



Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014

Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques

Mise à jour 2015



Photographies de la couverture (de gauche à droite) :

Ekranic Technosol – Autriche (©Erika Michéli)

Reductaquic Cryosol – Russie (©Maria Gerasimova)

Ferralic Nitisol – Australie (©Ben Harms)

Pellic Vertisol – Bulgarie (©Erika Michéli)

Albic Podzol – Tchéquie (©Erika Michéli)

Hypercalcic Kastanozem – Mexique (©Carlos Cruz Gaistardo)

Stagnic Luvisol – Afrique du Sud (©Márta Fuchs)

Des copies des publications de la FAO peuvent être obtenues à l'adresse :

GROUPE VENTES ET MARKETING

Division de l'information

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

Viale delle Terme di Caracalla

00100 Rome, Italie

Courriel : publications-sales@fao.org

Fax : (+39) 06 57053360

Site web : <http://www.fao.org>

Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014

RAPPORT SUR
LES RESSOURCES
EN SOLS DU
MONDE

106

Système international de classification des sols
pour nommer les sols et élaborer des légendes de
cartes pédologiques

Mise à jour 2015

Référence recommandée:

IUSS Working Group WRB. 2015. Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014, Mise à jour 2015. Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques. Rapport sur les ressources en sols du monde N° 106. FAO, Rome.

Les appellations employées dans ce produit d'information 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 (FAO), ou de la Soil Science Society of Belgium (SSSB) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, ou de la SSSB, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO, ou de la SSSB.

ISBN: 978-92-5-130380-1 (FAO)

© FAO et SSSB, 2018

La FAO et SSSB encouragent l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO et SSSB soient correctement mentionnés comme sources et comme titulaires du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO et SSSB approuveraient les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à www.fao.org/contact-us/licence-request ou adressée par courriel à copyright@fao.org.

Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés par courriel adressé à publications-sales@fao.org.

Table des matières

Avant-propos	v
Remerciements	vi
Note pour la traduction française	vii
Liste des acronymes	viii
Chapitre 1. Fondements	1
1.1 Historique	1
1.2 Principales modifications dans la WRB 2014	2
1.3 L'objet classifié dans la WRB	3
1.4 Principes de base	4
1.5 Architecture	9
1.6 Couches superficielles	11
1.7 Traduction en d'autres langues	11
Chapitre 2. Règles pour la classification des sols et l'élaboration des légendes de cartes	12
2.1 Règles générales	12
2.2 Règles pour classifier les sols	13
2.3 Règles pour élaborer des légendes de cartes	14
2.4 Sous-qualificatifs	16
2.5 Sols enfouis	21
Chapitre 3. Horizons, propriétés et matériaux diagnostiques	23
Horizons diagnostiques	23
Propriétés diagnostiques	64
Matériaux diagnostiques	80
Chapitre 4. Clé pour les Groupes de sols de référence et liste des qualificatifs principaux et supplémentaires	89

Chapitre 5. Définitions des qualificatifs	122
Bibliographie	148
Annexe 1. Description, distribution, utilisation et gestion des Groupes de sols de référence	152
Annexe 2. Abrégé des méthodes d'analyses pour la caractérisation des sols	193
Annexe 3. Codes recommandés pour les Groupes de sols de référence, les qualificatifs et les spécificateurs	198
Annexe 4. Classes granulométriques et texturales	203

Avant-propos

La première édition de la Base de référence mondiale pour les ressources en sols (WRB) a été publiée lors du 16^{ème} Congrès Mondial de la Science du Sol à Montpellier en 1998. Lors du même événement, elle fut adoptée comme système de corrélation des sols et de communication internationale de l'Union Internationale des Sciences du Sol (IUSS). La seconde édition de la WRB a été publiée au 18^{ème} Congrès Mondial à Philadelphie en 2006.

Après huit années de tests intensifs et de collectes de données dans le monde entier, la troisième édition de la WRB est publiée en 2014. Cette publication est basée sur le remarquable travail des auteurs des esquisses et éditions précédentes de la WRB, ainsi que sur l'expérience et les contributions des nombreux pédologues qui ont participé aux travaux du groupe de travail de l'IUSS sur la WRB.

La WRB est un système de classification destiné à nommer les sols et à élaborer des légendes de cartes pédologiques. Cette publication permet d'espérer que la science du sol sera mieux comprise par un large public et par la communauté scientifique.

La réalisation de ce document n'a été possible que grâce aux efforts continus d'un groupe important d'experts, et grâce à la coopération et au support logistique de l'IUSS et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Peter Schad (Président)
Cornie van Huyssteen (Vice-Président)
Erika Michéli (Secrétaire)

IUSS Groupe de travail WRB

Ronald Vargas
Division des terres et des eaux
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Remerciements

Cette édition a été compilée sous la direction de Peter Schad (Technische Universität München, Freising, Allemagne), Cornie van Huyssteen (University of the Free State, Bloemfontein, Afrique du Sud) et Erika Michéli (Szent István University, Gödöllő, Hongrie).

Les décisions fondamentales ont été prises par les membres du comité WRB: Lucia Anjos (Brésil), Carlos Cruz Gaistardo (Mexique), Seppe Deckers (Belgique), Stefaan Dondeyne (Belgique), Einar Eberhardt (Allemagne), Maria Gerasimova (Russie), Ben Harms (Australie), Arwyn Jones (Commission européenne), Pavel Krasilnikov (Russie), Thomas Reinsch (Etats-Unis), Ronald Vargas (FAO) et Ganlin Zhang (Chine). La mise en texte a été effectuée par Ben Harms (Australie).

Cette troisième édition a bénéficié des contributions de nombreux scientifiques, parmi lesquels: David Badia Villas (Espagne), Frank Berding (Pays-Bas), Hans-Peter Blume (Allemagne), Vanda Buivydaite (Lituanie), Wolfgang Burghardt (Allemagne), Przemysław Charzynski (Pologne), Joe Chiaretti (Etats-Unis), Juan Comerma (Venezuela), Carmelo Dazzi (Italie), Mahmut Dingil (Turquie), Arnulfo Encina Rojas (Paraguay), Márta Fuchs (Hongrie), Luise Giani (Allemagne), Sergey Goryachkin (Russie), Alfred Hartemink (Etats-Unis), Juan José Ibañez Martí (Espagne), Plamen Ivanov (Bulgarie), Reinhold Jahn (Allemagne), Jérôme Juilleret (Luxembourg), Cezary Kabała (Pologne), Andrzej Kacprzak (Pologne), Arno Kanal (Estonie), Nikolay Khitrov (Russie), Roger Langohr (Belgique), Xavier Legrain (Belgique), Andreas Lehmann (Allemagne), Peter Lüscher (Suisse), Gerhard Milbert (Allemagne), Brian Murphy (Australie), Freddy Nachtergaele (FAO), Otmar Nestroy (Autriche), Åge Nyborg (Norvège), Tatiana Prokofieva (Russie), David Rossiter (Pays-Bas), Daniela Sauer (Allemagne), Jaroslava Sobocká (Slovaquie), Karl Stahr (Allemagne), Leigh Sullivan (Australie), Wenceslau Teixeira (Brésil), Łukasz Uzarowicz (Pologne).

Le Groupe de travail doit beaucoup à deux brillants pédologues qui ont énormément contribué au développement de la WRB et qui sont malheureusement décédés: Rudi Dudal (Belgique, 1926-2014) fut le principal auteur de la Carte des Sols du Monde et Otto Spaargaren (Pays-Bas, 1944-2015), qui pendant longtemps fut le leader du groupe de travail WRB.

Le texte a été traduit en français par Jean Chapelle (Belgique) avec l'aide de Frank Berding (Pays-Bas) et Xavier Legrain (Belgique).

Enfin, le groupe de travail exprime sa gratitude à la FAO pour son aide et la possibilité qu'elle a offerte de traduire et de diffuser ce document.

Note pour la traduction française

La 1^{ère} édition de la WRB (1998) avait été traduite en français par Jean Lozet et Jean Chapelle et avait été publiée par la FAO en 1999.

La 2^{ème} édition (2006) n'avait pas été traduite en français. Il était donc important que la 3^{ème} édition le soit à nouveau.

Quatre membres du groupe de travail WRB de l'IUSS s'y sont attelés et je tiens à remercier Jean Chapelle, ainsi que Frank Berding, Xavier Legrain et Stefaan Dondeyne pour leur travail minutieux.

Leur travail a rencontré plusieurs difficultés, liées à la demande du groupe de travail WRB de ne pas altérer les noms des Groupes de sols de référence et de leurs qualificatifs: la question était de définir la limite entre ce qui devait être traduit et ce qui ne le pouvait pas.

Il a été décidé de ne pas reprendre la ligne directrice de la 1^{ère} édition et de ne franciser ni les qualificatifs ni les sous-qualificatifs et de les laisser dans leur forme d'origine. Ainsi, un Luvisol ne sera plus leptique (version 1999), mais devient un Leptic Luvisol.

Cela pourra surprendre les lecteurs francophones au début, mais dans le contexte international dans lequel évolue la WRB, il nous a paru plus cohérent de garder au maximum le caractère universel et multilingue de cette classification mondiale.

Peter Schad

Président du Groupe de travail WRB

Liste des acronymes

Al _{dith}	Aluminium extrait au dithionite-citrate-bicarbonate
Al _{ox}	Aluminium extrait à l'oxalate d'ammonium en solution acide
Al _{py}	Aluminium extrait au pyrophosphate
CaCO ₃	Carbonate de calcium
CEC	Capacité d'échange cationique
COLE	Coefficient d'extensibilité linéaire
EC	Conductivité électrique
EC _e	Conductivité électrique de l'extrait à saturation
ESP	Pourcentage de sodium échangeable
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Fe _{dith}	Fer extrait au dithionite-citrate-bicarbonate
Fe _{ox}	Fer extrait à l'oxalate d'ammonium en solution acide
Fe _{py}	Fer extrait au pyrophosphate
HCl	Acide chlorhydrique
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
ISSS	International Soil Science Society – Association Internationale de la Science du Sol
IUSS	International Union of Soil Sciences – Union Internationale des Sciences du Sol
KOH	Hydroxyde de potassium
KCl	Chlorure de potassium
Mn _{dith}	Manganèse extrait au dithionite-citrate-bicarbonate
NaOH	Hydroxyde de sodium
NH ₄ OAc	Acétate d'ammonium
ODOE	Densité optique de l'extrait à l'oxalate

RSG	Groupe de sols de référence
SAR	Rapport d'adsorption du sodium
Si _{ox}	Silicium extrait à l'oxalate d'ammonium en solution acide
SiO ₂	Silice
TRB	Réserve totale en bases
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
USDA	United States Department of Agriculture
WRB	Base de référence mondiale pour les ressources en sols

Chapitre 1

Fondements

1.1 HISTORIQUE

Des débuts à la seconde édition (2006)

La Base de référence mondiale (WRB) est basée sur la Légende (FAO-UNESCO, 1974) et la Légende révisée (FAO, 1988) de la Carte des sols du monde (FAO-UNESCO, 1971-1981). En 1980, l'Association Internationale de la Science du Sol (ISSS et depuis 2002, l'Union Internationale des Sciences du Sol, IUSS) a créé le groupe de travail 'Base de référence internationale pour la classification des sols' afin d'élaborer un système de classification international des sols à base scientifique. Ce groupe de travail a été renommé 'Base de référence mondiale pour les ressources en sols' en 1992. Le groupe de travail a publié la première édition de la WRB en 1998 (FAO, 1998) et la seconde édition en 2006 (IUSS Working Group WRB, 2006). En 1998, le Conseil de l'ISSS a adopté la WRB comme terminologie officielle pour nommer et classer les sols.

L'histoire détaillée de la WRB avant 2006 a été présentée dans la deuxième édition de la WRB (IUSS Working Group WRB, 2006).

De la seconde (2006) à la troisième édition (2014)

La seconde édition de la WRB fut présentée au 18^{ème} Congrès mondial de la science du sol à Philadelphie, Etats-Unis (version papier: IUSS Working Group WRB, 2006; version électronique: <http://www.fao.org/3/a-a0510e.pdf>). Après publication, plusieurs erreurs et manques furent identifiés; une mise à jour électronique fut publiée en 2007 à l'adresse: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/wrb2007_red.pdf.

La deuxième édition fut traduite en plusieurs langues. La traduction en russe est celle de la version imprimée 2006, tandis que toutes les autres viennent de la mise à jour électronique (traductions en allemand, arabe, espagnol, polonais, slovaque et turc).

Depuis 2006, plusieurs tournées de corrélation ont été organisées pour tester la deuxième édition sur le terrain:

2007: Allemagne (thème particulier: Technosols et Stagnosols)

2009: Mexique

2010: Norvège

2011: Pologne

2012: Australie (Victoria et Tasmanie)

2013: Russie (pergélisols ultra-continentaux en République de Sakha)

Les tournées de corrélation, les réunions de la Commission IUSS pour la classification des sols au Chili (2008) et aux Etats-Unis (Nebraska et Iowa, 2012), ainsi que les excursions liées au 19^{ème} Congrès mondial de la science du sol, en 2010 en Australie, furent autant d'occasions de tester la deuxième édition.

La deuxième édition de la WRB est un système pour classer les sols. Peu après sa publication, des demandes ont été faites pour que la WRB serve aussi à élaborer des légendes de cartes. C'est pour cela que le document «Guidelines for constructing small-scale map legends using the WRB» (Directives pour l'élaboration de légendes de cartes pédologiques à petite échelle au moyen de la WRB) a été publié en ligne. L'utilisation de ces Directives est recommandée pour des échelles de 1/250 000 ou plus petites. Les documents pour la classification des sols (2006/07) et pour la création de légendes de cartes (2010) sont basés sur des définitions identiques, mais les séquences de qualificatifs et les règles pour leur utilisation sont différentes (voir plus bas).

Aujourd'hui, après huit années, une nouvelle édition a été rédigée.

1.2 PRINCIPALES MODIFICATIONS DANS LA WRB 2014

Les principales modifications sont:

- » Pour la traduction française, les noms des Groupes de sols de référence (RSG) et des qualificatifs n'ont pas été «francisés» et sont donc repris tels quels du texte original.
- » Les séquences de qualificatifs et les règles pour leur utilisation sont désormais utilisables pour la classification des sols et pour l'élaboration des légendes de cartes. Elles sont maintenant divisées en qualificatifs principaux (classés par ordre de pertinence pour chacun des Groupes de sols de référence, RSGs) et qualificatifs supplémentaires (classés par ordre alphabétique).
- » La seule modification dans le nom des Groupes de sols de référence (RSGs) est de remplacer les Albeluvisols par les Retisols. Ceux-ci ont une définition plus large et incluent les anciens Albeluvisols.
- » Les Fluvisols sont placés bas dans la Clé, devenant l'avant dernier RSG. Les Umbrisols sont maintenant placés juste après les Phaeozems. Les RSGs suivants ont permuté leur position: Solonetz et Vertisols, Durisols et Gypsisols, Cambisols et Arenosols. Les sols caractérisés par un horizon argique suivent désormais l'ordre suivant: Acrisols – Lixisols – Alisols – Luvisols.
- » La définition des Gleysols est élargie.
- » La définition des Acrisols, Alisols, Lixisols et Luvisols est rétrécie en plaçant uniformément à 100 cm la limite inférieure pour l'apparition de l'horizon argique. Ceci a comme conséquence implicite d'élargir la définition des Arenosols.
- » Deux types de taux de saturation en bases sont maintenant employés. Premièrement: le taux de saturation effective en bases est réservé à la distinction entre Acrisols et Lixisols, Alisols et Luvisols et entre les qualificatifs Dystric et Eutric; dans la WRB, il est défini comme [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH₄OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)]. Deuxièmement: le taux de saturation en bases à pH 7 est utilisé dans tous les autres cas; dans la WRB, il est défini comme [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / CEC (pH 7); CEC et bases échangeables: NH₄OAc 1 M (pH 7)].
- » Trois nouveaux horizons diagnostiques sont définis. L'horizon chernique remplace l'horizon voronique et est requis pour les Chernozems. L'horizon pretique s'accommode mieux des 'Terra preta de Indio' au sein des Anthrosols.

- L'horizon protovertique (anciennement propriété vertique) décrit des couches à caractéristiques de gonflement-retrait peu exprimées.
- » Les horizons anthrique, takyrique et yermique sont devenus des propriétés diagnostiques.
 - » Des «propriétés rétiques» sont introduites pour caractériser les Retisols. Des «glosses albéluviques» remplacent les «langues albéluviques». Les «fentes de retrait» deviennent une nouvelle propriété diagnostique utile dans la définition des Vertisols et sols apparentés.
 - » Quelques nouveaux noms sont introduits: «propriétés protocalciques» (à la place de «carbonates secondaires»), «propriétés sidéraliques» (à la place de «propriétés ferraliques»). Le «modèle de couleurs gleyiques» et le «modèle de couleurs stagniques» deviennent respectivement les «propriétés gleyiques» et les «propriétés stagniques». Le «changement textural brusque» est renommé «différence texturale abrupte» et «discontinuité lithologique» devient «discontinuité lithique».
 - » L'horizon albique est re-défini en «matériau albique».
 - » Le «carbone organique du sol» est introduit pour séparer le carbone organique d'origine pédogénétique de celui qui répond aux critères diagnostiques d'artéfacts. «Matériau dolomitique» est un nouveau matériau diagnostique. «Matériau hypersulfidique» et «matériau hyposulfidique» sont introduits comme variantes du matériau sulfidique.
 - » «Roche dure technique» est renommée «matériau technique dur».
 - » Des améliorations significatives ont été apportées aux définitions des horizons argique et natrique, dans les critères de profondeur des horizons mollique et umbrique et dans la séparation entre matériaux organiques et minéraux.
 - » Plusieurs nouveaux qualificatifs ont été ajoutés pour expliciter certaines propriétés importantes des sols. Des règles précises ont été introduites dans l'utilisation de spécificateurs pour la définition des sous-qualificatifs.
 - » La WRB doit pouvoir refléter des caractéristiques que certains systèmes nationaux jugent importantes. Des amendements ont été introduits qui permettent dans la WRB une meilleure représentation d'unités de sols issues par exemple des systèmes australien ou brésilien.
 - » Certaines régions du monde n'ayant pas été assez représentées dans les versions précédentes de la WRB – ex. les pergélisols ultra-continentaux – le système a été élargi pour mieux les y classer.
 - » L'amélioration de la clarté des définitions et de la terminologie a été systématiquement recherchée.

1.3 L'OBJET CLASSIFIÉ DANS LA WRB

A l'instar de nombreux mots, le terme «sol» a plusieurs significations. Sans parler de la note de musique, le sol dans sa signification traditionnelle est le milieu dans lequel poussent les plantes, que des horizons discernables soient présents ou non. (Soil Survey Staff, 1999).

Dans la WRB 1998, le sol était défini comme:

« ... un corps naturel continu ayant trois dimensions dans l'espace et une dans le temps. Les trois principaux traits du sol sont:

- » *Il est formé 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 du 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.

- » *Le sol est en **constante évolution**, et ceci donne au sol sa quatrième dimension, le temps.* »

Bien qu'il y ait de solides arguments pour limiter les études et cartographies de sols aux zones couvertes de sols stables ayant une certaine épaisseur, la WRB a choisi une approche plus large et veut nommer tout objet faisant partie de **l'épiderme de la terre** (Sokolov, 1997; Nachtergaele, 2005). Cette approche présente de nombreux avantages; elle permet entre autres d'aborder les problèmes environnementaux de manière systématique et globale; elle permet d'éviter des discussions stériles sur une définition universelle du sol et sur l'épaisseur et la stabilité nécessaires à le former. Ainsi, l'objet classifié en WRB devient: *tout matériau dans les 2 premiers mètres de la surface de la Terre qui est en contact avec l'atmosphère, à l'exclusion des organismes vivants, des zones couvertes par un continuum de glace qui n'est pas recouverte par un autre matériau et des masses d'eau d'une profondeur supérieure à 2 m¹*. Si spécifié, l'objet classifié en WRB inclut des couches de plus de 2 m d'épaisseur.

La définition inclut les roches continues, les sols pavés urbains, les sols des zones industrielles, les sols des grottes et les sols subaquatiques. Les sols situés sous une roche dure, à l'exception de ceux présents dans les grottes, ne sont généralement pas classifiés. Cependant, la WRB peut être utilisée pour classifier ces cas particuliers, par exemple pour procéder à une reconstitution de l'environnement paléo-pédologique.

1.4 PRINCIPES DE BASE

Principes généraux

- » La classification des sols est basée sur des caractéristiques de sol définies en termes d'horizons diagnostiques, propriétés diagnostiques et matériaux diagnostiques, qui doivent autant que possible être mesurables et observables sur le terrain. Le Tableau 1 donne un aperçu des caractéristiques diagnostiques utilisées dans la WRB.
- » Le choix des 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 critère de différenciation.
- » Dans la mesure du possible, les critères diagnostiques retenus à un niveau élevé de généralisation ont de l'importance pour l'aménagement.
- » Les paramètres climatiques ne sont pas appliqués dans la classification des sols. Il est clair cependant qu'ils doivent être employés en combinaison avec les caractéristiques des sols pour interpréter la classification, mais ils ne doivent pas faire partie de la définition des sols. La classification des sols n'est donc pas subordonnée à la disponibilité de données climatiques. Le changement climatique ne rendra pas obsolète la dénomination d'un sol.

1 Dans les zones de marée, la profondeur de 2 m doit être appliquée au niveau moyen des marées basses de vives eaux

- » La WRB est un système de classification global, permettant l'inclusion des systèmes nationaux de classification des sols.
- » La WRB 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.
- » La WRB comprend deux niveaux catégoriels:
 - * le **Premier niveau**, comprenant 32 Groupes de sols de référence (RSGs);
 - * le **Second niveau**, comprenant le nom du RSG combiné avec un ensemble de qualificatifs principaux et supplémentaires.
- » De nombreux RSGs sont représentatifs de régions pédologiques majeures; ainsi, la WRB est à même de donner un aperçu général de la couverture des sols du monde.
- » Les définitions et descriptions reflètent les variations dans les caractéristiques des sols survenant à la fois verticalement et latéralement dans le paysage.
- » L'appellation *Base de référence* reflète la fonction de dénominateur commun de la WRB: l'amplitude de ses unités (les RSGs) est telle qu'elle stimule l'harmonisation et la corrélation avec les systèmes nationaux existants.
- » En plus de cette fonction de lien entre les systèmes nationaux existants, la WRB sert également de moyen de communication 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 est basée sur des termes traditionnels ou faciles à introduire dans le langage actuel. Ils sont définis avec précision afin d'éviter les confusions issues d'un usage de termes identiques ayant des connotations différentes.

TABLEAU 1

Les horizons, propriétés et matériaux diagnostiques de la WRB

Note – ce Tableau ne donne pas de définitions. Les critères diagnostiques sont présentés au Chapitre 3.

Nom	Description simplifiée
1. Horizons diagnostiques anthropogéniques (tous minéraux)	
Horizon anthraquique	Dans les rizières inondées: couche comprenant la couche mise en boue et la semelle de labour, toutes deux montrant une matrice réduite et des chenaux racinaires oxydés
Horizon hortique	Foncé, teneur élevée en matière organique et en P, forte activité biologique, taux de saturation en bases élevé; résultant d'une longue pratique d'agriculture, de fertilisation et d'application de résidus organiques
Horizon hydragrique	Dans les rizières inondées: couche sous l'horizon anthraquique montrant des caractéristiques rédoxomorphiques et/ou une accumulation de Fe et/ou Mn
Horizon irragrique	Structure uniforme, teneur en matière organique au moins modérée, forte activité biologique; accumulation progressive via une eau d'irrigation riche en sédiments
Horizon plaggique	Foncé, teneur en matière organique au moins modérée, sableux ou loameux; résultant de l'application de matériaux gazonneux et d'excréments
Horizon pretique	Foncé, teneur élevée en matière organique et en P, faible activité biologique, teneur élevée en Ca et Mg échangeables, résidus de charbon de bois et/ou artéfacts; Terres Foncées Amazoniennes incluses
Horizon terrique	Couleur liée au matériau d'origine, taux de saturation en bases élevé; résultant d'apports de matériaux minéraux (avec ou sans résidus organiques) et de labours profonds

2. Horizons diagnostiques pouvant être organiques ou minéraux

Horizon calcique	Accumulation de carbonates secondaires, non cimenté
Horizon cryique	Gelé en permanence (glace visible ou ≤ 0 °C si absence d'eau)
Horizon fulvique	Propriétés andiques, matière organique très humifiée, rapport acides fulviques / acides humiques élevé
Horizon mélanique	Propriétés andiques, matière organique très humifiée, rapport acides fulviques / acides humiques bas, noirâtre
Horizon salique	Haute teneur en sels facilement solubles
Horizon thionique	Présence d'acide sulfurique et pH très bas

3. Horizons diagnostiques organiques

Horizon folique	Couche organique, non saturée par l'eau et non drainée
Horizon histique	Couche organique, saturée par l'eau ou drainée

4. Horizons diagnostiques minéraux de surface

Horizon chernique	Épais, très foncé, taux de saturation en bases élevé, teneur en matière organique moyenne à élevée, bien structuré, forte activité biologique (cas particulier de l'horizon mollique)
Horizon mollique	Épais, foncé, taux de saturation en bases élevé, teneur en matière organique moyenne à élevée, non massif et dur quand il est sec
Horizon umbrique	Épais, foncé, taux de saturation en bases faible, teneur en matière organique moyenne à élevée, non massif et dur quand il est sec

5. Autres horizons diagnostiques minéraux liés à l'accumulation de substances due à des processus de migration verticaux ou latéraux

Horizon argique	Couche subsuperficielle avec contenu en argile nettement plus élevé que dans la couche sus-jacente et/ou présence d'argile illuviale
Horizon durique	Concrétions ou nodules cimentés ou indurés par la silice
Horizon ferrique	≥ 5 % concrétions et/ou nodules rougeâtres à noirâtres ou ≥ 15 % taches grossières rougeâtres à noirâtres, avec accumulation
Horizon gypsique	d'oxydes de Fe (et Mn)
Horizon natrique	Couche subsuperficielle avec contenu en argile nettement plus élevé que dans la couche sus-jacente et/ou présence d'argile illuviale; teneur élevée en Na échangeable
Horizon pétrocalcique	Accumulation de carbonates secondaires cimentés ou indurés de manière assez continue
Horizon pétrodurique	Accumulation de silice secondaire cimentée ou indurée de manière assez continue
Horizon pétrogypsique	Accumulation de gypse secondaire cimenté ou induré de manière assez continue
Horizon pétroplinthique	Nappe de concrétions et/ou de nodules connectés jaunâtres, rougeâtres et/ou noirâtres ou de concentrations en motifs lamellaires, polygonaux ou réticulés; teneur élevée en oxydes de Fe, au moins dans les concrétions, nodules ou concentrations; cimenté ou induré de manière assez continue
Horizon pisoplinthique	≥ 40 % concrétions et/ou nodules fortement cimentés ou indurés, jaunâtres, rougeâtres et/ou noirâtres, avec accumulation d'oxydes de Fe
Horizon plinthique	≥ 15 % (seuls ou en combinaison) concrétions et/ou nodules rougeâtres ou concentrations en motifs lamellaires, polygonaux ou réticulés; teneur élevée en oxydes de Fe, au moins dans les concrétions, nodules ou concentrations
Horizon sombrique	Accumulation subsuperficielle de matière organique autre que celle des horizons spodique ou natrique
Horizon spodique	Accumulation subsuperficielle de matière organique et/ou de Fe et Al

6. Autres horizons diagnostiques minéraux

Horizon cambique	Évidence d'altération pédogénétique; ne satisfait pas aux critères des horizons diagnostiques indicateurs d'altération plus forte ou de processus d'accumulation
Horizon ferralique	Fortement altéré; dominé par les kaolinites et les oxydes
Horizon fragique	Structure tellement compacte que les racines et l'eau de percolation pénètrent uniquement le long des faces entre les agrégats; non cimenté
Horizon nitique	Riche en argile et en oxydes de Fe, structure modérée à forte, faces des agrégats brillantes
Horizon protovertique	Influencé par les argiles gonflantes
Horizon vertique	Dominé par les argiles gonflantes

7. Propriétés diagnostiques liées aux caractéristiques de surface

Propriétés aridiques	Caractéristiques de surface des sols sous conditions arides
Propriétés takyriques	Couches de surface de texture lourde sous conditions arides dans des sols périodiquement inondés (cas particulier des propriétés aridiques)
Propriétés yermiques	Pavement et/ou couche vésiculaire de sols sous conditions arides (cas particulier des propriétés aridiques)

8. Propriétés diagnostiques définissant les relations entre deux couches

Glosses albéluviques	Digitation de matériau de texture plus grossière et plus clair dans un horizon argique formant des langues verticales continues (cas particulier des propriétés rétiques)
Différence texturale abrupte	Augmentation très marquée en argile sur une profondeur limitée
Discontinuité lithique	Différences dans le matériau parental
Propriétés rétiques	Digitation de matériau de texture plus grossière et plus clair dans un horizon argique ou natrique

9. Autres propriétés diagnostiques

Conditions réductrices	Valeur rH basse et/ou présence de sulfures, méthane ou Fe réduit
Fentes de retrait	S'ouvrent et se ferment à cause d'argiles qui gonflent et se rétractent
Propriétés andiques	Minéraux peu cristallisés et/ou complexes organo-métalliques
Propriétés anthriques	S'applique aux sols à horizons mollique ou umbrique, si ces horizons sont créés ou fortement transformés par l'homme
Propriétés gériques	CEC effective très basse et/ou agissant comme échangeur d'anions
Propriétés gleyiques	Saturé par l'eau de nappe (ou par des gaz ascensionnels) suffisamment longtemps pour que surviennent des conditions réductrices
Propriétés protocalciques	Carbonates venant de la solution du sol et précipités dans le sol (carbonates secondaires); moins prononcé que dans les horizons calcique ou pétrocalcique
Propriétés sidéraliques	CEC relativement basse
Propriétés stagniques	Saturé par l'eau de surface (ou par un liquide), au moins temporairement et pendant suffisamment longtemps pour que surviennent des conditions réductrices
Propriétés vitriques	≥ 5 % (par comptage granulaire) verres volcaniques et matériaux apparentés et ayant des quantités limitées de minéraux peu cristallisés et/ou de complexes organo-métalliques
Roche continue	Matériau consolidé (à l'exclusion des horizons pédogénétiquement cimentés ou indurés)

10. Matériaux diagnostiques liés à la teneur en carbone organique	
Carbone organique du sol	Carbone organique ne rencontrant pas les critères diagnostiques des artéfacts
Matériau minéral	< 20 % carbone organique du sol
Matériau organique	≥ 20 % carbone organique du sol
11. Matériau diagnostique lié à la couleur	
Matériau albique	Terre fine peu colorée, exprimée par une valeur Munsell élevée et un chroma bas
12. Matériaux diagnostiques technogéniques (considérés principalement comme matériaux parentaux)	
Artéfacts	Créés, fortement modifiés ou amenés en surface par l'homme; ne s'en suit aucune modification importante des propriétés chimiques ou minéralogiques
Matériau technique dur	Matériau consolidé et relativement continu résultant d'un processus industriel
13. Autres matériaux diagnostiques (considérés principalement comme matériaux parentaux)	
Matériau calcarique	≥ 2 % équivalent carbonate de calcium, hérité du matériau parental
Matériau colluvique	Mélange hétérogène déplacé vers le bas d'une pente
Matériau dolomitique	≥ 2 % matériau avec rapport $\text{CaCO}_3 / \text{MgCO}_3 < 1,5$
Matériau fluviatique	Dépôts fluviaux, marins ou lacustres à stratifications nettes
Matériau gypsirique	≥ 5 % gypse, hérité au moins en partie, du matériau parental
Matériau hypersulfidique	Matériau sulfidique capable d'une acidification sévère
Matériau hyposulfidique	Matériau sulfidique incapable d'une acidification sévère
Matériau limnique	Déposé dans l'eau par précipitation ou via l'action d'organismes aquatiques
Matériau ornithogénique	Restes d'oiseaux ou d'activité aviaire
Matériau sulfidique	Contenant des sulfures inorganiques décelables
Matériau téphrique	≥ 30 % (par comptage granulaire) verres volcaniques et matériaux apparentés

Structure

Chaque RSG de la WRB est présenté avec une liste des qualificatifs principaux et supplémentaires possibles, permettant ainsi à l'utilisateur de construire le second niveau de la classification. Les qualificatifs principaux sont présentés par ordre de pertinence. Les principes généraux gouvernant la distinction des classes de la WRB sont:

- » Au **premier niveau** (les RSGs), les classes sont principalement différenciées par les caractéristiques typiques du sol résultant du processus pédogénétique principal, sauf là où des *matériaux parentaux spéciaux* sont d'une importance primordiale.
- » Au **second niveau** (les RSGs avec leurs qualificatifs), les sols sont différenciés selon des caractéristiques du sol résultant de tout processus pédogénétique secondaire ayant affecté de manière significative les caractéristiques primaires. Très souvent, les caractéristiques du sol qui ont un effet significatif sur son utilisation sont prises en considération.

