

LES SOLS ISOHUMIQUES SUBTROPICAUX AU MAROC

A. Ruellan

Dans la plus grande partie des plaines et des vallées du Maroc, on retrouve, sur les alluvions et colluvions du Quaternaire, toute une série de sols qui, d'après la classification française (G. AUBERT, 1963) sont des sols isohumiques subtropicaux: ce sont les sols châtaîns, les sols bruns et les sierozems.

Les études que nous avons menées ces dernières années, en particulier en Basse-Moulouya, nous ont conduit à reposer le problème de la formation et de la classification de ces sols. Nous ne donnerons ici que le résumé de nos conclusions qui feront prochainement l'objet d'une synthèse plus détaillée (A. RUELLAN, 1966).

I. LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES SOLS BRUNS ET CHATAINS.

A. La matière organique

D'après les descriptions classiques, le premier caractère important de ces sols est la répartition profonde, lentement décroissante, d'une matière organique bien évoluée d'origine steppique: c'est l'isohumisme. Sous végétation naturelle, les sols châtaîns auraient 2 à 3% de matière organique en surface, les sols bruns 1 à 2% et les sierozems moins de 1%. Il nous est cependant apparu que, sous la végétation naturelle actuelle, qui n'est plus ce qu'elle était naguère avant l'action de l'homme:

1) Il n'y a aucune différence de teneur en surface entre les sols bruns et les sols châtaîns.

2) La répartition isohumique n'existe que dans les régions suffisamment humides; plus on va vers les régions arides, plus on constate que la matière organique décroît rapidement en profondeur.

B. Le calcaire

Le deuxième caractère fondamental de ces sols est le profil calcaire: un sol évolué doit présenter une décalcarisation plus ou moins poussée des hori-

O. R. S. T. O. M.

81

3 SEPT 1968

Collection de Référence

n° 12319B

zons de surface et un horizon d'accumulation du calcaire. Par définition, les sols châtaîns seraient peu ou non calcaires sur plusieurs dizaines de cm, et présenteraient un horizon d'accumulation assez puissant; par contre, les sols bruns seraient beaucoup moins décarbonatés et présenteraient un horizon d'accumulation moins puissant.

Nous avons pu cependant constater que le profil calcaire des sols bruns est très variable. Ils peuvent être non calcaires ou très calcaires en surface (jusqu'à 30%) et peuvent présenter des horizons d'accumulation très faibles ou très puissants. En particulier, le profil calcaire d'un sol brun peut être identique à celui d'un sol châtain.

Par ailleurs, nous avons été amené aux conclusions suivantes:

1) Les fortes accumulations de calcaire, telles que les encroûtements, les croûtes et les dalles, doivent être considérées comme des horizons d'accumulation des sols isohumiques: les nombreuses corrélations verticales et horizontales qui existent entre ces formations et les horizons d'accumulation plus faible (amas, granules, nodules) le démontrent.

2) L'épaisseur et la teneur en calcaire de l'horizon superficiel et de la roche-mère, sont indépendantes des teneurs en calcaire de l'horizon superficiel et de la roche-mère.

C. La texture

En ce qui concerne la texture de ces sols, on doit noter que:

1) Tous les sols isohumiques évolués présentent un horizon d'accumulation d'argile; par ailleurs, l'horizon superficiel est presque toujours appauvri en argile par rapport à la roche-mère.

2) Les sols châtaîns sont toujours très argileux (plus de 40%)

3) Par contre la texture des sols que l'on doit rattacher aux sols bruns est très variée et peut être identique à celle des sols châtaîns.

D. La rubéfaction

Le quatrième caractère important de ces sols est la rubéfaction. La plupart des sols isohumiques sont plus rubéfiés dans l'horizon d'accumulation d'argile. Par ailleurs, les sols châtaîns sont généralement fortement rubéfiés sur l'ensemble du profil. Pour les sols bruns évolués, l'intensité de la rubéfaction est très variable: certains peuvent être tout aussi rubéfiés que les sols châtaîns; d'autres au contraire le sont très peu.

