

36

ROYAUME DU MAROC



# AL AWAMIA

REVUE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE MAROCAINE



Direction de la Recherche Agronomique

— RABAT —

JUILLET 1970

## SOMMAIRE

A. RUELLAN. — Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes : Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya (Maroc Oriental) .....	3
R. DURAND et A. SAUVAGEOL. — Contribution à l'étude des sols calcaïques mélaniques du préif occidental .....	19
B. HEUSH. — L'érosion hydraulique au Maroc : son calcul et son contrôle .....	39
B. LEPOUTRE et A. SAUVAGEOT. — Une cause de la saturation magnésienne des argiles dans le sol : <i>L'hydromorphie</i> temporaire de saison chaude .....	65
A. DEFLANDRE. — Contribution à l'étude de l'influence de divers composants sur les caractères Physico-Chimiques des sols Marocains .....	91
G. BRYSSINE. — Contribution à l'étude des propriétés physiques des sols .....	127
B. LEPOUTRE et A. SAUVAGEOT. — Pédogénèse sur marnes gypseuses miocènes .....	153

---

Pour tous renseignements concernant LES CAHIERS DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE et la revue AL AWAMIA, s'adresser à  
Services d'Édition, d'Impression et de Diffusion Institut National de la Recherche Agronomique  
B.P. 415 Rabat R.P.

---

Règlement par virement au compte courant postal REGIE DE RECETTES DES SERVICES  
EDITION ET DIFFUSION • INRA • RABAT C/C 452 88.

ROYAUME DU MAROC



# AL AWAMIA

REVUE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE MAROCAINE



Direction de la Recherche Agronomique

— RABAT —

JUILLET 1970

## AVANT-PROPOS

Crée en 1949, la section de Pédologie de la Société des Sciences Naturelles et physiques du Maroc a fait paraître, au cours des années 1950-1958, plusieurs recueils des communications présentées à ses réunions sous le titre : « Travaux de la Section de Pédologie ». Malheureusement, des difficultés financières ont obligé la Section à suspendre provisoirement ses publications.

Récemment, le Directeur de la Recherche Agronomique du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire a réservé ce numéro spécial de la revue Al Awamia pour publier les travaux de l'année 1969 de la Section de Pédologie. Les membres de la Section lui expriment ici leur gratitude et lui adressent leurs remerciements.

LE BUREAU

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DES SOLS  
DES REGIONS MEDITERRANEENNES :  
LES SOLS A PROFIL CALCAIRE DIFFERENCIE  
DES PLAINES DE LA BASSE MOULOUYA  
(MAROC ORIENTAL)

A. RUELLAN \*

**Avant-propos**

A. RUELLAN a présenté à la réunion de la Section de Pédologie du 9 décembre 1968 une note intitulée : « Les sols isohumiques subtropicaux au Maroc : description, pédogenèse, classification ». Les observations et les conclusions de cette communication, mises au point ultérieurement, ont été reprises dans sa thèse, présentée au mois de mars 1970 à la Faculté des Sciences de STRASBOURG : « Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes, les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental) ».

C'est pourquoi il a paru préférable à l'auteur de publier dans les travaux de la Section de Pédologie le résumé de sa thèse qui contient justement ses dernières considérations sur la pédogenèse et la classification des sols isohumiques au Maroc.

---

\* Pédologue, Maître de Recherche à l'O.R.S.T.O.M., chef du centre des expérimentations de l'office de mise en valeur agricole

## SOMMAIRE

- I. Les sols des plaines de la Basse Moulouya
  - A. Le cadre de la formation des sols
  - B. L'organisation morphologique des sols
  - C. Les principaux caractères chimiques et minéralogiques des sols
  - D. La répartition des sols
- II. La place des sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya dans l'ensemble pédologique marocain
- III. L'interprétation pédogénétique des faits : la formation au cours du Quaternaire des sols à profil calcaire différencié
  - A. Le mécanisme de la différenciation des sols
  - B. Pédogénèse et Quaternaire
  - C. Classification des sols

Au Maroc, comme dans tous les pays du pourtour de la Méditerranée, les sols contiennent souvent du calcaire, dans un ou plusieurs de leurs horizons. Dans les plaines de la Basse Moulouya, ces sols sont présents partout : selon les auteurs, ce sont soit des sols rouges méditerranéens, soit, beaucoup plus souvent, des sols isohumiques subtropicaux.