Evolution du système

La Légende révisée de la Carte des sols du monde FAO-UNESCO (FAO, 1988) a servi de base au développement de la WRB afin de tirer parti des travaux de corrélation internationale sur les sols qui avaient déjà été réalisés via ce projet et ailleurs. La première édition de la WRB, publiée en 1998, comprenait 30 RSGs; la seconde, publiée en 2006 et la présente édition (la troisième) en comprennent 32.

1.5 ARCHITECTURE

La WRB comprend deux niveaux catégoriels:

1. le **Premier niveau** comprenant 32 Groupes de sols de référence (RSGs);
2. le **Second niveau** comprenant le nom du RSG combiné à des qualificatifs principaux et supplémentaires.

Premier niveau: les Groupes de sols de référence

Le Tableau 2 donne un aperçu des RSGs et la logique de la séquence des RSGs dans la Clé WRB. On y voit que les RSGs sont distribués en 8 regroupements selon des facteurs dominants, comme les facteurs pédogénétiques ou les processus qui, de manière évidente, conditionnent le sol.

Second niveau: les Groupes de sols de référence avec leurs qualificatifs

Dans la WRB, une distinction est faite entre les **qualificatifs principaux** et **supplémentaires**. Les qualificatifs principaux sont considérés comme les plus importants pour la caractérisation des sols d'un RSG particulier. Ils sont attribués selon un ordre déterminé. Les qualificatifs supplémentaires apportent des détails complémentaires sur le sol. Ils n'ont d'ordre qu'alphabétique. Le Chapitre 2 présente les règles d'utilisation des qualificatifs pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes.

Construire le second niveau par addition de qualificatifs offre plusieurs avantages par rapport à une clé dichotomique:

- » Pour chaque sol, le RSG a le nombre approprié de qualificatifs. Les sols ayant peu de caractéristiques ont des noms brefs; les sols ayant de nombreuses caractéristiques (comme les sols polygéniques) ont des noms à rallonge.
- » Par ses qualificatifs, la WRB est capable d'énoncer la plupart des propriétés du sol; elles sont révélées par le nom du sol.
- » Le système est robuste. Un manque de données n'entraîne pas nécessairement une grave erreur de classification: si un qualificatif est ajouté ou omis erronément à cause de données incomplètes, le reste du nom reste correct.

TABLEAU 2

Guide simplifié pour les Groupes de sols de référence de la WRB (RSGs) avec suggestion de codes

Note – ce tableau ne doit pas être utilisé comme clé.

Pour les définitions complètes, voir le Chapitre 3 et la Clé (Chapitre 4).

	RSG	Code
1. Sols avec couches organiques épaisses:	Histosols	HS
2. Sols avec forte influence humaine –		
sous usage agricole long et intensif:	Anthrosols	AT
contenant des quantités importantes d'artéfacts:	Technosols	TC
3. Sols avec limitations au développement racinaire –		
affectés par du permafrost:	Cryosols	CR
minces ou avec nombreux éléments grossiers:	Leptosols	LP
à teneur élevée en Na échangeable:	Solonetz	SN
conditions humidité-sécheresse alternantes, gonflement-retrait des argiles:	Vertisols	VR
concentration élevée en sels solubles:	Solonchaks	SC
4. Sols dominés par la chimie Fe/Al –		
affectés par une nappe phréatique, par les marées ou submergés:	Gleysols	GL
allophanes ou complexes Al-humus:	Andosols	AN
accumulation en profondeur d'humus et/ou d'oxydes:	Podzols	PZ
accumulation et redistribution du Fe:	Plinthosols	PT
argiles à faible activité, fixation du P, nombreux oxydes de Fe, structure forte:	Nitisols	NT
dominance de kaolinite et d'oxydes:	Ferralsols	FR
eau stagnante, différence texturale abrupte:	Planosols	PL
eau stagnante, différence structurale et/ou différence texturale modérée:	Stagnosols	ST
5. Accumulation prononcée de matière organique dans la couche superficielle minérale –		
couche superficielle très foncée, carbonates secondaires:	Chernozems	CH
couche superficielle foncée, carbonates secondaires:	Kastanozems	KS
couche superficielle foncée, pas de carbonates secondaires (sauf à grande profondeur), teneur en bases élevée:	Phaeozems	PH
couche superficielle foncée, faible teneur en bases:	Umbrisols	UM
6. Accumulation de sels moyennement solubles ou de substances non salines –		
accumulation de, et cimentation par la, silice secondaire:	Durisols	DU
accumulation de gypse secondaire:	Gypsisols	GY
accumulation de carbonates secondaires:	Calcisols	CL
7. Sols à sous-sol enrichi en argile –		
digitation de matériau grossier, peu coloré, dans une couche plus colorée et de texture plus fine	Retisols	RT
argiles à faible activité, faible teneur en bases:	Acrisols	AC
argiles à faible activité, teneur élevée en bases:	Lixisols	LX

argiles à forte activité, faible teneur en bases:	Alisols	AL
argiles à forte activité, teneur élevée en bases:	Luvisols	LV
8. Sols à différenciation de profil faible ou nulle –		
modérément développés:	Cambisols	CM
sableux:	Arenosols	AR
à sédiments stratifiés fluviaux, marins ou lacustres:	Fluvisols	FL
sans développement de profil significatif:	Regosols	RG

1.6 COUCHES SUPERFICIELLES

Les caractéristiques de la couche superficielle sont sujettes à de rapides changements dans le temps et dès lors la WRB n'y a recours que dans quelques cas. Plusieurs propositions de classification de la couche superficielle ont été faites (Broll *et al.*, 2006; Fox *et al.*, 2010; Graefe *et al.*, 2012; Jabiol *et al.*, 2013). Elles peuvent être utilisées avec la WRB.

1.7 TRADUCTION EN D'AUTRES LANGUES

Les traductions en d'autres langues que l'anglais sont bienvenues. Pour les droits d'auteur, contacter la FAO. Cependant les noms des sols ne doivent être ni traduits en quelque langue que ce soit, ni écrits dans un autre alphabet. Il faut que les noms des sols conservent leur forme grammaticale. Les règles pour la séquence des qualificatifs doivent être appliquées dans toute traduction. Les noms des RSGs et des qualificatifs commencent par des lettres capitales.

Chapitre 2

Règles pour la classification des sols et l'élaboration des légendes de cartes

2.1 REGLES GENERALES

La classification comporte trois étapes.

Etape 1 – identifier les horizons, propriétés et matériaux diagnostiques

Les *Guidelines for Soil Description* (FAO, 2006) (Directives pour la description des sols) seront suivies lors de la description des sols et de leurs caractéristiques. Il est utile de dresser une liste des horizons, propriétés et matériaux diagnostiques observés (voir Chapitre 3). Sur le terrain, il est possible d'arriver à une classification préliminaire du sol en se servant de toutes les caractéristiques observables ou facilement mesurables dans le sol et sur le terrain environnant. Cependant la classification définitive ne pourra se faire qu'avec les résultats d'analyses. Les *Procedures for Soil Analysis* (Van Reeuwijk, 2002) seront suivies pour la détermination des caractéristiques chimiques et physiques des sols. Un résumé en est présenté en Annexe 2.

Pour la classification, seuls les critères diagnostiques sont pertinents. Les valeurs numériques collectées sur le terrain ou au laboratoire sont à prendre telles quelles et ne peuvent être arrondies pour satisfaire aux valeurs seuil des critères diagnostiques. Une couche peut satisfaire aux critères de plus d'un horizon, propriété ou matériau diagnostique qui sont considérés alors comme chevauchants ou concomitants. Si un horizon diagnostique consiste en plusieurs sous-horizons, chacun d'entre eux doit satisfaire séparément (les moyennes ne sont pas calculées) aux critères diagnostiques – sauf l'épaisseur et sauf avis contraire.

Etape 2 – attribuer le sol à un Groupe de sols de référence

La combinaison obtenue d'horizons, propriétés et matériaux diagnostiques est mise en regard de la Clé WRB (Chapitre 4) pour attribuer le sol au **Groupe de sols de référence (RSG)** approprié. L'utilisateur doit suivre la Clé de manière systématique, commençant par le début et excluant un par un tous les RSGs pour lesquels les exigences spécifiées ne sont pas remplies. Le sol appartient au premier RSG pour lequel il remplit tous les critères.

Etape 3 – attribuer les qualificatifs

Les qualificatifs sont employés au second niveau de la classification WRB. Les qualificatifs utilisables dans un RSG particulier sont repris dans la Clé à la suite de ce RSG. Les **qualificatifs principaux** sont listés par ordre d'importance tandis que, par convention, les **qualificatifs supplémentaires** n'ont d'autre ordre qu'alphabétique.

Les qualificatifs principaux sont ajoutés devant le nom du RSG, sans parenthèses et sans virgules. La séquence va de droite à gauche: le qualificatif le plus important est ainsi le plus proche du nom du RSG. Les qualificatifs supplémentaires sont placés entre parenthèses après le nom du RSG et sont séparés les uns des autres par des virgules. Leur séquence va de gauche à droite: le premier qualificatif selon l'alphabet est ainsi le plus proche du nom du RSG.

Les qualificatifs avec information redondante ne sont pas ajoutés. Ainsi, Eutric n'est pas ajouté après Calcaric.

Si dans la liste deux qualificatifs (ou plus) sont **séparés par un trait oblique (/)**, seul l'un d'entre eux peut être employé. Le trait oblique signifie que ces qualificatifs s'excluent mutuellement (ex. Dystric et Eutric) ou que l'un d'entre eux est redondant (voir ci-dessus), le(s) qualificatif(s) redondant(s) étant placé(s) après le(s) trait(s) oblique(s). Dans le nom du sol, les qualificatifs supplémentaires sont toujours listés par ordre alphabétique, même si leur position dans la liste n'est pas celle de l'alphabet, à cause de l'utilisation du trait oblique.

Des qualificatifs s'excluant mutuellement peuvent s'appliquer au même sol, mais à des profondeurs différentes et doivent être accompagnés de spécificateurs appropriés (voir plus bas «2.4 Sous-qualificatifs»). Si des spécificateurs sont appliqués à des qualificatifs principaux, le qualificatif se rapportant à la couche supérieure sera placé au plus près du nom du RSG. Si des spécificateurs sont appliqués à des qualificatifs supplémentaires, la séquence suivra l'ordre alphabétique des qualificatifs et non celui des sous-qualificatifs.

S'il advient que des qualificatifs qui ne figurent pas dans la liste pour un RSG donné doivent s'appliquer, ils seront placés en dernière place des qualificatifs supplémentaires.

L'initiale d'un qualificatif est toujours une majuscule.

2.2 REGLES POUR CLASSIFIER LES SOLS

Pour classier un sol au second niveau (ou plus précisément pour ranger un sol dans la classification WRB), tous les qualificatifs principaux et supplémentaires qui s'appliquent doivent être ajoutés au nom du RSG.

Exemple de classification d'un sol selon la WRB

Description de terrain:

Sol développé sur loess à argiles à activité élevée, montrant une augmentation d'argile marquée à 60 cm de profondeur; revêtements argileux dans l'horizon enrichi en argile et pH d'environ 6 entre 50 et 100 cm de profondeur. La couche supérieure, pauvre en argile, est composée d'un horizon supérieur foncé et un inférieur peu coloré. L'horizon enrichi en argile présente quelques taches de couleur intense à l'intérieur des agrégats de sol et des conditions réductrices à quelques endroits durant le printemps. Les conclusions suivantes peuvent être tirées:

- | | | |
|----|--|--------------------------|
| a. | augmentation d'argile et/ou revêtements argileux | → horizon <i>argique</i> |
| b. | horizon <i>argique</i> à CEC et taux de saturation en bases élevés (déduction du pH 6) | → Luvisol |

c.	peu coloré	→ qualificatif Albic
d.	quelques taches	→ propriétés <i>stagniques</i>
e.	propriétés <i>stagniques</i> et <i>conditions réductrices</i> commençant à 60 cm	→ qualificatif Endostagnic
f.	revêtements argileux	→ qualificatif Cutanic
g.	augmentation d'argile	→ qualificatif Differentic

La classification de terrain est:

Albic Endostagnic Luvisol (Cutanic, Differentic)

Analyses de laboratoire:

Les analyses de laboratoire confirment une CEC kg⁻¹ argile élevée dans l'horizon *argique* et un taux de saturation en bases élevé entre 50 et 100 cm de profondeur. Elles montrent également que la classe texturale est un loam argilo-limoneux avec 30 % d'argile (qualificatif Siltic) dans la couche de surface et une argile limoneuse à 45 % d'argile (qualificatif Clayic) en profondeur.

La classification finale devient:

Albic Endostagnic Luvisol (Endoclayic, Cutanic, Differentic, Episiltic)

2.3 REGLES POUR ELABORER DES LEGENDES DE CARTES

Les règles suivantes s'appliquent:

1. Une unité cartographique se compose de:
 - un sol dominant seulement ou
 - un sol dominant plus un sol codominant et/ou un ou plusieurs sols associés ou
 - deux ou trois sols codominants ou
 - deux ou trois sols codominants plus un ou deux sols associés.

Des sols dominants couvrent ≥ 50 % de la surface, les codominants ≥ 25 et < 50 % de la surface. Les sols associés représentent ≥ 5 et < 25 % de la surface, ou sont d'une grande importance pour l'écologie du paysage.

Si des sols codominants ou associés sont présents, les termes «dominant:», «codominant:» et «associé:» sont écrits avant le nom du sol; les sols sont séparés par des points-virgules.

2. Le nombre de qualificatifs spécifié plus bas se rapporte au sol dominant. Pour les sols codominants ou associés, il est opportun d'en diminuer le nombre (voire de n'en indiquer aucun).
3. Selon l'échelle utilisée, un nombre différent de qualificatifs principaux sera utilisé:
 - a. Pour des cartes à très petite échelle (plus petite que 1/10 000 000)

seul le Groupe de sols de référence (RSG) est pris en compte.

b. Pour des cartes à plus grande échelle (de 1/5 000 000 à 1/10 000 000), seront pris en compte le RSG plus le premier qualificatif principal applicable.

c. Pour des cartes à plus grande échelle (de 1/1 000 000 à 1/5 000 000), seront pris en compte le RSG plus les deux premiers qualificatifs principaux applicables.

d. Pour des cartes à plus grande échelle (1/250 000 à 1/1 000 000), seront pris en compte le RSG plus les trois premiers qualificatifs principaux applicables.

4. S'il y a moins de qualificatifs applicables que les nombres repris ci-dessus, le nombre le plus proche sera utilisé.
5. Selon le but de la carte ou selon les traditions nationales, des qualificatifs supplémentaires **peuvent éventuellement être ajoutés, et ce à toute échelle**. Cela peut aller de qualificatifs principaux placés plus loin dans la liste et non encore utilisés dans le nom du sol, à des qualificatifs supplémentaires. Ils sont placés selon les règles pour les qualificatifs supplémentaires décrites ci-dessus. Si au moins deux qualificatifs optionnels sont employés, les règles suivantes s'appliquent:
 - a. les qualificatifs principaux sont placés en premier, et entre eux, le premier qualificatif applicable est placé en premier, et
 - b. la séquence de tout qualificatif supplémentaire ajouté est décidée par le pédologue qui dresse la carte.

Exemples d'unités cartographiques utilisant la WRB

Exemple 1

Unité cartographique dominée par un sol ayant un horizon de surface très foncé, d'une épaisseur de 30 cm, avec taux de saturation en bases élevé, pas de carbonates secondaires, présence d'argile illuviée et influence d'une nappe à partir de 60 cm (soit ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, avec propriétés *gleyiques* partout et des *conditions réductrices* dans certaines parties de chaque sous-couche); cette unité cartographique sera nommée comme suit:

- » au premier niveau d'échelle: → Phaeozems
- » au deuxième niveau d'échelle: → Chernic Phaeozems
- » au troisième niveau d'échelle: → Gleyic Chernic Phaeozems
- » au quatrième niveau d'échelle: → Luvic Gleyic Chernic Phaeozems

Exemple 2

Dans une unité cartographique, une *roche continue* commence à 80 cm. Dans 80 % de la zone, le sol au-dessus de la *roche continue* a moins de 40 % de fragments grossiers; dans les 20 % restants de la zone, le sol au-dessus de la *roche continue* a 85 % de fragments grossiers. Les sols sont calcaires et limoneux. Cette unité cartographique sera nommée comme suit:

- » au premier niveau d'échelle: → dominant: Regosols
→ associé: Leptosols
- » au deuxième niveau d'échelle: → dominant: Leptic Regosols
→ associé: Hyperskeletal Leptosols
- » au troisième niveau d'échelle: → dominant: Calcaric Leptic Regosols
→ associé: Hyperskeletal Leptosols
- » au quatrième niveau d'échelle: → dominant: Calcaric Leptic Regosols
→ associé: Hyperskeletal Leptosols

Dans cet exemple, le qualificatif suivant applicable pour les Regosols est Eutric, mais, comme un taux de saturation en bases élevé est déjà implicitement compris dans le qualificatif Calcaric, Eutric est redondant et ne s'applique pas. Dès lors dans ce cas, seuls deux qualificatifs s'appliquent au quatrième niveau d'échelle.

La teneur élevée en limon peut être exprimée par le qualificatif Siltic; c'est un qualificatif supplémentaire et à ce titre, il est optionnel dans la légende. Il pourrait très bien s'appliquer à n'importe quel niveau d'échelle:

Regosols (Siltic)
Leptic Regosols (Siltic)
Calcaric Leptic Regosols (Siltic)

Exemple 3

Unité cartographique dominée par un sol avec couche épaisse de matériau *organique* acide fortement décomposé, de 70 cm d'épaisseur, avec *roche continue* à 80 cm et dans un environnement à précipitations très excédentaires; une telle unité sera nommée comme suit:

- » au premier niveau d'échelle: → Histosols
- » au deuxième niveau d'échelle: → Sapric Histosols
- » au troisième niveau d'échelle: → Leptic Sapric Histosols
- » au quatrième niveau d'échelle: → Ombric Leptic Sapric Histosols

Dans cet exemple, le qualificatif suivant applicable est Dystric; mais comme trois qualificatifs ont déjà été utilisés, le quatrième peut être ajouté en tant que qualificatif optionnel. De manière similaire, des qualificatifs optionnels peuvent être utilisés à d'autres niveaux d'échelle:

Histosols (Sapric)
Sapric Histosols (Leptic, Ombric)
Leptic Sapric Histosols (Ombric)
Ombric Leptic Sapric Histosols (Dystric)

2.4 SOUS-QUALIFICATIFS

Des qualificatifs peuvent être combinés à des spécificateurs (ex. Epi-, Proto-) **pour former des sous-qualificatifs** (ex. Epiarenic, Protocalcic). Selon le spécificateur, le sous-qualificatif remplira tous les critères du qualificatif correspondant, ou déviara de manière définie de son ensemble de critères. Les règles suivantes s'appliquent:

- » Si un sous-qualificatif remplissant toutes les conditions du qualificatif s'applique, le sous-qualificatif peut – mais ne doit pas nécessairement – être utilisé en remplacement de son qualificatif (**sous-qualificatif optionnel**).

- » Si un sous-qualificatif remplissant toutes les conditions du qualificatif à l'exception des critères d'épaisseur et/ou de profondeur s'applique, le sous-qualificatif peut – mais ne doit pas nécessairement – être utilisé, mais pas le qualificatif (**sous-qualificatif additionnel**). Note: il se peut que le qualificatif ne soit pas inclus dans la liste des qualificatifs pour un RSG donné telle que présentée au Chapitre 4.
- » Si un sous-qualificatif dévient de manière définie de l'ensemble des critères du qualificatif s'applique, il doit remplacer le qualificatif inclus au Chapitre 4 dans la liste des qualificatifs applicables pour un RSG donné (**sous-qualificatif obligatoire**). Ceci est le cas de certains sous-qualificatifs bien définis (voir plus bas).

L'emploi des sous-qualificatifs optionnels et additionnels est recommandé pour nommer les sols; il n'est pas recommandé pour remplacer les qualificatifs principaux dans les unités cartographiques ou quand la généralisation est importante.

L'emploi de spécificateurs ne modifie pas la position du qualificatif dans le nom du sol, à l'exception des spécificateurs *Bathy-*, *Thapto-*, et *Proto-* (voir plus bas). La séquence alphabétique des qualificatifs supplémentaires s'applique au qualificatif, pas au sous-qualificatif.

Des sous-qualificatifs peuvent être «créés» par l'utilisateur en respectant certaines règles (voir Chapitre 2.4.1). D'autres sous-qualificatifs ont une définition fixée, qui est donnée au Chapitre 5 (voir Chapitre 2.4.2).

2.4.1 SOUS-QUALIFICATIFS CREEES PAR L'UTILISATEUR

Création de sous-qualificatifs liés aux critères de profondeur

Les qualificatifs avec critères de profondeur peuvent être combinés avec les spécificateurs **Epi-**, **Endo-**, **Amphi-**, **Ano-**, **Kato-**, **Panto-** et **Bathy-** pour créer des sous-qualificatifs (ex. *Epicalcic*, *Endocalcic*) exprimant plus en détail la profondeur du phénomène. Si au moins deux parmi ces spécificateurs sont applicables, seul celui ayant la plus forte expression sera retenu (ex. si *Panto-* est applicable, les autres ne seront pas employés). Des qualificatifs s'excluant mutuellement à la même profondeur peuvent cependant être applicables à des profondeurs différentes dans le même sol. Les qualificatifs qui contiennent déjà un critère de profondeur de 0-50 cm ou 50-100 cm à partir de la surface ne prennent pas de spécificateurs de profondeur.

Selon les particularités du qualificatif et des caractéristiques du sol, les sous-qualificatifs liés à la profondeur sont employés comme suit:

1. Si un qualificatif se rapporte à une caractéristique survenant à une **profondeur déterminée** (ex. *Raptic*), des sous-qualificatifs optionnels peuvent être créés avec les spécificateurs suivants:
 - Epi-** (du grec *epi*, dessus): la caractéristique est présente à ≤ 50 cm de la surface du sol (minéral) et est absente entre > 50 et ≤ 100 cm de la surface du sol (minéral).
 - Endo-** (du grec *endon*, dedans): la caractéristique est présente entre > 50 cm et ≤ 100 cm de la surface du sol (minéral) et est absente à ≤ 50 cm de la surface du sol (minéral).

Amphi- (du grec *amphi*, autour): la caractéristique est présente deux fois ou plus, une fois ou plus à ≤ 50 cm de la surface du sol (minéral) et une fois ou plus entre > 50 cm et ≤ 100 cm de la surface du sol (minéral).

2. Si un qualificatif se rapporte à un **horizon ou à une couche** (ex. Calcic, Arenic, Fluvic), des sous-qualificatifs optionnels peuvent être créés avec les spécificateurs suivants (voir Figure 1):

Epi- (du grec *epi*, dessus): l'horizon ou la couche a sa limite inférieure à ≤ 50 cm de la surface du sol (minéral); et un tel horizon ou une telle couche n'est pas présent(e) entre 50 et 100 cm de la surface du sol (minéral); et il (elle) n'est pas utilisé(e) si la définition du qualificatif ou de l'horizon requiert que l'horizon ou la couche commence à la surface du sol (minéral).

Endo- (du grec *endon*, dedans): l'horizon ou la couche commence à ≥ 50 cm de la surface du sol (minéral); et un tel horizon ou une telle couche n'est pas présent(e) à < 50 cm de la surface du sol (minéral). (ex. Endocalcic: l'horizon *calcique* commence à ≥ 50 et à ≤ 100 cm de la surface du sol; Endospodic: l'horizon *spodique* commence à ≥ 50 et à ≤ 200 cm de la surface du sol minéral).

Amphi- (du grec *amphi*, autour): l'horizon ou la couche commence à > 0 et à < 50 cm de la surface du sol (minéral) et a sa limite inférieure à > 50 cm et à < 100 cm de la surface du sol (minéral); et un tel horizon ou une telle couche n'est pas présent(e) à < 1 cm de la surface du sol (minéral); et un tel horizon ou une telle couche n'est pas présent(e) entre 99 et 100 cm de la surface du sol (minéral).

Ano- (du grec *ano*, en haut): l'horizon ou la couche commence à la surface du sol (minéral) et a sa limite inférieure à > 50 cm et à < 100 cm de la surface du sol (minéral); et un tel horizon ou une telle couche n'est pas présent(e) entre 99 et 100 cm de la surface du sol (minéral).

Kato- (du grec *kato*, en bas): l'horizon ou la couche commence à > 0 cm et à < 50 cm de la surface du sol (minéral), et a sa limite inférieure à ≥ 100 cm de la surface du sol (minéral); et un tel horizon ou une telle couche n'est pas présent(e) à < 1 cm de la surface du sol (minéral).

Panto- (du grec *pan*, tout): l'horizon ou la couche commence à la surface du sol (minéral) et a sa limite inférieure à ≥ 100 cm de la surface du sol (minéral).

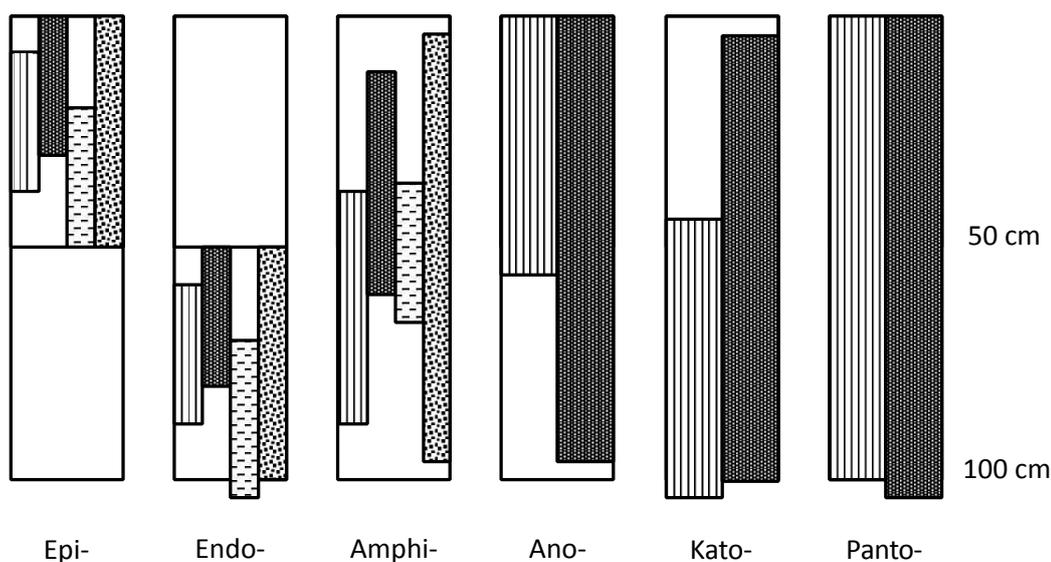


FIGURE 1

Liens entre les sous-qualificatifs et les critères de profondeur et se rapportant à un horizon ou une couche particuliers.

- Si un qualificatif se rapporte à la **majeure partie d'une fourchette déterminée de profondeurs** ou à la **moitié au moins d'une fourchette déterminée de profondeurs** (ex. Dystric et Eutric), des qualificatifs optionnels ou additionnels peuvent être créés avec les spécificateurs suivants:

Epi- (du grec *epi*, dessus): la caractéristique est présente dans la majeure partie (au moins la moitié) de la couche située entre la surface du sol (minéral) (ou une limite supérieure spécifiée) et 50 cm de la surface du sol (minéral); elle est absente dans la majeure partie (au moins la moitié) de la couche située entre 50 et 100 cm de la surface du sol (minéral) ou, si cette couche est plus mince, entre 50 cm de la surface du sol (minéral) et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée.

Endo- (du grec *endon*, dedans): la caractéristique est présente dans la majeure partie (au moins la moitié) de la couche située entre 50 et 100 cm de la surface du sol (minéral) ou, si cette couche est plus mince, entre 50 cm de la surface du sol (minéral) et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée; elle est absente dans la majeure partie (au moins la moitié) de la couche située entre la surface du sol (minéral) (ou une limite supérieure spécifiée) et 50 cm de la surface du sol (minéral).

- Si un qualificatif se rapporte à une **fourchette de profondeur pour l'ensemble du sol** (ex. Calcaric), des sous-qualificatifs additionnels peuvent être créés avec les spécificateurs suivants:

Epi- (du grec *epi*, dessus): la caractéristique est présente dans toutes les couches entre la surface du sol (minéral) (ou une limite supérieure spécifiée) et 50 cm de la surface du sol (minéral) et est absente dans au

moins une couche entre 50 et 100 cm de la surface du sol (minéral).

Endo- (du grec *endon*, dedans): la caractéristique est présente dans toutes les couches entre 50 et 100 cm de la surface du sol (minéral) ou, si cette couche est plus mince, entre 50 cm de la surface du sol (minéral) et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée et est absente dans au moins une couche entre 50 et 100 cm de la surface du sol (minéral).