* * *

En définitive, il apparaît qu'il est souvent difficile de séparer les sols bruns des sols châtaîns. Les caractéristiques de ce que l'on peut, avec certitude, appeler un sol châtain, sont assez constantes. Par contre, pour les sols bruns, les variations sont beaucoup plus importantes: ils peuvent être très différents des sols châtaîns, mais bien des sols bruns peuvent aussi posséder une ou plusieurs propriétés des sols châtaîns, et le classement d'un profil dans l'un ou l'autre des deux groupes est souvent très subjectif. En général, on se fonde alors sur la présence ou l'absence d'une structure prismatique qui caractérise en principe l'horizon décalcarisé des sols châtaîns; cette structure n'apparaît d'ailleurs que si l'horizon est suffisamment argileux et très peu calcaire. Mais ne s'agit-il pas là d'une limite très arbitraire, cette structure prismatique n'ayant qu'un sens génétique limité?. En réalité il semble que les sols châtaîns ne sont qu'un cas particulier des sols bruns qui n'apparaît que lorsque certaines conditions du milieu sont présentes.

II. LES FACTEURS DE LA PEDOGENESE DES SOLS BRUNS ET CHATAINS

Ces facteurs sont essentiellement au nombre de cinq.

A. Les propriétés physiques et chimiques des roches-mères

Il faut tout d'abord noter que les sols isohumiques n'existent au Maroc que sur des alluvions et colluvions.

L'étude de l'origine de ces formations, qui permet de rechercher ce qu'elles étaient lors de leur dépôt, avant toute pédogénèse, nous a conduit à la conclusion suivante: la décalcarisation de l'horizon superficiel, la texture et la rubéfaction des sols isohumiques, dépendent essentiellement de la roche-mère qui était plus ou moins calcaire, plus ou moins rouge et plus ou moins argileuse. En particulier un sol châtain typique rubéfié n'existe que dans la mesure où la roche-mère était non ou peu calcaire, argileuse et rubéfiée; il ne résulte pas d'un lessivage vertical du calcaire accompagné d'une rubéfaction, le calcaire de l'horizon d'accumulation provenant essentiellement d'apports obliques.

B. Le relief

L'action du relief sur la genèse et la répartition des sols isohumiques revêt deux aspects:

1) C'est en fonction de la topographie que se répartissent les roches-mères; d'où son influence sur les propriétés physico-chimiques des sols, sur l'âge de ces sols et sur les phénomènes d'érosion et de fossilisation.

2) C'est également le relief qui règle les mouvements de l'eau dans les sols. Il faut surtout noter les relations qui existent entre la topographie et les accumulations de calcaire. On constate tout d'abord que les accumulations sont d'autant plus puissantes que le bassin versant est à la fois plus calcaire et plus humide. Mais dans le détail, on constate également que c'est le micro-relief qui régit la puissance des accumulations et le passage d'un type d'accumulation à un autre: tout semble dépendre de la quantité d'eau chargée en carbonates qui arrive, de la vitesse à laquelle cette eau peut circuler et de la vitesse à laquelle elle peut s'évaporer. Les accumulations de calcaire semblent donc être le résultat d'un apport latéral de calcaire et non pas d'un lessivage vertical. Ceci est d'ailleurs confirmé par le fait que, pour les sols bruns, il n'y a aucune corrélation entre le relief et la décalcarisation des horizons de surface.

C. La végétation

Deux rôles principaux doivent être attribués à la végétation:

1) La présence de matière organique, répartie profondément.

2) L'accumulation du calcaire qui a pu se faire autour de son système radiculaire.

Cependant, ces rôles ne peuvent être attribués à la végétation naturelle actuelle qui est généralement celle d'une steppe dont l'enracinement est assez faible et peu profond: il semble que partout où l'on retrouve actuellement des sols isohumiques évolués, c'est à dire jusqu'aux portes du Sahara, une vé-

gétation dense à enracinement puissant, a dû exister à certaines époques du Quaternaire, végétation qui ne peut être que celle d'une forêt ou d'un "matorral" dense.

