

BASE DE RÉFÉRENCE MONDIALE POUR LES RESSOURCES EN SOLS



ISSS-AISS-IBC

Association internationale
de la science du sol



ISRIC

Centre international de référence
et d'information pédologique



Organisation
des Nations
Unies
pour
l'alimentation
et
l'agriculture

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, du Centre international de référence et d'information pédologique ou de l'Association internationale de la science du sol, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-51
ISBN 92-5-304141-9

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche documentaire ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit : électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur. Toute demande d'autorisation devra être adressée au Directeur de la Division de l'information, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, et comporter des indications précises relatives à l'objet et à l'étendue de la reproduction.

ã **FAO, ISRIC et AISS, 1999**

Avant-propos

Après quatre années de travail intensif commencé au 15e Congrès Mondial de la Science du Sol à Acapulco, Mexique, le Groupe de Travail BR de l'Association Internationale de la Science du Sol a préparé une série de trois publications montrant l'état actuel de la 'Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols (BRM)'. Cette série comprend :

1. Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols : Introduction.
2. Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols : Atlas.
3. Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols.

La première publication doit servir d'introduction à la connaissance de la diversité des sols et de leur distribution ; elle se veut accessible à des disciplines autres que la 'science du sol *sensu stricto*' et à un plus large public. La seconde publication est un atlas donnant un aperçu de la distribution des groupes de sols de référence dans le monde. La troisième, présentée ici, peut être considérée comme un 'manuel technique' destiné spécifiquement aux pédologues. Elle donne les définitions et les critères diagnostiques des horizons, des propriétés et des matériaux des sols et contient une clé permettant de classer les groupes de sols de référence ainsi que de leur donner des qualificatifs.

Ces publications n'ont été rendues possibles que grâce aux efforts continus d'un groupe important d'experts, et grâce à la coopération et au support logistique de l'AISS, de l'ISRIC et de la FAO.

Il est à espérer que ces publications contribueront à affermir la science du sol dans les débats publics ainsi que dans l'ensemble de la communauté scientifique.

J.A. Deckers (Président), O.C. Spaargaren (Vice-Président) et F.O. Nachtergaele (Secrétaire)
Groupe de Travail Base de Référence de l'AISS

L.R. Oldeman, Directeur
International Soil Reference and Information Centre
(ISRIC)

R. Brinkman, Directeur
Division du Développement des Terres et de l'Eau
Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
(FAO)

Remerciements

Le texte de cette publication est basé sur les contributions suivantes: *Acrisols* - Schargel (Venezuela); *Albéluvisols* - Langhor (Belgique) et Targulian (Russie); *Alisols* - Delvaux (Belgique), Herbillon et Volkov (France) et Constantini (Italie); *Andosols* - Quantin (France) et Shoji (Japon); *Anthrosols* - Gong Zi-tong (Chine) et Kosse (Etats-Unis); *Arénosols* - Rimmelzwaal (FAO) et Laker (Afrique du Sud); *Calcisols* - Ruellan (France); *Cambisols* - Laker (Afrique du Sud) et Spaargaren (Pays-Bas); *Durisols* - Ellis (Afrique du Sud); *Ferralsols* - Eswaran (Etats-Unis) et Klamt (Brésil); *Fluvisols* - Creutzberg (Pays-Bas); *Gleysols* - Blume (Allemagne) et Zaidelman (Russie); *Gypsisols* - Ilaiwi (Syrie) et Boyadgiev (Bulgarie); *Histosols* - Driessen (Pays-Bas) et Okruszko (Pologne); *Leptosols* - Bridges (Royaume-Uni); *Lixisols* - Schargel (Venezuela); *Luvissols* - Deckers et Dudal (Belgique); *Nitisols* - Sombroek (FAO) et Muchena (Kenya); *Planosols* - Brinkman (FAO); *Plinthosols* - Sombroek (FAO); *Podzols* - Righi (France); *Régosols* - Arnold (Etats-Unis); *Solonchaks* - Loyer (France); *Solonetz* - Tursina (Russie); *Umbrisols* - Hollis (Royaume-Uni) et Nemecek (Tchéquie); *Vertisols* - Seghal (Inde).

Deux groupes thématiques ont élaboré des définitions, des descriptions et des subdivisions plus détaillées pour les *Cryosols* d'une part et pour les *Chernozems*, *Kastanozems* et *Phaeozems* d'autre part. Les *Cryosols* ont ainsi été traités par Tarnocai et Smith (Canada), Jacobsen (Danemark), Gilichinsky, Konyushkov, Naumov et Sokolov (Russie), Blume et Broll (Allemagne), et Bockheim, Kimble, Ping, Sletten et Swanson (Etats-Unis), tandis que le groupe de travail sur les *Chernozems*, *Kastanozems* et *Phaeozems* comprenait Bronger (Allemagne), Gerasimova, Lebedeva, Makeev, Rozanov, Shoba et Sotnikov (Russie) et Pazos (Argentine).

Un appui de la FAO a permis à F.R. Berding de relire les diverses contributions ainsi que la littérature existante sur les *Andosols*, les *Phaeozems* et les *Podzols*. Bon nombre de ses suggestions ont été retenues, particulièrement celles portant sur la séparation des groupes de sols de référence aux niveaux inférieurs.

Nombreux sont ceux qui ont contribué à l'ouvrage par leurs commentaires écrits ou par leur participation active aux discussions lors des réunions de la BRM ou de l'ancienne Base de Référence Internationale (BRI). Toutes ces contributions sont reconnues avec gratitude car elles ont aidé à établir, peaufiner et actualiser la présente *Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols*.

Des remerciements spéciaux vont à J. Lozet et à J. Chapelle (Belgique) qui ont méticuleusement traduit les publications de la BRM en français. Mike Bridges (Royaume-Uni) qui a relu les textes est aussi grandement remercié pour son travail.

Table des matières

1 FONDEMENTS

Historique

Objectifs

Principes

Eléments de la Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols

Discussion

2 CLE POUR LES GROUPES DE SOLS DE REFERENCE

3 HORIZONS, PROPRIETES ET MATERIAUX DIAGNOSTIQUES

Horizons diagnostiques

Horizon albique

Horizon andique

Horizon anthraquique

Horizon anthropédogénique

Horizon argique

Horizon calcique

Horizon cambique

Horizon chernique

Horizon cryique

Horizon durique

Horizon ferralique

Horizon ferrique

Horizon folique

Horizon fragique

Horizon fulvique

Horizon gypsique

Horizon histique

Horizon hortique

Horizon hydragrique

Horizon irragrique

Horizon mélanique

Horizon mollique

Horizon natrique

Horizon nitique

Horizon ochrique

Horizon pétrocalcique

Horizon pétrodurique

Horizon pétrogypsique

Horizon pétroplinthique

- Horizon plaggique
- Horizon plinthique
- Horizon salique
- Horizon spodique
- Horizon sulfurique
- Horizon takyrique
- Horizon terrique
- Horizon umbrique
- Horizon vertique
- Horizon vitrique
- Horizon yermique
- Propriétés diagnostiques
 - Calcaire pulvérulent tendre
 - Changement textural brusque
 - Langues albéluviques
 - Permagel
 - Propriétés aliqes
 - Propriétés aridiques
 - Propriétés ferraliques
 - Propriétés fortement humiques
 - Propriétés gériques
 - Propriétés gleyiques
 - Propriétés stagniques
 - Roche dure continue
- Matériaux diagnostiques
 - Matériau de sol anthropogéomorphique
 - Matériau de sol calcarique
 - Matériau de sol fluviq
 - Matériau de sol gypsirique
 - Matériau de sol organique
 - Matériau de sol sulfidique
 - Matériau de sol téphrique

4 CLASSIFICATION DES SUBDIVISIONS DES GROUPES DE SOLS DE REFERENCE

- Principes généraux distinguant les unités au niveau inférieur
- Définitions des éléments de formation pour les unités de niveau inférieur

REFERENCES

- Annexe 1 : Désignations des horizons des sols
- Annexe 2 : Codes pour les groupes et sous-unités de sols de référence

Liste des tableaux

- 1 Processus anthropogéniques
- 2 Quelques matériaux de sols anthropogéomorphiques
- 3 Liste alphabétique des noms de sols au niveau inférieur
- 4 Liste prioritaire des unités de niveau inférieur des groupes de sols de référence

Chapitre 1

Fondements

Il est curieux de remarquer qu'après cent ans de pédologie moderne, aucun système de classification des sols n'ait encore été universellement adopté (Dudal, 1990). Cette situation est partiellement due au fait que le sol constitue un continuum qui, à la différence des plantes et des animaux facilement identifiables, nécessite d'être divisé, par convention, en classes. C'est pour y remédier que les vingt dernières années de travaux en systématique des sols ont été consacrés au développement d'une *Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols*.

HISTORIQUE

La *Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols* (BRM) succède à la Base de Référence Internationale pour la Classification des Sols (BRI), une initiative de la FAO et de l'Unesco, patronnée par le PNUE et par l'Association Internationale de la Science du Sol, et qui datait d'avant 1980. L'intention du projet BRI était d'établir un cadre dans lequel les systèmes de classification des sols existant pourraient être corrélés et au travers duquel les travaux en cours de classification des sols pourraient être harmonisés. L'objectif final était d'élaborer un accord international sur les principaux groupements de sols à reconnaître à l'échelle mondiale ainsi que sur les critères et sur la méthodologie à appliquer pour les définir et les déparier. Un tel accord avait pour buts de faciliter l'échange d'informations et d'expériences, d'élaborer un langage scientifique commun, de renforcer les applications de la science du sol et d'améliorer la communication avec les autres disciplines.

Après des discussions préliminaires au Canada en 1978, trois réunions se sont tenues à Sofia, Bulgarie, en 1981 et 1982, afin de lancer un programme international pour l'élaboration d'une classification commune des sols. Des définitions provisoires furent formulées pour 16 groupes principaux de sols, *sols faiblement développés, sols gonflants/ rétractants, sols influencés par une nappe phréatique, sols salins/alcalins, sols calciques/gypsiques, sols molliques, sols ombriques et superficiels, sols sialiques, sols fersialiques, sols ferraliques, sols andiques, sols influencés par l'eau de surface, sols podzolisés, sols histiques, sols péréliques et sols anthropogéniques*.

Le projet de création d'une Base de Référence Internationale pour la Classification des Sols a été lancé en 1982 ; il comptait parmi les programmes proposés par l'intermédiaire du PNUE pour rendre effective une Politique des Sols du Monde. Il a été envisagé que la Base de Référence Internationale pour la Classification des Sols serve d'appui à une révision éventuelle de la Légende de la Carte Mondiale des Sols (FAO-UNESCO, 1974).

En 1982, à New Delhi, Inde, le 12^{ème} Congrès de l'Association Internationale de la Science du Sol (AISS) souscrivit à ce programme et le confia à un Groupe de Travail au sein de la Commission V (Genèse, Classification et Cartographie des Sols).

En 1986, lors du 13^{ème} Congrès de l'AISS à Hambourg, Allemagne, le programme BRI fut pris en charge par la Commission V, sous la responsabilité de son président, assisté d'un groupe restreint. Plusieurs collaborateurs furent choisis pour peaufiner les définitions des groupes principaux de sols et des propriétés diagnostiques s'y rapportant, à faire des propositions pour une subdivision ultérieure aux second et troisième niveaux et à établir des corrélations avec les unités de sols existantes dans les principaux systèmes de classification.

Le futur de la BRI fut discuté lors de consultations tenues à Rome, Italie, en 1987 et à Almaty (Alma-Ata), Kazakstan, en 1988. L'état d'avancement fut fait en 1990, lors d'un symposium consacré à la Base de Référence Internationale pour la Classification des Sols, au cours du 14^e Congrès de l'Association Internationale de la Science du Sol, à Kyoto, Japon. A ce stade, vingt groupements principaux de sols étaient reconnus sur base de leur représentativité dans la couverture mondiale des sols ; il s'agissait des sols *organiques, anthriques, vertiques, andiques, gleyiques, stagniques, ferraliques, podziques, luviques, nitiques, lixiques, fluviques, gypsiques, calciques, saliques, sodiques, cherniques, modiques, cambiques et primiques*. Les attributs utilisés pour définir ces groupements de sols furent sélectionnés en fonction de ce qu'ils reflétaient les principaux processus de formation des sols.

Au même moment, la FAO avait publié la *Légende Révisée de la Carte Mondiale des Sols* (FAO, 1988). Dans cette légende, le nombre de groupements principaux de sols était passé de 26 à 28 et celui des unités pédologiques de 106 à 153. Certains changements parmi les principaux comprenaient la fusion des *Lithosols*, des *Rendzines* et des *Rankers* en *Leptosols*. La séparation des *Luvisols* en *Luvisols* et *Lixisols* et, de même, la séparation des *Acrisols* en *Acrisols* et *Alisols*, la disparition des *Xérosols* et des *Yermosols*, et l'introduction des *Anthrosols*, des *Plinthosols*, des *Calcisols* et des *Gypsisols*. Certains critères diagnostiques furent adaptés, d'autres furent redéfinis (par exemple, les horizons B argiques et ferraliques, de même que les caractères andiques, fluviques, gleyiques, stagniques, nitiques, saliques et sodiques).

Dans la foulée du Congrès de 1990, une réunion se tint à Montpellier, France, en 1992 dans le but de dresser un inventaire de l'état actuel de la BRI à la lumière des discussions tenues au symposium de Kyoto. Il était apparu que certains parmi les 20 groupements principaux de sols proposés étaient tellement larges qu'il était devenu difficile d'élaborer des définitions logiques. Il fallait scinder ces groupements principaux de sols pour aboutir à des subdivisions plus significatives. En comparant la liste de Kyoto et ses 20 unités BRI avec la *Légende Révisée* de la FAO et ses 28 groupements principaux de sols, la question s'est posée de savoir s'il était opportun de développer deux systèmes côte à côte. Si la séparation ultérieure de certaines unités BRI restait d'actualité, cela conduirait à des listes d'unités quasi identiques de part et d'autre. De plus, comme la BRI et la *Carte Mondiale des Sols* étaient toutes deux parrainées par l'AISS, il semblait inapproprié de poursuivre sur deux voies différentes deux programmes qui avaient essentiellement le même but, à savoir, arriver à un inventaire rationnel des ressources mondiales en sols. La première motivation à procéder ainsi était que la *Légende* FAO-UNESCO de 1974 avait essentiellement été conçue pour la seule *Carte Mondiale des Sols* au 1:5.000.000. Depuis lors, la *Légende* s'était progressivement développée afin d'accueillir les principaux sols du monde à trois niveaux de généralisation ; elle est largement utilisée aujourd'hui pour les prospections aussi bien dans les pays en développement que dans les pays développés. De plus, sa terminologie est bien connue et universellement acceptée.

En conséquence, il fut décidé que la BRI adopterait la Légende Révisée de la FAO comme cadre pour ses travaux ultérieurs. Ce serait la tâche de la BRI d'appliquer aux unités existantes de la FAO ses principes de définitions et de liens, de façon à leur donner plus de poids et de validité. La fusion des deux entreprises a été lancée sous le nom de 'Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols', qui est une coopération AISS/FAO/ISRIC.

Avec la publication de la Légende Révisée en 1988, la FAO avait lancé un appel à commentaires et à amendements possibles. La BRM s'est efforcée d'identifier les lacunes éventuelles et a suggéré, en conséquence, des adaptations. Leurs ébauches ont été présentées au cours du 16e Congrès Mondial de la Science du Sol qui s'est tenu à Acapulco, Mexique (AISS-ISRIC-FAO, 1994) et ont été testées au cours de réunions et d'excursions sur le terrain en Allemagne (1995), en Russie (1996), en Afrique du Sud (1996), en Argentine (1997) et en Autriche (1997).

OBJECTIFS

L'objectif principal de la *Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols* est **de fournir une base et un fonds scientifiques à la Légende Révisée de la FAO, 1988**, en incluant les dernières découvertes sur les ressources mondiales en sols et sur leurs interactions. Un nombre limité des changements importants devaient être apportés à la Légende 1988, afin d'y pouvoir inclure certaines études pédologiques parmi les plus récentes et afin de pouvoir élargir le système de sa base agronomique à une optique plus environnementale.

Ses objectifs sont plus précisément:

- de développer un cadre international acceptable qui permette de délimiter les ressources en sols, d'y rattacher et d'y relier les classifications nationales, tout en gardant le fil conducteur de la Légende Révisée de la FAO;
- de fournir à ce cadre une base scientifique solide de manière à ce qu'il puisse également servir à différentes applications dans des domaines qui lui sont liés, tels que l'agriculture, la géologie, l'hydrologie et l'écologie;
- de reconnaître dans ce cadre l'importance de la distribution latérale des sols et de leurs horizons qui est caractérisée par les topo- et chronoséquences; et
- d'insister plus sur la caractérisation morphologique des sols que sur une approche purement analytique.

La BRM est conçue comme **un moyen aisé de communication entre scientifiques**, pour identifier, caractériser et dénommer les principaux types de sols. Elle n'est pas destinée à remplacer les systèmes nationaux de classification des sols, mais est un outil de meilleure **corrélation entre les systèmes nationaux**, et se veut un dénominateur commun permettant de comparer les systèmes nationaux entre eux. La BRM peut aussi servir de référence aux personnes intéressées à la gestion des terres et aux ressources naturelles.

- La BRM est également un outil pour **identifier les structures pédologiques** et leur importance. Elle sert de **langage de base à la science du sol** et facilite :
- la communication scientifique ;

- la mise en place d'inventaires pédologiques et le transfert de données pédologiques, l'élaboration de différents systèmes de classification ayant une base commune, l'interprétation de cartes ;
- la reconnaissance des relations entre sols et distribution des horizons de sols, telles que caractérisées par les topo- et chrono- séquences ;
- l'usage des données pédologiques à l'échelon international, non seulement par des pédologues, mais aussi par d'autres usagers de la terre et du sol, comme les géologues, les botanistes, les agronomes, les hydrologues, les écologistes, les fermiers, les forestiers, les ingénieurs civils et les architectes, ayant un intérêt particulier à améliorer :
 - l'usage des données pédologiques au bénéfice d'autres sciences ;
 - l'évaluation des ressources en sols et l'utilisation potentielle des divers types de couvertures de sols ;
 - la surveillance des sols, et en particulier de leur développement, en ce qu'il dépend de la manière dont les communautés humaines les utilisent ;
 - la validation des utilisations expérimentales du sol en vue d'un développement durable, permettant de maintenir, et si possible d'améliorer le potentiel du sol ;
 - le transfert des techniques d'utilisation du sol d'une région à une autre.

PRINCIPES

Les principes généraux sur lesquels a été développée la BRM ont été élaborés durant les premières rencontres de Sofia en 1981 et 1982, et ont été redéfinis par les Groupes de Travail ad hoc. Ces principes généraux peuvent être résumés comme suit :

- la classification des sols est basée sur les propriétés des sols définies en termes d'horizons et de caractéristiques diagnostiques, qui doivent, autant que possible, être mesurables et observables sur le terrain ;
- le choix des horizons et caractéristiques diagnostiques prend en compte leurs relations avec les processus de formation des sols. Il est admis que la compréhension de ces processus contribue à une meilleure caractérisation des sols, mais qu'ils ne doivent pas être utilisés en tant que tels comme facteurs de différenciation ;
- dans la mesure du possible, les critères diagnostiques retenus à un niveau élevé de généralisation ont de l'importance pour les aménagements ;
- les paramètres climatiques ne sont pas appliqués dans la classification des sols. Il est clair cependant qu'ils doivent être utilisés dans les interprétations d'utilisations, en combinaison dynamique avec les propriétés des sols, mais ils ne doivent pas faire partie des définitions des sols ;
- la BRM est conçue comme un système de classification d'ensemble, permettant aux utilisateurs d'y inclure leur système national de classification. Elle comprend deux niveaux catégoriels :
 1. la 'Base de Référence' limitée au seul premier niveau, et qui comprend 30 groupes de sols de référence ; et
 2. le 'Système de Classification BRM', qui consiste en combinaisons d'un ensemble de préfixes servant de qualificatifs uniques (ou modificateurs), qui sont ajoutés aux groupes

de sols de référence, permettant des caractérisations et classifications très précises des profils individuels de sols ;

- dans la BRM, les unités de sols de référence doivent être représentatives de grandes régions de sols, et doivent ainsi donner un aperçu complet de la couverture mondiale en sols ;
- la base de référence n'a pas pour dessein de se substituer aux systèmes nationaux de classification des sols, mais bien de servir de commun dénominateur pour communiquer à l'échelon international. Ceci implique que les catégories de niveau inférieur - un éventuel troisième niveau dans la BRM - devraient être à même de prendre en compte la diversité locale à l'échelle d'un pays. En même temps, les niveaux inférieurs pourraient mettre l'accent sur les critères des sols importants pour l'utilisation des terres et l'aménagement des sols ;
- la Légende Révisée de la Carte Mondiale des Sols FAO/UNESCO a servi de base au développement de la BRM, afin de tirer parti des travaux de corrélation internationale sur les sols qui avaient déjà été réalisés dans ce projet ;
- les variations à la fois verticales et horizontales dans les caractéristiques des sols doivent être reflétées dans les définitions et descriptions des unités de sols, de manière à intégrer les liens spatiaux dans les paysages ;
- l'expression 'Base de Référence' veut signifier la fonction de dénominateur commun assignée à la BRM. L'amplitude de ses unités sera telle qu'elle stimulera l'harmonisation et la corrélation entre les systèmes nationaux existants ;
- en plus de cette fonction de lien entre les systèmes nationaux existants, la BRM peut également servir de moyen de communication cohérent pour l'établissement des bases de données globales et pour l'inventaire et la surveillance des ressources mondiales en sols.
- la nomenclature employée pour distinguer les groupes de sols empruntera des termes traditionnels ou faciles à introduire dans le langage actuel. Ces termes seront définis avec précision afin d'éviter les confusions issues d'un usage de termes identiques ayant des connotations différentes.

Le cadre de base de la légende de la FAO a été adopté, avec ses deux niveaux de catégories et ses directives pour classer à un troisième niveau. Cependant, il a également été décidé de fusionner les niveaux inférieurs et de fournir, avec chaque groupe de sols de référence de la BRM, une liste des sous-unités de sols possibles mises par ordre de priorité ; muni de cette liste, l'utilisateur pourra identifier les diverses unités de niveau inférieur. Les grands principes qui gouvernent cette différenciation en classes et qui sont également appliqués dans la BRM sont:

- au **niveau de catégorie supérieur**, les classes sont principalement différenciées par le processus pédogénétique primaire, qui est responsable des propriétés caractéristiques du sol, sauf là où des matériaux originels 'spéciaux' sont d'une importance primordiale; et
- au **niveau de catégorie inférieur**, les classes sont différenciées selon tout processus pédogénétique secondaire prédominant qui a affecté de manière significative les propriétés primaires du sol. Cependant, dans certains cas, les caractéristiques du sol qui ont un effet significatif sur son utilisation peuvent être prises en considération.

Il est admis que certains parmi les groupes principaux de sols peuvent se retrouver sous différentes conditions climatiques. Il a cependant été décidé de ne pas introduire de séparations

tenant compte des caractéristiques climatiques afin de ne pas subordonner la classification des sols à la disponibilité des données climatiques.

ELEMENTS DE LA BASE DE REFERENCE MONDIALE DES RESSOURCES EN SOLS

Les Groupes de sols de référence de la BRM

Après relecture de la Légende Révisée de la FAO, 30 groupes de sols de référence furent identifiés pour constituer la Base de Référence Mondiale des Ressources en Sols. Ils incluent trois nouveaux groupes de sols de référence, à savoir les *Cryosols*, les *Durisols* et les *Umbrisols*. Les *Greyzems* ont été abandonnés et ont fusionné avec les *Phaeozems* tandis que les *Podzoluvisols* sont devenus les *Albéluvisols*.

Les 30 groupes de sols principaux de la BRM sont les *Acrisols*, *Albéluvisols*, *Alisols*, *Andosols*, *Anthrosols*, *Arénosols*, *Calcisols*, *Cambisols*, *Chernozems*, *Cryosols*, *Durisols*, *Ferralsols*, *Fluvisols*, *Gleysols*, *Gypsisols*, *Histosols*, *Kastanozems*, *Leptosols*, *Lixisols*, *Luvissols*, *Nitisols*, *Phaeozems*, *Planosols*, *Plinthosols*, *Podzols*, *Régosols*, *Solonchaks*, *Solonetz*, *Umbrisols*, et les *Vertisols*.

Les *Cryosols* sont introduits au niveau le plus élevé dans le but d'identifier un groupe de sols situés dans des conditions environnementales uniques d'alternance de gel et de dégel. Ces sols présentent un permagel endéans les 100 premiers cm du sol et sont saturés en eau au cours de la période de dégel. De plus, ils sont marqués par la cryoturbation. Les *Durisols* comprennent les sols qui, dans des environnements semi-arides, présentent des accumulations de silice secondaire soit sous forme de nodules, soit en couche massive et indurée. Les *Umbrisols* reprennent les sols qui ont soit un horizon umbrique, soit un horizon mollique et un taux de saturation en bases inférieur à 50 pourcent dans certaines parties endéans les 125 premiers cm du sol. Ils représentent un pendant logique des *Chernozems*, des *Kastanozems* et des *Phaeozems*.

Le groupe des *Plinthosols* rassemble les *Plinthosols* de la Légende Révisée et les sols qui ont une couche pétroplinthique à faible profondeur. Dans la Légende Révisée, ces derniers appartenaient aux *Leptosols*. Pour la Base de Référence Mondiale, il a été décidé d'exclure des *Leptosols* les sols qui ont des horizons pédogénétiques tels que des horizons calciques ou gypsiques indurés ou une plinthite durcie ; d'où la nécessité de définir un groupe de sols de référence comprenant ces types de sols. Bien que les sols ayant des couches pétroplinthiques à faible profondeur et ceux ayant une plinthite occupent la plupart du temps des positions différentes dans le paysage, il a semblé approprié, au vu de leur parenté génétique, de les rassembler dans un même groupe.

Les *Podzoluvisols* sont renommés *Albéluvisols*. Le nom *Podzoluvisols* suggère que dans ces sols s'exercent à la fois les processus de chéluviation (conduisant aux *Podzols*) et d'accumulation subsuperficielle d'argile (qui génère les *Luvissols*), alors qu'en fait le processus dominant est un déplacement d'argile et de fer/manganèse le long de zones préférentielles (faces des peds, fentes) dans l'horizon argique. Aussi le nom *Albéluvisols* est-il plus approprié car il exprime la présence d'un horizon éluvial délavé ('*horizon albique*'), d'un horizon enrichi en argile ('*horizon argique*') et la présence de '*langues albéluviques*'.

Les horizons, propriétés et matériaux diagnostiques de la BRM

Ainsi qu'approuvé antérieurement, les groupes de sols devaient être définis par une combinaison spécifique d'horizons du sol, qui devaient être appelés '*horizons de référence*' plutôt qu'

‘horizons diagnostiques’. Les horizons et propriétés de référence étaient destinés à refléter des horizons et des propriétés génétiques dont il était bien connu qu’ils survenaient dans les sols. Malheureusement, la distinction entre horizons de référence et horizons diagnostiques a créé une confusion et il a été admis de conserver la terminologie conçue par la FAO pour les horizons diagnostiques et pour les propriétés diagnostiques. Il est aussi apparu qu’il fallait définir des matériaux diagnostiques. De tout ceci est née une liste exhaustive des horizons, propriétés et matériaux diagnostiques de la BRM, définis par des caractéristiques morphologiques et/ou par des critères analytiques. En concordance avec les objectifs de la BRM, des propriétés sont décrites pour aider à l’identification de terrain.

Modifications aux définitions des horizons et propriétés diagnostiques de la FAO

Des 16 horizons diagnostiques de la Légende Révisée, seul l’*horizon A fimique* n’a pas été retenu. Il recouvre un ensemble trop large de couches de surface d’origine anthropique et il a été remplacé dans la BRM par les horizons hortique, plaggique et terrique.

Dans la BRM, la définition de l’*horizon histique* a été élargie en ramenant son épaisseur minimale à 10 cm et en supprimant son épaisseur maximale. Cela est dû à une seconde utilisation de la définition. Dans la Légende Révisée, l’*horizon H histique* est utilisé pour différencier les sols au second niveau et pour identifier ainsi les unités pédologiques histiques; dans la BRM, il est utilisé dès le plus haut niveau pour définir les *Histosols*. Il a été admis que les *Histosols* sur roche dure continue devaient avoir une épaisseur minimale de 10 cm afin de ne pas devoir classifier comme *Histosols* des couches organiques très minces recouvrant une roche.

La teneur en P_2O_5 exigée pour les horizons A mollique et umbrique de la FAO a été abandonnée dans la définition des *horizons mollique* et *umbrique* de la BRM. Cette exigence ne peut être considérée comme diagnostique car des horizons d’origine anthropique, épais et sombres observés en Chine, par exemple, peuvent n’avoir que de faibles quantités de phosphates. D’autres critères ont été retenus pour séparer les horizons mollique et umbrique des horizons anthropédogéniques.

Un *horizon chernique* est défini comme type particulier d’horizon mollique. Il a été considéré que la définition actuelle de l’horizon mollique était trop large pour refléter parfaitement les caractéristiques uniques des horizons de surface épais, noirâtres et poreux qui sont si typiques des *Chernozems*.

La définition de l’*horizon ochrique* est semblable à celle de l’horizon A ochrique. Les exigences de couleur de l’*horizon albique* ont été légèrement modifiées par rapport à l’horizon E albique de la FAO, et ce afin de les adapter aux horizons albiques dont le chroma se modifie considérablement lorsqu’ils sont humidifiés. De telles conditions sont fréquemment observées dans les sols de l’hémisphère austral.

La définition de l’*horizon argique* diffère de celle de l’horizon B argique de la Légende Révisée en ce sens que le pourcentage de revêtements argileux sur les faces horizontales et verticales des peds et dans les pores est passé de un à cinq pour-cent. Cela devrait permettre une meilleure corrélation avec la quantité d’au moins 1 pourcent d’argile orientée exigée antérieurement dans les lames minces.

Des directives furent ajoutées à la description de l’horizon argique pour reconnaître une discontinuité lithologique lorsqu’elle n’est pas clairement observable sur le terrain. Il est possible de l’identifier par les pourcentages de sable grossier, de sable fin et de limon, calculés sans tenir

compte de la teneur en argile (distribution granulométrique internationale ou utilisation des groupements complémentaires du système du Département de l'Agriculture des Etats-Unis (USDA) ou d'autres systèmes), ou par les changements dans la teneur en graviers et fractions plus grossières. Un changement relatif d'au moins 20 pourcent dans toute fraction granulométrique principale est considéré comme diagnostique d'une discontinuité lithologique. Cependant, il ne peut en être tenu compte que si ce changement est localisé dans la section du solum où la teneur en argile augmente et s'il est évident que la couche sus-jacente a une texture plus grossière.

Les rectifications faites dans la description de l'horizon argique s'appliquent également à l'**horizon natrique**.

La définition de l'horizon B cambique de la FAO a été légèrement amendée en supprimant l'exigence '*...et a au moins 8% d'argile*'. Cette exigence oblige à intégrer dans les *Régosols* plutôt que dans les *Cambisols* certains sols qui ont un horizon B structural bien développé et la texture d'un loam limoneux ou d'un limon avec faible teneur en argile, comme ceux trouvés, par exemple, dans les dépôts fluvio-glaciaires des régions nordiques. Comme il n'est pas nécessaire non plus, en ce qui concerne cette exigence, de séparer les *Cambisols* des *Arénosols* (définis dans la BRM comme sols ayant la texture d'un sable loameux ou plus grossière), il n'en a pas été tenu compte dans la définition proposée pour l'**horizon cambique** de la BRM.

Des retouches importantes ont été apportées à la définition de l'**horizon spodique**, tenant compte des modifications récentes apportées à la définition des matériaux spodiques dans la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1996). Des exigences de couleur ont été ajoutées, une limite d'au moins 0,5 pourcent d'aluminium plus la moitié du fer extractibles par l'oxalate est utilisée et une valeur de 0,25 ou plus pour la densité optique de l'extrait à l'oxalate (DOEO) a été introduite. De plus, la limite supérieure des horizons spodiques a été fixée à 10 cm de profondeur.