L'étude morphogénétique de ces sols, en Basse Moulouya, puis, brièvement, dans l'ensemble du Maroc, constitue l'essentiel du présent travail.

### I. Les sols des plaines de la Basse Moulouya

La première partie du travail est consacrée à l'étude, détaillée, morphologique et analytique, des sols de la Basse Moulouya et de leur répartition.

#### A. Le cadre de la formation des sols

La Basse Moulouya comprend deux domaines :

1. *Un domaine montagneux* qui délimite et domine les plaines : ce sont les Bni Snassene et les Bni Bou Mahiou au Sud, les Kebdana et les Kerker au Nord. Dans ces massifs, des facteurs importants de l'évolution des sols se modifient quand on va de l'Est vers l'Ouest ; en particulier, la proportion des roches calcaires et marneuses augmente, les climats deviennent plus arides, l'érosion s'accroît.

2. *Un domaine de plaines synclinales*, où se sont accumulées, tout au cours du Quaternaire, des alluvions et des colluvions : ces

TABLEAU 1

Description macromorphologique et classification — Les principaux types d'horizons Bca

Dénomination des types de répartition et d'individualisation du calcaire dans les horizons Bca	Définitions et descriptions sommaires	Netteté des limites des horizons	Epaisseur des horizons	Couleurs	Dureté des horizons	Teneur en calcaire dans les horizons	Divers
<i>Distribution diffuse</i>	Particules calcaires de dimensions < 1 mm, paraissant distribuées au hasard dans un horizon	Limites très diffuses, souvent non visibles	Quelques dizaines de centimètres	En général plus claires que celles des horizons qui les entourent	Faible	< 40 %	
<i>Pseudo-mycéliums</i>	Filaments calcaires soulignant la porosité						
<i>Amas friables</i>	Concentrations friables de calcaire, dispersées dans un horizon. Les limites de ces amas sont diffuses ou nettes; les formes et les dimensions sont variées.		<i>Horizon Bca à amas friables avec ou sans pseudo-mycéliums</i>				
<i>Nodules</i>	Concentrations dures de calcaire, dispersées dans un horizon. Les limites de ces nodules sont nettes; les formes sont variées, souvent sphériques, cylindriques ou coniques; les structures internes sont variées.	Limites diffuses	Horizon Bca à amas friables avec ou sans nodules	Amas friables: blancs à crème. Nodules: blancs à saumon selon la dureté. Dans les amas et les nodules, inclusions de teinte rouge ou noire. Entre les amas et les nodules: brun ou biefié.	Faible à moyenne	Horizons à amas friables: < 50 % Horizon à amas et nodules: < 60 %	Entre les amas friables et les nodules, la distribution du calcaire est diffuse, avec ou sans pseudo-mycéliums. On peut assimiler aux nodules, les revêtements stalagmiformes qui recouvrent et s'accrochent aux cailloux.
<i>Encroûtements non feuilletés</i>	Horizons très calcaires, de couleur claire, à structure massive ou polyédrique.	Limite généralement nette au sommet s'il n'y a pas de croûte, diffuse s'il y en a une, limite diffuse à la base.	Horizons Bca d'encroûtement non feuilleté	Rose, crème ou blanc; plus ou moins homogène; petites taches noires	Moyenne à forte	> 60 %	Sous les encroûtements non feuilletés, il y a toujours des horizons à amas friables, avec ou sans nodules.
<i>Encroûtements nodulaires</i>	Horizons très calcaires, de couleur claire, à structure nodulaire et polyédrique.						
<i>Encroûtements feuilletés</i>	Horizons très calcaires, à feuilletés superposés et discontinus d'encroûtement massif ou nodulaire. Epaisseur des feuilletés croissante du bas vers le haut: quelques mm à quelques centimètres.	Limites: nette au sommet, diffuse à la base, diffuse entre la croûte et la dalle.	<i>Horizons Bca d'encroûtement feuilleté</i>	Croûte: blanc à blanc-crème, parfois rose; taches noires. Dalle: Gris ou saumon; zones blanchâtres	Forte à très forte	> 70 %	Sous les croûtes, il y a presque toujours des encroûtements non feuilletés, les dalles compactes n'existent qu'au sommet des croûtes.
<i>Dalles compactes</i>	Horizons très calcaires, à feuilletés de croûte pétrifiés Epaisseur jusqu'à 20 cm.						
<i>Encroûtements lamellaires pellicules rubanées</i>	Feuilletés très calcaires à structure finement lamellaire, recouvrant des surfaces dures, calcaires ou non.	Limites nettes	<i>Horizons Bca de pellicule rubanée</i>	Blanc à saumon, Filets et lamelles sombres	Très forte.	> 80 %	Se situent au sommet des encroûtements durs, feuilletés ou non. Ils peuvent aussi recouvrir des roches dures peu perméables, en général calcaires, et envelopper des rognons.