On sait d'ailleurs qu'au début de ce siècle, une grande partie de ces sols isohumiques se trouvaient sous un couvert forestier dense (arbres ou arbustes suivant les régions).

D. L'âge des sols

Les sols isohumiques sont d'autant plus évolués qu'ils sont plus anciens. Dans les régions actuellement les plus humides, les sols bien développés n'apparaissent qu'à partir des dépôts datant du soltanien (Würm); dans les régions les plus sèches il faut remonter jusqu'au Tensiftien (Riss).

Cette évolution est marquée:

- par la structuration qui affecte une épaisseur de sol de plus en plus grande et qui, en profondeur, s'individualise de mieux en mieux;
- par une augmentation de la rubéfaction et de l'argilisation en profondeur;
- par une accentuation de la puissance de l'accumulation du calcaire qui n'est vraiment bien développée qu'à partir du Tensiftien.

Par contre, d'une part le profil organique est un caractère acquis rapidement, d'autre part, il n'y a pas non plus de relation entre l'âge des sols et la décalcarisation des horizons de surface: dans une région donnée, la teneur en calcaire des horizons de surface par rapport à la roche-mère est un caractère acquis généralement dès le Rharbien et qui ne s'accroît plus ensuite (alors que la teneur en calcaire et l'épaisseur de l'horizon d'accumulation, faibles dans un sol rharbien, augmentent nettement avec l'âge).

Enfin, si les sols sont d'autant plus évolués qu'ils sont plus anciens, il apparaît que dans une région donnée le sens de cette évolution est resté le même tout au cours du Quaternaire.

E. Le climat

Le rôle que l'on peut attribuer au climat dans la genèse et la répartition des sols isohumiques est assez limité. Dans l'ensemble du Maroc, il est sûr qu'il y a une certaine répartition des sols en fonction de la répartition actuelle des climats: parmi les sols isohumiques, il est certain que les sols châtaîns ou les sols bruns décalcarisés sont plus fréquents dans les régions les plus humides, alors que les sols bruns sont d'autant plus souvent calcaires et peu évolués que l'on va vers des régions plus arides. De même, il y a une certaine répartition climatique des accumulations de calcaire. Cependant, il est certain également qu'il s'agit là de lois de répartition très générales qui sont très souvent masquées par les rôles importants joués par les roches-mères, le relief et l'âge des sols.

Dans le pédogénèse des sols isohumiques on doit cependant attribuer au climat les rôles suivants:

- Il a d'abord une action indirecte: très souvent, s'il y a dans les plaines des sols isohumiques rubéfiés, argileux, décalcarisés, c'est parce qu'ils reposent sur des sols rouges transportés qui se sont formés dans les massifs montagneux. Par ailleurs, les accumulations de calcaire sont d'autant plus puissantes que l'on se trouve au pied de massifs où le climat permet une décalcarisation plus intense des sols.

- Le climat a également une action indirecte par la végétation qu'il permet et dont on connaît le rôle.

- Le climat joue probablement un rôle dans le lessivage vertical du calcaire qui reste cependant, nous l'avons vu, un phénomène très limité. C'est ce-

pendant le climat qui règle en partie la profondeur à laquelle se fait l'accumulation du calcaire.

- Enfin le climat est certainement en grande partie responsable des possibilités de rubéfaction et d'argilisation des horizons moyens.

Les sols isohumiques étant des sols anciens, sinon fossiles, il nous faut maintenant poser le problème du climat sous lequel ils se sont formés. Nous ferons à ce sujet les remarques suivantes:

- Du simple fait de l'action de l'homme, qui a détruit la végétation naturelle, il est certain que les pédo-climats actuels du Maroc sont plus arides que ce qu'ils étaient il y a quelques dizaines d'années. En particulier, l'eau pénètre maintenant beaucoup moins profondément dans les sols. Actuellement l'évolution des sols est donc certainement très ralentie, mais cela ne veut pas dire qu'il en était de même avant l'action de l'homme.