Le rapport limon-argile égal ou inférieur à 0,2 a été abandonné dans la définition de l'**horizon ferrallique**. Ce critère a été jugé trop strict, d'autant plus que la fraction granulométrique du limon a été maintenant portée de 2-50 à 2-63 μm (FAO, 1990). D'autres valeurs ont été proposées (rapport limon-argile égal ou inférieur à 0,7; rapport limon fin-argile égal ou inférieur à 0,2), mais l'unanimité ne s'est pas encore faite à leur sujet.

Certaines modifications ont été introduites dans les définitions des **horizons calcique** et **gypsique**. L'intention de la BRM a été de séparer les horizons calcique/gypsique des **horizons hypercalcique/hypergypsique**, ces derniers ayant un équivalent carbonate de calcium et une teneur en gypse de, respectivement, 50 et 60 pourcent mais n'étant pas cimentés.

La définition de l'**horizon sulfurique** reste identique à celle de la Légende Révisée.

En plus de ces horizons diagnostiques, 19 nouveaux horizons ont été proposés. Certains proviennent au départ des propriétés diagnostiques de la FAO, d'autres sont nouveaux. L'ensemble de ces horizons porte le total des horizons diagnostiques reconnus par la BRM à 34. Les horizons diagnostiques nouvellement définis sont les *horizons andique, anthropédogénique, chernique, cryique, durique, ferrique, folique, fragique, fulvique, mélanique, nitique, pétrodurique, pétroplinthique, plinthique, salique, takyrique, vertique, vitrique* et *yermique*. Leurs définitions et descriptions sont données au *Chapitre 3*.

Une combinaison d'horizons, un *horizon anthraquique* en surface et un *horizon hydraqrique* sous-jacent, totalisant ensemble une épaisseur d'au moins 50 cm, définit certains *Anthrosols* manifestant des marques d'altération suite à des pratiques de culture inondée. Elle

comprend une couche bourbeuse, une semelle de labour et un horizon subsuperficiel illuvial. Cette combinaison est caractéristique des sols affectés depuis longtemps à la culture du paddy.

Les propriétés et matériaux nouvellement définis sont les *langues albéluviques*, les *propriétés aliques* et *aridiques* et les *matériaux anthropogéomorphiques*, *calcaires*, *fluviqes*, *gypsiriques*, *organiques*, *sulfidiques* et *téphriques*. Leurs définitions et descriptions sont également données au *Chapitre 3*.

Les *propriétés gleyiques* et *stagniques* ont été reformulées. De légères modifications sont apportées aux définitions FAO de *changement textural brusque* et de *propriétés gériques*, tandis que les définitions du *permagel* et du calcaire pulvérulent tendre, rebaptisé *carbonates secondaires*, ont été adoptées telles quelles.

Dans la description des *propriétés gleyiques* et *stagniques*, a été introduite la notion de 'modèles de couleurs gleyiques' et 'stagniques'. Ces termes s'appliquent aux modèles de distribution spécifique des (hydr)oxydes de Fe/Mn qu'engendre une saturation par la nappe phréatique ou par l'eau stagnant en surface. Un modèle de couleurs gleyiques a des caractères 'oxymorphiques' sur les faces externes des éléments structuraux, le long des canaux de racines et des pores ou sous forme de gradient allant de bas en haut ; tandis qu'un modèle de couleurs stagniques manifeste ces caractères au centre des peds ou sous forme de gradient allant de haut en bas et résultant des entraves aux flux hydriques.

Les légères modifications proposées dans les descriptions de *changement textural brusque* et de *propriétés gériques* se rapportent respectivement à la profondeur différente à laquelle doit survenir le changement de texture et à une autre façon de calculer la capacité d'échange cationique effective (CECE)¹.

DISCUSSION

Couverture de sol : morphologie verticale et latérale et son fonctionnement

Couverture de sol

La couverture de sol est un corps naturel continu ayant trois dimensions dans l'espace et une dans le temps, et qui est caractérisée par trois traits principaux:

- Elle est formée de **constituants minéraux et organiques** et comprend les phases solide, liquide et gazeuse.
- Les constituants sont organisés en **structures** spécifiques au milieu pédologique. Ces structures forment l'aspect morphologique de la couverture de sol, équivalent à l'anatomie d'un être vivant. Elles résultent de l'histoire de la couverture du sol ainsi que de sa dynamique et de ses propriétés actuelles. L'étude des structures de la couverture du sol facilite la perception des propriétés physiques, chimiques et biologiques ; elle permet la compréhension du passé et du présent du sol, ainsi que la prédiction de son futur.
- La couverture de sol est **constante évolution**, et ceci donne au sol sa quatrième dimension, le temps.

¹ CECE : capacité d'échange cationique effective (somme des bases échangeables **plus** acidité d'échange)

Structure du sol

L'organisation morphologique de la couverture de sol peut être observée à différentes échelles, allant d'assemblages de particules de base visibles sous microscope, à l'arrangement de systèmes pédologiques dans un paysage. Quatre types de structures particulièrement importants doivent être décrits, mesurés et compris; ils correspondent aux quatre niveaux d'organisation et d'observation de la couverture de sol ; ce sont :

1. **Les organisations élémentaires**, qui sont les structures construites par les constituants. Elles sont visibles à l'œil nu ou sous microscope. Les principaux types d'organisations élémentaires sont les agrégats (peds), les vides (porosité), les cutanes, les nodules, les manifestations d'activité biologique ; la couleur du matériau de sol aide à la reconnaissance et à la compréhension des organisations élémentaires.
2. **Les assemblages**, qui sont les volumes pédologiques déterminés par la présence de diverses organisations élémentaires. Des assemblages andiques, calciques, ferralliques, vertiques, etc... en sont des exemples ; chacun d'entre eux peut être reconnu en termes d'associations spécifiques de couleur, de peds, de vides, de cutanes, de nodules, etc...
3. **Les horizons**, qui sont des volumes plus ou moins parallèles à la surface de la terre. Un horizon est décrit par la présence d'un ou de plusieurs type(s) d'assemblages et par les relations existant entre eux. Il est aussi décrit par son épaisseur, par son étendue latérale, et par ses limites morphologiques verticales et latérales. A l'échelle du paysage, les horizons ne sont jamais infinis ; ils disparaissent latéralement ou se fondent dans un autre horizon.
4. **Les systèmes pédologiques**, qui sont les distributions spatiales et les relations des horizons à l'échelle du paysage (Ruellan et Dosso, 1993). La structure d'un système pédologique peut être décrite par l'arrangement des horizons : les organisations et assemblages élémentaires des horizons , leur superposition verticale, leur succession latérale, et les types de limites les séparant.

Jusqu'à présent, les études pédologiques ont surtout porté sur la caractérisation et la signification génétique des organisations élémentaires, des assemblages, de l'horizon lui-même et des séquences verticales d'horizons. Peu d'études détaillées de la couverture de sol ont été conduites sous l'angle de l'organisation spatiale tri-dimensionnelle tout en prenant en compte l'histoire et la dynamique actuelle de cette organisation tri-dimensionnelle. De telles études sont nécessaires pour comprendre la dynamique d'entités ou d'unités de sol, à l'échelle du paysage et des écosystèmes, et pour mettre à jour les relations entre la pédosphère et les autres composants de la terre : lithosphère, hydrosphère, atmosphère, biosphère.

Un système de référence morphogénétique sur les sols, comme l'est la BRM, se base sur des organisations élémentaires, sur des assemblages, des horizons, et sur la superposition verticale d'horizons. Cependant un système de référence complet incluant les distributions latérales n'est pas actuellement prêt. La reconnaissance de ces distributions latérales fait qu'elles sont intégrées chaque fois que c'est possible dans les définitions des composants de la BRM, et ceci permet d'entamer une Base de Référence Mondiale sur les systèmes pédologiques (lithoséquences, toposéquences, chronoséquences, bioséquences, climoséquences, etc.).

Problèmes rencontrés

La philosophie de base de la BRM est que les groupes de sols finaux doivent avoir une certaine cohérence dans leur distribution géographique et dans leur caractère pédogénétique. De plus, il est préférable que les sols puissent être caractérisés par leur expression morphologique plutôt que par des données analytiques. Dans un certain nombre de groupes principaux de sols, cela a

conduit à des divisions et dans d'autres à des amalgames. Ainsi, les Leptosols de la FAO comprennent 'des sols limités en profondeur par....une couche cimentée continue située endéans les 30 premiers cm du sol', c'est-à-dire les couches pétrocalciques, pétrogypsiques, pétroferriques ou un duripan. Dans la BRM, ces couches sont considérées comme des horizons pédogénétiques et des sols ayant de telles couches doivent donc être classés avec leurs groupes respectifs. Par conséquent dans la BRM, les sols superficiels sur horizons pétrocalciques, pétroduriques, pétrogypsiques ou pétroplinthiques sont groupés avec, respectivement, les *Calcisols*, les *Durisols*, les *Gypsisols* et les *Plinthosols*. Cependant, il faut souligner que les sols superficiels sur horizon pétroplinthique peuvent occuper dans le paysage des positions nettement différentes de celles occupées par les sols à horizon plinthique. Ces derniers se situent généralement dans des dépressions ou dans de vastes plaines, tandis que les premiers se rencontreront fréquemment en position surélevée, par exemple sous forme de 'cuirasses' en Afrique occidentale, coiffant des terrains tabulaires.

Les *Leptosols* comprennent également des sols dont la teneur en fragments grossiers est très élevée. Cette association fait des *Leptosols* un groupe bizarre de sols soit superficiels soit relativement profonds, mais qui ont une caractéristique commune: une faible teneur en eau disponible, et il a été proposé de regrouper les *Leptosols* les plus profonds avec les *Régosols*. Cela aurait 'purifié' les *Leptosols* mais 'pollué' les *Régosols*. Et c'est ainsi que les sols à fragments grossiers ont été maintenus dans les *Leptosols*.

Ce fut un grand souci de s'occuper des sols influencés par l'homme et qui ne pouvaient être classifiés comme *Anthrosols*. Dans les groupes de référence des *Podzols*, des *Umbrisols* et des *Arénosols* en particulier, on rencontre des sols dans lesquels la couche de surface a été tellement modifiée par fertilisation et chaulage que la faible saturation en bases originale a disparu. S'ils retournent à leur état naturel, ils recouvreront avec le temps leur faible saturation en bases. Ces types de sols seront maintenus dans les *Podzols*, les *Umbrisols* et les *Arénosols*, tandis que le modificateur 'anthrique' pourra être utilisé pour indiquer l'influence humaine, dès lors que sera suivi le principe selon lequel les effets d'une gestion des sols à court terme n'influencent pas leur classification.

Les séparations entre certains sols sont arbitraires. La séparation entre *Luvisols*, *Alisols*, *Acrisols* et *Lixisols* de la FAO, quoique utile, n'est cependant basée que sur des données analytiques et les différences entre les quatre types de sols sont difficiles à discerner sur le terrain. A un certain stade, il a été proposé de grouper les *Luvisols* avec les *Alisols* et les *Acrisols* avec les *Lixisols*. Le résultat en aurait été que deux sols très différents en Afrique auraient été classés ensemble et que les *Luvisols* fertiles de la ceinture loessique en Europe occidentale auraient été groupés avec les *Alisols* extrêmement acides et infertiles des contreforts des Andes ou de Kalimantan ; ceci revenait à ignorer le principe de la BRM qui veut que des relations existent dans la distribution géographique des sols. En conséquence, il a été décidé de maintenir la séparation faite dans la Légende Révisée, qui base la différence entre *Luvisols* et *Alisols* principalement sur les 'propriétés aliques' et de continuer à rechercher des critères morphologiques et associés qui permettraient de distinguer plus facilement sur le terrain les quatre sols 'luviques'. De tels critères pourraient être basés, par exemple, sur le développement de leur structure.

Des problèmes semblables existent entre les *Andosols* et les *Podzols*, en particulier entre les *Andosols* dominés par des complexes alumino-organiques et les *Podzols* sans horizon albique. Ici de même, aucun critère irréfutable de différenciation sur le terrain ne peut être établi, à

l'exception de la géographie de la zone, qui n'est qu'une preuve indirecte. La distinction entre les deux groupes nécessite encore l'appui de tests analytiques.

La limite entre *Ferralsols* et *Nitisols* de la Légende Révisée n'est pas satisfaisante. De nombreux sols semblables aux *Nitisols* ont également, en plus des propriétés nitiques, un horizon B ferralique et sont donc classifiés comme *Ferralsols*. Cependant, le concept général des *Ferralsols* est que ces sols ont des structures faiblement développées et ont peu de Si, Al et Fe actifs, alors qu'au contraire, les propriétés nitiques s'appliquent aux matériaux qui sont fortement structurés et ont une teneur élevée en fer actif (FAO, 1988). Cette contradiction apparente a été levée dans la BRM en excluant la présence d'un horizon nitique dans les *Ferralsols* et, en même temps, en créant la possibilité d'un intergrade des *Nitisols* vers les *Ferralsols* via le modificateur 'ferralique'.

Le problème concernant la priorité entre horizons ferraliques et horizons argiques à argiles de faible activité a été réglé par consensus : les horizons dont la CEC est égale ou inférieure à 16 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile sont qualifiés de ferraliques, pourvu que les autres critères soient rencontrés. Si cependant l'horizon ferralique est recouvert par un horizon qui peut être qualifié d'horizon argique et qui contient dans les 30 cm supérieurs plus de 10 pourcent d'argile dispersable dans l'eau, alors, dans la classification, l'horizon argique a préséance sur l'horizon ferralique sous-jacent.

Les profondeurs standard de 10, 20, 25, 30, 40, 50, 75, 100 et 200 cm ont été utilisées, sauf si raison existe de ne pas le faire. Une telle raison peut être l'utilisation d'une autre valeur de profondeur empruntée à un système national de classification. Ceci est conforme à l'objectif de la BRM qui est de servir de cadre acceptable internationalement pour délimiter les ressources en sols et auquel les classifications nationales peuvent être rattachées et apparentées.

Corrélation entre les systèmes de classification existants

Ayant pris la Légende Révisée comme fil conducteur, la BRM a obligatoirement de nombreuses similitudes avec elle. Sa nomenclature a été adoptée et, là où c'était nécessaire, elle a été adaptée en suivant les règles établies. Ses concepts d'horizons et propriétés diagnostiques ont été repris et complétés par les matériaux diagnostiques de sol.

La Légende originale de la FAO (FAO-Unesco, 1974) a été élaborée à partir des connaissances et expériences de nombreux pédologues provenant du monde entier ; elle reflète un consensus issu d'un certain nombre de systèmes de classification. Ainsi, les *Greyzems*, les *Chernozems* et les *Kastanozems* ont pour origine l'ancienne classification russe des Sols Gris Forestiers, des *Chernozems* et des Sols Châtains. De même, les *Cambisols* coïncident largement avec les 'Braunerde' allemands et avec les sols bruns français, tandis que les *Ferralsols* suivent de très près le concept des Oxisols américains et des Latosols brésiliens.

La *Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols* se fonde aussi sur les systèmes de classification existants. Les *Anthrosols* contiennent de nombreux éléments provenant du *Système de Classification Taxonomique des Sols de Chine* (CSTC Research Group, 1995), la description et la définition des *Andosols* se rattache intimement aux *Andisols* du *Référentiel Pédologique* (AFES, 1995), comme c'est le cas dans une moindre mesure, pour les *Podzols* avec les *Podzosols* français. D'autre part, certaines des propositions concernant les *Solonchaks*, les *Gleysols*, les *Plinthosols*, les *Ferralsols*, les *Durisols*, les *Alisols*, les *Umbrisols* et les *Régosols* sont le résultat d'idées originales qui ne sont pas encore reflétées dans les systèmes de classification actuels.

Chapitre 2

Clé pour les groupes de sols de référence

Pour décrire et définir les groupes de sols de référence de la *Base de Référence Mondiale pour les Ressources en Sols*, les caractéristiques, les propriétés et les horizons des sols sont utilisés ; leur combinaison définit les sols et leurs relations.

Caractéristiques du sol. Ce sont des paramètres uniques observables ou mesurables sur le terrain ou au laboratoire, ou qui peuvent être analysés par microscopie. Ils comprennent des caractéristiques telles que la couleur, la texture et la structure du sol, les manifestations de l'activité biologique, la disposition des vides et des concentrations pédogéniques (taches, cutanes, nodules, ...) aussi bien que des déterminations analytiques (réaction du sol, distribution granulométrique, capacité d'échange cationique, cations échangeables, quantité et nature des sels solubles, ...).

Propriétés du sol. Ce sont des combinaisons ('assemblages') de caractéristiques de sol dont on sait qu'elles se rencontrent dans les sols et que l'on considère comme étant indicatives des processus de formation actuels ou anciens (par exemple, les propriétés vertiques, qui combinent une texture lourde, une minéralogie smectitique, des faces de glissement, une consistance dure à l'état sec, et collante à l'état humide, une rétraction à l'état sec et un gonflement à l'état humide).

Horizons du sol. Ce sont des entités pédologiques tri-dimensionnelles plus ou moins parallèles à la surface du sol. Chaque horizon possède une ou plusieurs propriétés, présentes sur une certaine profondeur, qui le caractérisent et permettent de le reconnaître. L'épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres; la plupart du temps elle est de quelques décimètres. Les limites supérieure et inférieure ('transitions') sont plus ou moins claires, plus ou moins progressives ou abruptes. Latéralement, l'extension d'un horizon de sol varie grandement, allant d'un mètre à plusieurs kilomètres. Cependant, un horizon de sol n'est jamais infini. Latéralement, il disparaît ou se transforme en un autre horizon.

Sols. Il sont définis par la combinaison verticale d'horizons présents endéans une profondeur définie, et par l'organisation latérale ('séquence') des horizons du sol, ou par leur absence, à une échelle à même de refléter le relief ou une unité paysagique.

CLE POUR LES GROUPES DE SOLS DE REFERENCE DE LA BASE DE REFERENCE MONDIALE POUR LES RESSOURCES EN SOLS

Sols ayant un horizon *histique* ou *folique*,

1. **soit** a. d'une épaisseur de 10 cm ou plus à partir de la surface jusqu'à un contact lithique ou paralithique;

- soit* b. d'une épaisseur de 40 cm ou plus et commençant endéans les 30 premiers cm du sol;
et
 2. n'ayant pas d'horizon *andique* ou *vitrique* commençant endéans les 30 premiers cm du sol.

HISTOSOLS (HS)

Autres sols ayant un ou plusieurs horizons *cryiques* endéans les 100 premiers cm du sol

CRYOSOLS (CR)

Autres sols qui ont *soit*

1. un horizon *hortique, irrigrique, plaggique ou terrique* d'au moins 50 cm d'épaisseur; *soit*
2. un horizon *anthraquique* associé à un horizon *hydragrique* sous-jacent, d'une épaisseur cumulée d'au moins 50 cm.

ANTHROSOLS (AT)

Autres sols qui *soit*

1. sont limités en profondeur par une *roche dure continue* endéans les 25 premiers cm du sol; *soit*
2. recouvrent un matériau dont l'équivalent carbonate de calcium est supérieur à 40 pourcent endéans les 25 premiers cm du sol; *soit*
3. contiennent moins de 10 pourcent (en poids) de terre fine jusqu'à au moins 75 cm de profondeur; *et*
4. n'ont pas d'horizons diagnostiques autres qu'un horizon *mollique, ochrique, umbrique, yermique* ou *vertique*

LEPTOSOLS (LP)

Autres sols ayant

1. un horizon *vertique* endéans les 100 premiers cm du sol; *et*
2. après mélange des 20 cm supérieurs, 30 pourcent ou plus d'argile dans tous les horizons jusqu'à 100 cm au moins de profondeur, ou jusqu'à une couche en contraste (contact lithique ou paralithique, horizon *pétrocalcique, pétrodurique* ou *pétrogypsique*, discontinuité sédimentaire, etc.) située entre 50 et 100 cm; *et*
3. des fentes de retrait¹ qui s'ouvrent et se ferment périodiquement.

VERTISOLS (VR)

¹ Une fente de retrait est une séparation entre polyèdres grossiers. Si la surface est fortement auto-foisonnante, c'est-à-dire si elle est constituée d'une masse de granules (*'grumique'*), ou si le sol est cultivé lorsque ces fentes sont ouvertes, celles-ci peuvent se remplir, principalement de matériaux granulaires provenant de la surface; cependant elles restent ouvertes dans ce sens que les polyèdres sont séparés. Une fente est considérée comme ouverte si elle permet l'infiltration et la percolation de l'eau dans un sol argileux sec (Soil Survey Staff, 1996). Si le sol est irrigué, les 50 premiers cm ont partout un coefficient d'extensibilité linéaire (COLE) d'au moins 0,06.

Autres sols

1. ayant du matériau de sol *fluviatique* débutant endéans les 25 premiers cm du sol et se prolongeant jusqu'à une profondeur d'au moins 50 cm ; *et*
2. n'ayant aucun horizon diagnostique autre qu'un horizon *histique*, *mollique*, *ochrique*, *takyrique*, *umbrique*, *yermique*, *salique* ou *sulfurique*.

FLUVISOLS (FL)

Autres sols

1. ayant un horizon *salique* débutant endéans les 50 premiers cm du sol; *et*
2. n'ayant aucun horizon diagnostique autre qu'un horizon *histique*, *mollique*, *ochrique*, *takyrique*, *yermique*, *calcique*, *cambique*, *durique*, *gypsique* ou *vertique*.

SOLONCHAKS (SC)

Autres sols

1. ayant des propriétés *gleyiques* endéans les 50 premiers cm du sol; *et*
2. n'ayant aucun horizon diagnostique autre qu'un horizon *anthraquique*, *histique*, *mollique*, *ochrique*, *takyrique*, *umbrique*, *andique*, *calcique*, *cambique*, *gypsique*, *plinthique*, *salique*, *sulfurique* ou *vitrique* endéans les 100 premiers cm du sol.

GLEYSOLS (GL)

Autres sols

2. ayant un horizon *soit vitrique*, *soit andique*, débutant endéans les 25 premiers cm du sol; *et*
3. n'ayant aucun horizon diagnostique (sauf s'il est enfoui à plus de 50 cm de profondeur) autre qu'un horizon *histique*, *fulvique*, *mélanique*, *mollique*, *umbrique*, *ochrique*, *durique* ou *cambique*.

ANDOSOLS (AN)

Autres sols ayant un horizon *spodique* débutant endéans les 200 premiers cm du sol, sous-jacent à un horizon *albique*, *histique*, *umbrique* ou *ochrique*, ou à un horizon *anthropédogénique* de moins de 50 cm d'épaisseur.

PODZOLS (PZ)

Autres sols ayant *soit*

1. un horizon *pétroplinthique* débutant endéans les 50 premiers cm du sol; *soit*
2. un horizon *plinthique* débutant endéans les 50 premiers cm du sol; *soit*
3. un horizon *plinthique* débutant endéans les 100 premiers cm du sol lorsqu'il est sous-jacent soit à un horizon *albique*, soit à un horizon ayant des propriétés *stagniques*.

PLINTHOSOLS (PT)

Autres sols

1. ayant un horizon *ferralique* à une profondeur variant entre 25 et 200 cm ; *et*
2. n'ayant pas d'horizon *nitique* endéans les 100 premiers cm du sol ; *et*
3. n'ayant pas de couche répondant aux exigences d'un horizon *argique* et ayant, dans les 30 premiers cm, 10 pourcent ou plus d'argile dispersable dans l'eau (sauf si le matériau du sol a des propriétés *gériques* ou plus de 1,4 pourcent de carbone organique).

FERRALSOLS (FR)

Autres sols ayant un horizon *natrique* endéans les 100 premiers cm du sol.

SOLONETZ (SN)

Autres sols

1. ayant un horizon éluvial, dont la limite inférieure est marquée, endéans les 100 premiers cm du sol, par un *changement textural brusque* associé à des propriétés *stagniques* au dessus de cette limite; *et*
2. n'ayant pas de *langues albéluviques*.

PLANOSOLS (PL)

Autres sols

1. ayant un horizon *mollique* dont le chroma à l'état humide est égal ou inférieur à 2 si la texture est plus fine qu'un loam sableux, ou inférieur à 3.5 si la texture est un loam sableux ou plus grossier, tous deux jusqu'à au moins 20 cm de profondeur, ou présentant ces chromas directement sous une couche de labour; *et*
2. ayant des concentrations de *calcaire pulvérulent tendre* débutant endéans les 50 cm de la limite inférieure de l'horizon Ah mais endéans les 200 premiers cm du sol; *et*
3. n'ayant pas d'horizon *pétrocalcique* compris entre 25 et 100 cm de profondeur; *et*
4. n'ayant pas de gypse secondaire; *et*
5. n'ayant pas de grains de sable et de limon non revêtus sur les surfaces des peds structuraux.

CHERNOZEMS (CH)

Autres sols

1. ayant un horizon *mollique* dont le chroma à l'état humide est supérieur à 2 jusqu'à au moins 20 cm de profondeur, ou présentant ce chroma directement sous une couche de labour; *et*
2. ayant des concentrations de *calcaire pulvérulent tendre* endéans les 100 premiers cm du sol; *et*
3. n'ayant pas d'autre horizon diagnostique qu'un horizon *argique*, *calcique*, *cambique*, *gypsique* ou *vertique*.

KASTANOZEMS (KS)

Autres sols

1. ayant un horizon *mollique*; *et*
2. ayant un taux de saturation en bases (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1\text{M}$) de 50 pourcent ou plus et un fond matriciel de sol dépourvue de calcaire jusqu'à 100 cm au moins de profondeur, ou jusqu'à une couche en contraste (contact lithique ou paralithique, horizon *péetrocalcique*) située entre 25 et 100 cm de profondeur; *et*
3. n'ayant pas d'horizon diagnostique autre qu'un horizon *albique*, *argique*, *cambique* ou *vertique* ou un horizon *péetrocalcique*² dans le substrat.

PHAEZEMS (PH)

Autres sols

1. ayant *soit* un horizon *gypsique* ou *péetrogypsique* endéans les 100 premiers cm du sol, *soit* 15 pourcent ou plus (en volume) de gypse, accumulé sous conditions hydromorphes, calculés en moyenne sur une profondeur de 100 cm; *et*
2. n'ayant pas d'horizon diagnostique autre qu'un horizon *ochrique* ou *cambique*, un horizon *argique* imprégné de gypse ou de carbonate de calcium, ou un horizon *calcique* ou *péetrocalcique* sous-jacent à l'horizon gypsique.

GYPSISOLS (GY)

Autres sols ayant un horizon *durique* ou *péetrodurique* endéans les 100 premiers cm du sol.

DURISOLS (DU)

Autres sols

1. ayant un horizon *calcique* ou *péetrocalcique* endéans les 100 premiers cm du sol; *et*
2. n'ayant pas d'horizon diagnostique autre qu'un horizon *ochrique* ou *cambique*, un horizon *argique* qui est calcaire, ou un horizon *gypsique* sous-jacent à un horizon *péetrocalcique*.

CALCISOLS (CL)

Autres sols ayant un horizon *argique* endéans les 100 premiers cm du sol et dont la limite supérieure irrégulière résulte de *langues albéluviques* dans l'horizon argique.

ALBELUVISOLS (AB)

Autres sols

³ Un horizon *péetrocalcique* peut être localement présent (ex. le 'Tosca' en Argentine). De tels horizons péetrocalciques sont considérés comme polygéniques et dans la classification, devraient être traités au niveau de la phase (ex. Phaeozem luvique, phase Tosca).

1. ayant un horizon *argique* dont la capacité d'échange cationique (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) est égale ou supérieure à $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile, débutant soit endéans les 100 premiers cm du sol, soit endéans les 200 premiers cm du sol si l'horizon argique est surmonté sur toute son épaisseur par du sable loameux ou par des textures plus grossières ; *et*
2. ayant des propriétés *aliques* dans la majeure partie du sol située entre 25 et 100 cm de profondeur; *et*
3. n'ayant pas d'horizon diagnostique autre qu'un horizon *ochrique*, *umbrique*, *albique*, *andique*, *ferrique*, *nitique*, *plinthique* ou *vertique*.

ALISOLS (AL)

Autres sols

1. ayant un horizon *nitique* débutant endéans les 100 premiers cm du sol; *et*
2. ayant des limites d'horizons graduelles à diffuses entre la surface et les horizons sous-jacents; *et*
3. n'ayant pas d'horizon *ferrique*, *plinthique* ou *vertique* endéans les 100 premiers cm du sol.

NITISOLS (NT)

Autres sols ayant

1. un horizon *argique* dont la capacité d'échange cationique (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1\text{M}$) est inférieure à $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile dans une partie de l'horizon, et débutant soit endéans les 100 premiers cm du sol, soit endéans les 200 premiers cm du sol si l'horizon argique est surmonté sur toute son épaisseur par du sable loameux ou par des textures plus grossières ; *et*
2. un taux de saturation en bases (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1\text{M}$) inférieur à 50 pourcent dans la majeure partie du sol comprise entre 25 et 100 cm.

ACRISOLS (AC)

Autres sols ayant un horizon *argique* dont la capacité d'échange cationique (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1\text{M}$) est égale ou supérieure à $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile sur toute son épaisseur.

LUVISOLS (LV)

Autres sols ayant un horizon *argique*.

LIXISOLS (LX)

Autres sols

1. ayant un horizon *umbrique*; *et*
2. n'ayant pas d'horizon diagnostique autre qu'un horizon *anthropédogénique* de moins de 50 cm d'épaisseur, ou un horizon *albique* ou *cambique*.

UMBRISOLS (UM)

Autres sols ayant *soit*

1. un horizon *cambique*; *ou*
2. un horizon *mollique* recouvrant un sous-sol dont le taux de saturation en bases (par NH₄OAc 1M) est inférieur à 50 pourcent dans une des parties situées endéans les 100 premiers du sol; *ou*
3. un des horizons diagnostiques suivants endéans la profondeur spécifiée à partir de la surface du sol:
 - a. un horizon *andique* ou *vitrique* compris entre 25 et 100 cm;
 - b. un horizon *plinthique*, *pétoplinthique* ou *salique* compris entre 50 et 100 cm, en l'absence de texture d'un sable loameux ou plus grossière au dessus de ces horizons.

CAMBISOLS (CM)

Autres sols

1. ayant la texture d'un sable loameux ou plus grossière *soit* jusqu'à au moins 100 cm de profondeur, *ou* jusqu'à un horizon *plinthique*, *pétoplinthique* ou *salique*, situé entre 50 et 100 cm de profondeur; *et*
2. ayant moins de 35 pourcent (en volume) de fragments de roches ou autres fragments grossiers endéans les 100 premiers cm du sol; *et*
3. n'ayant pas d'autre horizon diagnostique qu'un horizon *ochrique*, *yermique* ou *albique*, ou un horizon *pétoplinthique* ou *salique* à plus de 50 cm de profondeur, ou qu'un horizon *argique* ou *spodique* à plus de 200 cm de profondeur.

ARENOSOLS (AR)

Autres sols.

REGOSOLS (RG)

Chapitre 3

Horizons, propriétés et matériaux diagnostiques

Les horizons, propriétés et matériaux du sol sont destinés à refléter les caractères qui, de l'avis général, se rencontrent dans les sols et qui peuvent être utilisés pour décrire et définir des classes de sols. Ils sont considérés comme 'diagnostiques' lorsqu'ils atteignent un degré minimum d'expression, qui est déterminé par des critères d'aspect, de mesurabilité, d'importance, de pertinence et de quantité. Pour être diagnostiques, les horizons du sol doivent atteindre également une épaisseur minimale, modulable en fonction des facteurs bioclimatiques (par exemple, un horizon albique ne devrait pas être aussi épais dans les régions boréales que sous les tropiques).

Lorsque cela est possible, les horizons, propriétés et matériaux diagnostiques sont exprimés au moyen d'une description générale, de critères diagnostiques, de possibilités d'identification sur le terrain et de caractéristiques complémentaires. Certaines relations avec d'autres horizons diagnostiques importants sont également données.