formations, susperposées ou emboîtées, façonnées par la pédogenèse et l'érosion, sont à la fois le matériau-support et le cadre géomorphologique de tous les sols. Comme dans les montagnes, le climat s'aridifie quand on va de l'Est vers l'Ouest, et tous les éléments du paysage s'en ressentent : la cuvette des Triffa, à l'Est, sous une pluviosité annuelle de 350-450 mm, est un paysage semi-aride classique où les sols décarbonatés, rouges, sont fréquents ; la plaine du Zebra à l'Ouest est, au contraire, nettement aride : la pluviosité n'y est que de 250-300 mm et les sols y sont presque toujours moins rouges et fortement calcaires dès la surface.

### *B. L'organisation morphologique des sols*

L'organisation morphologique des sols des plaines de la Basse Mou'ouya résulte essentiellement de la différenciation des quatre caractères suivants : le calcaire, la texture, la couleur et la structure.

#### 1. Morphologie et répartition du calcaire

D'après la morphologie et la répartition du calcaire, on peut distinguer trois horizons :

- Aca : horizon appauvri en carbonate ;
- Bca : horizon enrichi en carbonate ;
- Ca : matériau originel.

a. Dans l'horizon Bca, le calcaire s'accumule et se concentre sous des formes variées : distribution diffuse, amas friables, amas friables et nodules, encroûtement qui peut être non feuilleté (massif ou nodulaire), feuilleté (croûte), pétrifié (dalle compacte), lamellaire (pellicule rubanée).

b. Verticalement et latéralement, les passages entre les divers types d'horizons Bca sont toujours progressifs.

c. Entre Aca et Bca, la limite est également progressive quand Bca est à distribution diffuse, à amas ou à nodules. Elle devient de plus en plus nette quand, latéralement, Bca devient un encroûtement, la teneur maximum en calcaire se situant alors de plus en plus au sommet de Bca.

d. Il n'y a aucune corrélation entre les teneurs en calcaire et les épaisseurs des horizons Aca et Bca.

e. Entre Bca et C les transitions sont toujours progressives.



## 2. Le profil textural

a. Par la présence fréquente de niveaux caillouteux qui sont en général lenticulaires et peu épais.

b. Par l'homogénéité verticale des textures.

c. Par la présence d'un horizon B textural (Bt) dont les limites supérieures et inférieures sont toujours très diffuses. Au-dessus de ce Bt, les horizons de surface (At) sont plus pauvres en argile que les horizons C. Dans les sols à Aca peu ou non calcaire, Bt se situe en grande partie au-dessus des Bca, c'est-à-dire dans la moitié inférieure de Aca ; des « cutans » (BREWER, 1964) sont alors fréquents dans le plasma et autour des grains de sable. Dans les sols à Aca non calcaire, Bt se situe surtout au niveau et plus bas que Bca ; les « cutans » sont alors rares.

## 3. Les couleurs

Les sols à Aca non calcaire sont rouges (2,5 YR), les horizons At pouvant être sombres (valeur et chroma, du sol humide, inférieurs à 3,5/3,5) ou clairs.

Les sols à Aca calcaire sont brun-rouge (5 YR), les horizons At pouvant être sombres, clairs ou très clairs (supérieurs à 4/4).

Les horizons At sont toujours moins rouges que C ; un maximum de rubéfaction est souvent atteint au niveau des horizons B.

