

# CONFÉRENCE SUR LES SOLS MÉDITERRANÉENS

## Compte rendu de l'excursion en Espagne et au Portugal (18-29 septembre 1966)

par A. RUELLAN

---

Faisant suite au Congrès de Pédologie Méditerranéenne qui s'est déroulé à Madrid du 12 au 17 septembre 1966, une excursion, organisée successivement par les Sociétés Nationales de Science du Sol d'Espagne et du Portugal, eut lieu du 18 au 30 septembre. Nous conduisant de Madrid à Lisbonne en passant par Tolède, Ciudad Real, Valdepenas, Jaen, Grenade, Antequera, Aguilar, Cordoue, Séville, Huelva, Jerez, Aracena, en Espagne, puis Serpa, Beja, Mertola, Monte Gordo, Faro, Sagrès, Grandola, au Portugal, cette excursion nous a permis de parcourir une grande partie de ces belles régions du sud de la Péninsule Ibérique et grâce à un programme savamment organisé, de voir 37 profils de sols et de faire beaucoup de tourisme.

Illustrant parfaitement les communications et les discussions de Madrid qui ont fait ressortir la très grande variété des sols des régions méditerranéennes (d'où les difficultés pour définir des « sols méditerranéens » s'ils existent), la gamme des sols qui nous ont été présentés dans ces régions semi-arides et subhumides (\*) fut très variée : rendzines et sols bruns calcaires, vertisols, sols isohumiques, sols podzoliques, sols halomorphes, sols hydro-morphes, sols bruns et rouges méditerranéens; mais bien entendu, au même titre qu'au cours de l'excursion au Maroc qui précéda le Congrès, l'accent avait été mis sur les sols bruns et châtaîns isohumiques subtropicaux qui couvrent de vastes surfaces de ce pays, c'est aux sols rouges et bruns méditerranéens, très largement représentés chez eux, que nos amis espagnols et portugais firent honneur : 5 profils de sols bruns et 14 profils de sols rouges nous ont été montrés, ce qui permit (grâce, en plus, à une bonne organisation des discussions à chaque profil) de poser tous les problèmes que soulèvent actuellement la pédogenèse et la classification de ces sols qui restent, il faut le reconnaître, assez mystérieux.

### I. — LES SOLS VUS AU COURS DE L'EXCURSION

Avant de parler de ces sols rouges et bruns méditerranéens qui constitueront l'essentiel de ce compte rendu, nous verrons tout d'abord rapidement les autres sols qui nous ont été présentés et les principaux problèmes qui ont été soulevés à leur sujet.

#### A. — LES RENDZINES ET LES SOLS BRUNS CALCAIRES

Nous en avons vu deux profils au Portugal (P.11 et P.13) (\*), dans la province tout à fait méridionale : l'Algarve. Dans la classification portugaise, ces sols appartiennent à l'ordre des « sols calcaires », divisé en deux sous-ordres : les « sols calcaires bruns » et les « sols calcaires rouges »; un profil de chacun de ces sous-ordres nous a été montré.

Ces sols, développés sur des tufs qui rappellent les encroûtements calcaires et qui se terminent au sommet par une vraie croûte, ont 25 à 40 cm d'épaisseur et s'apparentent plus aux rendzines qu'aux sols bruns calcaires. Le sol brun serait une rendzine brune dont la couleur est cependant très claire, et le sol rouge une rendzine

---

(\*) En Espagne, la pluviométrie des régions visitées variait de 450 à 700 mm et la température moyenne de 13 à 20°. Le sud du Portugal est plus humide et plus froid : les pluviométries les plus fréquentes sont comprises entre 600 et 1.000 mm et les températures entre 11 et 14°. Presque partout, seuls deux mois sont très secs, presque sans pluie : juillet et août.

(\*) Les numéros des profils sont ceux des Livrets-guides. Nous avons seulement ajouté la lettre E pour les profils d'Espagne et la lettre P pour ceux du Portugal.

rouge. Comme c'est fréquemment le cas en pays méditerranéen, ces rendzines ne sont cependant pas typiques : couleurs claires, structures assez anguleuses, teneurs faibles en matière organique; et dans la classification américaine ces sols ne peuvent pas être placés parmi les Mollisols la couleur n'étant pas assez foncée pour en faire un épipedon mollique : ce sont des Inceptisols, groupe des Xerochrepts (\*).

Ces sols, présentés par les Pédologues portugais comme des sols en place, nous ont au contraire paru être d'origine assez complexe. Situés sur des pentes assez fortes, dans des zones de mise en valeur ancienne, et associés à des sols rouges sur croûtes calcaires que l'on retrouve dans les zones déprimées, ils semblent être le résultat de l'érosion qui a tronqué des sols plus évolués, de glissements (creep) et du travail de l'homme qui ont provoqué la recalcarisation du profil. La rendzine rouge, en particulier, pourrait être un ancien sol rouge recalcarisé. Pour la rendzine brune, il est même possible qu'elle se soit développée à partir de la croûte calcaire formée précédemment sous un sol rouge ou dans un sol isohumique.

## B. — LES VERTISOLS

Très fréquents en Espagne et au Portugal, nous en avons vu quatre profils, deux en Andalousie (E.9 et E.11) et deux dans la région de Béja (P.4 et P.5).

Ces deux derniers étaient particulièrement intéressants car, développés sur la même roche-mère (une diorite altérée enrichie en calcaire) et situés dans des conditions topographiques identiques, planes, l'un était un vertisol (« Barros » en portugais) noir typique et l'autre était un vertisol typique mais rouge : 2,5 YR 3/3 en surface, 10 R 3/3 en profondeur. Ces sols rouges, que le Docteur YAALON retrouve en Israël sur basaltes et que le Professeur MANCINI connaît en Italie sur calcaire, sont fréquents au Portugal, et dans leur classification les Pédologues portugais divisent leur ordre des « Barros » en deux sous-ordres : les « Barros noirs » et les « Barros brun-rouge foncé ». Quelle est l'origine de cette différence de couleur ? Y a-t-il meilleur drainage dans le cas du sol rouge ? Ce vertisol rouge n'est-il pas un sol rouge méditerranéen vertisolisé ? Les résultats d'analyses montrent en effet dans le sol rouge une teneur en fer libre beaucoup plus élevée que dans le sol noir, les teneurs en fer total étant les mêmes; dans le sol rouge le rapport fer libre sur fer total est d'environ 70 %. Mais c'est la matière organique qu'il serait intéressant d'étudier en détail dans les deux sols; les quelques résultats qui nous ont été fournis montrent déjà des différences importantes : dans le sol noir il y a 1 % de matière organique jusqu'à l'horizon d'accumulation du calcaire situé à 70 cm et le rapport acides humiques sur acides fulviques oscille autour de 1,5; dans le sol rouge, pour 1 % de matière organique en surface il n'y en a plus que 0,5 % à 60 cm, et le rapport acides humiques sur acides fulviques n'est que de 1,0.

En ce qui concerne la classification américaine, les sous-ordres de l'Ordre des Vertisols sont maintenant les suivants en fonction de l'humidité du sol et de l'ouverture des grandes fentes (communication de MM. TAVERNIER et ROURKE) :

— Torrerets : sont le plus souvent secs toute l'année et les fentes restent presque constamment ouvertes (une fente est ouverte quand elle a 1 cm de large jusqu'à 50 cm de profondeur).

