



HAL
open science

Données nouvelles sur la classification des sols

Philippe Duchaufour

► **To cite this version:**

Philippe Duchaufour. Données nouvelles sur la classification des sols. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières, 1961, 18 (4), pp.471-545. hal-03483736

HAL Id: hal-03483736

<https://hal.science/hal-03483736>

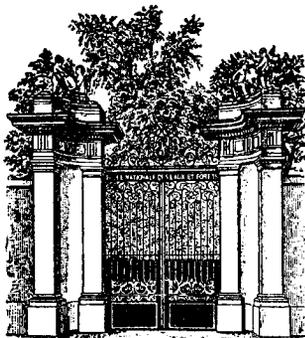
Submitted on 16 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANNALES
DE
L'ÉCOLE NATIONALE DES EAUX ET FORÊTS
ET DE LA
STATION DE RECHERCHES ET EXPÉRIENCES

Publication trimestrielle
Tome XVIII - Fascicule 4 - 4^e Trimestre 1961
Abonnement annuel : 50 NF



NANCY
ÉCOLE NATIONALE DES EAUX ET FORÊTS
14, RUE GIRARDET, 14
1961

SOMMAIRE

Données nouvelles sur la classification des sols, par Ph.
DUCHAUFOUR, Ingénieur en Chef des Eaux et Forêts,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

	Pages
AVANT-PROPOS	473
CHAPITRE I: Introduction: le problème de la classification des sols ..	475
CHAPITRE II: Caractéristiques de la classification américaine des sols (7 ^e approximation, 1960)	484
CHAPITRE III: Tableau des horizons de diagnostic.	490
CHAPITRE IV: Tableau des ordres, sous-ordres et grands groupes	495
Entisols	495
Vertisols	497
Inceptisols	497
Aridisols	499
Mollisols	500
Spodosols	502
Alfisols	504
Ultisols	506
Oxisols	508
Histosols (sols tourbeux)	509
CHAPITRE V: Essai d'une clef de correspondance entre les classifications française et américaine	511
CHAPITRE VI: Discussion et critique	517
CONCLUSION	523
BIBLIOGRAPHIE	524
RÉSUMÉ	526
SUMMARY	528
ZUSAMMENFASSUNG	530

DONNÉES NOUVELLES
SUR LA
Classification des sols

PAR

Ph. DUCHAUFOUR

Ingénieur en Chef des Eaux et Forêts
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy

AVANT-PROPOS

Peu de temps après la parution en juin 1960 de notre « Précis de Pédologie », un événement scientifique de grande portée est survenu: la présentation, lors du VII^e Congrès international de la Science du Sol à Madison aux U.S.A., de la 7^e approximation de la classification américaine, œuvre du service de cartographie des sols de ce pays, dirigé par le Dr G. SMITH, en liaison plus ou moins étroite avec le service de cartographie des sols de Belgique (Professeur TAVERNIER à Gand).

L'ensemble est présenté en un volume offset de grand format de 265 pages, comportant un texte extrêmement dense, s'appuyant sur de nombreux tableaux, schémas, photographies et analyses de sols types. L'ouvrage présente non seulement la classification elle-même, mais aussi une nomenclature, elle aussi, entièrement nouvelle.

La classification qui est proposée est basée sur l'interprétation de données statistiques, tirées de l'étude complète d'un nombre considérable de sols, non seulement des U.S.A., mais même du monde entier: indépendamment de la classification et de la terminologie, un grand nombre d'observations, de résultats expérimentaux de la plus grande importance pour la pédologie moderne, sont exposés pour la première fois dans cet ouvrage, de manière objective et sous une forme synthétique.

Il nous a paru indispensable de compléter notre « Précis de Pédologie » — en attendant la prochaine édition — par une étude, relativement simple et concise, des principaux caractères de cette nouvelle classification; de plus, le point de vue des classificateurs américains étant quelque peu différent du nôtre, il était nécessaire de les « confronter » et d'essayer de dégager de cette étude les idées nouvelles que les pédologues d'Europe ont avantage à prendre, dès maintenant, en considération, ou celles au contraire qui, jusqu'à nouvel ordre paraissent plus contestables.

Dans ce but, nous avons tenté une entreprise audacieuse: celle de dresser un tableau de correspondance entre cette nouvelle classification et notre classification 1956-1960: mais il va sans dire qu'il ne s'agit là que d'un essai, éminemment sujet à révisions. Si le cadre général a été maintenu aussi proche que possible du cadre ancien, on notera que les subdivisions des classes et notamment les

grands groupes ont été, dans bien des cas, modifiés et précisés à la lumière de la classification américaine: dans la mesure où la correspondance ainsi proposée se trouvera confirmée, on conviendra qu'elle complète très utilement notre classification primitive. Nous nous proposons d'en tenir compte dans les améliorations futures à apporter à notre système.

Signalons enfin que le travail des pédologues d'Amérique est extrêmement précis, ce qui rend parfois les descriptions des sols types ou des « horizons de diagnostic » très détaillées, très complexes, tous les cas possibles étant successivement envisagés; il en résulte des listes de chiffres, fixant par exemple les couleurs, les données analytiques, qui sont longues, parfois fastidieuses... et vraiment impossibles à résumer. Le Dr G. SMITH, je l'espère, ne nous en voudra pas d'avoir simplifié ces données, quitte à en déformer parfois quelque peu la portée et l'universalité de leurs applications.

Pour la même raison et dans un but pratique, il nous a paru nécessaire d'effectuer la présentation de la classification et des descriptions des horizons de diagnostic sous une forme « condensée », très succincte, parfois même sous forme de tableau: nous nous en excusons auprès de nos lecteurs.

Nous remercions la Direction et le Service de Publications de l'École Nationale des Eaux et Forêts d'avoir bien voulu nous ouvrir les colonnes des « Annales », pour un sujet, qui, s'il intéresse largement les forestiers de France et d'Outre-Mer, n'est cependant pas exclusivement forestier.

CHAPITRE I

INTRODUCTION:

LE PROBLÈME DE LA CLASSIFICATION DES SOLS

Le problème de la systématique des sols est resté l'objectif fondamental de la pédologie, depuis que cette science a vu le jour, à la fin du siècle dernier. Des essais successifs, orientés dans des directions très diverses, ont été tentés dans de nombreux pays: ils n'ont, en général, pas été suffisamment coordonnés. Depuis quelques années cependant, bien que l'unification soit encore loin d'être faite en matière de classification, il devient possible de discerner des tendances communes et une certaine unité de vues à l'échelon international: la plupart des auteurs sont d'accord pour asseoir la classification des sols sur une *base « génétique »*, c'est-à-dire sur le processus évolutif même du sol, sous l'action des divers facteurs du milieu: ce processus évolutif se traduit, en effet, par l'apparition d'un certain nombre de caractères physico-chimiques déterminés du profil, qui constituent un « ensemble cohérent », lié aux facteurs du milieu: telle paraît être la base de la plupart des classifications modernes.

Cette donnée étant admise, il n'en reste pas moins que les difficultés à résoudre sont nombreuses: La principale réside dans le fait que les sols ne constituent pas des *unités discontinues*, comme les espèces animales et végétales: il existe toujours des intermédiaires, des formes de transition progressive d'un type à l'autre. C'est, semble-t-il, la raison pour laquelle il est extrêmement difficile d'élaborer une classification « en pyramide », caractérisée par deux ou trois unités fondamentales au sommet, se subdivisant en unités d'ordre secondaire vers la base: la plupart des essais pour constituer de telles pyramides semblent voués à l'échec, parce qu'il est impossible de trouver des caractères — ou des processus d'évolution — suffisamment tranchés pour définir dès l'origine ces deux ou trois divisions fondamentales, nettement séparées. L'idéal serait d'élaborer une classification « en chaînes » plus ou moins ramifiées, per-

mettant de rendre compte de la parenté des différents sols, tout en facilitant la mise en place des types intermédiaires; mais de tels schémas, s'ils sont parlants, ne constituent pas une véritable classification, utilisable dans la pratique.

D'où l'idée vers laquelle on s'est orienté récemment, en France, en Allemagne (EHWALD, 5) et aux Etats-Unis, d'adopter un moyen terme et de classer d'emblée les sols dans dix ou douze familles fondamentales: les « ordres » de la classification américaine, les « classes » de la classification française.

Il est à remarquer que le classificateur se trouve finalement placé devant le dilemme suivant: soit multiplier le nombre de classes, ce qui facilite son travail tout en diminuant l'intérêt scientifique de sa classification; soit au contraire le réduire, ce qui le rapproche de la « pyramide idéale », tout en augmentant les difficultés à résoudre et en donnant davantage prise à la critique.

I. — Evolution des idées en matière de classification des sols

Il semble que depuis l'origine de la pédologie — qu'on peut situer en Russie à la fin du XIX^e siècle — les idées en matière de classification aient passé par trois étapes fondamentales:

1^o Les propriétés et les caractères des sols eux-mêmes étant encore mal connus, les premières classifications étaient basées non sur ces caractères propres, mais *sur les conditions écologiques présidant à la formation des sols*; or, les pédologues russes estimaient — à juste titre d'ailleurs — que le climat exerçait une influence prépondérante sur cette formation: c'est là l'origine des classifications à base climatique (SIBIRTZEV, 16). La majeure partie des sols était considérée comme dépendant du climat et se développant selon les « zones climatiques », ce qui leur a valu l'appellation de « *zонаaux* »; les exceptions reconnues étaient constituées par les sols *azonaux* (peu évolués) ou *intrazonaux* (dépendant de la roche-mère ou de la « station »).

2^o A mesure que les connaissances sur les mécanismes internes de l'évolution du sol se précisaient, les classifications plus récentes ont eu tendance à s'appuyer de plus en plus sur les caractères du sol eux-mêmes: mais chacune d'elles a eu tendance à ne considérer que *certain*s caractères au détriment des autres, par exemple les caractères chimiques, en général mieux connus: les classifications « chimiques » ont alors connu un grand développement: citons celles de GEDROIZ (6), von SIGMOND (17), DEL VILLAR (3), basées surtout sur l'état du complexe absorbant; d'autres classifications, dites « mixtes », ont mis en relief la liaison existant entre les conditions de pédogénèse, le climat et les propriétés chimiques essentielles:

citons la classification de MARBUT (11), avec sa division fondamentale en « Pedocal » des climats secs à B calcique et en « Pedalfer », des climats plus humides, à B enrichi en sesquioxydes; la classification de ROBINSON (14) et enfin la dernière en date, la plus détaillée et la plus complète, celle de PALLMANN (13).

3° La dernière étape correspond aux classifications modernes, que nous qualifierons de « *classifications synthétiques* ».

Ces classifications présentent deux particularités:

a) Elles tiennent compte, non d'un groupe de caractères particuliers, mais de l'ensemble des caractères de tous ordres, formant un tout cohérent. C'est ainsi que, dans les classifications modernes, interviennent à la fois les caractères morphologiques, physico-chimiques et biologiques: on constate que ces caractères se coordonnent mutuellement en *un ensemble harmonieux, susceptible de traduire très efficacement la « parenté génétique » des divers sols.*

b) Elles sont généralement basées, pour les divisions fondamentales (classes ou ordres), seulement sur les caractères intrinsèques des sols et non sur les circonstances, les causes extérieures de leur évolution: celles-ci n'interviennent qu'au niveau des sous-ordres ou des sous-classes.

Par exemple, la classification d'AUBERT et D. de 1956, revue en 1960, n'hésite pas à rapprocher dans une même classe (sols minéraux bruts), les sols de désert et les sols polygonaux arctiques, qui constituent deux sous-classes dont la faible évolution s'explique par des causes climatiques différentes.

Dans le même ordre d'idées, la classification américaine, comme notre classification de 1956, ont groupé dans une même classe (sols calcimorphes) les sols de steppe et les rendzines, pourtant d'origine fort différente: la distinction se fait, là encore, au niveau des sous-classes.

II. — Choix des critères dans les classifications modernes

D'après ce qui précède, on voit que la plupart des classifications modernes de sols, en particulier la nôtre de 1956 et celle des U.S.A., ont adopté la même base fondamentale: elles diffèrent néanmoins les unes des autres par des caractères de détail: par exemple le nombre et les divisions des principaux ordres; l'accent peut être donné, tantôt au « processus génétique » (classification française), tantôt au contraire aux caractères mêmes du sol, notamment dans le cas où le processus évolutif est mal connu (classification américaine).

Cependant, les critères de base choisis pour définir les unités taxonomiques fondamentales sont à peu près les mêmes dans les deux classifications: les différences sont plus marquées lorsqu'on ar-

rive aux unités taxonomiques secondaires: certains critères, par exemple le « microclimat » du sol, sont pris en considération dans certaines classifications (c'est le cas de la classification américaine) plus que dans d'autres.

La question la plus importante, celle de la « hiérarchie » des critères, servant de base à la définition des unités taxonomiques aux différents niveaux, paraît avoir été résolue de manière semblable dans les différentes classifications, sauf pour un facteur — pourtant fondamental — l'action de l'eau dans l'évolution des sols, leur caractère « hydromorphe » ou non: nous reviendrons sur ce dernier point.

Cette unité de vues — exception faite de ce facteur « hydromorphie » — peut paraître au premier abord surprenante; il n'en est rien au contraire; tout système de classification vise à distinguer les unités « naturelles » que sont les sols et les groupes de sols. Nous avons dit que les caractères choisis devaient former un « ensemble coordonné » en liaison avec les facteurs du milieu: cette harmonie des caractères existe, de manière effective, dans la nature et se retrouve dans les différents systèmes de classifications.

Les critères fondamentaux utilisés sont au nombre de quatre:

1° LE DÉVELOPPEMENT DU PROFIL EN LIAISON AVEC LE DEGRÉ D'ÉVOLUTION

Rappelons la succession prise comme base de notre classification de 1956 (revue en 1960): nous avons distingué quatre grands types de profils:

- profil (A)C : sols minéraux bruts
- profil AC : sols peu évolués, contenant de la matière organique
- profil A(B)C : sols évolués par altération: horizon (B) d'altération
- profil ABC : sols évolués par altération et offrant en outre un processus d'entraînement, générateur d'un horizon B d'accumulation.

Cette succession se retrouve presque identique dans la classification de MUCKENHAUSEN-KUBIENA (9-12).

Nous verrons qu'une idée très semblable a présidé à l'élaboration de la classification américaine de 1960: les « Entisols » sont des sols peu évolués sans « horizons » bien définis; les « Inceptisols » possèdent seulement les horizons caractéristiques (« horizon de

diagnostic ») de formation rapide; les « Alfisols », pour ne citer que cet ordre, offrent un horizon de diagnostic d'accumulation B, traduisant une évolution plus poussée.

2° LE MODE D'ALTÉRATION CLIMATIQUE

Là encore, une « progression » très nette s'observe depuis les types les moins évolués s'observant en climat de steppe, jusqu'aux types les plus évolués, caractéristiques des climats équatoriaux humides.

Cette progression se résume par le tableau suivant:

Climat et végétation	Résultats de l'altération	
	Sesquioxides libérés	Type d'argile
Sols de steppe	—	Montmorillonite (+ illite)
Sols tempérés	Fe ₂ O ₃ (peu)	Illite
Sols subtropicaux	Fe ₂ O ₃ (beaucoup)	Kaolinite (+ illite)
Sols équatoriaux	Fe ₂ O ₃ et Al ₂ O ₃	Kaolinite

Cette progression existe aussi dans la classification américaine et elle caractérise nettement les trois groupes: Alfisols (tempérés), Ultisols (subtropicaux) et Oxisols (équatoriaux). Mais les critères physico-chimiques, adoptés pour établir les séparations entre ces trois ordres, diffèrent nettement de ceux adoptés dans notre classification; les correspondances deviennent, dès lors, difficiles à établir. Nous tenterons d'expliquer cette divergence, à la fin de cet article.