## 4. Les structures

Les principaux caractères structuraux sont les suivants :

a. En surface, présence d'une pellicule lamellaire (glaçage), d'autant mieux développée que Aca est moins calcaire et At plus clair.

b. La structure de At, polyédrique à nuciforme à sous-structure grumeleuse, est d'autant mieux développée que Aca est moins calcaire et At plus clair. Les éléments coprogènes sont abondants.

c. La structure de Bt, en général polyédrique, peut devenir prismatique dans les Bt rouges, argileux et non calcaires.

d. La structure de Bca dépend de la morphologie de l'accumulation et de la concentration du calcaire.

e. Dans les horizons C, la structure varie, selon les matériaux, entre deux extrêmes : massive ou finement polyédrique.

f. Les stabilités structurales sont toujours faibles.

*C. Les principaux caractères chimiques et minéralogiques des sols*

1. Le profil organique

Les principaux aspects des profils organiques varient en fonction des teneurs en calcaire et des couleurs des horizons At.

a. Dans les sols non ou peu calcaires en surface, toujours cultivés, la répartition est de type isohumique avec environ 2 % de matière organique totale au sommet.

b. Quand At devient plus calcaire et plus clair (zones plus arides), les sols sont cultivés d'une façon plus extensive :

— la décroissance de la matière organique en fonction de la profondeur devient plus rapide ;

— les taux d'humification diminuent ;

— les proportions d'acides fulviques et d'acides humiques bruns augmentent.

2. Le fer

Par rapport au fer total, les proportions de fer libre sont de 60 % dans les sols non calcaires et fortement rubéfiés (2,5 YR) ; de 40-50 % dans les sols calcaires et moins rubéfiés (5 YR). Les teneurs en fer total varient surtout en fonction des teneurs en éléments fins, argileux.

3. La salure et l'alcalisation

Les sols sont fréquemment salés et alcalisés, mais uniquement dans les horizons B et C.

a. La salure n'existe que dans les sols des zones arides. Elle est d'autant plus développée et moins profonde que l'horizon Bca est mieux différencié.

b. L'alcalisation, beaucoup plus répandue, est due soit à la présence de sodium sur le complexe absorbant, soit plus souvent à de fortes proportions de magnésium sur le complexe et à l'existence de quelques % de carbonate de magnésium actif. Cette alcalisation est d'autant plus importante que le milieu est plus aride.

4. Les minéraux argileux

Deux minéraux argileux sont caractéristiques de ces sols : l'illite et l'attapulgitite.

a. L'altération de l'illite est forte dans les sols à horizon Aca non calcaire ou At sombre. Elle est d'autant plus faible que Aca est plus calcaire et At plus clair. Elle est également plus faible dans les horizons Bca.

b. L'attapulгите est absente des horizons non calcaires. Dans les horizons calcaires, elle est présente en quantités d'autant plus importantes et à des profondeurs d'autant plus faibles que les teneurs en calcaire sont plus fortes et que la couleur de l'horizon At est plus claire. Dans les encroûtements des sols à At clair et très clair, elle représente presque 100 % des minéraux argileux présents.

#### *D. La répartition des sols*

Les principaux caractères pédologiques et leur organisation varient surtout, dans les paysages actuels, en fonction du climat, du relief et de l'utilisation anthropique.

##### 1. La répartition des sols en fonction des climats actuels

Quand on va des secteurs semi-arides vers les secteurs arides, les modifications que l'on constate sont les suivantes :

a. Les horizons Aca sont de moins en moins souvent non calcaires et deviennent de plus en plus calcaires. Les horizons Bca se rapprochent de la surface, diminuent d'épaisseur et sont moins nodulaires. Le feuilletage des encroûtements s'accroît ;

b. Les sols dominés par la couleur 2,5 YR sont de moins en moins fréquents. L'horizon At devient de plus en plus clair ;

c. Le glaçage superficiel s'accroît. La structure de At s'élargit et les agrégats deviennent plus friables. Les éléments coprogènes sont moins abondants ;

d. At devenant plus calcaire et plus clair, le profil organique se modifie (voir § C-1-b) ;

e. Les proportions de fer libre diminuent ;

f. La salure et l'alcalisation augmentent et se rapprochent de la surface ;

g. La cristallinité des minéraux argileux s'améliore. L'attapulгите apparaît à des profondeurs de plus en plus faibles et devient le minéral argileux largement majoritaire des encroûtements.