---

(\*) A Madrid et au cours de l'excursion, l'essentiel des nouvelles modifications qui viennent d'être apportées à la classification américaine ont été présentées par le Professeur TAVERNIER et le Docteur ROURKE :

— La notion de « Xer », qui avait déjà été introduite dans les Mollisols, a été généralisée et précisée : sont « Xer » les sols qui, presque tous les ans (au moins 7 années sur 10), sont secs pendant plus de 60 jours consécutifs entre 25 et 100 cm, ou entre 25 cm et un horizon durci, rocheux, lithic et paralithic ou entre 5 cm et un horizon lithic ou paralithic situé à moins de 50 cm. La notion de « Ust » est elle-même devenue la suivante : sols qui presque tous les ans sont secs pendant 90 jours non consécutifs dans un horizon quelconque situé entre 25 et 100 cm, ou entre 25 cm et un horizon lithic ou paralithic, ou entre 5 cm et un horizon lithic et paralithic situé à moins de 50 cm; mais ces sols ne sont jamais secs pendant 60 jours consécutifs ou plus, à moins que la moyenne annuelle de la température du sol soit de 22 °C ou plus ou que la différence entre les moyennes de températures du sol à 50 cm (ou moins s'il y a un horizon lithic ou paralithic à moins de 50 cm) en hiver et en été, soit inférieure à 5 °C. Les « Xer » et les « Ust » existent maintenant dans les ordres suivants : Entisols au niveau du groupe = Ustipsamments, Xeropsamments, Ustifluvents, Xerofluvents, Ustorthents, Xerorthents; Inceptisols au niveau du groupe = Ustrophepts, Ustochrepts, Xerochrepts; Vertisols au niveau du sous-ordre = Usterts, Xererts; Ultisols au niveau du sous-ordre = Ustults, Xerults; Mollisols au niveau du sous-ordre = Ustolls, Xerolls; Alfisols au niveau du sous-ordre = Ustalfs, Xeralfs; Oxisols au niveau du sous-ordre = Ustox.

— A titre d'essai, la notion de « Pale » est introduite au niveau du groupe dans les ordres suivants : Aridisols, Mollisols, Alfisols, Ultisols, les sols « Pale » étant ceux qui ont commencé à évoluer avant la dernière glaciation. Ces sols se reconnaîtraient essentiellement d'après certains caractères de l'horizon « argillique », caractères qui varient d'un ordre à l'autre : teneur en argile dans l'horizon et par rapport à l'horizon A, épaisseur, profondeur de sa limite intérieure, couleur, accumulation de calcaire à sa base, netteté de sa limite supérieure.

— Xererts : les fentes s'ouvrent et se ferment une fois dans l'année et restent ouvertes presque tous les ans pendant 90 jours consécutifs.

— Usterts : en moyenne, les fentes s'ouvrent et se ferment plus d'une fois par an et restent ouvertes plus de 90 jours par an.

— Uderts : restent généralement humides toute l'année dans certains horizons; les fentes s'ouvrent et se ferment une fois ou plus dans l'année, mais ne sont ouvertes que pendant moins de 90 jours par an; certaines années il n'y a pas de fentes.

Etant donné les caractéristiques climatiques, les quatre profils que nous avons vus sont des Xererts : Chromoxererts pour les n<sup>os</sup> E.9, P.4 et P.5 car ils ne sont pas assez noirs, Pelloxerert pour le n<sup>o</sup> E.11 qui sur les trente premiers centimètres avait à l'état humide une couleur d'un chroma de moins de 1,5.

### C. — LES SOLS ISOHUMIQUES

Dans la région de Bailen (profil E.4), près de Grenade (profil E.6), près d'Antequerra (profil E.7) et près de Ecija (profil E.10), des sols qui nous ont rappelé les sols bruns et châtaîns du Maroc, nous ont été présentés.

Le profil E.4, développé sur des colluvions de marnes argileuses (20 % de calcaire), nous est apparu comme un sol brun isohumique à amas et granules, assez peu évolué, les horizons d'accumulation d'argile et de calcaire étant peu développés et le sol restant très calcaire en surface. Situé sur une pente assez forte (haute-terrasse), ce sol doit être fréquemment rajeuni par l'érosion et recalcarisé en surface par les eaux de ruissellement. Dans la classification américaine de 1966 ce sol est un Xerochrept typique : il est donc classé dans le même groupe que les rendzines dont nous avons parlé précédemment.

Le profil E.6, dont la description donnée dans le Livret-Guide de l'excursion ne correspondait pas au sol que nous avons vu, était très intéressant car il s'agissait de deux sols superposés ou surimposés : deux horizons d'accumulation de calcaire étaient nettement séparés par un horizon moins calcaire, argileux, rubéfié et à structure prismatique, l'horizon supérieur d'accumulation de calcaire étant nettement moins puissant que l'horizon inférieur. L'ensemble du sol apparaissait donc comme étant le résultat du développement dans l'horizon argileux d'un sol châtain ou dans l'horizon B d'un sol rouge à encroûtement, d'une nouvelle accumulation de calcaire à amas et granules, l'horizon supérieur, par alluvionnement et recalcarisation, n'étant plus celui d'un sol châtain mais celui d'un sol brun. Pour la classification américaine ce sol, du fait de l'absence de l'épipedon mollique et de la présence d'un horizon argilique (70 % d'argile entre la première et la deuxième accumulation de calcaire) avec revêtements argileux (nous reviendrons sur ce point ultérieurement), est un Alfisol : d'après la nouvelle approximation de 1966, c'est un Mollic Rhodoxeralf (en 1964, du fait de sa couleur rouge et de sa capacité d'échange faible, ce sol aurait pu être classé soit en Vetustalf soit en Rhodustalf).

Le profil E.7, situé sur une basse terrasse du Guadalhorce était d'interprétation difficile. Par contre, le profil E.10 était typiquement un sol brun peu calcaire en surface à encroûtement passant latéralement à un sol à croûte calcaire : couleur, structure, profil calcaire, répartition de la matière organique, tout rappelait les sols isohumiques du Maroc, en particulier ceux de la plaine du Tadla. Dans la classification américaine, ce sol possédant un épipedon mollique typique, est un Mollisol, Haploxeroll : on pourrait également le classer comme Palaxeroll, mais d'après les définitions actuelles il faudrait que l'horizon argilique soit mieux développé; ceci nous a paru curieux car pour nous ce sol, étant donné la puissance de son accumulation de calcaire, est certainement très vieux, datant au moins du Quaternaire moyen, et nous avons suggéré qu'il soit tenu compte de cet horizon d'accumulation en calcaire pour définir les grands groupes « Pale ».

Il nous faut, à propos de ces sols isohumiques, faire encore les commentaires suivants :

— Les Pédologues espagnols n'ont pas de classification pour ces sols; pour le profil E.4, ils parlent de sol rendziniforme sur marne avec lessivage du calcaire et pour les autres profils, ils parlent de sols sur alluvions ou colluvions.

— Nous avons vu que, essentiellement d'après la présence ou l'absence de l'épipedon mollique et de l'horizon argilique, la classification américaine place dans trois ordres différents des sols qui pour nous sont génétiquement très voisins : il s'agit là d'un exemple intéressant mettant en relief les problèmes posés par l'utilisation de la classification américaine pour l'étude de la genèse des sols. Ceci nous a amenés également à discuter de cet épipedon mollique dont l'utilisation, en région méditerranéenne, à un niveau élevé de la classification nous semble dangereux étant donné qu'il n'est pas sûr qu'il soit très stable, qu'il subsiste longtemps après le défrichement et la mise en valeur : c'est un problème qui doit être étudié.

— Ces sols isohumiques présentaient bien une répartition profonde de la matière organique. Il faut cependant souligner que ce caractère ne leur est pas spécifique : presque tous les sols que nous avons vus en Espagne et au Portugal présentaient cette répartition profonde de la matière organique avec des C/N voisins de 10 en surface, beaucoup plus faibles en profondeur. Comme nous l'avons déjà fait remarquer au Maroc, il s'agit donc là d'un caractère des sols méditerranéens, résultat probable d'une végétation possédant un enracinement profond qui se renouvelle fréquemment.

## B. — LES SOLS PODZOLIQUES

Nous n'insisterons pas sur ces sols dont deux profils nous ont été présentés au Portugal :

— Le profil P.14, situé à 900 m d'altitude dans la chaîne de Monchique (Algarve) sur une syénite altérée, était plutôt un ranker alpin avec un début de migration du fer ou, d'après le Professeur MANCINI et JAMAGNE, un sol brun-acide. D'après LOSSAINT, ce sol rappelait les rankers pseudo-alpins et les sols crypto-podzoliques.

— Le profil P.17, situé sur sable près de Grandola (donc assez près de Lisbonne), était un podzol essentiellement humique.