La capacité d'échange cationique (CEC) est employée comme critère de définition des horizons et propriétés diagnostiques, ainsi que dans la clé des groupes de référence de sols ; elle est essentiellement destinée à refléter la nature des composés minéraux du complexe d'échange. Cependant, la CEC déterminée sur la fraction terre totale est également influencée par la quantité et par la qualité de la matière organique présente. Là où une basse activité des argiles sera propriété diagnostique, il sera souhaitable de déduire la CEC liée à la matière organique, de préférence via une méthode graphique⁴ pour profils individuels (Bennema and Camargo, 1979 ; Brinkman, 1979 ; Klamt and Sombroek, 1988).

La terminologie utilisée pour décrire la morphologie des sols est reprise des *Directives pour la Description des Profils Pédologiques* (FAO, 1990). Les notations de couleur se réfèrent aux *Munsell Soil Color Charts* (KIC, 1990). Les caractéristiques chimiques et physiques sont exprimées sur base des méthodes données dans *Procedures for Soil Analysis* (Van Reeuwijk, 1995).

HORIZONS DIAGNOSTIQUES

Ce sont les horizons diagnostiques, définis dans la Légende Révisée de la FAO (FAO, 1988), qui ont servi de base aux objectifs de la BRM. Seul l'horizon A fimique n'a pas été retenu. D'autres

4 La méthode implique d'effectuer une régression du contenu en C organique (exprimé en g) sur la CEC (pH 7) mesurée, exprimée en $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ d'argile. L'équation résultante permet de calculer la contribution du C organique à la CEC, et d'en tirer la CEC corrigée de l'argile, s'il est admis que la minéralogie des argiles est uniforme sur l'ensemble du profil.

ont été introduits ; c'est le cas des horizons *andique*, *anthropédogénique* (horizons *anthraquique*, *hydragrique*, *hortique*, *irragrique*, *plaggique* et *terrique*), *chernique*, *cryique*, *durique*, *ferrique*, *folique*, *fragique*, *fulvique*, *mélanique*, *nitique*, *pétradurique*, *pétoplinthique*, *plinthique*, *salique*, *takyrique*, *vertique*, *vitrique* et *yermique*. Certains de ces horizons remplacent des caractères diagnostiques et des phases de la FAO.

HORIZON ALBIQUE

Description générale. L'horizon albique (du L. *albus*, blanc) est un horizon subsuperficiel de couleur claire dont l'argile et les oxydes de fer libre ont été déplacés, ou dans lesquels les oxydes ont été individualisés au point que la couleur de l'horizon est déterminée par la couleur des particules de sable et de limon plutôt que par les revêtements sur ces particules. Il n'a généralement pas de structure ou sa structure est peu exprimée. Les limites supérieure et inférieure sont normalement abruptes et nettes. La morphologie des limites est variable et parfois associée à des *langues albéluviques*. Les horizons albiques ont généralement des textures plus grossières que les horizons sus- et sous-jacents, bien que la différence avec un horizon spodique sous-jacent puisse n'être que légère. De nombreux horizons albiques sont associés à une certaine humidité et présentent des marques de propriétés *gleyiques* ou *stagniques*.

Critères diagnostiques. Un horizon albique doit avoir:

1. une couleur Munsell, à l'état sec:
 - a) valeur de 7 ou 8 et chroma égal ou inférieur à 3; ou
 - b) valeur de 5 ou 6 et chroma égal ou inférieur à 2 ; *et*
2. une couleur Munsell, à l'état humide:
 - a) valeur de 6, 7 ou 8 et chroma égal ou inférieur à 4; ou
 - b) valeur de 5 et chroma égal ou inférieur à 3; ou
 - c) valeur de 4 et chroma égal ou inférieur à 25 . Un chroma de 3 est autorisé si les matériaux originels ont un hue de 5YR ou plus rouge, et si le chroma est dû à la couleur des grains de limon et de sable non revêtus; *et*
3. une épaisseur d'au moins 1 cm.

Identification sur le terrain. L'identification d'un horizon albique sur le terrain est basée sur les couleurs Munsell. En plus de la détermination de la couleur, des tests peuvent être effectués en utilisant une loupe grossissant 10 fois, pour vérifier l'absence de revêtements sur les particules de la dimension du sable et du limon.

Caractéristiques complémentaires. La présence de revêtements entourant les grains de sable et de limon peut être déterminée en utilisant des lames minces sous microscope optique. Des grains non revêtus montrent généralement un mince rebord à leur surface. Les revêtements peuvent être de nature organique, consister en oxydes de fer ou en un complexe de ces deux

5 Les exigences de couleur ont été légèrement modifiées par rapport à celles définies dans la FAO (1988) et dans le Soil Survey Staff (1996), afin de permettre l'inclusion d'horizons albiques montrant une variation de chroma importante lorsqu'ils s'humidifient. De tels horizons se rencontrent fréquemment, par exemple, en Afrique australe.

substances ; vus par transparence, ils sont de couleur foncée ; les revêtements de fer deviennent rougeâtres sous lumière réfléchie, tandis que les revêtements organiques restent noir brunâtre.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons albiques sont habituellement recouverts par des horizons de surface enrichis en humus (horizons *mollique*, *umbrique* ou *ochrique*) mais ils peuvent se retrouver en surface suite à une érosion ou à un enlèvement artificiel de la couche superficielle. Ils peuvent être considérés comme un type extrême d'horizon éluvial et se trouvent, en effet, généralement associés à des horizons illuviaux sous-jacents tels que l'horizon *argique*, *natrique* ou *spodique*. Dans les matériaux sableux, les horizons albiques peuvent atteindre une épaisseur considérable, atteignant plusieurs mètres, en particulier dans les régions tropicales humides, et il peut être difficile de retrouver des horizons diagnostiques associés.

HORIZON ANDIQUE

Description générale. L'horizon andique (du japonais *An*, foncé, et *Do*, sol) est un horizon résultant de l'altération modérée de dépôts essentiellement pyroclastiques. Cependant, les horizons andiques peuvent également être associés à des matériaux non volcaniques (par exemple, des loess, des argilites et des produits d'altération ferralitique). Leur minéralogie est dominée par des minéraux protocristallins et ils font partie de la séquence d'altération des dépôts pyroclastiques (matériau de sol *téphrique* ® horizon *vitrique* → horizon *andique*).

Les horizons andiques peuvent se situer en surface ou être subsuperficiels. On les observe également sous forme de couches séparées par des couches non andiques. S'ils sont en surface, les horizons andiques contiennent généralement de grandes quantités de matière organique (plus de 5 pourcent), sont de couleur très foncée (value et chroma Munsell à l'état humide, égaux ou inférieurs à 3), ont une macrostructure soufflée et souvent un toucher onctueux. Ils sont légers (leur densité apparente est faible) et ont le plus souvent des textures d'un loam limoneux ou plus fines. Les horizons andiques de surface riches en matière organique peuvent être très épais et atteindre fréquemment 50 cm ou plus (caractéristique *pachique*). S'ils sont subsuperficiels, ils sont généralement de couleur plus claire.

Les horizons andiques peuvent avoir différentes propriétés, selon le type dominant d'altération agissant sur le matériau de sol. Ils peuvent montrer de la thixotropie ; cela veut dire que, lorsque le matériau est pressé ou écrasé, il se modifie, passant de l'état solide plastique à un état liquéfié avant de revenir à l'état solide. Dans les climats perhumides, les horizons andiques riches en humus peuvent contenir plus de 100 pourcent d'eau en volume, rapportés à leur volume lorsqu'ils sont séchés à l'étuve (caractéristique *hydrique*).

Deux types principaux d'horizons andiques sont reconnus; l'un dans lequel dominent l'allophane et des minéraux similaires (type *silandique*), et l'autre dans lequel l'aluminium complexé à des acides organiques l'emporte (type *aluandique*). L'horizon silandique a une réaction acide à neutre, tandis que l'horizon aluandique varie d'extrêmement acide à acide.

Critères diagnostiques. Un horizon andique doit avoir les propriétés physiques, chimiques et minéralogiques suivantes (Shoji *et al*, 1996; Berding, 1997):

1. une densité apparente du sol à la capacité au champ (sans séchage préalable) inférieure à 0,9 kg dm⁻³; *et*
2. 10 pourcent ou plus d'argile dans la fraction terre fine ; *et* une valeur $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ ⁶ dans la fraction terre fine de 2 pourcent ou plus; *et*
3. une rétention des phosphates d'au moins 70 pourcent; *et*
4. une teneur en verres volcaniques dans la fraction terre fine inférieure à 10 pourcent; *et*
5. une épaisseur d'au moins 30 cm.

Les horizons silandiques ont une teneur en silice extractible par l'oxalate acide (pH 3) (Si_{ox}) de 0,6 pourcent ou plus, tandis que les horizons aluandiques ont une teneur en Si_{ox} inférieure à 0,6 pourcent (ou également, un rapport Al_{py} ⁷/ Al_{ox} inférieur à 0,5 et égal ou supérieur à 0,5, respectivement).

Identification sur le terrain. Les horizons andiques peuvent être identifiés en utilisant le test de terrain du pH NaF, développé par Fieldes et Perrott (1966). Un pH NaF supérieur à 9,5 indique une abondance de produits allophaniques et/ou de complexes organo-alumineux. Ce test est indicatif pour la plupart des horizons andiques à l'exception de ceux qui sont très riches en matière organique. Cependant, la même réaction s'observe dans les horizons *spodiques* et dans certains sols argileux acides qui sont riches en minéraux argileux aluminiques interstratifiés.

Les horizons silandiques ont généralement un pH (H₂O) de terrain d'au moins 5, alors que dans les horizons aluandiques, il est inférieur à 4,5. Si ce pH est compris entre 4,5 et 5, des tests complémentaires sont nécessaires pour établir la caractéristique 'alu-' ou 'sil-' de l'horizon andique.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons *vitriques* se distinguent des horizons andiques par leur degré d'altération plus faible. Ceci est mis en évidence par une teneur plus élevée en verres volcaniques dans les horizons vitriques (≥ 10 pourcent dans la fraction terre fine) et une moindre quantité de minéraux pédogénétiques non cristallins ou paracrystallins, ce qui se caractérise par une quantité modérée d'aluminium et de fer extractibles par l'oxalate acide dans les horizons vitriques ($Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ compris entre 0,4 et 2,0 pourcent), par une densité apparente plus élevée (DA des horizons vitriques comprise entre 0,9 et 1,2 kg dm⁻³) et par une rétention des phosphates plus faible (25 - < 70 pourcent).

Pour séparer les horizons andiques riches en matière organique des horizons *histique* et *folique*, la teneur en carbone organique est prise en compte: les horizons andiques ne peuvent en contenir plus de 20 pourcent, tandis que les horizons histiques qui contiennent entre 12 et 20 pourcent de carbone organique ne peuvent avoir de propriétés associées aux horizons andiques.

Les horizons *spodiques*, qui contiennent également des complexes de sesquioxydes et de substances organiques, peuvent avoir des caractéristiques semblables aux horizons andiques riches en complexes alumino-organiques. Il arrive que seuls des tests analytiques puissent les distinguer clairement. Les horizons *spodiques* ont au moins deux fois plus de $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ que l'horizon *umbrique*, *ochrique* ou *albique* sus-jacent. Normalement, ceci ne s'applique pas aux horizons andiques dans lesquels les complexes alumino-organiques sont difficiles à mobiliser.

⁶ Al_{ox} et Fe_{ox} sont respectivement l'aluminium et le fer extractibles à l'oxalate (méthode de Blakemore *et al.*, 1987).

⁷ Al_{py} : aluminium extractible par le pyrophosphate

HORIZON ANTHRAQUIQUE (voir horizons anthropédogéniques)**HORIZONS ANTHROPEDOGENIQUES**

Description générale. Les horizons anthropédogéniques (du Gr. *anthropos*, homme et *pédogènèse*) comprennent une variété d'horizons de surface et subsuperficiels résultant d'une longue période de culture ininterrompue. Les caractéristiques et propriétés de ces horizons dépendent surtout des aménagements du sol qui ont été pratiqués (voir Tableau 1). Les horizons anthropédogéniques se différencient des *matériaux de sol anthropogéniques*, qui sont des matériaux minéraux ou organiques non consolidés issus de remblayages de terre, de déchets miniers, de résidus urbains, de détritiques de décharge, de produits de dragage, etc. produits par des activités humaines. Ces matériaux **n'**ont cependant **pas** été soumis à une période de temps suffisamment longue pour qu'ils expriment nettement des processus pédogénétiques.

TABLEAU 1

Processus anthropédogéniques

Travail profond	Opérations mécaniques continues s'étendant au delà de la profondeur normale des travaux agricoles
Fertilisation intense	Applications continues d'engrais organiques/inorganiques sans apports substantiels de matière minérale (par exemple, fumiers, déchets de cuisine, compost, matières fécales humaines, etc.)
Apports extérieurs	Applications continues de matériaux terreux impliquant des apports complémentaires de matières minérales (par exemple, gazons, sables de plage, fumiers terreux, etc.)
Apports par eau d'irrigation	Applications continues d'eau d'irrigation avec quantités importantes de sédiments riches (pouvant comprendre également des engrais, des sels solubles, de la matière organique, etc.)
Culture inondée.	Processus associés à une culture submergée; mise en boue de la couche cultivée; apports de fumier et d'engrais organiques; impliquent généralement des changements dans les conditions aquiques. Caractères diagnostiques du sous-sol, tels que revêtements illuviaux de fer-manganèse, pouvant se développer en conditions détrempées, selon la profondeur de la nappe aquifère, la texture, la présence de matière organique, etc.

Les horizons anthropédogéniques que l'on distingue sont les horizons *terrique*, *irragrique*, *plaggique*, *hortique*, *anthraquique* et *hydragrique*. On les observe sur de petites surfaces dans de nombreuses régions du monde, notamment dans les terres arables anciennes de l'Europe Occidentale, dans les vieilles plaines irriguées du Moyen Orient et de la Chine, dans les paysages à terrasses anciennes de la région méditerranéenne et de la péninsule arabique et sous forme de taches isolées en Amérique du nord et du sud associées à une occupation longue et continue par les Indiens. On les rencontre également dans les régions où le riz paddy est cultivé depuis longtemps.

Critères diagnostiques. Un horizon **terrique** (du L. *terra*, terre) se développe suite à un apport de fumures, de composts ou de boues terreuses durant de longues périodes. Sa texture n'est pas uniforme avec la profondeur. Sa couleur dépend du matériau originel ou du substrat sous-jacent. Le taux de saturation en bases (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1M$) est supérieur à 50 pourcent.

Un horizon **irragrique** (du L. *irrigare*, irriguer, et *agricolare*, cultiver) est une couche de surface de couleur claire (value et chroma, à l'état humide, supérieurs à 3), de structure uniforme, développée suite à une irrigation continue de longue durée par des eaux riches en sédiments. L'argile et les carbonates sont très bien répartis et la teneur en argile est plus élevée, particulièrement en argile fine, que le sol originel sous-jacent. En ce qui concerne les fractions sableuses moyennes, fines et très fines, les différences relatives ne dépassent pas 20 pourcent. L'horizon irragrique a une teneur moyenne pondérale en carbone organique supérieure à 0,5 pourcent mais qui décroît avec la profondeur, pour se maintenir au moins à 0,3 pourcent à sa base.

Un horizon **plaggique** (du Néerlandais *plag*, gazon) a une texture uniforme généralement sableuse ou sableuse loameuse. La teneur moyenne pondérale en carbone organique est supérieure à 0,6 pourcent. Le taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 M) est inférieur à 50 pourcent, tandis que la teneur en P_2O_5 extractible dans l'acide citrique à 1 pourcent est élevée et atteint au moins 0,25 pourcent dans les 20 premiers cm, voire même fréquemment plus de 1 pourcent.

Un horizon **hortique** (du L. *hortus*, jardin) résulte d'une culture en profondeur, d'une fertilisation intense et/ou d'une application longue et continue de déchets humains et animaux et d'autres résidus organiques. Il est de couleur foncée (value et chroma, à l'état humide, égaux ou inférieurs à 3). La teneur moyenne pondérale en carbone organique est d'au moins 1 pourcent et la teneur en P_2O_5 extractible dans NaHCO_3 0,5 M est supérieure à 80 mg kg^{-1} dans la terre fine des 25 premiers cm (Gong *et al.*, 1997). Le taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 M) est égal ou supérieur à 50 pourcent.

Un horizon **anthraquique** (du Gr. *anthropos*, homme, et du L. *aqua*, eau) comprend une couche bourbeuse et une semelle de labour. La semelle de labour est caractérisée par une structure lamellaire. Elle est compacte et a un taux d'infiltration très faible. On observe des taches de rouille brun jaunâtre, brunes ou brun rougeâtre le long des crevasses et des conduits racinaires. La densité apparente de la semelle de labour est d'au moins 20 pourcent supérieure et sa porosité est de 10 à 30 pourcent inférieure (en valeurs relatives) à celles de la couche bourbeuse. La porosité non capillaire est de 2 à 5 pourcent (environ 60 pourcent (en valeur relative) de la porosité non capillaire de la couche bourbeuse qui lui est associée).

Un horizon **hydragrique** (du Gr. *Hydôr*, eau, et du L. *agricolare*, cultiver) est un horizon subsuperficiel associé à une culture inondée ayant une ou plusieurs des caractéristiques suivantes:

- des couches d'accumulation de fer-manganèse ou des revêtements illuviaux Fe et Mn; *ou*
- le fer extractible par le dithionite-citrate est au moins 2 fois plus élevé, ou le manganèse extrait par le dithionite-citrate est au moins 4 fois plus élevé, que dans le ou les horizons de surface; *ou*
- des concentrations redox; *ou*
- des décolorations redox de value ≥ 4 et de chroma ≤ 2 dans les macropores en association avec la culture inondée; *et*
- une épaisseur d'au moins 10 cm.

8 Connue sous le nom de méthode de routine Olsen (Olsen *et al.*, 1954).

Identification sur le terrain. Les horizons **terrique**, **irragrique** et **plaggique** manifestent tous les trois du foisonnement en surface; ceci peut être déduit à partir de l'observation du terrain ou de renseignements historiques. Les horizons sont mélangés sur toute leur épaisseur et contiennent généralement des artefacts tels que des fragments de poterie, des débris ou résidus de culture. Ces restes sont souvent très petits (moins de 1 cm de diamètre) et fortement abrasés. Les horizons terrique et plaggique se construisent progressivement suite à des apports terreux (compost, gazons ou matériaux gazonneux mélangés à du fumier, litière, boue, sable de plage, etc.); ils peuvent contenir des pierres de dimensions variées et distribuées au hasard, tandis que l'horizon irragrique est construit progressivement par des dépôts dus à l'irrigation.

Peu de caractéristiques pédologiques différencient l'horizon terrique de l'horizon plaggique. L'horizon terrique montre généralement une activité biologique intense, a une réaction neutre à légèrement alcaline (pH (H₂O) normalement supérieur à 7,0) et peut contenir du calcaire libre. Sa couleur est en relation directe avec le matériau originel ou avec le substrat sous-jacent. Des sols enfouis peuvent être observés à la base de l'horizon, quoique le contact puisse être masqué par mélange.

L'horizon plaggique a des couleurs brunâtres ou noirâtres suivant l'origine du matériau dont il dérive et sa réaction est légèrement à fortement acide. Des marques de travail telles que des traces de bêche et des couches d'anciennes cultures sont imprimées dans le sol. Les horizons plaggiques recouvrent généralement des sols enfouis, quoique les couches de surface originelles puissent avoir été mélangées. La limite inférieure est souvent nette.

L'horizon irragrique montre des traces d'activité biologique importante et il contient plus de 25 pourcent (en volume) de turricules. La limite inférieure est nette et des dépôts dus à l'irrigation peuvent se retrouver plus bas.

L'horizon **hortique** est également mélangé sur toute son épaisseur et, si des stratifications ont existé, elles ont disparu. Des artefacts et des débris de culture sont courants mais souvent très abrasés. Les turricules occupent plus de 25 pourcent du volume. Des traces de travaux cultureux ou des marques de mélange du sol peuvent être observées. Des sols enfouis peuvent être préservés mais ils sont généralement incorporés dans l'horizon.

L'horizon **anthraquique** comprend la couche bourbeuse et la semelle de labour d'un sol de rizière de bas-fond cultivée de manière continue depuis longtemps. La couche bourbeuse a des couleurs associées à une réduction, accompagnées de taches de hue faible et de cutanes Fe-Mn sur les faces des peds et sur les parois des pores. Il est très dispersable, montrant différents types d'agrégats et des pores vésiculaires.

L'horizon **hydragrique** présente soit des caractères de réduction dans les pores, tels que des revêtements ou des halos dont le hue est de 2,5Y ou plus jaune et le chroma (à l'état humide) égal ou inférieur à 2, soit des individualisations de fer et/ou de manganèse dans la matrice dues à un environnement oxydant. Généralement, des cutanes gris d'argile-limon fin et d'argile-limon-humus peuvent être observés sur les faces des peds.

HORIZON ARGIQUE

Description générale. L'horizon argique (du L. *argilla*, argile blanche) est un horizon subsuperficiel ayant une teneur en argile nettement plus élevée que l'horizon sus-jacent. La différenciation texturale peut être due à une accumulation illuviale d'argile, à une formation

pédogénétique prédominante d'argile dans le sous-sol, ou à la destruction de l'argile dans l'horizon de surface, ou à une érosion sélective en surface de l'argile, ou à une activité biologique, ou à la combinaison de deux ou plus de ces différents processus. La sédimentation en surface de matériaux plus grossiers que ceux de l'horizon subsuperficiel peut accentuer la différenciation pédogénétique texturale. Cependant, une simple discontinuité lithologique, telle qu'observable dans des dépôts alluviaux, ne peut être qualifiée d'horizon argique.

Les sols à teneur différenciée en argile ont souvent un ensemble spécifique de propriétés morphologiques, physico-chimiques et minéralogiques autres qu'une simple augmentation d'argile. Ces propriétés permettent de distinguer divers types d'horizons 'argiques' et de reconnaître le cheminement de leur développement (Sombroek, 1986). Les principaux sous-types sont les horizons lixi-, luvi-, abrupti-, plan-argiques, ainsi que les horizons natrique et nitique.

La définition de l'horizon B argique dans la Légende Révisée de la Carte Mondiale des Sols (FAO, 1988) est prise comme référence ; une seule modification y est apportée : l'exigence d'observer sur le terrain '*... au moins 1 pourcent de films argileux sur les surfaces des peds et dans les pores...*' est modifiée en **5** pourcent. Cette modification se base sur la notion qu'il n'y a pas de correspondance parfaite entre la quantité de films d'argile sur les surfaces des peds et dans les pores, et le pourcentage en lame mince occupé par des argiles orientées. Même si 100 pourcent des surfaces des peds sont recouverts par des films argileux, les lames minces seront occupées dans leur majeure part par la matrice du sol et par des vides.

Critères diagnostiques. Un horizon argique doit avoir:

1. une texture sablo-loameuse ou plus fine et au moins 8 pourcent d'argile dans la fraction terre fine; *et*
2. plus d'argile totale que dans un horizon sus-jacent de texture plus grossière (à l'exclusion des différences qui résultent uniquement d'une discontinuité lithologique) de manière telle que:
 - a. si l'horizon sus-jacent a moins de 15 pourcent d'argile totale dans la fraction terre fine, l'horizon argique doit contenir au moins 3 pourcent d'argile en plus; *ou*
 - b. si l'horizon sus-jacent contient 15 pourcent ou plus mais moins de 40 pourcent d'argile totale dans la fraction terre fine, le rapport argile de l'horizon argique/argile de l'horizon sus-jacent doit être d'au moins 1,2; *ou*
 - c. si l'horizon sus-jacent contient 40 pourcent ou plus d'argile totale dans la fraction terre fine, l'horizon argique doit contenir au moins 8 pourcent d'argile en plus; *et*
3. une augmentation de la teneur en argile sur une distance verticale de 30 cm si l'horizon argique est dû à une illuviation. Dans les autres cas, l'augmentation de la teneur en argile entre l'horizon sus-jacent et l'horizon argique doit être atteinte sur une distance verticale de 15 cm; *et*
4. une absence de structure de roche en place dans plus de la moitié de l'horizon; *et*
5. une épaisseur d'au moins un dixième de la somme de l'épaisseur de tous les horizons sus-jacents avec un minimum de 7,5 cm. Si l'horizon argique est entièrement composé de lamelles, celles-ci doivent avoir une épaisseur cumulée d'au moins 15 cm. Un horizon de texture plus grossière recouvrant l'horizon argique doit avoir au moins 18 cm d'épaisseur ou 5 cm si la transition texturale vers l'horizon argique est abrupte (voir *changement textural brusque*).

Identification sur le terrain. La différenciation texturale est le caractère principal de reconnaissance de l'horizon argique sur le terrain. La nature illuviale peut être établie sur le

terrain à l'aide d'une loupe grossissant 10 fois si des films d'argile apparaissent clairement sur les faces des peds, dans les fissures, dans les pores et dans les canaux. Un horizon argique 'illuvial' doit montrer, au moins dans certaines parties, des films argileux sur 5 pourcent au moins des faces horizontales et verticales des peds et dans les pores.

Les revêtements d'argile sont souvent difficiles à détecter dans les sols à minéralogie smectitique car ils sont régulièrement détruits par les mouvements de gonflement - contraction. La présence de revêtements argileux uniquement en positions 'protégées', par exemple dans les pores, est suffisante pour satisfaire aux exigences d'un horizon argique 'illuvial'.

Caractéristiques complémentaires. Le meilleur moyen de reconnaître le caractère illuvial d'un horizon argique est d'utiliser des lames minces. En moyenne, les horizons argiques 'illuviaux' diagnostiques doivent présenter des plages avec argiles orientées sur au moins 1 pourcent de la coupe. D'autres tests comprennent l'analyse granulométrique pour déterminer l'augmentation de la teneur en argile sur une profondeur spécifiée, ainsi que l'analyse argile fine⁹/argile totale. Dans les horizons argiques 'illuviaux' ce rapport est plus grand que dans les horizons sus-jacents, car il y a éluviation préférentielle des particules d'argile fine.

Si le sol montre une **discontinuité lithologique** sur ou dans l'horizon argique, ou si l'horizon de surface a été décapé par érosion, ou si seule une couche labourée recouvre l'horizon argique, la nature illuviale doit être établie clairement.

Une discontinuité lithologique, si elle n'est pas claire sur le terrain (données), peut être identifiée par les pourcentages de sable grossier, de sable fin et de limon calculés sans tenir compte de l'argile (distribution granulométrique internationale ou utilisation de groupements additionnels du système USDA ou d'un autre système), ou par changement dans la teneur en graviers et en fractions plus grossières. Un changement d'au moins 20 pourcent (en valeur relative) de n'importe quelle fraction granulométrique principale peut être considéré comme diagnostique pour une discontinuité lithologique. Cependant, il ne faut en tenir compte que si elle est localisée dans la section du profil où l'augmentation d'argile est observée et s'il est évident que la couche sus-jacente était de texture plus grossière.

Quoique cette méthode d'identification des discontinuités lithologiques soit simplifiée, il n'est guère possible d'en faire plus avec les données généralement disponibles. D'autre part, les discontinuités granulométriques sont du plus haut intérêt pour l'horizon argique ; elles montreront si le matériau sus-jacent était très différent et plus grossier, même si les pertes en argile dues à l'éluviation ou à d'autres processus ne sont pas prises en considération.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons argiques sont normalement associés à des horizons éluviaux, c'est-à-dire des horizons desquels l'argile et le fer ont été enlevés, et sont situés sous ces horizons éluviaux. Bien qu'initialement formés comme horizons subsuperficiels, des horizons argiques peuvent s'observer en surface suite à une érosion ou aussi à un décapage des horizons sus-jacents.

⁹ Argile fine : <0.2µm.

Certains horizons enrichis en argile peuvent avoir l'ensemble des propriétés qui caractérisent l'horizon *ferralique*, à savoir de faibles CEC et CECE (CEC effective), une faible teneur en argile dispersable à l'eau et une faible teneur en minéraux altérables, le tout sur une profondeur de 50 cm. Pour la classification de tels cas, l'horizon ferralique sera préféré à l'horizon argique. Cependant, un horizon argique prévaudra lorsqu'il recouvre un horizon ferralique et qu'il a, dans ses 30 premiers cm, 10 pourcent ou plus d'argile dispersable dans l'eau, sauf si le matériau originel a des propriétés *gériques* ou plus de 1,4 pourcent de carbone organique.

Les horizons argiques n'ont ni la structure ni les caractéristiques de saturation en sodium de l'horizon *natrique*.

HORIZON CALCIQUE

Description générale. L'horizon calcique (du L. *calx*, chaux) est un horizon dans lequel du carbonate de calcium secondaire (CaCO_3) s'est accumulé soit sous forme de **distributions diffuses** (carbonate de calcium présent uniquement sous forme de fines particules de 1 mm ou moins dispersées dans le fond matriciel), soit sous forme de **concentrations discontinues** (pseudo-mycélium, cutanes, nodules tendres et durs, ou veines). L'accumulation peut se situer dans le matériau originel ou dans des horizons subsuperficiels, mais peut également se présenter dans les horizons de surface suite à une érosion. Si l'accumulation de carbonates tendres devient telle que toutes les (ou la plupart des) structures pédologiques et/ou lithologiques disparaissent et que dominant des **concentrations continues** de carbonate de calcium, alors l'horizon est dénommé horizon *hypercalcique* (du Gr. *hyper*, qui supplante, et L. *calx*, chaux).

Critères diagnostiques. Un horizon calcique doit avoir:

1. une teneur en équivalent carbonate de calcium de 15 pourcent ou plus, dans la fraction terre fine, (pour les horizons hypercalciques, plus de 50 pourcent d'équivalent carbonate de calcium dans la fraction terre fine); *et*
2. une épaisseur d'au moins 15 cm ; même épaisseur requise pour l'horizon hypercalcique.

Identification sur le terrain. La présence de carbonate de calcium peut être reconnue sur le terrain au moyen d'une solution à 10 pourcent d'HCl. Le degré d'effervescence (seulement audible, ou visible sous forme de bulles individuelles, ou visible sous forme d'écume) est une indication de la quantité de calcaire présent. Ce test est important si le calcaire n'est présent que sous forme diffuse.

D'autres indications de la présence d'un horizon calcique ou hypercalcique sont:

1. des couleurs de sol plus ou moins blanches, rosâtres à rougeâtres, ou grises; et
2. une faible porosité (la porosité entre les agrégats dans l'horizon (hyper-)calcique est généralement inférieure à celle de l'horizon immédiatement sus-jacent et probablement aussi de l'horizon directement sous-jacent).

La teneur en carbonate de calcium peut décroître avec la profondeur, mais ceci est souvent difficile à établir, en particulier si l'horizon calcique se situe plus profondément dans le sous-sol. Par conséquent, l'accumulation de calcaire secondaire est suffisante pour diagnostiquer un horizon (hyper-)calcique.

Caractéristiques complémentaires. La détermination de la quantité de carbonate de calcium (en poids) et le changement de la teneur en carbonate de calcium à l'intérieur du profil sont les principaux critères analytiques établissant la présence d'un horizon calcique. La détermination du pH (H₂O) permet de faire la distinction entre des accumulations à caractère basique ('calcique') (pH 8,0 - 8,7) dues à la dominance de CaCO₃, et des accumulations à caractère ultrabasique ('non calcique') (pH > à 8,7) dues à la présence de MgCO₃ ou de Na₂CO₃.

De plus, une analyse microscopique de lames minces peut révéler la présence de formes de dissolution dans les horizons situés au dessus ou en dessous de l'horizon calcique, des marques d'épigenèse de silicates (substitution isomorphe de quartz par la calcite), ou la présence d'autres structures d'accumulation de carbonate de calcium, tandis que les analyses minéralogiques des argiles des horizons calciques montrent souvent des argiles caractéristiques des environnements confinés, comme des montmorillonites, des attapulgites et des sépiolites.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Lorsque des horizons hypercalciques s'indurent, ils passent par transition à des horizons *pétrocalciques* qui peuvent être massifs ou avoir des structures lamellaires.