3° LE TYPE DE MATIÈRE ORGANIQUE ET SON INFLUENCE SUR L'ÉVOLUTION DES SOLS

Ce critère est considéré comme capital par la plupart des classifications européennes. Il passe au second plan dans la classification américaine (sauf pour un des ordres fondamentaux, les Mollisols) et nous donnerons ultérieurement les raisons de cette différence. Certaines classifications européennes, celle de MANIL en particulier (10), placent au contraire ce critère en priorité absolue, pour l'établissement des divisions fondamentales: ceci s'explique par le fait que la classification de MANIL intéresse seulement les sols forestiers, en climat tempéré; cette manière de voir, parfaitement justifiée dans ce cadre particulier, ne le serait plus dans le cadre d'une classification mondiale des sols.

Le tableau suivant illustre, de manière schématique, la liaison qui existe entre le type d'humus et l'évolution du sol :

Type d'humus	Type de sol	Evolution de la mat. organique	Altération et migration
Mull	Sol brun forestier	faible polymérisation, peu de produits solubles	altération modérée, migration possible de Fe_2O_3 et d'argile
Mull calcique	Sol calcimorphe	forte polymérisation biologique, formant des complexes organo-minéraux insolubles	faible altération, absence de migration de colloïdes
Mor (humus brut)	Podzol	polymérisation très réduite en A; migration de produits solubles agressifs	altération forte, libération et migration de Fe_2O_3 et Al_2O_3

On voit que la matière organique conditionne l'altération et les migrations, parallèlement aux conditions climatiques : le tableau précédent illustre clairement la « coordination » des caractères, qui, nous l'avons déjà souligné, conditionne de manière évidente leur hiérarchisation.

Le plus souvent, en effet, il existe une très bonne correspondance entre les trois critères, développement du profil, degré d'altération et type d'humus ; dans ce cas, la classification n'offre aucune difficulté, les groupements naturels s'individualisent d'eux-mêmes. Par exemple, les sols de steppe de climats secs sont généralement caractérisés par un Mull calcique, un faible développement du profil, une altération et des migrations réduites ou nulles (sols calcimorphes de steppe) ; inversement, les sols boréaux offrent une altération et des migrations très poussées, accompagnant la formation d'un humus brut (podzols).

Mais, dans d'autres cas, le type d'humus (lié à une roche-mère ou à une végétation particulière) peut induire une évolution différente de l'évolution climatique normale, par l'influence qu'il exerce sur l'évolution du profil, ainsi que sur l'altération et les migrations : ainsi, en climat tempéré, les sols à Mull calcique, formés sur roche-mère calcaire (rendzines), s'écartent par leur faible altération, leur profil peu différencié, des sols bruns tempérés, qui caractérisent assez bien l'évolution climatique moyenne de cette zone : ces rendzines se rapprochent des sols de steppe et il paraît logique de les classer dans le même ordre. Une remarque semblable vaut pour les sols à humus brut, qui se rencontrent occasionnellement dans la zone tempé-

réc: la forte différenciation du profil conduit à les classer dans la même unité taxonomique fondamentale que les podzols boréaux, qui, eux, constituent un sol « climatique » normal.

4° L'HYDROMORPHIE

Il s'agit, rappelons-le, du mode de développement du profil qui est « conditionné » par une saturation complète des pores par l'eau: cette saturation peut être temporaire ou permanente, complète (affectant l'ensemble du profil) ou partielle (affectant les horizons supérieurs ou inférieurs seulement).

Il est curieux de constater que, cette fois, les classificateurs n'ont pu se mettre d'accord: certains considèrent l'hydromorphie comme un critère de base qui, hiérarchiquement se place avant tous les autres: les sols se subdivisent alors en deux ou trois grandes divisions fondamentales: AVERY (2) distingue deux grandes catégories initiales: sols hydromorphes et non hydromorphes; KUBIENA (9) et MUCKENHAUSEN (12) divisent les sols en trois grands groupes: les sols terrestres, les sols demi-terrestres et les sols formés dans l'eau.

D'autres classifications au contraire, parmi lesquelles la classification américaine de 1960, considèrent ce critère comme *secondaire*; il n'intervient qu'*après les trois critères fondamentaux* définis précédemment, et sert seulement à distinguer les sous-ordres.

Il est difficile de trancher entre ces deux conceptions opposées; il semble en effet que l'hydromorphie puisse intervenir dans l'évolution du profil de façon très variable: il y a des cas où une hydromorphie très prononcée modifie et masque toute autre action du milieu sur l'évolution des sols, alors qu'au contraire, dans d'autres sols une hydromorphie moins accentuée ou plus localisée, tout en provoquant l'apparition de certains caractères nouveaux dans le profil, ne fait pas disparaître l'évolution biologique ou physico-chimique fondamentale; c'est la raison pour laquelle nous avons, dans notre classification de 1956 et plus encore dans sa forme revue en 1960, distingué deux cas:

a) Si l'hydromorphie est très marquée, tant par son intensité et sa durée, que parce qu'elle affecte la quasi-totalité du profil, elle provoque l'apparition de phénomènes physico-chimiques particuliers, qui masquent tout autre processus physico-chimique de pédogénèse: réduction partielle du fer dans l'ensemble du profil, qui prend l'aspect « tacheté » (Gley ou pseudogley), parfois même une accumulation de matière organique (tourbes). Dans ce cas, l'hydromorphie est considérée comme un critère fondamental: deux classes hydromorphes ont été distinguées: la classe des sols hydromorphes à réduction du fer, la classe des sols hydromorphes organiques,

b) Si l'hydromorphie est moins accentuée, ou seulement localisée en profondeur, le profil est alors mieux aéré, surtout à sa partie supérieure, et son évolution procède d'un autre processus de pédogénèse: dans ce cas, le caractère d'hydromorphie est utilisé seulement au niveau de la sous-classe, le processus fondamental servant à définir la classe (ex.: sol lessivé à pseudogley, podzol hydromorphe, sols ferrallitiques hydromorphes, etc...).

III. — Le problème des sols fossiles et polycycliques

La tâche des classificateurs pourrait paraître relativement aisée, si, le « milieu » étant parfaitement constant, l'évolution du sol se poursuivait identique à elle-même dans le temps; les processus physico-chimiques caractérisant cette évolution pourraient être alors définis une fois pour toutes, comme c'est le cas des sols dits « monocycliques » ou monophasés.

Malheureusement, dans la grande majorité des cas, les choses sont beaucoup plus complexes: le milieu se modifie, l'orientation de l'évolution change, à des caractères « hérités » d'une évolution antérieure (GEZE, 7) se superposent des caractères acquis sous l'influence du milieu actuel: c'est le cas des sols dits « polycycliques » ou polyphasés (GLANGEAUD, 8).

On discerne immédiatement le problème posé, problème auquel achoppent la plupart des classifications: le sol doit-il être classé uniquement en fonction du processus actuel récent, les caractères « hérités » étant considérés comme semblables à ceux d'une « roche-mère », donc utilisés seulement dans les unités taxonomiques secondaires? Cela revient à donner la priorité au *processus actuel de la pédogénèse* dans la classification, et c'est ce point de vue qui a prévalu dans notre classification de 1956.

D'autres classificateurs, en particulier ceux des U.S.A., raisonnent autrement: la base de la classification doit être génétique, sans aucun doute, si le processus d'évolution est bien connu et se traduit par des caractères physico-chimiques, très faciles à identifier et à décrire. Mais il y a beaucoup de cas où la génèse du sol est complexe, ou mal connue, ou hypothétique: il devient dangereux de s'appuyer exclusivement sur un « processus évolutif » encore mal déterminé; c'est précisément le cas, reconnaissons-le, de beaucoup de sols polycycliques (et même de certains sols récents mais à profil complexe, sur roche-mère hétérogène, par exemple). Or, ces sols doivent quand même être classés: dans ces conditions, le mieux n'est-il pas de les classer « par analogie », avec d'autres sols, dont les propriétés sont semblables? C'est ce que pensent les classificateurs américains; dans cette conception, la considération des caractères physico-chimiques l'emporte donc sur celle du processus génétique proprement dit.

Dans bien des cas complexes, pour lesquels les évolutions successives sont difficiles à démêler, le point de vue des pédologues américains est parfaitement défendable. Par contre, nous continuons à estimer qu'il est préférable de distinguer les processus évolutifs successifs, chaque fois que nos connaissances sont assez précises, pour pouvoir les séparer dans le temps sans contestation possible: ainsi la « Terra fusca » des plateaux calcaires jurassiques est manifestement une formation ancienne, sans doute interglaciaire; elle se comporte comme une « roche-mère » et évolue, suivant les autres conditions de milieu, vers des sols actuels aussi différents que les rendzines, les sols bruns, les sols lessivés, les pseudogley: dans ce cas précis, le classificateur doit, selon nous, considérer les caractères du sol acquis au cours du processus pédogénétique récent comme prioritaires, par rapport aux caractères « hérités ».

CHAPITRE II

CARACTÉRISTIQUES DE LA CLASSIFICATION AMÉRICAINE DES SOLS (7^e APPROXIMATION, 1960)

I. — Critères fondamentaux

La septième approximation de la classification américaine est un travail d'équipe réalisé par l'état-major du Service de la cartographie des sols des U.S.A., dirigé par le Dr G. SMITH, et aidé par une équipe belge (Professeur TAVERNIER, Gand).

Il s'agit, pour employer les propres termes de G. SMITH, d'une classification « compréhensive » et « objective » : les sols sont classés et groupés d'après un ensemble de caractères mesurables (physico-chimiques et morphologiques), traduisant leur *parenté génétique*, c'est-à-dire l'état de leur équilibre actuel avec le milieu.

L'idée la plus nouvelle de cette classification est d'avoir défini des *horizons de diagnostic*, qui permettent de caractériser et de classer le profil ; ces horizons sont décrits et définis minutieusement, quant à leurs diverses propriétés, morphologiques, physico-chimiques, et même leur « microstructure », cette dernière présentant généralement une grande importance.

Ces horizons de diagnostic sont classés en deux grands groupes : les horizons de profondeur, qui correspondent aux horizons (B) ou B de la classification allemande ou française, et les horizons de surface appelés « Epipedon », comprenant non seulement les horizons proprement humiques (A₀ ou A₁), mais l'ensemble des horizons A, y compris le A₂ lessivé, parfois même la partie supérieure d'un B, si elle est imprégnée de matière organique : cette conception, plus large et moins précise que les « types d'humus » Mull, Moder, Mor de la classification française, présente un avantage incontestable : elle

permet de définir et diagnostiquer un « Epipedon », même si le type d'humus naturel a été modifié par une action extérieure quelconque : feu, action humaine, etc...

La classification proposée utilise comme critères essentiels la présence (ou l'absence) des différents horizons de diagnostic ainsi définis, tantôt horizons de profondeur (Spodosol : horizon spodique, Alfisol : horizon argillique), tantôt « epipedon » (Mollisol : épipedon mollique). Ce sont ces horizons qui servent à définir les 10 unités fondamentales ou *ordres*, sauf les « Aridisols » définis d'après leur climat sec et les « Vertisols », d'après leur texture et les propriétés de la roche-mère (abondance d'« argiles gonflantes »).

Les subdivisions des ordres, ou *sous-ordres*, sont basées également sur la présence de certains horizons de diagnostic, différents de ceux qui caractérisent le groupe ; mais aussi, et surtout, sur d'autres critères, notamment le *microclimat interne* du sol, lié bien entendu au climat général et aussi, pour certains sous-ordres, aux conditions de saturation plus ou moins prolongée par l'eau, ou *hydromorphie* : c'est ainsi que, dans presque tous les ordres, on trouve : a) un sous-ordre hydromorphe, b) un sous-ordre à microclimat humide, mais non saturé par l'eau, c) un sous-ordre à microclimat sec. Certains sous-ordres enfin sont liés à des caractères de roche-mère (Psamment : roche-mère sableuse — Andept, formé sur cendres volcaniques — Rendoll ou sol calcaire, etc...).

Les *grands groupes* enfin sont déterminés par la présence d'horizons de diagnostic particuliers, notamment ceux qui sont qualifiés de « secondaires » : Fragipan, Plinthite, etc...

II. — Nomenclature

La nomenclature est basée sur des conceptions entièrement nouvelles :

Les 10 ordres fondamentaux sont les suivants :

- 1° *Entisols* : sols très peu évolués dépourvus d'horizons de diagnostic caractérisés.
- 2° *Vertisols* : sols à argiles gonflantes.
- 3° *Inceptisols* : sols peu évolués (à horizon de diagnostic pouvant se former rapidement).
- 4° *Aridisols* : sols de climat aride.
- 5° *Mollisols* : sols à horizon « mollique ».
- 6° *Spodosols* : sols à horizon « spodique ».
- 7° *Alfisols* : sols à horizon argillique, altération réduite.

8° *Ultisols*: sols à horizon argillique, altération poussée.

9° *Oxisols*: sols à horizon oxisque.

10° *Histosols*: sols hydromorphes organiques.

Les sous-ordres sont désignés à l'aide d'un suffixe composé de deux ou trois lettres rappelant l'ordre (ent, ert, ept, id, oll, od, alf, ult, ox), et d'un préfixe indiquant une caractéristique, très souvent microclimatique, du sous-ordre: par exemple Aqu: hydromorphe, Ust: de climat sec, Ud: de climat humide, etc...

Exemples: Aquod: Spodosols hydromorphes; Ustalf, Alfisols de climat sec.

Les noms des grands groupes sont composés à l'aide du nom du sous-ordre auquel on ajoute un autre préfixe, rappelant le nom d'un horizon de diagnostic (ex.: *Fragudalf*, Udalf à *Fragipan*), ou un terme de microclimat (p. ex.: *Cryaquept*, *Thermaquod*).

Les sous-groupes enfin sont désignés à l'aide du nom du groupe, auquel est adjoind un adjectif composé de la même façon et indiquant une tendance évolutive: exemples: orthique: typique; aquique: hydromorphe; udique: de climat humide, etc...

Dans le chapitre IV, nous donnerons un tableau des ordres, des sous-ordres et des principaux grands groupes.

III. — Comparaison de la classification américaine et de la classification de 1956 (révisée en 1960)

Les deux classifications procèdent de la même idée générale: grouper ensemble les sols ayant des propriétés et une morphologie communes, traduisant une évolution semblable, donc une « parenté » génétique. Mais alors que la classification française s'appuie sur *l'ensemble du profil*, et particulièrement sur les « types d'humus » formés par la végétation naturelle, il n'en est pas de même de la classification américaine, qui ne considère, nous l'avons vu, que deux sortes d'« horizons de diagnostic », l'épipedon, comprenant toute la partie supérieure du profil (ensemble des horizons A), et l'horizon de profondeur, correspondant à nos horizons (B) ou B: les pédologues américains ont, en effet, voulu baser leur classification sur des critères tels qu'ils ne puissent pas être modifiés rapidement, par une mise en culture par exemple; aussi les horizons de diagnostic sont-ils toujours des horizons qui sont considérés comme « stables », « permanents », au moins de façon relative: pour la même raison, les classificateurs américains ont éliminé les horizons hydromorphes à fer réduit de type *Gley*, susceptibles de se transformer de façon rapide, en cas de drainage ou d'assèchement.