## E. — LES SOLS HALOMORPHES

Entre Séville et Jerez de la Fronteira, l'estuaire du Guadalquivir est une vaste zone plus ou moins marécageuse de formation récente : il y a 1.500 ans, Séville n'était qu'à une vingtaine de kilomètres de la mer.

La mise en valeur de ces marais du Guadalquivir, vaste domaine de sols limono-argileux (35 à 50 % d'argile et 35 à 50 % de limons) très salés, alcalisés et hydromorphes, a été entreprise en 1941, et nous avons pu voir successivement un sol non amélioré et un sol en voie d'amélioration depuis 1958.

La méthode suivie actuellement pour améliorer ces sols est très simple : on se contente de les sous-soler et de les drainer par un réseau de drains en poterie et à ciel ouvert, drains de 80 cm et espacés de 16 mètres. Ceci suffit pour que, grâce à une pluviométrie de 480 mm (ce qui est faible), le dessalage et la désalcalisation se fassent très rapidement et des cultures en sec d'orge, de blé, de fèves et de tournesol sont presque immédiatement mises en place. Les chiffres suivants illustrent cette amélioration très rapide :

	Conductivité mmhos		E.S.P.		Complexe adsorbant Na meq/100 g	
	1	2	1	2	1	2
0-15	28.0	0.9	24.2	4.0	16.9	0.6
15-30	25.6	2.4	33.1	18.0	19.6	2.1
30-60	31.4	8.6	27.0	22.6	19.9	6.7
100	40.5	19.7	32.1	22.0	27.3	12.4
150	42.7	20.8	34.3	31.0	29.7	16.0
200	48.1	23.3	35.6	33.7	33.0	18.2

1 = Sol non amélioré.

2 = Sol amélioré.

Ultérieurement, il est prévu que l'ensemble du marais soit irrigué, mais l'aménagement des sols dans ce but n'a pas encore commencé.

Signalons que nous avons été frappés par les caractères morphologiques du sol amélioré qui présentait un horizon B plus argileux possédant une assez belle structure en colonnettes; certains y ont vu des revêtements argileux. S'agit-il de la formation rapide d'un Solonetz ou bien des traces d'une évolution ancienne ? C'est un

point qu'il serait très important d'étudier vu son intérêt à la fois pédogénétique et agronomique. D'autres participants ont souligné une certaine tendance à la vertisolisation de ce sol amélioré, phénomène qui rappelait des exemples connus dans d'autres pays (Docteur YAALON en Israël, Docteur ARU en Sardaigne).

## F. — LES SOLS HYDROMORPHES

Mis à part les phénomènes secondaires d'hydromorphie que nous avons pu observer dans différents sols, phénomènes qui sont toujours fréquents sous climat méditerranéen, un seul vrai sol hydromorphe nous a été montré, au Portugal, dans la région de Beja, sur un plateau très mal drainé (profil n° P.9).

Défini comme étant un « Planosol », ce sol se présentait comme un sol lessivé à pseudo-gley rappelant un peu les « Harsch » du Maroc. Après un A1 de 20 à 30 cm d'épaisseur, il y avait un A2 (20 cm) assez blanchi (2,5 Y 6/2 à l'état humide) contenant de nombreuses et très grosses concrétions ferrugineuses. Les horizons A contenaient 12 à 17 % d'argile et 16 % de limons. Vers 40-50 cm, l'horizon B (30-40 % d'argile, 10-15 % de limons) commençait brutalement, horizon B, très pseudo-gley en surface, à structure prismatique large et massive, présentant des revêtements argileux mais aussi une pénétration importante d'éléments sableux et limoneux de l'horizon A entre les prismes. Par ailleurs des « tonguing », le long des prismes, semblaient indiquer un début de destruction de cet horizon B. Pauvre en matière organique (moins de 1 %), ce sol présentait un pH voisin de 6,0 tout le long du profil, et une saturation du complexe de 75 - 90 %.

Pour expliquer la formation de ce profil lessivé, plusieurs hypothèses ont été avancées :

- simple lessivage de l'argile : mais l'horizon B semble trop épais par rapport à l'horizon A ;
- dépôts différents : mais il y a quand même des revêtements argileux dans l'horizon B ;
- sol formé par destruction de l'argile, suivie d'un lessivage latéral des éléments.

## G. — LES SOLS ROUGES MÉDITERRANÉENS

Sur schistes, sur calcaires, sur grès, sur sables et sur alluvions et colluvions, ce sont donc 14 profils de sols rouges méditerranéens qui nous ont été présentés ; c'est une synthèse de ces sols que nous allons essayer de faire ici :

### 1° Les principaux caractères morphologiques, physiques et chimiques des sols présentés.

L'essentiel des données morphologiques, physiques et chimiques de tous ces sols sont les suivantes :

— Tout d'abord, ce sont tous des sols à profil A-B-C, avec un horizon B nettement plus argileux. On doit cependant distinguer deux types de sol : ceux dans lesquels la limite entre A et B est nette, brutale, et au contraire ceux dans lesquels il y a passage progressif entre A et B. Par ailleurs, il faut également distinguer les profils qui présentent un horizon d'accumulation du calcaire à la base du B ou au sommet du C, de ceux qui n'en possèdent pas.

— L'épaisseur de l'horizon A est le plus souvent comprise entre 15 et 30 cm. Sa structure est souvent assez mal développée, l'horizon apparaissant massif et compact à l'état sec. Certains sols présentent cependant de belles structures grenues à grumeleuses dans leur horizon A. Par ailleurs, quelle que soit la structure, ces horizons A possèdent toujours une excellente porosité grossière. Leur couleur est très variée, de 10 YR à 2,5 YR, mais, à part les quelques premiers cm, elle est presque toujours claire : seuls deux sols (E.5 et P.12) situés d'ailleurs sous matorral, présentaient un « épipedon mollique » avec des couleurs plus foncées que 3,5/3,5.

— L'horizon B, d'une épaisseur de 20 à 60 cm possède toujours une couleur rouge à rouge foncé : 2,5 YR ou 10 R, entre 4/6 et 3/4. Sa structure est assez variable puisque, si dans certains profils cette structure est typiquement polyédrique fine, très anguleuse, dans d'autres au contraire (et c'est le cas le plus fréquent) elle est nettement prismatique, chaque prisme étant souvent très compact. Entre ces deux structures, tous les intermédiaires sont possibles avec des sur-structures prismatiques et des sous-structures polyédriques. Signalons par ailleurs que certains sols présentaient dans cet horizon B quelques caractères vertiques (faces de glissement) et quelques caractères d'hydromorphie au sommet (léger pseudo-gley, concrétions ferrugineuses) : ces deux phénomènes étaient généralement liés à la présence de la structure prismatique.

— L'horizon d'accumulation du calcaire, quand il existe, est le plus souvent soit un encroûtement nodulaire, soit un horizon à amas, granules et nodules calcaires.

— La teneur en argile de l'horizon A est très variable : de 10 à 40 %; il en est de même pour l'horizon B : 20 à 85 %. Le rapport A/B est le plus souvent voisin de 1/2, mais peut atteindre 1/3 et même 1/4. L'horizon B présente toujours des agrégats à faces luisantes : pour les Pédologues espagnols et portugais, et pour beaucoup de ceux qui assistaient à cette excursion, il s'agissait là de revêtements argileux qui prouvaient qu'il y avait lessivage et accumulation de l'argile. Les études micro-morphologiques, réalisées pour tous les profils, indiquaient également toujours la présence de revêtements argileux qui apparaissent d'ailleurs déjà un peu dans l'horizon A. Personnellement nous avons été assez réticent pour reconnaître l'existence de ces revêtements sur les faces des agrégats : nous en reparlerons plus loin, mais précisons tout de suite que si ces revêtements existent, ils sont toujours très fins. Par contre ce qui est fréquent et très visible, dans les sols à structure prismatique, c'est un lessivage des limons et des sables fins de l'horizon A qui pénètrent entre les prismes de l'horizon B : c'est une caractéristique importante de ces sols rouges méditerranéens.