- Les géomorphologues et les géologues qui ont étudié le Quaternaire marocain ont défini toute une série de modifications climatiques qui se seraient produites depuis de Villafranchien (CHOUBERT et Al, 1956). Des recherches récentes nous ont cependant montré que ces modifications avaient été exagérées (BEAUDET, MAURER, RUELLAN, 1966) et il est certain qu'il n'y a, sur les dépôts quaternaires des régions arides et semi-arides du Maroc, aucune trace de sols tempérés ou de sols tropicaux.

- Cependant, dans les régions pré-sahariennes, on est surpris de trouver sur les dépôts du Quaternaire moyen, des sols bruns évolués, alors que sur les dépôts plus récents, les sols sont très peu évolués.

Il nous semble donc que les sols isohumiques sont bien des sols de climat méditerranéen et que pour expliquer leur formation dans les régions actuellement semi-arides, il est inutile de faire appel à des climats nettement différents du climat actuel: avec sa végétation climatique, ce climat actuel nous semble suffisant, l'évolution de ces sols étant bien entendu un phénomène extrêmement lent (il faut plusieurs dizaines de milliers d'années pour faire un sol isohumique, évolué). Par contre, dans les régions actuellement arides, les sols évolués n'ont pu se former qu'à des époques plus humides, mais toujours méditerranéennes, époques qui se sont répétées tout au cours de Quaternaire.

III. LES PROCESSUS D'EVOLUTION DES SOLS BRUNS ET CHATAINS

Six processus ont contribué à la formation de ces sols.

1) La répartition de la matière organique

Cette répartition n'est pas le résultat d'une végétation steppique mais plus probablement d'une végétation forestière qui existait encore récemment; on sait en effet que sous forêt méditerranéenne les sols sont profondément enrichis en matière organique; cependant, sous forêt, les sols sont également très riches en matière organique en surface et on ne peut pas dire que la répartition soit isohumique, c'est-à-dire lentement décroissante. On peut cependant penser que l'isohumisme actuel de ces sols est le résultat de la disparition de la végétation forestière qui a été suivie par une minéralisation de la matière organique plus rapide en surface qu'en profondeur; et plus cette disparition est ancienne, plus l'isohumisme a tendance à disparaître également, par appauvrissement du sol en profondeur, la végétation steppique plus ou moins dense qui

a suivi la forêt ne pouvant maintenir un certain taux de matière organique que dans les horizons superficiels. Il en résulte en tous cas que ces sols ne peuvent pas être rapprochés des sols isohumiques des pays froids. Comme par ailleurs on ne connaît que très mal le rôle de cette matière organique dans la formation des sols, il ne semble pas normal de lui donner une telle importance dans la classification.

2) La rubéfaction

A part les variations importantes de couleur qui ont pour origine les roches-mères, les sols isohumiques évolués présentent souvent en profondeur un horizon plus rubéfié. Il semble qu'il s'agit là surtout du résultat d'une part de la dérubiéfaction des horizons de surface, dérubiéfaction par appauvrissement en éléments fins et par brunification d'origine organique, d'autre part de l'accumulation d'argile en profondeur. Par contre, on ne peut pas mettre en évidence dans ces horizons rubéfiés, une individualisation plus poussée des hydroxydes de fer.

3) L'argilisation

L'accumulation d'argile dans les horizons profonds est également le résultat de deux processus: l'appauvrissement des horizons de surface en éléments fins, dû au ruissellement et à l'érosion éolienne; l'enrichissement en argile en profondeur qui proviendrait surtout d'une argilisation sur place (GUERASSIMOV, 1954; BOULAIN, 1957; AUBERT, 1960). Dans certains sols châtaîns, il n'est cependant pas impossible qu'un léger lessivage ait eu lieu. L'argilisation, comme la rubéfaction, sont des phénomènes très lents.

