols sont-ils vieux ou jeunes ? Quelles furent les principales étapes de leur différenciation ? Ont-ils connu des environnements, des paysages, différents de ceux où ils évoluent actuellement ? Telles sont les principales questions d'histoire que se pose le pédologue.

Pour répondre à ces questions, le pédologue ne dispose jamais actuellement de faits sûrs nombreux. Il doit surtout interpréter et cette interprétation, il la fait principalement en fonction de ce qu'il connaît, et de ce qu'il suppose, sur les relations qui existent entre les caractères pédologiques et les éléments de l'environnement actuel.

D'après l'accord ou le désaccord qui semble exister actuellement entre le milieu pédologique et son environnement, on peut en effet distinguer plusieurs types de sols dont les passés paraissent fort différents ; et si on procède sur ce sujet à une *réflexion théorique*, on est conduit à admettre qu'il n'y a en fait que trois grands groupes de sols. Ces groupes sont les suivants :

1°) Les sols dont tous les caractères sont en accord, en équilibre, avec l'environnement actuel ; rien ne témoigne dans ces sols d'une évolution pédologique passée différente de l'évolution qui se poursuit actuellement.

2°) Les sols dont certains caractères, qualifiés de reliques, témoignent de conditions pédogénétiques passées différentes des conditions actuelles.

3°) Les sols enterrés, qui sont, en fait, un cas particulier du groupe précédent.

Dans les pages qui vont suivre, j'essaierai de définir et de délimiter le contenu théorique de ces trois groupes, et de poser les principaux problèmes qui concernent leur connaissance sur le terrain, leur étude et leur interprétation historique. Je m'appuierai pour cela sur quelques exemples pris surtout au Maroc.

1. LES SOLS EN ÉQUILIBRE

Je qualifie de sols en équilibre des sols qui ont toujours évolué dans un environnement identique à l'environnement actuel, ou, du moins, n'ont pas été marqués d'une façon durable par des environnements passés différents de l'actuel.

Parmi ces sols, dont tous les caractères sont en accord avec l'environnement actuel, on peut en distinguer, toujours sur un plan théorique, deux types principaux :

1° *Des sols dont les caractères essentiels se différencient rapidement*, puis dont la différenciation globale ne se modifie plus en fonction du temps. Le sol continue à évoluer normalement mais, en dehors des variations saisonnières et interannuelles, la différenciation de ces principaux caractères ne s'accroît plus en fonction du temps, car en fait ces caractères sont constamment rajeunis, régénérés. Tel est par exemple, à mon avis, le cas, au Maroc, de certains vertisols, ou de certains sols rouges méditerranéens, non lessivés et non calcaires, sur calcaires compacts karstifiés : les caractères pédologiques seuls de ces sols ne permettent pas de dire s'ils sont jeunes ou au contraire s'ils sont très vieux ; ces sols peuvent en fait être très vieux alors que la plupart de leurs caractères pédologiques sont jeunes, ou plutôt régénérés.

2° *Des sols dont les caractères principaux se sont différenciés, et continuent à se différencier, lentement, progressivement en fonction du temps*, plus ou moins vite pendant en fonction des variations climatiques, mais sans que le sens de l'évolution ne fut dans le passé, apparemment du moins, jamais modifié. Dans ces sols, l'étude des caractères pédologiques en fonction de l'environnement actuel permet de se faire une idée de leur âge, qui peut être très élevé. Tel est, par exemple, probablement le cas, au Maroc, des sols à profil calcaire différencié dont on peut, dans une situation donnée, estimer les âges d'après le développement des horizons Bca (RUELLAN, 1970).