— Mis à part quelques sols situés sous forêt ou matorral, et dans lesquels le taux de matière organique en surface peut atteindre 5 à 6 % (même 14 % dans le n° E.5), ces sols n'ont généralement, actuellement, que 1 à 2 % de matière organique en surface. Mais, ainsi que nous l'avons déjà précisé, la matière organique est toujours répartie profondément dans le sol. Les C/N sont généralement compris entre 10 et 15 en surface (le plus souvent proche de 10) et sont beaucoup plus faibles en profondeur.

— Le complexe adsorbant est généralement saturé à 80 ou 100 %. Seuls trois profils, sur schistes, n'étaient saturés qu'à 50-60 %. Souvent la saturation est plus forte dans le A que dans le B. Le pH eau est le plus souvent proche de la neutralité, entre 6,0 et 8,0; les sols désaturés présentent des pH un peu plus faibles.

— Si en Espagne la plupart des profils présentaient des rapports fer libre sur fer total de 50 à 75 %, ce qui est déjà à notre avis assez faible pour des sols rouges, nous avons été surpris par les rapports très faibles de presque tous les sols du Portugal : 15 à 40 %. Il y a là quelque chose qui nous paraît anormal et qui est probablement lié aux méthodes d'analyses. En ce qui concerne le rapport  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ , dans l'argile, il était généralement compris entre 2,0 et 2,5, mais dans certains sols il était inférieur à 2. Pour le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  il se situait en général entre 2,0 et 3,0.

— Signalons enfin que tous ces sols contenaient de la Kaolinite : en plus ou moins grande quantité, mais elle était toujours présente.

## 2° Les problèmes de pédogenèse et de classification.

Devant ces profils de sols rouges, considérés par presque tous comme un sol typiquement méditerranéen, les discussions ont été abondantes et ont essentiellement porté sur les points suivants.

### a) *Le lessivage et l'accumulation de l'argile.*

L'importance du lessivage de l'argile dans la formation de ces sols rouges a fait l'objet de nombreuses discussions.

Nous avons vu, en effet, que pour beaucoup de congressistes, et en particulier pour ceux qui utilisent la classification américaine, l'horizon B présentait toujours de nombreux revêtements argileux.

Il s'agit là pour eux d'une preuve de l'existence du lessivage qui pourrait expliquer en grande partie la formation de cet horizon B. Ces pédologues admettent d'ailleurs que les sols rouges sont toujours lessivés et les Pédologues Portugais classent ces sols dans l'ordre des « sols lessivés non fortement désaturés ».

D'autres participants dont nous sommes, ont émis de nombreuses réserves sur l'importance de ce lessivage, pensant qu'il ne fallait pas négliger la néoformation d'argile dans l'horizon B. Pour appuyer ces réserves et cette hypothèse, nous voulons, personnellement, faire les remarques suivantes :

— Tout d'abord, l'horizon A apparaît souvent comme peu épais par rapport à l'horizon B, mais bien sûr, il peut s'agir là du résultat de l'érosion. Notons cependant que l'épaisseur du A n'était pas plus grande dans les profils que nous avons vus sur des topographies planes ou sous végétation dense.

— D'autre part, dans plusieurs profils (E.8, E.12, P.1) nous avons noté que l'horizon A était plus argileux que la roche-mère. Mais bien sûr, là aussi, on peut faire jouer l'érosion et dire que l'horizon A, perpétuellement érodé, se reforme à partir du sommet de l'horizon B.

— L'accumulation d'argile dans l'horizon B ne se traduit pas toujours par une diminution proportionnelle des trois autres fractions. Souvent, les sables diminuent plus fortement que les limons et dans certains sols la teneur en limon est la même en A et en B. Il peut s'agir là d'une preuve qu'il y a, dans l'horizon B, altération des minéraux, mais bien sûr elle démontre peut-être aussi le lessivage des limons que nous avons signalés précédemment.

— Si en général il y a augmentation de la teneur en fer libre avec la profondeur, on remarque cependant que cette augmentation n'est pas proportionnelle à l'augmentation de l'argile; il y a même des profils où la teneur en fer libre est plus faible en B qu'en A (ce qui est curieux : profils P.3, P.10, P.12).

— Dans plusieurs profils, l'horizon A était manifestement un apport qui tronquait l'horizon B : la présence d'une ligne de cailloux entre A et B et surtout la richesse en cailloux de A démontrait cet apport qui n'était peut-être, nous l'admettons facilement, que le résultat d'un remaniement sur une faible distance.

— S'il est certain que la plus grande partie des agrégats de l'horizon B de tous les sols présentait des faces luisantes, nous admettons difficilement pour l'instant de voir là une preuve qu'il y a accumulation d'argile par lessivage. Il est certain que ces faces luisantes sont en quelque sorte des revêtements argileux, un enrichissement en argile de la surface des agrégats. Nous avons cependant constaté que ces faces luisantes existaient sur toutes les faces des agrégats qui conservaient, et cela est très important, des angles très vifs. Par ailleurs, la pellicule qui donne à l'agrégat cet aspect brillant est toujours très fine, son épaisseur étant difficilement visible à la loupe : on ne constate pas souvent que ces pellicules sont plus épaisses à la surface de certains agrégats et quand, par exemple, on démolit un agrégat prismatique, on constate que tous les agrégats polyédriques qui le constituent, jusqu'aux plus fins qui n'ont que quelques millimètres d'arêtes, présentent ces faces luisantes. Nous pensons donc que ces très fines pellicules ne peuvent pas être toutes interprétées comme le résultat d'un lessivage et d'une accumulation d'argile qui aurait pénétré l'horizon B d'une façon aussi intime et qui conduirait à admettre que tous les ans, après avoir été plus ou moins détruite par l'humidification, la structure se reconstitue identique à elle-même (c'est-à-dire que les agrégats seraient les mêmes d'une année sur l'autre), ce qui nous semble difficile. Nous pensons plutôt que ces faces luisantes sont en grande partie le résultat de phénomènes de pressions et de légères frictions dans un horizon qui subit fréquemment des alternances d'humidification (gonflement) et de sécheresse (retrait); il peut y avoir également mise en suspension locale de l'argile puis réprécipitation. Tout ceci ne veut pas dire que nous nions complètement l'existence des vrais revêtements argileux et du lessivage de l'argile qui est en particulier prouvé par la micro-morphologie (revêtements argileux sur les parois des pores non capillaires); il nous semble cependant que si ce phénomène était majeur les revêtements argileux sur les agrégats devraient être beaucoup plus épais étant donné l'importance de l'accumulation d'argile par rapport à l'horizon A. Bien entendu, on peut arguer que ce lessivage est de toute façon en région méditerranéenne un phénomène très lent, probablement essentiellement mécanique, résultat de toute une succession de mouvements de très faibles amplitudes, et qu'ainsi, la structure se reformant fréquemment, les revêtements argileux n'ont pas le temps de se développer; mais alors il ne faut pas se fonder sur ces faces luisantes pour parler de lessivage.

Notre conclusion sera donc que nous ne pouvons pas admettre actuellement que la formation de l'horizon B soit principalement le résultat du lessivage; une néoformation d'argile nous paraît probable. En tous les cas le problème n'est pas résolu et son étude détaillée doit être poursuivie.

Soulignons encore qu'un autre problème est posé par la limite entre les horizons A et B, limite qui, nous l'avons vu, est soit progressive, soit brutale. Le labour, les mouvements de creep sur la pente de l'horizon A par rapport à l'horizon B (dû à l'engorgement de la base du A et du sommet du B), l'activité biologique, le lessivage latéral de l'argile, l'âge du sol, doivent être à l'origine des divers cas possibles. Mais il ne s'agit là que d'hypothèses vagues qu'il serait intéressant de pouvoir préciser.

#### b) *La couleur de l'horizon A.*

Nous avons vu que deux sols, le n° E.5 et surtout le n° P.12 situés sous matorral, présentaient un épipedon mollique typique et dans les deux cas on pouvait constater que cet épipedon disparaissait dès que la végétation s'éclaircissait.