On ne peut donc établir de correspondance étroite entre les « épipedon » et les « types d'humus »: suivant la couleur de l'horizon,

la quantité de matière organique, l'épaisseur des horizons A_0 , A_1 , les Moder et les Mor peuvent être rangés, soit dans les épipedon ochrique, soit dans les épipedon umbrique. L'horizon mollique correspond assez bien au Mull calcique épais; le Mull forestier doit être assimilé, le plus souvent, à l'épipedon ochrique, en raison de sa décomposition rapide.

Quant aux horizons de profondeur, leur correspondance avec ceux des classifications européennes est plus facile à définir: l'horizon cambique correspond sensiblement au (B) d'altération, l'horizon argillique au B textural des sols bruns lessivés, l'horizon spodique au B des podzols.

Notons cependant que la conception américaine du (B) cambique est beaucoup plus large que la conception européenne du (B) d'altération: certains sols de déserts sont décrits par les pédologues des U.S.A. comme présentant des horizons cambiques superficiels, caractérisés par une synthèse d'argile: dans la classification française, ces horizons en général riches en matière organique incorporée sont désignés, le plus souvent, comme A_1 (profil AC). D'autres horizons cambiques sont hydromorphes et présentent des taches rouille et grises, qui les feraient qualifier de « pseudogley » (g) dans la terminologie française.

Si on passe à la classification proprement dite, on note que certains ordres de la classification américaine correspondent assez rigoureusement à des classes de la classification française: les Spodosols sont nos podzols (sols à humus brut). Les Mollisols correspondent à nos sols calcimorphes (exception faite des Aridisols et Vertisols, classés à part et qui n'ont donc pas d'équivalents dans la classification française, tout au moins au niveau des classes). Les Histosols sont nos sols hydromorphes organiques.

Notre classe des « sols hydromorphes à fer réduit » n'a pas son équivalent dans la classification américaine: ces sols se retrouvent à l'état dispersé dans les sous-ordres « hydromorphes » de chacun des 9 ordres fondamentaux (préfixe Aqu): on se doute que, dans ces conditions, la correspondance entre les deux classifications devient très difficile à établir, pour ces sols hydromorphes: la tentative que nous avons faite, à titre d'essai (chapitre V), n'est encore que provisoire. La même remarque peut être faite pour notre classe de sols halomorphes, pulvérisée en unités taxonomiques du niveau des grands groupes (préfixe Sal ou Natr).

En ce qui concerne les cinq autres ordres, la correspondance avec nos classes existe et l'idée qui, dans les deux cas, a présidé à leur élaboration est sensiblement la même: les sols de ces cinq ordres sont classés, par altération croissante et différenciation du profil de plus en plus marquée; mais on note que les critères de base étant différents (le type d'humus, en particulier, n'étant pas pris en consi-

dération dans la classification américaine, comme il l'est dans la classification française), les limites des ordres ou des classes ne coïncident pas; il y a un chevauchement des ordres et des classes, qui peut se résumer (de manière schématique) par le tableau suivant:

I. Sols non évolués	Entisols
II. Rankers:	
peu organiques	Entisols
très organiques	Inceptisols
III. Sols tempérés à Mull:	
non lessivés	Inceptisols
lessivés	Alfisols
IV. Sols ferrugineux de climat chaud:	
non désaturés	Alfisols
très désaturés	Ultisols
V. Sols ferrallitiques:	
faiblement ferrallitiques	Ultisols
fortement ferrallitiques	Oxisols.

Ce tableau ne traduit d'ailleurs qu'imparfaitement les correspondances existant entre les classes IV et V d'une part, et les Alfisols de climat chaud, les Ultisols et les Oxisols d'autre part; les conceptions des deux classifications s'éloignent davantage pour ces sols de climat chaud que pour les ordres de climat froid ou tempéré: la classification américaine accorde une importance particulièrement grande, dans la définition des unités taxonomiques, au phénomène de *lessivage de l'argile*, à la présence (ou absence) d'« enrobements » (clay-skin); ce critère, laissé de côté jusqu'à présent par les classifications européennes des sols tropicaux (au moins en ce qui concerne les deux classes fondamentales), rend l'établissement des corrélations entre les deux types de classification assez délicat.

Enfin, signalons pour terminer, une dernière différence entre les deux classifications: lorsque certaines conditions de milieu (climat ou roche-mère) offrent des caractéristiques telles qu'elles jouent un rôle déterminant dans l'évolution du sol, les classificateurs des U.S.A. ont eu tendance à les adopter comme critères de base, de préférence au processus évolutif lui-même: cette tendance apparaît déjà au niveau des ordres, pour deux d'entre eux, les Vertisols (sols

riches en argile gonflante) et les Aridisols (sols de désert); elle s'affirme pour les sous-ordres: il existe presque dans chaque ordre, un sous-ordre de climat sec (préfixe Ust) et un sous-ordre de climat humide (préfixe Ud). En ce qui concerne les roches-mères, celles qui sont très sableuses, s'il s'agit de sable quartzeux, sont considérées comme n'évoluant pas ou évoluant incomplètement (sous-ordre des « Psamment » dans les Entisols, quel que soit le processus évolutif de base). De même, les « Andepts » correspondent aux sols formés sur cendres volcaniques: ce sont les « Andosols » de certaines autres classifications et qui ne figurent pas dans la classification française. Les sols très calcaires sont classés dans un sous-groupe à part, les Rendolls, l'équivalent exact des rendzines de la classification française: la grande abondance de CO_3Ca détermine, en effet, de façon évidente, et sans contestation possible, le type d'évolution, quelles que soient les autres conditions de milieu.

CHAPITRE III

TABLEAU DES HORIZONS DE DIAGNOSTIC

I. — Horizons de diagnostic de surface (Epipedon)

a) MOLLIQUE :

- horizon organique *épais* (épaisseur supérieure à 10 cm), *foncé*, résultant de l'évolution du carbone en présence de cations divalents.
- structure ni dure, ni massive.
- C/N inférieur à 17 si le sol est vierge, inférieur à 13 si le sol est cultivé ; décroît en profondeur.
- S/T supérieur à 50 %.
- teneur en matière organique supérieure ou égale à 1 %.
- il correspond au *Mull calcique* ou *eutrophe*, épais, et comprend également certains Anmoor calciques.

b) UMBRIQUE :

- même aspect à l'œil que l'epipedon mollique : horizon épais, de couleur foncée et riche en matière organique.
- différences essentielles :
 - acidité plus grande ; S/T inférieur à 50 %.
 - C/N supérieur à 17.
 - horizons massifs ou durs, s'ils sont secs.
- cet horizon correspond aux *Mor* et *Moder* épais et à certains Anmoor acides ou mésotrophes.

c) ANTROPIQUE :

- mêmes caractères que l'epipedon mollique, mais plus riche en P_2O_5 (teneur supérieure à 250 ppm).
- horizon noir provenant de sols anciennement cultivés.

d) HISTIQUE :

horizon superficiel organique d'origine hydromorphe (sol vierge) (Hydromor ou tourbe).

e) OCHRIQUE :

horizon de surface à matière organique peu épaisse, peu abondante, de couleur claire; il inclut généralement les horizons A_1 peu épais ou clairs, et A_2 peu marqués ou peu lessivés (sols à Mull ou Moder peu épais).

f) PLAGGEN :

horizon façonné par l'homme, de couleur noire ou brune; sol surélevé par apports massifs de matière organique.

N.B. : Malgré la différence de structure, l'Amoor calcique doit être assimilé à un epipedon mollique.

II. — Horizons de diagnostic de profondeur

a) ARGILLIQUE :

- horizon enrichi en argile par lessivage: structure polyédrique ou prismatique, avec *enrobements* d'argile autour des unités structurales (*clay skins*); si la texture est grossière, ces enrobements s'observent autour des grains de quartz.
- en général, l'indice d'entraînement de l'argile est supérieur à 1,2 (argile B/argile A); si le sol a une texture grossière, la teneur en argile de B doit dépasser celle de A de 3 %.
- microstructure: différence d'aspect et d'orientation de l'argile des enrobements (en fines couches lamellaires), par rapport à l'argile de l'intérieur des unités structurales.
- en général, le rapport SiO_2/Al_2O_3 de l'argile est le même en B qu'en A.
- il peut arriver qu'un B argillique soit moins riche en argile que C, si le profil est complexe notamment, mais il doit être enrichi en argile « fine » par rapport à C.
- C/N, le plus souvent inférieur à 14.

N.B. : Dans certains sols, un horizon argillique peut être partiellement détruit après avoir été formé: sur certaines surface structurales, l'enrobage est remplacé par une couche limoneuse décolorée par lessivage (traînée blanche des Glossudalfs, certains Fragipans).

b) AGRIQUE:

- horizon situé immédiatement sous la surface travaillée par l'homme, enrichi en argile et en humus; accumulation d'argile et d'*humus*, formant des enrobements noirs, dans les fissures et les canaux de racines et de vers.

c) NATRIQUE:

horizon colonnaire d'argile sodique (Solonetz).

d) SPODIQUE:

- accumulation de matière organique et de sesquioxydes, non accompagnée d'argile cristalline: Al_2O_3 est en général sous forme amorphe (*allophane*) (au moins 0,3 % de carbone organique et 1 % de sesquioxydes); Fe_2O_3 peut être abondant ou, au contraire, en faible quantité.
- microstructure: soit enrobements amorphes d'humus et de sesquioxydes autour des grains de sable provoquant leur cimentation (alios), soit petites boulettes concrétionnées, de la grosseur des limons (20 à 50 μ).
- SiO_2/Al_2O_3 de la fraction argileuse plus faible en B qu'en A.
- C/N, en général, supérieur à 14.

e) CAMBIQUE:

- horizon altéré (B), plus riche en Fe_2O_3 libre que C.
- structure polyédrique ou prismatique, sans enrobements, sauf si le sol est trop sableux (structure différenciant nettement l'horizon (B) de C).
- les horizons (B) les plus sableux sont exclus (cf certains Entisols).
- il y a des (B) cambiques « tachetés », en cas d'hydromorphie, mais les taches rouille ne suffisent pas pour définir un (B) cambique.
- également: horizon de formation d'argile, pouvant contenir du calcaire (sols de climats arides).

f) OXIQUE:

- horizon contenant plus de 12 % de sesquioxydes libres par rapport à l'argile (argiles difficiles à disperser en raison de l'abondance des sesquioxydes floculants).

- capacité d'échange T inférieure à 20 milliéquivalents pour 100 g d'argile (mesure faite à l'acétate d'Am).
- argile de type kaolinite.
- pas ou peu de minéraux altérables.
- les horizons sableux sont exclus (cf Entisols) (fraction argileuse représentant plus de 15 % de la masse).
- structure polyédrique ou massive (les enrobements peuvent exister).

III. — Horizons de diagnostic d'importance secondaire

a) DURIPAN :

horizon fortement durci; causes de formation diverses suivant les types.

- 1^{er} type: durcissement par SiO_2 avec parfois CO_3Ca (même CO_3Na_2 : dissolution et précipitation SiO_2).
- 2^e type: bandes durcies alternativement par SiO_2 et par Fe_2O_3 ; surtout fréquent en climat méditerranéen; souvent situé sous un horizon argillique.

b) FRAGIPAN :

horizon tassé, durci à sec, cassant à l'état humide, à forte densité, formé en milieu acide, à une profondeur de 50 cm à 1 m. Texture *limoneuse*, jamais argileuse, ni sableuse; structure massive, prismatique ou polyédrique, avec destruction partielle des argiles et décoloration le long du réseau polygonal de fissures; souvent hydro-morphe et de type pseudogley.

c) HORIZON CALCIQUE :

enrichi en CO_3Ca , souvent durci (« croûte calcaire » ou « caliche » durcie).

d) HORIZON SALIQUE :

accumulation blanchâtre de sels solubles (ClNa).

e) HORIZON GYPSIQUE :

enrichi en SO_4Ca .

f) HORIZON ALBIQUE:

A₂ très lessivé, cendrex ou gris blanchâtre (*podzols* et *planosols*).

g) PLINTHITE:

formation soit localisée, soit généralisée au sein d'un horizon oxiqne ou argilliqne, tachetée de rouge et d'ocre, ou blanchâtre à taches ocre (cf. « zone tachetée »), composée d'un mélange d'argile et de sesquioxydes libres. Formation d'origine plus ou moins hydromorphe, *susceptible de durcir irréversiblement par alternance de dessiccation et d'humectation*; elle donne alors soit des concrétions isolées, soit des carapaces ou cuirasses plus ou moins poreuses et scoriacées, par durcissement préférentiel des zones les plus riches en Fe₂O₃.

CHAPITRE IV

TABLEAU DES ORDRES, SOUS-ORDRES ET GRANDS GROUPES

Dans ce tableau, nous essayerons de donner pour les ordres, les sous-ordres et les principaux grands groupes, d'une part les caractères fondamentaux des différentes unités taxonomiques, d'autre part la correspondance qui nous semble la plus probable avec les types correspondants de la classification française et occasionnellement des autres classifications actuellement utilisées.

ENTISOLS

Sols peu évolués, sans horizon de diagnostic (sauf ochrique, albique hydromorphe, histique, plaggen ou aquique), donc *pas de (B)*, ni B. Cependant, s'il s'agit de sols sableux, un tel horizon peut exister, mais différencié seulement par la couleur et ne présentant ni la structure, ni la microstructure d'un horizon cambique, oxi-que ou argillique. Souvent présence d'un horizon G ou g, s'il y a hydromorphie: l'évolution par hydromorphie n'est pas considérée comme fondamentale.

En général, profil AC à horizon humifère peu développé (sauf si le sol est tourbeux: épédon histique, ou s'il y a un plaggen).

I. — **Aquents:**

Sols peu évolués hydromorphes: alluvions; sols à hydromorphie permanente (Gley) ou temporaire (pseudogley): profil Ag ou AG, fortement décoloré ou à taches rouille.

CRYAQUENTS: *toundras.*

PSAMMAQUENTS: *sols alluviaux sableux (à nappe);*

Gley sableux blanc, à taches organiques.

HYDRAQUENTS: sols à *Gley* formés sous l'eau, de marais ou polders, moyennement humiques, à matière organique profondément incorporée, parfois de type Anmoor.

HAPLAQUENTS: *Gley* ou *pseudogley* peu évolués (peu humiques; teneur en matière organique inférieure à 3 %):

— g à taches rouille, profil Ag

— G décoloré, profil AG.

II. — Psamments:

Sols *sableux*, parfois à (B) ou B coloré, ou à hydromorphie temporaire, mais profonde (semi-Gley).

L'évolution est ralentie, en raison de la dominance du quartz dans la roche-mère.

Ils comprennent certains *sables ferrugineux ou ferrallitiques*.

QUARZPSAMMENTS: sols non évolués quartzeux (*Régosols quartzeux*); parfois avec semi-Gley profond, à taches rouille: « aquique », également *sables ferrugineux ou ferrallitiques*: « ultique ».

ORTHOPSAMMENTS: sols sableux sur arènes (plus de 5 % de feldspath, micas ou autres minéraux altérables) (*Régosols d'arènes*).

III. — Ustents:

Lithosols ou régosols des régions arides ou semi-arides. Absence d'horizon de diagnostic autre que l'épipedon ochrique.

PSAMMUSTENTS: *Régosols sableux secs*.

ORTHUSTENTS: *Régosols à texture fine*, à horizon ochrique, parfois début d'horizon calcique.

IV. — Udents:

Sols non évolués, à microclimat humide. Régosols formés sur roche meuble ou lithosols formés sur roche dure, apparaissant à quelques centimètres de profondeur; ou encore Rankers peu humifères.

CRYUDENTS: *Régosols ou lithosols boréaux*, à horizon gelé ou microclimat froid.

AGRUDENTS: sols peu évolués, modifiés par l'homme (horizon « anthropique », noir en surface, ou agrique: horizon illuvial à enrobements noirs autour des unités structurales).