Dans les régions sèches et en présence de sols ou de nappes aquifères contenant des sulfates, les horizons calciques sont associés à des horizons *gypsiques*. En général, les horizons calciques et gypsiques occupent des positions différentes dans le profil à cause de la différence de solubilité du carbonate de calcium, et normalement leur morphologie permet de les distinguer facilement les uns des autres. Les cristaux de gypse ont des formes de tendance aciculaire, souvent visibles à l'œil nu, tandis que les cristaux de carbonate de calcium pédogénétique ont une taille beaucoup plus petite.

HORIZON CAMBIQUE

Description générale. L'horizon cambique (du L. *cambiare*, changer) est un horizon subsuperficiel manifestant des marques d'altération par rapport aux horizons sous-jacents. Il n'a pas l'ensemble des propriétés diagnostiques d'un horizon *ferralique*, *argique*, *natrique* ou *spodique*, ni les couleurs foncées, ni la teneur en matière organique, ni la structure d'un horizon *histique*, *folique*, *mollique* ou *umbrique*.

Critères diagnostiques. Un horizon cambique doit avoir:

1. une texture sablo-loameuse ou plus fine dans la fraction terre fine; *et*
2. une structure de sol au moins modérément développée ou une absence de structure de roche dans la moitié au moins du volume de l'horizon; *et*
3. des marques d'altération sous l'une ou plusieurs des formes suivantes:
 - a. un chroma plus fort, un hue plus rouge ou une teneur en argile plus élevée que dans l'horizon sous-jacent; *ou*
 - b. des preuves de disparition des carbonates. En particulier, un horizon cambique a moins de carbonates qu'un horizon sous-jacent ayant une accumulation de carbonates de calcium. Cependant, tous les carbonates primaires ne doivent pas avoir disparu d'un horizon pour qu'il puisse être qualifié de cambique. Si tous les éléments grossiers de l'horizon sous-jacent sont complètement revêtus de calcaire, certains de ces fragments dans l'horizon cambique sont partiellement sans revêtements. Si les éléments grossiers de l'horizon présentant une accumulation de carbonates de calcium ne sont revêtus que sur leur face inférieure, ceux de l'horizon cambique ne peuvent avoir de revêtements; *ou*

- c. s'il n'y a pas de carbonates dans le matériau originel et dans la poussière qui tombe sur le sol, la présence d'une structure de sol et l'absence de structure de roche suffisent à satisfaire l'exigence d'altération; *et*
4. absence de la consistance cassante (à l'état humide) typique de l'horizon **fragique**; *et*
5. *soit* - une capacité d'échange cationique (par NH_4OAc 1 *M*) supérieure à $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile;
soit - une capacité d'échange cationique effective (somme des bases échangeables plus acidité d'échange dans KCl 1 *M*) inférieure à $12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile;
soit - 10 pourcent au moins de minéraux altérables dans la fraction 50-200 μm .
6. une épaisseur d'au moins 15 cm et sa base à 25 cm au moins de profondeur.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les exigences portant sur les capacité d'échange cationique / capacité d'échange cationique effective / minéraux altérables, séparent l'horizon cambique de l'horizon *ferralique*.

HORIZON CHERNIQUE

Description générale. L'horizon chernique (du Russe *chern*, noir) est un type spécial d'horizon *mollique*. C'est un horizon de surface épais, bien structuré, noirâtre, dont la saturation en bases, la teneur en matière organique et l'activité biologique sont élevées.

Critères diagnostiques. Un horizon chernique doit avoir:

1. une structure granulaire ou polyédrique subangulaire fine; *et*
2. un chroma inférieur à 2.0 à l'état humide, une valeur plus foncée que 2.0 à l'état humide et que 3.0 à l'état sec pour des échantillons à la fois broyés et écrasés. S'il y a plus de 40 pourcent de calcaire finement divisé, ou si la texture de l'horizon est un sable loameux ou est plus grossière, les limites de valeur à l'état sec sont ignorées; la valeur, à l'état humide, doit être égale ou inférieure à 3.0. La valeur doit être d'au moins une unité plus foncée que celle de l'horizon C11 (aussi bien à l'état humide que sec), sauf si le sol dérive d'un matériau originel de couleur foncée ; dans ce cas, le contraste de couleur peut être négligé. S'il n'y a pas d'horizon C, la comparaison doit se faire avec l'horizon immédiatement sous-jacent à l'horizon de surface. Les exigences de couleur reprises ci-dessus s'appliquent aux 15 premiers cm de l'horizon chernique ou à la couche immédiatement sous la couche de labour; *et*
3. 50 pourcent ou plus (en volume) de l'horizon sont constitués de chenaux de vers, de turricules et de terriers obturés d'animaux; *et*
4. une teneur en carbone organique d'au moins 1,5 pourcent (2,5 pourcent de matière organique) sur toute l'épaisseur du sol après mélange. La teneur en matière organique est d'au moins 6 pourcent si les exigences concernant la couleur sont gommées par la présence

10 La détermination de la teneur en minéraux altérables peut être remplacée par l'analyse de la réserve totale en bases (RTB = Ca, Mg, K et Na échangeables plus minéraux). Une RTB de $25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de sol correspond bien à 10 pour-cent de minéraux altérables dans la fraction 50-200 μm .

11 Référence est ici faite à la nomenclature des principaux horizons utilisée dans les *Directives pour la Description des Sols* de la FAO (1990) ; voir Annexe 1.

- de calcaire finement divisé, ou 1,5 pourcent de plus que l'horizon C si ces exigences sont gommées parce que les matériaux originels sont de couleur foncée; *et*
5. un taux de saturation en bases (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1M$) de 80 pourcent ou plus; *et*
 6. une épaisseur d'au moins 35 cm. La mesure de l'épaisseur de l'horizon chernique comprend les horizons transitionnels dans lesquels les caractéristiques de l'horizon de surface sont dominantes, par exemple AB, AE ou AC.

Identification sur le terrain. L'horizon chernique peut être identifié par sa couleur noirâtre due à l'accumulation de matière organique, par sa structure bien développée (généralement granulaire), par son activité biologique intense, principalement des vers de terre et autres animaux fouisseurs, et par son épaisseur.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Comparé à l'horizon *mollique*, le caractère spécifique de l'horizon chernique est exprimé par sa teneur plus élevée en carbone organique, ses couleurs plus foncées, sa contribution biologique importante à la structure du sol et sa profondeur minimale plus grande. La limite supérieure de la teneur en carbone organique est de 12 pourcent (20 pourcent de matière organique), ce qui correspond à la limite inférieure de l'horizon *histique*, ou de 20 pourcent, qui est la limite de l'horizon *folique*.

HORIZON CRYIQUE

Description générale. L'horizon cryique (du Gr. *kryos*, froid, glace) est un horizon de sol continuellement gelé dans un matériau *minéral* ou *organique*.

Critères diagnostiques. Un horizon cryique doit avoir:

1. une température du sol égale ou inférieure à 0°C pendant au moins deux années consécutives; *et*
2. a. en présence d'eau interstitielle en suffisance, des marques de cryoturbation, un foisonnement dû au froid, un tri cryogénique, des fentes thermales ou une ségrégation due à la glace; *ou*
b. en l'absence d'humidité interstitielle suffisante, des marques de contraction thermique du matériau gelé; *et*
3. des macrostructures lamellaires ou polyédriques dues à un développement de veines de glace et des microstructures orbiculaires, conglomériques et rubanées dues au tri du matériau grossier.

Identification sur le terrain. S'il y a de l'humidité dans le sol, les horizons cryiques montrent des marques permanentes de ségrégation dues à la glace et/ou à des processus cryogéniques (matériau du sol mélangé, horizons disloqués, involutions (aspect tourbillonnant des horizons), intrusions organiques, foisonnement dû au gel, séparation entre les matériaux de sols grossiers et fins, fentes, caractères typiques en surface tels que monticules de terre, buttes gelées, cercles de pierres, nids et polygones).

S'il n'y a pas d'eau interstitielle en suffisance, les horizons cryiques sont secs; des contractions thermales surviennent mais elles sont moins développées que dans les horizons cryiques dont les teneurs en eau sont plus élevées.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons cryiques peuvent présenter des caractéristiques des horizons *histiques*, *andiques* ou *spodiques*, et ils peuvent se trouver en association avec des horizons *saliques*, *calciques*, *molliques*, *umbriques* ou *ochriques*. Dans les régions arides et froides, on peut les rencontrer associés à des horizons *yermiques*.

HORIZON DURIQUE

Description générale. L'horizon durique (du L. *durum*, dur) est un horizon subsuperficiel présentant des nodules faiblement cimentés ou indurés dont le ciment est de la silice (SiO₂), probablement sous forme d'opale ou de microcristaux de silice ('durinodes').

Critères diagnostiques. Un horizon durique doit avoir:

1. 10 pourcent ou plus (en volume) de durinodes dont les propriétés sont les suivantes:
 - a. elles ne se délitent pas dans l'acide chlorhydrique (HCl) concentré, mais bien dans l'hydroxyde de potassium (KOH) concentré et chaud après traitement à HCl; *et*
 - b. elles sont fermes ou très fermes et cassantes à l'état humide, à la fois avant et après traitement à l'acide; *et*
 - c. elles ont un diamètre d'au moins 1 cm; *et*
2. une épaisseur égale ou supérieure à 10 cm.

Caractères complémentaires. Les durinodes sèches ne se délitent pas de manière notable dans l'eau mais, agitées durant un certain temps, elles peuvent se déliter en fines pellicules et se désagréger quelque peu. En coupe, la plupart des durinodes sont grossièrement concentriques et des fibres concentriques d'opale peuvent être observées à la loupe.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Dans les régions arides, les horizons duriques s'observent en association avec des horizons *gypsiques*, *pétrogypsiques*, *calciques* et *pétrocalciques*. Dans les climats plus humides, l'horizon durique peut évoluer en horizon *fragique*.

HORIZON FERRALIQUE

Description générale. L'horizon ferralique (du L. *ferrum*, fer et *alumen*, alun) est un horizon subsuperficiel résultant d'une altération longue et intense, dans lequel la fraction argileuse est dominée par des argiles à faible activité et les fractions limon et sable par des minéraux très résistants tels que les oxydes de fer, d'aluminium, de manganèse et de titane.

Critères diagnostiques. Un horizon ferralique doit avoir:

1. une granulométrie sablo - loameuse ou plus fine *et* moins de 90 pourcent (en poids) de graviers, de pierres ou de concrétions pétriplinthiques (fer-manganèse); *et*
2. une capacité d'échange cationique (par NH₄OAc 1 M) égale ou inférieure à 16 cmol_c kg⁻¹ d'argile *et* une capacité d'échange cationique effective (somme des bases échangeables plus acidité d'échange dans KCl 1 M) inférieure à 12 cmol_c kg⁻¹ d'argile; *et*
3. moins de 10 pourcent d'argile dispersable dans l'eau, sauf si le matériau a des propriétés *gériques* ou plus de 1,4 pourcent de carbone organique; *et*
4. moins de 10 pourcent de minéraux altérables dans la fraction 50-200 µm; *et*
5. aucune caractéristique diagnostique de l'horizon *andique*; *et*
6. une épaisseur d'au moins 30 cm..

Identification sur le terrain. L'horizon ferralique est associé à d'anciennes surfaces géomorphologiques stables. Généralement, la macrostructure semble à première vue être modérément à faiblement développée. Cependant, les horizons ferraliques typiques ont une micro-agrégation forte ('pseudosable'). La consistance est généralement friable, et donne l'apparence d'un 'matériau coulant entre les doigts comme de la farine'. Les échantillons d'horizons ferraliques pris en main paraissent d'habitude assez légers, à cause de leur faible densité apparente. Lorsqu'on les travaille, de nombreux horizons ferraliques émettent un son sourd indicatif de leur porosité élevée.

Une illuviation et des caractères de contrainte tels que des revêtements d'argile et des faces de pression sont habituellement absents, bien que certains cutanes d'illuviation puissent s'observer à la base de l'horizon. Les limites d'un horizon ferralique sont normalement diffuses et seule une légère différenciation dans la couleur ou dans la granulométrie peut être détectée à l'intérieur même de l'horizon. Il a la texture d'un loam sableux ou plus fine dans la fraction terre fine et a moins de 90 pourcent (en poids) de graviers, de pierres ou de concrétions pétroplinthiques.

Caractères complémentaires. Comme alternative à l'exigence concernant les minéraux altérables, une réserve totale en bases (RTB = Ca, Mg, K et Na échangeables plus minéraux) inférieure à 25 cmol_c kg⁻¹ de sol peut être une indication.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons ferraliques peuvent satisfaire aux exigences d'augmentation d'argile qui caractérisent l'horizon *argique*. Si les 30 cm supérieurs de l'horizon d'augmentation d'argile contiennent 10 pourcent ou plus d'argile dispersable dans l'eau, un horizon argique a prédominance sur un horizon ferralique lorsqu'il s'agit de classification, sauf si le matériau a des propriétés *gériques* ou plus de 1,4 pourcent de carbone organique.

Les teneurs en Fe, Al et Si extractibles à l'oxalate d'ammonium acide (Al_{ox}, Fe_{ox}, Si_{ox}) dans les horizons ferraliques sont très faibles, ce qui les distingue des horizons *andique* et *nitique*. Les horizons andiques ont au moins Al_{ox} + ½ Fe_{ox} > à 0,4 (en présence de plus de 10 pourcent de particules de verres volcaniques dans la fraction terre fine), et les horizons nitiques possèdent une quantité significative d'oxydes de fer: plus de 0,2 pourcent de fer extractible par l'oxalate acide (pH 3) dans la fraction terre fine qui, de surcroît, a plus de 5 pourcent de fer extractible par le dithionite - citrate.

La limite avec l'horizon *cambique* est donnée par les exigences de capacité d'échange cationique, de capacité d'échange cationique effective et de minéraux altérables. Certains horizons cambiques ont une capacité d'échange cationique faible, mais la quantité de minéraux altérables (ou la réserve totale en bases) est trop élevée pour un horizon ferralique. De tels horizons représentent un stade avancé d'altération et forment une transition entre l'horizon cambique et l'horizon ferralique.

HORIZON FERRIQUE

Description générale. L'horizon ferrique (du L. *ferrum*, fer) est un horizon dans lequel la ségrégation du fer est telle que de grandes taches ou des concrétions se sont formées et que la fond matriciel entre les taches et les concrétions a perdu une grande partie du fer.

Généralement, une telle ségrégation aboutit à une faible agrégation des particules du sol dans les zones dépourvues de fer et à une compaction de l'horizon.

Critères diagnostiques. Un horizon ferrique doit avoir:

1. de nombreuses taches grossières (plus de 15 pourcent de la zone de surface exposée) dont les hues sont plus rouges que 7,5YR et les chromas supérieurs à 5, ou les deux; *ou*
2. des nodules isolés de 2 cm de diamètre au plus, dont l'extérieur est enrichi et faiblement cimenté ou induré par du fer et a des hues plus rouges et des chromas plus forts que l'intérieur; *et*
3. une épaisseur d'au moins 15 cm.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Si la quantité de nodules atteint 10 pourcent ou plus (en volume) et que les nodules durcissent irréversiblement sous forme d'une couche indurée ou d'agrégats irréguliers lorsqu'ils sont soumis à des humidifications et assèchements répétés en présence d'oxygène, l'horizon est considéré comme un horizon *plinthique*. Par conséquent, des horizons ferriques peuvent, dans les régions tropicales et subtropicales, évoluer latéralement en horizons plinthiques. La transition entre ces deux types d'horizons n'est pas toujours très claire.

HORIZON FOLIQUE

Description générale. L'horizon folique (du L. *folium*, feuille) est un horizon de surface ou subsuperficiel présent à faible profondeur, qui consiste en matériau de sol organique bien aéré.

Critères diagnostiques. Un horizon folique doit avoir:

1. plus de 20 pourcent (en poids) de carbone organique (35 pourcent de matière organique); *et*
2. une saturation en eau durant moins d'un mois la plupart des années; *et*
3. une épaisseur de plus de 10 cm. Si un horizon folique a moins de 20 cm d'épaisseur, les 20 premiers cm du sol doivent contenir, après mélange, 20 pourcent ou plus de carbone organique.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons *histiques* ont des caractéristiques semblables à celles de l'horizon folique. Cependant, ils sont saturés en eau pendant au moins un mois la plupart des années. De plus, la composition de l'horizon histique n'est généralement pas la même que celle de l'horizon folique car la végétation qui le recouvre est souvent différente.

HORIZON FRAGIQUE

Description générale. L'horizon fragique (du L. *fragilis*, *frangere*, se briser) est un horizon subsuperficiel non cimenté naturel dont les types de pédalité et de porosité sont tels que les racines et l'eau de percolation ne pénètrent que le long des faces interpédales et des stries. Le caractère naturel exclut les semelles de labour et les pans dus au trafic en surface.

Critères diagnostiques. Un horizon fragique doit avoir:

1. une densité apparente plus élevée que celle des horizons sus-jacents; *et*
2. moins de 0,5 pourcent de carbone organique; *et*
3. une résistance à la pénétration supérieure à 50 kN m⁻¹; *et*
4. des mottes qui, une fois séchées à l'air, se délitent ou se fracturent dans l'eau endéans dix minutes; *et*
5. aucune cimentation après humidifications et séchages répétés; *et*
6. une épaisseur d'au moins 25 cm.

Identification sur le terrain. Un horizon fragique a une structure prismatique et/ou polyédrique. Les parties internes des peds peuvent avoir une porosité totale relativement élevée, comprenant des pores de plus de 200 µm de largeur, mais suite à la présence d'une bordure externe dense autour des peds, aucune continuité ne relie les pores internes des peds, les pores entre les peds et les fissures. L'horizon fragique ne montre aucune activité d'animaux fouisseurs sauf occasionnellement le long des stries interpedales. Il résulte de ce 'système en vase clos' que plus de 90 pourcent du volume du sol ne peuvent être explorés par le système racinaire ni être atteints par l'eau de percolation. L'estimation ou la mesure de ce volume de sol ne peut être faite qu'en combinant les sections horizontale et verticale de l'horizon fragique.

L'interface ou la strie entre les peds peut avoir la couleur, les caractéristiques minéralogiques et chimiques d'un horizon éluvial ou *albique*, ou correspondre aux définitions des *langues albeluviques*. En présence d'une nappe aquifère fluctuante, cette partie du sol est dépourvue de fer et de manganèse. Comme l'air reste emprisonné à l'intérieur des peds, une accumulation concomitante de fer est observée sur les bords des peds et des accumulations de manganèse peuvent exister plus avant à l'intérieur des peds (*modèle de couleurs stagniques*).

Les horizons fragiques sont généralement loameux mais des textures loamo - sableuses ou argileuses ne sont pas exclues. Dans ce dernier cas, la minéralogie des argiles est dominée par la kaolinite.

Sèches, les mottes sont dures à extrêmement dures ; humides, elles sont fermes à extrêmement fermes et leur consistance peut devenir cassante. Lorsqu'on leur applique une certaine pression, un ped ou une motte d'horizon fragique tendent à se rompre brusquement plutôt qu'à se déformer lentement.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Un horizon fragique peut être sous-jacent, mais pas nécessairement directement, à un horizon *albique*, *cambique*, *spodique* ou *argique*, sauf si le sol a été tronqué. Il peut recouvrir partiellement ou complètement un horizon argique. Dans les régions sèches, les horizons fragiques peuvent évoluer latéralement vers des horizons (*pédro-*) *duriques*. De plus, les horizons fragiques peuvent avoir des propriétés *stagniques*.

HORIZON FULVIQUE

Description générale. L'horizon fulvique (du L. *fulvus*, fauve, brun) est un horizon noir, épais, situé en surface ou proche de celle-ci, qui est généralement associé à des minéraux protocristallins (habituellement de l'allophane) ou à des complexes organo-alumineux. Il a une faible densité apparente et contient une grande quantité de matière organique.

Critères diagnostiques. Un horizon fulvique doit avoir:

1. sur toute son épaisseur les propriétés caractéristiques des horizons *andiques*; *et*
2. une valeur Munsell (à l'état humide) et un chroma égaux ou inférieurs à 2; *et*
3. un indice mélanique de plus de 1,70 sur toute son épaisseur; *et*
4. une moyenne pondérale de 6 pourcent ou plus de carbone organique et au moins 4 pourcent de carbone organique dans toutes ses parties; *et*
5. une épaisseur cumulée d'au moins 30 cm avec moins de 10 cm de matériau 'non fulvique' entre les couches.

Identification sur le terrain. Son intense couleur foncée, son épaisseur, ainsi que son association habituelle à des dépôts pyroclastiques font que l'horizon fulvique est facilement reconnaissable sur le terrain. Cependant, la distinction entre l'horizon fulvique et l'horizon *mélanique* ne peut se faire qu'à l'aide d'analyses en laboratoire.

HORIZON GYPSIQUE

Description générale. L'horizon gypsiq (du L. *gypsum*, plâtre) est un horizon non cimenté contenant des accumulations secondaires de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sous différentes formes.

Critères diagnostiques. Un horizon gypsiq doit avoir:

1. 15 pourcent ou plus de gypse; si l'horizon contient 60 pourcent ou plus de gypse, il est appelé horizon *hypergypsiq* (du Gr. *hyper* qui supprime, et du L. *gypsum*). Le pourcentage de gypse est calculé en multipliant la teneur en gypse, exprimée en $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de sol, par l'équivalent poids du gypse (86) divisé par 10^3 ; *et*
2. une épaisseur d'au moins 15 cm, épaisseur exigée également pour l'horizon hypergypsiq.

Identification sur le terrain. Le gypse peut se trouver sous forme de pseudomycélium, de cristaux grossiers (individualisés, sous forme de nids, de barbes ou de revêtements, ou de groupements allongés de cristaux fibreux) ou d'accumulations poudreuses compactes. Cette dernière forme donne à l'horizons gypsiq une structure massive et une texture sableuse. La distinction entre les accumulations poudreuses compactes et les autres formes est importante en ce qui concerne la potentialité du sol.

Les horizons gypsiques peuvent être associés aux horizons calciques, mais occupent toujours des positions séparées à l'intérieur du profil car la solubilité du gypse est plus élevée que celle de la calcite.

Caractères complémentaires. La détermination de la quantité de gypse dans le sol pour vérifier la teneur et l'augmentation requises ainsi que l'analyse de lames minces sont utiles pour établir la présence d'un horizon gypsiq et la distribution du gypse dans la masse du sol.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Lorsqu'un horizon hypergypsique s'indure, il devient un horizon *pétrogypsique*. Celui-ci présente des structures massives ou lamellaires.

Dans les régions sèches, les horizons gypsiques sont associés aux horizons *calciques* ou *saliques*. Les horizons calciques et gypsiques occupent généralement des positions différentes dans le profil parce que le produit de solubilité du carbonate de calcium est différent, et normalement ils peuvent être clairement distingués l'un de l'autre par leur morphologie (voir horizon calcique). Pour les mêmes raisons, les horizons salique et gypsique occupent également des positions différentes.

HORIZON HISTIQUE

Description générale. L'horizon histique (du Gr. *histos*, tissu) est un horizon de surface, ou subsuperficiel apparaissant à faible profondeur, constitué de matériaux *organiques* sous aération médiocre.

Critères diagnostiques. Un horizon histique doit avoir:

1. *soit* - 18 pourcent ou plus (en poids) de carbone organique (30 pourcent de matière organique) si la fraction minérale contient au moins 60 pourcent d'argile ;
soit - 12 pourcent ou plus (en poids) de carbone organique (20 pourcent de matière organique) si la fraction minérale ne contient pas d'argile ;
soit - une limite inférieure de la teneur en carbone organique comprise entre 12 et 18 pourcent et proportionnelle au contenu en argile dans la fraction minérale, si celui-ci est compris entre 0 et 60 pourcent. S'il se situe dans des matériaux caractéristiques des horizons *andiques*, la teneur en carbone organique doit être supérieure à 20 pourcent (35 pourcent de matière organique); *et*
2. une saturation en eau pendant au moins un mois durant la plupart des années (sauf s'il est artificiellement drainé); *et*
3. une épaisseur d'au moins 10 cm. Un horizon histique de moins de 20 cm d'épaisseur doit avoir au moins 12 pourcent de carbone organique lorsqu'il est mélangé sur 20 cm de profondeur.

HORIZON HORTIQUE (voir horizons anthropédogéniques)

HORIZON HYDRAGRIQUE (voir horizons anthropédogéniques)

HORIZON IRRAGRIQUE (voir horizons anthropédogéniques)

HORIZON MELANIQUE

Description générale. L'horizon mélanique (du Gr. *melanos*, noir) est un horizon épais, noir situé en surface ou proche de celle-ci, qui est généralement associé à des minéraux

protocristallins (habituellement de l'allophane) ou à des complexes organo-alumineux. Il a une faible densité apparente et contient une grande quantité de matière organique dont le type semble résulter des nombreux résidus de racines engendrés par une végétation de graminées.

Critères diagnostiques. Un horizon mélanique doit avoir:

1. sur toute son épaisseur les propriétés caractéristiques des horizons *andiques*; *et*
2. une valeur Munsell (à l'état humide) et un chroma égaux ou inférieurs à 2; *et*
3. un indice mélanique 13 de 1,70 ou moins dans tout l'horizon; *et*
4. une moyenne pondérée de 6 pourcent ou plus de carbone organique, et 4 pourcent ou plus de carbone organique dans toutes ses parties; *et*
5. une épaisseur cumulée d'au moins 30 cm avec moins de 10 cm de matériau 'non mélanique' entre les couches.

Identification sur le terrain. Sa couleur foncée intense, son épaisseur ainsi que son association habituelle à des dépôts pyroclastiques font que l'horizon mélanique est facilement reconnaissable sur le terrain. Sa relation avec une végétation de prairie ne peut être établie que sous conditions naturelles ou peut être déduite de témoignages historiques. Cependant, des analyses de laboratoire pour la détermination du type de matière organique peuvent être nécessaires pour identifier sans ambiguïté l'horizon mélanique.

HORIZON MOLLIQUE

Description générale. L'horizon mollique (du L. *mollis*, doux) est un horizon de surface bien structuré, de couleur foncée, dont la saturation en bases est élevée et la teneur en matière organique modérée à élevée.

Critères diagnostiques. Un horizon mollique doit avoir:

1. une structure suffisamment affirmée pour que l'horizon ne soit ni massif ni dur ou très dur à l'état sec. Des prismes très grossiers (de plus de 30 cm de diamètre) sont compris dans le sens de massif s'il n'y a pas de structure secondaire à l'intérieur des prismes; *et*
2. un chroma Munsell inférieur à 3,5 à l'état humide, et une valeur plus foncée que 3,5 à l'état humide et que 5,5 à l'état sec, dans des échantillons broyés et écrasés. S'il y a plus de 40 pourcent de calcaire finement divisé, les limites de valeur, à l'état sec, sont négligées; la valeur, à l'état humide doit être égale ou inférieure à 5. La valeur doit être au moins d'une unité plus foncée que celle de l'horizon C (à la fois à l'état humide et sec), sauf si le sol provient d'un matériau de couleur foncée; dans ce cas, l'exigence de couleur ne compte plus. S'il n'y a pas d'horizon C, la comparaison doit être faite avec l'horizon immédiatement sous-jacent à l'horizon de surface; *et*
3. une teneur en carbone organique d'au moins 0,6 pourcent (1 pourcent de matière organique) sur toute l'épaisseur de l'horizon après mélange. La teneur en carbone organique doit être d'au moins 2,5 pourcent si les exigences de couleur sont négligées à cause de la présence de calcaire finement divisé, ou de 0,6 pourcent supérieure à celle de l'horizon C si les exigences de couleur sont négligées parce que le matériau originel est de couleur foncée; *et*
4. un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 M) de 50 pourcent ou plus sur la moyenne pondérée de toute l'épaisseur de l'horizon; *et*
5. l'épaisseur suivante:

- a) 10 cm ou plus s'il repose directement sur une roche dure, un horizon *pétrocalcique*, *pétrodurique* ou *pétrogypsique* ou s'il recouvre un horizon *cryique*; **ou**
- b) au moins 20 cm et plus d'un tiers de l'épaisseur du solum si celui-ci a moins de 75 cm d'épaisseur; **ou**
- c) plus de 25 cm si le solum a plus de 75 cm d'épaisseur.

La mesure de l'épaisseur d'un horizon mollique comprend les horizons transitionnels dans lesquels les caractéristiques de l'horizon de surface sont dominantes - comme AB, AE, ou AC.

Les conditions requises pour l'horizon mollique doivent être satisfaites après mélange des 20 premiers cm, comme après labour.

Identification sur le terrain. L'horizon mollique peut facilement être identifié par sa couleur foncée due à l'accumulation de matière organique, par sa structure bien développée (généralement granulaire ou polyédrique subangulaire fine), par un indice de saturation en bases élevé et par son épaisseur.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. La saturation en base de 50 pourcent distingue l'horizon mollique de l'horizon *umbrique* qui, par ailleurs, lui est semblable. La limite supérieure de la teneur en carbone organique est de 12 pourcent (20 pourcent de matière organique), qui est la limite inférieure pour l'horizon *histique* ou 20 pourcent, limite inférieure pour l'horizon *folique*.

Un horizon proche de l'horizon mollique est l'horizon *chernique*. Il a une teneur en carbone organique plus élevée (1,5 pourcent ou plus), une structure spécifique (granulaire ou polyédrique subangulaire fine), une couleur très foncée dans sa partie supérieure, une activité biologique intense et une épaisseur minimale de 35 cm.

Les limites avec les horizons *fulvique* et *mélanique* à saturation élevée en bases sont établies, dans ces deux horizons, par la combinaison de la couleur foncée intense, par la teneur élevée en carbone organique, par l'épaisseur et par les caractéristiques associées aux horizons *andiques*. Autrement, il est fréquent d'observer les horizons molliques en association avec les horizons andiques.

HORIZON NATRIQUE

Description générale. L'horizon natrique (du Néerlandais *natrium*, sodium) est un horizon subsuperficiel dense dont la teneur en argile est plus élevée que celle de l'horizon (ou des horizons) sus-jacent(s). L'augmentation de la teneur en argile entre l'horizon natrique et l'horizon sus-jacent doit satisfaire aux mêmes exigences que celles de l'horizon *argique*. De plus, il a une teneur élevée en sodium et/ou en magnésium échangeables.

Critères diagnostiques. Un horizon natrique doit avoir:

1. une texture sablo - loameuse ou plus fine et au moins 8 pourcent d'argile dans la fraction terre fine; **et**
2. plus d'argile totale que l'horizon de texture plus grossière sus-jacent (à l'exclusion de différences dues uniquement à une discontinuité lithologique) de manière telle que:
 - a) si l'horizon sus-jacent a moins de 15 pourcent d'argile totale dans la fraction terre fine, l'horizon natrique doit contenir au moins 3 pourcent d'argile en plus; **ou**

- b) si la teneur en argile totale dans la fraction terre fine de l'horizon sus-jacent est comprise entre 15 et 40 pourcent, le rapport argile de l'horizon natrique/argile de l'horizon sus-jacent doit être d'au moins 1,2; *ou*
 - c) si la teneur en argile totale dans la fraction terre fine est de 40 pourcent ou plus, l'horizon natrique doit contenir au moins 8 pourcent d'argile en plus; *et*
3. une augmentation de la teneur argile sur une distance verticale de 30 cm si l'horizon est formé par illuviation d'argile. Dans tout autre cas, l'augmentation de la teneur en argile entre l'horizon sus-jacent et l'horizon natrique doit être atteinte sur une distance verticale de 15 cm; *et*
 4. une absence de structure de roche sur plus de la moitié du volume de l'horizon; *et*
 5. une structure colonnaire ou prismatique dans une partie de l'horizon, ou une structure polyédrique avec langues d'un horizon éluvial dans lequel sont présents des grains de limon et de sable non revêtus. Ces langues doivent pénétrer de plus de 2,5 cm à l'intérieur de l'horizon; *et*
 6. un pourcentage de sodium échangeable (ESP14) de plus de 15 dans les 40 premiers cm, ou plus de magnésium et sodium échangeables que de calcium plus l'acidité d'échange (à pH 8,2) endéans la même profondeur si la saturation en sodium échangeable est supérieure à 15 pourcent dans un sous-horizon quelconque situé dans les 200 premiers cm du sol; *et*
 7. une épaisseur d'au moins un dixième de la somme de l'épaisseur de tous les horizons sus-jacents et d'au moins 7,5 cm.