La présence de cet épipedon mollique n'est pas pour nous un vrai problème. Nous connaissons au Maroc, sous forêt ou matorral, de nombreux sols rouges qui possèdent cet épipedon (voir en particulier le profil n° 12 de l'excursion au Maroc dans le Moyen-Atlas), et nous ne sommes pas loin d'admettre que se sont là les sols rouges typiques qui continuent à évoluer dans leurs conditions naturelles; les autres sols rouges, situés sous une

végétation dégradée par l'action de l'homme ou par des modifications climatiques, ont peut-être perdu leur épipedon mollique par évolution de la matière organique et par érosion. Mais, de toute façon, la présence ou l'absence des caractères molliques dans l'horizon supérieur n'entre pas en jeu pour la classification des sols rouges dans le cadre de la classification française.

Il n'en est pas de même pour la classification américaine dans laquelle en principe tous les sols rouges méditerranéens sont des Alfisols. La présence d'un épipedon mollique est alors gênante puisqu'elle oblige à classer un sol rouge typique dans l'ordre des Mollisols. Cela repose donc le problème que nous avons déjà soulevé à propos des sols isohumiques : mis à part l'érosion qui peut bien sûr l'éliminer; l'épipedon mollique est-il stable en région méditerranéenne ? N'y a-t-il pas, après disparition de la végétation naturelle, évolution de la matière organique qui provoque progressivement un éclaircissement de l'horizon ? Tout cela démontre en tout cas l'importance qu'il y aurait d'entreprendre une étude détaillée de la matière organique des sols méditerranéens.

### c) *L'accumulation du calcaire.*

Ce qu'il nous semble très important de souligner au sujet des accumulations du calcaire, c'est que, quelle que soit la roche-mère, schiste, grès ou calcaire, cette accumulation peut exister mais aussi peut ne pas exister.

Il faut en particulier signaler le profil E.3 développé sur schistes non calcaires et qui présentait un très bel horizon à amas et nodules calcaires et il est très intéressant de constater qu'aussi bien en Espagne qu'au Portugal les accumulations de calcaire qui se développent dans les roches-mères non calcaires sont fréquentes : nous pouvons citer à ce sujet les deux profils de vertisols n° P.4 et P.5 que nous avons vus au Portugal et dont la roche-mère était une diorite altérée enrichie en calcaire.

Pour le profil E.3, les Pédologues espagnols pensent que le calcaire peut provenir de la seule altération des schistes qui ne contiennent cependant que 0,6 % de CaO (1,2 % quand ils sont altérés) : l'horizon d'accumulation du calcaire en contenant 36 %, cela nous semble impossible. Nous croyons au contraire que toutes ces accumulations de calcaire développées dans des roches-mères non calcaires démontrent clairement l'importance de ce que nous avons mis en évidence au Maroc, dans les sols rouges et surtout dans les sols isohumiques, sous le nom de « lessivage oblique » du calcaire : l'essentiel du calcaire qui s'accumule à la base du sol et dans la roche-mère est apporté, à partir d'amonts calcaires, d'une part par des nappes phréatiques, d'autre part par le ruissellement superficiel, enfin par des mouvements latéraux des solutions à l'intérieur des sols et des roches.

### d) *La structure de l'horizon B.*

Les variations de la structure de l'horizon B, de polyédrique fin à prismatique grossier, d'un profil à l'autre sont problématiques. Aucune explication n'a pu être donnée.

On peut cependant à ce sujet faire trois remarques :

— La structure prismatique est plus rare quand la couverture végétale est dense et surtout quand l'enracinement est important et profond. Cette structure prismatique est donc peut-être une forme de dégradation du sol rouge.

— La structure prismatique existe presque toujours dans les sols qui sont en réalité des sols sur colluvions rouges. C'est un phénomène que nous connaissons bien au Maroc et que nous avons retrouvé en Espagne dans deux profils : le n° E.2 et la tranchée située en bas-fond pour le profil E.5.

— Comme l'a souligné le Docteur A. GUERRA, il est possible que la structure prismatique soit le résultat d'un pédoclimat plus humide, d'une légère hydromorphie d'engorgement.

La présence de cette structure prismatique pose d'ailleurs le problème de la limite entre les sols rouges et ce que nous appelons les sols châtaîns isohumiques. Un profil comme le n° E.2, avec une répartition isohumique de la matière organique, un horizon d'accumulation de calcaire puissant et un B à structure prismatique est tout à fait identique aux sols châtaîns du Maroc qui, nous l'avons montré, sont presque toujours développés sur des colluvions argileuses et rubéfiées de sol rouge. Où placer la limite ? L'épipedon mollique ne peut pas être pris en considération puisque aussi bien dans les sols rouges que dans les sols châtaîns il peut être présent ou absent. Peut-être devrait-on considérer la microstructure qui serait plus finement anguleuse et aplatie dans les sols rouges. Mais peut-être aussi serait-il sage de rapprocher les sols châtaîns des sols rouges en modifiant un peu la définition de ces derniers.



e) *L'âge des sols rouges.*

Plusieurs des participants qui connaissaient bien les sols des régions tropicales ont à plusieurs reprises fait remarquer que certains des sols rouges que nous avons vus, rappelaient les sols ferrugineux tropicaux. C'est par la morphologie générale des profils (en particulier : couleur, structure, quartzites altérées) et par certains résultats d'analyses (présence de quantités importantes de Kaolinite, rapports  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  inférieurs à 2,0, rapports  $\text{SiO}_2/\text{F}_2\text{O}_3$  voisins ou inférieurs à 2,0) que la comparaison était faite.

En s'appuyant sur cet argument, en s'appuyant également sur le fait que l'on ne connaît pas en régions méditerranéennes de sols rouges sur des alluvions très récentes, postérieures au Wurm, plusieurs pédologues pensent que les sols rouges sont toujours des sols fossiles dont le développement ne se poursuit pas actuellement. C'est en particulier l'avis des Pédologues espagnols qui, en se fondant beaucoup sur les données micromorphologiques, pensent que les sols rouges sont actuellement en voie de brunification, ces sols rouges s'étant formés sous un climat à saison sèche marquée, mais à saison humide plus pluvieuse et plus chaude.

Il nous paraît que cette opinion est très exagérée :

— Il est certain que bien des sols rouges méditerranéens se rapprochent des sols ferrugineux tropicaux et bien des auteurs ont montré que la distinction entre les deux sols était souvent difficile à établir; il est certain également qu'en région méditerranéenne on retrouve assez souvent dans les formations quaternaires des traces importantes de pédogenèses vraiment tropicales : nous en avons vu un très bel exemple au Portugal avec le Profil P.16 (sol rouge méditerranéen développé sur un ancien sol tronqué probablement ferrallitique avec cuirasse ferrugineuse et argile tachetée). Le plus souvent il semble que ces pédogenèses tropicales datent du Villafranchien; plusieurs personnes ont cependant souligné qu'en Espagne, Portugal, Italie et dans le sud de la France, on retrouve également les traces d'une pédogenèse tropicale sur les dépôts et surfaces datant de l'interglaciaire Mindel-Riss (phénomène que nous ne connaissons pas au Maroc jusqu'à présent). Mais tout ceci ne doit pas faire oublier qu'il y a aussi beaucoup de sols rouges qui n'ont, mis à part la couleur rouge, aucun caractère de sols tropicaux; en particulier en ce qui concerne les argiles, nous connaissons au Maroc beaucoup de sols rouges qui ne contiennent que de l'illite et de la Chlorite et dans lesquels les rapports  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  sont élevés.

— Il n'est pas entièrement exact de dire qu'on ne trouve pas de sols rouges en formation sur les dépôts récents; plusieurs personnes, le Pr TAVERNIER en particulier, ont indiqué qu'ils connaissaient des phénomènes de rubéfaction sur des formations très récentes (Flandrien). Par ailleurs, dans les deux sols rouges très typiques situés sur calcaire dur que nous avons vus en Espagne (E.5) et au Portugal (P.12), nous avons parfaitement observé l'altération actuelle du calcaire en pellicules (signalée par M. LAMOUREUX dans sa communication à Madrid), altération dont les résidus doivent se rubéfier puisque les sols restent très rouges.