HAPLUDENTS: *Régosols ou lithosols*, sans caractères spéciaux;
Rankers peu humifères (*Rankers à Mull ou Moder* peu épais).

PLAGGUDENTS: « *Plaggenböden* » à horizon plaggen.

VERTISOLS

Ils comprennent tous les sols à argiles gonflantes, ayant plus de 35 % d'argile; capacité d'échange T supérieure à 30 m. e./100 g.

Montmorillonites formées par décalcification sur calcaire ou par altération des basaltes.

Climat sec, mais une *source d'eau saisonnière* permet le gonflement et le retrait des argiles (fissuration; microrelief « gilgai »; structure prismatique).

I. — Aquerts:

Sols foncés (noirs), saturés d'eau temporairement (pas de nappe proprement dite); parfois Gley à taches rouille.

GRUMAQUERTS: grumeaux superficiels formés par le processus de « self-mulching »: *Argiles noires tropicales* et *Tirs hydromorphes*.

MAZAQUERTS: formation d'une surface « croûteuse », durcie (climats les plus humides?).

Certains sont acidifiés en surface et lessivés en bases: *Mazaquert aquatique*; présence de taches rouille: ce type est à ranger dans notre classe hydromorphe.

II. — Usterts:

Couleur brun foncé ou brun-rouge; microclimat plus sec; pas de taches rouille (sous un même climat, les Usterts occupent les pentes et les Aquerts les bas-fonds).

GRUMUSTERTS: self-mulching en surface.

Tirs de steppe et *sols châtaîns tirsifiés*.

MAZUSTERTS: croûte plus ou moins dure en surface.

INCEPTISOLS

Sols peu évolués, à *horizon de diagnostic de formation rapide*, sans illuviation, ni altération très poussée.

Horizons présents: soit *umbrique*, soit *cambique*, soit les deux (fragipan et duripan occasionnellement).

Horizons toujours manquants: spodique, argillique, oxique, calcique.

(*N. B.*: l'horizon ochrique n'est pas diagnostique pour le groupe, s'il y a aussi un horizon cambique).

Ces sols sont donc à *profil AC humifère ou A(B)C*.

I. — Aquepts:

Hydromorphie saisonnière ou permanente: sols à pseudogley à horizon (B) (cambique) tacheté, peu profond, mais sans illuviation: *profil A(B)g*. Ce type correspond encore à nos pseudogley « de surface » à marmorisation descendante.

UMBRAQUEPTS: horizon « umbrique » humifère acide, surmontant un (B)g décoloré, gris verdâtre, ou à taches rouille:
Gley, pseudogley, stagnogley humiques (Anmoor acide).

CRYAQUEPTS: certaines *toundras*.

FRAGAQUEPTS: *pseudogley à fragipan* (texture limoneuse);
pseudogley à horizon induré profond (pouvant être enrichi légèrement en argile, mais sans enrobements).

OCHRAQUEPTS: *Gley ou pseudogley*, assez évolués à (B) cambique, peu humifères (ochrique).

Ils sont très difficiles à distinguer des *Haplaquents*, car la seule différence consiste en la présence d'un (B) ayant une *structure* et distinct de C.

II. — Andepts:

Sols riches en *allophane* ou formés sur cendres volcaniques, en général humifères (horizon de surface umbrique: *Moder* de montagne, ou même mollique: *Mull* calcique, parfois ochrique).

CRYANDEPTS: climat boréal ou d'altitude.

DURANDEPTS: à *duripan*: durcissement par SiO_2 .

OCHRANDEPTS: peu humifères.

UMBRANDEPTS: très humifères: *Andosols* proprement dits.

HYDRANDEPTS: concrétions d'*allophane* durcies: « *hydrol-humic-latosols* ».

III. — Umbrepts:

Sols caractérisés par un horizon umbrique de 25 cm au moins; en général un (B) cambique, mais pas toujours; formés sous prairie ou pré-bois.

CRYUMBREPTS: *toundras*.

HAPLUMBREPTS: profil AC ou A(B)C.

Rankers d'altitude (sol humique silicaté) ou sol brun acide humifère (sol brun mélanisé).

ANTHRUMBREPTS: un épipedon anthropique sur un horizon cambique.

IV. — Ochrepts:

Sols peu humifères à (B) d'altération « cambique ».

CRYOCHREPTS: *sols bruns forestiers arctiques ou sols bruns alpins*.

ÉUTROCHREPTS: sols bruns à structure grumeleuse, soit à carbonates, soit s'il est décarbonaté en surface, à S/T supérieur à 80 %: *sols bruns calcimorphes à profil uniforme*.

DYSTROCHREPTS: *sols bruns acides types*.

USTOCHREPTS: à microclimat temporairement sec: certains *sols bruns méridionaux* (méditerranéens).

FRAGOCHREPTS: *sols bruns acides à fragipan*, donc à horizon induré, mais peu hydromorphes en surface.

ARIDISOLS

Sols de climats secs:

Seul horizon constant: ochrique (sols peu humifères).

Il n'y a jamais d'horizons spodique, oxique, mollique, umbrique (teneur en matière organique inférieure à 1,5-2 % en surface).

Ces sols ne présentent pas de nappe.

Ce sont les Sierozems et sols bruns-Sierozems, les Solontchaks et les Solonetz.

I. — Orthids:

Un horizon ochrique associé à un horizon cambique, parfois un duripan (ou bien: accumulation de sels: horizons calcique, salique, gypsique).

CAMBORTHIDS: horizons ochrique et cambique; *peu de carbonates en surface* (occasionnellement duripan, ou horizons calcique, gypsique, en profondeur).

horizon *cambique*, en général, prismatique, peu profond, *considéré souvent comme faisant partie intégrante de l'horizon A₁* (caractérisé surtout par sa structure, par la néoformation d'argile et un lessivage partiel de CO₃Ca): profil A₁(B)Ca.

DURORTHIDS: à duripan (en réalité *sol à alcali*, d'après l'analyse).

CALCORTHIDS (1): équivalent aride de la rendzine; la roche-mère est trop carbonatée pour que le lessivage des carbonates soit complet en surface horizon ochrique à gypse et CO_3Ca et horizon calcique ou gypsique peu profond (donc pas d'horizon cambique: profil A_1Ca).

Sols bruns de steppe voisins des *Sierozems* à teneur en matière organique inférieure à 2 % (sols bruns-Sierozems).

SALORTHIDS: horizon salique (CINa) peu profond: *Solontchaks*.
Croûte saline blanche en surface.

II. — Argids:

Sols caractérisés par un horizon argillique (ou natrique), et un horizon ochrique en surface (parfois aussi présence d'horizons calcique, gypsique, salique).

HAPLARGIDS: horizon argillique brun-rouge, souvent horizon calcique en dessous (présence d'enrobements, donc *lessivage net d'argile*).

Ils font transition avec les Typustalfs et les Argustolls.

Sierozems ou *sols bruns de steppe lessivés*, dont l'origine s'explique: 1) soit parce qu'il s'agit d'un sol fossile; 2) soit parce que ce sol est situé dans un bas-fond, recevant beaucoup plus d'eau que le climat ne le laisse supposer (pluies violentes accompagnées de ruissellement).

NATRARGIDS: horizon natrique: *Solonetz* typique.

NADURARGIDS: *Solonetz* à duripan calcique sous l'horizon natrique (dans ce sol et dans le Durorthid, duripan formé par dissolution de silice par CO_3Na_2).

MOLLISOLS

Sol à horizon mollique, sauf en présence d'allophane et cendres volcaniques (Andepts).

Végétation à base de Graminées, parfois certaines forêts feuillues à condition que le sol soit calcaire ou riche en bases.

I. — Rendolls:

Rendzines:

RENDOLL ORTHIQUE sans (B) cambique: *Rendzine type*.

(1) Les faibles différences des analyses citées en référence (pH et CO_3Ca notamment) entre Calcorthids et Camborthids montrent qu'en réalité ces sols devraient être classés dans le même groupe génétique, bien que les premiers soient formés sur alluvions « acides » et les seconds sur alluvions calcaires.

RENDOLL UDOLLIQUE et R. EUTROCHREPTIQUE, à (B) cambique;
Rendzine brunifiée.

II. — Albolls:

Planosols, Solonetz, Soloths à Mull calcique épais.

Présence d'un A₂ albique et d'un B *argillique*.

L'horizon albique est lié à une nappe temporaire perchée: A₂ et même A₁ sont saturés d'eau au printemps: *pseudogley*.

ARGALBOLLS: *planosols* et *Soloths* (variété natrique).

A₂ à taches rouille comme B.

Pseudogley lessivé, à profil A₂B₂, à Hydromull calcique.

NATRALBOLLS: *Solonetz solodisé* (fortement lessivé et décoloré en surface).

III. — Aquolls:

Sols très hydromorphes aussi, mais sans A₂ « albique ».

Nappe d'eau permanente ou fluctuante, à la surface (ou très proche), pendant une partie de l'année.

HAPLAQUOLLS: horizon mollique sur (B) ou sur C.

Gley humique et *Gley à Annoor calcique* (structure polyédrique et consistance collante) ou *Hydromull* (A₁G)

(certains sont « histique » tourbeux en surface).

ARGAQUOLLS: *Gley humique* à B argillique (*Brunizem* à *Gley*).

CALCAQUOLLS: *Gley calcaire* à horizon calcique hydromorphe.

IV. — Altolls:

Chernozems de climat très continental; *steppe* dense.

HAPLALTOLLS: profil A₁C ou A₁(B)C à (B) cambique; souvent horizon calcique.

En général, l'horizon (B) n'est pas entièrement décarbonaté.

ARGALTOLLS: profil A₁BC; horizon argillique.

Chernozem dégradé, soit par action antérieure de la forêt, soit par la présence d'ions Na⁺ dans le substratum.

Légère acidification en surface, décarbonatation plus profonde que dans le type précédent.

CALCALTOLLS: profil A₁CaC; pas de (B), ni B.

NATRALTOLLS: *chernozems-solonetz*.

V. — Udolls:

Sols de Prairie (ou *Brunizems*), à climat humide, mais pouvant s'assécher en été; formés toujours sur roche-mère calcaire ou riche en bases. Taux de saturation très variable, pouvant descendre nettement en dessous de 80 % (pH acide).

Pas d'augmentation de Na^+ et K^+ échangeables en profondeur, comme pour les Ustolls.

HAPLUDOLLS: profil $A_1(B)C$ ou A_1C .

Horizon (B) cambique généralement entièrement décarbonaté.

ARGUDOLLS: profil ABC à B argillique. « Brunizems » plus anciens et plus évolués que les Hapludolls; végétation de prairie ou « pré-bois ».

VI. — Ustolls:

Mollisols de climat sec formant transition avec les Aridisols.

Horizon A_1 mollique en général moins foncé, de couleur *brune*.

Si un horizon (B) ou B est présent, S/T est supérieur à 80 % : Na^+ et K^+ échangeables augmentent avec la profondeur (à l'inverse des Udolls).

HAPLUSTOLLS: teneur en matière organique voisine de 3 %; couleur brune.

Chernozem méridional, sol châtain, sol châtain-rouge (quelques sols bruns assez riches en matière organique).

Il peut y avoir un (B) cambique à structure prismatique, mais pas de B argillique; en général, horizon calcique en dessous.

ARGUSTOLLS: mêmes caractères généraux, mais il existe un B argillique (souvent aussi un horizon calcique en dessous).

La partie supérieure (ou la totalité) de B sont incluses dans l'horizon mollique, qui a la même couleur.

CALCUSTOLLS: horizon calcique *superficiel* (30 cm): calcaire pulvérent blanchâtre: *sols châtaîns et bruns à encroûtement* (1).

NATRUSTOLLS: *sols à alcali, Solonetz.*

Un horizon albique très léger, beaucoup moins prononcé que celui des Natralbolls.

SPODOSOLS

Sols à *horizon spodique*, à condition qu'il ne soit pas trop superficiel.

Ils ne se forment pas s'il y a trop d'argile: si la roche-mère en contient plus de 30 %, ces sols ne se forment qu'après éluviation de l'argile; dans les tropiques, ils ne s'observent que sur sable quartzeux.

(1) *N. B.*: Dans l'analyse du sol type, cet horizon est appelé *cambique*, malgré 50 % de CO_3Ca ; d'autre part, il est désigné par « C—Ca » dans la description; ceci montre le caractère imprécis de ce type d'horizon cambique des régions steppiques, caractère qui sera discuté ultérieurement.

I. — Aquods :

Podzols hydromorphes, soit à taches rouille dans l'horizon A_2 , soit pauvres en fer en B (Dans ce cas, on observe des taches rouille ou une décoloration complète de C, en dessous de B).

CRYAQUODS: *podzols hydromorphes boréaux*.

HUMAQUODS: *podzols humiques hydromorphes*: non ou très peu enrichis en fer dans l'horizon B spodique, qui est caractérisé par des coatings d'humus (avec Al).

FERRAQUODS: enrichis en Fe_2O_3 en B.

PLACAQUODS: A_0A_1 tourbeux. A_2 tacheté de rouille, B aliotique, mince (1 cm). C'est un *podzol-stagnogley* ou « *Molkenpodzol* » des auteurs allemands.

THERMAQUODS: *podzols hydromorphes tropicaux*.

II. — Humods :

Ils comprennent seulement le groupe des *Orthumods*.

Les Humods sont très semblables aux Humaquods, mais sans les caractères d'hydromorphie; ils sont inconnus aux U.S.A.; d'après les classificateurs, ce type serait caractéristique de certaines landes à Bruyères, en Europe occidentale.

III. — Orthods :

B spodique, enrichi en Fe_2O_3 et en humus.

On les trouve en général sous les forêts de Conifères, exceptionnellement sous feuillus.

CRYORTHODS: *podzols boréaux*: horizons albique et spodique plus minces que dans les Typorthods; les roches-mères sont moins exclusivement siliceuses que celles des autres podzols et contiennent souvent des minéraux altérables en plus grande abondance.

PLACORTHODS: rares: alios durci très mince (2 cm).

TYPORTHODS: *podzols et sols ocre podzoliques*.

(horizon cendreuse présent ou absent, mais il n'est jamais tacheté).

Il peut y avoir un horizon argillique ou fragipan, sous le B spodique.

Typorthods alfiques: présence d'un horizon argillique; ce type comprend tous les intermédiaires entre les sols podzoliques et les sols lessivés (*podzols secondaires* et *sols lessivés podzoliques*).

IV. — **Ferroids:**

Ce sont des *podzols ferrugineux* sans matière organique en B (0,5 %), non identifiés aux U.S.A.

N. B.: Nos podzols à pseudogley sans B spodique ne sont pas compris dans les Spodosols.

ALFISOLS

Sols généralement humides à horizon argillique.

Il n'y a pas d'horizon mollique, ni oxisque, ni spodique.

La saturation en bases de l'horizon B est supérieure à 35 % (et souvent s'accroît en dessous de B).

Cet ordre comprend aussi les sols à saturation inférieure à 35 %, à condition qu'il y ait des traînées verticales blanches descendant de A₂ dans B (il s'agit donc de types hydromorphes).

En climat humide et froid, il n'existe que sur roche-mère riche en calcium.

I. — **Aqualfs:**

Sols hydromorphes à taches rouille ou à horizon décoloré aussitôt en dessous de A₁.

Saturation saisonnière par l'eau: *pseudogley lessivés* à profil ABg (marmorisation remontante), appelés souvent pseudogley « secondaires » (FRANZ).

ALBAQUALFS: *planosols* à « Claypan », horizon argillique imperméable, à transition brutale, avec l'horizon albique de surface (A₂). Ils existent seulement en climats à été sec (méditerranéen p. ex.); ces sols se dessèchent en été.