L'horizon de texture plus grossière qui recouvre l'horizon natrique doit avoir au moins 18 cm d'épaisseur ou 5 cm si la transition texturale vers l'horizon natrique est abrupte (voir *changement textural brusque*).

Identification sur le terrain. La couleur de l'horizon natrique va du brun au noir, en particulier dans sa partie supérieure. La structure est colonnaire ou prismatique grossière, parfois polyédrique, ou peut même être massive. Une des caractéristiques est que le sommet des éléments structuraux est arrondi et souvent blanchâtre.

La couleur ainsi que les caractéristiques structurales dépendent de la composition en cations échangeables et de la teneur en sels solubles dans les couches sous-jacentes. Souvent, des cutanes argileux épais et de couleur foncée ainsi que d'autres séparations plasmiques sont présents, spécialement dans la partie supérieure de l'horizon. Les horizons natriques ont une stabilité structurale médiocre et une très faible perméabilité en conditions détrempées. Lorsqu'il est sec, l'horizon natrique devient dur à extrêmement dur. La réaction du sol est fortement alcaline; le pH (H₂O) est supérieur à 8,5.

Caractères complémentaires. Les horizons natriques sont caractérisés par un pH (H₂O) élevé, souvent supérieur à 9,0. Un autre paramètre caractérisant l'horizon natrique est le taux de saturation en sodium (SAR) qui doit être égal ou supérieur à 13 cmol_c l⁻¹. Le SAR est calculé au départ des données de la solution du sol: $SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0,5} \text{ cmol}_c / l$

Du point de vue micromorphologique, les horizons natriques ont une organisation spécifique. Le plasma peptisé montre une orientation forte sous forme de canevas en mosaïque ou en stries parallèles sur les peds et le long des pores. Les séparations du plasma montrent une teneur

élevée en humus associé. Lorsque l'horizon natrique est imperméable, des microcroûtes, des cutanes, des papules et des colmatages apparaissent.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Un horizon de surface généralement riche en matière organique surmonte l'horizon natrique. Cet horizon d'accumulation d'humus varie en épaisseur de quelques cm à plus de 25 cm ; il peut être *mollique* ou *ochrique*. Un horizon *albique* peut exister entre l'horizon de surface et l'horizon natrique.

Fréquemment s'observe sous l'horizon natrique une couche affectée par des sels. L'affectation par les sels peut s'étendre dans l'horizon natrique qui en plus d'être sodique, devient alors salin. Les sels présents peuvent être des chlorures, des sulfates ou des (bi-) carbonates.

HORIZON NITIQUE

Description générale. L'horizon nitique (du L. *nitidus*, brillant) est un horizon subsuperficiel riche en argile dont le caractère principal est une structure polyédrique ou nuciforme, modérément à fortement développée, avec de nombreuses faces de peds brillantes, qui ne peuvent être, ou seulement partiellement, attribuées à une illuviation d'argile.

Critères diagnostiques. Un horizon nitique doit avoir:

1. des transitions diffuses à graduelles vers les horizons immédiatement sus- et sous-jacents (moins de 20 pourcent de changement dans la teneur en argile sur au moins 12 cm; pas de changement brusque de couleur); *et*
2. a) plus de 30 pourcent d'argile; *et*
b) un rapport argile dispersable dans l'eau / argile totale inférieur à 0,10 (sauf s'il y a plus de 0,6 pourcent de carbone organique); *et*
c) un rapport limon / argile inférieur à 0,40; *et*
3. une structure nuciforme ou polyédrique modérée à forte avec de nombreuses faces de peds brillantes qui ne peuvent être, ou seulement partiellement, associées dans les lames minces à des argilanes d'illuviation; *et*
4. une valeur Munsell égale ou inférieure à 5 et un chroma égal ou inférieur à 4, mais pas de taches de nature hydromorphe (propriétés *gleyiques* ou *stagniques*); *et*
5. a) au moins 4,0 pourcent de fer extractible par le citrate-dithionite (fer 'libre') dans la fraction terre fine; *et*
b) plus de 0,20 pourcent de fer extractible par l'oxalate acide (pH 3) (fer 'actif') dans la fraction terre fine; *et*
c) un rapport fer 'actif' / fer 'libre' égal ou supérieur à 0,05; *et*
6. une épaisseur d'au moins 30 cm avec des transitions graduelles à diffuses vers les horizons situés immédiatement au-dessus et au-dessous de l'horizon nitique.

Identification sur le terrain. Un horizon nitique a une texture argilo - loameuse ou plus fine, bien que le matériau paraisse loameux. Le changement de teneur en argile entre l'horizon sus-jacent et l'horizon sous-jacent est graduel. Les couleurs ont une valeur et un chroma faibles avec souvent des hues de 2,5YR, parfois plus rouges ou plus jaunes. Il n'y a ni changement brusque de couleur avec les horizons sus- et sous-jacents, ni taches de nature hydromorphe. La structure est polyédrique angulaire modérée à forte, et se décompose facilement en éléments à bords plats ou nuciformes montrant des faces de peds brillantes ; ce sont soit des revêtements argileux minces, soit des faces de pression.

Les horizons nitiques contiennent souvent des minéraux magnétiques comme de la maghémite. La présence de ces minéraux peut être testée à l'aide d'un aimant.

Caractères complémentaires. La capacité d'échange cationique (par NH_4OAc 1 M), corrigée pour la matière organique, est inférieure à $36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile et souvent à $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile. La capacité d'échange cationique effective (somme des bases échangeables plus acidité échangeable dans KCl 1 M) correspond à environ la moitié de la CEC. Les CEC et CECE modérées à faibles reflètent la dominance d'argiles phylliteuses 1:1 de types kaolinite et (méta-)halloysite.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. L'horizon nitique peut être considéré comme un type particulier d'horizon *argique*, ou comme un horizon *cambique* fortement exprimé, ayant des propriétés spécifiques telles qu'une faible teneur en argile dispersable dans l'eau et une teneur élevée en fer 'actif'. En tant que tel, l'horizon nitique aura prééminence sur ces deux horizons en cas de classification. Sa minéralogie (kaolinitique / (méta-) halloysitique) le différencie de la plupart des horizons *vertiques* dont la minéralogie dominante est smectitique. Cependant, les horizons nitiques peuvent évoluer latéralement en horizons *vertiques* lorsqu'ils se situent en position basse dans le paysage. La structure bien exprimée, la teneur élevée en fer 'actif' et, souvent, la capacité d'échange cationique moyenne dans les horizons nitiques, les différencient des horizons *ferraliques*.

HORIZON OCHRIQUE

Description générale. L'horizon ochrique (du Gr. *ochros*, pâle) est un horizon de surface n'ayant pas de stratification fine et qui soit est de couleur claire¹⁵, soit est mince, soit a une faible teneur en carbone organique, soit est massif et (très) dur lorsqu'il est sec.

Critères diagnostiques. Un horizon ochrique n'a pas de fine stratification et a une (ou plusieurs) des caractéristiques ou propriétés suivantes:

¹⁵ Dans les environnements arides et semi-arides, existent des horizons ochriques présentant une couleur claire ou délavée (généralement grise) à l'état sec mais qui devient plus foncée lorsqu'on les humidifie ('horizons de surface décolorés'). On ne peut pas les qualifier d'horizons albiqes à cause des exigences de couleur, à l'état humide comme à l'état sec. Ils sont caractérisés par de faibles teneurs en carbone organique (généralement < à 0,4 pour-cent; en Afrique du Sud) et en oxydes de fer libre. Ils sont de texture grossière et montrent des signes de développement d'une structure lamellaire ainsi que la présence d'une fine croûte de surface. En Australie, ils sont connus sous le nom d'horizons A délavés (Northcote, 1979) tandis qu'en Afrique du Sud (Groupe de travail sur la classification des sols, 1991), ils sont définis au second niveau de classification (famille) comme horizons A délavés (ochriques).

L'horizon délavé de surface a de nombreuses influences négatives sur l'utilisation des sols. Sa faible stabilité structurale fait que le sous-sol reste relativement sec après la plupart des pluies. Il en résulte que l'émergence des semences de plantes ne peut pas facilement se réaliser. Ceci est ensuite accru par la structure lamellaire et la formation d'une croûte. Dans les régions arides, ce phénomène peut engendrer de grandes étendues sans couverture végétale (terres stériles) qui sont hautement sensibles à l'érosion.

1. il est à la fois massif et dur ou très dur lorsqu'il est sec. Des prismes très grossiers (prismes de plus de 30 cm de diamètre) sont inclus dans le sens de massif s'il n'y a pas de structure secondaire à l'intérieur des prismes; **ou**
2. des échantillons broyés et écrasés ont un chroma Munsell de 3,5 ou plus à l'état humide, une valeur de 3,5 ou plus à l'état humide, et de 5,5 à l'état sec. S'il y a plus de 40 pourcent de calcaire finement divisé, la valeur à l'état humide doit être supérieure à 5; **ou**
3. une teneur en carbone organique inférieure à 0,6 pourcent (1 pourcent de matière organique) sur toute l'épaisseur de l'horizon après mélange. La teneur en carbone organique doit être inférieure à 2,5 pourcent s'il y a plus de 40 pourcent de calcaire finement divisé; **ou**
4. une épaisseur:
 - a) inférieure à 10 cm s'il repose directement sur une roche dure, un horizon *pétrocalcique*, *pétrodurique* ou *pétrogypsique*, ou s'il surmonte un horizon *cryique*; **ou**
 - b) inférieure à 20 cm ou moins d'un tiers de l'épaisseur du solum si celui-ci a moins de 75 cm d'épaisseur; **ou**
 - c) égale ou inférieure à 25 cm si le solum a plus de 75 cm d'épaisseur.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons ochriques ont des liens directs avec les horizons *molliques* ou *umbriques*. L'absence de stratifications fines les différencie de sédiments récents inaltérés.

HORIZON PETROCALCIQUE

Description générale. Un horizon pétrocalcique (du Gr. *petra*, roche, et du L. *calx*, calcaire) est un horizon calcique induré dont le ciment est du carbonate de calcium et, à certains endroits, du carbonate de calcium et d'un peu de magnésium. Il est naturellement soit massif, soit lamellaire, et extrêmement dur.

Critères diagnostiques. Un horizon pétrocalcique doit avoir:

1. un équivalent carbonate de calcium d'au moins 50 pourcent (en poids); **et**
2. une cimentation telle que des fragments secs ne se délitent pas dans l'eau et que les racines ne peuvent le pénétrer; **et**
3. une consistance extrêmement dure lorsque l'horizon est sec, au point qu'il ne peut être creusé à la bêche ou à la sonde; **et**
4. une épaisseur d'au moins 10 cm, ou 2,5 cm s'il est laminaire et repose directement sur la roche.

Identification sur le terrain. Les horizons pétrocalciques se présentent comme des **calcrètes non aplaties**, de nature soit massive, soit nodulaire, ou comme **calcrètes aplaties**, dont les types les plus fréquents sont les suivants:

- *calcrètes lamellaires*: couches pétrifiées séparées et superposées, variant de quelques millimètres à plusieurs centimètres d'épaisseur. La couleur est généralement blanche ou rose.
- *calcrètes lamellaires pétrifiées*: une ou plusieurs couches extrêmement dures de couleur grise ou plus souvent rose. Elles sont généralement plus cimentées que les calcrètes lamellaires et leur organisation interne est très massive (absence de structures lamellaires fines, mais présence possible de structures lamellaires grossières).

Dans les horizons pétrocalciques, les pores non capillaires sont remplis et la conductivité hydraulique est modérément lente à très lente.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Dans les régions arides, les horizons pétrocalciques peuvent s'observer en association avec des horizons (*péto-*)*duriques* vers lesquels ils peuvent évoluer latéralement. Les horizons pétrocalciques et duriques se différencient par leur agent de cimentation. Dans les horizons pétrocalciques le carbonate de calcium et le carbonate de magnésium constituent le principal agent de cimentation bien qu'un peu de silice puisse y être associée, à titre accessoire. Dans les horizons duriques, c'est la silice qui est le principal agent de cimentation, avec ou sans carbonate de calcium. Les horizons pétrocalciques s'observent également en association avec les horizons *gypsiques*, *hypergypsiques* ou *pétrogypsiques*. Comme horizons de surface, leur sont généralement associés des horizons *ochriques*.

HORIZON PETRODURIQUE

Description générale. L'horizon pétrodurique (du Gr. *petra*, roche, et du L. *durum*, dur), également connu sous le nom de duripan, est un horizon subsuperficiel, généralement rougeâtre ou brun rougeâtre, cimenté principalement par de la silice secondaire (SiO₂, probablement sous forme d'opale ou de microcristaux), dont des fragments séchés à l'air ne se délitent pas dans l'eau, même après immersion prolongée. Le carbonate de calcium peut être présent, mais comme agent cimentant accessoire. Il a une structure soit massive, soit lamellaire ou laminaire.

Critères diagnostiques. Un horizon pétrodurique doit avoir:

1. une cimentation ou une induration dans plus de 50 pourcent d'un de ses sous-horizons; *et*
2. des marques d'accumulation de silice (opale ou autres formes de silice) par exemple sous forme de revêtements dans certains pores, sur certaines faces structurales, ou sous forme de ponts entre les grains de sable; *et*
3. moins de 50 pourcent du volume se délitant dans HCl 1M, même après imbibition prolongée, mais plus de 50 pourcent se délitant dans KOH concentré ou dans des bains alternés acides et alcalins; *et*
4. une continuité latérale telle que des racines ne peuvent le pénétrer sauf le long de fractures verticales dont l'espacement horizontal est d'au moins 10 cm; *et*
5. une épaisseur d'au moins 10 cm.

Identification sur le terrain. L'horizon pétrodurique a une consistance très ferme à extrêmement ferme à l'état humide, et est très dur à extrêmement dur à l'état sec. Il peut y avoir effervescence après application d'HCl à 10 pourcent mais cette effervescence est probablement moins vigoureuse que dans les horizons *pétrocalciques* qui lui sont très similaires. Cependant, il peut s'observer en association avec un horizon pétrocalcique.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Dans les climats secs et arides, les horizons pétroduriques peuvent évoluer latéralement en horizons *pétrocalciques*, et/ou se trouver en association avec des horizons *calciques* ou *gypsiques* que les pétroduriques normalement surmontent. Dans des climats plus humides, les horizons pétroduriques peuvent évoluer latéralement en horizons *fragiques*.

HORIZON PETROGYPSIQUE

Description générale. L'horizon pétrogypsiq (du Gr. *petra*, roche, et du L. *gypsum*, plâtre) est un horizon cimenté contenant des accumulations secondaires de gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Critères diagnostiques. L'horizon pétrogypsiq doit avoir:

1. 60 pourcent ou plus de gypse. Le pourcentage de gypse est calculé en multipliant la teneur en gypse, exprimée en $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de sol, par l'équivalent poids de gypse (86), et exprimé en pourcent ; *et*
2. une cimentation telle que des fragments secs ne se délitent pas dans l'eau et ne peuvent être pénétrés par des racines; *et*
3. une épaisseur d'au moins 10 cm.

Identification sur le terrain. Les horizons pétrogypsiques sont des matériaux durs et blanchâtres qui contiennent principalement du gypse. Parfois, des horizons pétrogypsiques extrêmement durs et anciens sont coiffés d'une couche laminaire fine d'environ 1 cm d'épaisseur.

Caractères complémentaires. La détermination de la quantité de gypse dans le sol permet de vérifier si sa teneur et son augmentation sont suffisantes ; de même, des examens en lames minces peuvent aider à établir la présence d'un horizon pétrogypsiq et la distribution du gypse dans la masse de sol.

En lames minces, l'horizon pétrogypsiq montre une microstructure compactée ne contenant que quelques cavités. La matrice est composée de cristaux de gypse lenticulaires denses mélangés à de petites quantités de matériau détritiqu. A la lumière du jour, la matrice a une vague couleur jaune. Des agrégats cohérents de cristaux, dont l'organisation est hypidiotopique ou xénotopique, et qui sont principalement associés à des (anciens) pores, forment des nodules irréguliers que mettent en évidence des zones transparentes incolores. Des traces d'activité biologique (pédotubules) sont parfois visibles.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Vu que l'horizon pétrogypsiq se développe au départ d'un horizon *hypergypsiq*, ces deux horizons sont intimement liés. C'est le degré de cimentation qui les distingue.

Les horizons pétrogypsiques sont fréquemment associés à des horizons *calciques*. Les accumulations calciques et gypsiques occupent généralement des positions différentes dans le profil parce que le produit de solubilité du carbonate de calcium est différent de celui du gypse. Normalement, leur morphologie permet de les distinguer facilement (voir l'horizon calcique).

HORIZON PETROPLINTHIQUE

Description générale. L'horizon pétroplinthiqu (du Gr. *petra*, roche, et *plinthos*, brique) est une couche continue de matériau induré dans lequel le fer est un ciment important et duquel la matière organique est absente, ou n'est présente qu'en traces.

Critères diagnostiques. Un horizon pétroplinthique doit avoir:

1. a) 10 pourcent (en poids) ou plus de fer extractible par le dithionite-citrate, au moins dans la partie supérieure de l'horizon; *et*
 b) un rapport entre le fer extractible par l'oxalate acide (pH 3) et le fer extractible par le dithionite -citrate inférieur à 0,1016; *et*
2. moins de 0,6 pourcent (en poids) de carbone organique; *et*
3. une cimentation telle que des fragments secs ne se délitent pas dans l'eau et ne peuvent être pénétrés par des racines; *et*
4. une épaisseur d'au moins 10 cm.

Identification sur le terrain. Les horizons pétroplinthiques sont des couches extrêmement dures, de couleur généralement brun rouille à jaunâtre, qui peuvent être massives ou présenter un type réticulaire ou lamellaire interconnecté ou en colonnes, renfermant du matériau non induré. Ils se développent par durcissement irréversible de *plinthite*. La couche indurée peut être fracturée, mais alors les distances moyennes entre les fractures doivent être d'au moins 10 cm et ces fractures ne peuvent occuper plus de 20 pourcent (en volume) de la couche.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons pétroplinthiques sont intimement associés aux horizons *plinthiques* dont ils dérivent. Souvent, il est possible de retrouver les vestiges des horizons *plinthiques* en suivant les couches pétroplinthiques qui se sont formées par exemple dans les tranchées routières.

La faible teneur en carbone organique sépare les horizons pétroplinthiques de l'alias, du fer des marais et des horizons *spodiques* indurés observables par exemple dans les *Podzols* qui contiennent une quantité importante de matière organique.

HORIZON PLAGGIQUE (voir horizons anthropédogéniques)

HORIZON PLINTHIQUE

Description générale. L'horizon plinthique (du Gr. *plinthos*, brique) est un horizon subsuperficiel constitué d'un mélange, riche en fer et pauvre en humus, d'argile kaolinitique, de quartz et d'autres constituants, et qui se transforme irréversiblement en carapace ou en agrégats irréguliers par exposition à des humidifications et dessiccations répétées avec accès libre à l'oxygène.

Critères diagnostiques. L'horizon plinthique doit avoir:

1. au moins 25 pourcent (en volume) d'un mélange, riche en fer et pauvre en humus, d'argile kaolinitique, de quartz et d'autres diluents, et qui se transforme irréversiblement en carapace ou en agrégats irréguliers par exposition à des humidifications et dessiccations répétées avec accès libre à l'oxygène; *et*

2. a) au moins 2,5 pourcent (en poids) de fer extractible par le dithionite-citrate dans la fraction terre fine, spécialement dans la partie supérieure de l'horizon, ou 10 pourcent dans les taches ou dans les concrétions; *et*
b) un rapport fer extractible à l'oxalate acide (pH 3)/ fer extractible au dithionite-citrate inférieur à 0,1017; *et*
3. moins de 0,6 pourcent (en poids) de carbone organique; *et*
4. une épaisseur d'au moins 15 cm.

Identification sur le terrain. Un horizon plinthique présente généralement des taches rouges dont le type est généralement lamellaire, polygonal, vésiculaire ou réticulaire. Dans un sol continuellement humide, le matériau plinthique est d'habitude ferme ou très ferme et peut être creusé à la bêche.

Le matériau plinthique ne durcit pas irréversiblement après un seul cycle dessiccation - humidification. Seuls des cycles répétés peuvent le transformer irréversiblement en une cuirasse ferrugineuse ou en agrégats irréguliers, en particulier s'il est en plus exposé à la chaleur du soleil.

Caractères complémentaires. Des études micromorphologiques peuvent révéler l'étendue de l'imprégnation de la masse du sol par le fer. De plus, les mesures de résistance à la pénétration et la quantité totale de fer présent peuvent fournir une indication.

HORIZON SALIQUE

Description générale. L'horizon salique (du L. *sal*, sel) est un horizon situé en surface ou à faible profondeur et qui est caractérisé par un enrichissement secondaire en sels facilement solubles, c'est-à-dire en sels plus solubles que le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\log K_s = -4,85$ à 25°C).

Critères diagnostiques. Un horizon salique doit avoir sur toute sa profondeur:

1. a. une conductivité électrique (CE) de l'extrait de saturation supérieure à 15 dS m^{-1} à 25°C à certains moments de l'année; *ou*
b. une CE de plus de 8 dS m^{-1} à 25°C si le pH (H_2O) de l'extrait de saturation dépasse 8,5 (pour les sols carbonatés alcalins) ou est inférieur à 3,5 (pour les sols sulfatés acides); *et*
2. un minimum de 1 pourcent de sels; *et*
3. un produit de l'épaisseur (en cm) par le pourcentage de sels d'au moins 60; *et*
4. une épaisseur d'au moins 15 cm.

Identification sur le terrain. La présence d'un horizon salique peut être déduite à partir d'indices indirects. Une végétation halophytique telle que *Tamarix* et des cultures tolérantes aux sels sont les premiers indicateurs. Les couches affectées par des sels montrent souvent une structure 'soufflée'. Les sels ne précipitent qu'après évaporation de l'humidité du sol. Si le sol est humide ou détrempé, ces précipitations ne doivent pas être présentes.

Les sels peuvent précipiter en surface ('*Solonchaks* externes') ou en profondeur ('*Solonchaks* internes'). Une croûte de sels en surface fait partie de l'horizon salique.

HORIZON SPODIQUE

Description générale. L'horizon spodique (du Gr. *spodos*, cendre de bois) est un horizon subsuperficiel de couleur foncée contenant des substances illuviales amorphes composées de matière organique et d'aluminium, avec ou sans fer. Les matériaux illuviaux sont caractérisés par une charge dépendant du pH élevée, une grande surface spécifique et une forte rétention en eau.

Critères diagnostiques. Un horizon spodique doit avoir:

1. a. *soit* - un hue Munsell de 7,5YR ou plus rouge avec une valeur de 5 ou moins et un chroma de 4 ou moins, à l'état humide et après broyage;
soit - un hue de 10YR avec une valeur de 3 ou moins et un chroma de 2 ou moins, à l'état humide et après broyage; *ou*
- b. un sous-horizon de 2,5 cm ou plus d'épaisseur et qui est cimenté de manière continue par une combinaison de matière organique et d'aluminium, avec ou sans fer ('alios ferrugineux mince'); *ou*
- c. des boulettes organiques distinctes entre les grains de sable; *et*
2. au moins 0,6 pourcent de carbone organique; *et*
3. un pH (1:1 dans l'eau) égal ou inférieur à 5,9; *et*
4. a. au moins 0,50 pourcent d' $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ et avoir au moins deux fois plus d' $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ qu'un horizon sus-jacent *umbrique*, *ochrique*, *albique* ou *anthropédogénique*; *ou*
b. une valeur de densité optique de l'extrait à l'oxalate (DOEO) de 0,25 ou plus et qui est également au moins deux fois supérieure à celle des horizons sus-jacents; *et*
5. une épaisseur égale ou supérieure à 2,5 cm et une limite supérieure située 10 cm en dessous de la surface du sol minéral, sauf s'il y a un *permagel* endéans les 200 premiers cm du sol.

Identification sur le terrain. Un horizon spodique est normalement sous-jacent à un horizon *albique* et est de couleur noir brunâtre ou brun rougeâtre. Les horizons spodiques peuvent également être caractérisés par la présence d'un alios ferrugineux mince, ou de boulettes organiques lorsqu'ils sont faiblement développés.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons spodiques peuvent avoir des caractéristiques semblables aux horizons *andiques* riches en complexes alumino-organiques. Parfois, seuls des tests analytiques peuvent les distinguer. L'horizon spodique a des pourcentages d' $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ au moins deux fois plus élevés que ceux de l'horizon *umbrique*, *ochrique*, *albique* ou *anthropédogénique* sus-jacent. Ce critère ne doit normalement pas être appliqué aux horizons andiques dans lesquels les complexes alumino-organiques sont très peu mobiles.

HORIZON SULFURIQUE

Description générale. L'horizon sulfurique (du L. *sulfur*, soufre) est un horizon subsuperficiel extrêmement acide dans lequel de l'acide sulfurique se forme par oxydation des sulfures.

Critères diagnostiques. Un horizon sulfurique doit avoir:

1. un pH inférieur à 3,5 dans une suspension 1:1 d'eau; *et*

¹⁸ Al_{ox} et Fe_{ox} : respectivement Aluminium et Fer extractibles par l'oxalate acide (pH 3).

2. a. **soit** - des taches jaune orange de jarosite $\{KFe_3(SO_4)_2(OH)_6\}$ ou brun jaunâtre de schwertmannite $\{Fe_{16}O_{16}(SO_4)_3(OH)_{10}.10H_2O\}$;
soit - des concentrations dont le hue Munsell est d'au moins 2,5Y et un chroma d'au moins 6; **ou**
 - b. une superposition sur des matériaux *sulfidiques*; **ou**
 - c. au moins 0,05 pourcent (en poids) de sulfates solubles dans l'eau; **et**
3. une épaisseur d'au moins 15 cm.

Identification sur le terrain. Les horizons sulfuriques contiennent généralement des taches jaunes de jarosite ou brun jaunâtre de schwertmannite. De plus, la réaction du sol est extrêmement acide ; des pH (H₂O) inférieurs à 3.5 ne sont pas rares.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. L'horizon sulfurique est souvent sous-jacent à un horizon fortement tacheté dont les caractères rédoximorphiques sont prononcés (taches rougeâtres ou brun rougeâtre d'hydroxydes de fer et fond matriciel de couleur claire appauvrie en fer).

HORIZON TAKYRIQUE

Description générale. L'horizon takyrique (de l'Ousbek *takyr*, terre stérile) est un horizon de surface de texture lourde comprenant une croûte de surface et une partie inférieure de structure lamellaire. Il se forme sous conditions arides dans des sols périodiquement inondés.

Critères diagnostiques. Un horizon takyrique doit avoir:

1. des propriétés *aridiques*; **et**
2. une structure lamellaire ou massive; **et**
3. une croûte de surface qui a toutes les propriétés suivantes:
 - a) une épaisseur suffisante pour qu'elle ne se recroqueville pas entièrement en se desséchant;
 - b) des fentes polygonales de dessiccation s'étendant sur au moins 2 cm d'épaisseur lorsque le sol est sec;
 - c) une texture sablo-argilo-loameuse, argilo-loameuse, limono-argilo-loameuse ou plus fine;
 - d) une consistance très dure à l'état sec, et très plastique et collante à l'état humide; **et**
 - e) une conductivité électrique (CE) à pâte saturée inférieure à 4 dS m⁻¹, ou inférieure à celle de l'horizon immédiatement sous-jacent à l'horizon takyrique.

Identification sur le terrain. On observe les horizons takyriques dans les dépressions des régions arides, là où l'eau de surface, riche en argile et en limon, mais relativement pauvre en sels solubles, peut s'accumuler et lessiver les horizons superficiels du sol. Un lessivage périodique des sels provoque la dispersion de l'argile et la formation d'une croûte de texture fine, compacte et épaisse, formant des fentes polygonales prononcées après dessiccation. L'argile et le limon constituent souvent plus de 80 pourcent du matériau de la croûte.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. On observe les horizons takyriques en association avec de nombreux horizons diagnostiques, dont les plus importants sont les horizons *salique*, *gypsique*, *calcique* et *cambique*. La faible conductivité électrique de même que la faible teneur en sels solubles des horizons takyriques les distinguent de l'horizon salique.

HORIZON TERRIQUE (voir horizons anthropogéniques)

HORIZON UMBRIQUE

Description générale. L'horizon umbrique (du L. *umbra*, ombre) est un horizon de surface épais, de couleur foncée, désaturé en bases, riche en matière organique.

Critères diagnostiques. Un horizon umbrique doit avoir:

1. une structure de sol suffisamment forte pour que l'horizon ne soit à la fois ni massif ni dur ou très dur lorsqu'il est sec. Des prismes très grossiers de plus de 30 cm de diamètre sont compris dans le sens de massif s'il n'y a pas de structure secondaire à l'intérieur des prismes; *et*
2. des couleurs Munsell de chroma inférieur à 3,5, à l'état humide, de valeur plus foncée que 3,5 à l'état humide et que 5,5 à l'état sec, sur échantillons broyés et écrasés. La valeur est d'au moins une unité plus foncée que celle de l'horizon C (aux états humide et sec) sauf si l'horizon C a une valeur plus foncée que 4,0 à l'état humide auquel cas le contraste de couleur peut être négligé. S'il n'y a pas d'horizon C, la comparaison doit se faire avec l'horizon immédiatement sous-jacent à l'horizon de surface; *et*
3. un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 M) inférieur à 50 pourcent sur la moyenne pondérée et sur toute l'épaisseur de l'horizon; *et*
4. une teneur en carbone organique d'au moins 0,6 pourcent (1 pourcent de matière organique) sur toute l'épaisseur de l'horizon mélangé (elle est généralement supérieure à 2 à 5 pourcent, suivant la teneur en argile). La teneur en carbone organique est au moins de 0,6 pourcent supérieure à celle de l'horizon C si les exigences de couleur sont négligées parce que les matériaux originels sont foncés; *et*
5. les exigences d'épaisseur suivantes:
 - a) 10 cm ou plus s'il repose directement sur une roche dure, sur un horizon *pétoplinthique* ou *pétopurique*, ou s'il recouvre un horizon *cryique*; *ou*
 - b) au moins 20 cm et plus du tiers de l'épaisseur du solum si celui-ci a moins de 75 cm; *ou*
 - c) plus de 25 cm si le solum a plus de 75 cm d'épaisseur.

La mesure de l'épaisseur comprend les horizons transitionnels AB, AE et AC.

Les exigences concernant l'horizon umbrique doivent être satisfaites après mélange des 20 premiers cm, comme après labour.

Identification sur le terrain. Les principales caractéristiques de terrain utilisées pour identifier la présence d'un horizon umbrique sont sa couleur foncée et sa structure. En général, les horizons umbriques tendent à avoir un grade moins élevé de structure que les horizons *molliques*.

A titre de directive, la plupart des horizons umbriques ont une réaction acide {pH (H_2O , 1:2,5) inférieur à environ 5,5} ce qui représente un taux de saturation en bases inférieur à 50 pourcent. Une indication complémentaire concernant l'acidité est le type d'enracinement dans lequel la plupart des racines tendent à l'horizontale, même lorsqu'il n'y a pas de barrière physique au développement racinaire.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. L'exigence concernant la saturation en bases distingue l'horizon umbrique de l'horizon *mollique* qui, autrement, lui est semblable. La limite supérieure de la teneur en carbone organique va de 12 pourcent (20 pourcent de matière organique) à 18 pourcent (30 pourcent de matière organique), ce qui correspond aux limites inférieures de l'horizon *histique*, ou 20 pourcent, limite inférieure de l'horizon *folique*.