Pour expliquer que les sols rouges sont rares sur les formations récentes, on peut d'ailleurs à notre avis, invoquer deux raisons : tout d'abord beaucoup de ces dépôts récents alluviaux ou colluviaux sont meubles, calcaires et assez imperméables; ce sont là à notre avis des conditions défavorables pour la formation des sols rouges qui ne se développent que soit sur des roches non calcaires et suffisamment perméables (il faut qu'une alternance humidification - dessiccation soit fréquemment possible) soit sur des roches calcaires assez dures (il faut que la libération du calcaire de la roche soit suffisamment lente de façon à ce qu'il puisse être immédiatement lessivé); par ailleurs tout le monde est maintenant d'accord pour admettre que la pédogenèse des sols rouges est très lente et on peut penser que sur les formations récentes favorables elle n'a pas encore eu le temps de se manifester clairement.

— Le domaine des sols rouges dans le monde à climat méditerranéen est bien sûr très vaste, puisqu'il va depuis le subaride avec moins de 300 mm de pluviométrie annuelle et une hygrométrie très basse, jusqu'aux zones très pluvieuses dans lesquelles la saison sèche d'été est peu marquée. Il faut donc admettre qu'une partie de ces sols rouges est fossile : dans les régions actuellement trop humides et trop froides, ils dateraient des interglaciaires quaternaires qui ont dû être plus chauds et à saison sèche plus marquée (le climat restant cependant méditerranéen, sauf peut-être pendant l'interglaciaire Mindel-Riss dont nous avons déjà parlé), le climat actuel ayant tendance à provoquer une « Brunification » de ces sols; dans les régions actuellement trop arides, ils dateraient des périodes pluviales (qui correspondent aux périodes glaciaires) qui ont dû être plus pluvieuses et un peu plus fraîches (la saison sèche restant cependant très marquée), le climat actuel étant conservateur de ces sols quand la végétation reste suffisante pour limiter l'érosion. Mais entre ces deux zones, dans les régions semi-arides et sub-humides, nous pensons que le phénomène doit se poursuivre, plus ou moins vite et plus ou moins bien selon les roches-mères, les conditions topographiques, le couvert végétal, l'action de l'homme, plus ou moins vite également en fonction des variations fantaisistes de la pluviométrie méditerranéenne. Ce qu'il faut

drait maintenant essayer de définir ce sont les conditions pédo-climatiques idéales pour que cette pédogenèse des sols rouges se déroule normalement, et au préalable il faudrait également définir avec plus de précision les processus de cette pédogenèse : tout ceci nécessite encore de nombreuses études détaillées sur le terrain, des analyses précises au laboratoire (granulométries détaillées, études de la matière organique, du fer, des argiles, etc.; micro-morphologie) et des études de pédologie expérimentale.

f) *La classification des sols rouges.*

Dans le cadre de la classification américaine, en tenant compte des modifications de 1964, tous les sols rouges, sauf un, ont été classés par le Professeur TAVERNIER et le Docteur ROURKE parmi les Alfisols, sous-ordre des Ustalfs, la plupart étant des Vetustalfs étant donné que la capacité d'échange des argiles était inférieure à 40 m.e.; les autres étaient généralement, en fonction de la couleur de l'horizon B, des Haplustalfs ou des Rhodustalfs. Seul le profil P.12 qui, rappelons-le, présentait un bel épipedon mollique, a dû être classé comme Mollisol, Xeroll, Argixeroll (le profil E.5, où il y avait deux tranchées, une sur la pente et sous végétation arbustive et l'autre dans un bas-fond rempli de colluvions rouges et où il n'y avait qu'une prairie, n'a été classé que d'après la deuxième tranchée : l'épipedon mollique que nous avons signalé n'étant visible que dans la première tranchée située sous végétation arbustive, le sol a été classé comme Vetustalf).

En tenant compte maintenant des modifications 1966 de la classification américaine, tous les sols rouges que nous avons vus (sauf le n° P.12) sont, étant donné les données climatiques, des Xeralfs (voir note infra-paginale, page 9). Par ailleurs, tous ceux qui ont plus de 35 % d'argile dans le B et qui présentent une limite nette entre A et B (c'est-à-dire soit une augmentation de la teneur en argile de plus de 15 % en moins de 2,5 cm quand on passe du A au B, soit si le sol est labouré jusqu'à l'horizon B une augmentation de 10 % d'argile quand on passe de Ap à B), sont des Palixeralfs. Les autres, en fonction de la couleur de l'horizon B, sont soit des Rhodoxeralfs soit des Haploxeralfs. Le profil P.12 est, quant à lui, un Palixeroll.

En ce qui concerne la classification française, les sols que nous avons vus en Espagne - Portugal soulèvent à notre avis deux problèmes :

— D'après les sols que nous connaissons au Maroc, nous avons récemment suggéré (au Congrès de Madrid en particulier) que les sols rouges soient rapprochés de ce qui est appelé sols bruns et châtaîns isohumiques dans la classification française. Il nous paraît en effet que ces sols sont souvent très voisins et en particulier, comme nous l'avons déjà dit, il est souvent très difficile de distinguer nettement un sol rouge d'un sol châtain. Cependant nous avons vu au cours de cette excursion en Espagne et au Portugal beaucoup de sols rouges que nous ne connaissions pas encore au Maroc et qui se distinguent nettement, tant sur le plan morphologique que sur le plan analytique, des sols isohumiques : c'est en particulier le cas des sols à lessivage accentué et de ceux qui présentent des caractères tropicaux; la position qu'ils occupent actuellement dans la classe des sols à sesquioxides est donc en partie justifiable. En somme ces sols rouges méditerranéens couvrent tout un domaine qui va des sols ferrugineux aux sols isohumiques subtropicaux et il reste difficile dans l'état actuel de nos connaissances d'adopter une position précise quant à leur place dans une classification morphogénétique.

— Dans la sous-classe des sols rouges et bruns méditerranéens, la classification française prévoit trois groupes : sols rouges non lessivés, sols rouges lessivés et sols bruns. Mis à part ces derniers sur lesquels nous reviendrons plus loin, la distinction concernant le lessivage a été l'objet de nombreuses discussions, la plupart des Pédologues présents estimant que tous les sols rouges sont lessivés; par contre, à Madrid, le Professeur AUBERT a beaucoup insisté sur l'existence de sols rouges non lessivés.

Personnellement nous ne connaissons pas de sols rouges qui ne soient pas plus argileux en profondeur qu'en surface, mais ceci ne nous amène absolument pas à la conclusion que tous les sols rouges sont lessivés : nous en avons déjà longuement parlé. Il nous semble donc normal de maintenir cette distinction entre sols rouges non lessivés (ou peu lessivés) et sols rouges lessivés; cette distinction devrait cependant, à notre avis, se faire, d'une part, d'après le degré d'individualisation et de développement de l'horizon A lessivé par rapport à l'horizon B, d'autre part d'après l'existence de revêtements argileux non discutables dans l'horizon B.

## H. — LES SOLS BRUNS MÉDITERRANÉENS

Ce qui nous a été présenté en Espagne et au Portugal comme sols bruns méditerranéens fut pour nous une surprise. En effet, dans notre esprit et, si nous ne nous trompons pas, également dans celui de la classification française, le sol brun méditerranéen est un sol qui a toutes les caractéristiques morphologiques et analytiques

(teneur en fer libre en particulier) du sol rouge sauf la couleur qui n'est pas rubéfiée. Or les sols que nous avons vus au cours de cette excursion nous ont beaucoup plus rappelé les sols bruns lessivés que les sols rouges méditerranéens.

Les principales caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques de ces sols sont en effet les suivantes :

— Ce sont des sols à profil A-B-C, avec un horizon B nettement plus argileux. Comme pour les sols rouges on doit cependant distinguer les sols dans lesquels la limite entre A et B est nette, brutale, de ceux dans lesquels cette limite est au contraire très diffuse; il semble pour les sols bruns que l'âge du sol soit en grande partie à l'origine de cette distinction. Un horizon B Ca ou C Ca peut exister, mais dans les profils que nous avons vus (E. 13 et P.8) il était toujours peu développé.