5. Si un qualificatif se rapporte à un **pourcentage** (ex. Skeletic), des sous-qualificatifs additionnels peuvent être créés avec les spécificateurs suivants:

Epi- (du grec *epi*, dessus): la caractéristique est présente entre la surface du sol (minéral) et 50 cm de la surface du sol (minéral) mais n'est pas présente partout, c-à-d. si la moyenne est faite sur une profondeur de 100 cm de la surface du sol (minéral) ou, si l'épaisseur est moindre, entre la surface du sol (minéral) et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée.

Endo- (du grec *endon*, dedans): la caractéristique est présente entre 50 et 100 cm de la surface du sol (minéral) ou, si l'épaisseur est moindre, entre 50 cm de la surface du sol (minéral) et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, mais n'est pas présente partout, c-à-d. si la moyenne est faite sur une profondeur de 100 cm de la surface du sol (minéral) ou, si l'épaisseur est moindre, entre la surface du sol (minéral) et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée.

6. Si un qualificatif se rapporte à une profondeur déterminée ou à un horizon ou une couche, mais que ses critères ne sont remplis que si les couches à > 100 cm de la surface du sol (minéral) sont prises en compte, le spécificateur **Bathy-** (du grec *bathys*, profond) peut être utilisé pour créer un sous-qualificatif additionnel. Le sous-qualificatif Bathy- étend à plus grande profondeur les limites du qualificatif. Si le spécificateur Endo- ne peut s'appliquer à un qualificatif, alors le spécificateur Bathy- ne peut non plus s'appliquer (ex. Alcalic: ni Endo-, ni Bathy-). Employé avec un qualificatif principal, le sous-qualificatif Bathy- **doit être placé dans les qualificatifs supplémentaires**. Les sous-qualificatifs Bathy- sont placés après les qualificatifs supplémentaires repris pour un RSG donné. Avec le spécificateur Bathy-, les qualificatifs non repris dans la liste d'un RSG donné (voir Chapitre 4) peuvent être ajoutés; ex. Albic Arenosol (Bathylixic). Si le sol contient des couches enfouies, Bathy- n'est autorisé qu'en combinaison avec le spécificateur Thapto-; ex. Bathythaptovertic (voir infra, le spécificateur Thapto- et '2.5 Sols enfouis').

Note: Pour chaque qualificatif avec critères de profondeur, la définition (Chapitre 5) précise si le critère de profondeur s'applique à partir de la **surface du sol ou à partir de la surface du sol minéral**.

Note: Les spécificateurs à informations redondantes ne sont pas ajoutés. Ex. Skeletic Epileptic Cambisol et non Episkeletic Epileptic Cambisol.

Sous-qualificatifs créés pour d'autres besoins

Si un horizon diagnostique ou une couche avec propriétés diagnostiques se rapporte à un sol enfoui (voir «2.5 Sols enfouis»), le spécificateur **Thapto-** (du grec *thaptein*, enfouir) peut être employé pour créer des sous-qualificatifs optionnels ou additionnels. Employé avec un qualificatif principal, le sous-qualificatif Thapto- **doit être placé dans les qualificatifs supplémentaires**. Les sous-qualificatifs Thapto- sont placés après les qualificatifs supplémentaires repris pour un RSG donné et après tout sous-qualificatif Bathy-.

Pour les sols ayant un matériau *technique dur*, une géomembrane, une couche continue *d'artéfacts*, une *roche continue* ou une couche cimentée ou indurée, des sous-qualificatifs avec le spécificateur **Supra-** (du latin *supra*, au-dessus) peuvent être créés pour décrire le matériau de sol susjacent, même si les critères d'épaisseur ou de profondeur d'un qualificatif ou de ses caractéristiques diagnostiques ne sont pas remplis, à condition que tous les autres critères le soient dans l'ensemble du matériau de sol susjacent (ex. Ekranic Technosol (Suprafolic)). Si le spécificateur Supra- est employé, le spécificateur Epi- ne le sera pas.

2.4.2 SOUS-QUALIFICATIFS AVEC DEFINITION DONNEE

Pour certains qualificatifs, des sous-qualificatifs sont définis au Chapitre 5, ex. Hypersalic et Protosalic pour le qualificatif Salic. Ces **sous-qualificatifs ne sont pas mentionnés dans la liste des RSGs au Chapitre 4** (à moins que le qualificatif sans spécificateur ne puisse exister pour un RSG donné). Ils font partie des sous-qualificatifs optionnels (ex. Hypercalcic, Hypocalcic, Orthomineralic), additionnels (ex. Akromineralic) ou obligatoires (ex. Protocalcic). Si le spécificateur **Proto-** est employé avec un qualificatif principal, le sous-qualificatif Proto- **doit être placé dans les qualificatifs supplémentaires** et être rangé par ordre alphabétique du qualificatif (et non du sous-qualificatif) dans la liste des qualificatifs supplémentaires.

Si pour un qualificatif s'appliquent au moins deux sous-qualificatifs avec définition donnée (ex. Anthromollic et Tonguimollic), tous doivent être cités dans la liste. Il est également permis d'ajouter un spécificateur supplémentaire à un sous-qualificatif avec définition donnée, ex. Endoprotosalic, Supraprotosodic.

2.5 SOLS ENFOUIS

Un sol enfoui est un sol recouvert de dépôts plus récents. Avec un sol enfoui, les règles suivantes s'appliquent:

1. Le matériau susjacent et le sol enfoui sont classifiés comme un seul sol si les deux sont classifiés en Histosol, Anthrosol, Technosol, Cryosol, Leptosol, Vertisol, Gleysol, Andosol, Planosol, Stagnosol, Arenosol, Fluvisol ou Regosol.
2. Autrement, le matériau susjacent est classifié en priorité s'il a une épaisseur ≥ 50 cm ou s'il remplit seul les critères d'un Folic Regosol ou d'un RSG autre qu'un Regosol. Pour les critères de profondeur dans le matériau susjacent, sa limite inférieure est considérée comme étant la limite supérieure d'une *roche continue*.
3. Dans tous les autres cas, c'est le sol enfoui qui sera classifié en priorité. Pour les critères de profondeur dans le sol enfoui, ce sera sa limite supérieure qui servira de référence.

4. Si le sol susjacent est classifié en priorité, le nom du sol enfoui apparaîtra après le nom du sol susjacent en ajoutant le mot «over» entre les deux, ex. Skeletic Umbrisol (Siltic) over Albic Arenosol (Arenic). Comme bien des sols enfouis sont polygéniques, des qualificatifs qui ne sont pas repris dans la liste d'un RSG particulier peuvent s'appliquer. Dans ce cas, ces qualificatifs doivent être employés comme qualificatifs supplémentaires. Les qualificatifs Infraandic et Infraspodic sont créés uniquement pour les sols enfouis et dès lors ne sont pas mentionnés dans la liste avec les RSGs au Chapitre 4. Parallèlement au cas des sols enfouis, un horizon diagnostique enfoui ou une couche enfouie avec propriétés diagnostiques peuvent être ajoutés au nom du sol susjacent avec le sous-qualificatif Thapto- (voir supra, «2.4 Sous-qualificatifs»).
5. Si le sol enfoui est classifié en priorité, le matériau susjacent est indiqué par le qualificatif Novic et, selon les cas, avec les qualificatifs Aeolic, Akrofluvic, Colluvic ou Transportic

Chapitre 3

Horizons, propriétés et matériaux diagnostiques

Avant d'utiliser les horizons, propriétés et matériaux diagnostiques, voir le Chapitre 2 «Règles pour la classification des sols»

Les horizons et propriétés diagnostiques sont définis par un ensemble de caractéristiques reflétant les effets courants et habituels des processus de formation des sols (Bridges, 1977) ou indiquant des conditions spécifiques de pédogenèse. Ces caractéristiques peuvent être observées ou mesurées sur le terrain ou au laboratoire et, pour être diagnostiques, doivent présenter un degré d'expression minimum ou maximum; de plus, les horizons diagnostiques doivent avoir une certaine épaisseur, formant ainsi une couche reconnaissable dans le sol.

Les matériaux diagnostiques sont des matériaux influençant clairement les processus pédogénétiques ou qui les reflètent.

Dans l'ensemble du texte ci-dessous, les références aux Groupes de sols de référence (RSGs, définis au Chapitre 4) et les caractéristiques diagnostiques sont écrites en italique.

HORIZONS DIAGNOSTIQUES

Horizon anthraquique

Description générale

Un horizon anthraquique (du grec *anthropos*, homme, et du latin *aqua*, eau) est un horizon de surface modifié par l'activité humaine (culture sous eau), comprenant une *couche mise en boue* et une *semelle de labour*.

Critères diagnostiques

Un horizon anthraquique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral* et a:

1. une couche mise en boue avec, dans ≥ 80 % de la zone exposée, les couleurs Munsell (humides) suivantes:
 - un hue = 7,5YR ou plus jaune, une value ≤ 4 et un chroma ≤ 2 ; **ou**
 - un hue = GY, B ou BG et une value ≤ 4 ; **et**
2. une semelle de labour sous la couche mise en boue, ayant toutes les caractéristiques suivantes:
 - a. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - ai. une structure lamellaire dans ≥ 25 % de son volume; **ou**
 - a.ii. une structure massive dans ≥ 25 % de son volume; **et**
 - b. une densité apparente au moins 10 % (relatif) plus élevée que celle de la

couche mise en boue; **et**

- c. des taches ou des revêtements de fer-manganèse brun jaunâtre, bruns ou brun rougeâtre autour des chenaux racinaires, et si des agrégats sont présents, à leur surface ou près de leur surface; **et**

3. ≥ 15 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Un horizon anthraquique montre des signes de réduction et d'oxydation dus aux inondations durant une partie de l'année. Lorsqu'il n'est pas inondé, il est facilement dispersable et présente de petits agrégats structuraux triés et mal agrégés. La semelle de labour est compacte, présente une structure lamellaire ou massive et son taux d'infiltration est bas. L'horizon a une matrice réduite et des taches de rouille brun jaunâtre, brunes ou brun rougeâtre le long des fissures et des chenaux racinaires, dues à la production d'oxygène par les racines des plantes.

Horizon argique

Description générale

Un horizon argique (du latin *argilla*, argile blanche) est un horizon subsuperficiel ayant une teneur en argile nettement plus élevée que l'horizon susjacent. La différenciation texturale peut être due à :

- » une accumulation illuviale d'argile,
- » une formation pédogénétique d'argile prédominante dans le sous-sol,
- » une destruction d'argile dans l'horizon de surface,
- » une érosion sélective de l'argile en surface,
- » un mouvement ascendant de particules plus grossières, dû au gonflement-retrait,
- » une activité biologique, ou
- » une combinaison de plusieurs de ces différents processus.

Une sédimentation en surface de matériaux plus grossiers que ceux de l'horizon subsuperficiel peut accentuer la différenciation texturale pédogénétique. Cependant, une discontinuité lithologique telle qu'observable dans des dépôts alluviaux ne peut être qualifiée d'horizon argique.

Les sols avec horizons argiques 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 retracer le cheminement de leur développement (Sombroek, 1986).

Critères diagnostiques

Un horizon argique est constitué de matériau *minéral* et :

1. a une classe texturale de sable loameux ou plus fine et ≥ 8 % d'argile; **et**
2. a au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. un horizon susjacent de texture plus grossière ayant toutes les caractéristiques suivantes:

- ai. l'horizon de texture plus grossière n'est pas séparé de l'horizon argique par une discontinuité lithique; **et**
- a.ii. si l'horizon de texture plus grossière repose directement sur l'horizon argique, son sous-horizon inférieur n'est pas compris dans une couche labourée; **et**
- a.iii. si l'horizon de texture plus grossière ne repose pas directement sur l'horizon argique, l'horizon de transition situé entre eux a une épaisseur ≤ 15 cm; **et**
- a.iv. si l'horizon de texture plus grossière a < 10 % d'argile dans la fraction terre fine, l'horizon argique a ≥ 4 % (absolu) d'argile en plus; **et**
- a.v. si l'horizon de texture plus grossière a ≥ 10 % et < 50 % d'argile dans la fraction terre fine, le rapport entre la teneur en argile dans l'horizon argique et celle de l'horizon de texture plus grossière est $\geq 1,4$; **et**
- a.vi. si l'horizon de texture plus grossière a ≥ 50 % d'argile dans la fraction terre fine, l'horizon argique a ≥ 20 % (absolu) d'argile en plus; **ou**
- b. des signes d'illuviation d'argile sous au moins une des formes suivantes:
 - bi. de l'argile orientée reliant ≥ 5 % des grains de sable; **ou**
 - b.ii. des revêtements d'argile couvrant ≥ 5 % de la surface dans les pores; **ou**
 - b.iii. des revêtements d'argile couvrant ≥ 5 % des faces verticales et ≥ 5 % des faces horizontales des agrégats; **ou**
 - b.iv. dans les lames minces, des corps argileux orientés couvrant ≥ 1 % de la section; **ou**
 - b.v. un coefficient d'extensibilité linéaire (COLE) $\geq 0,04$ et un rapport argile fine²/ argile totale $\geq 1,2$ fois plus grand dans l'horizon argique que ce rapport dans l'horizon susjacent de texture plus grossière; et
- 3. les deux conditions suivantes:
 - a. ne fait pas partie d'un horizon *natrique*; **et**
 - b. ne fait pas partie d'un horizon *spodique*, à moins qu'au moins un des critères diagnostiques repris en 2.b. atteste de la présence d'argile illuviée; **et**
- 4. a une épaisseur d'au moins un dixième du matériau *minéral* susjacent, si présent, et une des conditions suivantes:
 - a. $\geq 7,5$ cm (épaisseurs combinées s'il est composé de lamelles) si l'horizon

2 Argile fine: diamètre équivalent $< 0,2$ μm

argique a une classe texturale de loam sableux ou plus fine; **ou**

b. ≥ 15 cm (épaisseurs combinées s'il est composé de lamelles).

Identification sur le terrain

La caractéristique principale pour reconnaître les horizons argiques est la différenciation texturale. L'usage d'une loupe x10 permet de certifier la nature illuviale de l'horizon argique. Si des revêtements argileux sont présents sur les surfaces des agrégats, dans des fissures, pores et chenaux racinaires – les horizons argiques en possèdent sur ≥ 5 % des faces horizontales et verticales des agrégats et dans les pores.

Dans des sols sujets à gonflement-retrait, les revêtements argileux sont facilement confondus avec des faces de pression (revêtements de stress). Les revêtements en positions protégées, comme dans les pores, permettent de satisfaire aux critères d'un horizon argique illuvial.

Caractéristiques complémentaires

Le moyen le plus sûr pour établir le caractère *illuvial* d'un horizon argique est l'emploi de lames minces. Les horizons diagnostiques argiques illuviaux montrent des zones avec argiles orientées couvrant en moyenne ≥ 1 % de l'entière de la coupe. Autres tests: l'analyse granulométrique pour déterminer l'augmentation d'argile sur une profondeur déterminée ainsi que le rapport argile fine / argile totale. Dans les horizons argiques illuviaux, ce rapport est plus élevé que dans les horizons susjacentes; cela est dû à l'éluviation préférentielle des particules d'argile fine.

Si le sol présente une *discontinuité lithique* juste au-dessus de l'horizon argique, ou si l'érosion a fait disparaître l'horizon de surface, ou si une couche de labour repose directement sur l'horizon argique, alors sa nature illuviale doit être clairement établie (critère diagnostique 2b).

L'horizon argique peut être subdivisé en plusieurs lamelles intercalées entre des couches de texture plus grossière.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons argiques sont généralement situés sous des horizons éluviaux, c-à-d. des horizons desquels l'argile et le Fe ont été évacués. Quoique formé initialement comme horizon subsuperficiel, l'horizon argique peut se retrouver en surface par érosion ou enlèvement des horizons superficiels. Par après, de nouveaux sédiments peuvent se déposer.

Certains horizons argiques remplissent tous les critères diagnostiques de l'horizon *ferralique*. D'autres horizons argiques remplissent la plupart des critères de l'horizon *ferralique* sauf son critère diagnostique 3 qui demande < 10 % d'argile dispersable dans l'eau ou des propriétés *gériques*, ou $\geq 1,4$ % de *carbone organique du sol*. Les Ferralsols doivent avoir un horizon *ferralique* et peuvent également avoir un horizon argique, pouvant ou non chevaucher l'horizon *ferralique*; mais si un horizon argique est présent, il doit avoir dans les 30 cm supérieurs une teneur en argile dispersable dans l'eau < 10 % ou des propriétés *gériques* ou $\geq 1,4$ % de *carbone organique du sol*.

Les horizons argiques n'ont pas la saturation en sodium caractéristique de l'horizon *natrique*.

Dans les régions tropicales et subtropicales, les horizons argiques des sols humides et

bien drainés sous les climats frais des hauts plateaux et montagnes peuvent se former en association avec des horizons *sombriques*.

HORIZON CALCIQUE

Description générale

Un horizon calcique (du latin *calx*, chaux) est un horizon dans lequel du carbonate de calcium secondaire (CaCO_3) s'est accumulé sous forme diffuse (le carbonate de calcium imprègne le fond matriciel ou forme de fines particules de calcite de < 1 mm qui y sont dispersées) ou sous forme de concentrations discontinues (veines, pseudo-mycélium, revêtements, nodules tendres et/ou durs).

L'accumulation se produit généralement dans un horizon subsuperficiel, dans le matériau parental ou, plus rarement, dans les horizons de surface. L'horizon calcique peut également contenir des carbonates primaires.

Critères diagnostiques

Un horizon calcique:

1. a un équivalent carbonate de calcium ≥ 15 % dans la fraction terre fine; **et**
2. a au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. ≥ 5 % (en volume) de carbonates secondaires; **ou**
 - b. un équivalent carbonate de calcium dans la fraction terre fine ≥ 5 % (absolu, en poids) plus élevé que celui d'une couche sous-jacente sans *discontinuité lithique* entre les deux couches; **et**
3. ne fait pas partie d'un horizon *pétrocalcique*; **et**
4. a ≥ 15 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

La présence de carbonate de calcium peut être reconnue sur le terrain au moyen d'une solution d'acide chlorhydrique (HCl) 1 M. Le degré d'effervescence (uniquement audible, bulles individuelles visibles ou formation d'écume) donne une indication de la quantité de carbonates présents. Ce test est important si les carbonates ne sont présents que sous forme diffuse. La formation d'écume après ajout de HCl 1 M, signifie que la teneur en carbonate de calcium est proche de ou dépasse 15 %.

Autres indices d'horizon calcique:

- » couleur blanche, rosée à rougeâtre, ou grise (en l'absence d'horizon surimposé riche en carbone organique), et
- » porosité restreinte (la porosité entre agrégats est généralement moindre que dans l'horizon immédiatement susjacent, et parfois que dans l'horizon immédiatement 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; c'est pourquoi une certaine accumulation de carbonates secondaires est suffisante pour reconnaître un horizon calcique.

Caractéristiques complémentaires

Pour s'assurer de la présence d'un horizon calcique, les principaux critères analytiques sont la détermination de la quantité de carbonate de calcium (en poids) et les changements dans ses teneurs au sein du profil de sol. La mesure du pH_{eau} permet de séparer les accumulations de types basiques (*calcique*) (pH 8-8,7) dues à la prépondérance de CaCO_3 , des ultra-basiques (*non calcique*) (pH > 8,7) marquées par Na_2CO_3 et/ou MgCO_3 .

De plus, l'observation des lames minces peut révéler la présence de formes de dissolution dans les horizons au-dessus ou en dessous de l'horizon calcique, ou d'épigénie de silicates (calcite pseudomorphe des minéraux primaires), ou la présence d'autres formes de carbonate de calcium d'origine pédologique, tandis que l'analyse minéralogique des horizons calciques montre souvent des argiles typiques des environnements confinés, comme les smectites, palygorskites et sépiolites.

Si l'accumulation de carbonates tendres devient telle que toutes les (ou la plupart des) structures pédologiques ou lithologiques disparaissent et que dominent des concentrations continues de carbonate de calcium, alors le qualificatif Hypercalcic est employé.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Quand les horizons calciques s'indurent, ils passent progressivement à des horizons *pétrocalciques*, dont la forme est massive ou lamellaire. Des horizons calcique et *pétrocalcique* peuvent se recouvrir l'un l'autre. Des accumulations de carbonates secondaires moins prononcées, insuffisantes pour répondre aux critères de l'horizon calcique, peuvent répondre à ceux des propriétés *protocalciques*. Un matériau *calcarique* se rapporte à des carbonates primaires.

Dans les régions sèches et en présence de sols ou nappes phréatiques à sulfates, les horizons calciques sont associés aux horizons *gypsiques*. Généralement (mais pas toujours), les horizons calcique et *gypsique* occupent des positions différentes dans le profil car le gypse est plus soluble que le calcium; ils peuvent être facilement distingués l'un de l'autre par leur morphologie cristalline différente. Les cristaux de gypse prennent plutôt une forme d'aiguille, d'habitude visible à l'oeil nu, tandis que le carbonate de calcium pédogénétique est de taille plus petite.

HORIZON CAMBIQUE

Description générale

Un horizon cambique (du latin *cambire*, changer) est un horizon subsuperficiel manifestant des signes d'altération plus ou moins marqués. L'horizon cambique a perdu la structure originelle d'origine géologique dans au moins la moitié du volume de la fraction terre fine. Si la couche sous-jacente provient du même matériau parental, l'horizon cambique a généralement des teneurs plus élevées qu'elle en oxydes et/ou en argile et/ou montre des signes de disparition des carbonates et/ou du gypse. L'altération pédogénétique d'un horizon cambique peut également être observée par le contraste que crée l'un des horizons minéraux susjacentes; ils sont généralement plus riches en matière organique et sont dès lors plus foncés et/ou moins intensément colorés. Dans ce cas, le développement d'une structure de sol est indispensable pour prouver l'altération pédologique.

Critères diagnostiques

Un horizon cambique est constitué de matériau *minéral* et:

1. a une classe texturale soit
 - a. de loam sableux ou plus fine; **ou**
 - b. de sable très fin ou sable loameux très fin³; **et**
2. ne présente pas de structure d'origine géologique dans ≥ 50 % du volume de la fraction terre fine; **et**
3. montre des marques d'altération pédogénétique sous l'une ou plusieurs des formes suivantes:
 - a. comparé à la couche située immédiatement en dessous, si elle n'est pas séparée de l'horizon cambique par une *discontinuité lithique*, présente au moins une des caractéristiques suivantes:
 - ai. un hue Munsell humide $\geq 2,5$ unités plus rouge; **ou**
 - a.ii. un chroma Munsell humide ≥ 1 unité plus élevé; **ou**
 - a.iii. une teneur en argile ≥ 4 % (absolu) plus élevée; **ou**
 - b. présence d'une structure de sol en agrégats dans ≥ 50 % du volume de la fraction terre fine **et**, comparé à une couche minérale susjacente, si elle n'est pas séparée de l'horizon cambique par une *discontinuité lithique*, au moins une des caractéristiques suivantes:
 - bi. un hue Munsell humide $\geq 2,5$ unités plus rouge; **ou**
 - b.ii. une value Munsell humide ≥ 1 unité plus élevée; **ou**
 - b.iii. un chroma Munsell humide ≥ 1 unité plus élevé; **ou**
 - c. comparé à la couche située immédiatement en dessous, si elle n'est pas séparée de l'horizon cambique par une *discontinuité lithique*, présente des signes de disparition des carbonates et/ou du gypse d'au moins une des manières suivantes:
 - ci. ≥ 5 % (absolu, en poids, fraction terre fine) moins de carbonates ou de gypse; **ou**
 - c.ii. si, dans la couche sous-jacente, tous les éléments grossiers sont complètement recouverts de carbonates, dans l'horizon cambique, plusieurs de ces éléments en sont partiellement dépourvus; **ou**
 - c.iii. si, dans la couche sous-jacente, les éléments grossiers sont recouverts de carbonates sur leurs faces inférieures seulement, dans l'horizon cambique, ces éléments en sont dépourvus; **et**

3 Sable très fin et sable loameux très fin: la classe texturale est sable ou sable loameux et ≥ 50 % de la fraction sableuse a $< 125 \mu\text{m}$ et < 25 % de la fraction sableuse a $\geq 630 \mu\text{m}$ (voir Annexe 4, classes texturales).

4. ne fait pas partie d'une couche de labour ni d'un horizon *anthraquique*, *argique*, *calcique*, *durique*, *ferralique*, *fragique*, *gypsique*, *hortique*, *hydragrique*, *irragrique*, *mollique*, *natrique*, *nitique*, *pétrocalcique*, *pétrodurique*, *pétrogypsique*, *pétroplinthique*, *pisoplinthique*, *plaggique*, *plinthique*, *pretique*, *salique*, *sombrique*, *spodique*, *umbrique*, *terrique* ou *vertique*; **et**
5. $a \geq 15$ cm d'épaisseur.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

L'horizon cambique peut être considéré comme le précurseur de nombreux autres horizons diagnostiques, ayant tous des caractéristiques spécifiques absentes de l'horizon cambique – comme des accumulations illuviales ou résiduelles, l'élimination de substances autres que des carbonates ou du gypse, l'accumulation de composés solubles ou le développement d'une structure de sol spécifique.

Dans les régions tropicales et subtropicales, les horizons cambiques des sols humides et bien drainés sous les climats frais des hauts plateaux et montagnes peuvent se former en association avec des horizons *sombriques*.

Horizon chernique

Description générale

Un horizon chernique (du russe *cherniy*, noir) est un horizon de surface assez épais, bien structuré, de couleur très foncée, à taux élevé de saturation en bases, à activité biologique intense et à teneur modérée à élevée en matière organique.

Critères diagnostiques

Un horizon chernique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral* et a:

1. ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) de terre fine; **et**
2. une structure de sol granulaire ou polyédrique subangulaire fine; **et**
3. ≥ 1 % de *carbone organique du sol*; **et**
4. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. dans des échantillons légèrement écrasés, une valeur Munsell humide ≤ 3 et sèche ≤ 5 , et un chroma humide ≤ 2 ; **ou**
 - b. toutes les caractéristiques suivantes:
 - bi. ≥ 40 % (en poids) d'équivalent carbonate de calcium dans la fraction terre fine et/ou une classe texturale de sable loameux ou plus grossière; **et**
 - bii. dans des échantillons légèrement écrasés, une valeur Munsell ≤ 5 et un chroma ≤ 2 humides; **et**
 - biii. $\geq 2,5$ % de *carbone organique du sol*; **et**
5. ≥ 1 % (absolu) de *carbone organique du sol* en plus que dans le matériau parental, si présent, ayant une valeur Munsell humide ≤ 4 ; **et**

6. un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) ≥ 50 % (moyenne pondérée) dans l'entièreté de l'horizon; **et**
7. ≥ 25 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Un horizon chernique est facile à identifier par sa couleur noirâtre, due à l'accumulation de matière organique, par le bon développement de sa structure granulaire ou polyédrique subangulaire fine, par une indication d'un taux de saturation en bases élevé (ex. $\text{pH}_{\text{eau}} > 6$) et par son épaisseur.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Un horizon chernique est un cas particulier d'horizon *mollique* avec une teneur plus élevée en *carbone organique du sol*, un chroma plus bas, une structure de sol généralement mieux développée, une teneur minimum en terre fine et une épaisseur minimum plus importante. La limite supérieure de la teneur en *carbone organique du sol* est de 20 %, qui est la limite inférieure pour du matériau *organique*.

Horizon cryique

Description générale

Un horizon cryique (du grec *kryos*, froid, glace) est un horizon de sol continuellement gelé dans un matériau *minéral* ou *organique*.

Critères diagnostiques

Un horizon cryique a:

1. continuellement pendant ≥ 2 années consécutives, une des caractéristiques suivantes:
 - a. de la glace en masse, une cimentation par la glace ou des cristaux de glace bien visibles; **ou**
 - b. une température du sol ≤ 0 °C et pas assez d'eau pour former des cristaux de glace bien visibles; **et**
2. ≥ 5 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les horizons cryiques se trouvent dans des zones à permagel⁴ et montrent une ségrégation de glace permanente souvent associée à des marques de processus cryogéniques (matériau du sol mélangé, horizons disloqués, involutions, intrusions organiques, foisonnement dû au gel, tri entre matériaux de sol grossiers et fins, fissures) au-dessus de l'horizon cryique et/ou apparition de motifs en surface (monticules de terre, buttes gelées, cercles de pierres, réseaux et polygones).

⁴ Permagel: couche de sol ou roche, à une certaine profondeur sous la surface, dans laquelle la température a été continuellement négative durant plusieurs années au moins. Ceci survient là où le réchauffement estival n'atteint pas la base de la zone de terre gelée. Arctic Climatology and Meteorology Glossary, National Snow and Ice Data Center, Boulder, USA (<http://nsidc.org>).

Les sols contenant de l'eau saline ne gèlent pas à 0 °C. Pour développer un horizon cryique, ces sols doivent être suffisamment froids pour geler.

Pour identifier des caractères de cryoturbation, de tri ou de contraction thermique, un profil de sol doit recouper différents motifs de polygonation de surface, si présents, ou avoir plus de 2 m de largeur.

Les ingénieurs font la distinction entre permagel *chaud* et *froid*. Un permagel *chaud* a une température supérieure à -2 °C et doit être considéré comme instable. Un permagel *froid* a une température de -2 °C ou plus froide et peut être utilisé sans crainte pour des constructions, à condition que la température reste sous contrôle.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons cryiques peuvent remplir les critères diagnostiques des horizons *histique*, *folique* ou *spodique* et peuvent se trouver associés aux horizons *salique*, *calcique*, *mollique* ou *umbrique*. Dans les régions froides et arides peuvent se rencontrer des propriétés *aridiques* ou *yermiques*.

Horizon durique

Description générale

Un horizon durique (du latin *durus*, dur) est un horizon subsuperficiel présentant des nodules ou concrétions faiblement cimentés ou indurés dont le ciment est la silice (SiO₂), probablement sous forme d'opale et de microcristaux de silice (*durinodes*). Les durinodes sont souvent revêtus de carbonates qu'il faut éliminer à l'HCl avant de désagréger les durinodes dans l'hydroxyde de potassium (KOH).

Critères diagnostiques

Un horizon durique est constitué de matériau *minéral* et a:

1. ≥ 10 % (en volume) de nodules faiblement cimentés à indurés, enrichis en silice (durinodes) ou de fragments d'horizon *pétrodurique* émiétté présentant toutes les caractéristiques suivantes:
 - a. séchés à l'air, < 50 % (en volume) se désagrègent dans du HCl 1 M même après trempage prolongé, mais ≥ 50 % se désagrègent dans du KOH concentré, du NaOH concentré ou alternativement dans des acides et alcalis; **et**
 - b. humides, sont fermes ou très fermes et se cassent, avant ou après traitement à l'acide; **et**
 - c. ont un diamètre ≥ 1 cm; **et**
2. ≥ 10 cm d'épaisseur.