4) L'hydromorphie

En région méditerranéenne, où les pluies tombent souvent violemment, au cours d'une saison d'hiver assez courte, les sols s'engorgent facilement, d'autant plus que la stabilité structurale est toujours très faible. Une légère hydromorphie temporaire peut donc jouer tous les ans, toujours suivie très rapidement par une dessiccation prononcée et profonde des sols. Il semble que l'on puisse en partie attribuer à cette hydromorphie les phénomènes suivants:

- la structuration fine des horizons profonds, et peut-être aussi la structure prismatique des sols châtaîns;
- l'argilisation et la rubéfaction en profondeur;
- la présence d'une légère marmorisation et de poches d'argile dans les horizons d'accumulation d'argile et de calcaire;
- l'accumulation et surtout l'individualisation du calcaire.

5) Le lessivage vertical du calcaire

Il s'agit d'un phénomène limité, et, à part l'influence de la roche-mère, l'importance de ce lessivage est un caractère qui est acquis rapidement, en quelques milliers d'années, puis qui n'évolue plus. Un équilibre est probablement atteint: équilibre entre la descente et la remontée des solutions qui peuvent transporter le calcaire.

6) L'individualisation et l'accumulation du calcaire

Nous ne pouvons nous étendre ici sur ce très vaste sujet. Nous soulignons seulement les points suivants (BEAUDET, MAURER, RUELLAN, 1966; RUELLAN, 1966):

- Nous pensons que presque toutes les formes d'individualisation et d'accumulation du calcaire dans les sols isohumiques, y compris les encroûtements, croûtes et dalles, sont d'origine pédologique.

- Le phénomène essentiel semble être un apport latéral de calcaire qui s'accumule et s'individualise autour d'un système radiculaire et dans des conditions d'hydromorphie plus ou moins accentuée.

- Les propriétés de cet horizon d'accumulation et, d'une façon plus générale, le profil calcaire des sols, sont certainement un des caractères essentiels des sols isohumiques, qui permet en particulier de juger de leur degré d'évolution.

IV. LA CLASSIFICATION DES SOLS ISOHUMIQUES SUBTROPICAUX

En conclusion de cette étude, une révision de la classification de ces sols isohumiques subtropicaux, en fonction des faits recueillis au Maroc, nous semble nécessaire.

Une nouvelle classification doit tenir compte des faits suivants:

- Ces sols ne sont pas des sols steppiques et leur mode d'évolution semble très différent des sols isohumiques des pays froids.

- Le sol châtain subtropical n'est qu'un cas particulier du sol brun qui ne peut se développer que sur une roche-mère non calcaire, argileuse et généralement rubéfiée: il ne s'agit pas d'un sol climatique plus évolué ou d'un sol plus ancien que le sol brun. Il n'existe donc qu'un seul grand groupe de sols; en lui donnant une signification différente, qui exclut les sols rouges et inclut les sols des régions arides, nous proposons provisoirement, car le terme est mauvais, de reprendre pour dénommer ce groupe, un nom qui a déjà été proposé par I.P. GUERASSIMOV (1954) et adopté par J. BOULAIN (1957): celui de sol "marron"; sol "marron subtropical" ou sol "marron méditerranéen".

- Un des facteurs les plus importants de la formation de ces sols "marrons" est leur âge: il faut donc en tenir compte dans la classification.

- De même le profil calcaire de ces sols et en particulier la morphologie de l'horizon d'accumulation sont des caractères importants qui doivent apparaître dans la classification.

A ceci s'ajoute deux conclusions que nous n'avons pas encore signalées:

- Tout d'abord, c'est volontairement que nous n'avons pas abordé jusqu'à présent le problème des sierozems. Nous pensons en effet que ces sols ne doivent pas être distingués, car ce sont, plus simplement, soit des sols bruns peu évolués, soit des sols jeunes alluviaux.