La distinction avec les horizons *fulvique* et *mélanique*, désaturés en bases se fait dans ces deux horizons grâce à la combinaison de la couleur foncée intense, de la teneur élevée en carbone organique, de l'épaisseur et des caractéristiques associées aux horizons *andiques*. D'autre part, les horizons umbriques sont souvent associés aux horizons *andiques*.

Certains horizons de surface épais, foncés, riches en matière organique et désaturés en bases se sont formés suite à des activités humaines telles que le labour profond et la fertilisation, l'ajout d'engrais organiques, la présence d'anciennes occupations, l'utilisation de déchets de cuisine, etc. (voir les horizons *anthropédogéniques*). Ces horizons peuvent habituellement être identifiés sur le terrain par la présence d'artefacts, de traces de coups de bêche, d'inclusions minérales ou de stratifications en contraste, indiquant l'apport intermittent de matières fertilisantes, ou une position relative plus élevée dans le paysage, ou encore en se rapportant à l'histoire agricole de la région. S'il y a des horizons *hortiques* ou *plagiques*, l'analyse de la teneur en P_2O_5 dans $NaHCO_3$ 0,5 M (Gong *et al*, 1997) ou la teneur en P_2O_5 soluble dans l'acide citrique à 1 pourcent peuvent donner une indication.

HORIZON VERTIQUE

Description générale. L'horizon vertique (du L. *vertere*, tourner) est un horizon subsuperficiel argileux qui, suite à des contractions et gonflements répétés, présente des peds polis et rayés en surface ('faces de glissements'), ou des agrégats structuraux en fuseaux ou parallépipédiques.

Critères diagnostiques. Un horizon vertique doit avoir:

1. 30 pourcent ou plus d'argile sur toute son épaisseur; *et*
2. des agrégats structuraux en fuseaux ou parallépipédiques dont l'axe longitudinal est incliné de 10 à 60° par rapport à l'horizontale; *et*
3. des faces de glissement¹⁹ qui se recourent; *et*
4. une épaisseur d'au moins 25 cm.

Identification sur le terrain. Les horizons vertiques sont argileux et ont une consistance dure à très dure. Lorsqu'ils sont secs, les horizons vertiques présentent des fentes d'au moins 1 cm de largeur. La présence de peds, dont la surface est polie et brillante ('faces de glissement') et dont les angles sont souvent tranchants, est très significative.

Caractéristiques complémentaires. Le coefficient d'extensibilité linéaire (COLE) est une mesure du potentiel gonflement-contraction et est défini comme étant le rapport de la différence entre la longueur à l'état humide et la longueur à l'état sec d'une motte, sur sa longueur à l'état sec: $(L_h - L_s)/L_s$, dans lequel L_h est la longueur à une tension de 33 kPa et L_s la longueur à l'état sec. Dans les horizons vertiques le COLE est supérieur à 0,06.

¹⁹ Les faces de glissement sont des surfaces de peds polies et rayées produites par une masse de sol glissant sur une autre.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Plusieurs autres horizons diagnostiques peuvent avoir également une teneur élevée en argile ; c'est le cas des horizons *argique*, *natrique* et *nitique*. Ces horizons n'ont pas les caractéristiques typiques de l'horizon vertique. Cependant, ils peuvent être reliés latéralement dans le paysage aux horizons vertiques qui occupent généralement la position la plus basse.

HORIZON VITRIQUE

Description générale. L'horizon vitrique (du L. *vitrum*, verre) est un horizon de surface ou subsuperficiel constitué principalement de verres volcaniques et d'autres minéraux primaires issus de projections volcaniques.

Critères diagnostiques. Un horizon vitrique doit avoir:

1. au moins 10 pourcent de verres volcaniques et autres minéraux primaires dans la fraction terre fine; *et soit*
2. moins de 10 pourcent d'argile dans la fraction terre fine; *soit*
3. une densité apparente de 0,9 kg dm³ ou plus; *soit*
4. Al_{ox} + ½ Fe_{ox}20 de 0,4 pourcent ou plus; *soit*
5. une rétention en phosphates de 25 pourcent ou plus; *et*
6. une épaisseur d'au moins 30 cm.

Identification sur le terrain. L'horizon vitrique peut être assez facilement identifié sur le terrain. Il peut être un horizon de surface, mais il peut aussi bien être enfoui sous des dizaines de centimètres de dépôts clastiques récents. Il contient une quantité importante de matière organique et sa teneur en argile est faible. Les fractions sable et limon sont encore dominées par des verres volcaniques et autres minéraux primaires inaltérés (ceci peut être testé au moyen d'une loupe grossissant 10 fois).

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons vitriques sont intimement liés aux horizons *andiques*, dans lesquels ils peuvent éventuellement se développer. La quantité de verres volcaniques et d'autres minéraux primaires, de même que la quantité de minéraux pédogénétiques non cristallins ou paracristallins, permettent de distinguer ces deux types d'horizons.

Les horizons vitriques peuvent être imbriqués dans plusieurs autres horizons diagnostiques de surface, tels que les horizons *fulvique*, *mélanique*, *mollique*, *umbrique* et *ochrique*.

HORIZON YERMIQUE

Description générale. L'horizon yermique (de l'Espagnol *yerma*, désert) est un horizon superficiel qui est constitué généralement, mais pas toujours, d'accumulations en surface de fragments de roche ('pavement du désert') enveloppés dans une croûte vésiculaire loameuse et couverts d'une couche mince de sable éolien ou de loess.

Critères diagnostiques. Un horizon yermique doit avoir:

20 Al_{ox} et Fe_{ox} sont, respectivement l'aluminium et le fer extractibles par l'oxalate acide (pH 3) (méthode de Blakemore *et al*, 1987).

1. des propriétés *aridiques*; **et**
2. a. un pavement vernissé ou comprenant des pierres ou graviers modelés par le vent ('ventifacts'); **ou**
 - b. un pavement et une croûte vésiculaire; **ou**
 - c. une croûte vésiculaire reposant sur un horizon A lamellaire, sans pavement.

Identification sur le terrain. L'horizon yermique comprend une croûte vésiculaire en surface et un ou plusieurs horizons A sous-jacents. La croûte, dont la texture est loameuse, montre un réseau polygonal de fentes de dessiccation, souvent remplies de matériaux apportés par le vent, et qui s'étend dans les horizons sous-jacents. La croûte et l'horizon ou les horizons A sous-jacents ont une structure lamellaire faiblement à modérément développée.

Relations avec d'autres horizons diagnostiques. Les horizons yermiques s'observent souvent en association avec d'autres horizons diagnostiques caractéristiques des environnements désertiques (horizons *saliques*, *gypsiques*, *duriques*, *calciques* et *cambiques*). Dans les déserts très froids (par exemple dans l'Antarctique), ils peuvent se trouver en association avec les horizons *cryiques*. Dans ces conditions, un matériau cryoclastique grossier domine et seule un peu de poussière peut être emportée et déposée par le vent. Dans ces endroits, un pavement dense constitué de couches vernissées de ventifacts et de sable éolien, ainsi que des accumulations de minéraux solubles reposent directement sur des horizons C meubles, sans qu'il y ait de croûte vésiculaire ni d'horizons A sous-jacents.

PROPRIETES DIAGNOSTIQUES

Les propriétés diagnostiques de sol reflètent plus des conditions spécifiques de sol que des horizons. Les propriétés *ferraliques*, *fortement humiques*, *gériques*, *gleyiques*, et *stagniques*, ainsi que *changement textural brusque*, *permagel* et *roche dure continue* sont repris de la Légende Révisée (FAO, 1988). Le terme *carbonates secondaires* est préféré au calcaire pulvérulent tendre utilisé dans la Légende Révisée. Les nouvelles propriétés diagnostiques sont *langues albéluviques*, *propriétés aliques* et *aridiques*.

CARBONATES SECONDAIRES

Description générale. L'expression carbonates secondaires se rapporte à du calcaire déplacé, suffisamment tendre pour être facilement rayé à l'ongle, précipité sur place à partir de la solution du sol, plutôt qu'hérité d'un matériau originel. Pour être diagnostique, il doit s'être accumulé de manière significative.

Identification sur le terrain. Les carbonates secondaires doivent montrer une certaine relation avec la structure ou avec l'organisation du sol. Leurs accumulations peuvent en briser l'organisation pour former des agrégats sphéroïdaux appelés 'yeux blancs', qui sont tendres et pulvérulents à l'état sec. Le calcaire peut aussi être présent sous forme de revêtements dans les pores ou sur les faces structurales. Lorsqu'ils se présentent sous forme de revêtements, les carbonates secondaires couvrent au moins 50 pourcent des faces structurales et sont suffisamment épais pour être visibles à l'état humide. Lorsqu'ils se présentent sous forme de nodules tendres, ils occupent 5 pourcent ou plus du volume du sol. Les filaments (pseudomycéliums) qui apparaissent et disparaissent lorsque les conditions d'humidité changent, ne sont pas inclus dans la définition de carbonates secondaires.

CHANGEMENT TEXTURAL BRUSQUE

Description générale. Un changement textural brusque est une augmentation très nette de la teneur en argile endéans une profondeur limitée.

Critères diagnostiques. Un changement textural brusque exige *soit* :

1. un doublement de la teneur en argile sur 7,5 cm si l'horizon sus-jacent contient moins de 20 pourcent d'argile; *soit*
2. une augmentation de 20 pourcent (en valeur absolue) de la teneur en argile sur 7,5 cm si l'horizon sus-jacent contient au moins 20 pourcent d'argile. Dans ce cas, une certaine partie de l'horizon inférieur doit avoir au moins deux fois la teneur en argile de l'horizon supérieur.

LANGUES ALBELUVIQUES

Description générale. L'expression langues albéluviques (du L. *albus*, blanc, et *eluere*, lessiver) renvoie à une pénétration d'argile et de matériau appauvri en fer dans un horizon *argique*. En présence de peds, les langues albéluviques apparaissent le long des surfaces de ces peds. Des caractéristiques rédoximorphes et des propriétés *stagniques* ne sont pas nécessairement présentes.

Critères diagnostiques. Les langues albéluviques doivent:

1. avoir la couleur d'un horizon *albique*; *et*
2. avoir plus de profondeur que de largeur, et les dimensions horizontales suivantes:
 - a. au moins 5 mm dans les horizons argiques argileux; *ou*
 - b. au moins 10 mm dans les horizons argiques loameux argileux et limoneux; *ou*
 - c. au moins 15 mm dans les horizons argiques plus grossiers (loam limoneux, loam ou loam sableux); *et*
3. horizontale, dans les 10 premiers cm de l'horizon argique; *et*
4. avoir une distribution granulométrique assortie à celle de l'horizon éluvial sus-jacent à l'horizon argique.

PERMAGEL

Définition. Le permagel est une couche dans laquelle la température est en permanence égale ou inférieure à 0°C durant deux années consécutives au moins.

PROPRIÉTÉS ALIQUES

Description générale. L'expression propriétés aliques (du L. *alumen*, alun) renvoie à un matériau de sol minéral très acide à taux élevé en aluminium échangeable.

Critères diagnostiques. Les propriétés aliques s'appliquent à un matériau minéral ayant **toutes** les caractéristiques physiques et chimiques suivantes:

1. une capacité d'échange cationique (par NH_4OAc 1 M) égale ou supérieure à 24 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile; *et*
2. a. une réserve totale en bases (RTB = Ca, Mg, K et Na échangeables **plus** minéraux) de l'argile atteignant 80 pourcent ou plus de la RTB du sol; *ou*
b. un rapport limon/argile égal ou inférieur à 0,60; *et*

3. un pH (KCl) égal ou inférieur à 4,0; *et*
4. une teneur en Al extractible par KCl égale ou supérieure à 12 cmol_c kg⁻¹ d'argile, et un rapport Al extractible par KCl/CEC_{argile} 21 égal ou supérieur à 0,35; *et*
5. un taux de saturation en Al (Al éch./CECE x 100) égal ou supérieur à 60 pourcent.

PROPRIETES ARIDIQUES

Description générale. Les propriétés aridiqes combinent un certain nombre de propriétés communes aux horizons de surface des sols présents en conditions arides et là où la pédogenèse se développe plus vite que les nouvelles accumulations de surface dues à l'activité éolienne ou alluviale.

Critères diagnostiques. Les propriétés aridiqes ont **tous** les caractères suivants:

1. une teneur en carbone organique inférieure à 0,6 pourcent²² si la texture est un loam sableux ou plus fine, ou inférieure à 0,2 pourcent si la texture est plus grossière qu'un loam sableux, prise en moyenne pondérée dans les 20 premiers cm du sol ou sous le sommet d'un horizon B, ou d'un horizon cimenté ou de la roche, s'ils sont plus superficiels; *et*
2. des preuves d'activité éolienne sous l'une ou l'autre des formes suivantes:
 - a. la fraction sable, dans un sous-horizon ou dans des fissures remplies de matériau soufflé, contient une proportion importante de particules de sable arrondies ou subangulaires présentant une surface mate (employer une loupe grossissant 10 fois). Ces particules représentent 10 pourcent ou plus de la fraction sable quartzeux moyen et plus grossier; *ou*
 - b. des fragments de roche usés par le vent ('ventifacts') en surface; *ou*
 - c. de l'aéroturbation (par exemple des couches croisées); *ou*
 - d. des preuves d'érosion et/ou de dépôts éoliens; *et*
3. des échantillons à la fois brisés et écrasés ont une valeur de couleur Munsell égale ou supérieure à 3 à l'état humide et égale ou supérieure à 4,5 à l'état sec, et un chroma égal ou supérieur à 2 à l'état humide; *et*
4. un taux de saturation en bases (par NH₄OAc 1M) supérieur à 75 pourcent et même normalement de 100 pourcent.

Remarques complémentaires. La présence dans les sols de minéraux aciculaires (en forme d'aiguilles) tels que la palygorskite et la sépiolite est considérée comme liée à un environnement désertique, mais n'a pas été observée dans tous les sols désertiques. Cela est peut-être dû au fait que les conditions arides ne créent pas nécessairement des argiles aciculaires mais seulement les préservent, à condition qu'elles existent dans le matériau originel ou dans la poussière qui tombe sur le sol.

21 CEC_{argile}: capacité d'échange cationique (par NH₄OAc 1M) de la fraction argile, corrigée pour la matière organique

22 La teneur en carbone organique peut être plus élevée si le sol est périodiquement inondé, ou s'il a une conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée égale ou supérieure à 4 dS m⁻¹ dans une partie quelconque des 100 premiers cm.

PROPRIETES FERRALIQUES

Description générale. Les propriétés ferraliques (du L. *ferrum*, fer, et *alumen*, alun) se rapportent à un matériau minéral qui a une capacité d'échange cationique relativement faible. Elles comprennent également des matériaux qui peuvent être qualifiés d'horizon *ferralique* sauf si leur texture est grossière.

Critères diagnostiques. Les propriétés ferraliques s'appliquent aux matériaux minéraux qui ont, dans au moins un sous-horizon de l'horizon B ou dans l'horizon immédiatement sous-jacent à l'horizon A, *soit*:

1. une capacité d'échange cationique (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1M$) inférieure à $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile; *soit*
2. une capacité d'échange cationique (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1M$) inférieure à $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de sol.

PROPRIETES FORTEMENT HUMIQUES

Description générale. Les propriétés fortement humiques se rapportent à des sols qui ont une teneur élevée en carbone organique dans le premier mètre du sol.

Critères diagnostiques. Pour être fortement humique, le matériau du sol doit avoir une moyenne pondérée de plus de 1,4 pourcent de carbone organique sur une profondeur de 100 cm à partir de la surface (la même moyenne pondérée sur 100 cm s'applique si le sol a entre 50 et 100 cm de profondeur; les sols dont la profondeur est inférieure à 50 cm ne peuvent être considérés comme fortement humiques). Ce calcul suppose une densité apparente de $1,5 \text{ g cm}^{-3}$.

PROPRIETES GERIQUES

Description générale. Les propriétés gériques (du Gr. *geraios*, vieux) se rapportent à un matériau minéral qui a une capacité d'échange cationique effective très faible ou même qui agit comme échangeur anionique.

Critères diagnostiques. Un matériau minéral a des caractères gériques s'il a, *soit*:

1. $1,5 \text{ cmol}_c$ ou moins de bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) plus l'acidité d'échange non tamponnée dans $\text{KCl } 1M$ par kg d'argile; *soit*
2. un delta pH (pH_{KCl} moins $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) de +0,1 ou plus.

PROPRIETES GLEIQUES

Description générale. A moins qu'ils ne soient drainés, les matériaux ont des propriétés gleyiques (du nom vernaculaire russe *gley*, masse de sol fangeux) s'ils sont complètement saturés par la nappe phréatique pendant une période qui permet à des **conditions réductrices** de régner (cela peut aller de quelques jours sous les tropiques à quelques semaines dans les autres régions) et s'ils présentent un **modèle de couleurs gleyiques**.

Critères diagnostiques. Les conditions réductrices²³ sont mises en évidence par :

1. une valeur de rH égale ou inférieure à 19 dans la solution du sol; **ou**
2. la présence de Fe²⁺ libre se manifestant par **soit**:
 - a. une couleur bleu foncé nette sur une surface fraîchement brisée d'un échantillon de sol prélevé humide sur le terrain, après pulvérisation d'une solution à 1 pourcent de cyanure ferrique de potassium (K₃ Fe(III)(CN)₆); **ou**
 - b. une couleur rouge fort sur une surface fraîchement brisée d'un échantillon de sol prélevé humide sur le terrain après pulvérisation d'une solution à 0,2 pourcent d' α,α , dipyridyl dans de l'acide acétique à 10 pourcent; **et**
3. un modèle de couleurs gleyiques²⁴ reflétant des caractères oximorphiques²⁵ et/ou réductomorphiques²⁶ **soit**
 - a. dans plus de 50 pourcent de la masse du sol; **ou**
 - b. dans 100 pourcent de la masse du sol située sous tout horizon de surface.

Identification sur le terrain. Dans les sols qui ont des propriétés gleyiques, les (hydr)oxydes de fer et de manganèse sont redistribués à l'extérieur des peds et vers la surface des sols, d'où provient l'oxygène. Le modèle de couleur résultant (couleurs rougeâtres, brunâtres ou jaunâtres à proximité de la surface des peds ou dans la partie supérieure du profil, associées à des

²³ La mesure de base de la réduction des matériaux du sol est le rH. Cette mesure est en relation avec le potentiel rédox (Eh) et est corrigée par le pH comme le montre la formule suivante:

$$rH = \frac{Eh(mV)}{29} + 2pH$$

²⁴ Un modèle de couleurs gleyiques résulte d'un gradient rédox entre la nappe phréatique et la frange capillaire, produisant une distribution inégale d'(hydr)oxydes de fer et de manganèse. A la base du sol et/ou dans les peds, les oxydes sont soit transformés en composés insolubles de Fe/Mn (II), soit déplacés ; ces deux processus engendrent l'absence de couleurs ayant un hue Munsell plus rouge que 2,5Y. Les composés de Fe et Mn déplacés peuvent se concentrer sous forme oxydée (Fe(III), Mn(IV)), qu'il est possible de reconnaître sur le terrain grâce à un test H₂O₂ à 10 pourcent sur les surfaces de peds ou dans des (bio)pores ('canaux de racines rouillés'), et même dans la matrice vers la surface.

²⁵ Les propriétés oximorphiques reflètent l'alternance de conditions réductrices et oxydantes, comme cela se passe dans la frange capillaire et dans les horizons de surface de sols à niveau phréatique fluctuant. Les propriétés oximorphiques s'expriment par des taches brun rougeâtre (ferrihydrite) ou brun jaunâtre brillant (goethite), ou par des taches jaune brillant (jarosite) dans les sols sulfatés acides. Dans les sols loameux et argileux, les (hydr)oxydes de fer sont concentrés sur les surfaces des agrégats et sur les parois de pores plus grands (p. ex. les chenaux laissés par d'anciennes racines).

²⁶ Les propriétés réductomorphiques reflètent des conditions d'engorgement permanent et sont exprimées par des couleurs neutres (blanc à noir: N1/ à N8/) ou bleuâtres à verdâtres (2,5Y, 5Y, 5G, 5B) dans plus de 95 pourcent de la matrice du sol. Dans les matériaux loameux et argileux les couleurs bleu-vert dominant. Elles sont dues à des sels hydroxy de Fe(II, III) ('rouille verte'). Si le matériau est riche en soufre, des couleurs noirâtres l'emportent. Elles sont dues à des sulfures de fer. Dans un matériau calcaire, les couleurs blanchâtres dominant à cause de la calcite et/ou de la sidérite. Les sables sont généralement gris clair à blancs et souvent appauvris en fer et en manganèse. La partie supérieure de l'horizon réductomorphique peut présenter plus de 5 pourcent de couleur rouille, principalement autour des chenaux creusés par des animaux fouisseurs ou des racines de plantes.

couleurs grisâtres/bleuâtres à l'intérieur des peds ou plus bas dans le sol) est un indice de la présence de conditions gleyiques. De même, le test au dipyridyl donne souvent une bonne indication de la présence de fer ferrique dans la solution du sol.

PROPRIETES STAGNIQUES

Description générale. A moins qu'ils ne soient drainés, les matériaux de sols ont des propriétés stagniques (du *L.stagnare*, inonder) s'ils sont complètement saturés par l'eau de surface au moins temporairement, pendant une période suffisamment longue pour permettre l'installation de **conditions réductrices** (la période peut aller de quelques jours sous les tropiques à quelques semaines dans les autres régions), et s'ils présentent un **modèle de couleurs stagniques**.

Critères diagnostiques. Les conditions réductrices sont mises en évidence par une ou plusieurs des caractéristiques suivantes:

1. une valeur de rH égale ou inférieure à 19 dans la solution du sol; **ou**
2. la présence de Fe^{2+} libre se manifestant par **soit**:
 - a. une couleur bleu foncé nette sur une surface fraîchement brisée d'un échantillon de sol prélevé humide sur le terrain, après pulvérisation d'une solution à 1 pourcent de cyanure ferrique de potassium ($K_3Fe(III)(CN)_6$); **soit**
 - b. une couleur rouge fort sur une surface fraîchement brisée d'un échantillon de sol prélevé humide sur le terrain, après pulvérisation d'une solution à 0,2 pourcent de α,α dipyridyl dans de l'acide acétique à 10 pourcent; **et**
3. un horizon *albique* ou un modèle de couleurs stagniques²⁷ **soit**:
 - a. dans plus de 50 pourcent du volume du sol s'il n'est pas perturbé; **soit**
 - b. dans 100 pourcent du volume du sol si l'horizon de surface du sol est perturbé par un labour.

Identification sur le terrain. Le modèle de distribution des caractères rédoximorphiques, avec les oxydes de fer et de manganèse concentrés à l'intérieur des peds (ou du fond matriciel s'il n'y a pas de peds) donne une bonne idée des caractères stagniques.

ROCHE DURE CONTINUE

Définition. Une roche dure continue est un matériau situé à la base du sol, à l'exclusion d'horizons pédogénétiques cimentés tels que les horizons *pétoalciques*, *pétroduriques*, *pétrogypsiques* et *pétroplinthiques*, qui est suffisamment cohérent et dur à l'état humide pour qu'il soit impossible de le creuser à la bêche. Le matériau est considéré comme continu si seules

²⁷ Un modèle de couleurs stagniques montre des taches telles que les surfaces des peds (ou une partie de la matrice) sont plus claires (une unité de valeur Munsell ou plus) et plus pâles (une unité de chroma ou moins), et les parties intérieures des peds (ou certaines parties de la matrice) sont plus rougeâtres (une unité de hue ou plus) et plus vives (une unité de chroma ou plus) que les parties non rédoximorphiques de la couche ou de sa moyenne après mélange. Ce modèle de taches peut s'observer directement sous la surface du sol ou de la couche de labour, ou sous un horizon albique.

le traversent quelques fentes, séparées d'une distance horizontale d'au moins 10 cm et qu'aucun déplacement significatif de la roche ne se soit produit.

MATERIAUX DIAGNOSTIQUES

Il a semblé approprié de définir des matériaux diagnostiques de sol. Ces matériaux diagnostiques de sol sont définis afin de refléter les matériaux parentaux d'origine, dans lesquels les processus pédogénétiques n'ont pas encore eu une activité telle qu'ils y aient laissé une empreinte significative. Ils comprennent le matériau *anthropogéomorphique*, *calcarique*, *fluviatique*, *gypsirique*, *organique*, *sulfidique* et *téphrique*. Les propriétés *fluviatiques*, *calcareuses* et *calcariques*, et *gypsifères* de la Légende Révisée (FAO, 1988) sont redéfinies comme matériau *fluviatique*, *calcarique* et *gypsirique*.

MATERIAU DE SOL ANTHROPOGÉOMORPHIQUE

Description générale. Un matériau de sol anthropogéomorphique (du Gr. *anthropos*, homme) se rapporte à un matériau organique ou minéral non consolidé résultant principalement de remblayages de terres, de déchets de mines, de résidus urbains, de détritiques de décharge, de produits de dragage, etc., dus à des activités humaines. Il n'a cependant **pas** été mis en place depuis une période de temps suffisamment longue pour exprimer d'une manière significative des processus pédogénétiques.

Les descriptions de certains matériaux anthropogéomorphiques sont données au tableau 2.

TABLEAU 2.

Quelques matériaux anthropogéomorphiques

Arique.	Matériau minéral qui a, dans une ou plusieurs couches comprises entre 25 et 100 cm de profondeur, 3 pourcent ou plus (en volume) de fragments d'horizons diagnostiques qui ne sont pas organisés en ordre discernable.
Garbique.	Matériau composé de détritiques organiques; remblayage de terres contenant principalement des détritiques organiques.
Réductique	Déchets émettant des gaz (méthane, dioxyde de carbone, etc), et entraînant de l'anaérobiose dans le matériau.
Spolique.	Matériau terreux provenant d'activités industrielles (déchets de mines, dragages de rivières, déblais de routes, etc.).
Urbique.	Matériau terreux contenant des décombres de construction et des artefacts (débris culturels représentant plus de 35 pourcent en volume).

MATERIAU DE SOL CALCARIQUE

Définition. Un matériau de sol calcarique (du Fr. *calcaire*) manifeste une vive effervescence à HCl 10 pourcent dans la majeure partie de la terre fine. Le concept s'applique à du matériau contenant plus de 2 pourcent d'équivalent carbonate de calcium.

MATERIAU DE SOL FLUVIQUÉ

Description générale. Un matériau de sol fluvié (du L. *fluvius*, fleuve) se rapporte à des sédiments fluviaux, marins et lacustres qui reçoivent des matériaux frais à intervalles réguliers, ou qui en ont reçu dans un passé récent²⁸.

Critères diagnostiques. Un matériau de sol fluvié est un matériau montrant des stratifications dans au moins 25 pourcent du volume du sol sur une profondeur déterminée ; les stratifications peuvent également être mises en évidence par un taux de carbone organique décroissant de manière irrégulière avec la profondeur, ou demeurant supérieur à 0.2 pourcent à une profondeur de 100 cm. De fines strates de sable peuvent contenir moins de carbone organique si les sédiments sous-jacents plus fins, à l'exclusion d'horizons A enterrés, satisfont à la dernière condition.

Identification sur le terrain. Un matériau de sol fluvié montre des stratifications. Des couches alternées de couleur plus sombre peuvent refléter une diminution irrégulière du carbone organique avec la profondeur.

MATERIAU DE SOL GYPSIRIQUE

Définition. Un matériau de sol gypsirique (du L. *gypsum*) est un matériau de sol minéral qui contient au moins 5 pourcent de gypse (en volume).

MATERIAU DE SOL ORGANIQUE

Description générale. Un matériau de sol organique est constitué de débris organiques accumulés en surface sous conditions humides ou sèches et dans lequel les composants minéraux n'exercent pas d'influence significative sur les propriétés du sol.

Critères diagnostiques. Un matériau de sol organique doit avoir une des deux propriétés suivantes:

1. s'il est saturé en eau pendant de longues périodes (à moins qu'il ne soit drainé artificiellement), et sans tenir compte des racines vivantes, *soit*
 - a. 18 pourcent de carbone organique (30 pourcent de matière organique) ou plus si la fraction minérale contient 60 pourcent ou plus d'argile; *ou*
 - b. 12 pourcent de carbone organique (20 pourcent de matière organique) ou plus si la fraction minérale ne contient pas d'argile; *ou*
 - c. une limite inférieure de la teneur en carbone organique comprise proportionnellement entre 12 et 18 pourcent si la teneur en argile de la fraction minérale est comprise entre 0 et 60 pourcent; *soit*

²⁸ Le passé récent couvre la période durant laquelle le sol a été protégé des inondations, p.ex. par mise sous polders, par endiguement, par canalisation ou par drainage artificiel, et durant laquelle le temps de formation des sols n'a pas été suffisant pour générer le développement de n'importe quel horizon diagnostique subsuperficiel à l'exception d'un horizon *salique* ou *sulfurique*.

2. si la saturation en eau n'excède jamais plus de quelques jours, 20 pourcent ou plus de carbone organique.

MATERIAU DE SOL SULFIDIQUE

Description générale. Un matériau de sol sulfidique (de l'Anglais *sulphide*, sulfure) est un dépôt gorgé d'eau contenant du soufre, principalement sous forme de sulfures, et des quantités restreintes de carbonates de calcium.

Critères diagnostiques. Un matériau de sol sulfidique doit avoir:

1. 0,75 pourcent ou plus de soufre (poids sec) et moins de trois fois son poids en équivalent carbonate de calcium ; *et*
2. un pH (H₂O) supérieur à 3,5.

Identification sur le terrain. Souvent, en conditions humides ou détrempées, les dépôts contenant des sulfures montrent un éclat doré, qui est la couleur de la pyrite. Une oxydation forcée avec une solution à 30 pourcent de peroxyde d'hydrogène abaisse le pH de 0,5 unité ou plus. L'oxydation engendre également une odeur d'oeufs pourris.

MATERIAU DE SOL TEPHRIQUE²⁹

Description générale. Un matériau de sol téphrique (du Gr. *tephra*, tas de cendres) est constitué soit de **tephra**, c'est-à-dire de produits pyroclastiques primaires non consolidés, non ou seulement peu altérés, provenant d'éruptions volcaniques (en ce compris cendres, scories, lapilli, ponces, produits pyroclastiques vésiculaires ayant l'aspect de ponces, blocs ou bombes volcaniques), soit de **dépôts téphriques**, c'est-à-dire de téphra retravaillés et mélangés à des matériaux provenant d'autres sources, et en ce inclus des loess téphriques, des sables éoliens téphriques et des alluvions d'origine volcanique.

Critères diagnostiques. Un matériau de sol téphrique doit avoir:

1. 60 pourcent ou plus de téphra; *et*
2. moins de 0,4 pourcent d'Al + ½ Fe, tous deux extractibles par l'oxalate acide (pH 3).

Liens avec d'autres horizons diagnostiques. La faible quantité d'aluminium et de fer extractibles par l'oxalate acide sépare le matériau de sol téphrique des horizons *vitriques*.

²⁹ La description et les critères diagnostiques sont adaptés de Hewitt (1992).

Chapitre 4

Classification des subdivisions des groupes de référence de sols

Depuis la mise en œuvre de la Légende de la Carte Mondiale des Sols (FAO, 1974), le nombre d'unités utilisées au niveau inférieur dans la Légende ou dans la classification des sols n'a cessé d'augmenter: de 106 en 1974, à 152 dans la Légende Révisée de la Carte Mondiale des Sols (FAO, 1988), puis à 209 dans le premier projet de la Base de Références Mondiale des Ressources en Sols (AISS-ISRIC-FAO, 1994). En même temps, un sérieux effort a été fait pour prolonger ce second niveau en introduisant un troisième niveau (Nachtergaele *et al.*, 1994). La poursuite d'une telle inflation des unités et sous-unités dans la Base de Référence Mondiale pourrait facilement conduire à une situation telle qu'il devienne extrêmement difficile de se rappeler et d'utiliser toutes les définitions dans les principaux groupes de référence de sols.