Caractéristiques complémentaires

Les durinodes secs ne se désagrègent pas beaucoup dans l'eau, mais un trempage prolongé peut donner lieu au détachement de plaquettes très minces et à un début de désagrégation. Sous lame mince, la plupart des durinodes sont grossièrement concentriques et des veinules d'opale peuvent être observées à la loupe manuelle.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Dans les régions arides, les horizons duriques côtoient des horizons *gypsique*, *pérogypsique*, *calciq*ue et *pétrocalciq*ue.

Horizon ferrallique

Description générale

Un horizon ferrallique (du latin *ferrum*, fer, et *alumen*, alun) est un horizon subsuperficiel résultant d'une altération longue et intense. La fraction argileuse est dominée par des argiles à faible activité et contient des quantités variables de minéraux résistants comme les (hydr-)oxydes de Fe, Al, Mn et Ti (titane). Une importante accumulation résiduelle de quartz peut se retrouver dans les fractions limoneuse et sableuse. Les horizons ferralliques contiennent normalement < 10 % d'argiles dispersables à l'eau. Occasionnellement, il peut y en avoir plus, mais alors des propriétés *gériques* ou un contenu assez élevé en carbone organique sont présents.

Critères diagnostiques

Un horizon ferrallique est constitué de matériau *minéral* et:

1. a une classe texturale de loam sableux ou plus fine et < 80 % (en volume) d'éléments grossiers, de concrétions ou nodules *pisoplinthiques* ou de restes d'horizon *pétoplinthique*; **et**
2. a une CEC (NH₄OAc 1 M, pH 7) < 16 cmol_c kg⁻¹ d'argile et une somme des bases échangeables (NH₄OAc 1 M, pH 7) plus Al échangeable (KCl 1 M, non tamponné) < 12 cmol_c kg⁻¹ d'argile; **et**
3. a au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. < 10 % d'argile dispersable dans l'eau; **ou**
 - b. des propriétés *gériques*; **ou**
 - c. ≥ 1,4 % de *carbone organique du sol*; **et**
4. a < 10 % (comptage de grains) de minéraux altérables⁵ dans la fraction 0,05-2 mm; **et**
5. n'a pas de propriétés *andiques* ou *vitriques*; **et**
6. a ≥ 30 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les horizons ferralliques sont associés aux modelés anciens et stables. A première vue, l'agrégation structurale semble modérée à faible mais les horizons ferralliques typiques ont une micro-agrégation forte.

5 Parmi les minéraux inclus dans la locution minéraux altérables, se retrouvent tous les phyllosilicates 2:1, chlorites, sépiolites, palygorskites, allophanes, des phyllosilicates 1:1 trioctaédriques (serpentes), des feldspaths, des feldspathoïdes, des minéraux ferromagnésiens, des verres, des zéolites, de la dolomite et de l'apatite. L'acceptation de la locution minéraux altérables inclut les minéraux qui sont plus instables sous climat humide que des minéraux comme le quartz et les argiles 1:1, mais qui sont plus résistants que la calcite (Soil Survey Staff, 1999).

Les horizons ferralliques riches en oxydes de fer (en hématite particulièrement) présentent habituellement une consistance friable; le matériau de sol sec désagrégé coule entre les doigts comme de la farine. Ayant une densité apparente faible, les échantillons d'horizons ferralliques paraissent généralement légers; beaucoup d'horizons ferralliques produisent un son sourd lorsqu'on les frappe, indiquant une porosité élevée.

Quand l'horizon ferrallique contient moins d'hématite, il présente une couleur plus jaunâtre, une densité apparente plus élevée et une porosité plus basse. Il est massif ou a une structure polyédrique subangulaire faiblement développée et une consistance dure ou ferme.

Des signes de lessivage comme des revêtements argileux sont généralement absents, de même que les faces de pression et autres caractéristiques de stress. Les limites de l'horizon ferrallique sont normalement graduelles à diffuses et il est difficile de déceler les variations de couleur ou de texture entre les horizons.

Caractéristiques complémentaires

Comme alternative aux critères relatifs aux minéraux altérables, une réserve totale en bases (TRB = calcium (Ca), magnésium (Mg), potassium (K) et sodium (Na) échangeables et minéraux) $< 25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ peut être indicative.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Certains horizons *argiques* répondent aux critères de l'horizon ferrallique. D'autres horizons *argiques* répondent à la plupart des critères de l'horizon ferrallique, mais pas au critère diagnostique 3.

Dans les horizons ferralliques, Al_{ox} , Fe_{ox} et Si_{ox} sont très bas, ce qui les distingue des horizons *nitiques* et des couches avec propriétés *andiques* ou *vitriques*.

Certains horizons *cambiques* ont une CEC basse; cependant, la teneur en minéraux altérables ou la RTB sont trop élevées pour un horizon ferrallique. Ces horizons montrent un stade avancé d'altération et sont une transition vers l'horizon ferrallique.

Dans les hauts plateaux et montagnes des régions tropicales et sub-tropicales à climat frais, les horizons ferralliques des sols humides bien drainés peuvent être associés aux horizons *sombriques*.

Des processus redox peuvent faire évoluer les horizons ferralliques vers des horizons *plinthiques*. La plupart des horizons *plinthiques* répondent aux critères des horizons ferralliques.

Horizon ferrique

Description générale

Un horizon ferrique (du latin *ferrum*, fer) est un horizon dans lequel la ségrégation du Fe (ou Fe et Mn) a pris une telle ampleur que de grandes taches ou des concrétions tendres ou des nodules se sont formés rendant la matrice entre les taches, concrétions ou nodules très appauvrie en Fe et Mn. L'horizon n'est pas nécessairement enrichi en Fe (ou Fe et Mn), mais le Fe (ou Fe et Mn) est concentré dans les taches, concrétions ou nodules. Une telle ségrégation entraîne d'habitude une faible agrégation dans les zones appauvries en Fe et Mn ainsi qu'une compaction de l'horizon. La ségrégation est le résultat de phénomènes redox actifs ou anciens.

Critères diagnostiques

Un horizon ferrique est constitué de matériau *minéral* et:

1. présente au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. ≥ 15 % de la zone exposée sont occupés par de larges taches (diamètre ≥ 20 mm) noires ou de hue Munsell plus rouge que 7,5YR et de chroma ≥ 5 (humides); **ou**
 - b. ≥ 5 % du volume constitués de concrétions tendres rougeâtres à noirâtres et/ou de nodules d'un diamètre ≥ 2 mm, ayant au minimum l'extérieur faiblement cimenté ou induré et, s'ils ne sont pas noirs, ayant l'extérieur de hue plus rouge ou de chroma plus élevé que l'intérieur; **et**
2. ne fait pas partie d'un horizon *pétoplinthique*, *pisoplinthique* ou *plinthique*; **et**
3. a ≥ 15 cm d'épaisseur.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Dans les régions tropicales ou subtropicales, les horizons ferriques peuvent tendre latéralement vers des horizons *plinthiques*. Dans les horizons *plinthiques*, la quantité de concrétions tendres, nodules ou taches atteint ≥ 15 % (en volume). De plus, dans les horizons *plinthiques* une certaine teneur en Fe_{dith} est dépassée et/ou les concrétions tendres, nodules ou taches s'indurent de manière irréversible en concrétions ou nodules durs ou en cuirasse après avoir été soumis à une alternance d'humectations et de dessiccations en présence d'oxygène. Si la quantité de concrétions ou nodules durs atteint ≥ 40 %, il s'agit d'un horizon *pisoplinthique*.

Horizon folique

Description générale

Un horizon folique (du latin *folium*, feuille) est un horizon de surface ou un horizon subsuperficiel situé à faible profondeur, constitué de matériau *organique* bien aéré, présent le plus souvent sous climat frais ou à haute altitude.

Critères diagnostiques

Un horizon folique est constitué de matériau *organique* et:

1. est saturé par l'eau durant < 30 jours consécutifs la plupart des années et n'est pas drainé; **et**
2. a ≥ 10 cm d'épaisseur.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

L'horizon folique présente des caractéristiques similaires à celles de l'horizon *histique*; mais l'horizon *histique* est saturé par l'eau durant un mois au moins la plupart des années. De plus, la composition de l'horizon folique diffère généralement de celle de l'horizon *histique* du fait de leurs couvertures végétales souvent différentes.

La limite inférieure de 20 % de *carbone organique du sol* sépare l'horizon folique des horizons *chernique*, *mollique* ou *umbrique* dont c'est la limite supérieure. Les horizons foliques peuvent présenter des propriétés *andiques* ou *vitriques*.

Horizon fragique

Description générale

Un horizon fragique (du latin *fragilis*, fragile) est un horizon subsuperficiel naturel non cimenté avec une structure et une porosité telles que les racines et l'eau de percolation n'y peuvent pénétrer qu'entre les agrégats. Le caractère naturel exclut les semelles de labour et de trafic.

Critères diagnostiques

Un horizon fragique est constitué de matériau *minéral* et:

1. présente des unités structurales qui ne permettent pas aux racines d'y pénétrer; ces unités sont en moyenne espacées horizontalement de ≥ 10 cm; **et**
2. montre des signes d'altération, tels que définis dans l'horizon *cambique*, au moins sur les faces des unités structurales; **et**
3. contient $< 0,5$ % (en poids) de *carbone organique du sol*; **et**
4. montre dans ≥ 50 % du volume des mottes de 5-10 cm de diamètre qui, séchées à l'air puis plongées dans l'eau se désagrègent ou se fracturent en moins de 10 minutes; **et**
5. ne se cimente pas après alternance d'humectations et de dessiccations; **et**
6. présente à la capacité au champ une résistance à la pénétration ≥ 4 MPa dans ≥ 90 % du volume; **et**
7. ne présente aucune effervescence après ajout de solution HCl 1 M; **et**
8. a ≥ 15 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Un horizon fragique a une structure prismatique et/ou polyédrique. L'intérieur des unités structurales peut avoir une porosité totale élevée, mais à cause de la densité de leur bord extérieur, il n'existe pas de continuité entre les porosités intra- et inter-agrégats ou avec les fissures. Le résultat est un système de boîte fermée dont ≥ 90 % du volume du sol ne peut pas être atteint par les racines et dans lequel l'eau ne peut circuler.

Il est essentiel qu'un volume adéquat du sol soit étudié au travers de sections verticales et horizontales, ces dernières révélant souvent des structures polygonales. Trois ou quatre de ces polygones (ou une coupe d'un m²) sont suffisants pour que les volumes repris dans la définition de l'horizon fragique soient pris en compte.

Les horizons fragiques sont généralement loameux, mais des classes texturales de sable loameux et argileuse ne sont pas à exclure. Dans ce dernier cas, la minéralogie sera dominée par les kaolinites.

Sèches, les unités structurales sont dures à extrêmement dures; humides, elles sont fermes à extrêmement fermes; leur consistance humide peut être cassante. Sous la pression, une unité structurale d'un horizon fragique tend à se rompre soudainement sans déformation lente préalable.

La faune est peu active dans l'horizon fragique, sauf parfois entre les unités structurales.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Un horizon fragique peut se positionner sous (mais pas nécessairement directement) du matériau *albique* ou un horizon *cambique*, *spodique* ou *argique*, à moins que le sol soit tronqué. Il peut chevaucher partiellement ou complètement un horizon *argique*. L'horizon fragique peut avoir des propriétés *rétiques* ou des *glosses albéluviques*, surtout dans sa partie supérieure. Enfin, un horizon fragique peut présenter des *conditions réductrices* et des propriétés *stagniques*.

Horizon fulvique

Description générale

Un horizon fulvique (du latin *fulvus*, jaune sombre) est un horizon épais, foncé, situé en surface ou proche de celle-ci, qui typiquement est associé à des minéraux proto-cristallins (habituellement de l'allophane) ou à des complexes organo-aluminiques. Il a une faible densité apparente et contient de la matière organique très humifiée, avec un rapport acides humiques / acides fulviques plus bas que celui de l'horizon *mélanique*.

Critères diagnostiques

Un horizon fulvique a:

1. des propriétés *andiques*; **et**
2. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. une value ou un chroma Munsell humide > 2; **ou**
 - b. un index mélanique⁶ $\geq 1,7$; **et**
3. une teneur en *carbone organique du sol* ≥ 6 % (moyenne pondérée) et ≥ 4 % dans chacune de ses parties; **et**
4. une épaisseur combinée de ≥ 30 cm avec ≤ 10 cm de matériau non fulvique entre les couches.

Identification sur le terrain

S'il est brun foncé, l'horizon fulvique est facilement identifiable par sa couleur et son épaisseur. Les horizons fulviques sont typiquement associés à des dépôts pyroclastiques. Cependant, ils se forment également dans d'autres matériaux, mais qui répondent aux critères du qualificatif Aluandic. La distinction entre les horizons fulviques noirâtres et *mélaniques* ne peut se faire qu'après détermination de l'index mélanique, ce qui nécessite des analyses en laboratoire.

Horizon gypsique

Description générale

Un horizon gypsique (du grec *gypsos*, gypse) est un horizon non cimenté contenant des accumulations de gypse secondaire ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sous différentes formes. Il peut être un horizon de surface ou subsuperficiel.

6 Voir Annexe 2.

Critères diagnostiques

Un horizon gypsique est constitué de matériau *minéral* et:

1. $a \geq 5$ % (en poids) de gypse dans la fraction terre fine; **et**
2. a au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. ≥ 1 % (en volume) de gypse secondaire visible; **ou**
 - b. une teneur en gypse dans la fraction terre fine ≥ 5 % (absolu, en poids) plus élevée que celle d'une couche sous-jacente sans *discontinuité lithique* entre les deux couches; **et**
3. a le produit de l'épaisseur (en centimètres) par la teneur en gypse (pourcentage en poids) ≥ 150 ; **et**
4. ne fait pas partie d'un horizon *pétrogypsique*; **et**
5. $a \geq 15$ cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Le gypse se manifeste sous forme de pseudo-mycélium, de cristaux grossiers, de nids, de barbes ou de revêtements, de groupements allongés de cristaux fibreux ou d'accumulations poudreuses – cette dernière forme donnant une structure massive à l'horizon gypsique. La distinction entre les accumulations poudreuses compactes et les autres formes est importante pour la potentialité du sol.

A l'œil nu, les cristaux de gypse peuvent être pris erronément pour du quartz. Le gypse est tendre et peut être facilement entaillé au couteau ou cassé entre l'ongle du pouce et l'index. Le quartz est dur et ne peut être brisé qu'à coups de marteau.

Caractéristiques complémentaires

L'étude de lames minces sera utile pour établir la présence d'un horizon gypsique et la distribution du gypse dans la masse du sol.

Si l'accumulation de gypse devient telle que la structure de l'entièreté du sol – ou de sa quasi-entièreté – et/ou de la roche disparaît et que des concentrations continues de gypse deviennent dominantes, le qualificatif *Hypergypsic* est employé.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Lorsque l'horizon gypsique s'indure, il devient progressivement un horizon *pétrogypsique*; celui-ci présente des structures massives ou lamellaires. Des horizons gypsique et *pétrogypsique* peuvent mutuellement se surmonter. Un matériau *gypsirique* contient du gypse primaire et pas ou très peu de gypse secondaire.

Dans les régions sèches, les horizons gypsiques peuvent être associés aux horizons *calcique* et/ou *salique*. Les horizons *calcique* et gypsique occupent généralement des positions différentes dans le profil parce que la solubilité du carbonate de calcium est moindre que celle du gypse. Normalement, il est facile de les distinguer par leur morphologie (voir horizon *calcique*). Pour la même raison, les horizons *salique* et gypsique occupent également des positions différentes dans le profil.

Horizon histique

Description générale

Un horizon histique (du grec *histos*, tissu) est un horizon de surface ou un horizon subsuperficiel situé à faible profondeur, constitué de matériau *organique* mal aéré.

Critères diagnostiques

Un horizon histique est constitué de matériau *organique* et:

1. est saturé par l'eau durant ≥ 30 jours consécutifs la plupart des années ou est drainé; **et**
2. a ≥ 10 cm d'épaisseur.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

L'horizon histique présente des caractéristiques semblables à celles de l'horizon *folique*; cependant l'horizon *folique* est saturé par l'eau durant moins d'un mois la plupart des années. De plus, la composition de l'horizon histique diffère généralement de celle de l'horizon *folique* du fait de couvertures végétales souvent différentes.

Horizon hortique

Description générale

Un horizon hortique (du latin *hortus*, jardin) est un horizon minéral de surface créé par l'activité humaine: travail du sol en profondeur, fertilisation intense et/ou application longue et continue de déchets humains et animaux et d'autres résidus organiques (fumier, déchets de cuisine, compost et matières fécales humaines).

Critères diagnostiques

Un horizon hortique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral* et a:

1. une value et un chroma Munsell humides ≤ 3 ; **et**
2. ≥ 1 % de *carbone organique du sol* (moyenne pondérée); **et**
3. une teneur en P_2O_5 (extrait à $NaHCO_3$ 0,5 M, pH 7⁷) ≥ 100 mg kg⁻¹ de terre fine dans les 25 cm supérieurs; **et**
4. un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) ≥ 50 %; **et**
5. ≥ 25 % (en volume, moyenne pondérée) de galeries d'animaux, de coprolites ou d'autres traces d'activité faunique; **et**
6. ≥ 20 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

L'horizon hortique est complètement mélangé. Les tessons (verre et poterie) et *artéfacts* (souvent usés) sont fréquents. Les façons culturales ont laissé des traces et des signes de mélange du sol peuvent être visibles.

7 Connu sous le nom de méthode Olsen de routine (Olsen *et al.*, 1954); données d'après Gong *et al.*, 1997.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons hortiques peuvent remplir également les critères des horizons *mollique* ou *chernique*.

Horizon hydragrique

Description générale

Un horizon hydragrique (du grec *hydor*, eau, et du latin *ager*, champ) est un horizon subsuperficiel résultant de l'activité humaine liée à la culture sous eau.

Critères diagnostiques

Un horizon hydragrique est constitué de matériau *minéral*, est lié à la culture sous eau et:

1. est surmonté par un horizon *anthraquique*; **et**
2. est constitué d'au moins un sous-horizon ayant au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. des revêtements de Fe ou Mn dans ≥ 15 % de la zone visible, principalement autour des chenaux racinaires ou près des surfaces des agrégats de sol; **ou**
 - b. des décolorations redox dans les macropores avec une valeur Munsell ≥ 4 et un chroma ≤ 2 (humides); **ou**
 - c. des concentrations de Fe ou de Mn dans ≥ 5 % de la zone visible, principalement à l'intérieur des agrégats; **ou**
 - d. une teneur en $Fe_{dith} \geq 1,5$ fois et/ou en $Mn_{dith} \geq 3$ fois celle de l'horizon de surface; **et**
3. $a \geq 10$ cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

L'horizon hydragrique se forme sous la semelle de labour d'un horizon *anthraquique*. Il présente des caractères de réduction dans les pores: revêtements ou halos avec un hue Munsell de 2,5Y ou plus jaune et un chroma ≤ 2 (humides), et/ou des concentrations de Fe et/ou de Mn dans la matrice résultant de l'environnement oxydant. D'habitude, il présente des revêtements d'argile-limon fin gris et d'argile-limon-humus sur les faces des agrégats de sol. Les caractéristiques reprises en point 2 des critères diagnostiques surviennent rarement ensemble dans une même couche, mais sont souvent distribuées dans plusieurs sous-horizons.

Caractéristiques complémentaires

Le manganèse et/ou le fer réduits migrent lentement dans l'horizon hydragrique, passant au travers de la semelle de labour de l'horizon *anthraquique* susjacent; le manganèse tend à migrer plus loin que le fer. Au sein de l'horizon hydragrique, le manganèse et le fer migrent alors vers l'intérieur des agrégats où ils sont oxydés.

Horizon irrigrique

Description générale

Un horizon irrigrique (du latin *irrigare*, irriguer, et *ager*, champ) est un horizon minéral de surface résultant de l'activité humaine et qui se construit graduellement via des applications continues d'eau d'irrigation chargée en sédiments; il peut contenir des engrais, des sels solubles, de la matière organique, etc.

Critères diagnostiques

Un horizon irrigrique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral* et a :

1. une couche de surface à structure uniforme; **et**
2. une teneur en argile – et particulièrement en argile fine – plus élevée que celle du sol originel sous-jacent; **et**
3. des différences dans les teneurs en sable moyen, en sable fin, en sable très fin, en limon, en argile et en carbonates de < 20 % (relatif) ou < 4 % (absolu) entre les parties de l'horizon; **et**
4. une teneur moyenne pondérée en *carbone organique du sol* $\geq 0,5$ %, décroissant avec la profondeur mais demeurant au moins à 0,3 % à la limite inférieure de l'horizon irrigrique; **et**
5. ≥ 25 % (en volume, moyenne pondérée) de galeries d'animaux, de coprolites ou d'autres traces d'activité faunique; **et**
6. ≥ 20 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les sols à horizon irrigrique présentent des signes d'élévation de la surface, ce qui peut être déduit par des observations de terrain ou par des relevés historiques. L'horizon irrigrique manifeste une forte activité biologique. Sa limite inférieure est nette et des dépôts laissés par l'irrigation ou des sols enfouis peuvent se trouver en dessous.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons irrigriques diffèrent de matériaux *fluviqques* par l'absence de stratifications, due aux labours répétés. Certains horizons irrigriques peuvent également être qualifiés de *mollique* ou d'*umbrique*, selon leur taux de saturation en bases.

Horizon mélanique

Description générale

Un horizon mélanique (du grec *melas*, noir) est un horizon épais, noir, situé en surface ou proche de celle-ci, qui est typiquement associé à des minéraux proto-cristallins (habituellement de l'allopheane) ou à des complexes organo-aluminiques. Il a une faible densité apparente et contient de la matière organique très humifiée, avec un rapport acides fulviques / acides humiques plus bas que celui de l'horizon *fulvique*.

Critères diagnostiques

Un horizon mélanique a :

1. des propriétés *andiques*; **et**

2. une valeur et un chroma Munsell humides ≤ 2 ; **et**
3. un index mélanique⁸ $< 1,7$; **et**
4. une teneur en *carbone organique du sol* ≥ 6 % (moyenne pondérée) et ≥ 4 % dans chacune de ses parties; **et**
5. une épaisseur combinée de ≥ 30 cm avec ≤ 10 cm de matériau non mélanique entre les couches.

Identification sur le terrain

La couleur noir intense, l'épaisseur ainsi que l'association habituelle de l'horizon mélanique avec des dépôts pyroclastiques permettent de le reconnaître sur le terrain. Des analyses de laboratoire sont cependant nécessaires pour déterminer le type de matière organique et pour s'assurer que l'horizon est bien mélanique.

Horizon mollique

Description générale

Un horizon mollique (du latin *mollis*, doux) est un horizon de surface assez épais, de couleur foncée, à taux élevé de saturation en bases et à teneur modérée à élevée en matière organique.

Critères diagnostiques

Un horizon mollique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral*. Pour les critères diagnostiques 2 à 4, la moyenne pondérée de chaque valeur est calculée et est ensuite confrontée aux critères diagnostiques pour les 20 cm supérieurs ou pour l'entièreté du sol minéral surmontant une *roche continue*, ou un matériau *technique dur* ou un horizon *cryique*, *pétrocalcique*, *pétrodurique*, *pétrogypsique* ou *pétroplinthique*, s'ils sont situés à < 20 cm de la surface du sol minéral. Si l'horizon mollique a des sous-horizons commençant à ≥ 20 cm de la surface du sol minéral, la moyenne pondérée n'est pas calculée pour ces sous-horizons; chaque valeur est confrontée séparément aux critères diagnostiques. Un horizon mollique a:

1. une structure de sol suffisamment développée pour ne pas être à la fois massive et de consistance dure ou très dure (sec) (des prismes d'un diamètre > 30 cm sont compris dans l'acception «massive» si aucune sub-structure ne divise les prismes); **et**
2. $\geq 0,6$ % de *carbone organique du sol*; **et**
3. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. dans des échantillons légèrement écrasés, une valeur Munsell humide ≤ 3 et sèche ≤ 5 , et un chroma humide ≤ 3 ; **ou**
 - b. toutes les caractéristiques suivantes:
 - bi. ≥ 40 % (en poids) d'équivalent carbonate de calcium dans la fraction terre fine et/ou une classe texturale de sable loameux ou plus grossière; **et**

8 Voir Annexe 2.

- bii. dans des échantillons légèrement écrasés, une valeur Munsell ≤ 5 et un chroma ≤ 3 , humides; **et**
- biii. $\geq 2,5$ % de *carbone organique du sol*; **et**
- 4. $\geq 0,6$ % (absolu) de *carbone organique du sol* en plus que dans le matériau parental, si présent, ayant une valeur Munsell humide ≤ 4 ; **et**
- 5. un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) ≥ 50 % (moyenne pondérée), dans l'entièreté de l'horizon; **et**
- 6. une des épaisseurs suivantes:
 - a. ≥ 10 cm s'il repose directement sur une *roche continue*, un matériau *technique dur*, ou un horizon *cryique*, *pétrocalcique*, *pétrodurique*, *pétrogypsique* ou *péтроlinthique*; **ou**
 - b. ≥ 20 cm.

Identification sur le terrain

Un horizon mollique est facile à identifier par sa couleur foncée, due à l'accumulation de matière organique, par le bon développement de sa structure dans la plupart des cas (généralement une structure granulaire ou polyédrique subangulaire fine), par une indication d'un taux de saturation en bases élevé (ex. $\text{pH}_{\text{eau}} > 6$) et par son épaisseur.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Le taux de saturation en bases ≥ 50 % sépare l'horizon mollique de l'horizon *umbrique*, qui par ailleurs lui est similaire. La limite supérieure de la teneur en *carbone organique du sol* est de 20 %, ce qui est la limite inférieure pour du matériau *organique*.

Un type particulier d'horizon mollique est l'horizon *chernique* qui présente une teneur plus élevée en *carbone organique du sol*, un chroma plus bas, une structure de sol généralement mieux développée, une teneur minimum en terre fine et une épaisseur minimum plus importante.

Certains horizons *hortique*, *irragrique*, *pretique* ou *terrique* peuvent également être qualifiés de mollique.

Horizon natrique

Description générale

Un horizon natrique (de l'arabe *natroune*, sel) est un horizon subsuperficiel dense ayant une teneur en argile nettement plus élevée que l' (les) horizon(s) susjacent(s). Il présente une teneur élevée en Na échangeable et dans certains cas, une teneur assez élevée en Mg échangeable.

Critères diagnostiques

Un horizon natrique est constitué de matériau *minéral* et:

1. a une classe texturale de sable loameux ou plus fine et ≥ 8 % d'argile; **et**
2. a au moins une des caractéristiques suivantes:

- a. un horizon susjacent de texture plus grossière ayant toutes les caractéristiques suivantes:
- ai. l'horizon de texture plus grossière n'est pas séparé de l'horizon natrique par une *discontinuité lithique*; **et**
 - a.ii. si l'horizon de texture plus grossière repose directement sur l'horizon natrique, son sous-horizon inférieur n'est pas compris dans une couche labourée; **et**
 - a.iii. si l'horizon de texture plus grossière ne repose pas directement sur l'horizon natrique, l'horizon de transition situé entre eux a une épaisseur ≤ 15 cm; **et**
 - a.iv. si l'horizon de texture plus grossière a < 10 % d'argile dans la fraction terre fine, l'horizon natrique a ≥ 4 % (absolu) d'argile en plus; **et**
 - a.v. si l'horizon de texture plus grossière a ≥ 10 % et < 50 % d'argile dans la fraction terre fine, le rapport entre la teneur en argile dans l'horizon natrique et celle de l'horizon de texture plus grossière est $\geq 1,4$; **et**
 - a.vi. si l'horizon de texture plus grossière a ≥ 50 % d'argile dans la fraction terre fine, l'horizon natrique a ≥ 20 % (absolu) d'argile en plus; **ou**
- b. des signes d'illuviation d'argile sous au moins une des formes suivantes:
- b.i. de l'argile orientée reliant ≥ 5 % des grains de sable; **ou**
 - b.ii. des revêtements d'argile couvrant ≥ 5 % de la surface dans les pores; **ou**
 - b.iii. des revêtements d'argile couvrant ≥ 5 % des faces verticales et ≥ 5 % des faces horizontales des agrégats; **ou**
 - b.iv. dans les lames minces, des corps argileux orientés couvrant ≥ 1 % de la section; **ou**
 - b.v. un coefficient d'extensibilité linéaire (COLE) $\geq 0,04$, et un rapport argile fine⁹ / argile totale $\geq 1,2$ fois plus grand dans l'horizon natrique que ce rapport dans l'horizon susjacent de texture plus grossière; **et**
3. a au moins une des caractéristiques suivantes:
- a. une structure colonnaire ou prismatique dans une partie de l'horizon; **ou**
 - b. les deux caractéristiques suivantes:
 - b.i. une structure polyédrique; **et**

⁹ Argile fine: diamètre équivalent $< 0,2 \mu\text{m}$.

- bii. des portions d'un horizon subsuperficiel de texture plus grossière dans lesquelles sont présents des grains de limon ou de sable sans revêtements, pénétrant jusqu'à $\geq 2,5$ cm dans l'horizon natrique; **et**
4. a au moins une des caractéristiques suivantes:
- a. un pourcentage de Na échangeable (ESP^{10}) ≥ 15 dans l'entièreté de l'horizon natrique ou dans ses 40 cm supérieurs, s'il est plus épais; **ou**
 - b. les deux caractéristiques suivantes:
 - bi. plus de Mg et Na échangeables que de Ca et d'acidité échangeables (à pH 8,2) dans l'entièreté de l'horizon natrique ou dans ses 40 cm supérieurs, s'il est plus épais; **et**
 - bii. un pourcentage de Na échangeable (ESP) ≥ 15 dans certains sous-horizons débutant à ≤ 50 cm sous la limite supérieure de l'horizon natrique; **et**
5. a une épaisseur d'au moins un dixième du matériau *minéral* susjacent, si présent, et une des conditions suivantes:
- a. $\geq 7,5$ cm (épaisseurs combinées s'il est composé de lamelles) si l'horizon natrique a une classe texturale de loam sableux ou plus fine; **ou**
 - b. ≥ 15 cm (épaisseurs combinées s'il est composé de lamelles).

Identification sur le terrain

La couleur de l'horizon natrique va du brun au noir, en particulier dans sa partie supérieure, mais des couleurs plus pâles ou allant du jaune au rouge peuvent également être observées. La structure est généralement colonnaire grossière ou prismatique grossière, parfois polyédrique. Le sommet arrondi des éléments structuraux est caractéristique; souvent ils sont recouverts d'une poudre blanchâtre provenant de l'horizon éluvial susjacent.

Ces caractéristiques de couleur et de structure dépendent de la composition des cations échangeables et de la teneur en sels solubles dans les couches inférieures. Souvent des revêtements argileux épais et sombres sont présents, surtout dans la partie supérieure de l'horizon. De nombreux horizons natriques ont une faible stabilité structurale et en conditions humides, leur perméabilité est très faible. Sec, l'horizon natrique est dur à extrêmement dur. Généralement la réaction du sol est fortement alcaline avec des $pH_{eau} \geq 8,5$.