Présence de concrétions et taches en A₂.

GLOSSAQUALFS: *idem*, mais bandes blanches verticales limoneuses descendant en B; ils se forment en climats plus humides (souvent S/T est inférieur à 35 % en surface).

Ce sont nos *sols hydromorphes lessivés* (« marmorisation » remontante).

OCHRAQUALFS: sans transition brutale et sans les bandes blanches (S/T est parfois inférieur à 35 % en surface, mais augmente en profondeur). Type à hydromorphie atténuée (*sol marmorisé*).

FRAGAQUALFS: fragipan formé par évolution de l'horizon argillique (destruction partielle des enrobements argileux) ou en dessous de cet horizon.

NATRAQUALFS: horizon natrique: *Solonetz lessivés*.

II. — **Altalfts:**

Sols lessivés boréaux: « Gray wooded soils ».

CRYALTALFS: situés au nord de la limite des forêts.

TYPALTALFS: « Gray wooded soils ».

Saturation en bases supérieure à 60 %; un A₀ mais pas de A₁.

Typaltalfts molliques: certains *chernozems dégradés* et *sols gris forestiers continentaux* (passage des Altolls aux Altalfts).

III. — **Udalfts:**

Sols lessivés presque constamment humides, mais non hydromorphes.

(Anciens Gray-brown podzolic soils des U.S.A.).

Aux U.S.A., la roche-mère est généralement calcaire ou riche en bases.

TYPUDALFS: *sols bruns lessivés et lessivés typiques*.

Horizon ochrique avec transition progressive vers B argillique.

Taux de saturation en général élevé.

(Souvent, *Typudalfts molliques*: évolution partielle des Argudolls, sous une influence forestière de courte durée).

FRAGUDALFS: fragipan sans horizon albique hydromorphe au-dessus.

Indice d'entraînement de l'argile: 1,5. A₂ non ou peu décoloré; enrobements argileux rougeâtres; remplissage des fissures par du limon pâle.

Sols bruns lessivés à pseudogley.

GLOSSUDALFS: horizon albique avec traînées verticales dans B. Pas de fragipan. Les traînées blanches correspondent à une destruction de l'horizon argillique.

Pas de taches rouille en surface, à la différence des Glossaqualfs.

Sols lessivés podzoliques et podzoliques à pseudogley.

FRAGLOSSUDALES: présentant les caractères des deux groupes précédents.

N. B.: Les Fragudalfs et Glossudalfs sont des sols lessivés (ou podzoliques) à pseudogley profond: l'hydromorphie est localisée en profondeur; par opposition aux Aqualfs, dont l'hydromorphie « remonte » en A₂.

IV. — Ustalfs:

Sols généralement humides, mais cependant secs pendant 3 mois ou plus (ou salés), formés en climat méditerranéen ou subtropical (et même tropical).

Ils se distinguent en général des Udalfs par les horizons A, les horizons argilliques étant semblables (sauf s'ils sont rouges): *les horizons A sont massifs et friables à l'état humide, durcis à l'état sec.*

DURUSTALFS: « duripan » sous le (B) argillique: enrobements non argileux, mais à ciment de SiO₂ et Fe₂O₃.
(Sols rouges lessivés, à horizon rouge durci en profondeur, en Californie).

RHODUSTALFS: *Terra rossa* (lessivée), à dominance de kaolinite dans les argiles; mais S/T élevé; teneur en Fe₂O₃ voisine de 10 % de la teneur en argile.

ULTUSTALFS: capacité d'échange T de la fraction argileuse inférieure à 40 m. e./100 g. Plinthite généralement présente. Sols à kaolinite dominante; mais S/T assez élevé, quoique plus faible que celui des Typustalfs (très souvent brun-rouge).
Sols ferrugineux tropicaux lessivés et sols rouges méditerranéens, à S/T élevé.

TYPUSTALFS: capacité d'échange T de la fraction argileuse supérieure à 40 m. e./100 g. Couleur de B non rouge (moins que 5 YR).

Sols bruns lessivés méditerranéens (S/T supérieur à 75 %).

Typustalfs ochrultiques: S/T inférieur à 75 % (passage au groupe précédent).

ULTISOLS

Sols à horizon argillique, très fortement désaturé en bases (S/T inférieur à 35 %): fréquence de « plinthite ».

Pas d'horizon oxisque.

Très faible teneur en minéraux altérables.

Il s'agit essentiellement des anciens sols jaunes et rouges podzoliques des U.S.A.

I. — Aquults :

Types hydromorphes des sols de climat chaud et humide, à forte acidité et à altération poussée.

Taches rouille ou décoloration, immédiatement en dessous de A₁.

PLINTAQUULTS : sols à plinthite (non durcie), à une profondeur inférieure à 1,25 m.

Sols de couleur grise, à petites taches rouges, passant en profondeur à une « argile tachetée » blanche; le durcissement en *carapace* se produit si cet horizon est exposé au soleil.

Sols ferrugineux et sol faiblement ferrallitique hydromorphe ou Ferrisol hydromorphe.

OCHRAQUULTS : sans plinthite, ni fragipan.

UMBRAQUULTS : à horizon umbrique humifère.

FRAGAQUULTS : à fragipan situé sous l'horizon B.

N. B. : Ces trois groupes semblent correspondre à des sols hydromorphes lessivés (pseudogley), de même type que les sols correspondants de l'ordre des Alfisols, mais plus acides et plus altérés.

II. — Ochruits :

Ce sous-ordre paraît correspondre à trois groupes de sols :

— Sols faiblement ferrallitiques lessivés et Ferrisols des cartographes belges.

— Sols ferrugineux tropicaux, acides et lessivés (sols fersiallitiques).

— Sols jaunes et rouges podzoliques du Sud-Est des U.S.A.

PLINTOCHRUITS : plinthite à moins de 1,25 m de profondeur; sols plus colorés en surface que les Plintaquults; la *plinthite* offre ici l'aspect d'un horizon d'argile blanchâtre tachetée.

Sols faiblement ferrallitiques hydromorphes, mais à hydromorphie de profondeur.

RIODOCHRUITS : couleur générale brun-rouge.

Teneur en Fe₂O₃ de l'ordre de 12 à 30 % de la teneur en argile (comme pour l'horizon oxiq); donc ces sols sont très voisins des Oxisols; on les trouve d'ailleurs côte à côte; ils caractérisent les roches *basiques*, malgré leur acidification superficielle.

Sols rouges tropicaux lessivés acides (fersiallitiques).

Ferrisols acides.

TYPOCHRULTS: *Red and yellow podzolic soils* des U.S.A.

- faible valeur de T des argiles (capacité d'échange inférieure à 40 m. e./100 g).
- roche-mère non basique.
- faible proportion d'argile de type 2/1.
- la granulométrie montre une très faible teneur en limons (fraction 2-20 μ).
- présence de taches rouges riches en fer, rappelant la plinthite: ces formations évoluent dans les horizons supérieurs, par durcissement à l'air, en concrétions durcies (« horizons gravillonnaires »), souvent plus ou moins fossiles.

Sols ferrugineux ou faiblement ferrallitiques lessivés et désaturés (Ferrisols et sols fersiallitiques désaturés).

FRAGOCHRULTS: Ochruits à fragipan.

III. — Umbrults:

Sols ferrallitiques humifères (certains sols bruns ferrallitiques).

OXISOLS

Ce sont les sols ferrallitiques typiques.

Présence d'un *horizon oxique*.

Plinthite, durcie ou non, très fréquente, mais elle ne constitue un horizon de diagnostic que si elle est à l'état meuble et proche de la surface.

Ces sols peuvent avoir un horizon argillique, sous l'horizon oxique, à condition que celui-ci soit assez épais (1 m au moins). *En général, il n'y a cependant pas de lessivage d'argile, à la différence des Ultisols (ou lessivage très faible et enrobements très peu marqués: Udox).*

I. — Aquox:

Sols ferrallitiques hydromorphes appartenant, semble-t-il, à deux types:

- Sols à horizon oxique riche en Al_2O_3 et pauvre en Fe_2O_3 , sans plinthite.

- *Sols à plinthite à moins de 30 cm de la surface*: cette plinthite se forme en milieu temporairement hydromorphe (climat à saisons très contrastées). Elle reste meuble en profondeur, mais durcit rapidement à l'air, en donnant une carapace ou cuirasse (cuirasse poreuse ou scoriacée par durcissement des zones les plus riches en fer).

II. — **Acrox**:

Sols à altération maxima, formés seulement sur roches cristallines « basiques », pauvres en silice.

Sols à charges positives: valeurs du pH dans KCl supérieures ou égales à celles du pH dans l'eau.

Rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ très bas.

III. — **Udox**:

Sols ferrallitiques des régions les plus humides, à rapport S/T de l'horizon oxiqne inférieur à 25 %, donc très acides; la végétation est la forêt umbrophile; parfois léger enrichissement en argile en B.

En altitude: « Udox humifère » de couleur foncée (brun ou noir), à horizon umbrique (*Umbrudox*).

IV. — **Ustox**:

Sols formés en climat humide, mais à saison sèche marquée.

Le rapport S/T de l'horizon oxiqne est inférieur à 50 %.

La végétation est la forêt tropophile ou la savane secondaire.

Ces sols sont très semblables aux Udox; ils offrent seulement un taux de saturation un peu plus élevé.

Sous-groupe: *Ustox à horizon umbrique*, Ustox humifère (avec ou sans un horizon plus foncé, à 75 cm de la surface, dans l'horizon oxiqne).

V. — **Idox**:

Sols des climats secs.

Formés en climat plus humide que le climat actuel, mais ils ont évolué en climat plus sec: plinthite ayant durci en cuirasse, ou formation de pisolithes ou « pseudosables » concrétionnées.

N. B.: aucun grand groupe n'a encore été défini.

HISTOSOLS (Sols tourbeux)

Deux classifications sont proposées à titre non définitif: la première repose sur la présence (ou l'absence) d'un horizon évolué de type umbrique ou mollique, formé en surface par drainage ou aération de la tourbe; aucun nom de sous-ordre n'est encore proposé.

1° A EPIPEDON ORGANIQUE, drainé et évolué en surface (« Muck »):

- a) de type umbrique sur tourbe acide, sans B organique illuvial.
- b) de type umbrique, à horizon B organique illuvial.
- c) de type mollique (sur tourbe eutrophe).

2° TOURBE NON ÉVOLUÉE EN SURFACE:

- à B illuvial organique,
- à horizon gelé,
- à C/N peu élevé,
- sans horizon de diagnostic.

Une autre classification proposée est basée sur l'origine de la tourbe et elle est comparable à la classification française.

CHAPITRE V

ESSAI D'UNE CLEF DE CORRESPONDANCE ENTRE LES CLASSIFICATIONS FRANÇAISE ET AMÉRICAINE

I. — Sols non évolués: Entisols.

1° SOLS BRUTS CLIMATIQUES :

- a) froids: *Cryudents*.
- b) désertiques: *USTENTS*.

2° SOLS BRUTS NON CLIMATIQUES :

- a) Sols bruts d'érosion: *Hapludents*.
- b) Sols alluviaux bruts, sableux: *PSAMMENTS*.
non sableux: *Hapludents*.

II. — Sols peu évolués, profil A₁C: Entisols et Inceptisols.

1° SOLS A₁C CLIMATIQUES :

- a) Toundra: *Cryumbrepts*.
- b) Ranker alpin: *Cryumbrepts*.
- c) Ranker pseudoalpin: *Haplumbrepts*.

2° SOLS A₁C NON CLIMATIQUES :

- a) Rankers peu humifères: *Hapludents*.
- b) Rankers humifères: *Haplumbrepts*.
- c) Sols AC sur cendres volcaniques (Andosols): *ANDEPTS*.

3° SOLS A₁C HYDROMORPHES (alluviaux peu évolués):

- sableux: *PSAMMENTS (aquique)*.
- non sableux: *Hapludents (aquique)*.

III. — Sols calcimorphes: Mollisols et Vertisols.

1° CALCIMORPHES DE STEPPE:

- a) Chernozems: ALTOLLS.
- b) Brunizem (Sol de la Prairie): UDOLLS.
Chernozem dégradé: *Argaltolls*.
- c) Sols châtaîns et sols bruns: USTOLLS.
Sols châtaîns et sols bruns à croûte calcaire: *Calcustolls*.
- d) Sol brun-Sierozem: ORTHID.
(Sierozem) — à croûte calcaire: *Calcorthid*.
— à horizon B: ARGID.

2° SOLS SUR ROCHE-MÈRE CALCAIRE:

- a) Rendzines: RENDOLLS.
Sol humique carbonaté: RENDOLLS.
Rendzine alpine à humus acide: *Cryumbrept rendollique*.
- b) Sols calcaires brunifiés:
Rendzine brunifiée: *Rendoll eutrochreptique*.
Sol brun calcaire: *Eutrochrept*.

3° SOLS CALCIMORPHES HYDROMORPHES:

- a) de climat chaud:
Tirs hydromorphes: AQUERTS.
Argiles noires tropicales: AQUERTS.
Tirs de steppe: USTERTS.
Sols châtaîns tirsifiés: USTERTS.
- b) Sols calcimorphes alluviaux:
non humifères: *Hapludents (aquique)*.
humifères: *Hapludolls (aquatique et aquique)*.

IV. — Sols à Mull, à profil A(B)C ou ABC: Inceptisols et Alfisols.

1° SOLS A MULL NON HYDROMORPHES:

- a) Sols bruns forestiers, à profil A(B)C: OCHREPTS.
— Sols bruns arctique et alpin: *Cryochrepts*.
— Sols bruns acides: *Dystrochrepts*.
— Sols bruns calcimorphes: *Eutrochrepts*.
— Sols bruns mélanisés: *Haplumbrepts*.
— Sols bruns méditerranéens: *Ustrochrepts*.

b) Sols lessivés à profil ABC : UDALFS.

- Sol brun lessivé
et sol lessivé: *Typudalfs.*
- Sol brun lessivé méditerranéen: *Typustalf.*
- Sol lessivé boréal (Gray wooded soil): ALTALF.
- Sol lessivé continental
(sol gris forestier): *Typaltalf mollique.*
- Sol lessivé podzolique: *Typorthod alfique.*

2° SOLS A MULL HYDROMORPHES:

- a) à profil A(B)C:
sols bruns à pseudogley (à fragipan): *Fragochrept.*
- b) à profil ABC:
— Sols bruns lessivés à pseudogley (à fragipan): *Fragudalfs.*
— Sols lessivés à pseudogley: *Glossudalfs.*

V. — **Sols évolués à profil ABC à Mor: Spodosols.**

1° SOLS NON HYDROMORPHES:

- a) Sol ocre podzolique
et sol podzolique: *Typorthods.*
- b) Podzols:
— Podzols ferrugineux: FERRODS.
— Podzols humo-ferrugineux: ORTHODS (*Typorthod*).
+ Podzol boréal: *Cryorthod.*
+ Podzol secondaire à B argillique:
Typorthod alfique.
— Podzols humiques: HUMODS.

2° SOLS HYDROMORPHES:

- Podzol humique à Gley: *Humaquod.*
- Podzol-Stagnogley (Molkenpodzol): *Placaquod.*
- Sol podzolique à pseudogley: *Glossudalf.*

VI. — **Sols ferrugineux de climat chaud (sols fersiallitiques): Alfisols et Ultisols.**1° SOLS ROUGES MÉDITERRANÉENS (LESSIVÉS): *Rhodustalfs.*

2° SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX (LESSIVÉS): SOLS FERRALLITIQUES:

- à S/T élevé: + sans cuirasse: *Typustalf* (*ochrultique*)
+ à cuirasse: *Durustalf*.
- à S/T moyen: *Ultustalf*.
- à S/T faible: OCHRULTS.
+ rubéfié: *Rhodochrult*.
+ non rubéfié: *Typochrult*.

3° SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX (FERRALLITIQUES) HYDROMORPHES:

- à S/T faible: *Plintaquults*.
- à S/T élevé et à cuirasse: *Durustalfs*.

VII. — Sols ferrallitiques: Ultisols et Oxisols.

1° SOLS NON (OU PEU) HYDROMORPHES:

- a) Sols faiblement ferrallitiques lessivés (profil ABC: fer-risols).
+ normaux: OCHRULTS.
+ humifères: UMBRULTS.
- b) Sols ferrallitiques typiques:
 - Sols de transition avec les précédents
+ microclimat humide: S/T très bas: UDOX.
+ microclimat sec: S/T moyen: USTOX.
 - Sols à altération maxima (taux SiO₂ très bas):
ACROX.
 - Sols de climat aride, à concrétions ou à cuirasse de plateau: IDOX.

2° SOLS FERRALLITIQUES HYDROMORPHES (avec ou sans carapace et cuirasse hydromorphes):

- a) Sols peu ferrallitiques: *Plintaquults*.
- b) Sols ferrallitiques vrais: AQUOX.

VIII. — Sols halomorphes.

1° PROFIL AC - SOLONTCHAKS: *Salorthids*.

2° PROFIL A(B)C ou ABC:

- a) Sol à alcali - A(B)C: *Natrustoll*.
- b) Solonetz - ABC: *Natrargid*.

- c) Soloth et Solonetz solodisé:
 — à Mull épais: *Natralboll* - *Argalboll natrique*.
 — sans Mull épais: *Natraqualf*.

IX. — Sols hydromorphes à horizon partiellement réduit.

1° HYDROMORPHIE TEMPORAIRE - PSEUDOGLEY :

- a) Sols peu évolués, profil Ag
 + type: *Haplaquent*.
 + texture sableuse: *Psammaquent*.
- b) Sols à (B) cambique hydromorphes - profil A(B)g
 — peu humifère:
 + type: *Ochraquept*.
 + à fragipan durci: *Fragaquept*.
 — humique: à Aunoor ou Hydromor acide, Stagnogley:
Umbraquept.
- c) Sols à B argillique: ABg - Pseudogley « secondaire »
 lessivé (marmorisation remontante):
 — peu humique: AQUALF.
 + climat sec: transition A-Bg brusque (Planosol): *Albaqualf*.
 + climat plus humide: transition A-Bg progressive:
 - sol marmorisé: *Ochraqualf* (*Ochraquult*).
 - pseudogley à traînées blanches: *Glossaqualf*.
 - pseudogley à fragipan durci: *Fragaqualf* (*Fragaquult*).
 — humique à Hydromull épais (Planosol humique): *Argalboll*.

2° HYDROMORPHIE PERMANENTE - GLEY :

- a) Sols peu humiques (Moder ou Hydromull peu épais)
 — Sols peu évolués, profil AG: Sols alluviaux à Gley:
 AQUENTS.
 + type: *Haplaquent*.
 + sableux: *Psammaquent*.
 — Sols à (B) cambique hydromorphes - profil A(B)G:
Ochraquept.

b) Gley humiques:

— à Hydromor ou Anmoor acide:

+ peu évolués: *Umbraquepts.*+ très évolués (ABG): *Umbraquults.*

— à Anmoor calcique, ou Hydromull épais:

+ sans B argillique: *Haplaquoll.*+ à B argillique (ABG): *Argaquoll.*— très hydromorphe, à matière organique profondément incorporée (parfois de type Anmoor): *Hydraquent.*3° SOLS HYDROMORPHES TROPICAUX, à argiles gonflantes: *Mazaquert (aquultique).*4° SOLS HYDROMORPHES MARITIMES - POLDERS: *Hydraquents.*

N. B.: Les « Aquults » semblent correspondre aux sols hydromorphes de l'ordre des Alfisols (*Ochraquult* et *Fragaquult*): ils sont seulement plus acides et plus altérés. Seuls les *Plintaquults* seraient à rattacher aux sols ferrallitiques ou ferrugineux de climat chaud; quant aux *Umbraquults* (Gley humique), s'ils n'ont pas leur équivalent dans les Alfisols, c'est sans doute en raison de leur teneur en bases plus élevée: tous les Gley humiques de cet ordre à B argillique seraient alors rattachés aux *Mollisols*, dans le grand groupe des *Argaquolls*.

X. — Sols hydromorphes organiques: **Histosols.**

CHAPITRE VI

DISCUSSION ET CRITIQUE

Nous discuterons successivement: 1) les horizons de diagnostic; 2) la classification proprement dite; 3) la nomenclature.

I. — Horizons de diagnostic.

La conception, relativement neuve, des horizons de diagnostic décrits et définis avec grande précision nous paraît excellente; elle donne une base particulièrement solide à l'ensemble de la classification. On ne peut en vouloir aux classificateurs des U.S.A. d'avoir considéré les horizons de profondeur comme essentiels pour la détermination des ordres et des sous-ordres: ceux-ci sont en effet les plus stables, les plus faciles à identifier et la classification américaine vise à classer les sols de culture aussi bien que les sols naturels, à l'inverse de la classification française. Il est encourageant de constater que les deux méthodes aboutissent à identifier des unités taxonomiques presque superposables: par exemple Spodosols et podzols, Alfisols et sols lessivés tempérés.

Lorsque le « type d'humus » est épais et bien caractérisé, chimiquement et morphologiquement, comme c'est le cas de la plupart des Mull calciques, il devient un « epipedon » dans la classification américaine: « epipedon mollique »: là encore on retrouve une superposition assez remarquable des Mollisols et des sols calcimorphes (sauf les exceptions des Vertisols et de certains Aridisols, déjà signalées).

Mais si les horizons argillique et spodique sont également très bien définis, on peut regretter que la conception de l'horizon « cambique » soit trop large et assez imprécise: il y a au moins trois types d'horizons cambiques, dont les caractères sont assez distincts pour qu'on puisse envisager de les désigner par des termes différents: 1) l'horizon (B) de KUBIENA, horizon d'altération acide au

sens strict; 2) le (B) superficiel, souvent très calcaire et caractérisé par une néoformation d'argile, des sols arides; 3) le (B) hydromorphe à taches rouille et grises.

Ce dernier horizon, en particulier, n'est caractérisé que par sa structure et il se confond facilement avec certains horizons C tachetés et plus ou moins hydromorphes de certains Entisols: la distinction des Aquepts et des Aquents paraît vraiment délicate et elle ne justifie pas leur emplacement dans deux ordres différents.

Le caractère d'hydromorphie accompagnée de réduction partielle des oxydes de fer est, en effet, considéré comme secondaire par les classificateurs américains: en aucun cas, il n'a été pris en considération pour définir un horizon de diagnostic de base (ce qui est d'ailleurs lié avec l'absence d'un ordre de sols hydromorphes). Les horizons typiquement hydromorphes (Gley ou pseudogley) se trouvent répartis dans des horizons de diagnostic très divers: cambique, argillique (« Glossaqualf »), fragipan et même horizon C (Aquepts). Inversement, aucune distinction n'apparaît entre le Gley (à fer réduit) et le pseudogley (à migration locale du fer) des classifications européennes.

Sans doute les pédologues américains ont-ils eu raison de diversifier les horizons hydromorphes et de montrer qu'il existe, par exemple des « pseudogley » très différents: ainsi le « fragipan » ou pseudogley structural, et le « claypan » qu'on peut qualifier de pseudogley textural. Il n'empêche que les caractères d'hydromorphie, pourtant considérés ailleurs comme fondamentaux dans la genèse des sols, nous paraissent ici relégués à un rôle bien secondaire dans la diagnose et la définition des types taxonomiques.

II. — Classification proprement dite.

Nous examinerons d'abord le problème des ordres ou des classes, pour passer ensuite à celui des unités inférieures:

1° UNITÉS SUPÉRIEURES: ORDRES

a) *Les Entisols.*

Cet ordre ne devrait, à notre avis, comporter que des sols effectivement *peu évolués*, des sols jeunes, à l'exclusion de sols très anciens, mais dont l'évolution est peu caractérisée pour des raisons de roche-mère, *du moment que cette évolution peut être définie de manière effective*: il nous paraît anormal que certains sols ferrallitiques très sableux soient placés dans les « Psamments », sous prétexte qu'ils sont très riches en quartz, alors qu'il y a effectivement libération climatique de Fe_2O_3 et même Al_2O_3 .

A plus forte raison, les Entisols hydromorphes (Aquepts) devraient-ils être classés avec les sols plus évolués, au moins les Inceptisols, puisque la présence de taches rouille implique une certaine libération de Fe_2O_3 , donc un minimum d'altération: cette remarque rejoint celle que nous venons de faire à propos des horizons de diagnostic hydromorphes.

b) *Vertisols.*

La création d'un ordre distinct nous paraît se justifier difficilement: en effet, beaucoup de ces sols sont caractérisés par un épipédon mollique; on ne voit pas pourquoi le critère de la richesse en argiles gonflantes l'emporte sur le critère évolutif proprement dit, alors que la genèse de ces sols est très semblable à celle de certains Mollisols (voir, à ce sujet, SCHEFFER, FÖLSTER et MEYER, 1960). Les « Mazaquerts » acides, au contraire, paraissent devoir être rattachés à notre groupe hydromorphe.

c) *Inceptisols.*

On pourrait discuter la présence simultanée, dans les Inceptisols, de sols riches en matière organique et peu altérés (Umbrepts) et de sols altérés, mais pauvres en matière organique (Ochrepts), mais ceci paraît secondaire: il peut sembler légitime de classer ensemble les sols à évolution « rapide ».

d) *Mollisols et Spodosols.*

En dehors de la remarque faite à propos des Vertisols, l'ordre des Mollisols dans son ensemble ne soulève aucune critique, pas plus que l'ordre des Spodosols, qui, nous l'avons vu, correspond à nos podzols.

e) *Alfisols, Ultisols et Oxisols.*

Pour la séparation de ces trois ordres, qui forment, des climats tempérés aux climats chauds, une série continue, les classificateurs américains ont adopté des critères nettement différents de ceux utilisés par les classificateurs européens: cela rend l'identification des unités taxonomiques dans les deux classifications très délicate et les concordances sont difficiles à établir. Celles que nous avons proposées dans le tableau du chapitre V ne le sont qu'à titre d'essai provisoire, notamment en ce qui concerne les sols ferrugineux et les sols ferrallitiques.

Une des critiques les plus sérieuses qui pourraient être opposées à la classification américaine concerne la distinction entre Alfisols et Ultisols: s'il est légitime de classer dans deux ordres dif-

férents les sols peu altérés des climats tempérés et les sols très altérés de climats plus chauds, les critères de base servant à la séparation des deux ordres paraissent peu judicieusement choisis : en particulier, le rapport S/T supérieur à 35 % dans les Alfisols et inférieur à ce chiffre dans les Ultisols. Or, il existe des sols lessivés tempérés, à altération moyenne et pourtant très désaturés : conviendrait-il de les classer dans les Ultisols ? Cela semblerait peu logique.

Inversement, la plupart des sols rouges ou ferrugineux très altérés d'Afrique, depuis les sols méditerranéens jusqu'aux sols ferrugineux tropicaux, sont peu acides et caractérisés par un rapport S/T élevé : il nous paraît regrettable de les classer dans le même ordre que les sols lessivés tempérés, en se basant uniquement sur un caractère de microclimat plus sec (Ustalfs).

On peut retenir néanmoins l'idée suivante, qui nous paraît justifiée : il existerait deux groupes de sols ferrugineux de climat chaud ; l'un peu acide, de climat sec (Ustalfs : sols rouges méditerranéens et ferrugineux tropicaux au sens strict), l'autre très acide, de climat humide, et alors très voisin des sols ferrallitiques ; il correspond aux sols jaunes et rouges podzoliques du Sud-Est des U.S.A. (Ultisols) : mais, à notre avis, il s'agirait là tout au plus de *deux sous-ordres*, qui devraient faire partie d'un ordre unique.

La séparation fondamentale entre les deux ordres des Ultisols et Oxisols, tout en nous paraissant justifiée, repose encore sur des critères dont la mise en pratique est sujette à caution ; si la valeur de la capacité d'échange est une indication précise, par contre, la distinction des enrobements d'argile cristalline (Ultisols) et des enrobements amorphes (Oxisols) est délicate : là encore, il nous semble que l'importance accordée au phénomène de lessivage des argiles et à l'existence d'un B argillique (caractéristique, rappelons-le, des Ultisols) est quelque peu exagérée.

Il existe des sols peu ferrallitiques et des sols ferrugineux tropicaux *non lessivés*, et par conséquent dépourvus d'enrobements argileux ; comment les classer ? Ils ne trouvent leur place ni dans les Alfisols, ni dans les Ultisols ; à moins qu'on admette qu'il existe toujours dans ces sols des enrobements argileux, formés « in situ » et qui ne proviennent pas de phénomènes d'entraînement ; nos connaissances sur la genèse des horizons argilliques, dans les différents cas, paraissent encore insuffisantes pour qu'on puisse fonder sur ce critère une division taxonomique du niveau des ordres.

En conclusion, il faut reconnaître que la genèse et l'évolution des sols des régions chaudes sont très complexes et encore insuffisamment connues : il ne faut pas s'étonner si leur classification ne paraît au point dans aucun des systèmes proposés.

f) *Sols hydromorphes*

Il reste à discuter l'absence d'un ordre de sols hydromorphes dans la classification américaine: l'émiettement de cet ordre peut se justifier à certains points de vue, lorsque l'hydromorphie n'est pas suffisamment accentuée ou permanente, pour oblitérer entièrement le processus évolutif climatique fondamental; par exemple, il semble légitime de séparer les Mollisols hydromorphes des Alfisols, ou sols lessivés hydromorphes. Mais, poussée trop loin, cette pulvérisation des sols hydromorphes présente de sérieux inconvénients, les types deviennent tellement nombreux que leur identification, reposant sur des nuances, est particulièrement malaisée: nous avons déjà signalé les faibles différences existant entre les Aquepts et les Aquepts; la même remarque est valable pour les Aqualfs et les Aqualts (en dehors des Plintaqualts, nettement à part): ces deux ordres ne se distinguent que par de très faibles variations dans l'acidité et le rapport S/T. On jugera de ces difficultés, en considérant le tableau des sols hydromorphes, du chapitre V, qui est d'ailleurs établi de façon provisoire.

2° UNITÉS INFÉRIEURES: SOUS-ORDRES

Nous avons déjà souligné l'importance considérable attribuée par les classificateurs américains aux critères de « microclimat » du sol, pour la distinction des sous-ordres: cette conception est parfaitement défendable et aboutit à des résultats très satisfaisants, quand les sous-ordres ainsi définis se différencient aussi par des caractères physico-chimiques ou morphologiques; dans certains cas cependant, les caractères différentiels de cet ordre sont peu marqués, voire inexistant, on peut se demander alors si les critères microclimatiques sont suffisants pour définir des sous-ordres?