Une complication supplémentaire vient du fait que, dans le projet BRM, de nombreux noms d'unités pédologiques et de modificateurs sont hérités de la légende originelle de la FAO et ont parfois été définis différemment selon le groupe dans lequel ils se situent. Par exemple, une unité de sol 'dystrique' peut signifier '...ayant un taux de saturation en bases inférieur à 75 pourcent' (dans les Vertisols dystriques), ou '...ayant un taux de saturation en bases inférieur à 50 pourcent', dans différentes sections de contrôle (par exemple, la comparaison des sections de contrôle des Planosols dystriques et des Cambisols dystriques).

Une autre limitation inhérente à la liaison intime avec la Légende de la Carte Mondiale des Sols est que, bien qu'il ait été souvent utilisé comme système de classification des sols, le but original du système FAO était de servir de Légende pour une carte spécifique, ce qui a nécessité certaines simplifications. Ainsi, les Gleysols calciques comprenaient des sols avec horizon gypsique. De même, les Fluvisols umbriques regroupaient les sols alluviaux à horizon umbrique avec les Fluvisols à horizon histique désaturé. Cette généralisation nécessitée par la Légende a engendré une perte d'informations.

Last but not least, il est clair qu'une division nette doit séparer les objectifs doubles de la Base de Référence Mondiale : d'une part être à même de servir de système de référence pédologique pour des géographes, pour des agronomes et pour d'autres utilisateurs, qui sont principalement intéressés par un degré élevé de généralisation expliqué en termes non techniques ; d'autre part, la Base de Référence Mondiale doit être un outil sophistiqué de corrélation capable de concilier une gamme étendue de systèmes nationaux de classification des sols.

En vue de remédier aux contraintes de classification des sols ainsi qu'évoqué plus haut, la création de définitions standardisées a été décidée pour chaque subdivision et un système souple

de classification a été conçu pour permettre une transmission maximale d'informations sur les profils de sols. C'est ainsi qu'un nombre limité de noms sont définis pour les subdivisions des Groupes de Référence de Sols ; ils peuvent être utilisés dans un certain ordre pour qualifier chaque groupe aux niveaux inférieurs. De plus, pour simplifier le plus possible son utilisation, une définition unique est proposée pour chaque qualificatif, aussi bien pour l'utilisation des profondeurs que des épaisseurs standard. En agissant ainsi, il est inévitable que le lien qui a existé jusqu'en 1994 avec les unités de sols de la FAO soit partiellement perdu. Cependant, cette perte sera compensée dans l'approche présente par un gain en clarté et en facilité d'utilisation.

Un avantage supplémentaire des subdivisions standardisées est que cela facilitera et améliorera la corrélation des sols ainsi que le transfert de technologie entre pays et régions. De plus, cela devrait servir des buts utilitaires (par exemple dans l'évaluation des terres et dans la planification de leur usage), et ne pas être considéré comme une fin en soi, mais plutôt comme une contribution à une meilleure compréhension des ressources en sols.

A ce stade, il n'est pas possible de donner une liste d'ensemble des noms des niveaux inférieurs de la Base de Référence Mondiale. Aussi une liste provisoire de noms et de définitions a été établie après avoir étudié les utilisations des seconds niveaux faites par la FAO (1988), par le Soil Survey Staff (1996) et par la BRM (ISSS-ISRIC-FAO, 1994), et des troisièmes niveaux dans les classifications de sols du Botswana (Rommelzwaal et Verbeek, 1990), de l'Afrique du Nord Est (FAO, 1997), du Bangladesh (Brammer *et al.*, 1988) et de l'Union Européenne (CCE, 1985), et après avoir reclassifié un grand nombre de pédons typiques parmi tous les groupes de sols de référence.

PRINCIPES GENERAUX DISTINGUANT LES UNITES AU NIVEAU INFERIEUR

Afin de conserver au système sa simplicité et sa facilité d'utilisation, des critères de différenciation sont sélectionnés pour les sous-unités de sols ; ils sont intimement liés aux critères diagnostiques définis au premier niveau.

Les nouveaux critères introduits se rapportent à des propriétés complémentaires des sols estimées pertinentes aux niveaux inférieurs. L'utilisation des phases comme critères de différenciation des niveaux inférieurs de classification doit en principe être restreinte au minimum. Cependant, certaines d'entre elles ont été incluses dans la liste provisoire des noms.

Règles générales

Les règles générales à suivre pour différencier les unités de niveau inférieur sont:

1. Les critères diagnostiques appliqués au niveau inférieur dérivent des horizons, propriétés et autres caractéristiques diagnostiques définis pour les groupes de référence précédemment établis. Ils peuvent de plus inclure de nouveaux éléments ainsi que des critères utilisés à des niveaux supérieurs pour la définition de phases.
2. Les unités des niveaux inférieurs peuvent être définies et nommées sur base de la présence d'horizons diagnostiques. En général, les manifestations peu nettes ou incomplètes de caractéristiques similaires ne sont pas considérées comme discriminantes.

3. Les critères de discrimination liés au climat, au matériau originel, à la végétation ou aux caractères physiographiques tels que la pente, la géomorphologie ou l'érosion, ne sont pas pris en compte. Il en va de même pour les critères liés aux relations sol - eau tels que la profondeur de la nappe phréatique ou le drainage. Les couches du substrat ainsi que l'épaisseur et la morphologie du solum ou des horizons individuels ne sont pas repris comme critères diagnostiques pour la différenciation des unités de niveau inférieur.
4. Un ensemble de critères diagnostiques existe pour la définition des unités de sol au niveau inférieur. Dans sa définition, ce nom inclut le critère diagnostique ; dans le même temps, il fonctionne par connotation au second et au troisième niveaux. Chaque qualificatif de sol n'a qu'une seule signification qui doit être applicable à tous les groupes de référence de sols dans lesquels il intervient.
5. Un seul nom doit être utilisé pour définir chaque niveau inférieur. Cependant, ces noms peuvent être utilisés en combinaison avec des indications de profondeur, d'épaisseur ou d'intensité. Si des noms supplémentaires s'avèrent nécessaires, ils devront être repris entre parenthèses après les noms du groupe de référence du sol , p.ex.. Ferralsol acri-gérique (abruptique et xanthique).
6. Les définitions des unités de niveaux inférieurs ne peuvent pas faire double emploi, ni entrer en contradiction avec les définitions d'autres sous-unités de sol ou de groupes de référence de sols. Ainsi, un Calcisol dystri-pétriq est une contradiction, tandis qu'un Calcisol eutri-pétriq fait double emploi dans ce sens que le nom 'eutrique' n'apporte aucune information supplémentaire.

De nouvelles unités ne peuvent être établies que si des descriptions de profils et des analyses de laboratoire les appuient.

7. Pour éviter toute confusion, les règles de priorité doivent être strictement suivies dans l'utilisation de noms de sols au niveau inférieur. Des séquences prioritaires spécifiques à chaque modificateur dans chaque groupe de référence de sol sont données plus loin dans le texte.

Exemple

Dans les Vertisols, les qualificatifs suivants ont été reconnus, en ordre de priorité :

- | | |
|---------------|--|
| 1. thionique | intergrade avec les Gleysols sulfatés acides et avec les Fluvisols |
| 2. salique | intergrade avec le groupe de référence des Solonchaks |
| 3. natrique | intergrade avec le groupe de référence des Solonetz |
| 4. gypsique | intergrade avec le groupe de référence des Gypsisols |
| 5. durique | intergrade avec le groupe de référence des Durisols |
| 6. calcique | intergrade avec le groupe de référence des Calcisols |
| 7. alique | intergrade avec le groupe de référence des Alisols |
| 8. ----- | |
| 9. gypsirique | contenant du gypse |
| 10. pellique | couleur sombre, souvent pauvrement drainé |
| 11. grumique | horizon de surface à mulch |

- | | |
|-------------------|--|
| 12. maziq | horizon de surface très dur ; problèmes de praticabilité |
| 13. chromique | couleur rougeâtre |
| 14. mésotrophique | ayant un taux de saturation en bases inférieur à 75 pourcent (se rencontre au Venezuela) |
| 15. sodique | ayant un ESP compris entre 6 et 15 |
| 16. eutriq | ayant un taux de saturation en bases égal ou supérieur à 75 pourcent |
| 17. haplique | n'ayant pas de caractéristiques spécifiques |
-

Classier un *Vertisol* de couleur rougeâtre avec un horizon calcique en suivant l'ordre des priorités oblige à appliquer les qualificatifs 6 et 12. En conséquence, le sol est classifié comme Vertisol calcique - chromique. Si des informations complémentaires sur la profondeur et sur l'intensité de l'horizon calcique sont disponibles, elles peuvent être incluses en classifiant le sol comme Vertisol épicalcique - chromique, indiquant par là que l'horizon calcique se trouve endéans les 50 premiers cm de profondeur.

Lorsque plus de deux modificateurs peuvent être utilisés, ils seront ajoutés entre parenthèses après le nom standard. Si, par exemple le Vertisol présenté a également un horizon de surface très dur (qualificatif 11), alors ce sol sera appelé Vertisol calcique - maziq (chromique).

Expansion future et applications

Le système permet un transfert maximum de connaissances sur les sols, car chaque qualificatif n'a qu'une seule signification, que ces qualificatifs sont assez peu nombreux et faciles à enseigner et à mémoriser.

Lorsqu'il est utilisé de pair avec les systèmes de classification nationaux existant à diverses échelles de cartographie, le système devra être adapté afin d'être à même de servir aussi de légende pour les cartes de sols. Bien souvent, ceci nécessitera de simplifier et de regrouper plusieurs des qualificatifs. Ainsi, parmi les qualificatifs, le terme 'thionique' est déjà une combinaison de 'protothionique' et de 'orthithionique' ; un autre exemple serait de ne prendre en compte que les noms des intergrades pour les cartes à petite échelle.

Il est à remarquer également que dans la Base de Données Mondiale sur les Sols et Terrains (SOTER), que préparent en association le PNUE, l'AISS, l'ISRIC et la FAO (Van Engelen & Wen, 1995 ; Nachtergaele, 1996), les unités cartographiques contiennent aussi des informations sur les profils de sols qui pourront être classifiés au moyen du présent système.

Enfin, il apparaît que bien souvent l'aménagement des sols requiert des informations complémentaires, en particulier sur les caractéristiques de la partie superficielle du sol et sur son climat. Il est prévu dès lors que les directives des deux publications soient développées de concert avec des propositions existantes, comme 'The Characterization of Topsoils' (FitzPatrick, 1988 ; Spaargaren, 1992 ; Purnell *et al.*, 1994) et comme les régimes climatiques de la Méthodologie des Zones Agroécologiques Mondiales (Fisher *et al.*, 1996).

DEFINITIONS DES ELEMENTS DE FORMATION POUR LES UNITES DE NIVEAU INFERIEUR

Sauf indication contraire, les définitions des horizons et des propriétés diagnostiques, données ci-dessous en italiques, sont celles présentées au Chapitre 3.

Dans la plupart des situations, seul un nombre limité de combinaisons sera possible, car de nombreuses définitions s'excluent mutuellement.

abruptique ayant un *changement textural brusque*.

acérique ayant un pH (1:1 dans l'eau) compris entre 3,5 et 5 et des taches de jarosite endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Solonchaks*).

acrique ayant un horizon *ferralique* qui satisfait aux exigences d'augmentation en argile d'un horizon *argique*, et qui a un taux de saturation en bases (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) inférieur à 50 pourcent dans une partie au moins de l'horizon B situé endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Ferralsols*).

TABLEAU 3

Liste alphabétique des noms de sols des niveaux inférieurs

00	abruptique	ferralique	lixique	rhodique
	acérique	ferrique	luvique	rubique
	acrique	fibrique	magnésique	ruptique
	acroxique	fluvique	mazique	rustique
	albique	folique	mélanique	salique
	alcalique	fragique	mésotrophique	saprique
	alique	fulvique	mollique	100 silique
	alumique	garbique	70 natrique	siltique
	andique	40 gélique	nitique	sodique
10	anthraquique	gélistagnique	ochrique	spodique
	anthrique	gérique	ombrique	spolique
	anthropique	gibbsique	oxyaquique	squelettique
	arénique	glacique	pachique	stagnique
	aridique	gleyique	pellique	sulfatique
	arique	glossique	pétrique	takyrique
	arzique	greyique	pétrocalcique	téphrique
	calcarique	grumique	pétradurique	110 terrique
	calcique	gypsique	80 pétrogypsique	thionique
	carbique	50 gypsirique	pétoplinthique	toxique
20	carbonatique	haplique	pétrosalique	turbique
	chernique	histique	placique	umbrique
	chloridique	hortique	plaggique	urbique
	chromique	humique	planique	vermique
	cryique	hydragrique	plinthique	vertique
	cutanique	hydrique	posique	vétique
	densique	hyperochrique	profondique	vitrique
	durique	hypersquelettique	protique	120 xanthique
	dystrique	irragrique	90 réductique	yermique
	entique	60 lamellique	régique	
30	eutrique	leptique	rendzique	
	eutrisilique	lithique	rhéique	

Là où cela semble approprié, les noms peuvent être précisés par l'utilisation de préfixes, comme par exemple épigleyique, protothionique. Les préfixes suivants peuvent être utilisés :

bathi	épi	orthi	thapto
cumuli	hyper	para	
endo	hypo	proto	

- acroxique** ayant moins de 2 cmol_c kg⁻¹ de terre fine, de bases échangeables plus Al³⁺ échangeable dans KCl 1 M dans un ou plusieurs horizons dont l'épaisseur combinée atteint au moins 30 cm endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Andosols*).
- albique** ayant un horizon *albique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- hyperalbique** ayant un horizon *albique* endéans les 50 premiers cm du sol et dont la limite inférieure est située à 100 cm ou plus de profondeur.
- glossalbique** montrant des langues d'horizon *albique* dans un horizon *argique* ou *natrique*.
- alcalique** ayant un pH (1:1 dans l'eau) d'au moins 8,5 endéans les 50 premiers cm du sol.
- alique** ayant un horizon *argique* dont la capacité d'échange cationique est égale ou supérieure dans tout l'horizon à 24 cmol_c kg⁻¹ d'argile, le rapport limon/argile inférieur à 0,6 et le taux de saturation en Al d'au moins 50 pourcent.
- alumineux** ayant un taux de saturation en Al égal ou supérieur à 50 pourcent dans une partie au moins de l'horizon B entre 50 et 100 cm de profondeur.
- andique** ayant un horizon *andique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- aluandique** ayant un horizon *andique* dont la teneur en silice extractible par l'oxalate acide (pH 3) est inférieure à 0,6% , ou ayant un rapport Al_{py}⁶ / Al_{ox}⁷ égal ou supérieur à 0,5.
- silandique** ayant un horizon *andique* dont la teneur en silice extractible par l'oxalate acide (pH3) est égale ou supérieure à 0,6%, ou ayant un rapport Al_{py} / Al_{ox} inférieur à 0,5.
- anthraquique** ayant un horizon *anthraquique*.
- anthrique** montrant des signes d'influence humaine due à des pratiques agricoles.
- anthropique** consistant en matériau de sol *anthropogéomorphique* ou dont le sol est profondément modifié par des activités humaines autres que celles relatives aux pratiques culturelles (*uniquement dans les Régosols*).
- arénique** ayant la texture d'un sable fin loameux ou plus grossière sur toute l'épaisseur des 50 premiers cm.
- aridique** ayant des propriétés *aridiques* sans horizon *takyrique* ou *yermique*.

⁶ Al_{py} : aluminium extractible au pyrophosphate.

arique	dont les labours profonds et répétés n'ont laissé que des restes d'horizons diagnostiques.
arziq	ayant une nappe phréatique riche en sulfates endéans les 50 premiers cm du sol durant certaines périodes de la plupart des années et contenant en moyenne au moins 15 pourcent de gypse sur une profondeur de 100 cm (<i>uniquement dans les Gypsisols</i>).
calcarique	calcaire au moins entre 20 et 50 cm de profondeur.
calcique	ayant un horizon <i>calcique</i> ou des concentrations de <i>carbonates secondaires</i> entre 50 et 100 cm de profondeur. hypercalcique ayant un horizon <i>calcique</i> contenant au moins 50% d'équivalent carbonate de calcium. hypocalcique n'ayant des concentrations de <i>carbonates secondaires</i> qu'endéans les 100 premiers cm du sol. orthicalcique ayant un horizon <i>calcique</i> endéans les 100 premiers cm du sol.
carbique	ayant un horizon <i>spodique</i> cimenté ne contenant pas suffisamment de fer amorphe pour devenir plus rouge après brûlage (<i>uniquement dans les Podzols</i>).
carbonatique	ayant une solution du sol dont le pH (1:1 dans l'eau) est supérieur à 8.5 et avec $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 \gg \text{Cl}$ (<i>uniquement dans les Solonchaks</i>).
chernique	ayant un horizon <i>chernique</i> (<i>uniquement dans les Chernozems</i>).
chloridique	ayant une solution du sol (1:1 dans l'eau) avec $\text{Cl} \gg \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$ (<i>dans les Solonchaks uniquement</i>).
chromique	ayant un horizon B dans lequel la majeure partie a un hue Munsell de 7,5YR et un chroma, à l'état humide, supérieur à 4, ou un hue plus rouge que 7,5YR.
cryique	ayant un horizon <i>cryique</i> endéans les 100 premiers cm du sol.
cutanique	ayant des revêtements argileux dans l'horizon <i>argique</i> (<i>uniquement dans les Luvisols</i>)
densique	ayant un horizon <i>spodique</i> cimenté ('ortstein') (<i>uniquement dans les Podzols</i>)
durique	ayant un horizon <i>durique</i> endéans les 100 premiers cm du sol.
dystrique	ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 M) inférieur à 50 pourcent dans une partie au moins comprise entre 20 et 100 cm de profondeur, ou dans une couche de 5 cm d'épaisseur directement au dessus d'un contact lithique dans les <i>Leptosols</i> .

⁷ Al_{ox} : aluminium extractible à l'oxalate acide (pH3) (méthode de Blakemore *et al*, 1981).

- épidystrique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 *M*) inférieur à 50 pourcent au moins entre 20 et 50 cm de profondeur.
- hyperdystrique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 *M*) inférieur à 50 pourcent dans toutes les parties comprises entre 20 et 100 cm de profondeur, et de moins de 20 pourcent quelque part dans les 100 premiers cm.
- orthidystrique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 *M*) inférieur à 50 pourcent dans toutes les parties comprises entre 20 et 100 cm de profondeur.
- entique** n'ayant pas d'horizon *albique* et ayant un horizon *spodique* meuble (*uniquement dans les Podzols*).
- eutrique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 *M*) égal ou supérieur à 50 pourcent au moins entre 20 et 100 cm de profondeur, ou dans une couche de 5 cm d'épaisseur directement au dessus d'un contact lithique dans les *Leptosols*.
- endoeutrique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 *M*) égal ou supérieur à 50 pourcent dans toutes les parties situées entre 50 et 100 cm de profondeur.
- hypereutrique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 *M*) égal ou supérieur à 80 pourcent dans toutes les parties situées entre 20 et 100 cm de profondeur.
- orthieutrique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 *M*) égal ou supérieur à 50 pourcent dans toutes les parties situées entre 20 et 100 cm de profondeur.
- eutrisilique** ayant un horizon *silandique* et une somme des bases échangeables de 25 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terre fine endéans les 30 premiers cm du sol.
- ferralique** ayant des propriétés *ferraliques* endéans les 100 premiers cm du sol.
- hyperferralique** ayant une capacité d'échange cationique (par NH_4OAc 1 *M*) inférieure à 16 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile dans au moins quelques sous-horizons situés endéans les 100 premiers cm du sol.
- hypoferralique** ayant une capacité d'échange cationique (par NH_4OAc 1 *M*) inférieure à 4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terre fine dans au moins 30 des 100 premiers cm du sol et un chroma Munsell, à l'état humide, de 5 ou plus et/ou des hues plus rouges que 10YR (*uniquement dans les Arénosols*).
- ferrique** ayant un horizon *ferrique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- hyperferrique** ayant une ou plusieurs couches dont l'épaisseur totale est d'au moins 25 cm et constituées de 40 pourcent ou plus de nodules d'oxydes de fer/manganèse endéans les 100 premiers cm du sol.

fibrique	ayant plus des deux tiers (en volume) de matériau de sol <i>organique</i> constitué de tissus végétaux reconnaissables (<i>uniquement dans les Histosols</i>).
fluviq	ayant des matériaux de sol <i>fluviq</i> endéans les 100 premiers cm du sol.
foliq	ayant un horizon <i>foliq</i> (<i>uniquement dans les Histosols</i>).
fragiq	ayant un horizon <i>fragiq</i> endéans les 100 premiers cm du sol.
fulviq	ayant un horizon <i>fulviq</i> endéans les 30 premiers cm du sol.
garbique	ayant des accumulations de matériau de sol <i>anthropogéomorphique</i> contenant plus de 35 pourcent (en volume) de déchets organiques (<i>uniquement dans les Régosols anthropiques</i>).
géliq	ayant un <i>permagel</i> endéans les 200 premiers cm du sol.
gélistagniq	ayant une saturation en eau temporaire en surface due à un sous-sol gelé.
gériq	ayant des propriétés <i>gériq</i> dans au moins un horizon endéans les 100 premiers cm du sol.
gibbsiq	ayant une couche de plus de 30 cm d'épaisseur contenant plus de 25 pourcent de gibbsite dans la fraction terre fine endéans les 100 premiers cm du sol.
glaciq	ayant endéans les 100 premiers cm du sol un horizon d'au moins 30 cm d'épaisseur et contenant au moins 95 pourcent (en volume) de glace.
gleyiq	ayant des propriétés <i>gleyiq</i> endéans les 100 premiers cm du sol.
	endogleyiq ayant des propriétés <i>gleyiq</i> entre 50 et 100 cm de profondeur.
	épigleyiq ayant des propriétés <i>gleyiq</i> endéans les 50 premiers cm du sol.
glossiq	montrant des langues d'horizon <i>molliq</i> ou <i>umbriq</i> pénétrant dans un horizon B sous-jacent ou dans un saprolite.
	molliglossiq montrant des langues d'horizon <i>molliq</i> pénétrant dans un horizon B sous-jacent ou dans le saprolite.
	umbriglossiq montrant des langues d'horizon <i>umbriq</i> pénétrant dans un horizon B sous-jacent ou dans le saprolite.
greyiq	ayant des grains de limon et de sable non revêtus sur les faces structurales des peds dans un horizon <i>molliq</i> (<i>uniquement dans les Phaeozems</i>).

- grumique** ayant une couche de surface dont l'épaisseur est d'au moins 3 cm à structure forte plus fine que granulaire très grossière (*uniquement dans les Vertisols*).
- gypsique** ayant un horizon *gypsique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- hypergypsique** ayant un horizon *gypsique* qui a 60 pourcent ou plus de gypse.
- hypogypsique** ayant un horizon *gypsique* qui a 25 pourcent ou moins de gypse.
- gypsirique** ayant du matériau de sol *gypsirique* au moins entre 20 et 50 cm de profondeur.
- haplique** exprimant certains caractères de manière typique (typique dans le sens qu'il n'y a pas de caractérisation supplémentaire ou significative).
- histique** ayant un horizon *histique* endéans les 40 premiers cm du sol.
- fibrihistique** ayant un horizon *histique* endéans les 40 premiers cm du sol, dans lequel plus des deux tiers (en volume) du matériau de sol *organique* est constitué de tissus végétaux reconnaissables.
- saprihistique** ayant un horizon *histique* endéans les 40 premiers cm du sol, dans lequel moins d'un sixième (en volume) du matériau *organique* est constitué de tissus végétaux reconnaissables et dont la couleur est gris très foncé à noire.
- thaptohistique** ayant un horizon *histique* enfoui entre 40 et 100 cm de profondeur.
- hortique** ayant un horizon *hortique*, d'au moins 50 cm d'épaisseur dans les *Anthrosols*, et de moins de 50 cm d'épaisseur dans les autres sols.
- humique** ayant une teneur en carbone organique élevée; dans les *Ferralsols* et les *Nitisols*, une moyenne pondérée de plus de 1,4 pourcent (en poids) de carbone organique dans la fraction terre fine sur une profondeur de 100 cm ; dans les *Leptosols*, plus de 2 pourcent (en poids) de carbone organique dans la fraction terre fine jusqu'à 25 cm de profondeur, et dans les autres sols, plus de 1 pourcent (en poids) de carbone organique dans la fraction terre fine jusqu'à 50 cm de profondeur.
- mollihumique** ayant une teneur en carbone organique telle que définie dans l'horizon *mollique*.
- umbrihumique** ayant une teneur en carbone organique telle que définie dans l'horizon *umbrique*.
- hydragrique** ayant un horizon *anthraquique* associé à un horizon *hydragrique*, ce dernier se situant endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Anthrosols*).

- hydrique** ayant endéans les 100 premiers cm du sol une ou plusieurs couches, dont l'épaisseur totale est d'au moins 35 cm, et qui ont une rétention en eau à 1500 kPa (échantillons non séchés) de 100 pourcent ou plus (*uniquement dans les Andosols*).
- hypersquelettique** ayant plus de 90 pourcent (en poids) de graviers ou d'autres éléments grossiers jusqu'à 75 cm de profondeur ou jusqu'à une roche dure continue (*uniquement dans les Leptosols*).
- irragrique** ayant un horizon *irragrique*, d'au moins 50 cm d'épaisseur dans les *Anthrosols*, et de moins de 50 cm dans les autres sols.
- lamellique** ayant des lamelles d'argile illuviée dont l'épaisseur combinée est d'au moins 15 cm endéans les 100 premiers cm du sol.
- leptique** ayant une roche dure continue entre 25 et 100 cm de profondeur.
- endoleptique** ayant une roche dure continue entre 50 et 100 cm de profondeur.
- épi-leptique** ayant une roche dure continue entre 25 et 50 cm de profondeur.
- lithique** ayant une roche dure continue endéans les 10 premiers cm du sol.
- para-lithique** ayant endéans les 10 premiers cm du sol un contact avec une roche brisée dont les fissures sont séparées par moins de 10 cm, ce qui permet aux racines de pénétrer dans la roche sous-jacente.
- lixique** ayant un horizon *ferralique* qui satisfait aux exigences d'augmentation en argile d'un horizon *argique*, et dont le taux de saturation en bases (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) est d'au moins 50 pourcent dans tout l'horizon B jusqu'à une profondeur de 100 cm (*uniquement dans les Ferralsols*).
- luvique** ayant un horizon *argique* dont la capacité d'échange cationique est égale ou supérieure à $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile et le taux de saturation en bases (par $\text{NH}_4\text{OAc } 1 \text{ M}$) de 50 pourcent au moins à travers tout l'horizon, jusqu'à une profondeur de 100 cm.
- hypoluvique** ayant une augmentation absolue en argile de 3 pourcent ou plus endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Arénosols*).
- magnésique** ayant un rapport Ca/Mg échangeables inférieur à 1 endéans les 100 premiers cm du sol.
- mazique** ayant une structure massive et une consistance dure à très dure dans les 20 cm supérieurs du sol (*uniquement dans les Vertisols*).
- mélanique** ayant un horizon *mélanique* (*uniquement dans les Andosols*).

- mésotrophique** ayant un taux de saturation en bases (par NH_4OAc 1 M) inférieur à 75 pourcent à 20 cm de profondeur (*uniquement dans les Vertisols*).
- mollique** ayant un horizon *mollique*.
- natrique** ayant un horizon *natrique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- nitique** ayant un horizon *nitique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- ochrique** ayant un horizon *ochrique*.
- hyperochrique** ayant un horizon *ochrique* de couleur claire ou délavée (généralement grise) à l'état sec qui devient plus foncée en s'humidifiant ('horizons de surface délavés'), qui a une faible teneur en carbone organique (généralement < 0,4 pourcent ; résultats en Afrique du Sud), une relativement faible teneur en oxyde de fer libre, une texture grossière, des marques de structure lamellaire et une fine croûte en surface.
- ombrique** ayant un régime hydrique conditionné par la nappe phréatique (*uniquement dans les Histosols*).
- oxyaquique** saturé en eau pendant la période de dégel et n'ayant pas de caractères rédoximorphes endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Cryosols*).
- pachique** ayant un horizon *mollique* ou *umbrique* de plus de 50 cm d'épaisseur.
- pellique** ayant dans les 30 cm supérieurs de la matrice du sol une valeur Munsell, à l'état humide, de 3,5 ou moins et un chroma de 1,5 ou moins (*uniquement dans les Vertisols*).
- pétri que** fortement cimenté ou induré endéans les 100 premiers cm du sol.
- endopétri que** fortement cimenté ou induré entre 50 et 100 cm de profondeur.
- épipétri que** fortement cimenté ou induré endéans les 50 premiers cm du sol.
- pétrocalcique** ayant un horizon *pétrocalcique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- pétrodurique** ayant un horizon *pétrodurique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- pétrogypsi que** ayant un horizon *pétrogypsi que* endéans les 100 premiers cm du sol.
- pétroplinthique** ayant un horizon *pétroplinthique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- pétrosalique** ayant, endéans les 100 premiers cm du sol, un horizon de 10 cm ou plus d'épaisseur qui est cimenté par des sels plus solubles que le gypse.

- placique** ayant, endéans les 100 premiers cm du sol, un sous-horizon de l'horizon *spodique* qui a 1 cm ou plus d'épaisseur et qui est cimenté de manière continue par une combinaison de matière organique et d'aluminium, avec ou sans fer ('alios ferrugineux mince') (*uniquement dans les Podzols*).
- plaggique** ayant un horizon *plaggique*, d'une épaisseur de 50 cm ou plus dans les *Anthrosols*, et de moins de 50 cm dans les autres sols.
- planique** ayant endéans les 100 premiers cm du sol un horizon éluvial recouvrant de manière abrupte un horizon faiblement perméable.
- plinthique** ayant un horizon *plinthique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- épiplinthique** ayant un horizon *plinthique* endéans les 50 premiers cm du sol.
- hyperplinthique** ayant un horizon *plinthique* dans lequel un durcissement irréversible engendre une cuirasse latéritique continue.
- orthiplinthique** ayant un horizon *plinthique* dans lequel un durcissement irréversible engendre un gravier latéritique.
- paraplinthique** ayant un horizon tacheté contenant au moins 10 pourcent (en volume) de nodules de fer ressemblant à un horizon *plinthique* mais ne durcissant pas irréversiblement suite à des alternances dessiccation - humidification répétées.
- posique** ayant une charge nulle ou positive ($\text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{eau}}$) dans une couche de plus de 30 cm d'épaisseur située endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Ferralsols*).
- profondique** ayant un horizon *argique* dans lequel la distribution de l'argile est telle que la teneur en argile ne diminue pas de plus de 20 pourcent (en valeur relative) de son maximum endéans les 150 premiers cm du sol.
- protique** ne manifestant pas de développement appréciable des horizons du sol (*uniquement dans les Arénosols*).
- réductique** ayant des conditions anaérobies dues à des émissions de gaz (p.ex. méthane, dioxyde de carbone, etc.) (*uniquement dans les Régosols anthropiques*).
- régique** n'ayant pas d'horizons enterrés reconnaissables (*uniquement dans les Anthrosols*).
- rendzique** ayant un horizon *mollique* recouvrant immédiatement ou contenant des matériaux calcaires dont la teneur en équivalent carbonate de calcium est supérieure à 40 pourcent (*uniquement dans les Leptosols*).