- Nous ne pouvons pas aborder ici le problème des sols rouges méditerranéens et de leurs relations avec les sols isohumiques. Nous soulignerons seulement que ces sols rouges n'apparaissent pas comme beaucoup plus évolués et fondamentalement différents des sols "marrons". Ce qui les différencie avant tout, ce sont les roches-mères sur lesquelles ils se développent (calcaires durs, grès, schistes, basaltes pour les sols rouges; alluvions et coluvions pour les sols "marrons"). Mais on peut retrouver actuellement tous ces sols sous des climats identiques et comme pour les sols "marrons" la pédogénèse dominante des sols rouges est tout d'abord l'évolution du calcaire;

d'ailleurs, sols rouges et sols "marrons" présentent souvent des profils très semblables, ce qui rend quelquefois délicate leur délimitation. C'est pour cette raison que nous proposons que les sols rouges et les sols "marrons" forment les deux sous-classes (différenciées surtout par l'évolution du fer) d'une nouvelle classe de sols que nous dénommons provisoirement la classe des sols subtropicaux ou méditerranéens.

Cette classe est donc celle de la pédogénèse typiquement méditerranéenne dont le développement et les résultats varient essentiellement en fonction de la roche-mère sur laquelle elle agit, du relief et de l'âge des sols.

La nouvelle classification que nous proposons est résumée dans le tableau ci-dessous.

CLASSIFICATION DES SOLS SUBTROPICAUX

Classe des sols subtropicaux (ou méditerranéens)

Sous-classes	Groupes	Sous-groupes	Faciès
Sols rouges			
Sols marrons	Peu évolués	Modaux A encroûtement gypseux Hydromorphes	D'après l'existence et la morphologie de l'horizon d'accumulation du calcaire
	Modaux	Décalcarisés en surface Non décalcarisés en surface Vertiques A encroûtement gypseux ou gypso-calcaire Hydromorphes	D'après la morphologie (amas, granules, nodules) et la puissance de l'horizon d'accumulation du calcaire
	Encroûtés	Décalcarisés en surface Non décalcarisés en surface Vertiques A encroûtement gypseux ou gypso-calcaire Hydromorphes	D'après la morphologie (encroûtement, croûte, dalle, pellicule rubanée) et la puissance de la caprace calcaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Aubert G. (1960). "Les sols de la zone aride: étude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation" Actes Col. UNESCO Paris sur les problèmes de la zone aride; pp. 127-150.
- Aubert G. (1963). "La classification des sols. La classification pédologique française". Cahiers O.R.S.T.O.M. Pédologie; n°3; pp. 1 à 7.
- Beaudet G.; Maurer G.; et RUELLAN A. (1966). "Le Quaternaire Marocain; Observations et hypothèses nouvelles". En cours d'impression.
- Boulaine J. (1957). "Etude des sols des plaines du Chélif". S. E. S. Alger; 582 p.
- Bryssine G. (1954). "Typologie des sols du Maroc". Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc; trav. Sect. Pédol.; t.8 et 9; pp. 89-128.
- Choubert G.; Joly F.; Marçais J.;
- Margat J. et Raynal R. (1956). "Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc". C.R.Ac. des Sc.; t.243; pp. 504-506.
- Guerassimov I.P. (1954). "Les sols marrons des régions méditerranéennes", V^e Congrès Inter. Science du Sol; Edt. Ac. Sc. U.R.S.S.
- Ruellan A. (1962). "Utilisation de la géomorphologie pour l'étude pédologique au 1/20.000 de la plaine du Zebra (Basse Moulouya)". Rev. Géogr. Maroc; n° 1 et 2, pp. 23-30.
- Ruellan A. (1965). "Le rôle des climats et des roches sur la répartition des sols dans la Basse Moulouya" C.R. Ac. des Sci.; t.261; pp.2379-2382.
- Ruellan A. (1966). "Sols isohumiques et accumulations du calcaire en Basse Moulouya et dans l'ensemble du Maroc. Description, pédogénèse et classification". En cours d'impression.

Pédologue, Maître de Recherches O.R.S.T.O.M.
O.M.V.A. - Maroc