Parmi ces sols en équilibre, il y a donc des sols d'âges très variés, et, plus précisément, au sein même de chaque sol il y a des caractères d'âges différents. Dans les sols à profil calcaire différencié du Maroc, par exemple, on peut montrer, par l'étude des sols sur des surfaces d'âges différents (RUELLAN, 1970) que si l'horizon Bca d'accumulation du calcaire peut être très vieux, par contre la répartition de la matière organique, la structure de l'horizon de surface, la couleur plus ou moins sombre de cet horizon, sont, semble-t-il, toujours des caractères jeunes ou plutôt constamment rajeunis. Une question vient alors à l'esprit : certains de ces sols et de ces caractères qui sont très vieux doivent-ils être considérés comme étant des paléosols et des paléocaractères ? La réponse dépend en fait du sens exact que l'on donne au terme « paléo ». J'admets, quant à moi, qu'il ne faut pas confondre paléo et vieux : *un sol vieux n'est pas un paléosol si tous ses caractères résultent d'une évolution qui a eu lieu au sein d'un environnement identique à celui que l'on connaît actuellement*. L'étude des étapes du développement de ces vieux sols au cours du Quaternaire reste cependant quand même du ressort de ce que l'on a l'habitude d'appeler la paléopédologie, puisqu'il s'agit d'essayer de se figurer ce que fut la différenciation atteinte par ces sols à chaque époque du Quaternaire, de se figurer aussi si la différenciation des caractères fut un phénomène continu et invariable ou si, au contraire, elle fut plus ou moins rapide et discontinue, témoignant alors de variations de l'environnement.

2. LES SOLS A CARACTÈRES RELIQUES

A côté des sols dont tous les caractères sont en accord avec l'environnement actuel, existe un deuxième grand groupe de sols, probablement plus vaste, qui est celui des sols dont certains caractères (quelquefois même, presque tous les caractères) résultent d'une évolution pédologique ancienne qui fut différente de l'évolution actuelle. Ce sont des sols à caractères reliques, et je tiens à souligner la signification bien précise que je donne à ce terme relique, *signification qui n'implique pas obligatoirement une notion d'âge élevé : un caractère relique peut être très jeune si le changement d'évolution pédologique est très récent*.

L'étude et l'interprétation de ces sols posent actuellement plusieurs types de problèmes qui concernent principalement, d'une part la reconnaissance des caractères reliques, d'autre part l'interprétation historique de ces caractères.

1° *La reconnaissance sur le terrain d'un caractère pédologique relique* n'est jamais, actuellement, un fait sûr. Cette reconnaissance est toujours une interprétation construite à partir d'un certain nombre de faits auxquels chaque pédologue attribue, en fonction de ses convictions personnelles, des significations différentes. Fréquemment, ce qui est caractère relique pour les uns ne l'est pas pour les autres, d'autant plus que très souvent chacun donne au mot relique une signification différente. En Afrique du Nord, par exemple il y a parmi les pédologues deux tendances principales, que l'on retrouve d'ailleurs dans bien d'autres pays :

— il y a d'une part ceux qui multiplient les caractères reliques et qui considèrent que la plupart des caractères des sols bien différenciés ont été acquis autrefois, sous des conditions climatiques différentes, en général plus humides qu'actuellement. Ils admettent en même temps que l'évolution actuelle de ces sols est, non pas tellement différente, mais surtout très ralentie par rapport à ce qu'elle fut autrefois. Ils considèrent en particulier que les caractères suivants sont presque toujours reliques : coloration rouge des sols, horizons B texturaux bien différenciés, horizons indurés (encroûtements et croûtes calcaires, carapaces et cuirasses ferrugineuses, dalles siliceuses), horizons C kaoliniques de plusieurs mètres d'épaisseur.

— il y a d'autre part ceux qui, au contraire, considèrent que certains de ces caractères, cités ci-dessus, résultent certes d'une longue évolution pédologique mais n'impliquent pas forcément des climats passés différents, plus actifs, les conditions actuelles pouvant être parfaitement suffisantes pour leur formation. Ils ont donc tendance à voir dans ces sols évolués beaucoup plus de caractères vieux que de caractères reliques.

2° *En ce qui concerne maintenant les problèmes posés par l'interprétation historique des caractères considérés comme reliques*, ce qu'il faut surtout souligner c'est que le paléoclimat ne doit pas être considéré comme la seule signification possible de ces caractères. En effet, on peut supposer qu'une modification importante dans l'orientation et le déroulement d'un groupe de mécanismes pédologiques peut être la conséquence de quatre types de transformations majeures de l'environnement, transformations qui vont influencer tous les autres éléments du milieu ; ces transformations sont :

- le changement de climat ;
- le mouvement tectonique ;
- la différenciation des sols ;
- l'utilisation des sols par l'homme.