Nous ne revicndrons pas sur la multiplication des sous-ordres hydromorphes, dont nous avons déjà parlé: mais nous signalerons l'absence complète de distinction, dans la classification américaine, entre le Gley (hydromorphie permanente) et le pseudogley (hydromorphie temporaire); sans doute y a-t-il des cas où la distinction est délicate, notamment en ce qui concerne certains sols peu évolués (sols alluviaux à Gley profond, semi-gley): dans ce cas, la confusion des deux types dans les Aquepts, aussi bien que dans les Umbraquepts, est probablement justifiée; seuls les Hydraquepts seraient de véritables Gley. Mais il convient de noter que, dans les ordres de sols plus évolués, la distinction entre les deux types se fait plus facilement: la plupart des Aqualfs sont manifestement des pseudogley, alors que les Aquolls paraissent être des Gley: il est normal, en effet, que la formation d'un B argillique peu perméable aboutisse à une hydromorphie temporaire (pseudogley), alors que

la formation d'un Mull eutrophe actif soit liée plus fréquemment à une hydromorphie permanente (Gley). Là encore, un choix de critères différents conduit à des divisions comparables; pour ce point particulier, les deux systèmes de classification se complètent donc, sans se contredire.

La critique que nous formulerons, concernant les subdivisions de l'ordre des Spodosols (podzols), est plus sérieuse: si le sous-ordre des Aquods se justifie parfaitement (il correspond à nos podzols hydromorphes), ainsi que celui des Orthods, les Humods ne paraissent pas correspondre à des types bien nettement définis; inversement, les sols « ocre podzoliques » (ou bruns podzoliques), à profil peu différencié, sont inexplicablement confondus avec les podzols à profil très différencié, dans le sous-ordre des Orthods (et même le grand groupe des Typorthods).

III. — **Nomenclature.**

La classification américaine de 1960 est accompagnée d'une nomenclature entièrement nouvelle, composée de termes fabriqués à l'aide d'un assemblage de racines grecques ou latines, dont le principe a été donné dans le chapitre II: au premier abord, ces noms nouveaux appellent une certaine réserve de la part du lecteur; reconnaissons qu'un examen plus approfondi et une certaine accoutumance de l'emploi de ces termes laissent une impression beaucoup plus favorable.

Ces néologismes offrent des avantages et des inconvénients. Les avantages sont les suivants: 1) ils définissent d'eux-mêmes la place des unités taxonomiques dans la classification; 2) ils sont compréhensibles pour tous ceux qui parlent les langues européennes; 3) ils contiennent sous une forme condensée les indications suffisantes permettant de reconstituer la morphologie du profil et ses propriétés physico-chimiques essentielles; prenons un exemple: Argudoll, sol à epipedon mollique (à humus eutrophe assez épais), de climat humide, à horizon argillique, donc à B enrichi en argile par lessivage.

Mais ces termes présentent l'inconvénient d'offrir une consonance phonétiquement peu agréable à l'oreille (due, surtout pour les grands groupes, à la terminaison par une double consonne) et d'être difficilement utilisables en dehors du cadre même de la classification à laquelle ils sont étroitement adaptés.

Nous pensons qu'ils ne supprimeront pas l'usage des termes habituels anciens (sols bruns, sols podzoliques, etc...) pour la pratique courante, mais qu'ils serviront de termes de référence fort utiles.

CONCLUSION

La comparaison des deux classifications: notre classification de 1956 et la classification américaine de 1960, est pleine d'enseignements: les deux classifications, en effet, s'appuient sur les mêmes principes de base, l'orientation de la classification française étant toutefois plus nettement « génétique »; la différence la plus importante réside dans le fait qu'à l'inverse de la nôtre, la classification américaine définit comme horizons de « diagnostic », de préférence les horizons de profondeur, qui ne risquent pas d'être perturbés par l'homme: les « types d'humus », au sens où nous l'entendons, sont laissés de côté et remplacés par le concept beaucoup moins précis « d'epipedon ». Enfin, la classification américaine paraît avoir une orientation « plus pratique », alors que notre classification offre peut-être une base plus « scientifique ».

Malgré ces différences de points de vue, il est intéressant de noter certaines analogies remarquables entre les deux systèmes: nous avons déjà attiré l'attention sur l'identité presque complète de l'ordre des Spodosols avec nos podzols, et de l'ordre des Mollisols avec notre classe des sols calcimorphes, l'un et l'autre rassemblant les rendzines, les chernozems, les brunizems. De même, la seule considération des horizons B a conduit les classificateurs américains à distinguer, comme nous l'avons fait, podzols et sols lessivés, dont l'évolution est liée, selon nous, à des types d'humus, donc à des horizons de surface, différents. Le fait que des méthodes et des conceptions, qui s'opposent aussi franchement, conduisent à des résultats identiques prouve que l'objectif recherché n'est pas loin d'être atteint: établir une classification « naturelle » de sols présentant une parenté génétique réelle.

Mais les deux classifications divergent plus nettement, lorsqu'il s'agit d'une part des sols plus altérés de régions chaudes, d'autre part des sols hydromorphes. Cela s'explique aisément pour les premiers qui sont très complexes, insuffisamment connus, souvent « polycycliques »: les classificateurs américains ont pris tout naturellement leurs types de sols subtropicaux et tropicaux parmi les sols du Sud-Est américain, de préférence aux sols d'Amérique du Sud ou d'Afrique. Or, il se trouve malheureusement que les sols du Sud-Est des U.S.A. constituent un groupe à part, qui ne paraît pas avoir d'équivalent dans les autres parties du monde: il s'ensuit qu'il est difficile de classer les sols tropicaux et subtropicaux d'Afrique en utilisant les mêmes critères. La question des sols hydromorphes est plus épineuse et il semble bien que les points de vue des auteurs des classifications soient actuellement irréductibles. Nous pensons, pour notre part, que les progrès futurs de la pédologie per-

mettront de définir des « horizons de diagnostic » hydromorphes, dont la genèse et les caractères apparaîtront indépendants des autres caractères de milieu ; mais il n'en est pas moins certain que notre conception actuelle des horizons hydromorphes est trop sommaire, et qu'à l'exemple des classificateurs américains, il convient d'en distinguer plusieurs sous-types : par exemple, pour les pseudogley, pseudogley argillique (Claypan), pseudogley à fragipan, etc... Ainsi, un compromis entre les deux systèmes semble, dès à présent, pouvoir être entrevu, dans un proche avenir.

Quelles que soient les divergences qui subsistent encore entre les deux classifications, une constatation s'impose : les précédentes approximations de la classification américaine des sols étaient encore très éloignées de la plupart des classifications européennes qui, au contraire, étaient très proches les unes des autres. Or, l'approximation de 1960 marque un rapprochement spectaculaire de la classification américaine et des classifications d'Europe occidentale. Si on tient compte du fait que les méthodes de travail des cartographes américains s'opposent, dans une large mesure, à celles de leurs collègues européens, surtout parce qu'elles placent au premier plan les objectifs pratiques, ce rapprochement est l'indice d'un réel progrès de la science pédologique, dans le sens d'une unification des méthodes et des conceptions : c'est là une constatation très encourageante.

BIBLIOGRAPHIE

1. AUBERT (G.) et DUCHAUFOUR (Ph.). — Projet de classification des sols. *VI^e Congrès intern. Sc. du Sol*, Paris, 1956, V, 97, vol. E, p. 597-604.
2. AVERY (B.-W.). — A classification of british soils. *VI^e Congrès intern. Sc. du Sol*, Paris, 1956, V, 45, vol. E, p. 279-285.
3. DEL VILLAR (E.). — Méthode de classification et analyse des sols. *Trav. Inst. Scient. Chérifien, Dion Instruc. publ. du Maroc*. Edit. intern., 11, av. de Rabat, Tanger, 1953, 193 p.
4. DUCHAUFOUR (Ph.). — Précis de Pédologie. *Masson et C^o Edit.*, Paris, 1960, 438 p.
5. EHWALD (E.). — Bemerkungen zur Abgrenzung und Gliederung der wichtigsten Bodentypen Mitteleuropas unter dem Gesichtspunkt einer internationalen Annäherung in der Bodensystematik. *Zeitsch. f. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde*, 80, (1), 1958, p. 18-42.
6. GEDROIZ (K.). — Der adsorbierende Bodenkomplex und die adsorbierten Bodenkatationen als Grundlage der genetischen Bodenklassifikation. *Kolloidchem. Beihefte*, 1929, p. 1-112.
7. GEZE (B.). — La notion d'âge du sol. Son application à quelques exemples régionaux. *Ann. Agr.*, III, mai-juin 1959, p. 237-255.
8. GLANGAUD (L.). — Intervention sur la classification des sols. *VI^e Congrès intern. Sc. du Sol, Paris*, 1956, vol. A, p. 176-179.
9. KUBIENA (W.-L.). — The soils of Europe, illustrated diagnosis and systematics. *Consejo sup. de investigaciones científicas of Madrid*, Serrano 113, Madrid, 1953.

10. MANIL (G.). — Aspects pédologiques du problème de la classification des sols forestiers. *Pédologie*, **9**, 1959, p. 214-226.
 11. MARBUT (C.-F.). — A scheme for soil classification. *Proc. first intern. Congr. of Soil Sc.*, **4**, 1928, p. 1-31.
 12. MUCKENHAUSEN (E.). — A tentative classification scheme of the soil of Germany. *F.A.O. Meeting subgroup f. soil classification*, Gand, 1954.
 13. PALLMANN (H.). — Pédologie et phytosociologie. *Congrès intern. Pédologie médit.*, Montpellier, mai 1947, p. 1-36.
 14. ROBINSON (G.-W.). — Soils. *Th. Murby*, London, 3^e édit., 1949, 573 p.
 15. SCHEFFER (F.), FOLSTER (H.) et MEYER (B.). — Zur Entstehung von Schwarzerden und schwarzerdeartigen Böden. I. Mitt.: Der indische Regur als Beispiel für tropische Schwarzerdebildung. *Chemie der Erde* (4), 1960, p. 302-330.
 16. SIBIRTZEV (N.), in GLINKA (K.). — Die typen der Bodenbildung. Berlin, 1914.
 17. SIGMOND (von). — Principles of scheme of a general soil system. *Soil Res.*, **3**, 1933, p. 103-126.
 18. Soil classification. A comprehensive system. 7th approximation. *Soil Survey Staff. Soil Conserv. Serv. United States Depart. of Agric.*, août 1960, 265 p.
-

RÉSUMÉ

La plupart des classifications modernes des sols sont dites « génétiques », c'est-à-dire qu'elles ont pour objectif essentiel de grouper ensemble les sols résultant d'un même processus évolutif, sous l'influence des facteurs du milieu ; ce processus évolutif se traduit par l'existence de caractères morphologiques, physiques, chimiques et biologiques des profils, qui forment un *ensemble coordonné* : ainsi, le degré de développement du profil, le type d'altération, la nature de la matière organique, l'hydromorphie du profil et dans une certaine mesure le complexe absorbant ont été pris en considération par la plupart des classificateurs : sur cette base, ils sont parvenus à dégager une dizaine ou une douzaine d'unités taxonomiques *naturelles* fondamentales qui sont assez semblables, à quelques différences près, dans les divers systèmes : les divergences les plus importantes portent sur l'utilisation de « l'hydromorphie », les uns considérant que ce caractère est fondamental et masque tout autre processus évolutif, les autres estimant au contraire qu'il n'exerce qu'une influence secondaire sur l'évolution du sol.

La classification de AUBERT et DUCHAUFOUR de 1956 (révisée en 1960) et la 7^e approximation de la classification américaine de 1960 répondent l'une et l'autre aux objectifs ainsi définis : dans cet article, nous avons essayé de résumer la classification américaine dans ses grandes lignes et de la comparer à notre classification de 1956.

L'originalité de la classification américaine réside dans la définition préalable d'*horizons de diagnostic*, qui sont le plus souvent des horizons de profondeur, considérés comme plus stables et moins soumis à l'influence humaine que les horizons de surface : néanmoins ces derniers, appelés « epipedon », sont également pris en considération, mais ils correspondent à une conception moins précise et plus large que les « types d'humus » des classifications européennes.

La classification américaine comprend dix ordres fondamentaux :

- 1 — *Entisols* : sols très peu évolués, sans horizon de diagnostic.
- 2 — *Vertisols* : sols à argiles gonflantes.
- 3 — *Inceptisols* : sols peu évolués, à horizons de formation rapide.
- 4 — *Aridisols* : sols de climat aride.

- 5 — *Mollisols* : sols à horizon « mollique », c'est-à-dire à humus eutrophe épais.
- 6 — *Spodosols* : sols à horizon spodique (B humo-férique des podzols).
- 7 — *Alfisols* : sols à horizon argillique, à altération réduite (B d'accumulation d'argile).
- 8 — *Ultisols* : même définition, mais altération poussée.
- 9 — *Oxisols* : sols à horizon oxyque, essentiellement formé de sesquioxydes.
- 10 — *Histosols* : sols hydromorphes organiques (tourbes).

La comparaison de cette classification avec la classification de 1956 montre, malgré les divergences de points de vue, une concordance satisfaisante entre plusieurs unités des deux systèmes; par exemple, on peut noter les correspondances suivantes: Entisols: sols minéraux non évolués; Inceptisols: Rankers humifères et sols bruns à (B) d'altération; Mollisols: sols calcimorphes; Spodosols: sols évolués à humus brut (podzols); Alfisols: sols bruns lessivés à Mull.

La concordance devient plus délicate à établir, pour certains groupes des climats chauds: Ultisols et Oxisols, et pour les sols hydromorphes, qui dans la classification américaine ont été pulvérisés en « sous-ordres » répartis dans les principaux ordres.

Dans son ensemble, la nouvelle classification américaine sera un outil très précieux, pour les pédologues de tous les pays, en raison de l'extrême précision et de la grande rigueur scientifique des définitions des horizons de diagnostic, et par voie de conséquence des groupes taxonomiques qu'ils servent à définir.

SUMMARY

Most modern soil classifications are called « genetic » i. e. their main objective is to group together the soils resulting from the same process of evolution, under the influence of site factors; this process of evolution is revealed by the occurrence of morphologic, physical, chemical and biological features in profiles which form a *coordinated unit*: thus, the degree of development of the profile, the type of weathering, the nature of organic matter, the profile « hydromorphy » and in some measure the cation exchange complex have been taken into account by most classifiers: on this basis, they have succeeded in bringing out some ten or twelve basic *natural* taxonomic units which, except for a few differences, vary little from one system to another; the major differences bear on the use of « hydromorphy », some people considering this character is fundamental and screens any other process of evolution, others supporting the opposite opinion, namely that it has but a minor effect on soil evolution.

The 1956 classification of AUBERT and DUCHAUFOR (revised in 1960) as well as the 7th Approximation of the American Classification of 1960 answer the objectives thus defined; in this paper, we have attempted to summarize the American classification in its main lines and to compare it to our classification of 1956.

The American classification is original in as much as it gives a preliminary definition of *diagnostic horizons* which more often than not are depth horizons considered more stables and less dependent on human influence than surface horizons: nevertheless, the latter, called « epipedon » are equally taken into account, but they correspond to a less precise and broader conception than the « humus types » of european classifications.

The American classification includes 10 main orders:

- 1 — *Entisols*: raw soils, without diagnostic horizon.
- 2 — *Vertisols*: swelling clays.
- 3 — *Inceptisols*: raw soils with fast-forming horizon.
- 4 — *Aridisols*: arid climate soils.
- 5 — *Mollisols*: « mollic » horizon soils, i. e. with deep eutrophic humus.

- 6 — *Spodosols*: spodic horizon soils (podzol iron humus B horizon).
- 7 — *Alfisols*: argillic horizon soils, with slight weathering (clay illuvial horizon).
- 8 — *Ultisols*: same definition, but stronger weathering.
- 9 — *Oxisols*: oxic horizon soils, consisting primarily of sesquioxides.
- 10 — *Histosols*: hydromorphic organic soils (peat).