Caractéristiques complémentaires

Un rapport d'adsorption du sodium (SAR) ≥ 13 est un indice supplémentaire pour la caractérisation de l'horizon natrique. Le SAR est calculé à partir de la solution du sol: $SAR = Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2]^{0,5}$ (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} en mmol/litre).

La micromorphologie des horizons natriques montre une organisation spécifique. Le plasma peptisé montre une forte orientation selon un modèle en mosaïque ou en stries parallèles. Les séparations du plasma montrent également une teneur élevée en humus associé. Quand l'horizon natrique est imperméable, des microcroûtes, des revêtements, des papules et des remplissages sont présents.

10 $ESP = Na \text{ échangeable} * 100 / CEC$ (à pH 7).

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

L'horizon de surface peut avoir une teneur élevée en matière organique; son épaisseur peut aller de quelques centimètres à > 25 cm; il peut être *mollique* ou *chernique*. Un matériau *albique* peut être présent entre l'horizon de surface et l'horizon natrique.

Fréquemment une couche saline est présente sous l'horizon natrique. L'influence du sel peut s'étendre jusque dans l'horizon natrique qui dès lors devient également salin. Les sels présents peuvent être des chlorures, des sulfates ou des carbonates/bicarbonates.

La partie de l'horizon natrique contenant de l'humus illuvié a un taux de saturation en bases ≥ 50 % (NH_4OAc 1 M, pH 7), ce qui le distingue de l'horizon *sombrique*.

Horizon nitique

Description générale

Un horizon nitique (du latin *nitidus*, brillant) est un horizon subsuperficiel riche en argile. Il présente une structure polyédrique moyennement à fortement développée se divisant en éléments polyédriques, ou à faces aplaties ou nodulaires avec de nombreuses faces brillantes qui ne peuvent être dues à l'illuviation d'argile, ou ne le peuvent que partiellement.

Critères diagnostiques

Un horizon nitique est constitué de matériau *minéral* et:

1. a les deux caractéristiques suivantes:
 - a. ≥ 30 % d'argile; **et**
 - b. un rapport limon / argile $< 0,4$; **et**
2. a une teneur en argile qui diffère de < 20 % (relatif) sur les 15 cm jouxtant les couches directement sus- et sous-jacentes; **et**
3. a une structure polyédrique moyennement à fortement développée se divisant en éléments polyédriques, ou à faces aplaties ou nodulaires avec des faces brillantes (humides). Ces faces brillantes ne sont pas assimilables à des revêtements argileux, ou ne le peuvent que partiellement; **et**
4. a toutes les caractéristiques suivantes:
 - a. ≥ 4 % Fe_{dith} (fer *libre*) dans la fraction terre fine; **et**
 - b. $\geq 0,2$ % Fe_{ox} (fer *actif*) dans la fraction terre fine; **et**
 - c. un rapport $\text{Fe}_{\text{actif}} / \text{Fe}_{\text{libre}} \geq 0,05$; **et**
5. ne fait pas partie d'un horizon *plinthique*; **et**
6. a ≥ 30 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Un horizon nitique a une classe texturale de loam argileux ou plus fine, mais peut sembler loameux. La différence en argile avec les horizons sus- et sous-jacents est

graduelle ou diffuse. De même, le changement de couleur avec les horizons sus- et sous-jacents n'est pas abrupt. Les couleurs ont une valeur basse, des hues (humides) de 2,5YR, mais sont parfois plus rouges ou plus jaunes. La structure est polyédrique moyennement à fortement développée; elle se divise en éléments polyédriques, ou à faces aplaties ou nodulaires montrant des faces brillantes.

Caractéristiques complémentaires

De nombreux horizons nitiques présentent une CEC (NH_4OAc 1 M, pH 7) $< 36 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, voire même $< 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile. La somme des bases échangeables (NH_4OAc 1 M, pH 7) plus Al échangeable (KCl 1 M, non tamponné) vaut environ la moitié de la CEC. La CEC assez basse reflète la prédominance des argiles 1:1 (kaolinite et/ou [meta-]halloysite). De nombreux horizons nitiques ont un rapport argile dispersable à l'eau / argile totale $< 0,1$.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

L'horizon nitique peut être considéré comme un horizon *cambique* fortement exprimé, avec des propriétés spécifiques, comme une teneur élevée en fer actif. Les horizons nitiques peuvent exhiber des revêtements argileux et peuvent répondre aux critères d'un horizon *argique*, bien que la teneur en argile dans l'horizon nitique ne soit guère plus élevée que dans l'horizon susjacent. Sa minéralogie (kaolinitique/[meta-]halloysitique) le distingue de la plupart des horizons *vertiques*, qui ont une minéralogie surtout smectitique. Cependant, les horizons nitiques peuvent tendre latéralement en horizons *vertiques* dans les bas des paysages. La structure bien exprimée, la teneur élevée en fer actif et, dans certains cas, la CEC moyenne dans les horizons nitiques les distinguent des horizons *ferraliques*. Les horizons nitiques des sols humides et bien drainés des hauts plateaux et des montagnes des régions tropicales et sub-tropicales peuvent être associés à des horizons *sombriques*.

Horizon pétrocalcique

Description générale

Un horizon pétrocalcique (du grec *petros*, roche, et latin *calx*, chaux) est un horizon induré qui est cimenté par du carbonate de calcium et quelquefois également par du carbonate de magnésium. Il est massif ou lamellaire et est extrêmement dur.

Critères diagnostiques

Un horizon pétrocalcique est constitué de matériau *minéral* et:

1. produit une forte effervescence après ajout de HCl 1 M; **et**
2. est induré ou cimenté, au moins en partie, par des carbonates secondaires, au point que des fragments séchés à l'air ne se délitent pas dans l'eau; **et**
3. est suffisamment continu pour que des fissures verticales, si présentes, soient espacées horizontalement de ≥ 10 cm et occupent < 20 % du volume; **et**
4. ne peut être pénétré par des racines sauf le long des fissures verticales, si présentes; **et**
5. a une consistance extrêmement dure (sec) qui empêche le creusement par une bêche ou une tarière; **et**
6. a ≥ 10 cm d'épaisseur ou ≥ 1 cm s'il est laminaire et repose directement sur une *roche continue*.

Identification sur le terrain

Les horizons pétrocalciques se présentent comme des calcrètes non lamellaires (soit massives ou nodulaires) ou comme des calcrètes lamellaires, dont les types les plus fréquents sont:

- » *calcrète lamellaire*: couches pétrifiées superposées et séparées, d'épaisseurs allant de quelques millimètres à plusieurs centimètres, et de couleur généralement blanche ou rose.
- » *calcrète lamellaire pétrifiée*: une ou plusieurs couches extrêmement dures, de couleur grise ou rose. Elles sont généralement plus cimentées que les calcrètes lamellaires et sont très massives (pas de structures lamellaires fines, mais des structures lamellaires grossières peuvent être présentes).

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

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Dans les régions arides, les horizons pétrocalciques peuvent être associés à des horizons (*pétro-*)*duriques* vers lesquels ils tendent latéralement. L'agent de cimentation distingue les horizons pétrocalciques des horizons *duriques*: dans les horizons pétrocalciques, le carbonate de calcium et parfois de magnésium constitue l'agent principal de cimentation; de la silice peut accessoirement être présente. Dans les horizons *duriques*, la silice est l'agent principal de cimentation, avec ou sans carbonate de calcium. Les horizons pétrocalciques se forment également en association avec des horizons *gypsique* ou *pétrogypsique*.

Les horizons présentant une accumulation importante de carbonates secondaires, mais pas d'induration ni de cimentation, sont appelés horizons *calciques*.

Horizon pétrodurique

Description générale

Un horizon pétrodurique (du grec *petros*, roche, et du latin *durus*, dur), également appelé duripan ou dorbank (en Afrique du Sud), est un horizon subsuperficiel, généralement de couleur rougeâtre ou brun rougeâtre, qui est cimenté principalement par de la silice secondaire (SiO_2 , vraisemblablement de l'opale et des formes microcristallines de silice). Des fragments d'horizons pétroduriques séchés à l'air ne se délitent pas dans l'eau, même après immersion prolongée. Des carbonates de calcium peuvent être présents en tant qu'agent de cimentation complémentaire.

Critères diagnostiques

Un horizon pétrodurique est constitué de matériau *minéral* et:

1. est induré ou cimenté sur ≥ 50 % (en volume) dans certains sous-horizons; **et**
2. montre des signes d'accumulation de silice (opale ou autres formes siliceuses), sous forme de revêtements dans certains pores, sur certaines faces d'agrégats ou de ponts entre les grains de sable; **et**
3. séché à l'air, < 50 % (en volume) se délite dans du HCl 1 M, même après immersion prolongée, mais > 50 % se délitent dans du KOH concentré ou du NaOH concentré, ou dans des bains alternés d'acide et d'alcali; **et**

4. est suffisamment continu pour que des fissures verticales, si présentes, soient espacées horizontalement de ≥ 10 cm et occupent < 20 % du volume; **et**
5. ne peut être pénétré par des racines sauf le long des fissures verticales, si présentes; **et**
6. $a \geq 1$ cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Un horizon pétrodurique (humide) a une consistance très ferme à extrêmement ferme et est extrêmement dur (sec). Après application de HCl 1 M, de l'effervescence peut se produire, mais n'atteint pas la vigueur de celle produite par les horizons *pétrocalciques*.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Sous climats secs et arides, les horizons pétroduriques peuvent se trouver en association avec des horizons *pétrocalciques* vers lesquels ils tendent latéralement, et/ou avec des horizons *calcique* ou *gypsique*.

Horizon pétrogypsiq

Description générale

Un horizon pétrogypsiq (du grec *petros*, roche, et *gypsos*, gypse) est un horizon cimenté contenant des accumulations de gypse secondaire ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Critères diagnostiques

Un horizon pétrogypsiq est constitué de matériau *minéral* et:

1. $a \geq 5$ % (en poids) de gypse; **et**
2. $a \geq 1$ % (en volume) de gypse secondaire visible; **et**
3. est induré ou cimenté, au moins en partie, par du gypse secondaire, au point que des fragments séchés à l'air ne se délitent pas dans l'eau; **et**
4. est suffisamment continu pour que des fissures verticales, si présentes, soient espacées horizontalement de ≥ 10 cm et occupent < 20 % du volume; **et**
5. ne peut être pénétré par des racines sauf le long des fissures verticales, si présentes; **et**
6. $a \geq 10$ cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les horizons pétrogypsiques sont durs, blanchâtres et sont principalement constitués de gypse. De vieux horizons pétrogypsiques peuvent être recouverts d'une couche mince, laminaire, de gypse nouvellement précipité d'environ 1 cm d'épaisseur.

Caractéristiques complémentaires

L'analyse de lames minces permet de s'assurer de la présence d'un horizon pétrogypsiq et d'étudier la distribution du gypse dans la masse du sol.

Dans les lames minces, l'horizon pétrogypsiq montre une microstructure compactée ne permettant que peu de cavités. La matrice est faite de cristaux de gypse lenticulaire

compactés accompagnés de matériau détritique. Sous forte lumière, la matrice présente une légère coloration jaune. Les nodules irréguliers des zones transparentes et incolores sont faits d'agrégats de cristaux cohérents dont l'organisation est hypidiotopique ou xénotopique; ils sont surtout associés aux pores ou aux anciens pores. Des traces d'activité biologique (pédotubules) sont parfois visibles.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Vu que les horizons pétrogypsiques sont une évolution des horizons *gypsiques*, ils en sont proches. Les horizons pétrogypsiques se retrouvent souvent associés aux horizons *calciques*. Les accumulations de calcium et de gypse occupent généralement des positions différentes dans le profil car la solubilité du carbonate de calcium est moindre que celle du gypse. Normalement, leur morphologie permet de les distinguer sans problème (voir horizon *calcique*).

Horizon pétroplinthique

Description générale

Un horizon pétroplinthique (du grec *petros*, roche, et *plinthos*, brique) est une couche continue, fissurée ou brisée de matériau induré, dans laquelle les (hydr-)oxydes de Fe (et dans certains cas de Mn) forment un ciment majeur et dont la matière organique est absente ou n'est présente que sous forme de traces.

Critères diagnostiques

Un horizon pétroplinthique est constitué de matériau *minéral* et:

1. est fait d'une couche connectée, fortement cimentée à indurée faite:
 - a. de concrétions et/ou de nodules jaunâtres, rougeâtres et/ou noirâtres; **ou**
 - b. de concentrations jaunâtres, rougeâtres et/ou noirâtres en réseau lamellaire, polygonal ou réticulé; **et**
2. a une résistance à la pénétration¹¹ $\geq 4,5$ MPa dans ≥ 50 % du volume de la terre fine; **et**
3. a au moins une des deux caractéristiques suivantes:
 - a. $\geq 2,5$ % Fe_{dith} (en poids) dans la fraction terre fine; **ou**
 - b. ≥ 10 % Fe_{dith} (en poids) dans les concrétions, les nodules et/ou les concentrations; **et**
4. a un rapport $Fe_{ox} / Fe_{dith} < 0,1$ ¹² dans la fraction terre fine; **et**
5. est suffisamment continu pour que des fissures verticales, si présentes, soient espacées horizontalement de ≥ 10 cm et occupent < 20 % du volume; **et**
6. a ≥ 10 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les horizons pétroplinthiques sont extrêmement durs et ont des couleurs typiques

11 Asiamah (2000). A partir de ce point, l'horizon va s'indurer de manière irréversible.

12 Estimé d'après des données de Varghese et Byju (1993).

allant du brun rouille au brun jaunâtre. Tantôt, ils sont massifs, tantôt ils présentent un réseau de nodules interconnectés, ou réticulaire, lamellaire ou colonnaire enrobant du matériau non induré. Ils peuvent être fissurés. En général, les racines ne se trouvent que dans les fissures verticales.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons pétroplinthiques sont proches des horizons *plinthique* et *pisoplinthique* desquels ils dérivent. Par endroits, les horizons *plinthiques* peuvent être suivis via les couches pétroplinthiques que l'on voit notamment dans les talus routiers.

Le faible rapport Fe_{ox} / Fe_{dith} distingue l'horizon pétroplinthique notamment des alios ferrugineux minces, du fer des marais et des horizons *spodiques* indurés des *Podzols* qui, de plus, ont une teneur importante en matière organique.

Horizon pisoplinthique

Description générale

Un horizon pisoplinthique (du latin *pisum*, petit pois, et du grec *plinthos*, brique) contient des concrétions ou des nodules fortement cimentés ou indurés par des (hydr-) oxydes de Fe (et parfois également de Mn).

Critères diagnostiques

Un horizon pisoplinthique est constitué de matériau *minéral* et:

1. $a \geq 40$ % du volume occupé par des concrétions et/ou des nodules jaunâtres, rougeâtres et/ou noirâtres, fortement cimentés à indurés, d'un diamètre ≥ 2 mm; **et**
2. ne fait pas partie d'un horizon *pétroplinthique*; **et**
3. $a \geq 15$ cm d'épaisseur.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Un horizon pisoplinthique se forme lorsqu'un horizon *plinthique* s'indure sous forme de concrétions ou de nodules distincts. Leur dureté et leur nombre le distingue de l'horizon *ferrique*. Si les concrétions ou nodules sont suffisamment interconnectés, l'horizon pisoplinthique devient un horizon *pétroplinthique*.

Horizon plaggique

Description générale

Un horizon plaggique (du bas allemand *plaggen*, matériau collecté par étrépage) est un horizon de surface minéral noir ou brun qui résulte de l'activité humaine. Dans les terres pauvres du nord-ouest de l'Europe centrale, du gazon et d'autres matériaux de surface ont été employés comme litière pour animaux et ce depuis le Moyen Âge jusqu'à l'introduction des engrais minéraux au début du XX^{ème} siècle. Ces matériaux étaient composés de végétation herbacée, de buissons nains, de leur tapis racinaire et du sol y attaché. Le mélange de ces matériaux avec les excréments était ensuite répandu sur les champs. Le matériau ainsi apporté a finalement donné un horizon sensiblement épaissi (jusqu'à plus de 100 cm par endroits), riche en *carbone organique du sol*. Généralement, le taux de saturation en bases est faible.

Critères diagnostiques

Un horizon plaggique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral* et:

1. a une classe texturale de sable, de sable loameux, de loam sableux ou de loam, ou d'une combinaison de ces classes texturales; **et**
2. contient des *artéfacts*; **et**
3. a une valeur Munsell humide ≤ 4 et sèche ≤ 5 et un chroma humide ≤ 4 ; **et**
4. a un *carbone organique du sol* $\geq 0,6$ %; **et**
5. a un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) < 50 %, à moins que le sol ait été chaulé ou fertilisé; **et**
6. se forme dans des surfaces localement surélevées; **et**
7. a ≥ 20 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

L'horizon plaggique a des couleurs brunâtres à noirâtres liées à l'origine des matériaux. Il contient des *artéfacts*, mais généralement moins de 20 %. La plupart du temps, son pH va de légèrement à fortement acide. Il peut être plus élevé suite à un chaulage récent, mais le taux de saturation en bases reste faible. Dans sa partie basse, il présente des traces de façons culturales anciennes comme des marques de bêche ou de fourche ainsi que d'anciennes couches cultivées. Souvent les horizons plaggiques reposent sur des sols enfouis dont les couches de surface originales peuvent se mélanger au plaggen. Parfois, des fossés ont été creusés dans le sol enfoui pour l'améliorer. Généralement, la limite inférieure est nette.

Caractéristiques complémentaires

La plupart du temps, la classe texturale est un sable ou un sable loameux. Un loam sableux et un loam sont rares. Le *carbone organique du sol* peut comprendre le carbone ajouté avec les matériaux d'apport. Le contenu en P_2O_5 (extractible dans l'acide citrique 1 %) des horizons plaggiques peut être élevé (souvent $\geq 0,025$ %) dans les 20 premiers cm de l'horizon. Au départ, l'horizon plaggique a un taux de saturation en bases bas. S'il est chaulé ou fertilisé, ce critère est négligé.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Le faible taux de saturation en bases sépare l'horizon plaggique de l'horizon *terrique*. A part cela, ils se ressemblent fortement. Les horizons *terriques* ont d'habitude une réaction du sol neutre à légèrement basique (pH_{eau} normalement ≥ 7) et peuvent contenir des carbonates de calcium libres. Ils montrent généralement une forte activité biologique. Certains horizons plaggiques peuvent aussi être classés comme horizons *umbriques* ou même *molliques*. Il n'est pas non plus impossible qu'un horizon plaggique remplisse les critères de l'horizon *pretique*. Dans ce cas, ce sont les critères historiques qui distingueront l'horizon plaggique du *pretique*.

Horizon plinthique

Description générale

Un horizon plinthique (du grec *plinthos*, brique) est un horizon subsuperficiel riche en (hydr-)oxydes de Fe (et parfois de Mn) et pauvre en humus. L'argile est surtout kaolinique; elle est accompagnée d'autres produits issus d'une forte altération, comme de la gibbsite.

Soumis à une alternance d'humectations et de dessiccations, l'horizon plinthique se transforme généralement en une couche de concrétions ou de nodules durs ou en cuirasse.

Critères diagnostiques

Un horizon plinthique est constitué de matériau *minéral* et:

1. a dans ≥ 15 % du volume, une des caractéristiques suivantes ou leur combinaison:
 - a. des concrétions et/ou des nodules distincts qui, (humides) sont au moins fermes, de hue plus rouge ou de chroma plus élevé que le matériau environnant; **ou**
 - b. des concentrations en réseau lamellaire, polygonal ou réticulé qui, (humides) sont au moins fermes, de hue plus rouge ou de chroma plus élevé que le matériau environnant; **et**
2. une ou plusieurs des caractéristiques suivantes:
 - a. $a \geq 2,5$ % Fe_{dith} (en poids) dans la fraction terre fine; **ou**
 - b. $a \geq 10$ % Fe_{dith} (en poids) dans les concrétions, nodules ou concentrations; **ou**
 - c. s'indure irréversiblement après alternance d'humectations et de dessiccations; **et**
3. a un rapport $Fe_{ox} / Fe_{dith} < 0,1$ dans la fraction terre fine¹³; **et**
4. ne fait pas partie d'un horizon *pétoplinthique* ou *pisoplinthique*; **et**
5. $a \geq 15$ cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Un horizon plinthique montre des concrétions ou des nodules nets ou des concentrations en réseau lamellaire, polygonal ou réticulé. Dans un sol perpétuellement humide, de nombreuses concrétions, nodules ou concentrations ne sont pas durs mais fermes ou très fermes et peuvent être coupées à la bêche. Une alternance d'humectations et de dessiccations va généralement les transformer en concrétions ou nodules durs ou en cuirasse ferrugineuse, en particulier par exposition à la chaleur solaire; un seul cycle d'humectation et de dessiccation ne suffit pas à une induration irréversible.

Caractéristiques complémentaires

L'étude micromorphologique peut montrer le degré d'imprégnation de la masse du sol par les (hydr-)oxydes de Fe. L'horizon plinthique à concrétions ou nodules s'est développé sous conditions rédoxymorphiques causées par stagnation d'eau et montre des propriétés *stagniques*. L'horizon plinthique à concentrations en réseau lamellaire, polygonal ou réticulé s'est développé sous conditions oxymorphiques dans la frange capillaire d'une nappe; il présente alors des propriétés *gleyiques* à couleurs oxymorphiques et repose souvent sur un horizon blanchâtre. De nombreux horizons plinthiques ne sont plus affectés par des *conditions réductrices*.

13 Estimé d'après des données de Varghese et Byju (1993).

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Si ≥ 40 % des concrétions et nodules de l'horizon plinthique s'indurent, il devient un horizon *pisoplinthique*. S'il s'indure au point de devenir une couche continue, il devient un horizon *pétroplinthique*.

Si les concrétions, nodules ou taches n'atteignent pas 15 % du volume, ce peut être un horizon *ferrique*.

Horizon pretique

Description générale

Un horizon pretique (du portugais *preto*, noir) est un horizon minéral de surface qui résulte d'activités humaines incluant l'ajout de charbon de bois. Il est caractérisé par sa couleur foncée, la présence d'artéfacts (fragments de céramique, outils en pierre, en os ou en coquillage) et des teneurs élevées en carbone organique, phosphore, calcium, magnésium ainsi qu'en oligo-éléments (zinc et manganèse principalement). Les sols à horizon pretique ne ressemblent pas aux sols naturels de la région. Habituellement, ils contiennent des restes visibles de charbon de bois.

Les horizons pretiques sont particulièrement répandus dans le bassin de l'Amazonie où les populations pré-colombiennes les ont créés par leurs activités; ils y ont perduré durant des siècles malgré les conditions tropicales humides et la rapidité de la minéralisation de la matière organique. Ces sols à horizon pretique y sont connus comme «Terra Preta de Indio» ou «Terres Noires Amazoniennes». En général, ils contiennent des quantités importantes de carbone. Beaucoup ont une teneur élevée en argiles de faible activité.

Critères diagnostiques

Un horizon pretique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral* et a:

1. une value Munsell ≤ 4 et un chroma ≤ 3 (humides); **et**
2. ≥ 1 % de carbone organique; **et**
3. Ca plus Mg échangeables (NH_4OAc 1 M, pH 7) ≥ 2 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ dans la fraction terre fine; **et**
4. P extractible ≥ 30 mg kg^{-1} (Mehlich-1); **et**
5. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. ≥ 1 % (en volume, moyenne pondérée) d'artéfacts; **ou**
 - b. ≥ 1 % (en volume, moyenne pondérée) de charbon de bois; **ou**
 - c. traces d'occupation humaine dans le paysage environnant comme des constructions, des jardins, des entassements de coquillages («sambaquis») ou des ouvrages en terre (géoglyphes); **et**
6. < 25 % (en volume, moyenne pondérée) de pores animaliers, de coprolites ou d'autres traces d'activité faunique; **et**
7. une ou plusieurs couche(s) dont l'épaisseur combinée ≥ 20 cm.

Caractéristiques complémentaires

Le charbon de bois n'est un *artéfact* que s'il a été produit intentionnellement par l'homme.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons pretiques n'ont pas l'activité faunique requise pour les horizons *hortique* et *irragrique*. Les critères diagnostiques relatifs aux concentrations en P dans les horizons pretique et *hortique* sont basés sur des méthodes d'analyses différentes et l'exigence pour le pretique est moindre. Il ne peut être exclu qu'un horizon pretique remplisse aussi les critères de l'horizon *plaggique*. Dans ce cas, ce sont les critères historiques qui distingueront l'horizon *plaggique* de l'horizon pretique. Certains horizons pretiques peuvent également être qualifiés d'horizons *mollique* ou *umbrique*.

Horizon protovertique

Description générale

Un horizon protovertique (du grec *protou*, avant, et du latin *vertere*, tourner) contient des argiles gonflantes.

Critères diagnostiques

Un horizon protovertique est constitué de matériau *minéral* et a:

1. ≥ 30 % d'argile; **et**
2. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. des agrégats de sol cunéiformes dans ≥ 10 % du volume du sol; **ou**
 - b. des faces de glissement (faces de pression légèrement striées ou rainurées par les forces de gonflement-retrait) sur ≥ 5 % des faces des agrégats; **ou**
 - c. des *fentes de retrait*; **ou**
 - d. un indice COLE $\geq 0,06$ en moyenne sur la profondeur de l'horizon; **et**
3. ≥ 15 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les agrégats cunéiformes et les faces de glissement ne sont pas évidents lorsque le sol est humide. Leur présence ne peut parfois être établie qu'après que le sol ait séché. Les agrégats cunéiformes peuvent être une sous-structure d'éléments polyédriques ou prismatiques plus grossiers; ils doivent donc être soigneusement examinés.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Si le gonflement-retrait est important (ou si la couche est plus épaisse), l'horizon protovertique devient un horizon *vertique*.

Horizon salique

Description générale

Un horizon salique (du latin *sal*, sel) est un horizon de surface ou subsuperficiel à faible profondeur qui contient des quantités importantes de sels facilement solubles, c'est-à-dire des 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 a:

1. à certains moments dans l'année, une conductivité électrique de l'extrait à saturation (EC_e) à 25 °C:
 - a. $\geq 15 \text{ dS m}^{-1}$; **ou**
 - b. $\geq 8 \text{ dS m}^{-1}$ si le pH_{eau} de l'extrait à saturation est $\geq 8,5$; **et**
2. à certains moments dans l'année, un produit de l'épaisseur (en centimètres) et EC_e à 25 °C (en dS m^{-1}) ≥ 450 ; **et**
3. $\geq 15 \text{ cm}$ d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Le premier indicateur est la présence de plantes halophytes et tolérantes au sel, comme les *Salicornia* ou les *Tamarix*. Les couches affectées par le sel sont souvent soufflées. Les sels ne précipitent que lorsque la plus grande partie de l'eau du sol s'est évaporée; si le sol est humide, le sel peut ne pas être visible, mais son goût sur la langue peut être détecté.

Les sels peuvent précipiter en surface (*Solonchaks* externes) ou en profondeur (*Solonchaks* internes). Si un encroûtement de sel est présent, il fait partie de l'horizon salique.

Caractéristiques complémentaires

Dans les sols carbonatés alcalins, une EC_e à 25° $\geq 8 \text{ dS m}^{-1}$ et un $pH_{eau} \geq 8,5$ sont très courants. Les horizons saliques peuvent être constitués de matériaux *organique* ou *minéral*.

Horizon sombrique

Description générale

Un horizon sombrique (du français *sombre*) est un horizon subsuperficiel foncé contenant de l'humus illuvial qui n'est ni associé à Al ni dispersé par Na.

Critères diagnostiques

Un horizon sombrique est constitué de matériau *minéral* et:

1. a une valeur ou un chroma Munsell humides plus bas que ceux de l'horizon susjacent; **et**
2. montre des signes d'accumulation d'humus sous au moins une des formes suivantes:
 - a. une teneur en *carbone organique du sol* plus élevée que celle de l'horizon directement susjacent; **ou**
 - b. de l'humus illuvial sur les surfaces des agrégats de sol ou dans les pores; **ou**
 - c. de l'humus illuvial dans les pores visible sous lames minces; **et**

3. n'a pas de *discontinuité lithique* à sa limite supérieure, n'est pas positionné directement sous une couche avec du matériau *albique* et ne fait pas partie d'un horizon *natrique* ou *spodique*; **et**
4. $a \geq 15$ cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les horizons sombriques se trouvent dans les parties subsuperficielles foncées des sols associés aux climats frais et humides et aux sols bien drainés des hauts plateaux et montagnes des régions tropicales et sub-tropicales. Ils ressemblent à des horizons enfouis mais, contrairement à nombre d'entre eux, les horizons sombriques suivent plus ou moins la forme de la surface.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons sombriques peuvent se surimposer à des horizons *argique*, *cambique*, *ferralique* ou *nitique*. Les horizons sombriques peuvent ressembler aux horizons *mélanique* ou *fulvique* ou à des horizons *mollique* ou *umbrique* enfouis. Les horizons *spodiques* se différencient des sombriques par une CEC de la fraction argileuse beaucoup plus élevée. La part d'humus illuvié des horizons *natriques* a une teneur en argile plus élevée, une saturation élevée en Na et une structure spécifique, qui les distinguent des horizons sombriques.

Horizon spodique

Description générale

Un horizon spodique (du grec *spodos*, cendre de bois) est un horizon subsuperficiel contenant des substances illuviées faites de matière organique et d'Al ou de Fe illuvial. Les matériaux illuviés sont caractérisés par une charge fortement dépendante du pH, une assez grande surface spécifique et une rétention en eau élevée.