a) Je n'insiste pas sur le rôle bien connu des *climats* qui, en se transformant, modifient toutes sortes de facteurs de l'évolution des sols. Il faut cependant souligner qu'étant donné l'existence dans les sols de migrations latérales dont l'importance a été soulignée à diverses reprises ces dernières années (MAIGNIEN, 1958 ; DELVIGNE, 1965 ; RUELLAN, 1967, 1970 ; BOCQUIER, 1968 ; BOCQUIER, PAQUET, MILLOT, 1970), on ne doit pas interpréter les caractères reliques en fonction seulement des changements climatiques du lieu, mais aussi en fonction de ceux qui ont pu affecter les pays amont. Ceci est particulièrement important pour les sols de plaines situées à l'aval de massifs montagneux puissants : c'est, en Afrique du Nord, un cas fréquent.

b) Je n'insiste pas non plus sur le rôle connu de la *tectonique*. Les exemples cités dans la littérature, en particulier en Afrique, sont nombreux.

c) Le rôle des *sols et des caractères pédologiques* comme facteur de pédogenèse se modifiant en fonction du temps, n'est pas encore bien connu. Pourtant, il est certain qu'en se différenciant les sols et les caractères pédologiques modifient progressivement, d'une façon directe ou indirecte, les conditions de leur propre pédogenèse et les conditions de la pédogenèse des sols situés à l'aval. Au cours du développement d'un sol, certains mécanismes donnent naissance à des caractères pédologiques qui en s'accroissant modifient progressivement le milieu sol d'une façon telle que les régimes hydriques et biologiques s'en trouvent profondément modifiés ; il en résulte alors d'une part le développement de nouveaux mécanismes, d'autre part le ralentissement puis l'arrêt des premiers mécanismes dont les caractères témoins deviennent reliques. On peut citer deux exemples :

— Celui du colmatage d'un horizon illuvial, qui induit des phénomènes d'hydromorphie et des migrations latérales et conduit à une diminution puis même à un arrêt de l'accumulation d'argile dans l'horizon B (BOCQUIER, 1967) dont une partie des caractères deviennent reliques.

— Celui d'un encroûtement calcaire qui, à partir du moment où il est suffisamment développé, induit, en limitant la pénétration de l'eau, des racines et de la faune, des mécanismes qui entreprennent de le détruire en surface et de réenrichir en calcaire les horizons A (RUELLAN, 1970). Il en est certainement de même pour les cuirasses ferrugineuses.

De nombreux caractères reliques peuvent ainsi être les témoins des étapes normales de l'évolution des sols. Cette évolution provoque souvent une transformation de l'environnement (végétation et micro-relief surtout), mais elle n'est pas due à une modification indépendante de cet environnement.

d) Le rôle joué par *l'homme*, depuis quelques siècles ou quelques millénaires selon les régions, sur l'évolution des sols, ne doit pas être minimisé. Sans même parler des façons culturelles, la seule destruction du couvert végétal naturel a certainement bouleversé l'aspect des horizons de surface de bien des sols, et ceci jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres de profondeur. Ce sujet est encore mal connu, mais les premières études précises réalisées en Afrique montrent avec quelle rapidité le sol se transforme dès que l'homme défriche. Il est donc possible :

— d'une part que bien des caractères pédologiques qui nous paraissent incompatibles avec l'environnement actuel, fortement marqué par l'homme, et que nous avons alors tendance à interpréter comme étant les témoins de paléoclimats anciens, soient en réalité compatibles avec le même environnement non défriché ;

— d'autre part que certains caractères importants de structure, d'appauvrissement en éléments fins, et bien entendu aussi de couleur des horizons de surface et de profil organique, soient d'acquisition récente, anthropique.

Dans les sols défrichés par l'homme, les caractères devenus reliques à la suite du défrichement, sont donc probablement nombreux. Ce sont des caractères reliques jeunes, mais qu'il est très important que nous apprenions à reconnaître avant de nous lancer dans l'interprétation détaillée d'un passé plus lointain.

3. LES SOLS ENTERRÉS

Comme pour les sols à caractères reliques, les sols enterrés posent un certain nombre de problèmes de définition, de reconnaissance sur le terrain et d'interprétation historique.