## 2. La répartition des sols en fonction du relief actuel

### a. Le relief général

On constate que :

— les grandes surfaces de sols rouges, argileux, à horizon Aca non ou peu calcaire, se situent directement à l'aval des zones montagneuses où les sols rouges méditerranéens sont largement développés ;

— l'accumulation, la concentration et le durcissement du calcaire dans les horizons Bca et C sont d'autant plus développés que l'on se trouve à l'aval d'un massif montagneux où la décarbonatation des sols est plus importante.

### b. Les formes emboîtées

Le façonnement de chaque niveau quaternaire a commencé à une époque d'autant plus reculée qu'il est plus élevé ; on peut penser qu'il en est de même pour les sols que l'on y voit aujourd'hui. On constate alors que :

— L'accumulation du calcaire en Bca s'accroît progressivement avec l'âge des niveaux ; mais cette accumulation n'est pas accompagnée de l'appauvrissement en calcaire des horizons Aca. L'attapulгите se développe parallèlement à la différenciation de l'horizon Bca ;

— Le profil textural argileux, le profil structural, la rubéfaction des horizons B, la salure et l'alcalisation, se développent progressivement jusqu'aux terrasses et glacis du Soltanien ancien. Au-delà, sur les niveaux plus anciens, ces caractères ne se modifient plus ;

— Le profil organique, la couleur et la structure des horizons At ne se modifient plus au-delà des niveaux du Rharbien ancien.

### c. La topographie de détail

Trois aspects du profil calcaire se modifient rapidement en fonction des petites variations du relief : la morphologie et l'épaisseur de l'horizon Bca ; la présence d'horizons Bca superposés (deux ou trois) ; l'épaisseur de Aca. Les autres caractères qui varient en fonction du relief, sont principalement les textures, la salure, l'alcalisation, les teneurs en attapulгите. Le sens de toutes ces variations fait ressortir l'importance des mouvements latéraux, de solutions et de matériaux, dans la différenciation des sols.

## 3. La répartition des sols en fonction de l'occupation et de l'utilisation actuelle

La dégradation de la végétation naturelle, puis la mise en culture, a, principalement, les conséquences suivantes :

— Les profils organiques deviennent de plus en plus isohumiques ;

— Les horizons At s'éclaircissent légèrement et leur structure se dégrade ; ils s'enrichissent un peu en calcaire et perdent des éléments fins ;

— L'érosion se développe.

## II. La place des sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya dans l'ensemble pédologique marocain

Un bref tour d'horizon des paysages pédologiques marocains permet les principales observations suivantes :

1. Il existe dans les plaines et les montagnes du Maroc, un grand groupe de sols caractérisés par la différenciation du profil calcaire et dont la différenciation du profil textural argileux n'est jamais très accentuée : ce groupe comprend la plupart des sols calcomagnésimorphes et isohumiques et une partie des sols fersiallitiques. Dans le cadre de la classification américaine ce sont des inceptisols (xerochrep's), des aridisols (argids et orthids), des mollisols (rendolls et xerolls) ou des alfisols (xeralfs). C'est à ce groupe que se rattachent les sols des plaines de la Basse Moulouya et une grande partie de ceux situés dans les massifs montagneux de cette région.

— Ces sols sont présents dans toutes les zones climatiques du pays ; jusqu'en bordure du Sahara on les retrouve bien différenciés, avec encroûtements calcaires, horizon Bt, rubéfaction, minéraux argileux néoformés (montmorillonite ou attapulgite).

— Leurs principaux caractères varient en fonction des climats, des roches, du relief et de l'action anthropique. Cependant ces variations ne se font pas tellement en fonction du milieu où se trouvent exactement les sols, mais surtout en fonction de l'ensemble du milieu, actuel et passé, à l'aval duquel ils se situent.

— La répartition de la matière organique n'est isohumique que dans les sols cultivés d'une façon suffisamment intensive.

— Partout les véritables revêtements argileux, sur les faces des agrégats ou dans les pores des horizons Bt, sont rares.