— L'épaisseur de l'horizon A est généralement comprise entre 10 et 50 cm et sa structure, sauf tout à fait superficiellement, est toujours mal développée : l'horizon apparaît massif, compact, mais comme dans les sols rouges lessivés, la porosité grossière, probablement due à une activité biologique importante, est excellente. La couleur est toujours dans les tons bruns et jaunes (2 Y, 10 YR, 7,5 YR) et reste claire sauf dans les premiers centimètres de profil; la base du A peut-être très claire, faisant penser quelquefois à l'apparition d'un A 2.

— L'horizon B, d'une épaisseur de 20 à 60 cm, est également d'une couleur brune ou jaune (10 YR, 7,5 YR), mais il est toujours légèrement plus rubéfié que le A. Sa structure est généralement nettement prismatique. La structure peut être polyédrique, mais on ne retrouve pas la très fine structure très anguleuse et aplatie des sols rouges.

— Les phénomènes vertiques dans l'horizon B et l'hydromorphie d'engorgement dans l'ensemble du sol sont fréquents et peuvent être bien développés (c'est en particulier le cas du profil E.13 dénommé par les Espagnols : sol brun lessivé à pseudo-gley).

— Dans les sols que nous avons vus, la teneur en argile de l'horizon A variait entre 15 et 25 %, l'horizon B en ayant entre 25 et 50 %. Le rapport A/B oscillait entre 1/1,8 et 1/3. Par ailleurs, tout le monde a été d'accord pour reconnaître que dans presque tous les sols les revêtements argileux étaient rares; dans certains sols, ces revêtements ne sont même pas signalés par la micro-morphologie, et ceci pose de nouveau le problème de l'importance du véritable lessivage vertical dans la formation de ces sols. Par contre le lessivage des sables fins et des limons est presque toujours un phénomène très net : comme pour les sols rouges, il s'agit d'une pénétration entre les prismes de l'horizon B, pénétration qui est permise par le dessèchement accentué de l'été qui provoque une ouverture importante des fentes entre les prismes.

— Presque tous les sols que nous avons vus étaient très pauvres en matière organique, même sous une végétation forestière qui était cependant, il faut le reconnaître, très ouverte. Mis à part le profil P.15 situé sous un matorral dense (6,4 % de matière organique en surface), il y en avait toujours moins de 1,5 % en surface, souvent même moins de 1 %; mais comme toujours, cette matière organique se maintenait assez bien en profondeur. Les rapports C/N étaient toujours très faibles, inférieurs à 10, sauf dans le profil P.15 (15 en surface).

— Le complexe adsorbant est généralement saturé entre 60 et 100 %; parfois l'horizon B est plus désaturé que l'horizon A. Les pH sont généralement compris entre 6,0 et 7,5.

— Les rapports fer libre sur fer total sont généralement faibles, inférieurs à 40-50 %. Les rapports  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  et  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  dans l'argile sont élevés : 2,5 à 3,5 et 3,0 à 5,0.

Si donc certains éléments du profil de ces sols bruns rappellent quelquefois un peu les sols rouges, c'est surtout des sols bruns lessivés des régions tempérées qu'il semble que l'on doive les rapprocher. Par rapport à ces sols bruns tempérés, les sols bruns que nous avons vus en Espagne-Portugal présentent cependant un certain nombre d'originalités importantes :

- Horizon A peu structuré, massif et compact à l'état sec, mais avec une forte porosité grossière.
- Horizon B nettement plus argileux que le A mais faible développement des revêtements argileux.
- Pénétration des sables et limons du A entre les prismes du B.
- Matière organique répartie profondément et C/N très faibles.

Nous pensons donc que ces sols bruns que nous avons vus en Espagne et au Portugal et que nous qualifions de méridionaux ne peuvent pas être rapprochés des vrais sols bruns méditerranéens de la classification française qui sont des sols à sesquioxides. Ces sols bruns méridionaux sont des sols à Mull qui doivent être inscrits dans cette classe soit au niveau de la sous-classe, soit au niveau du groupe.

Dans le cadre de la classification américaine, ce sont le plus souvent des Haploxerales (définition de 1966). Cependant, quand les revêtements argileux sont très peu développés, ces sols ne sont plus des Alfisols mais des Inceptisols : c'est ainsi que le profil P.15 a été classé comme Xerochrept et qu'il y a eu hésitation pour le profil P.8 : Haploxerales ou Xerochrept.

Ces sols, qui en Espagne reçoivent des noms variés (meridional brown earth; non calcareous brown soil; brow mediterranean earth) et qui au Portugal sont classés à côté des sols rouges dans l'ordre des « sols lessivés non fortement désaturés », sont considérés par les pédologues Espagnols et Portugais comme des sols en équilibre avec le climat actuel, évoluant actuellement, donc plus jeunes que les sols rouges. Nous avons déjà dit que les Espagnols considèrent même que beaucoup de sols rouges sont en voie de brunification. A notre avis cette hypothèse est prématurée et elle le restera tant que des études géomorphologiques détaillées n'auront pas été réalisées. Quant à nous, il nous semble que l'âge du sol n'apparaît pas comme le facteur principal qui règle la répartition des sols rouges et des sols bruns; la roche-mère et le drainage nous paraissent également de première importance (les sols bruns que nous avons vus avaient comme roche-mère des schistes, granites, marnes et colluvions).

En ce qui concerne l'âge des sols, deux profils ont d'ailleurs fait l'objet de nombreuses discussions : ce sont en Espagne, entre Séville et Huelva, les n<sup>os</sup> E.15 et E.16. Situés sur une surface villafranchienne ces sols étaient essentiellement constitués par deux niveaux :

— un niveau très sableux d'épaisseur variable en fonction de la topographie; dans les profils que nous avons vus, il avait 60 et 90 cm, mais il pouvait être beaucoup plus mince sur le sommet des collines et plus épais dans les bas-fonds. La teneur en argile était de 4 à 8 %, la teneur en sable étant de 90 à 95 %. Ce niveau présentait à sa base un horizon très blanchi sur 20 à 40 cm et contenant des concrétions ferrugineuses;

— un niveau argilo-sableux de plusieurs mètres d'épaisseur (jusqu'à 10-15 m), rubéfié et « marmorisé » : c'est le dépôt villafranchien qui, en surface, sur plusieurs dizaines de cm, est fortement hydromorphe. En surface, ce niveau contenait 25 à 35 % d'argile, et 2 à 10 % de limons, le reste étant du sable.

En somme, pour ceux qui connaissent le Maroc, ces profils que nous décrivons sommairement, rappelaient énormément les sols de la Mamora et leur interprétation pose les mêmes problèmes.

D'après les Pédologues espagnols, qui reconnaissaient que ces profils ressemblaient à des sols bruns méditerranéens lessivés, l'horizon sableux serait allochtone : d'origine éolienne, il s'agirait d'un système dunaire mis en place récemment sur les dépôts villafranchiens. Etant donné l'épaisseur de ce sable, le sol est alors classé comme un Ranker sableux à pseudo-gley reposant sur un pseudo-gley fossile, l'hydromorphie du sommet du dépôt villafranchien étant en effet considérée comme très ancienne. Dans la classification américaine ces sols sont également uniquement classés d'après le niveau sableux : Entisol, Aquic Xeropsamment ou Aquic quartzipsamment s'il y a dans les sables plus de 95 % de quartz.

Personnellement, nous ne sommes pas d'accord avec l'ensemble de cette interprétation : nous pensons en effet que ces sols sont avant tout des sols lessivés hydromorphes, le niveau sableux étant l'horizon A et le sommet du niveau argilo-sableux étant l'horizon B; l'épaisseur importante de l'horizon A sableux serait due, d'une part à une roche-mère très sableuse qui facilite le lessivage (le villafranchien argilo-sableux), d'autre part à une très longue évolution qui peut se poursuivre actuellement; l'hydromorphie des horizons A et B est également un phénomène qui se manifesterait depuis très longtemps, résultant du contact brutal entre les deux horizons. Bien entendu l'érosion ruisselante et éolienne ont certainement agi sur cet horizon A qui a dû être à plusieurs reprises décapé des sommets et accumulé dans les vallons.