Pour ce qui est des définitions, le problème principal est celui de la profondeur d'enfouissement à partir de laquelle on est en droit de dire que le sol est vraiment enterré. Certains auteurs comme FOTAKIEWA en Bulgarie (1970), estiment qu'on ne peut parler de sol enterré fossile que si ce sol se trouve maintenant à une profondeur telle qu'il n'est plus soumis à l'activité biologique. Au Maroc par contre, comme dans bien des pays d'Afrique, on parle souvent de sol enterré dès que l'on considère qu'il est recouvert de quelques centimètres de matériaux allochtones. En fait, il semble bien que l'on doive distinguer deux types de sols enterrés :

— Ceux qui sont profondément enterrés au-delà de la zone actuelle d'action biologique directe. Ce sont les seuls vrais paléosols, c'est-à-dire des sols dont tous les caractères pédologiques sont reliques. Depuis qu'ils sont profondément enterrés, les mécanismes d'évolution de ces sols sont plus du ressort de la diagenèse très précoce que du ressort de la pédogenèse.

— Ceux qui sont plus faiblement enterrés et qui ont donc continué, après leur enfouissement, à évoluer sous l'action directe de la pédogenèse. Dans ces sols, il y a des caractères reliques et des caractères actuels et ils se rapprochent donc des sols à caractères reliques que j'ai évoqués dans le paragraphe II.

1° En Afrique, *les sols profondément enterrés* n'ont pas été, jusqu'à présent, souvent reconnus et étudiés. Pour le Maroc on peut cependant citer :

— Les vertisols enterrés dans les formations récentes des grandes plaines alluviales. Ils ont en particulier été étudiés dans la plaine du Rharb par DIVOUX et PUJOS (1960).

— Les sols isohumiques enterrés, reconnus au sein des formations quaternaires récentes, alluviales et colluviales, par l'étude détaillée des profils organiques (CONCARET et MAHLER, 1960).

— Les horizons plus riches en calcaire que l'on retrouve souvent à diverses profondeurs, surtout dans les formations quaternaires anciennes. L'interprétation génétique de ces horizons reste cependant incertaine, l'accumulation du calcaire n'étant pas forcément un phénomène subsuperficiel. On ne peut donc pas affirmer que tous ces niveaux plus riches en calcaire sont des horizons Bca de sols enterrés (DURAND, 1959 ; WILBERT, 1962 ; RUELLAN, 1970).

— Les sols enterrés sous les systèmes dunaires, soit dans les régions côtières (le long de l'Atlantique surtout), soit dans les zones pré-sahariennes et sahariennes. Ces sols ont été très peu étudiés.

2° Au contraire des sols profondément enterrés, *les sols faiblement enterrés*, ou du moins interprétés comme tels, ont été très souvent reconnus au Maroc, comme d'ailleurs dans l'ensemble de l'Afrique, et l'étude de ces sols a paru pendant longtemps à de nombreux auteurs, relativement facile. En fait cependant, on s'aperçoit maintenant que les problèmes concernant ces sols sont en réalité nombreux et qu'en particulier, la reconnaissance même d'un sol enterré dans une coupe n'est pas souvent chose facile et indiscutable. Il y a à cela, semble-t-il, trois raisons essentielles :

a) La détermination de la limite supérieure d'un sol enterré est souvent difficile et âprement discutée. En particulier, dans les régions d'alluvions et de colluvions, les critères qui sont actuellement utilisés pour affirmer que, dans un sol, la limite entre deux horizons est plutôt sédimentaire que pédologique, ces critères sont en général insuffisants et sont souvent interprétés, selon les auteurs, de façon très différentes. Il y a en gros, deux tendances :

— D'une part, il y a ceux que l'on peut qualifier « d'allochtonistes » ; ils attribuent, dans la formation des sols et des paysages, beaucoup d'importance aux mécanismes d'érosion et d'accumulation et ils ont alors tendance à multiplier les sols érodés et enterrés. Ces auteurs considèrent en particulier que les sols dont les horizons sont très différenciés ou dans lesquels les limites entre horizons sont très nettes, souvent marquées par des niveaux de texture grossière, ces sols résultent plus de mécanismes d'érosion

et d'accumulation que de mécanismes pédologiques. Ils considèrent par exemple qu'une croûte calcaire ou qu'un horizon d'accumulation d'argile bien différencié, situés à 30-50 cm de profondeur, sont en général des horizons pédologiques enterrés sous une couche sédimentaire allochtone.