2. A côté de ces sols à profil calcaire plus ou moins bien différencié et à profil textural moyennement différencié, on trouve au Maroc les autres grands groupes de sols suivants :

a. D'autres sols à profil textural moyennement différencié, mais non calcaires : ce sont soit des sols fersiallitiques sur roches-mères non calcaires (zones arides ou milieux riches en calcium) ou sur calcaires et dolomies compactes (zones subhumides et humides), soit des sols classés actuellement comme peu évolués.

b. Des sols à profil textural non différencié : en général, le profil calcaire n'est pas différencié et ce sont, le plus souvent, des sols actuellement classés comme peu évolués.

c. Des sols à profil textural très différencié : l'apparition de l'horizon A<sub>2</sub>, nettement séparé d'un horizon B et dont l'appauvrissement en argile semble, en grande partie, le résultat de migrations latérales, est accompagné :

— de la disparition du calcaire jusqu'à un mètre de profondeur au moins ;

— de la présence plus fréquente, mais non obligatoire, de revêtements argileux dans le B<sub>t</sub> ;

— d'un éclaircissement des horizons A<sub>t</sub> qui sont rarement de couleur « mollic » ; mais dans les domaines subhumides et humides, un horizon A<sub>1</sub> « umbric » se développe au sommet de l'A<sub>2</sub> s.s. qui peut devenir très blanchi ;

— d'une répartition moins profonde de la matière organique ;

— d'une hydromorphie d'engorgement fréquente, qui peut être accompagnée par la mise en mouvement et le concrétionnement du fer : ce phénomène s'accroît avec le temps dans des conditions qui rappellent singulièrement le développement des horizons B<sub>ca</sub> ;

— d'une désaturation, généralement légère, du complexe absorbant ;

— de la présence de certains minéraux argileux dégradés (vermiculite) ou néoformés (kaolinite).

d. Des sols dont la morphologie est dominée par les caractères vertiques, andiques, halomorphes et hydromorphes.

e. Des sols minéraux bruts,

### III. L'interprétation pédogénétique des faits : la formation au cours du Quaternaire des sols à profil calcaire différencié

#### A. Les mécanismes de la différenciation des sols

Les principaux mécanismes qui concourent à la différenciation de ces sols sont les suivants :

1. Mise en place rapide des matériaux : il y a édification rapide des formations alluviales et colluviales. Les matériaux accumulés proviennent surtout de l'érosion des sols situés en amont : ils en héritent de nombreux caractères.

2. Altération, des roches en place et des matériaux transportés. La dégradation des minéraux argileux est un bon indicateur de l'intensité de ces mécanismes d'altération ; en milieu subhumide, elle va jusqu'à la formation de vermiculite ; en milieu semi-aride, il y a seulement ouverture des illites et formation d'édifices gonflants à tendance montmorillonitique ; en milieu aride, elle est très faible : l'attapulгите même n'est pas détruite dans les sols.

3. Répartition de la matière organique : cette répartition se fait profondément mais non d'une façon isohumique.

4. Migration, essentiellement latérale, des éléments résultant de l'altération.

— Dans les horizons C, les éléments qui migrent en solution sont entraînés d'autant plus profondément et plus loin, que le milieu est plus humide ou plus perméable. Au niveau des sols, les migrations sont d'autant moins profondes, plus lentes, mais plus lointaines, par étapes successives, que les climats sont plus arides ou les matériaux moins perméables.

— Les particules fines migrent surtout dans les horizons A, sous forme dispersée, ou en suspension.

— De ces migrations résulte la différenciation des horizons Aca et At.

5. Accumulation, dans les zones aval, des éléments qui ont migré.

a. Les roches altérées et les matériaux transportés sont enrichis en sels, en calcaire, en ions qui agrudent et néoforment des minéraux (montmorillonite ou attapulгите).



## b. Dans les sols :

— Les sols solubles et le sodium s'accumulent dans les milieux arides et mal drainés.