Critères diagnostiques

Un horizon spodique est constitué de matériau *minéral* et:

1. a un pH (1:1 dans l'eau) $< 5,9$ dans ≥ 85 % de l'horizon, à moins que le sol soit cultivé; **et**
2. a dans ≥ 85 % du premier cm supérieur au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. $\geq 0,5$ % de *carbone organique du sol*; **ou**
 - b. une valeur de densité optique de l'extrait à l'oxalate (ODOE) $\geq 0,25$; **et**
3. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. est surmonté par du matériau *albique* qui n'est pas séparé de l'horizon spodique par une *discontinuité lithique* et qui le surmonte directement ou qui surmonte un horizon de transition d'une épaisseur égale ou inférieure à un dixième du matériau *albique* subsuperficiel, **et**
 - a dans ≥ 85 % de ses 2,5 cm supérieurs, au moins une des couleurs Munsell suivantes (échantillon humide, écrasé et lissé):

- ai. hue 5YR ou plus rouge; **ou**
 - a.ii. hue 7,5YR et value et chroma ≤ 4 ; **ou**
 - a.iii. hue 10YR et value et chroma ≤ 2 ; **ou**
 - a.iv. 10YR3/1; **ou**
 - a.v. hue N et value ≤ 2 ; **ou**
- b. a une des couleurs listées ci-dessus ou une couleur de hue 7,5YR, de value ≤ 5 et de chroma 5 ou 6 (échantillon humide, écrasé et lissé) dans ≥ 85 % de ses 2,5 cm supérieurs, **et**
- a au moins une des caractéristiques suivantes:
- bi. une cimentation par la matière organique et Al, avec ou sans Fe, dans ≥ 50 % de l'horizon et une consistance très ferme ou plus dans la partie cimentée; **ou**
 - bii. ≥ 10 % des grains de sable de l'horizon présentant des revêtements craquelés; **ou**
 - biii. un sous-horizon avec une valeur $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox} \geq 0,5$ % qui est ≥ 2 fois plus élevée que la valeur $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ la plus basse de tous les horizons minéraux situés au-dessus de l'horizon spodique; **ou**
 - biv. un sous-horizon avec une valeur ODOE $\geq 0,25$ et qui est ≥ 2 fois plus élevée que la valeur ODOE la plus basse de tous les horizons minéraux situés au-dessus de l'horizon spodique; **ou**
 - bv. ≥ 10 % (en volume) de lamelles de Fe^{14} dans une couche ≥ 25 cm d'épaisseur; **et**
4. ne fait pas partie d'un horizon *natrique*; **et**
5. s'il est situé sous du matériau *téphrique* répondant aux critères d'un matériau *albique*: a des ratios C_{py} / OC^{15} et $C_f / C_{py} \geq 0,5$ dans ses 2,5 cm supérieurs; **et**
6. a $\geq 2,5$ cm d'épaisseur et sa limite inférieure se situe à:
- a. la limite inférieure du sous-horizon le plus bas répondant aux critères diagnostiques 1 et 4 et ayant une des couleurs reprises en 3; **ou**
 - b. la limite inférieure du sous-horizon le plus bas répondant aux critères diagnostiques 1 et 4 et à au moins un des critères diagnostiques repris en 3b, i-v;
- la plus grande de ces deux profondeurs étant retenue.

14 Des lamelles de fer sont des bandes de fer illuvial d'une épaisseur $< 2,5$ cm.

15 C_{py} , C_f et OC sont respectivement le C extractible au pyrophosphate, le C des acides fulviques et le C organique (Ito *et al.*, 1991), exprimés en pourcentage de la fraction terre fine (0-2 mm) séchée à l'étuve (105 °C).

Identification sur le terrain

Un horizon spodique est souvent positionné sous du matériau *albique* et a des couleurs noir-brunâtre à brun-rougeâtre qui souvent s'estompent vers le bas. Les horizons spodiques peuvent aussi être caractérisés par la présence d'un alios ferrugineux ou, lorsqu'il est peu développé, par la présence de boulettes organiques ou par l'accumulation de Fe sous forme lamellaire.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons spodiques sont souvent associés à du matériau *albique* sous lequel ils sont positionnés; au-dessus, peut se trouver un horizon *hortique*, *plaggique*, *terrique* ou *umbrique*, avec ou sans matériau *albique*.

Dans les matériaux volcaniques, les horizons spodiques peuvent également avoir des propriétés *andiques*. Dans les autres Podzols, les horizons spodiques peuvent présenter des caractéristiques des propriétés *andiques*, mais ont en général une densité apparente plus élevée. Dans l'ordre de la classification, priorité est donnée à la présence d'un horizon spodique, à moins qu'il ne soit enfoui à plus de 50 cm, plutôt qu'à celle de propriétés *andiques*.

Certaines couches avec propriétés *andiques* sont recouvertes d'éjecta volcaniques assez jeunes et peu colorés et qui remplissent les critères d'un matériau *albique*. C'est pourquoi, plusieurs cas requièrent des analyses permettant de déterminer quelles sont les couches à propriétés *andiques* et quels sont les horizons spodiques; les tests usuels sont les rapports C_{py} / OC ou C_f / C_{py} .

Comme de nombreux horizons spodiques, les horizons *sombriques* contiennent aussi plus de matière organique que les couches susjacentes. Il est possible de les distinguer par la minéralogie de leurs argiles: les kaolinites seront généralement dominantes dans les horizons *sombriques*, tandis que les horizons spodiques contiendront plutôt des quantités élevées de vermiculites et de chlorites alumineuses; d'où une CEC argileuse bien plus élevée dans l'horizon spodique.

Les horizons *plinthiques*, qui contiennent de grandes quantités de Fe accumulé, ont moins de Fe_{ox} que les horizons spodiques.

Horizon terrique

Description générale

Un horizon terrique (du latin *terra*, terre) est un horizon minéral de surface qui se forme par addition de fumier terreux, de compost, de sable marin, de loess ou de boue. Il peut contenir des pierres non triées et de distribution aléatoire. Dans la plupart des cas, il se construit peu à peu durant une longue période. Occasionnellement, il peut être formé par un seul apport de matériaux. Normalement, les matériaux ajoutés sont mélangés avec la surface du sol originel.

Critères diagnostiques

Un horizon terrique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral* et:

1. a une couleur liée à celle du matériau source; **et**
2. a un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) ≥ 50 %; **et**
3. ne présente pas de stratifications; **et**

4. se forme dans des terrains surélevés localement; **et**
5. $a \geq 20$ cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les sols à horizon terrique ont une surface surélevée, détectable par observation du terrain ou par enquête historique. L'horizon terrique n'est pas homogène, mais ses sous-horizons sont entièrement mélangés. En général, il contient des *artéfacts*, comme des fragments de poterie, des restes de culture et des déchets, de petite taille (diamètre < 1 cm) et très usés.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Peu de choses différencient les horizons terriques des *plaggiques*. Généralement, l'horizon terrique manifeste une grande activité biologique; il a un pH neutre à légèrement alcalin (pH_{eau} normalement ≥ 7) et peut contenir du calcaire libre; l'horizon *plaggique* quant à lui est acide, à moins que chaulage et fertilisation aient fait monter le pH. La couleur de l'horizon terrique est fortement liée à celle du matériau source. Des sols enfouis peuvent se trouver à la base de l'horizon, bien que le mélange puisse estomper le contact. Certains horizons terriques peuvent être reconnus comme horizons *molliques*.

Horizon thionique

Description générale

Un horizon thionique (du grec *theion*, sulfure) est un horizon subsuperficiel extrêmement acide dans lequel de l'acide sulfurique se forme par oxydation de sulfures.

Critères diagnostiques

Un horizon thionique a:

1. un $pH < 4$ (1:1 en poids dans l'eau ou dans suffisamment d'eau pour permettre la mesure); **et**
2. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. des taches ou revêtements avec accumulations de sulfates de fer ou d'aluminium ou des minéraux hydroxysulfatés; **ou**
 - b. repose directement sur du matériau *sulfidique*; **ou**
 - c. $\geq 0,05$ % (en poids) de sulfate soluble dans l'eau; **et**
3. ≥ 15 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les horizons thioniques montrent généralement des taches ou des revêtements de jarosite jaune pâle ou de schwertmannite brun-jaunâtre. La réaction du sol est extrêmement acide; des pH_{eau} de 3,5 ne sont pas inhabituels. Bien que les horizons thioniques soient principalement associés aux sédiments côtiers sulfurés récents, certains peuvent se développer à l'intérieur des terres sur des matériaux *sulfidiques* naturels ou dans des *artéfacts* comme des terrils miniers.

Caractéristiques complémentaires

Les sulfates de fer ou d'aluminium ou les minéraux hydroxysulfatés comprennent la jarosite, la natro-jarosite, la schwertmannite, la sidéronatrite et la tamarugite. Les horizons thioniques peuvent être constitués de matériaux *organique* ou *minéral*.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Un horizon thionique est souvent positionné sous un horizon très tacheté avec propriétés *stagniques* (taches d'hydroxydes de fer rougeâtres à brun-rougeâtre et matrice peu colorée appauvrie en Fe).

Horizon umbrique

Description générale

Un horizon umbrique (du latin *umbra*, ombre) est un horizon de surface assez épais, de couleur foncée, à taux de saturation en bases bas et à teneur modérée à élevée en matière organique.

Critères diagnostiques

Un horizon umbrique est un horizon de surface constitué de matériau *minéral*. Pour les critères diagnostiques 2 à 4, la moyenne pondérée de chaque valeur est calculée et est ensuite confrontée aux critères diagnostiques pour les 20 cm supérieurs ou pour l'entièreté du sol minéral surmontant une *roche continue*, ou un matériau *technique dur* ou un horizon *cryique*, *pétrodurique* ou *pétoplinthique*, s'ils sont situés à < 20 cm de la surface du sol minéral. Si l'horizon umbrique a des sous-horizons commençant à ≥ 20 cm de la surface du sol minéral, la moyenne pondérée n'est pas calculée pour ces sous-horizons; chaque valeur est confrontée séparément aux critères diagnostiques. Un horizon umbrique a:

1. une structure du sol suffisamment développée pour ne pas être à la fois massive et de consistance dure ou très dure (sec) (des prismes d'un diamètre > 30 cm sont compris dans l'acception «massive» si aucune sub-structure ne subdivise les prismes); **et**
2. $\geq 0,6$ % de *carbone organique du sol*; **et**
3. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. dans des échantillons légèrement écrasés, une valeur Munsell humide ≤ 3 et sèche ≤ 5 , et un chroma humide ≤ 3 ; **ou**
 - b. toutes les caractéristiques suivantes:
 - bi. une classe texturale de sable loameux ou plus grossière; **et**
 - bii. dans des échantillons légèrement écrasés une valeur Munsell ≤ 5 et un chroma ≤ 3 humides; **et**
 - biii. $\geq 2,5$ % de *carbone organique du sol*; **et**
4. $\geq 0,6$ % (absolu) de *carbone organique du sol* en plus que dans le matériau parental, si présent, ayant une valeur Munsell humide ≤ 4 ; **et**

5. un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) < 50 % (moyenne pondérée) dans l'entièreté de l'horizon; **et**
6. une des épaisseurs suivantes:
 - a. ≥ 10 cm s'il repose directement sur une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou un horizon *cryique*, *pétrodurique* ou *pétoplinthique*; **ou**
 - b. ≥ 20 cm.

Identification sur le terrain

Sur le terrain, les principales caractéristiques d'un horizon umbrique sont sa couleur sombre et sa structure. En général, les horizons umbriques ont tendance à avoir une structure de sol moins développée que les horizons *molliques*.

La plupart des horizons umbriques ont une réaction acide ($\text{pH}_{\text{eau}} < 5,5$), ce qui d'habitude entraîne un taux de saturation en bases < 50 %. Une indication supplémentaire d'acidité forte est, en l'absence de barrière physique, un système racinaire superficiel et horizontal.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Le critère relatif au taux de saturation en bases sépare les horizons umbriques des *molliques*, qui par ailleurs sont très semblables. La limite supérieure de la teneur en *carbone organique du sol* est de 20 %, ce qui est la limite inférieure pour du matériau *organique*.

Certains horizons *irragrique* ou *plaggique* peuvent également être qualifiés d'horizon umbrique.

Horizon vertique

Description générale

Un horizon vertique (du latin *vertere*, tourner) est un horizon argileux subsuperficiel qui présente des faces de glissement et des agrégats cunéiformes, résultats de gonflements-retraits.

Critères diagnostiques

Un horizon vertique est constitué de matériau *minéral* et a:

1. ≥ 30 % d'argile; **et**
2. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. des agrégats de sol cunéiformes dont l'axe longitudinal est incliné de $\geq 10^\circ$ et de $\leq 60^\circ$ sur l'horizontale dans ≥ 20 % du volume du sol; **ou**
 - b. des faces de glissement (faces de pression légèrement striées ou rainurées, produites par les forces de gonflement-retrait) sur ≥ 10 % des faces des agrégats de sol; **et**
3. des *fentes de retrait*; **et**
4. ≥ 25 cm d'épaisseur.

Identification sur le terrain

Les horizons vertiques sont argileux et quand ils sont secs, ils ont souvent une consistance dure à très dure. Les faces de glissement, surfaces polies et brillantes, souvent à angle aigu, sont typiques.

Les agrégats cunéiformes et les faces de glissement ne sont pas évidents lorsque le sol est humide. Leur présence ne peut parfois être établie qu'après que le sol ait séché. Les agrégats cunéiformes peuvent être une sous-structure d'éléments polyédriques angulaires ou prismatiques plus grossiers; ils doivent donc être soigneusement examinés.

Caractéristiques complémentaires

L'indice COLE est une mesure du potentiel de gonflement-retrait; il est défini comme le rapport entre la différence de la longueur d'un échantillon humide et sec sur sa longueur (sec): $(L_m - L_d) / L_d$, dans lequel L_m est la longueur sous tension 33 kP et L_d la longueur (sec). Les horizons vertiques ont un indice COLE $\geq 0,06$.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Plusieurs horizons diagnostiques comme les horizons *argique*, *natrique* et *nitique* peuvent présenter des taux d'argile élevés. Même si quelques-uns peuvent être qualifiés de vertique, la plupart n'ont pas les caractéristiques typiques de l'horizon vertique, mais ils peuvent rejoindre latéralement des horizons vertiques, ces derniers occupant alors la position la plus basse dans le paysage. Des gonflements-retraits moins importants conduiront à un horizon *protovertique*.

PROPRIETES DIAGNOSTIQUES

Conditions réductrices

Critères diagnostiques

Des conditions réductrices (du latin *reducere*, retirer) ont au moins une des caractéristiques suivantes:

1. un cologarithme de la pression partielle en hydrogène (rH, calculé comme $Eh * 29^{-1} + 2 * pH$) < 20; **ou**
2. présence de Fe²⁺ libre, observé sur la surface fraîchement brisée et lissée d'un sol à la capacité au champ par l'apparition d'une couleur rouge prononcée après aspersion d'une solution à 0,2 % de α,α -dipyridyl dans de l'acide acétique 10 %; **ou**
3. présence de sulfure de fer; **ou**
4. présence de méthane.

Attention: la solution de α,α -dipyridyl est toxique par ingestion et nocive par contact sur la peau ou par inhalation. Doit être manipulée avec prudence. Dans les sols à pH neutre ou alcalin, peut ne pas donner la couleur rouge prononcée.

Différence texturale abrupte

Description générale

Une différence texturale abrupte (du latin *abruptus*, abrupt) est une augmentation très prononcée de la teneur en argile dans un intervalle de profondeur limité.

Critères diagnostiques

Une différence texturale abrupte nécessite:

1. ≥ 8 % d'argile dans la couche sous-jacente; **et**
2. dans un intervalle ≤ 5 cm, une des caractéristiques suivantes:
 - a. au moins un doublement de la teneur en argile si la teneur en argile de la couche sus-jacente < 20 %; **ou**
 - b. une augmentation ≥ 20 % (absolu) de la teneur en argile si la teneur en argile de la couche sus-jacente ≥ 20 %.

Discontinuité lithique

Description générale

Une discontinuité lithique (du grec *lithos*, pierre, et du latin *continuaré*, continuer) est une différence nette de la distribution granulométrique ou minéralogique qui indique des différences dans le matériau parental à l'intérieur d'un sol. Une discontinuité lithique peut aussi indiquer une différence d'âge. Les différentes strates peuvent ou non avoir une minéralogie différente.

Critères diagnostiques

En comparant une couche surmontant directement une autre, une discontinuité lithique nécessite au moins une des caractéristiques suivantes:

1. une différence abrupte dans la distribution granulométrique qui n'est pas uniquement associée à un changement pédogénétique de la teneur en argile; **ou**
2. les deux caractéristiques suivantes:
 - a. au moins une des caractéristiques suivantes, calculées pour les contenus respectifs dans la fraction terre fine:
 - ai. une différence ≥ 25 % dans le rapport sable grossier / sable moyen, et une différence ≥ 5 % (absolu) dans la teneur en sable grossier et/ou en sable moyen; **ou**
 - a.ii. une différence ≥ 25 % dans le rapport sable grossier / sable fin, et une différence ≥ 5 % (absolu) dans la teneur en sable grossier et/ou en sable fin; **ou**
 - a.iii. une différence ≥ 25 % dans le rapport sable moyen / sable fin, et une différence ≥ 5 % (absolu) dans la teneur en sable moyen et/ou en sable fin; **et**
 - b. les différences ne résultent pas de variations naturelles au sein du matériau parental traduites par une répartition inégale de différentes fractions texturales au sein d'une couche; **ou**
3. des fragments rocheux dont la lithologie diffère de celle de la *roche continue* sous-jacente; **ou**
4. une couche contenant des fragments rocheux dépourvus de croûte d'altération surmontant une couche contenant des roches avec croûte d'altération; **ou**
5. une couche avec fragments rocheux anguleux sus- ou sous-jacente à une couche avec fragments rocheux arrondis; **ou**
6. une couche à teneur élevée en éléments grossiers surmontant une couche à teneur moindre en éléments grossiers; **ou**
7. des différences abruptes de couleurs, ne résultant pas de la pédogenèse; **ou**
8. des différences marquées dans la taille et la forme de minéraux résistants entre couches superposées (mises en évidence par des méthodes micromorphologiques ou minéralogiques); **ou**
9. des rapports $\text{TiO}_2 / \text{ZrO}_2$ dans la fraction sableuse variant du simple au double.

Caractéristiques complémentaires

Dans certains cas, une discontinuité lithique peut être suggérée par l'une des caractéristiques suivantes: présence d'une stone line (ligne horizontale de fragments rocheux) sus- et sous-jacente à des couches à teneurs moindres en fragments rocheux,

ou pourcentage de fragments rocheux décroissant avec la profondeur. D'autre part, le tri effectué par la petite faune (ex. termites) peut aboutir à des résultats similaires dans un matériau à lithologie initialement homogène.

Le critère diagnostique 2 peut être illustré par l'exemple suivant:

Couche 1: sable grossier 20 %, sable moyen 10 % → rapport sable grossier / sable moyen = 2;

Couche 2: sable grossier 15 %, sable moyen 10 % → rapport sable grossier / sable moyen = 1,5;

Différence entre rapports: 25 %

Différence dans la teneur en sable grossier: 5 % (absolu)

Différence dans la teneur en sable moyen: 0 (absolu)

Conclusion: il y a discontinuité lithique entre les deux couches.

Généralement, la formule de calcul des différences de rapports est:

$$\text{ABS}(\text{rapport}_i - \text{rapport}_{i+1}) / \text{MAX}(\text{rapport}_i; \text{rapport}_{i+1}) * 100$$

Fentes de retrait

Description générale

Les fentes de retrait s'ouvrent et se ferment à cause des argiles qui se rétractent et se gonflent en fonction des modifications de la teneur en eau du sol. Elles peuvent n'être observables que lorsque le sol est sec. Elles contrôlent l'infiltration et la percolation de l'eau, même si elles sont remplies de matériau de surface.

Critères diagnostiques

Les fentes de retrait:

1. s'ouvrent et se ferment en fonction des modifications de la teneur en eau du sol; **et**
2. ont ≥ 5 cm de largeur quand le sol est sec, avec ou sans remplissage de matériau de surface.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les fentes de retrait sont reprises dans les critères des horizons *protovertique* et *vertique* ainsi que dans la Clé pour les Groupes de sols de référence (où référence est faite aux critères relatifs à leurs profondeurs).

Glosses albéluviques

Description générale

Le vocable glosses albéluviques (du latin *albus*, blanc, et *eluere*, lessiver, et du grec *glossa*, langue) fait référence à des pénétrations de matériau appauvri en argile et en Fe à l'intérieur d'un horizon *argique*. Les glosses albéluviques se forment en langues continues et verticales le long des faces des agrégats de sol. Vues en section

horizontale, elles forment un réseau polygonal.

Critères diagnostiques

Les glosses albéluviques désignent une combinaison de zones plus colorées et de zones moins colorées au sein d'une même couche, avec toutes les caractéristiques suivantes:

1. les zones plus colorées font partie d'un horizon *argique*; **et**
2. les zones moins colorées sont constituées de matériau *albique*; **et**
3. par rapport aux zones moins colorées, les zones plus colorées ont les couleurs Munsell (humides) suivantes:
 - a. un hue $\geq 2,5$ unités plus rouge, **ou**
 - b. une value ≥ 1 unité plus basse, **ou**
 - c. un chroma ≥ 1 unité plus élevé; **et**
4. la teneur en argile des zones plus colorées est plus élevée (comme spécifié pour l'horizon *argique*) que celle des zones moins colorées; **et**
5. les zones moins colorées ont une profondeur plus importante que leur largeur, et les dimensions horizontales suivantes:
 - a. $\geq 0,5$ cm dans les horizons *argiques* de classe texturale argile ou argile limoneuse; **ou**
 - b. ≥ 1 cm dans les horizons *argiques* de classe texturale limon, loam limoneux, loam limono-argileux, loam, loam argileux ou argile sableuse; **ou**
 - c. $\geq 1,5$ cm dans les horizons *argiques* ayant d'autres textures; **et**
6. les zones moins colorées débutent à la limite supérieure de l'horizon *argique* et sont continues jusqu'à une profondeur ≥ 10 cm sous sa limite supérieure; **et**
7. les zones moins colorées occupent ≥ 10 % et ≤ 90 % de la surface dans les sections verticales et horizontales, dans les 10 cm supérieurs de l'horizon *argique*; **et**
8. ne sont pas comprises dans une couche de labour.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les glosses albéluviques sont un cas particulier des propriétés *rétiqes*. Dans les propriétés *rétiqes*, les zones moins colorées peuvent être plus minces et n'ont pas nécessairement de continuité verticale. Des propriétés *rétiqes* peuvent aussi se retrouver dans les horizons *natriques*, alors que par définition, les glosses albéluviques ne se trouvent que dans les horizons *argiques*. L'horizon *argique* dans lequel pénètrent les glosses albéluviques peut également remplir les critères de l'horizon *fragique*. L'horizon *argique* est surmonté par une couche contenant du matériau *albique*, par un horizon *cambique* ou par une couche de labour.

Propriétés andiques

Description générale

Les propriétés andiques (du japonais *an*, foncé, et *do*, sol) résultent de l'altération modérée de dépôts essentiellement pyroclastiques. La présence de minéraux proto-cristallins et/ou de complexes organo-métalliques sont des signes de propriétés andiques. Ces minéraux et complexes sont une des étapes de la séquence d'altération classique des dépôts pyroclastiques (matériau *téphrique* → propriétés *vitriques* → propriétés andiques). Cependant des propriétés andiques avec complexes organo-métalliques peuvent également se retrouver dans des matériaux non pyroclastiques, riches en silicates, sous climats tempérés frais et humides.

Les propriétés andiques peuvent se manifester en surface ou sous la surface du sol, souvent en couches. De nombreuses couches de surface à propriétés andiques ont une teneur élevée en matière organique ($\geq 5\%$), sont de couleur foncée (value et chroma Munsell ≤ 3 tous deux humides), ont une macro-structure soufflée et, par endroits, une consistance onctueuse. Elles ont une faible densité apparente et fréquemment une classe texturale de loam limoneux ou plus fine. Les couches andiques de surface riches en matière organique peuvent être très épaisses, atteignant ≥ 50 cm dans certains sols. Les couches andiques subsuperficielles sont généralement un peu moins foncées.

Selon le type d'altération principal agissant sur le matériau du sol, les couches andiques peuvent présenter diverses caractéristiques, comme p.ex. de la thixotropie: lorsque le matériau est pressé ou frotté, il se modifie, passant de l'état solide plastique à un état liquide avant de revenir à un état solide. Dans les climats perhumides, les couches andiques riches en humus peuvent retenir plus de deux fois la teneur en eau d'échantillons séchés à l'étuve et ré-humidifiés (caractéristique hydrique).

Les propriétés andiques se divisent en deux principaux types: le type *silandique*, où dominent les allophanes, imogolites et minéraux similaires; et le type *aluandique*, où domine l'Al complexé par les acides organiques. Les propriétés silandiques conduisent à une réaction du sol allant de très acide à neutre et à une couleur un peu plus claire, tandis que les aluandiques conduisent à une réaction du sol extrêmement acide à acide et à une couleur noirâtre.

Critères diagnostiques

Les propriétés andiques¹⁶ nécessitent:

1. une somme $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox} \geq 2\%$; **et**
2. une densité¹⁷ apparente $\leq 0,9 \text{ kg dm}^{-3}$; **et**
3. une rétention des phosphates $\geq 85\%$.

Identification sur le terrain

Les propriétés andiques peuvent être identifiées sur le terrain via le test de Fieldes et Perrott (1966) utilisant le fluorure de sodium. Dans des sols dépourvus de carbonates, un pH au NaF $\geq 9,5$ est indicatif d'allophane et/ou de complexes organo-aluminiques. Le test est valable pour la plupart des couches ayant des propriétés andiques, à l'exception de celles à teneur très élevée en matière organique. La même réaction

16 Adapté d'après Shoji *et al.*, 1996, et Takahashi, Nanzyo & Shoji, 2004.

17 Pour la densité apparente, le volume d'un échantillon de sol est déterminé à la capacité au champ (pression de succion 33 kPa, pas de séchage préalable); ensuite, le poids est déterminé après séchage à l'étuve (voir Annexe 2).

se produit cependant dans les horizons *spodiques* et avec certaines argiles riches en interstratifiés aluminiques.

Caractéristiques complémentaires

Les propriétés andiques se divisent entre propriétés silandiques et aluandiques. Les propriétés silandiques ont une teneur en $Si_{ox} \geq 0,6$ % ou un rapport $Al_{py} / Al_{ox} < 0,5$; les propriétés aluandiques ont une teneur en $Si_{ox} < 0,6$ % et un rapport $Al_{py} / Al_{ox} \geq 0,5$; les propriétés alusilandiques transitionnelles ont des teneurs en $Si_{ox} \geq 0,6$ et $< 0,9$ % et un rapport $Al_{py} / Al_{ox} \geq 0,3$ et $< 0,5$ (Poulenard & Herbillon, 2000) et sont considérées comme un cas particulier des propriétés silandiques.

Les couches de surface non cultivées, riches en matière organique avec propriétés silandiques ont normalement un $pH_{eau} \geq 4,5$, tandis que les couches similaires, mais à propriétés aluandiques ont un $pH_{eau} < 4,5$. Généralement, dans le sous-sol, les couches silandiques ont un $pH_{eau} \geq 5$.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés *vitriques* se distinguent des propriétés andiques par un degré moindre d'altération; ceci se voit par la présence de verres volcaniques et d'habitude par une teneur moindre en minéraux pédogénétiques proto-cristallins et/ou en complexes organo-métalliques; elles se distinguent également par une teneur moindre en Al_{ox} et Fe_{ox} , par une densité apparente plus élevée et par une rétention moindre en phosphates.

Les horizons *spodiques* contiennent aussi des complexes de substances organiques et de sesquioxydes; ils peuvent aussi présenter des propriétés andiques. On peut enfin trouver des propriétés andiques dans les horizons *chernique*, *mollique* et *umbrique*.

Propriétés anthriques

Description générale

Les propriétés anthriques (du grec *anthropos*, humain) s'appliquent à certains sols cultivés à horizons *mollique* ou *umbrique*. Certains d'entre eux sont des horizons *mollique* ou *umbrique* naturels modifiés; mais certains horizons *molliques* à propriétés anthriques sont des horizons naturels *umbriques* transformés en horizons *molliques* par chaulage et fertilisation. Des horizons minéraux de surface, même minces, pâles ou pauvres en humus peuvent être transformés en horizons *umbriques*, voire même en horizons *molliques*, par des façons culturales comme le labour, le chaulage ou la fertilisation, durant une longue période. Dans ce cas, le sol ne montre que très peu d'activité biologique, ce qui est très inhabituel pour des sols à horizon *mollique*.

Critères diagnostiques

Les propriétés anthriques¹⁸:

1. se rencontrent dans des sols à horizon *mollique* ou *umbrique*; **et**
2. se manifestent par au moins un des signes de perturbation par l'activité humaine suivants:
 - a. à la profondeur du labour, une limite inférieure abrupte et des signes de mélange par façon culturale de matériaux plus riches en humus avec d'autres plus pauvres; **ou**

18 Modifié d'après Krogh & Greve, 1999.

- b. des grumeaux de chaux appliquée; **ou**
 - c. $\geq 1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de P_2O_5 soluble dans l'acide citrique 1 %; **et**
3. a < 5 % de galeries d'animaux, de coprolites ou d'autres traces d'activité animale
- a. sur une profondeur de 20 à 25 cm à partir de la surface du sol, si le sol n'est pas labouré; **ou**
 - b. dans une fourchette de 5 cm de profondeur sous la couche de labour.

Identification sur le terrain

Les principaux critères de reconnaissance sont des signes indiquant le mélange du sol ou des façons culturales, des preuves de chaulage (ex. résidus d'application de chaux), une couleur foncée et l'absence quasi complète de traces d'activité faunique du sol.

Selon leur degré de fragmentation/dispersion, les matériaux plus riches en humus incorporés au sol peuvent être reconnus à l'oeil nu, ou à l'aide d'une loupe 10x ou de lames minces. Le matériau plus riche en humus incorporé au sol est d'habitude faiblement lié au matériau plus pauvre en humus; ceci se remarque dans toute la couche mélangée par la présence de grains de limon et de sable non revêtus au sein d'une matrice plus foncée.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés anthriques sont une caractéristique supplémentaire de certains horizons *mollique* ou *umbrique*. Les horizons *cherniques* abritent généralement une faune plus active et n'ont pas de propriétés anthriques.

Propriétés aridiques

Description générale

La locution propriétés aridiques (du latin *aridus*, sec) combine un ensemble de propriétés fréquentes dans les horizons de surface des sols sous conditions arides; elles peuvent survenir sous n'importe quel régime de températures, allant du très chaud au très froid; elles surviennent là où la vitesse de pédogenèse dépasse celle des nouvelles accumulations de surface – éoliennes ou alluviales.

Critères diagnostiques

Les propriétés aridiques nécessitent:

1. une teneur en *carbone organique du sol*, calculée comme moyenne pondérée dans les 20 cm supérieurs du sol ou, si la couche est plus mince, jusqu'au sommet d'un horizon diagnostique subsuperficiel, une couche cimentée ou indurée ou jusqu'à une *roche continue* ou un matériau *technique dur*, qui répond à au moins une des valeurs suivantes:
 - a. $< 0,2$ %; **ou**
 - b. $< 0,6$ % si la classe texturale de la fraction terre fine est un loam sableux ou plus fine; **ou**
 - c. < 1 % si le sol est périodiquement inondé, ou s'il a, dans une profondeur ≤ 100 cm à partir de la surface du sol, une $\text{EC}_e \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ à 25°C ; **et**

2. des preuves d'activité éolienne sous au moins une des formes suivantes:
 - a. dans une couche comprise dans les 20 cm supérieurs du sol, ou dans du matériau amené par le vent et remplissant des fissures, la fraction sableuse contient des particules de sable arrondies ou subangulaires à surface mate (vues à l'aide d'une loupe 10x); ces particules totalisent $\geq 10\%$ des fractions sables moyen et grossier; **ou**
 - b. des fragments rocheux façonnés par le vent (*ventifacts*) en surface; **ou**
 - c. de l'aéro-turbation (ex. couches entrecroisées) dans une couche comprise dans les 20 cm supérieurs du sol; **ou**
 - d. des preuves d'érosion éolienne; **ou**
 - e. des preuves de dépôt éolien dans une couche comprise dans les 20 cm supérieurs du sol; **et**
3. une valeur Munsell humide ≥ 3 et sèche ≥ 5 et un chroma humide ≥ 2 dans les 20 cm supérieurs du sol ou, si la couche est plus mince, jusqu'au sommet d'un horizon diagnostique subsuperficiel, une couche cimentée ou indurée ou jusqu'à une *roche continue* ou un matériau *technique dur*; **et**
4. un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) $\geq 75\%$ dans les 20 cm supérieurs du sol ou, si la couche est plus mince, jusqu'au sommet d'un horizon diagnostique subsuperficiel, une couche cimentée ou indurée ou jusqu'à une *roche continue* ou un matériau *technique dur*.