— D'autre part, il y a les « autochtonistes » qui, au contraire, pensent pouvoir expliquer la majorité des discontinuités existantes entre les horizons qui constituent la zone d'altération de l'écorce terrestre, et la différenciation de ces horizons, par des mécanismes pédologiques. Parmi ces mécanismes, ils incluent cependant des processus de remaniement qui peuvent lentement modifier l'organisation et l'épaisseur des horizons et déplacer des horizons les uns par rapport aux autres.

b) La deuxième raison pour laquelle la reconnaissance d'un sol enterré est souvent difficile, c'est que justement la distinction que l'on doit faire entre *allochtonie* et *remaniement*, dans l'interprétation des coupes, n'a en général pas été suffisamment précisée. Or il s'agit là, je crois, d'une distinction importante, qui n'est certes pas souvent facile à faire sur le terrain, mais que l'on doit au moins essayer de bien préciser sur un plan théorique. Je propose à ce sujet les quelques définitions suivantes :

1° *Un matériau allochtone* est un matériau totalement étranger, amené sur un sol à la suite d'un transport colluvial, alluvial, éolien ou volcanique. Ce matériau peut être, en partie ou totalement, d'origine pédologique.

2° *Un sol enterré* est un sol recouvert par une couche de matériaux entièrement allochtone, le recouvrement ayant pu être précédé d'une érosion des sols.

3° *Un horizon remanié* est un horizon pédologique dont l'organisation résulte partiellement du mouvement mécanique des matériaux. Ces mouvements sont superficiels ou internes et ils ont pour moteurs principaux l'eau de ruissellement, la gravité, les variations d'humidité du sol et l'activité biologique végétale et animale. En fait, il est probable que tous les sols sont plus ou moins remaniés, au moins dans leurs horizons de surface, mais l'importance du remaniement peut varier considérablement, depuis le simple brassage essentiellement vertical que tous les sols connaissent plus ou moins, jusqu'au déplacement latéral de tout un horizon sur quelques mètres ou quelques dizaines de mètres de distance. Parmi ces remaniements, il faut inclure les petits phénomènes d'érosion et d'accumulation superficiels, en nappe ou linéaires, qui déplacent les matériaux pédologiques sans qu'il y ait mise en place rapide en surface d'une couche de matériaux entièrement allochtones.

4° Un horizon remanié contient souvent des *éléments allochtones*, c'est-à-dire totalement étrangers : ce sont des éléments d'origine colluviale, alluviale, éolienne, volcanique ou anthropique qui ont été apportés à la surface du sol d'une façon lente et discontinue, et qui ont été intégrés aux horizons superficiels des sols, par les mécanismes de remaniements, au fur et à mesure de leur arrivée. On conçoit donc qu'il y a toute une série d'intermédiaires entre, d'une part l'horizon remanié, d'autre part la couche allochtone dont la mise en place a été rapide par rapport à la vitesse des mécanismes de remaniement.

c) La troisième raison majeure pour laquelle la reconnaissance d'un sol enterré dans une coupe est souvent difficile, c'est que l'enfouissement des sols peut être précédé et accompagné de phénomènes d'érosion et qu'il est toujours suivi d'une évolution qui se fait en grande partie en fonction des caractéristiques de l'enfouissement. Les sols enterrés que nous décrivons aujourd'hui sont donc toujours des sols modifiés par le phénomène d'enfouissement lui-même. Des exemples nombreux sont cités par FOTAKIEVA (1970) en Europe Centrale, GERASSIMOV (1969) en U.R.S.S., GIBBS (1969) en Nouvelle Zélande et RUHE (1965) aux U.S.A.

4. CONCLUSIONS

Dans la mesure où, toujours sur un plan théorique, on estime nécessaire d'individualiser la paléopédologie au sein de la pédologie (ce qui est très discutable), on peut, en conclusion de ces quelques réflexions sur l'histoire des sols, en proposer une définition et des objectifs.

La paléopédologie serait la branche historique de la pédologie dont les buts seraient les suivants :

— Retracer pour tous les sols les étapes de leur développement, principalement au cours du Quaternaire.

— Rechercher, étudier et interpréter dans tous les sols les caractères pédologiques reliques, qui seraient les témoins de mécanismes pédologiques anciens n'ayant plus cours actuellement, ceci quel que soit l'âge de ces phénomènes anciens et quelles que soient les raisons pour lesquelles les mécanismes pédologiques ont changé.