— Le calcaire s'accumule et se concentre autour de la partie moyenne et inférieure du système racinaire puissant des forêts et matorrals : l'horizon Bca prend naissance. L'accumulation est d'abord à distribution diffuse ; puis apparaissent successivement des pseudo-mycéliums, des amas friables, des nodules, enfin des encroûtements qui durcissent, se feuilletent en croûte et se pétrifient en dalle compacte. La profondeur de l'accumulation est celle à laquelle la concentration des sol ions, qui s'effectue par évapotranspiration, n'est plus compensée par la production de CO<sub>2</sub> d'origine biologique. La précipitation du carbonate de magnésium, en petites quantités, suit souvent celle du carbonate de calcium.

— Les ions agrudent les minéraux argileux. Dans les zones où le confinement s'accroît, des néoformations se produisent : ainsi naît l'attapulgite dans les encroûtements des régions arides.

— Le fer migre et s'accumule d'une façon importante uniquement dans les milieux appauvris en calcium.

— Les éléments fins s'accumulent peu : l'argile des horizons Bt résulte surtout de l'altération in situ et, dans certains cas, de néoformations.

6. Remaniements, superficiels et profonds. Ces phénomènes perturbent la différenciation des sols et provoquent leur migration vers l'aval, plus rapide dans les horizons superficiels que dans les horizons profonds. Ils sont à l'origine des cailloutis lenticulaires et des limites nettes qui séparent, localement, les horizons pédologiques.

7. Intervention de l'homme qui détruit les forêts et utilise les sols. On note en particulier que :

— les taux de matière organique diminuent ; la répartition devient isohumique ;

— les régimes hydriques sont profondément modifiés : l'évolution des sols est ralentie.

De l'étude des mécanismes qui concourent à la formation des sols, trois enseignements majeurs sont à retenir :

— Le premier concerne *l'importance des migrations latérales* qui se font, sur, dans et sous les sols, avant, pendant et après leur différenciation. Ces migrations ont deux conséquences fondamentales :

Au sein d'un bassin versant, elles établissent, de l'amont vers l'aval, des relations étroites entre les matériaux, les mécanismes et les sols. Hormis les sommets, les formations quaternaires et les sols ont, en chaque point, un amont dont ils dépendent et un aval qu'ils influencent.

Elles bouleversent la notion de roche-mère qu'il faut rechercher beaucoup plus à l'amont qu'à la base des sols.

— Le deuxième enseignement porte sur le *rôle fondamental du calcium* dans la formation des sols. En effet :

Le calcaire est l'élément principal de la différenciation : le développement de l'horizon Bca reflète le degré d'évolution des sols et la plupart des mécanismes se modifient en fonction de la richesse en calcium des horizons A et B.

L'organisation et l'évolution des sols à horizon Aca non calcaire sont fondamentalement différentes selon que le milieu est sursaturé ou sous-saturé en calcium. Dans le deuxième cas, il y a formation d'un horizon A<sub>2</sub> dont le développement modifie profondément la plupart des mécanismes.

— Le troisième enseignement est le suivant : les sols à profil calcaire différencié de la Basse Moulouya et du Maroc doivent l'essentiel de leur originalité au *régime hydrique imposé par le climat méditerranéen*. Ce régime hydrique est surtout caractérisé par des variations d'humidité importantes, rapides et fréquentes et par un drainage limité vers la profondeur. La plupart des mécanismes et des caractères varient en fonction des modalités de ce régime hydrique.

#### B. Pédogenèse et Quaternaire

Les mécanismes de la différenciation des sols sont actuellement au travail. Il y a des mécanismes rapides et des caractères acquis rapidement (développement du profil organique par exemple). Il y a des mécanismes lents et des caractères qui s'accroissent très lentement en fonction du temps : tel est en particulier le cas de l'horizon Bca qui n'est vraiment visible dans les sols qu'après plusieurs centaines ou milliers d'années d'évolution et dont les faciès les plus puissants ont nécessité toute la durée du Quaternaire pour se former.

Les sols sont donc plus ou moins vieux, souvent très vieux, et dans chaque sol il y a des caractères vieux et des caractères jeunes. Mais ces sols vieux sont bien vivants : ce ne sont pas des palésols,

témoins de milieux nettement différents des milieux actuels ; ils témoignent, au contraire, d'une certaine stabilité des principaux facteurs de la pédogenèse. En particulier, il n'y a pas trace, ni dans les sols ni dans les dépôts quaternaires qui les remanient, de caractères pédologiques pouvant témoigner de climats nettement différents ; les variations climatiques du Quaternaire ont donc dû être de faible amplitude ou de courte durée.