A l'appui de cette hypothèse, nous pouvons avancer les quelques faits suivants :

— Le profil E.15 se trouve à près de 100 m d'altitude et à une trentaine de kilomètres de la mer; on voit mal comment un système dunaire aurait pu s'y déposer récemment.

— Cet horizon sableux n'existe que sur les dépôts villafranchiens; dès que l'on passe à des dépôts miopliocènes calcaires et marneux, fréquents dans la région, ou dans les vallées comblées de dépôts quaternaires, cet horizon semble disparaître.

— La granulométrie des sables est la même en A et B. Les deux profils présents étaient très intéressants à ce sujet car dans le profil n<sup>o</sup> E.15 les sables fins et grossiers étaient en proportion équivalente, alors que dans le n<sup>o</sup> E.16 les sables grossiers dominaient très largement : on retrouvait ces données dans les horizons A et B.

— Les minéraux lourds sont les mêmes dans les deux horizons; il en est de même de la composition minéralogique de l'argile : la Kaolinite domine très largement sur l'ensemble du profil.

Il nous semble donc difficile d'admettre une origine allochtone de l'horizon sableux.

## II. — LA PÉDOGENÈSE MÉDITERRANÉENNE : DÉFINITION ET PROBLÈMES

Les sols des régions à climat méditerranéen (été sec et chaud, hiver frais et pluvieux; pluviométrie annuelle très variable de 200 à plus de 1 500 mm, mais nombre de jours de pluie toujours assez faible) sont donc, nous l'avons très bien vu aussi bien au Maroc que dans la Péninsule Ibérique, très nombreux et souvent très différents les uns des autres; et côte à côte on retrouve dans ces régions des sols qui rappellent soit les régions tropicales, soit les régions tempérées, soit les régions continentales froides : il n'est même pas rare de retrouver ces trois ressemblances dans un même profil. Quelle est alors l'influence du climat méditerranéen sur les sols : y a-t-il malgré tout des sols que l'on puisse vraiment qualifier de méditerranéens ?

Ce problème ayant été soulevé à Madrid à maintes reprises, l'Assemblée de la Conférence avait désigné une commission qui devait en discuter au cours de l'excursion Espagne-Portugal, commission dite de « Nomenclature » qui devait donc au surplus proposer des nouvelles appellations pour les sols typiquement méditerranéens. Cette commission, qui comprenait MM. CARVALHO, CARDOSO, DUDAL, GUERRA, MANCINI, RUELLAN, TAVERNIER et YAALON, s'est réunie une seule fois à Jerez, à la fin de l'excursion en Espagne; une deuxième réunion plus élargie, tenue à Lisbonne le 29 septembre pour tenter une conclusion de l'excursion, réaborda ces problèmes.

Lors de ces réunions, l'essentiel des conclusions auxquelles nous avons abouti sont les suivantes :

— Trois grands groupes de sols peuvent être qualifiés de méditerranéens : les sols rouges méditerranéens, les sols bruns méditerranéens, les sols bruns et châtaîns subtropicaux dits isohumiques.

— Sans vouloir en préciser l'origine (lessivage ou néoformation d'argile) le caractère commun de tous ces sols est la présence d'un horizon B d'accumulation d'argile. Seuls les sols jeunes n'ont pas cet horizon.

— Ces sols méditerranéens peuvent être divisés en deux grands ensembles : ceux qui présentent un épipedon mollique et ceux qui n'en ont pas, cet épipedon mollique étant surtout caractéristique des sols des régions semi-arides; il disparaîtrait quand on va vers des climats soit plus humides, soit plus arides. Nous avons été personnellement assez réticents pour l'adoption de cette conclusion : comme nous l'avons déjà dit, nous sommes en effet sceptiques sur la signification et la stabilité de cet épipedon mollique en région méditerranéenne (est-il représentatif d'un certain climat, d'une certaine végétation, d'une certaine pédogenèse ? quelle est sa stabilité après l'action de l'homme ?) Par contre ce qui nous semble important et commun à tous ces sols c'est la répartition profonde d'une matière organique bien évoluée à rapport C/N très faible : il s'agit là peut-être d'un caractère qui reflète le climat méditerranéen.

— Ces sols méditerranéens peuvent être également classés d'après leur profil calcaire : présence ou absence de calcaire dans le profil, décalcarisation plus ou moins poussée des horizons A et B, puissance et morphologie de l'accumulation du calcaire qui semble prendre de plus en plus d'importance au fur et à mesure que l'on va vers les régions plus sèches.

— La rubéfaction n'est pas un processus typiquement méditerranéen bien qu'il soit fréquent.

— L'hydromorphie, provoquée par la présence de l'horizon B et par une pluviosité concentrée en quelques mois, souvent violente, est également un phénomène fréquent.

— Le complexe adsorbant de ces sols est souvent entièrement saturé et la désaturation, quand elle existe, reste toujours assez faible, les pH descendant eux-mêmes au-dessous de 6,0.

— Malgré ces faits qui révèlent une certaine unité et une certaine originalité de ces sols méditerranéens, il semble difficile pour l'instant, alors que nous ne connaissons que très mal les processus qui permettent leur formation, de les rassembler dans une seule classe de sols. Y a-t-il d'ailleurs des processus véritablement méditerranéens ? Les sols méditerranéens n'ont-ils pas surtout évolué au cours de périodes successivement plus tropicales et plus tempérées ? C'est ce que peut faire croire cette juxtaposition des processus qui rappellent soit des sols tropicaux, soit des sols tempérés. Ceci paraît cependant improbable et beaucoup d'entre nous croient à l'existence d'une pédogenèse méditerranéenne, mais il faut reconnaître que nous la connaissons très mal.

— Pour mieux connaître ces processus, un certain nombre d'études détaillées doivent être entreprises : relations sur le terrain entre les divers types de sols; passage des sols méditerranéens vers les sols tropicaux, les sols tempérés et les sols isohumiques des régions continentales froides et steppiques; extension et stabilité de

l'épipedon mollique; composition et évolution de la matière organique; formation et stabilité de la structure en particulier dans l'horizon B; formation de l'accumulation d'argile; importance du lessivage et nature des éléments lessivés; formation des accumulations de calcaire et évolution du calcaire dans l'ensemble du sol; nature et évolution des composés du fer; rôle de l'activité biologique dans l'ensemble des processus.

— La formation de ces sols qui paraissent typiquement méditerranéens est certainement très lente et ne peut donc s'étudier concrètement que dans un milieu où l'on peut croire que la chronologie du Quaternaire est bien établie. Pour la même raison, une bonne étude de géomorphologie dynamique est indispensable avant tout travail pédologique.

— La roche-mère et la topographie sont des facteurs importants de la pédogenèse méditerranéenne : ceci est d'ailleurs valable pour tous les sols que l'on trouve en région méditerranéenne.

— Enfin, l'action de l'homme est fondamentale et doit être étudiée de plus près : dans bien des pays méditerranéens l'homme déboise, laboure, irrigue depuis très longtemps; il agit donc sur le sol directement et indirectement en modifiant les climats (micro-climat et pédo-climat), en modifiant la végétation (cultures et pâturages), en provoquant l'érosion et l'accumulation, en travaillant le sol. Mais là encore nous connaissons bien mal l'importance de cette action.

# **BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE DE PÉDOLOGIE**

rédigé par

LA SECTION DE PÉDOLOGIE  
DE L'O.R.S.T.O.M.

---

Tome XVI — Fascicule 1  
1<sup>er</sup> trimestre 1967

**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER**

*Direction Générale :*  
24, rue Bayard, PARIS-8<sup>e</sup>

*Service Central de Documentation :*  
70 à 74, route d'Aulnay, 93-BONDY (Seine-S<sup>t</sup>-Denis)

*Rédaction du Bulletin :* S. S. C., 70 à 74, route d'Aulnay, 93-BONDY (Seine-S<sup>t</sup>-Denis)