A comparison between this classification and that of 1956 shows there exists satisfactory correspondances between several units of both systems in spite of the divergent points of view; for example, the following correspondances can be noticed: Entisols: mineral raw soils; Inceptisols: humic rankers and brown earths with weathered B; Mollisols: calcimorphic soils; Spodosols: podzolized soils (Mor); Alfisols: leached brown forest soils.

This concordance is less obvious for some groups from warm climates: Ultisols and Oxisols, and for hydromorphic soils which have been broken up into sub-orders and distributed among the main orders.

As a whole, the new American classification will be a most valuable tool for pedologists from every country, owing to the extreme precision and scientific strictness of the definitions of diagnostic horizons, and consequently of the taxonomic groups which they characterize.

ZUSAMMENFASSUNG

Die meisten der modernen Bodenklassifikationen werden genetisch genannt: das heisst, dass sie als Hauptziel die Böden zusammenfassen, die nach dem gleichen Entwicklungsprozess — unter dem Einfluss der äusserlichen Faktoren — entstanden sind. Dieser Entwicklungsprozess lässt sich an morphologischen, physischen, chemischen und biologischen Merkmalen des Profils erkennen. Die Merkmale bilden ein gegliedertes Ganzes: die meisten Systematiker haben den Entwicklungsgrad des Profils, den Verwitterungstypus und die Beschaffenheit des organischen Materials, die Wassersättigung des Profils und einem bestimmten Grad der Absorptionskomplex berücksichtigt. Auf dieser Basis ist es ihnen gelungen, 10 bis 12 neue natürliche taxonomische Einheiten festzulegen. Diese Einheiten ähneln sich ziemlich in den verschiedenen Systemen, von einigen Unterschieden abgesehen. Die grössten Unterschiede zeigen sich bei der Betrachtungsweise der Wassersättigung: die einen meinen, dass diese Eigenschaft fundamental ist und jeden anderen Entwicklungsprozess verdeckt, die anderen dagegen sind der Meinung, dass diese Eigenschaft nur einen geringen Einfluss auf die Bodenentwicklung hat.

Die Klassifikation von AUBERT und DUCHAUFOR von 1956 (1960 durchgesehen) und die 7te Verbesserung der amerikanischen Klassifikation von 1960 entsprechen beide den angegebenen Zielen: in dieser Schrift haben wir versucht, die amerikanische Klassifikation in grossen Zügen zusammenzufassen und sie mit unserer Klassifikation von 1956, zu vergleichen.

Die Eigentümlichkeit der amerikanischen Klassifikation besteht in der Bestimmung, als erste Aufgabe, von Diagnostikhorizonten. Die sind meistens tiefliegende Horizonte, die als beständiger und weniger von Menschen beeinflusst angesehen werden können als die oberflächlichen Horizonte. Trotzdem werden letztere — epipedon genannt — auch berücksichtigt, aber sie entsprechen einer weniger genauen und umfassenderen Konzeption als die Humusarten der europäischen Klassifikation.

Die amerikanische Klassifikation besteht aus 10 Haupteinteilungen:

- 1 — *Entisols*: unentwickelte Böden, ohne Diagnostikhorizont.
- 2 — *Vertisols*: durch schwellendem Ton gekennzeichnete Böden.

- 3 — *Inceptisols*: wenig entwickelte Böden, mit sich schnell bildenden Horizonten.
- 4 — *Aridisols*: Böden der ariden Klimazone.
- 5 — *Mollisols*: Böden mit einem mollic Horizont, d. h.: mit einem dicken eutrophen Humus.
- 6 — *Spodosols*: Böden mit einem spodic Horizont (Eisen-Humus B der Podsoles).
- 7 — *Alfisols*: wenig verwitterte Böden mit argillic Horizont. (B: Tonanreicherungshorizont).
- 8 — *Ultisols*: wie der letztere, aber stärker verwittert.
- 9 — *Oxisols*: Böden mit einem oxic Horizont, hauptsächlich aus sesquioxyd bestehend.
- 10 — *Histosols*: hydromorphe organische Böden (Torf).

Der Vergleich dieser Klassifikation mit der von 1956 zeigt trotz der Unterschiede in den Ansichtsarten eine befriedigende Übereinstimmung zwischen mehreren Typen der beiden Systeme. Man kann z.B., die folgenden Übereinstimmungen feststellen: Entisols: unentwickelte Mineralböden; Inceptisols: humureiche Ranker und Braunerde mit verwittertem (B); Mollisols: calcimorphe Böden; Spodosols: Podsolböden (Rohhumus); Alfisols: Parabraunerde.

Für einige Gruppen der warmen Klimate fällt es uns schwerer, diese Übereinstimmung festzustellen: für die Ultisols und Oxisols, und für die hydromorphen Böden, die in der amerikanischen Klassifikation in eine grosse Zahl von Unterarten aufgeteilt worden sind, und diese in den grossen Gruppen verteilt.

Im Ganzen gesehen, wird die neue amerikanische Klassifikation ein sehr wertvolles Handwerkzeug für die Bodenkundler aus allen Ländern sein, wegen der sehr grossen Genauigkeit und der grossen wissenschaftlichen Exaktheit der Bestimmung der Diagnostikhorizonte, und deshalb auch der taxonomischen Gruppen, die damit bestimmt werden.

PLANCHES

PLANCHE I — HORIZONS DE DIAGNOSTIC



HORIZON MOLLIQUE. **Rendoll humique** (sol humique carbonaté)

Creux du Van (Suisse). Gros grumeaux noirs dans l'intervalle
des cailloux calcaires.

(Cl. BARTOLI.)



HORIZON ARGILLIQUE.

Forêt de Haye (Meurthe-et-Moselle).
Structure en polyèdres revêtus d'enrobements d'argile brillants.

(Cl. DUCHAUFOUR.)

PLANCHE II — HORIZON DE DIAGNOSTIC



HORIZON SPODIQUE. **Tyorthod** (podzol humo-ferrugineux)

Taintrux (Vosges). L'horizon spodique noir à la partie supérieure, ocre-rouille à la partie inférieure, est surmonté d'un horizon albique (cendreaux).

(Cl. DUCHAUFOR.)

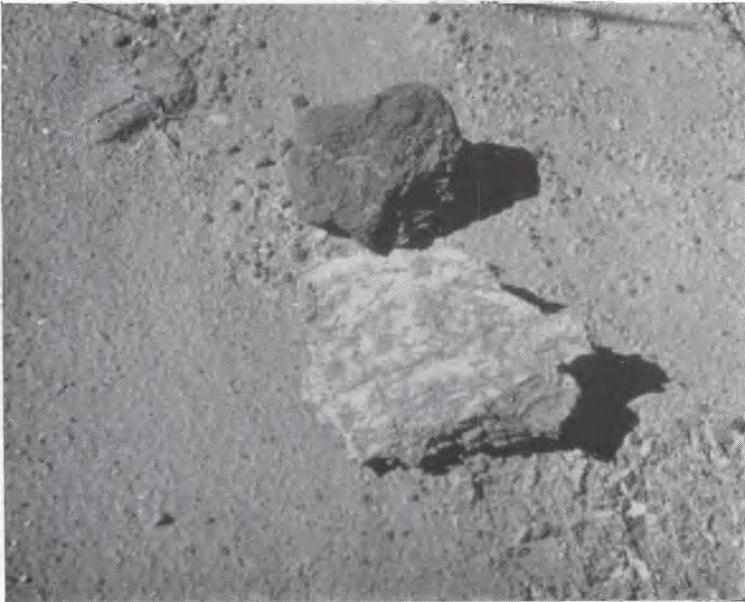
PLANCHE III — HORIZONS DE DIAGNOSTIC



HORIZON NATRIQUE. **Natraqalf** (Solonetz)

Lac Neusiedel (Autriche). Colonnes arrondies de l'horizon natrique visibles en bas. Les fragments de colonnes disposés à la surface montrent les enrobements humiques noirs.

(Cl. DUCHAUFOUR.)



PLINTHITE (en bas) et HORIZON OXIQUE (en haut).

Oxisol (sol ferrallitique)

Madagascar. La plinthite est une forme pauvre en fer (horizon dit « tacheté »). L'horizon oxiqne, au contraire, rouge vif est très riche en Al_2O_3 et Fe_2O_3 .

(Cl. DIDIER de ST-AMAND.)

PLANCHE IV — HORIZONS DE DIAGNOSTIC



FRAGIPAN. **Fragochrept.** Sol brun acide à fragipan
Ferme expérimentale (Ohio, U.S.A.). Limon très
tassé, peu poreux. Taches blanches et ocre d'hydro-
morphie visibles en bas et à droite.
(Cl. DUCHAUF0UR.)



HORIZON CALCIQUE. Triple « croûte zonaire » durcie,
Ontinena (Espagne).
(Cl. DUCHAUF0UR.)

PLANCHE V — VERTISOL



Grumaquert (Tirs hydromorphe)

Bordure orientale du Rharb (Maroc). Sol noir, argileux, à structure grumeleuse à la surface, à prismes grossiers en profondeur.

(Cl. WILBERT.)



Dystrochrept (sol brun acide)

Sapinière du Rudlin (Vosges).
Horizon ochrique, peu humifère, sur-
montant un (B) cambique brun, formé
de granite altéré.

(Cl. ROUSSEAU.)



Haplumbrept (Ranker pseudoalpin)

Col de Falimont (alt. 1300 m), Vosges. *Horizon*
umbrique épais, surmontant une arène granitique peu alté-
rée (horizon C).

(Cl. DUCHAUFOR.)



Calcorthid (sol brun-sierozem)

Sotenera (Espagne). Sol de steppe, peu humifère, à matière organique incorporée profondément. *Horizon Ca* pulvérulent en profondeur.

(Cl. DUCHAUFOR.)



Calcustoll

(sol brun-rouge à croûte calcaire)

Langa (Espagne). Sol plus humifère et plus riche en fer que le précédent. Croûte calcaire nodulaire.

(Cl. DUCHAUFOR.)

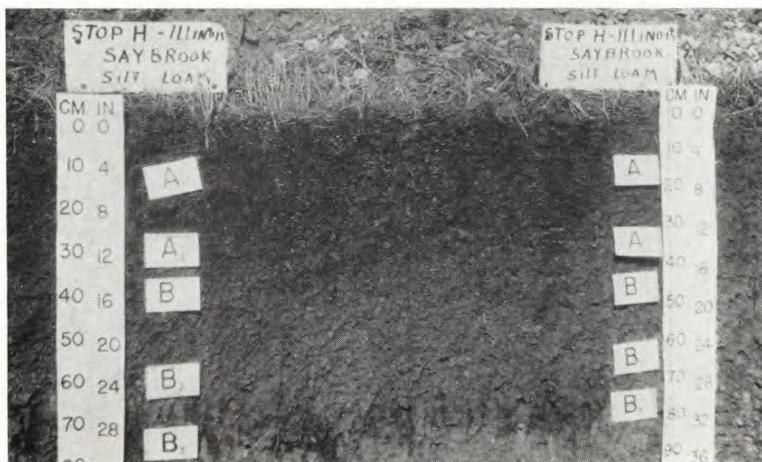
PLANCHE VIII — MOLLISOLS



Rendoll (rendzine typique)

Beauregard (Dordogne). *Horizon mollique épais* et *horizon calcique pulvérulent* en profondeur.

(Cl. DUCHAUF0UR.)



Argudoll (Brunizem)

Saybrook (Illinois, U.S.A.). *Horizon mollique épais*; *horizon argillique* à polyédres, bien visibles en profondeur.

(Cl. DUCHAUF0UR.)

PLANCHE IX — SPODOSOLS ET HISTOSOLS



Humaquod
(podzol humique
hydromorphe)

Lacanau (Gironde). Sable
quartzeux humifère uniformé-
ment noir; en profondeur, *hori-
zon spodique* humique, noir, pau-
vre en fer (alios humique).

(Cl. DUCHAUFOR.)

Histosol

Elba (N. York, U.S.A.). Tour-
be brune, fibreuse, transformée en
surface en un *horizon mollique*
noir.

(Cl. DUCHAUFOR.)

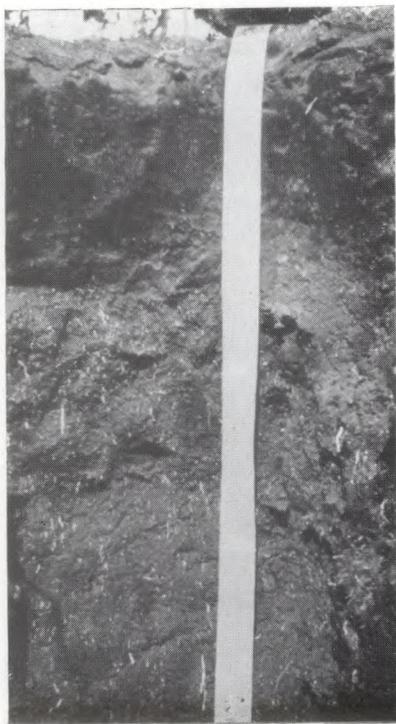


PLANCHE X — ALFISOLS



Glossaqualf

(pseudogley lessivé)

Wienerwald (Autriche).

Sol hydromorphe caractérisé: 1) par un *horizon albique* à concrétions noires — 2) par un *horizon argillique* ocre, à traînées verticales blanches.

(Cl. DUCHAUFOR.)

Typudalf

(sol brun lessivé)

Forêt de Haye (M.-et-M.)

Deux horizons de diagnostic bien distincts: 1) *horizon ochrique* peu humifère — 2) *horizon argillique* plus foncé et dont la structure polyédrique est bien visible.

(Cl. DUCHAUFOR.)



DUCHAUFOR (Ph.)

114.4

Données nouvelles sur la classification des sols.

Ann. Ec. Eaux For. Nancy, **18** (4), 1961, p. 473, 18 ill., 2 tabl., bibliogr.

L'auteur définit la conception moderne des classifications « génétiques » des sols : le processus évolutif se traduit par l'existence de caractères morphologiques, physiques, chimiques, biologiques formant un ensemble coordonné et permettant de définir des groupements naturels de sols ; il compare ensuite la classification française de 1956 et la nouvelle classification américaine de 1960 ; ces deux classifications offrent de nombreux points communs, malgré des divergences marquées, portant notamment sur les sols des régions chaudes et sur les sols hydromorphes.

DUCHAUFOR (Ph.)

114.4

Données nouvelles sur la classification des sols (New data on soil classification).

Ann. Ec. Eaux For. Nancy, **18** (4), 1961, p. 473, 18 ill., 2 tabl., bibliogr.

The author defines the modern conception of « genetic » soil classification : the process of evolution is revealed by the occurrence of morphologic, physical, chemical and biological characters which form a coordinated unit and enable to define natural groups of soils ; then he compares the French classification of 1956 to the American classification of 1960 ; these classifications have numerous features in common in spite of some marked differences, bearing more particularly on the soils of warm regions and on hydromorphic soils.

DUCHAUFOR (Ph.)

114.4

Données nouvelles sur la classification des sols (Neue Angaben für die Bodenklassifikation).

Ann. Ec. Eaux For. Nancy, **18** (4), 1961, p. 473, 18 ill., 2 tabl., bibliogr.

Der Verfasser beschreibt uns die moderne Auffassung der genetischen Bodenklassifikation : der Entwicklungsprozess kennzeichnet sich durch das Bestehen morphologischer, physischer, chemischer und biologischer Merkmale, die ein gegliedertes Ganzes bilden und es erlauben, die natürlichen Bodentypen zu bestimmen. Dann vergleicht er die französische Bodenklassifikation von 1956 und die neue amerikanische Einteilung von 1960. Diese beiden Klassifikationen haben vieles gemeinsam, aber auch offensichtliche Unterschiede, insbesondere was die Böden der warmen Zonen und die hydromorphen Böden angeht.