Caractéristiques complémentaires

La présence dans les sols de minéraux argileux aciculaires (en *forme d'aiguille*), comme la sépiolite et la palygorskite est indicatrice d'environnements désertiques, mais n'a pas été observée dans tous les sols désertiques. Ceci pourrait être dû au fait que des conditions arides ne produisent pas d'argiles aciculaires mais préservent celles qui préexistent dans le matériau parental ou dans les poussières tombant au sol, ou au fait que, dans certains environnements désertiques, l'altération est insuffisante pour créer des quantités détectables de minéraux argileux secondaires.

Propriétés gériques

Description générale

Les propriétés gériques (du grec *geraios*, vieux) se réfèrent à un matériau de sol minéral dont la somme des bases échangeables plus Al échangeable est très basse ou qui va même jusqu'à fonctionner comme échangeur d'anions.

Critères diagnostiques

Les propriétés gériques nécessitent au moins une des caractéristiques suivantes:

1. une somme des bases échangeables (NH_4OAc 1 M, pH 7) plus Al échangeable (KCl 1 M, non tamponné) $< 1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile **ou**
2. un delta pH (pH_{KCl} moins pH_{eau}) $\geq +0,1$.

Propriétés gleyiques

Description générale

Les matériaux de sol développent des propriétés gleyiques (du russe *gley*, masse de sol fangeuse) quand ils sont saturés par la nappe (ou, s'ils sont drainés, qu'ils aient été saturés dans le passé) pendant une période qui permet à des *conditions réductrices* de s'installer (cela peut aller de quelques jours sous les tropiques à quelques semaines dans les autres régions). Des propriétés gleyiques peuvent toutefois se développer dans une couche argileuse surmontant une couche sableuse, même en l'absence de nappe. Dans certains sols à propriétés gleyiques, les *conditions réductrices* sont dues à la remontée de gaz comme le méthane ou le dioxyde de carbone.

Critères diagnostiques

Les propriétés gleyiques ont une des caractéristiques suivantes:

1. une couche dont ≥ 95 % de la zone exposée ont des couleurs considérées comme réductimorphiques, et qui ont:
 - a. un hue Munsell (humide) = N, 10Y, GY, G, BG, B ou PB; **ou**
 - b. un hue Munsell (humide) = 2,5Y ou 5Y et un chroma ≤ 2 ; **ou**
2. une couche dont > 5 % de la zone exposée sont des taches de couleurs considérées comme oxymorphiques, et qui:
 - a. sont principalement concentrées autour des chenaux racinaires et sur ou près des agrégats de sol, si présents; **et**
 - b. ont un hue Munsell (humide) $\geq 2,5$ unités plus rouge et un chroma Munsell ≥ 1 unité plus élevé que le matériau environnant; **ou**
3. une combinaison de deux couches: l'une remplissant le critère diagnostique 2 et l'autre située directement dessous, et remplissant le critère diagnostique 1.

Identification sur le terrain

Les propriétés gleyiques sont le résultat d'un gradient redox entre la nappe phréatique et la frange capillaire induisant une distribution inégale des (hydr-)oxydes de fer et de manganèse. Dans la partie basse du sol et/ou à l'intérieur des agrégats, les oxydes sont transformés en composés de Fe/Mn(II) insolubles ou sont déplacés; les deux processus conduisent à une perte des couleurs de hue plus rouge que 2,5Y. Les composés de Fe et Mn déplacés peuvent être concentrés sous forme oxydée (Fe[III], Mn[IV]) sur les surfaces des agrégats ou dans les pores biologiques (chenaux racinaires rouillés), et vers la surface, même dans la matrice. Les concentrations de Mn peuvent être identifiées par la forte effervescence provoquée par une solution de H₂O₂ à 10 %.

La présence de couleurs réductimorphiques est le signe de conditions humides permanentes. Dans les matériaux argileux et loameux dominant les couleurs bleu-vert engendrées par la 'rouille verte' (sels hydroxy de Fe(II, III)). Si le matériau est riche en soufre (S), les couleurs dominantes sont noirâtres, générées par des sulfures de fer colloïdaux comme la greigite ou la mackinawite (faciles à reconnaître à l'odeur après application de HCl 1 M). Dans des matériaux calcaires, les couleurs blanchâtres prédominent; elles sont dues à la présence de calcite ou de sidérite. Les sables sont généralement gris clair à blancs et sont souvent appauvris en Fe et Mn. Les couleurs

vert bleuâtre et noires sont instables et, exposées à l'air, s'oxydent en quelques heures en brun rougeâtre. La partie supérieure d'une couche réductimorphique peut avoir jusqu'à 5 % de taches de rouille, principalement autour des chenaux racinaires ou creusés par les animaux fouisseurs.

Les couleurs oxymorphiques sont le reflet de conditions oxydantes, comme il s'en trouve dans la frange capillaire et dans les horizons de surface de sols à nappe fluctuante. Des couleurs spécifiques indiquent la présence de ferrihydrite (brun rougeâtre), de goethite (brun jaunâtre vif), de lépidocrocite (orange), de schwertmannite (orange foncé) et de jarosite (jaune pâle). Dans les sols loameux et argileux, les oxydes/hydroxydes sont concentrés sur les faces des agrégats de sol et sur les parois des pores les plus larges (comme les anciens chenaux racinaires).

Dans la plupart des cas, une couche répondant au critère diagnostique 2 reposera sur une couche répondant au critère 1. De nombreux sols submergés (eau douce ou eau de mer) et les sols des zones intertidales n'ont qu'une couche répondant au critère 1 et n'ont pas de couche répondant au critère 2.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés gleyiques diffèrent des propriétés *stagniques*. Les propriétés gleyiques sont causées par la remontée d'un agent réducteur (essentiellement une nappe) créant une couche inférieure fortement réduite et une couche supérieure à couleurs oxymorphiques au contact des surfaces des agrégats (dans certains sols, seule une de ces couches est présente). Les propriétés *stagniques* sont causées par la stagnation d'un agent réducteur intrusif (surtout l'eau de pluie) créant une couche supérieure réduite et une couche inférieure à couleurs oxymorphiques à l'intérieur des agrégats (dans certains sols, seule une de ces couches est présente).

Propriétés protocalciques

Description générale

Les propriétés protocalciques (du grec *protou*, avant, et du latin, *calx*, chaux) se rapportent aux carbonates précipités dans le sol à partir de la solution du sol. Ils ne sont pas issus du matériau parental du sol, ni d'autres sources comme des poussières. Ces carbonates sont appelés carbonates secondaires. Pour être reconnus comme propriétés protocalciques, ils doivent être présents de manière permanente et significative.

Critères diagnostiques

Les propriétés protocalciques se rapportent à des accumulations de carbonate présentant au moins une des caractéristiques suivantes:

1. rompre la structure ou l'organisation du sol; **ou**
2. occuper ≥ 5 % du volume du sol sous forme de masses, nodules, concrétions ou agrégats sphéroïdaux (*yeux blancs*), tendres et poudreux (secs); **ou**
3. couvrir ≥ 50 % des faces des agrégats, des surfaces des pores ou les côtés inférieurs de fragments rocheux ou cimentés, de revêtements tendres suffisamment épais pour être visibles lorsqu'ils sont humides; **ou**
4. former des filaments permanents (*pseudomycelia*).

Caractéristiques complémentaires

Des accumulations de carbonates secondaires ne sont qualifiées de propriétés protocalciques que si elles sont permanentes et qu'elles ne dépendent pas des conditions d'humidité pour apparaître et disparaître. Ceci peut être vérifié par aspersion d'eau.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Des accumulations plus importantes de carbonates secondaires peuvent former un horizon *calcique* ou même un horizon *pétoalcique*, si elles sont cimentées ou indurées. Un matériau *calcarique* se rapporte à des carbonates primaires.

Propriétés rétiques

Description générale

Les propriétés rétiques (du latin *rete*, filet) décrivent les digitations de matériau *albique* de texture plus grossière dans un horizon *argique* ou *natrique* de texture plus fine. Les digitations de matériau *albique* résultent de l'élimination partielle de l'argile et des oxydes de fer libre. Un matériau *albique* de texture plus grossière peut aussi tomber de l'horizon supérieur dans des fissures de l'horizon *argique* ou *natrique*. Les digitations de matériau *albique* sont disposées sous forme d'intercalations verticales et horizontales blanchâtres sur les faces et arêtes des agrégats de sol.

Critères diagnostiques

Les propriétés rétiques sont une combinaison de parties plus colorées et d'autres plus pâles au sein d'une même couche, et présentant toutes les caractéristiques suivantes:

1. les parties plus colorées font partie d'un horizon *argique* ou *natrique*; **et**
2. les parties plus pâles sont constituées de matériau *albique*; **et**
3. par rapport aux parties plus pâles, les parties plus colorées ont les couleurs Munsell (humides) suivantes:
 - a. un hue $\geq 2,5$ unités plus rouge, **ou**
 - b. une valeur ≥ 1 unité plus basse, **ou**
 - c. un chroma ≥ 1 unité plus élevé; **et**
4. la teneur en argile des parties plus colorées est plus élevée que celle des parties plus pâles, comme défini pour les horizons *argique* et *natrique*; **et**
5. les parties plus pâles ont des largeurs $\geq 0,5$ cm; **et**
6. les parties plus pâles débutent à la limite supérieure de l'horizon *argique* ou *natrique*; **et**
7. les parties plus pâles occupent des zones couvrant ≥ 10 % et ≤ 90 % en sections verticale et horizontale, dans les 10 cm supérieurs de l'horizon *argique* ou *natrique*; **et**
8. n'est pas présente dans une couche de labour.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés rétiques comprennent le cas particulier des *glosses albéluviques*. L'horizon *argique* ou *natrique* qui présente des propriétés rétiques peut aussi remplir les critères de l'horizon *fragique*. Une couche à propriétés rétiques peut également présenter des propriétés *stagniques* avec ou sans *conditions réductrices*. La couche à propriétés rétiques est surmontée par une couche contenant du matériau *albique*, par un horizon *cambique* ou par une couche de labour.

Propriétés sidéraliques

Description générale

Les propriétés sidéraliques (du grec *sideros*, fer, et du latin *alumen*, alun) se rapportent à du matériau de sol ayant une CEC relativement basse.

Critères diagnostiques

Les propriétés sidéraliques sont présentes dans une couche subsuperficielle et ont au moins une des caractéristiques suivantes:

1. une CEC (NH_4OAc 1 M, pH 7) $< 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile; **ou**
2. les deux caractéristiques suivantes:
 - a. une CEC (NH_4OAc 1 M, pH 7) $< 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de sol; **et**
 - b. un chroma Munsell humide ≥ 5 .

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés sidéraliques sont également présentes dans les horizons *ferraliques* et dans les matériaux de sol répondant aux critères de l'horizon *ferralique*, excepté la texture.

Propriétés stagniques

Description générale

Les matériaux de sol développent des propriétés stagniques (du latin *stagnare*, stagner) s'ils sont saturés par l'eau de surface au moins temporairement (ou, s'ils sont drainés, furent saturés dans le passé) durant des périodes suffisamment longues pour permettre l'installation de *conditions réductrices* (ceci peut prendre quelques jours sous les tropiques à quelques semaines dans les autres régions). Dans certains sols à propriétés stagniques, les *conditions réductrices* sont causées par l'intrusion de liquides comme du pétrole.

Critères diagnostiques

Les propriétés stagniques ont au moins une des caractéristiques suivantes:

1. une couche tachetée d'au moins deux couleurs et au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. des taches et/ou des concrétions et/ou des nodules dont la couleur est considérée comme oxymorphique, et qui:
 - ai. sont principalement situés au sein des agrégats, si présents; **et**

Critères diagnostiques

Les propriétés takyriques ont:

1. des propriétés *aridiques*; **et**
2. une croûte de surface qui a toutes les caractéristiques suivantes:
 - a. une épaisseur suffisante qui empêche qu'elle se courbe entièrement en séchant; **et**
 - b. des fentes polygonales d'une profondeur ≥ 2 cm quand le sol est sec; **et**
 - c. une classe texturale de loam argileux, de loam limono-argileux ou d'argile; **et**
 - d. une consistance (sèche) très dure et une consistance (humide) plastique ou très plastique et collante ou très collante; **et**
 - e. une conductivité électrique (EC_e) de l'extrait de saturation $< 4 \text{ dS m}^{-1}$, ou inférieure à celle de la couche directement sous-jacente à la croûte de surface; **et**
 - f. une structure lamellaire ou massive.

Identification sur le terrain

Les propriétés takyriques se forment dans des dépressions des régions arides, où l'eau de surface riche en argile et en limon mais relativement pauvre en sels solubles s'accumule et lessive les sels des horizons supérieurs du sol. Ceci entraîne la dispersion des argiles et la formation d'une croûte épaisse, compacte, de texture fine présentant en séchant des fentes polygonales nettes. La croûte contient souvent ≥ 80 % d'argile et de limon.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés takyriques sont associées à de nombreux horizons diagnostiques, dont les plus importants sont les horizons *natrique*, *salique*, *gypsique*, *calcique* et *cambique*. La faible EC et la faible teneur en sels solubles des propriétés takyriques les séparent de l'horizon *salique*.

Propriétés vitriques

Description générale

Les propriétés vitriques (du latin *vitrum*, verre) s'appliquent à des couches contenant du verre volcanique et d'autres minéraux primaires issus de projections volcaniques et contenant peu de minéraux proto-cristallins ou de complexes organo-métalliques.

Critères diagnostiques

Les propriétés vitriques¹⁹ ont:

1. ≥ 5 % (par comptage de grains) de verres volcaniques, d'agrégats vitreux et d'autres minéraux primaires à revêtements vitreux, dans la fraction $\geq 0,02$ et ≤ 2 mm; **et**

19 Adapté de Takahashi, Nanzyo et Shoji (2004) et de constatations de l'Action COST 622.

2. une somme $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox} \geq 0,4 \%$; **et**
3. une rétention en phosphates $\geq 25 \%$.

Identification sur le terrain

Les propriétés vitriques peuvent être présentes dès la surface; elles peuvent aussi être situées sous plusieurs dizaines de centimètres de dépôts pyroclastiques récents. Les couches avec propriétés vitriques peuvent contenir une quantité appréciable de matière organique. Les fractions sable et limon grossier des couches avec propriétés vitriques contiennent une quantité importante de verres volcaniques non ou partiellement altérés, d'agrégats vitreux et d'autres minéraux primaires à revêtements vitreux (les fractions les plus grossières peuvent être observées à l'aide d'une loupe 10 x; les fractions plus fines doivent être observées au microscope).

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés vitriques sont d'une part proches des propriétés *andiques*, vers lesquelles elles peuvent finalement évoluer. Durant cette évolution, une couche peut montrer à la fois la quantité de verres volcaniques requise pour les propriétés vitriques et les caractéristiques des propriétés *andiques*. D'autre part, les couches à propriétés vitriques dérivent de matériaux *téphriques*.

Des horizons *chernique*, *mollique* et *umbrique* peuvent également présenter des propriétés vitriques.

Propriétés yermiques

Description générale

Les propriétés yermiques (de l'espagnol *yerma*, désert) se trouvent dans des horizons de surface consistant généralement, mais pas toujours, en accumulations de surface de fragments rocheux (*pavement du désert*), enchâssées dans une couche loameuse et vésiculaire; cette couche peut être couverte d'un manteau fin de sable éolien ou de loess.

Critères diagnostiques

Les propriétés yermiques ont:

1. des propriétés *aridiques*; **et**
2. au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. un pavement vernissé ou incluant des graviers ou des pierres façonnés par le vent (*ventifacts*); **ou**
 - b. un pavement associé à une couche vésiculaire; **ou**
 - c. une couche de surface lamellaire recouvrant une couche vésiculaire.

Identification sur le terrain

Les propriétés yermiques comprennent un pavement et/ou une couche vésiculaire de classe texturale de loam. La couche vésiculaire présente un réseau polygonal de fentes de dessiccation se prolongeant dans les couches sous-jacentes souvent remplies de matériau éolien. Les couches de surface ont une structure lamellaire peu à moyennement développée.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les propriétés yermiques se forment souvent en association avec d'autres caractéristiques diagnostiques typiques des environnements désertiques (horizons *salique*, *gypsique*, *durique*, *calcique* et *cambique*). Dans les déserts très froids (ex. Antarctique), elles peuvent être associées à des horizons *cryiques*. Sous ces conditions, les matériaux dominants sont cryoclastiques et grossiers, les poussières sont rares et ne forment guère de dépôts. Dès lors peut se former un pavement dense vernissé, avec ventifacts, couches de sables éoliens et accumulations de minéraux solubles, surmontant directement des dépôts meubles, mais sans couche vésiculaire.

Roche continue

Critères diagnostiques

Une roche continue est un matériau consolidé situé à la base du sol, à l'exclusion d'horizons pédogénétiques cimentés ou indurés tels que les horizons *pétrocalcique*, *pétrodurique*, *pétrogypsique* et *pétraplinthique*. Une roche continue est suffisamment consolidée pour qu'un échantillon de 25-30 mm de côté séché à l'air, reste intact après une heure de submersion dans l'eau. Le matériau n'est considéré comme continu que lorsque des fissures dans lesquelles peuvent pénétrer des racines sont en moyenne espacées de ≥ 10 cm et occupent < 20 % (en volume) de la roche continue, sans qu'un déplacement important de la roche soit survenu.

MATERIAUX DIAGNOSTIQUES

Artéfacts

Critères diagnostiques

Les artéfacts (du latin *ars*, art, et *factus*, fabriqué) sont des substances solides ou liquides qui ont:

1. au moins une des deux caractéristiques suivantes:
 - a. ont été créées ou considérablement modifiées par l'homme via un procédé de fabrication industriel ou artisanal; **ou**
 - b. ont été amenées en surface par l'activité humaine d'une profondeur à laquelle elles n'étaient pas influencées par les processus de surface, et déposées dans un environnement aux propriétés très différentes où elles ne sont pas communes; **et**
2. des propriétés chimiques et minéralogiques très semblables à celles qu'elles avaient au moment de leur fabrication, modification ou excavation.

Caractéristiques complémentaires

Exemples d'artéfacts: briques, poteries, verres, pierres concassées ou de taille, panneaux de bois, déchets industriels, détritiques, produits pétroliers bruts ou raffinés, bitume, déchets de mine.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Un matériau *technique dur* et des géomembranes intactes, morcelées ou composées, remplissent aussi les critères des artéfacts.

Carbone organique du sol

Critères diagnostiques

Le carbone organique du sol est le carbone organique qui ne remplit pas les critères des *artéfacts*.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Quand le carbone organique remplit les critères des *artéfacts*, les qualificatifs *Garbic* ou *Carbonic* peuvent s'appliquer.

Matériau albique

Description générale

Un matériau albique (du latin *albus*, blanc) est de la terre fine peu colorée en majorité, dont la matière organique et/ou les oxydes de fer libre ont été éliminés ou dont les oxydes ont été tellement isolés que la couleur de l'horizon est déterminée plutôt par la couleur des particules de sable et de limon que par les revêtements sur ces particules. Un matériau albique a généralement une structure peu marquée ou la structure en est totalement absente.

Critères diagnostiques

Un matériau albique est de la terre fine qui a:

1. à l'état sec dans ≥ 90 % de son volume:

- a. une valeur Munsell = 7 ou 8 et un chroma ≤ 3 ; **ou**
 - b. une valeur Munsell = 5 ou 6 et un chroma ≤ 2 ; **et**
2. à l'état humide dans ≥ 90 % de son volume:
- a. une valeur Munsell = 6, 7 ou 8 et un chroma ≤ 4 ; **ou**
 - b. une valeur Munsell = 5 et un chroma ≤ 3 ; **ou**
 - c. une valeur Munsell = 4 et un chroma ≤ 2 ; **ou**
 - d. une valeur Munsell = 4 et un chroma = 3 si la couleur dérive d'un matériau parental avec un hue = 5YR ou plus rouge et si le chroma est dû à la couleur de grains de sable ou de limon non revêtus.

Identification sur le terrain

L'identification sur le terrain dépend des couleurs du sol. Une loupe 10x permettra de vérifier que les grains de sable et de limon sont bien dépourvus de revêtements. Un matériau albique peut manifester un saut de chroma important lorsqu'il est humidifié. De tels sols se rencontrent notamment en Afrique du Sud.

Caractéristiques complémentaires

La présence de revêtements autour des grains de sable et de limon peut être certifiée par l'étude microscopique de lames minces. Des grains non revêtus montrent généralement une très fine bordure à leur surface. Les revêtements peuvent être faits de matière organique, d'oxydes de fer, ou des deux et sont sombres sous rétro-éclairage. Les revêtements ferrugineux deviennent rougeâtres sous lumière réfléchie, tandis que les revêtements organiques restent noir-brunâtres.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

D'habitude, les couches avec du matériau albique sont recouvertes de couches riches en humus; elles peuvent aussi se retrouver en surface suite à une érosion ou à une évacuation artificielle de la couche de surface. Un matériau albique est le signe d'un stade avancé d'éluviation et est donc généralement associé à un horizon éluvial. Pour cette raison, il recouvre souvent un horizon illuvial comme un horizon *argique*, *natrique* ou *spodique*. Dans les matériaux sableux, les couches avec du matériau albique peuvent atteindre des épaisseurs considérables (jusqu'à plusieurs mètres), en particulier sous les tropiques humides; dans ce cas, la présence d'autres horizons diagnostiques peut être difficile à attester. Un matériau albique peut aussi être le résultat de processus de réduction. Il peut aussi se former au-dessus d'un horizon *plinthique*.

Matériau calcarique

Description générale

Un matériau calcarique (du latin *calcarius*, contenant de la chaux) est un matériau qui contient ≥ 2 % d'équivalent carbonate de calcium. Ces carbonates proviennent du matériau parental.

Critères diagnostiques

Un matériau calcarique produit une forte effervescence après ajout de HCl 1 M dans la plupart des parties de la terre fine qui:

1. ne rompent pas la structure ou l'organisation du sol; **et**
2. ne font pas partie de masses, nodules, concrétions ou agrégats sphéroïdaux (yeux blancs) tendres et poudreux (secs); **et**
3. ne sont pas des revêtements tendres sur les faces des agrégats ou dans les pores; **et**
4. ne forment pas de filaments permanents (pseudomycelia).

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons *calciq*ue et *pétrocalciq*ue contiennent des carbonates secondaires. Les propriétés *protocalciq*ues se rapportent à des accumulations moindres de carbonates secondaires. Une couche peut être constituée de matériau calcarique et en plus avoir des propriétés *protocalciq*ues.

Matériau colluvique

Description générale

Un matériau colluvique (du latin *colluvio*, mélange) est un mélange hétérogène de matériaux qui, sous la force gravitaire, se retrouve au bas d'un versant. Il a été transporté par érosion en nappe ou par reptation, et le transport peut avoir été accéléré par l'aménagement du territoire (déforestation, labour dans le sens de la pente, dégradation de la structure). Il s'est formé dans des temps géologiques récents (principalement l'Holocène). Il s'accumule normalement dans des pentes, des dépressions ou en amont d'un obstacle (naturel ou anthropique, comme une haie ou un muret) dans une pente faible.

Critères diagnostiques

Un matériau colluvique:

1. se trouve sur pente, en bas de versant, sur cône de déjection ou sur position similaire; **et**
2. montre des traces de mouvement vers le bas de pente; **et**
3. n'a pas une origine fluviatile, lacustre ou marine; **et**
4. s'il recouvre un sol minéral enfoui, a une densité apparente moindre que celle du sol enfoui.

Identification sur le terrain

Un matériau colluvique peut avoir toutes les granulométries allant de l'argile au sable. Quelques éléments grossiers peuvent s'y trouver. Un matériau colluvique est généralement mal trié. Il peut présenter de vagues stratifications, mais les stratifications n'en sont pas un caractère typique, à cause de la nature diffuse ou chaotique des processus de dépôt. Un matériau colluvique occupera plutôt des zones à pentes faibles à modérées (2-30 %) (pied de pente, pentes concaves). Du charbon de bois ou de petits *artéfacts* comme des morceaux de brique, de céramique et de verre peuvent être présents dans du matériau colluvique. Souvent, un matériau colluvique présentera une *discontinuité lithique* à sa base.

La partie supérieure du matériau colluvique a des caractéristiques similaires à la couche de surface du matériau source environnant (texture de la terre fine, couleur, pH et teneur en *carbone organique du sol*). Dans les cas extrêmes, un profil dans du matériau colluvique est un miroir du profil du sol érodé en amont, le nouveau sol recouvrant un sol plus ancien. Une bonne indication de colluvionnement dans un paysage est le changement de couleur entre les pentes convexes et concaves.

Des mouvements de masse rapides comme des glissements de terrain, des effondrements ou des chablis ne sont généralement pas considérés comme des processus de colluvionnement.

Matériau dolomitique

Critères diagnostiques

Un matériau dolomitique (d'après le nom du géologue français *Déodat de Dolomieu*) produit dans la plus grande partie de la terre fine une forte effervescence après ajout de HCl 1 M chauffé. Ce matériau contient ≥ 2 % d'un minéral ayant un rapport $\text{CaCO}_3 / \text{MgCO}_3 < 1,5$. Avec du HCl non chauffé, l'effervescence est faible et retardée.

Matériau fluviatique

Description générale

Un matériau fluviatique (du latin *fluvius*, cours d'eau) se rapporte à des sédiments fluviatiles, marins ou lacustres qui reçoivent du matériau frais, ou qui en ont reçu dans le passé, et qui présentent des stratifications.

Critères diagnostiques

Un matériau fluviatique:

1. est d'origine fluviatile, marine ou lacustre; **et**
2. a au moins une des caractéristiques suivantes:
 - a. des stratifications nettes (y compris des stratifications perturbées par cryoturbation) dans ≥ 25 % du volume du sol sur une profondeur spécifiée (y compris des strates plus épaisses que la profondeur spécifiée); **ou**
 - b. une stratification identifiée par une couche ayant toutes les caractéristiques suivantes:
 - bi. $\geq 0,2$ % de *carbone organique du sol*; **et**
 - bii. une teneur en *carbone organique du sol* ≥ 25 % (relatif) et $\geq 0,2$ % (absolu) plus élevée que celle de la couche susjacente; **et**
 - biii. ne fait pas partie d'un horizon *spodique* ou *sombrique*.

Identification sur le terrain

Les stratifications peuvent se reconnaître de différentes manières:

- une variation de texture et/ou de teneur ou de nature en éléments grossiers, ou
- différentes couleurs liées aux matériaux originels, ou

- des couches de sol alternant des couleurs claires et sombres, signes d'une diminution irrégulière de la teneur en *carbone organique du sol* avec la profondeur.

Caractéristiques complémentaires

Un matériau fluviatique est toujours associé à des masses d'eau (cours d'eau, lacs, mers) et peut par cela être différencié d'un matériau *colluvique*.

Matériau gypsirique

Critères diagnostiques

Un matériau gypsirique (du grec *gypsos*, plâtre) est un matériau *minéral* dont la teneur en gypse est $\geq 5\%$ (en volume) dans les parties de terre fine qui ne contiennent pas de gypse secondaire.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons *gypsique* et *pétrogypsique* contiennent au moins un peu de gypse secondaire. Une couche peut être constituée de matériau gypsirique et en plus contenir du gypse secondaire.

Matériau hypersulfidique

Description générale

Un matériau hypersulfidique peut subir une forte acidification en raison de l'oxydation de composés sulfurés inorganiques présents dans le matériau. Par détermination du potentiel acidogène, un matériau hypersulfidique présente une acidité nette positive²⁰. Sur le plan conceptuel, il a la même définition que celle du matériau *sulfidique* décrit dans la WRB 2006; il est également connu sous le vocable « sol sulfaté acide potentiel ».

Critères diagnostiques

Un matériau hypersulfidique a:

1. $\geq 0,01\%$ de S sulfuré inorganique (poids sec); **et**
2. un pH ≥ 4 qui subit une chute à pH < 4 (1:1 en poids dans l'eau, ou dans suffisamment d'eau pour permettre la mesure) lorsqu'une couche de 2 à 10 mm d'épaisseur est incubée en aérobie à la capacité au champ jusqu'à:
 - a. une chute de pH $\geq 0,5$ unité; **ou**
 - b. une baisse de pH $< 0,1$ unité après ≥ 8 semaines et sur une période de ≥ 14 jours; **ou**
 - c. un début d'élévation de pH après ≥ 8 semaines.

Identification sur le terrain

Un matériau hypersulfidique est engorgé de manière saisonnière ou permanente ou se forme sous conditions principalement anaérobies. Humide, il a un hue Munsell = N, 5Y, 5GY, 5BG ou 5G, une value = 2, 3 ou 4 et un chroma = 1. Si le sol est perturbé, une odeur de sulfure d'hydrogène (oeuf pourri) peut se dégager; elle est accentuée

²⁰ La formule générale de la détermination du potentiel acidogène d'un matériau sulfureux est: *Acidité nette* = *Acidité sulfureuse potentielle* + *Acidité existante* - *Capacité de neutralisation acide* / *Facteur de finesse*

par application de HCl 1 M.

Pour une estimation rapide, un échantillon de 10 g traité avec 50 ml de H₂O₂ à 30 % peut faire chuter le pH sous 2,5. Le diagnostic final ne pourra se faire qu'à l'aide du test d'incubation.

Attention: H₂O₂ est un puissant oxydant; les sulfures et la matière organique vont fortement mousser dans le tube à essai qui peut devenir très chaud.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Le matériau hypersulfidique est un cas particulier de matériau *sulfidique*. L'acidification d'un matériau hypersulfidique entraîne généralement le développement d'un horizon *thionique*.

Matériau hyposulfidique

Description générale

Un matériau hyposulfidique est un matériau *sulfidique* qui ne subit pas l'acidification sévère résultant de l'oxydation des composés inorganiques sulfurés qu'il contient. Bien que l'oxydation n'entraîne pas la formation de sols sulfatés acides, le matériau hyposulfidique est un risque important pour l'environnement à cause des processus liés aux sulfures inorganiques. Par la présence de carbonate de calcium, le matériau hyposulfidique a une capacité à l'auto-neutralisation, c'est-à-dire que par détermination du potentiel acidogène²¹, il présente une acidité nette nulle ou négative.