— Reconnaître, étudier et interpréter les sols qui ont été enterrés sous une couche de matériaux allochtones (d'origine colluviale, alluviale, éolienne ou volcanique), quels que soient l'épaisseur de cette couche allochtone et l'âge de sa mise en place.

Pour atteindre ces objectifs, un certain nombre d'études doivent être développées. Ce sont principalement :

— L'étude des sols en toposéquences, pour mettre en évidence les relations qui peuvent exister entre divers types de sols et divers types d'horizons. Ces études doivent par exemple permettre de mieux voir si des sols plus ou moins différenciés sont d'âges différents ou au contraire du même âge ; elles doivent également permettre de mieux distinguer ce qui est allochtone de ce qui est remanié. Ces études en toposéquences sont en particulier à développer dans des paysages de surfaces étagées que l'on peut supposer d'âges différents.

— L'étude détaillée des limites séparant les horizons, des transitions entre horizons, de façon en particulier à mieux distinguer les limites pédologiques des limites sédimentaires.

— La datation des éléments pédologiques.

— L'étude de l'évolution actuelle, de la dynamique actuelle, des sols, des toposéquences et des bassins versants, en particulier en fonction de l'utilisation qui en est faite par l'homme ; on ne peut en effet reconstituer le passé qu'après avoir acquis certaines connaissances détaillées sur ce qui se passe actuellement.

BIBLIOGRAPHIE

- BOCQUIER (G.), 1967. — Introduction à quelques problèmes relatifs au lessivage dans les sols ferrugineux tropicaux. ORSTOM, Réunion annuelle des pédologues. 1967. Bondy, 9 p. *multigr.*
- BOCQUIER (G.), 1968. — Biogéocénoses et morphogenèse actuelle de certains pédiments du Bassin tchadien. Int. Congr. Soil. Sci. 9-1968. Adélaïde, vol. IV, pp. 605-612.

- 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. Ac. Sci.*, Paris, 270, D, pp. 460-463.
- CONCARET (J.), MAHLER (P.), 1960. — Note sur les paléosols du Haouz de Marrakech et leur importance agronomique. *Soc. Sci. nat. phys. Maroc, Trav. Sect. Pédol.*, 13-14, pp. 197-202.
- DELVIGNE (J.), 1965. — Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique. *Mém. ORSTOM n° 13*, Paris, 178 p.
- DIVOUX (P.), PUJOS (A.), 1960. — Sur l'importance fondamentale des lois tirées de l'étude du Rharb en ce qui concerne les pédogenèses récentes. *Soc. Sci. nat. phys. Maroc, Trav. Sect. Pédol.*, 13-14, pp. 97-100.
- DURAND (J.H.), 1959. — Les sols rouges et les croûtes en Algérie. *Serv. Et. sci.*, Alger, 188 p.
- FOTAKIEVA (E.), 1970. — Paleopedology : Subjects, boundaries and methods. In paleopedology Symposium on the age parent materials and soils. 1970. Amsterdam, (sous presse).
- GERASIMOV (I.P.), 1969. — Subject, boundaries and methods of paleopedology. INQUA Congress. 8-1969. Paris. 10 p. *multigr.*
- GIBBS (H.S.), 1969. — Paleopedology in New Zealand. 10 p. *multigr.* (Private communication).
- MAIGNIEN (R.), 1958. — Le cuirassement des sols en Guinée, Afrique Occidentale. Thèse Sciences Strasbourg, *Mém., Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, n° 16, Strasbourg, 239 p.
- RUELLAN (A.), 1967. — Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du Maroc. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 5, 4, pp. 421-462.
- RUELLAN (A.), 1970. — Quelques réflexions sur la paléopédologie. *Bull. Ass. Fr. Et. Quat.*, n° 2-3, pp. 179-180.
- RUELLAN (A.), 1970. — Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes : les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental). Thèse Sciences Strasbourg. *Mém. ORSTOM*, n° 54, Paris, 304 p.
- RUHE (R.V.), 1965. — Quaternary paleopedology. In the Quaternary of the United States. INQUA congress. 7-1965. Boulder Princeton Univ. Press, Princeton, N.J., pp. 755-764.
- WILBERT (J.), 1962. — Croûtes et encroûtements calcaires au Maroc. *Al Awamia*, 3, pp. 175-192.