- rhéique** ayant un régime hydrique conditionné par l'eau de surface (*uniquement dans les Histosols*).
- rhodique** ayant un horizon B dont le hue Munsell est plus rouge que 5YR (3,5YR ou plus rouge) partout (sauf dans les horizons transitionnels mineurs des horizons A et C), dont la value à l'état humide est inférieure à 3,5 et à l'état sec ne dépasse pas de plus d'une unité la value à l'état humide.
- rubique** ayant un horizon B (ou un horizon situé immédiatement sous l'horizon A) dont le hue Munsell dominant est plus rouge que 10YR et/ou dont le chroma à l'état humide est d'au moins 5 (*uniquement dans les Arénosols*).
- ruptique** ayant une discontinuité lithologique endéans les 100 premiers cm du sol.
- rustique** (de l'anglais *rusty* : rouillé) ayant un horizon *spodique* cimenté contenant suffisamment de fer amorphe pour devenir plus rouge après brûlage, se trouvant sous un horizon *albique*, et n'ayant pas de sous-horizon *spodique* de plus de 2,5 cm d'épaisseur cimenté de manière continue par une combinaison de matière organique et d'aluminium, avec ou sans fer ('alios ferrugineux mince') (*uniquement dans les Podzols*).
- salique** ayant un horizon *salique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- endosalique** ayant un horizon *salique* compris entre 50 et 100 cm de profondeur.
- épisalique** ayant un horizon *salique* compris entre 25 et 50 cm de profondeur.
- hypersalique** ayant une conductivité électrique de l'extrait à saturation supérieure à 30 dS m⁻¹ à 25°C dans au moins un sous-horizon situé endéans les 100 premiers cm du sol.
- hyposalique** ayant une conductivité électrique de l'extrait à saturation supérieure à 4 dS m⁻¹ à 25°C dans au moins un sous-horizon situé endéans les 100 premiers cm du sol.
- saprique** ayant moins d'un sixième (en volume) de matériau de sol *organique* constitué de tissus végétaux reconnaissables (après écrasement) (*uniquement dans les Histosols*).
- silique** ayant un horizon *andique* dont la teneur en silice (Si_{ox}) extractible par l'oxalate acide (pH 3) est égale ou supérieure à 0,6 pourcent, ou dont le rapport Al_{py}/Al_{ox} est inférieur à 0,5 (*uniquement dans les Andosols*).
- siltique** ayant 40 pourcent ou plus de limon dans un horizon de plus de 30 cm d'épaisseur situé endéans les 100 premiers cm du sol.

- squelettique** ayant entre 40 et 90 pourcent (en poids) de graviers ou d'autres fragments grossiers jusqu'à 100 cm de profondeur.
- endosquelettique** ayant entre 40 et 90 pourcent (en poids) de graviers ou d'autres fragments grossiers entre 50 et 100 cm de profondeur.
- épisquelettique** ayant entre 40 et 90 pourcent (en poids) de graviers ou d'autres fragments grossiers entre 20 et 50 cm de profondeur.
- sodique** ayant plus de 15 pourcent de sodium échangeable ou plus de 50 pourcent de sodium et magnésium échangeables sur le complexe d'échange endéans les 50 premiers cm du sol.
- endosodique** ayant plus de 15 pourcent de sodium échangeable ou plus de 50 pourcent de sodium et magnésium échangeables sur le complexe d'échange entre 50 et 100 cm de profondeur.
- hyposodique** ayant plus de 6 pourcent de saturation en sodium échangeable dans au moins un sous-horizon de plus de 20 cm d'épaisseur endéans les 100 premiers cm du sol.
- spodique** ayant un horizon *spodique*.
- spolique** ayant des accumulations de matériau de sol *anthropogéomorphique* contenant plus de 35 pourcent (en volume) de débris industriels (déchets de mines, dragages de rivière, constructions de routes, etc.) (*uniquement dans les Régosols anthropiques*).
- stagnique** ayant des propriétés *stagniques* endéans les 50 premiers cm du sol.
- endostagnique** ayant des propriétés *stagniques* entre 50 et 100 cm de profondeur.
- sulfatique** ayant une solution de sol (1:1 dans l'eau) avec $\text{SO}_4 \gg \text{HCO}_3 > \text{Cl}$ (*uniquement dans les Solonchaks*).
- takyrique** ayant un horizon *takyrique*.
- téphrique** ayant du matériau de sol *téphrique* jusqu'à 30 cm ou plus de profondeur.
- terrique** ayant un horizon *terrique*, de 50 cm ou plus d'épaisseur dans les *Anthrosols*, et de moins de 50 cm d'épaisseur dans les autres sols.
- thionique** ayant un horizon *sulfurique* ou un matériau de sol *sulfidique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- orthithionique** ayant un horizon *sulfurique* endéans les 100 premiers cm du sol.

- protothionique** ayant du matériau de sol *sulfidique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- toxique** ayant endéans les 50 premiers cm du sol des concentrations d'ions autres que l'aluminium, le fer, le sodium, le calcium ou le magnésium, et qui sont toxiques pour la croissance des plantes.
- turbique** ayant des caractères cryoturbés (matériaux mélangés de sol, horizons perturbés, involutions (aspect tourbillonnant dans les horizons), intrusions organiques, foisonnement dû au gel, séparation des matériaux fins et grossiers, fentes, caractères typiques de surface tels que monticules de terre, buttes dues au gel, cercles de pierres, filets et polygones), soit en surface soit endéans les 100 premiers cm du sol (*uniquement dans les Cryosols*).
- umbrique** ayant un horizon *umbrique*.
- urbique** ayant des accumulations de matériau de sol *anthropogéomorphique* contenant plus de 35 pourcent (en volume) de matériaux terreux mélangés à des débris de construction et à des artefacts (*uniquement dans les Régosols anthropiques*).
- vermique** ayant au moins 50 pourcent (en volume) de chenaux de vers de terre, de turricules et de chenaux obturés d'animaux dans les 100 premiers cm du sol ou jusqu'à la roche ou jusqu'à un horizon *pétoalcique*, *pétoaurique*, *pétoypsique* ou *pétoplinthique*, qui serait plus superficiel.
- vertique** ayant un horizon *vertique* endéans les 100 premiers cm du sol.
- vétique** ayant moins de 6 cmol_c kg⁻¹ d'argile, de bases échangeables plus acidité d'échange dans au moins un sous-horizon de l'horizon B endéans les 100 premiers cm du sol.
- vitrique** ayant un horizon *vitrique* endéans les 100 premiers cm du sol et n'ayant pas d'horizon *andique* surmontant un horizon *vitrique*.
- xanthique** ayant un horizon *ferralique* de couleur jaune à jaune pâle (le sol écrasé a des hues Munsell de 7,5YR ou plus jaune, avec une value, à l'état humide, de 4 ou plus et un chroma, à l'état humide, de 5 ou plus).
- yermique** ayant un horizon *yermique* comprenant un pavement de désert.
- nudiyermique** ayant un horizon *yermique* sans pavement de désert.

Les préfixes suivants peuvent être utilisés pour indiquer une profondeur ou exprimer l'intensité des caractéristiques ou des propriétés du sol. Ils sont combinés avec d'autres éléments pour ne plus former qu'un seul mot, par exemple, orthicalcique. Une double combinaison, comme épihypercalcique, est permise.

bathi horizon, propriété ou matériau débutant entre 100 et 200 cm de profondeur.

cumuli	ayant du matériau qui s'accumule de manière répétitive sur 50 cm ou plus en surface ou dans l'horizon A.
endo	horizon, propriété ou matériau débutant à de plus grandes profondeurs, généralement entre 50 et 100 cm de profondeur.
épi	horizon, propriété ou matériau débutant endéans les 50 et 100 premiers cm de profondeur.
hyper	exprimant certaines caractéristiques d'une manière excessive ou forte.
hypo	exprimant certaines caractéristiques d'une manière légère ou faible.
orthi	exprimant certaines caractéristiques de manière typique (typique dans le sens qu'il n'y a pas de caractérisation supplémentaire ou significative).
para	ressemblant à certaines caractéristiques (par exemple, paralithique).
proto	indiquant une précondition ou un stade primitif de développement de certaines caractéristiques (par exemple, protothionique).
thapto	ayant un horizon enterré endéans les 100 premiers cm de profondeur (donné en combinaison avec l'horizon diagnostique enterré, par exemple, thaptomollique)

Notes explicatives pour l'utilisation et la définition du nombre de noms au niveau inférieur

Pour les horizons diagnostiques. La plupart des horizons diagnostiques peuvent être employés pour dénommer les sous-unités de sols en tenant compte des exceptions et clarifications suivantes.

Horizon argique. Au niveau inférieur, le mot *luvique* est employé plutôt qu'*argique* pour indiquer la présence d'un horizon argique. Dans les Arénosols, le terme **hypoluvique** est utilisé comme intergrade avec les Luvisols bien que il n'y ait pas d'horizon argique.

Horizon cambique. L'utilisation du nom de la sous-unité de sol *cambique* n'est généralement pas recommandée.

Horizon ferralique. Le mot *ferralique* n'est pas utilisé pour indiquer la présence d'un horizon ferralique, parce que cela prêterait à confusion avec le sens de la propriété diagnostique et avec l'unité de sol 'ferralique'. Cependant, il peut être utilisé pour séparer les sous-unités ayant des propriétés ferraliques endéans les 100 premiers cm du sol (par exemple, **hypoferralique**).

Horizon sulfurique. L'utilisation de l'appellation de la sous-unité *sulfurique* n'est pas recommandée. Doivent être utilisés à sa place sulfuri-thionique, orthi-thionique.

Pour les propriétés et matériaux diagnostiques. La plupart des critères diagnostiques peuvent être utilisés sans changer la définition ou la signification correspondant à la subdivision au niveau inférieur. Cependant, les remarques suivantes doivent être faites.

Couleur. La couleur de l'horizon B peut être indiquée à un degré variable en utilisant les termes *rhodique*, *rubique*, *chromique* et *xanthique*. Ces termes doivent être de préférence limités aux sols ayant un horizon argique ou ferralique, ou appliqués aux Cambisols et aux Arénosols. Dans les Vertisols, le terme *pellique* est utilisé pour indiquer des horizons de surface de couleur foncée.

Dystrique/eutrique. Selon les règles sur les définitions des noms des sous-unités, *dystrique* et *eutrique* n'ont qu'un seul sens, mais ils ne peuvent être utilisés pour spécifier de manière plus précise les sols nettement acides (par exemple, Fluvisol **non** dystri-orthithionique) ou nettement basiques (par exemple, Calcisol **non** eutri-pétri-que).

Langues. Une disposition est prise pour deux types de langues: l'une concerne la pénétration d'un horizon albique dans un horizon B (**albiglossique**), l'autre concerne le cas moins fréquent de pénétration d'un horizon A dans un horizon B ou C (**glossique**, **molliglossique** et **umbriglossique**).

Matériaux de sol fluvi-ques. Le nom de sous-unité *fluvi-que* peut être significatif pour des groupes de référence des Gleysols et des Cambisols, afin d'indiquer la présence de propriétés fluvi-ques. De minces manteaux de surface de matériau neuf (de moins de 50 cm d'épaisseur) peuvent être enregistrés comme phase.

Matériaux de sol sulfidiques. L'expression matériaux de sol sulfidiques est utilisée en même temps que l'horizon diagnostique sulfurique pour séparer les unités *thioniques*. Si des unités thioniques doivent être subdivisées, le préfixe *proto* est recommandé pour les sols qui n'ont que des matériaux sulfidiques. Il n'est pas recommandé d'utiliser les termes sulfi- ou sulfidic- pour subdiviser les unités thioniques.

Propriétés sodiques. L'appellation de sous-unité *sodique* peut être utilisée pour indiquer un pourcentage de sodium échangeable (ESP) de plus de 15 endéans les 50 premiers cm du sol. Un ESP supérieur à 6 peut être indiqué par le terme **hyposodique**.

Séquence prioritaire pour les groupes de référence de sols.

Les séquences prioritaires pour les groupes de sols de référence sont reprises au Tableau 4. Il est à souligner que la séquence prioritaire pour un groupe de référence donné de sols tient compte des combinaisons possibles se rapportant à toutes les unités appartenant à ce groupe de référence ; cependant, toutes ces unités ne sont pas nécessairement applicables à chaque unité individuelle définie dans le groupe, parce que les définitions et les règles générales du système excluent la présence de certaines combinaisons.

Références

- AFES (Association française pour l'étude du sol). 1995. *Référentiel Pédologique*. INRA, Paris.
- Berding F.R. 1997. *Third level modifiers for the major soil groups of Andosols, Phaeozems and Podzols*. Working Paper. FAO/AGLS, Rome.
- Bennema J. et Camargo M.N. 1979. Some remarks on Brazilian Latosols in relation to the Oxisols. In: *Proceedings of the Second International Soil Classification Workshop. Part I*. Beinroth F.H. and Paramanathan S. (eds.) Malaysia, 28 August to 1 September 1978. Soil Survey Division, Land Development Department, Bangkok. pp. 233-261.
- Blakemore L.C., Searle P.L. et Daly. B.K. 1981. *Soil Bureau Laboratory Methods. A method for chemical analysis of soils*. N.Z. Soil Bureau Sci. Rep. **10A**. DSIRO.
- Brammer H., Antoine J., Kassam A.H. et van Velthuizen H.T. 1988. *Land Resources Appraisal of Bangladesh for Agricultural Development*. Report **3**, Land Resources Data Base, Volume II, Soil, Landform and Hydrological Data Base. UNDP/FAO, Rome.
- Brinkman R. 1979. *Ferrollysis, a Soil-forming Process in Hydromorphic Soils*. Thesis. Agricultural University Wageningen. PUDOC, Wageningen, The Netherlands.
- CEC (Commission of the European Communities). 1985. *Soil Map of the European Communities 1 : 1 000 000*. Directorate-General for Agriculture, Coordination of Agricultural Research, Luxembourg.
- CSTC (Chinese Soil Taxonomic Classification) Research Group. 1995. *Chinese Soil Taxonomic Classification System*. Revised Proposal. Chinese Agricultural Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese).
- Dudal R. 1990. Progress in IRB preparation. In: *Soil Classification. Reports of the International Conference on Soil Classification, 12-16 September 1988, Alma-Ata, USSR*. Rozanov B.G. (ed.). Centre for International Projects, USSR State Committee for Environmental Protection., Moscow. pp 69-70.
- FAO. 1998. *Soil, Terrain and Crop Production Zones Database for Northeastern Africa*. FAO Land and Water Digital Media Series **2**. FAO, Rome. (in preparation)
- FAO. 1990. *Guidelines for Soil Profile Description*. Third edition (revised). Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome.
- FAO. 1988. *Soil Map of the World. Revised Legend*. Reprinted with corrections. World Soil Resources Report **60**. FAO, Rome.
- FAO-UNESCO. 1974. *Soil Map of the World 1: 5 000 000. Volume I. Legend*. UNESCO, Paris.
- Fieldes M. et Perrott K.W. 1966. The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane. *New Zeal. J. Sci.* **9**: 623 - 629.

- Fischer G., de Pauw E., van Velthuisen H.T., Nachtergaele F.O. et Antoine, J. 1996. A provisional world climatic resource inventory based on the length of growing period concept. In: *Proceedings of a workshop on National Soil Reference Collections and Databases (NASREC)*. Vol. 3. Papers and Country Reports. Batjes N.H., J.H. Kauffman and O.C. Spaargaren (eds.). ISRIC. Wageningen, The Netherlands. pp. 30-43.
- FitzPatrick E.A. 1988. *Soil horizon designation and classification. A coordinate system for defining soil horizons and their use as the basic elements in soil classification for different purposes*. ISRIC Technical Paper 17. Wageningen, The Netherlands.
- Gong Z., Zhang X., Luo G., Shen H. et Spaargaren O.C. 1997. Extractable phosphorus in soils with a fimic epipedon. *Geoderma* 75: 289 - 296.
- Hewitt A.E. 1992. *New Zealand Soil Classification*. DSIR Land Resources Scientific Report 19. Lower Hutt.
- Honna, T.S., Yamamoto S. et Matsui, K. 1988. *A simple procedure to determine melanoid index*. ICOMAND Circular Letter 10: 76 - 77.
- ISSS-ISRIC-FAO. 1994. *World Reference Base for Soil Resources*. Draft. Wageningen/Rome.
- KIC (Kollmorgen Instruments Corporation). 1990. *Munsell Soil Color Charts*. Baltimore, USA.
- Klamt E. et Sombroek W.G. 1988. Contribution of organic matter to exchange properties of Oxisols. In: *Proceedings of the Eighth International Soil Classification Workshop. Classification, characterization and utilization of Oxisols. Part 1: Papers*. Beinroth, F.H. Camargo M.N. Eswaran H. (eds.). Rio de Janeiro. pp 64 – 70.
- Nachtergaele F.O. 1996. *From the Soil Map of the World to the Global Soil and Terrain Database*. AGLS Working Paper. FAO. Rome.
- Nachtergaele F.O., A. Remmelzwaal, J. Hof, J. van Wambeke, A. Souirji et R. Brinkman. 1994. Guidelines for distinguishing soil subunits. In: *Transactions 15th World Congress of Soil Science*. Volume 6a, Commission V: Symposia. Etchevers, B.J.D. (ed.). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Mexico. pp 818 - 833
- Northcote K.H. 1979. *A Factual Key for the Recognition of Australian Soils*. Fourth edition. Rellim Technical Publications, Adelaide.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe et L.A. Dean. 1954. *Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate*. USDA Circ. 939. United States Department of Agriculture, Washington D.C.
- Purnell M.F., Nachtergaele F.O., Spaargaren O.C. et Hebel A. 1994. A practical topsoil classification - FAO proposal. In: *Transactions 15th World Congress of Soil Science*. Etchevers B.J.D. (ed.). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Mexico.
- Remmelzwaal, A. et Verbeek, K. 1990. Revised general soil legend of Botswana. AG:BOT/85/011. Field Document 32. Ministry of Agriculture, Gaborone, Botswana.
- Ruellan A. et Dosso M. 1993. *Regards sur le Sol*. Foucher-Aupelf, Paris.
- Shoji S., Nanzyo M., Dahlgren R.A. et Quantin. P. 1996. Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the World Reference Base for Soil Resources. *Soil Sc.* 161(9): 604 -615.

- Soil Classification Working Group. 1991. *Soil classification. A taxonomic system for South Africa*. Memoirs Agric. Nat. Res. South Africa **15**. Dept. Agricultural Development, Pretoria.
- Soil Survey Staff. 1996. *Keys to Soil Taxonomy*. Seventh edition. United States Department of Agriculture, Washington D.C.
- Sombroek W.G. 1986. Identification and use of subtypes of the argillic horizon. In: *Proceedings of the International Symposium on Red Soils*. (Nanjing, Nov. 1983). Institute of Soil Science. Academia Sinica. Science Press, Beijing, and Elsevier, Amsterdam. pp 159–166.
- Spaargaren O.C. 1992. *Framework for Characterization and Classification of Topsoils in the World*. AGLS Working Paper. FAO. Rome.
- Van Engelen V.W.P. et Wen T.T. (eds.). 1995. *Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER)*. Procedures Manual (revised edition). UNEP-ISSS-ISRIC-FAO. Wageningen, The Netherlands.
- Van Reeuwijk L.P. (ed.). 1995. *Procedures for Soil Analysis*. Fifth edition. ISRIC Technical Paper **9**. Wageningen, The Netherlands.
- Varghese T. et Byju.G. 1993. *Laterite soils. Their distribution, characteristics, classification and management*. Technical Monograph **1**, State Committee on Science, Technology and Environment. Thiruvananthapuram, Sri Lanka.

Annexe 1

Désignation des horizons de sols

HORIZONS ET COUCHES PRINCIPAUX

Les lettres capitales **H, O, A, E, B, C** et **R** représentent les horizons et couches principaux des sols. Les lettres capitales sont les symboles de base auxquels sont ajoutés d'autres caractères afin de compléter leur désignation. La plupart des horizons et couches sont symbolisés par une seule lettre capitale, mais certains en demandent deux. Sept horizons et couches principaux sont actuellement reconnus.

Les horizons principaux et leurs subdivisions représentent des couches qui montrent des signes de changement et certaines couches qui demeurent inchangées. La plupart sont des horizons génétiques de sol, reflétant un jugement qualitatif sur le type de changement survenu. Les horizons génétiques ne sont pas équivalents aux horizons diagnostiques, quoiqu'ils puissent être identiques dans les profils. Les horizons diagnostiques sont des caractères quantitativement définis qui sont utilisés en classification.

Horizons ou couches H : Couches dont le matériau dominant est organique, qui se forment au départ d'accumulations de matériaux organiques non ou partiellement décomposés à la surface du sol, qui peut être sous eau. Tous les horizons **H** sont saturés par l'eau durant de longues périodes ou furent autrefois saturés mais sont aujourd'hui drainés artificiellement. Un horizon **H** peut surmonter des sols minéraux ou être enterré à n'importe quelle profondeur sous la surface.

Horizons ou couches O : Couches dont le matériau dominant est organique, consistant en litière non ou partiellement décomposée, telle que des feuilles, des aiguilles, des brindilles, des mousses et lichens, et qui se sont accumulés en surface ; elles peuvent surmonter aussi bien des sols minéraux qu'organiques. Les horizons **O** ne subissent pas de saturation par l'eau durant de longues périodes. La fraction minérale d'un tel matériau ne représente qu'un faible pourcentage de son volume total et généralement atteint bien moins de la moitié de son poids.

Une couche **O** peut se trouver à la surface d'un sol minéral ou à n'importe quelle profondeur sous la surface, si elle est enterrée. Un horizon formé par illuviation de matériau organique dans un sous sol minéral n'est pas un horizon **O**, même si de tels horizons peuvent contenir beaucoup de matière organique.

Horizons A : Horizons minéraux qui se sont formés en surface ou sous un horizon **O**, dans lesquels l'entièreté ou la plus grande partie de la structure originelle de la roche a disparu, et qui sont caractérisés par l'un ou l'autre des caractères suivants :

- une accumulation de matière organique humifiée intimement mélangée à la fraction minérale et n’ayant aucune caractéristique des horizons **E** ou **B** (voir plus loin) ;
- des propriétés résultant de cultures, de pâturages ou d’autres types similaires de perturbations ; ou
- une morphologie différente des horizons **B** ou **C** sous-jacents, résultant de processus liés à la surface.

Si un horizon de surface a à la fois des propriétés des horizons **A** et **E**, mais que le caractère dominant est une accumulation de matière organique humifiée, il est appelé horizon **A**. A certains endroits, comme sous les climats chauds et arides, l’horizon de surface non perturbé est moins sombre que l’horizon adjacent qu’il surmonte et ne contient que de faibles quantités de matière organique. Il a une morphologie différente d’une couche **C**, quoique la fraction minérale puisse être non ou faiblement altérée. Un tel horizon est appelé **A** parce qu’il se trouve en surface. Les *Vertisols*, les sols à pan ou les playas à végétation clairsemée, de même que les sols des déserts, sont des exemples de sols pouvant présenter une structure ou une morphologie différente à cause de processus de surface. Cependant, des dépôts alluviaux ou éoliens récents qui conservent de fines stratifications ne sont pas considérés comme horizon **A** sauf s’ils sont cultivés.

Horizons E : Horizons minéraux dans lesquels le caractère principal est une disparition d’argile, de fer, d’aluminium ou d’une de leurs combinaisons, laissant une concentration de sables et de limons, et où la structure originale de la roche a totalement ou quasiment disparu.

Un horizon **E** est généralement, mais pas nécessairement, de coloration plus pâle qu’un horizon **B** sous-jacent. Dans certains sols la couleur est celle des particules de sable et de limon, mais dans de nombreux sols, des revêtements de fer ou d’autres composés masquent la couleur des particules primaires. Le plus souvent dans un profil, un horizon **E** se distingue d’un horizon **B** sous-jacent par une couleur de valeur plus élevée ou de chroma plus bas, ou par les deux, par une texture plus grossière, ou par une combinaison de ces propriétés. Un horizon **E** se situe généralement près de la surface, sous un horizon **O** ou **A** et au dessus d’un horizon **B**, mais le symbole **E** peut être affecté à tout horizon, sans référence à sa position dans le profil, pourvu qu’il satisfasse aux critères et qu’il résulte de la pédogenèse.

Horizons B : Horizons qui se sont formés sous un horizon **A**, **E**, **O** ou **H**, et dans lequel les caractères dominants sont la disparition totale ou importante de la structure originale de la roche, en sus d’un des caractères suivants :

- une concentration illuviale d’argile silicatée, de fer, d’aluminium, d’humus, de carbonates, de gypse ou de silice, seuls ou en combinaison ;
- des preuves d’enlèvement des carbonates ;
- une concentration résiduelle en sesquioxydes ;
- des revêtements de sesquioxydes donnant visiblement à l’horizon une valeur plus basse, un chroma plus élevé ou une hue plus rouge que ceux des horizons sus- et sous-jacents, et sans qu’il y ait illuviation apparent de fer ;
- une altération permettant la formation d’argiles silicatées, ou la libération d’oxydes, ou les deux, ainsi que la formation d’une structure granulaire, polyédrique ou prismatique, si des changements de volume accompagnent les changements de la teneur en eau ; ou
- un aspect cassant.

Tous les types d'horizons **B** sont, ou furent originellement, des horizons subsuperficiels. Si elles sont le résultat d'une pédogenèse, des couches de carbonates, de gypse ou de silicates concentrés par illuviation sont incluses dans les horizons **B**, qu'elles soient cimentées ou non, de même que des couches cassantes montrant d'autres signes d'altération, comme une structure prismatique ou une accumulation illuviale d'argile.

Des couches dans lesquelles des films d'argile recouvrent des fragments de roche ou des sédiments non consolidés et finement stratifiés (que ces films se soient formés sur place ou par illuviation), sont des exemples de couches qui ne sont pas des horizons **B** ; de même pour des couches dans lesquelles des carbonates ont été illuviés, mais qui ne jouxtent pas un horizon génétique sus-jacent, et pour des couches gleyifiées, mais sans autre caractère pédogénétique.

Horizons ou couches C : Horizons ou couches, à l'exclusion de roche dure, qui sont peu affectés par des processus pédogénétiques et qui n'ont pas les propriétés des horizons **H**, **O**, **A**, **E** ou **B**. La plupart sont des couches minérales, mais certaines couches calcareuses ou siliceuses, telles que des dépôts de coquillages, de coraux ou de diatomées, sont comprises dans le concept. Le matériau des couches **C** peut ou non être le même que celui à partir duquel le solum s'est vraisemblablement formé. Un horizon **C** peut avoir été modifié même s'il n'y a pas de trace de pédogenèse. Les racines des plantes peuvent pénétrer dans les horizons **C**, qui constituent un important milieu de croissance.

Des sédiments, des saprolites ainsi que des roches non consolidées et tout matériau géologique qui, séchés à l'air, d'ordinaire se délitent après 24 heures, ou dont de gros morceaux secs, une fois plongés dans l'eau, peuvent être creusés à la bêche lorsqu'ils sont humides, sont inclus dans la notion de couche **C**. Certains sols se forment dans des matériaux déjà fortement altérés ; s'ils ne rencontrent aucune des exigences des horizons **A**, **E** ou **B**, de tels matériaux seront appelés **C**. Les changements considérés comme non pédogénétiques sont ceux qui n'ont pas de lien avec les horizons sus-jacents. Même si elle est indurée, une couche à accumulations de silice, de carbonates ou de gypse peut être reprise dans les horizons **C**, sauf si elle est manifestement affectée par des processus pédogénétiques ; elle devient alors un horizon **B**.

Couches R : roche dure sous-jacente au sol.

Granite, basalte, quartzite, calcaire ou grès indurés, sont des exemples de roches désignées par **R**. De gros morceaux de couche **R** secs ou séchés à l'air, ne se délitent pas une fois placés dans l'eau durant 24 heures. Lorsqu'elle est humide, la couche **R** est suffisamment cohérente pour rendre impraticable son creusement à la bêche, même si elle peut être clivée ou éraflée. Certaines couches **R** peuvent être éventrées à l'aide d'engins lourds. Des fissures peuvent parcourir la roche, mais elles sont si rares et petites que seules quelques racines peuvent y pénétrer. Les fissures peuvent être revêtues ou remplies par de l'argile ou par un autre matériau.

Annexe 2

Codes pour les groupes de sols et les sous - unités de sols de référence

A. Codes des groupes de sols de référence			
AC	Acrisol	DU	Durisol
AB	Albéluvisol	FR	Ferralsol
AL	Alisol	FL	Fluvisol
AN	Andosol	GL	Gleysol
AT	Anthrosol	GY	Gypsisol
AR	Arénosol	HS	Histosol
CL	Calcisol	KS	Kastanozem
CM	Cambisol	LP	Leptosol
CH	Chernozem	LX	Lixisol
CR	Cryosol	LV	Luvisol
NT	Nitisol		
PH	Phaeozem		
PL	Planosol		
PT	Plinthosol		
PZ	Podzol		
RG	Régosol		
SC	Solonchak		
SN	Solonetz		
UM	Umbrisol		
VR	Vertisol		
B. Codes adjectifs des unités de sols			
ap	abruptique	dy	dystrique
ae	acérique		dye épidystrique
ac	acrique		dyh hyperdystrique
ao	acroxique		dyo orthidystrique
ab	albique		
	abg glossalbique	et	entrique
	abh hyperalbique	eu	eutrique
ax	alcalique		eun endoeutrique
al	alique		euh hypereutrique
au	alumineuse		euo orthieutrique
an	andique	es	eutrisilique
	ana aluandique		
	ans silandique	fl	ferralique
aq	anthraquique		flh hyperferralique
am	anthrique		flw hypoferralique
ah	anthropique	fr	ferrique
ar	arénaire		frh hyperferrique
ai	arique	fi	fibrique
ad	aridique	fv	fluviatique
az	arizique	fo	foliatique
		fg	fragiatique
ca	calcaire	fu	fulviatique
cc	calcaire		
	cch hypercalcaire	ga	garbique
	ccw hypocalcaire	ge	gélifique
	cco orthicalcaire	gt	gélitagnique
cb	carbique	gr	gérique
cn	carbonatée	gi	gibbsique
ch	chernique	gc	glaciatique
cl	chloridique	gl	gleyique
cr	chromique		gln endogleyique
cy	cryique		glp épigleyique
ct	cutanique	gs	glossique
			gsm molliglossique
dn	densique		gsu umbriglossique
du	durique	gz	greyique
		gm	grumique
		gy	gypsique
			gyh hypergypsique
			gyw hypogypsique
		gp	gypsirique
		ha	haplique
		hi	histique
			hif fibrihistique
			his saprihistique
			hib thapthistique
		ht	hortique
		hu	humique
			hum mollihumique
			huv umbrihumique
		hg	hydragrique
		hy	hydrique
		hk	hypersquelettique
		ir	irragrique
		ll	lamellaire
		le	leptique
			len endoleptique
			lep épileptique
		li	lithique
			lip paralithique
		lx	lixique
		lv	luviatique
			lvw hypoluviatique
		mg	magnésique
		mz	mazique
		me	mélanique
		ms	mésotrophique
		mo	mollique

na	natrique	pf	profondique	sp	spolique
ni	nitique	pr	protique	st	stagnique
				stn	endostagnique
oh	ochrique	rd	réductique	su	sulfatique
	ohh hyperochrique	rg	régique		
om	ombrique	rz	rendzique	ty	takyrique
oa	oxyaquique	rh	rhéique	tf	téphrique
		ro	rhodique	tr	terrique
ph	pachique	ru	rubique	ti	thionique
pe	pellique	rp	ruptique		tio orthithionique
pt	pétrique	rs	rustique		tit protothionique
	ptn endopétrique			tx	toxique
	ptp épipétrique	sz	salique	tu	turbique
pc	pétrocalcique		szn endosalique		
pd	pétrodurique		szp épisalique	um	umbrique
pg	pétrogypsique		szh hypersalique	ub	urbique
pp	pétoplinthique		szw hyposalique		
ps	pétrosalique	sa	saprique	vm	vermique
pi	placique	si	silique	vr	vertique
pa	plaggique	sl	siltique	vt	vétique
pn	planique	sk	squelettique	vi	vitrique
pl	plinthique		skn		
			endosquelettique		
	plp épiplinthique		skp	xa	xanthique
			épisquelettique		
	plh hyperplinthique	so	sodique		
	plo orthoplinthique		son	ye	yermique
			endosodique		
	plr paraplinthique		sow hyposodique		yes nudiyermique
po	posique	sd	spodique		
C. Codes spécifiques d'unités de sols					
d	bathi	h	hyper	t	proto
c	cumuli	w	hypo	b	thapto
n	endo	o	orthi		
p	épi	r	para		