Enfin, les mécanismes pédologiques et les sols ont influencé l'évolution du milieu dans trois domaines :

- l'élaboration des formations quaternaires continentales ;
- le façonnement du relief ;
- les modifications du couvert végétal.

### C. Classification des sols

Une classification morphogénétique de ces sols doit reposer sur les critères suivants :

1. *Au niveau le plus élevé*, tous les sols à profils texturaux non, peu et moyennement différenciés (absence d'un horizon  $A_2$  nettement séparé d'un horizon Bt) doivent être regroupés, sauf s'ils ont des caractères morphologiques permettant de les classer parmi les vertisols, les andosols, les sols halomorphes et les sols hydromorphes (des critères précis doivent être choisis pour distinguer ces sols : on devra s'inspirer pour cela de la classification américaine). Tous ces sols sans horizon  $A_2$  sont caractéristiques d'un milieu assurant une sursaturation en calcium dès la surface : ce sont des *sols calcimorphes* (le magnésium accompagne toujours le calcium : on peut donc également qualifier ces sols de calcomagnésimorphes ou de calcomagnésiques : C.P.C.S., 1967). Ce grand groupe rassemblera des sols actuellement classés parmi les sols peu évolués, les calcomagnésimorphes, les isohumiques et les fersiallitiques.

2. *Au 2<sup>e</sup> niveau*, on doit d'abord distinguer, parmi ces sols calcimorphes, les *sols non calcaires* des *sols calcaires*. Puis, parmi ces derniers, des distinctions sont à faire en fonction de la *différenciation de l'horizon Bca* qui marque le degré d'évolution des sols : on aura ainsi des sols à profil calcaire non différencié (pas d'horizon Bca), peu différencié (horizon Bca à distribution diffuse), moyennement différencié (horizon Bca à amas friables ou nodules), très différencié (horizon Bca encroûté).

3. *Au 3<sup>e</sup> niveau* les sols sont à classer en fonction de la teneur en calcaire de l'horizon Aca, de la différenciation du profil textural argileux, de la rubéfaction, de l'état du fer.

4. Enfin, au 4<sup>e</sup> *niveau*, on peut utiliser pour classer ces sols des caractères instables, qui se modifient rapidement dès que les facteurs du milieu varient légèrement et, en particulier, dès que l'homme intervient: ce sont la couleur et la structure de l'horizon At, le profil organique, la salure et l'alcalisation.

### ملخص

في هذا العمل يبدأ الباحث بوصف اراضي سهول المولويما السفلية وناحياتها - ثم يدرس محل هذه الاراضي ذا مظهر جانبي كلي يتميز في مجموعة الدراسة التربة الارضية المغربية ويبحث في تكوينها وتطورتها خلال الحقبة الرابعة - وأخيرا يوضح اعتباراته فيما يخص محل هذه الاراضي ذا مظهر جانبي كلي يتميز في اطار التصنيف الفرنسي للاراضي .

### RÉSUMÉ

Dans le présent travail l'auteur décrit d'abord les sols des plaines de la Basse Moulouya ainsi que leur environnement. Il étudie ensuite la place de ces sols à profil calcaire différencié dans l'ensemble pédologique marocain et leur pédogenèse au cours du Quaternaire. Enfin il développe ses considérations sur la place de ces sols à profil calcaire différencié dans le cadre de la Classification française des sols.

### RESUMEN

En el presente trabajo el autor describe primero los suelos de los llanos de la baja Moulouya así como sus alrededores. Estudia después el lugar de estos suelos de perfil calcareo diferenciado en el conjunto pedológico marroquí y su formación del terreno a lo largo del cuaternario. Por fin desarrolla sus consideraciones sobre el lugar de estos suelos de perfil calcareo diferenciado en el cuadro de la clasificación francesa de los suelos.

### SUMMARY

In this work, the author began by describing the soils of the bass Moulouya valley, as well as their environment.

He then studied the position of such soils with a differentiated calcareous profiles with regard to the Moroccan soils as a whole, and to their pedogenesis during the quaternary.

He finally concluded his remarks on the position of such soils with a differentiated calcareous profiles in the frame work of French soil classification.