Critères diagnostiques

Un matériau hyposulfidique:

1. $\geq 0,01$ % de S sulfuré inorganique (poids sec); **et**
2. n'est pas constitué de matériau *hypersulfidique*.

Identification sur le terrain

Le matériau hyposulfidique se forme dans les mêmes environnements que le matériau *hypersulfidique* et peut être impossible à l'en distinguer morphologiquement. Cependant, il ne sera vraisemblablement pas de texture grossière. Le test au peroxyde d'hydrogène (voir matériau *hypersulfidique*) est aussi une indication, mais le diagnostic final est le test à l'incubation. La présence de carbonates dans la fraction terre fine peut être testée sur le terrain pour estimer la capacité d'auto-neutralisation du sol.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Le matériau hyposulfidique est un cas particulier de matériau *sulfidique*. L'acidification d'un matériau hyposulfidique n'entraîne généralement pas le développement d'un horizon *thionique*.

Matériau limnique

Critères diagnostiques

Un matériau limnique (du grec *limnae*, étang) contient des matériaux *organiques* et *minéraux* qui sont:

²¹ La formule générale de la détermination du potentiel acidogène d'un matériau sulfureux est: Acidité nette = Acidité sulfureuse potentielle + Acidité existante - Capacité de neutralisation acide / Facteur de finesse.

1. déposés dans l'eau par précipitation ou via l'action d'organismes aquatiques comme les diatomées et autres algues; **ou**
2. issus de plantes aquatiques immergées ou flottantes et fortement modifiés par des animaux aquatiques.

Identification sur le terrain

Un matériau limnique est un dépôt immergé. (Après drainage, il peut ne plus l'être). Quatre types de matériaux limniques sont reconnus:

1. *coprogenous earth* (terre coprogène) or *sedimentary peat* (tourbe sédimentaire): en majorité organique, reconnaissable par les nombreuses boulettes fécales, valeur Munsell humide ≤ 4 , suspension aqueuse un peu visqueuse, consistance non ou peu plastique et non collante, retrait au séchage, réhumectation difficile après dessiccation et fissuration horizontale.
2. *Diatomaceous earth* (terre à diatomées): majorité de diatomées (siliceuses), identifiable par la modification irréversible de la couleur matricielle (valeur Munsell = 3, 4 ou 5 en terrain humide ou mouillé) résultant de la rétraction irréversible des revêtements organiques sur les diatomées (sous microscope 440x).
3. *Marl* (maërl): fortement calcaire, identifiable par une valeur Munsell humide ≥ 5 et par une réaction à l'HCl 1 M. D'habitude, la couleur du maërl ne se modifie pas au séchage.
4. *Gyttja*: petits agrégats coprogènes de matière organique fortement humifiée et de minéraux principalement argileux et limoneux, teneur en *carbone organique du sol* $\geq 0,5$ %, hue Munsell humide = 5Y, GY ou G, forte rétraction après drainage et valeur rH ≥ 13 .

Matériau minéral

Description générale

Dans un matériau minéral (du celtique *mine*, minéral), les propriétés du sol sont dominées par les composés minéraux.

Critères diagnostiques

Un matériau minéral a < 20 % (en poids) de *carbone organique du sol* dans la fraction terre fine.

Relations avec d'autres propriétés diagnostiques

Un matériau dont la teneur en *carbone organique du sol* est ≥ 20 % est un matériau *organique*.

Matériau organique

Description générale

Un matériau organique (du grec *organon*, outil) est constitué d'une grande quantité de débris organiques qui s'accumulent sous conditions humides ou sèches et dans lequel la composante minérale n'a guère d'influence sur les propriétés du sol.

Critères diagnostiques

Un matériau organique a ≥ 20 % (en poids) de *carbone organique du sol* dans la

fraction terre fine.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Les horizons *histique* et *folique* sont constitués de matériau organique. Un matériau ayant < 20 % de *carbone organique du sol* est un matériau *minéral*.

Matériau ornithogénique

Description générale

Un matériau ornithogénique (du grec *ornithos*, oiseau, et *genesis*, origine) est un matériau fortement influencé par les excréments d'oiseaux. Il a souvent une teneur élevée en graviers transportés par les oiseaux.

Critères diagnostiques

Un matériau ornithogénique a:

1. des restes d'oiseaux ou d'activité aviaire (ossements, plumes, graviers triés de taille similaire); **et**
2. une teneur en $P_2O_5 \geq 0,25$ % dans l'acide citrique 1 %.

Matériau sulfidique

Description générale

Un matériau sulfidique (du latin *sulphur*, soufre) est un dépôt contenant des sulfures inorganiques décelables. Un matériau sulfidique comprend divers matériaux engorgés par l'eau de manière temporaire ou permanente, en ce compris des *artéfacts* comme des déchets miniers. Un matériau sulfidique devient souvent extrêmement acide lorsqu'il est drainé (dans ce cas, il est appelé matériau *hypersulfidique*).

Critères diagnostiques

Un matériau sulfidique a:

1. un pH (1:1 dans l'eau) ≥ 4 ; **et**
2. une teneur en S sulfuré inorganique $\geq 0,01$ % (en poids sec).

Identification sur le terrain

En conditions humides ou mouillées, les dépôts contenant des sulfures exhibent souvent des reflets dorés, couleur de pyrite. Les gammes de couleur Munsell sont: hue = N, 5Y, 5GY, 5BG ou 5G; value = 2, 3 ou 4; chroma toujours = 1. La couleur est généralement instable, et noircit à la lumière. Une argile sulfurée est d'habitude quasiment inaltérée. Si le sol est perturbé, un dégagement de sulfure d'hydrogène peut se faire sentir (odeur d'oeuf pourri). Ceci est accentué par application de HCl 1 M.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Deux types de matériau sulfidique sont reconnus en fonction du type et de la quantité de minéraux sulfureux oxydables présents, ainsi que de la capacité de neutralisation du matériau du sol: les matériaux *hypersulfidique* et *hyposulfidique*. Ces matériaux diagnostiques définis de manière plus détaillée doivent être employés pour la classification quand c'est possible. L'acidification d'un matériau *hypersulfidique* entraîne généralement le développement d'un horizon *thionique*.

Matériau technique dur

Critères diagnostiques

Un matériau technique dur (du grec *technikos*, fabriqué ou construit avec soin):

1. est un matériau consolidé issu d'un processus industriel; **et**
2. a des propriétés fort différentes de celles des matériaux naturels; **et**
3. est continu ou contient des espaces libres couvrant < 5 % de sa dimension horizontale.

Caractéristiques complémentaires

Exemples de matériaux techniques durs: asphalte, béton ou couche continue de pierres ouvragées.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

Un matériau technique dur, intact, morcelé ou composé remplit aussi les critères des *artéfacts*.

Matériau téphrique

Description générale

Un matériau téphrique²² (du grec *tephra*, cendre entassée) est constitué soit de tephra, c'est-à-dire des produits pyroclastiques non consolidés, non ou peu altérés, émis lors d'éruptions volcaniques (poussières, cendres, lapilli, ponces, produits pyroclastiques vésiculaires similaires aux ponces, bombes et blocs volcaniques et autres), soit de dépôts téphriques, c'est-à-dire des tephra retravaillées et mélangées à d'autres matériaux. Ceci comprend les loëss téphriques, les sables téphriques éoliens et les alluvions de matériaux volcaniques.

Critères diagnostiques

Un matériau téphrique:

1. a ≥ 30 % (par comptage de grains) de verres volcaniques, d'agrégats vitreux et d'autres minéraux primaires revêtus de verre dans la fraction $\geq 0,02$ et ≤ 2 mm; **et**
2. n'a pas de propriétés *andiques* ou *vitriques*.

Relations avec d'autres caractéristiques diagnostiques

L'altération progressive d'un matériau téphrique va mener aux propriétés *vitriques*; il n'est dès lors plus considéré comme matériau téphrique.

22 Description et critères diagnostiques d'après Hewitt (1992).

Chapitre 4

Clé pour les Groupes de sols de référence et liste des qualificatifs principaux et supplémentaires

Avant d'utiliser la Clé, lire les "Règles pour la classification des sols" (Chapitre 2).

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Sols ayant du matériau <i>organique</i>:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. commençant à la surface du sol et ayant une épaisseur ≥ 10 cm et surmontant directement: <ol style="list-style-type: none"> a. de la glace, <i>ou</i> b. une <i>roche continue</i> ou un matériau <i>technique dur</i>, <i>ou</i> c. des fragments grossiers dont les interstices sont remplis de matériau <i>organique</i>; <i>ou</i> 2. commençant à ≤ 40 cm de la surface du sol et ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une épaisseur combinée <i>soit</i>: <ol style="list-style-type: none"> a. de ≥ 60 cm si ≥ 75 % (en volume) du matériau est constitué de débris de mousses; <i>ou</i> b. de ≥ 40 cm dans les autres matériaux. <p>HISTOSOLS</p>	<p>Muusic/ Rockic/ Mawic</p> <p>Cryic</p> <p>Thionic</p> <p>Folic</p> <p>Floatic/ Subaquatic/ Tidalic</p> <p>Fibric/ Hemic/ Sapric</p> <p>Leptic</p> <p>Murshic/ Drainic</p> <p>Ombriic/ Rheic</p> <p>Hyperskeletal/ Skeletal</p> <p>Andic</p> <p>Vitric</p> <p>Calcic</p> <p>Dystric/ Eutric</p>	<p>Alcalic</p> <p>Dolomitic/ Calcaric</p> <p>Fluvic</p> <p>Gelic</p> <p>Hyperorganic</p> <p>Isolatic</p> <p>Lignic</p> <p>Limnic</p> <p>Magnesian</p> <p>Mineralic</p> <p>Novic</p> <p>Ornithic</p> <p>Petrogleyic</p> <p>Placic</p> <p>Relocatic</p> <p>Salic</p> <p>Sodic</p> <p>Sulfidic</p> <p>Technic</p> <p>Tephric</p> <p>Toxic</p> <p>Transportic</p> <p>Turbic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> un horizon <i>hortic</i>, <i>irragric</i>, <i>plaggic</i> ou <i>terric</i> d'une épaisseur ≥ 50 cm; ou un horizon <i>anthraquique</i> et un horizon <i>hydragric</i> sous-jacent, d'une épaisseur combinée ≥ 50 cm; ou un horizon <i>pretic</i> dont les couches ont une épaisseur combinée ≥ 50 cm à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral. <p>ANTHROSOLS</p>	Hydragric/ Irragric/ Horti/ Plaggic/ Pretic/ Terric	Acric/ Lixic/ Alic/ Luvic Alcalic/ Dystric/ Eutric Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Calcic Dolomitic/ Calcaric Escalic Ferralic/ Sideralic Fluvic Gleyic Endoleptic Novic Oxyaquic Salic Skeletic Sodic Spodic Stagnic Technic Toxic Vertic Vitric

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant:	Ekranic	Alcalic/ Dystric/ Eutric
1. toutes les caractéristiques suivantes:	Linic	Andic
a. ayant ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) d'artéfacts à moins de 100 cm de la surface du sol ou, si la profondeur est moindre, jusqu'à une roche continue ou un matériau technique dur ou une couche cimentée ou indurée; et	Urbic Spolic Garbic Cryic Isolatic	Anthraquic/ Irragric/ Hortic/ Plaggic/ Pretic/ Terric Archaic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic
b. n'ayant pas de couche contenant des artéfacts pouvant être qualifiée d'horizon argique, chernique, durique, ferralique, ferrique, fragique, hydrique, natrique, nitique, pérocalcique, pétrodurique, pétrogypsiq, pétroplinthique, pisoplinthique, plinthique, spodique ou vertique, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, à moins que ce dernier soit enfoui; et	Leptic Subaquatic/ Tidalic Reductic Hyperskeletalic	Aridic Calcic Cambic Carbonic Densic Dolomitic/ Calcaric Drainic Fluvic Folic/ Histic Gleyic Gypsic Gypsic Gypsic Humic/ Ochric Hyperartefactic
c. n'ayant pas une roche continue ou une couche cimentée ou indurée commençant à ≤ 10 cm de la surface du sol; ou		Immissic Laxic Lignic Mollic/ Umbric Novic Oxyaquic Raptic Relocatic Salic Sideralic Skeletalic Sodic Protospodic Stagnic Sulfidic Tephric Thionic Toxic Transportic Vitric
2. une géomembrane, continue, très peu perméable à imperméable d'une épaisseur quelconque, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; ou		
3. un matériau technique dur commençant à ≤ 5 cm de la surface du sol.		
TECHNOSOLS²³		

²³ Des sols enfouis sont fréquents dans ce RSG et peuvent être indiqués par 'over' (sur). Des horizons diagnostiques enfouis peuvent être indiqués au moyen du spécificateur Thapto- suivi d'un qualificatif approprié. Pour les sols à géomembrane ou à matériau technique dur, le spécificateur Supra- est prévu pour la description du matériau de sol situé au-dessus de la géomembrane ou au-dessus du matériau technique dur. Il peut être combiné avec n'importe quel qualificatif et pour cela, les critères d'épaisseur et de profondeur ne sont pas requis.

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant: 1. un horizon <i>cryique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>ou</i> 2. un horizon <i>cryique</i> commençant à ≤ 200 cm de la surface du sol et des marques de cryoturbation (soulèvement par le gel, tri cryogénique, fissuration thermique, ségrégation de glace, polygonation de surface, etc.) dans une couche à ≤ 100 cm de la surface du sol. CRYOSOLS	Glacic Turbic Subaquatic/ Tidalic/ Reductaquic/ Oxyaquic Leptic Protic Follic/ Histic Mollic/ Umbric Natric Salic Spodic Alic/ Luvic Calcic Cambic Hyperskeletal/ Skeletic Haplic	Abruptic Albic Alcalic/ Dystric/ Eutric Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Dolomitic/ Calcaric Drainic Fluvic Gypsic Humic/ Ochric Limnic Magnesic Nechic Novic Ornithic Raptic Sodc Sulfidic Technic Tephric Thixotropic Toxic Transportic Vitric Yermic/ Aridic

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ayant une des caractéristiques suivantes: <ol style="list-style-type: none"> a. une <i>roche continue</i> ou un <i>matériau technique dur</i> commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol; <i>ou</i> b. < 20 % (en volume) de terre fine en moyenne sur une profondeur de 75 cm à partir de la surface du sol, ou, si la profondeur est moindre, jusqu'à une <i>roche continue</i> ou un <i>matériau technique dur</i>; <i>et</i> 2. n'ayant pas d'horizon <i>calcique, chernique, durique, gypsique, pétrocalcique, pétrodurique, pétrogypsique, pétroplinthique</i> ou <i>spodique</i>. <p>LEPTOSOLS</p>	<p>Nudilithic/ Lithic Technoleptic Hyperskeletal/ Skeletic Subaquatic/ Tidalic Follic/ Histic Rendzic/ Mollic/ Umbric Cambic/ Brunic Gypsic Dolomitic/ Calcaric Dystric/ Eutric</p>	<p>Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Protocalcic Colluvic Drainic Fluvic Gelic Gleyic Humic/ Ochric Isolatic Lapiadic Nechic Novic Ornithic Oxyaquic Placic Protic Raptic Salic Sodic Protosodic Stagnic Sulfidic Takyric/ Yermic/ Aridic Technic Tephric Toxic Transportic Turbic Protovertic Vitric</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant: un horizon <i>natrique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol.</p> <p>SOLONETZ</p>	<p>Abruptic Gleyic Stagnic Mollic Salic Gypsic Petrocalcic/ Calcic Fractic Vertic Chromic Nudinatric Haplic</p>	<p>Albic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Neocambic Colluvic Columnic Cutanic Differentic Duric Ferric Fluvic Humic/ Ochric Magnesic Hypernatric Novic Oxyaquic Raptic Retic Skeletal Takyric/ Yermic/ Aridic Technic Toxic Transportic Turbic</p>

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>vertique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>et</i> 2. une teneur en argile ≥ 30 % partout entre la surface du sol et l'horizon <i>vertique</i>; <i>et</i> 3. des <i>fentes de retrait</i> commençant: <ol style="list-style-type: none"> a. à la surface du sol; <i>ou</i> b. à la base de la couche labourée; <i>ou</i> c. à ≤ 5 cm de la surface du sol si la couche de surface a des éléments structuraux granulaires fortement développés d'une taille ≤ 10 mm (surface auto-foisonnante); <i>ou</i> d. à ≤ 3 cm de la surface du sol si une croûte de surface est présente; <i>et</i> <p>s'étendant jusqu'à l'horizon <i>vertique</i>.</p> <p>VERTISOLS</p>	<p>Salic</p> <p>Sodic</p> <p>Leptic</p> <p>Petroduric/ Duric</p> <p>Gypsic</p> <p>Petrocalcic/ Calcic</p> <p>Hydragric/ Anthraquid/ Irragric</p> <p>Pellic</p> <p>Chromic</p> <p>Haplic</p>	<p>Albic</p> <p>Aric</p> <p>Chernic/ Mollic</p> <p>Dolomitic/ Calcaric</p> <p>Drainic</p> <p>Hypereutric</p> <p>Ferric</p> <p>Fractic</p> <p>Gilgaic</p> <p>Gleyic</p> <p>Grumic/ Mazic</p> <p>Gypsic</p> <p>Humic/ Ochric</p> <p>Magnesian</p> <p>Mesotrophic</p> <p>Novic</p> <p>Raptic</p> <p>Skeletal</p> <p>Stagnic</p> <p>Sulfidic</p> <p>Technic</p> <p>Thionic</p> <p>Toxic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols: 1. ayant un horizon <i>salique</i> commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol; <i>et</i> 2. n'ayant pas d'horizon <i>thionique</i> commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol; <i>et</i> 3. non submergés de manière permanente par l'eau et non situés au-dessous du niveau affecté par les marées (c-à-d. non situés sous le niveau moyen des marées hautes de vives eaux).	Petrosalic Gleyic Stagnic Mollic Sodic Gypsic Petrocalcic/ Calcic Fluvic Haplic	Aceric Alcalic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Carbonatic/ Chloridic/ Sulfatic Colluvic Densic Dolomitic/ Calcaric Drainic Duric Evapocrustic/ Puffic Folic/ Histic Fractic Gelic Gypsic Humic/ Ochric Novic Oxyaquic Raptic Hypersalic Skeletal Sulfidic Takyric/ Yermic/ Aridic Technic Toxic Transportic Turbic Vertic
SOLONCHAKS		

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant une des caractéristiques suivantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm et commençant à ≤ 40 cm de la surface du sol minéral, et ayant <ol style="list-style-type: none"> a. des propriétés <i>gleyiques</i> partout; et b. des <i>conditions réductrices</i> dans certaines parties de chaque sous-couche; ou 2. les deux caractéristiques suivantes: <ol style="list-style-type: none"> a. un horizon <i>mollique</i> ou <i>umbrique</i>, d'une épaisseur > 40 cm, ayant des <i>conditions réductrices</i> dans certaines parties de chaque sous-horizon à partir de 40 cm sous la surface du sol minéral jusqu'à la limite inférieure de l'horizon <i>mollique</i> ou <i>umbrique</i>; et b. directement sous l'horizon <i>mollique/umbrique</i>, une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm ayant sa limite inférieure ≥ 65 cm sous la surface du sol minéral, et ayant: <ol style="list-style-type: none"> bi. des propriétés <i>gleyiques</i> partout; et bii. des <i>conditions réductrices</i> dans certaines parties de chaque sous-couche. <p>GLEYSOLS</p>	<p>Thionic Reductic Subaquatic/ Tidalic Hydragric/ Anthraquic Folic/ Histic Chernic/ Mollic/ Umbric Pisoplinthic/ Plinthic Stagnic Oxygleyic/ Reductigleyic Ferralic/ Sideralic Gypsic Calcic Spodic Fluvic Dolomitic/ Calcaric Dystric/ Eutric</p>	<p>Abruptic Acric/ Lixic/ Alic/ Luvic Alcalic Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Colluvic Drainic Fractic Gelic Humic/ Ochric Inclinic Limnic Nechic Novic Petrogleyic Raptic Relocatic Salic Skeletal Sodic Sulfidic Takyric/ Aridic Technic Tephric Toxic Turbic Uterquic Vertic Vitric</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols: 1. ayant une ou plusieurs couche(s) avec des propriétés <i>andiques</i> ou <i>vitriques</i> et dont l'épaisseur combinée est: a. ≥ 30 cm jusqu'à ≤ 100 cm de la surface du sol et commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol; ou b. ≥ 60 % de l'épaisseur totale du sol si une <i>roche continue</i> , un matériau <i>technique dur</i> ou une couche cimentée ou indurée commence entre > 25 cm et ≤ 50 cm de la surface du sol; et 2. n'ayant pas d'horizon <i>argique</i> , <i>ferralique</i> , <i>pétroplinthique</i> , <i>pisoplinthique</i> , <i>plinthique</i> ou <i>spodique</i> , à moins qu'il ne soit enfoui à > 50 cm de la surface du sol minéral. ANDOSOLS²⁴	Aluandic/ Silandic Vitric Leptic Hydragric/ Anthraquic Gleyic Hydric Folic/ Histic Chernic/ Mollic/ Umbric Petroduric/ Duric Gypsic Calcic Tephric Skeletic Eutrosilic Dystric/ Eutric	Acroxic Protoandic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Colluvic Dolomitic/ Calcaric Drainic Fluvic Fragic Fulvic/ Melanic Gelic Hyperhumic Nechic Novic Oxyaquic Placic Reductic Sideralic Sodic Protospodic Technic Thixotropic Toxic Transportic Turbic

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

24 Des sols enfouis sont fréquents dans ce RSG et peuvent être indiqués par 'over' (sur). Des horizons diagnostiques enfouis peuvent être indiqués au moyen du spécificateur Thapto- suivi d'un qualificatif approprié.

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p data-bbox="357 302 675 369">Autres sols ayant un horizon <i>spodique</i> commençant à ≤ 200 cm de la surface du sol minéral.</p> <p data-bbox="357 414 504 448">PODZOLS</p>	<p data-bbox="922 302 1018 324">Ortsteinic</p> <p data-bbox="906 338 1034 360">Carbic/ Rustic</p> <p data-bbox="916 374 1024 396">Albic/ Entic</p> <p data-bbox="938 409 1002 432">Leptic</p> <p data-bbox="836 454 1104 477">Hortic/ Plaggic/ Pretic/ Terric</p> <p data-bbox="916 490 1024 512">Folic/ Histic</p> <p data-bbox="938 526 1002 548">Gleyic</p> <p data-bbox="932 562 1008 584">Stagnic</p> <p data-bbox="932 598 1008 620">Umbric</p> <p data-bbox="906 633 1034 656">Glossic/ Retic</p> <p data-bbox="948 678 992 701">Alic</p> <p data-bbox="861 714 1082 736">Hyperskeletal/ Skeletic</p> <p data-bbox="938 750 1005 772">Andic</p> <p data-bbox="938 786 1005 808">Vitric</p>	<p data-bbox="1219 302 1302 324">Abruptic</p> <p data-bbox="1161 338 1359 360">Arenic/ Loamic/ Siltic</p> <p data-bbox="1241 374 1279 396">Aric</p> <p data-bbox="1209 409 1311 432">Neocambic</p> <p data-bbox="1228 454 1292 477">Densic</p> <p data-bbox="1225 490 1295 512">Drainic</p> <p data-bbox="1209 526 1311 548">Endoeutric</p> <p data-bbox="1228 562 1292 584">Fragic</p> <p data-bbox="1235 598 1286 620">Gelic</p> <p data-bbox="1219 633 1302 656">Lamellic</p> <p data-bbox="1235 678 1286 701">Novic</p> <p data-bbox="1219 714 1302 736">Ornithic</p> <p data-bbox="1219 750 1302 772">Oxyaquic</p> <p data-bbox="1235 786 1286 808">Placic</p> <p data-bbox="1228 822 1292 844">Raptic</p> <p data-bbox="1203 857 1318 880">Hyperspodic</p> <p data-bbox="1225 893 1295 916">Technic</p> <p data-bbox="1235 929 1286 952">Toxic</p> <p data-bbox="1209 965 1311 987">Transportic</p> <p data-bbox="1228 1001 1292 1023">Turbic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant:	Petric	Abruptic
1. un horizon <i>plinthique</i> , <i>pétoplinthique</i> ou <i>pisoplinthique</i> commençant à \leq 50 cm de la surface du sol; ou	Pisoplinthic	Acric/ Lixic
2. un horizon <i>plinthique</i> commençant à \leq 100 cm de la surface du sol et ayant directement au-dessus ou en dessous de sa limite supérieure une couche d'une épaisseur \geq 10 cm qui a:	Gibbsic	Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic
a. des propriétés <i>stagniques</i> pour lesquelles la zone à couleurs réductimorphiques plus la zone à couleurs oxymorphiques recouvre \geq 50 % du total de la surface de la couche; et	Stagnic	Aric
b. des conditions <i>réductrices</i> durant certaines périodes de l'année dans la majeure partie du volume de la couche qui présente les couleurs réductimorphiques.	Folic/ Histic	Colluvic
	Mollic/ Umbric	Drainic
	Albic	Duric
	Geric	Dystric/ Eutric
	Haplic	Fractic
		Humic/ Ochric
		Magnesianic
		Novic
		Oxyaquic
		Posic
		Raptic
		Technic
		Toxic
		Transportic
		Vetic
PLINTHOSOLS		

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ayant un horizon <i>nitique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; et 2. n'ayant pas d'horizon <i>pétroplinthique</i>, <i>pisoplinthique</i>, <i>plinthique</i> ou <i>vertique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; et 3. n'ayant pas de couches avec conditions réductrices au-dessus ou au sein de l'horizon <i>nitique</i>. <p>NITISOLS</p>	<p>Ferralic/ Sideralic</p> <p>Ferritic</p> <p>Rhodic</p> <p>Hydragric/ Anthraquic/ Pretic</p> <p>Mollic/ Umbric</p> <p>Acric/ Lixic/ Alic/ Luvic</p> <p>Geric</p> <p>Dystric/ Eutric</p>	<p>Andic</p> <p>Aric</p> <p>Colluvic</p> <p>Densic</p> <p>Ferric</p> <p>Endogleyic</p> <p>Humic/ Ochric</p> <p>Magnésic</p> <p>Novic</p> <p>Oxyaquic</p> <p>Posic</p> <p>Raptic</p> <p>Sodic</p> <p>Endostagnic</p> <p>Technic</p> <p>Toxic</p> <p>Transportic</p> <p>Vetic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ayant un horizon <i>ferralique</i> commençant à ≤ 150 cm de la surface du sol; <i>et</i> 2. n'ayant pas d'horizon <i>argique</i> commençant à la limite supérieure ou au-dessus de l'horizon <i>ferralique</i>, à moins que l'horizon <i>argique</i> ait dans ses 30 cm supérieurs au moins une des caractéristiques suivantes: <ol style="list-style-type: none"> a. une teneur en argile dispersable à l'eau < 10 %; <i>ou</i> b. des propriétés <i>gériques</i>; <i>ou</i> c. une teneur en <i>carbone organique</i> du sol $\geq 1,4$ %. <p>FERRALSOLS</p>	<p>Ferritic</p> <p>Gibbsic</p> <p>Petroplinthic/ Pisoplinthic/ Plinthic</p> <p>Rhodic/ Xanthic</p> <p>Pretic</p> <p>Folic</p> <p>Mollic/ Umbric</p> <p>Acric/ Lixic</p> <p>Fractic</p> <p>Skeletal</p> <p>Geric</p> <p>Haplic</p>	<p>Andic</p> <p>Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic</p> <p>Aric</p> <p>Colluvic</p> <p>Densic</p> <p>Dystric/ Eutric</p> <p>Ferric</p> <p>Fluvic</p> <p>Gleyic</p> <p>Humic/ Ochric</p> <p>Novic</p> <p>Oxyaquic</p> <p>Posic</p> <p>Raptic</p> <p>Sombric</p> <p>Stagnic</p> <p>Technic</p> <p>Toxic</p> <p>Transportic</p> <p>Vetic</p>

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant une <i>différence texturale abrupte</i> à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral; et ayant directement au-dessus ou en dessous une couche d'une épaisseur ≥ 5 cm qui a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. des propriétés <i>stagniques</i> pour lesquelles la zone à couleurs réductimorphiques plus la zone à couleurs oxymorphiques recouvre ≥ 50 % du total de la surface de la couche; <i>et</i> 2. des <i>conditions réductrices</i> durant certaines périodes de l'année dans la majeure partie du volume de la couche qui présente les couleurs réductimorphiques. <p>PLANOSOLS</p>	<p>Reductic Thionic Fragic Leptic Hydragric/ Anthraquic Folic/ Histic Chernic/ Mollic/ Umbric Gleyic Albic Fluvic Columnic Vertic Glossic/ Retic Acric/ Lixic/ Alic/ Luvic Petroduric/ Duric Calcic Dolomitic/ Calcaric Dystric/ Eutric</p>	<p>Alcalic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Capillaric Chromic Colluvic Densic Drainic Ferralic/ Sideralic Ferric Gelic Gelistagnic Geric Humic/ Ochric Inclinic Magnesic Nechic Novic Plinthic Raptic Skeletal Sodic Sulfidic Technic Toxic Transportic Turbic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant une couche commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol minéral, qui a:</p> <p>une épaisseur ≥ 50 cm ou</p> <p>une épaisseur ≥ 25 cm et qui repose directement sur une <i>roche continue</i> ou sur un matériau <i>technique dur</i> et</p> <p>qui a:</p> <ol style="list-style-type: none"> des propriétés <i>stagniques</i> pour lesquelles la zone à couleurs réductimorphiques plus la zone à couleurs oxymorphiques recouvre ≥ 50 % du total de la surface de la couche; <i>et</i> des <i>conditions réductrices</i> durant certaines périodes de l'année dans la majeure partie du volume de la couche qui présente les couleurs réductimorphiques. <p>STAGNOSOLS</p>	<p>Reductic</p> <p>Thionic</p> <p>Fragic</p> <p>Leptic</p> <p>Hydragric/ Anthraquic</p> <p>Folic/ Histic</p> <p>Mollic/ Umbric</p> <p>Gleyic</p> <p>Albic</p> <p>Fluvic</p> <p>Vertic</p> <p>Glossic/ Retic</p> <p>Acric/ Lixic/ Alic/ Luvic</p> <p>Calcic</p> <p>Dolomitic/ Calcaric</p> <p>Dystric/ Eutric</p>	<p>Alcalic</p> <p>Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic</p> <p>Aric</p> <p>Capillaric</p> <p>Colluvic</p> <p>Drainic</p> <p>Ferralic/ Sideralic</p> <p>Ferric</p> <p>Gelic</p> <p>Gelistagnic</p> <p>Geric</p> <p>Humic/ Ochric</p> <p>Inclinic</p> <p>Magnesianic</p> <p>Nechic</p> <p>Nitic</p> <p>Novic</p> <p>Ornithic</p> <p>Placic</p> <p>Plinthic</p> <p>Raptic</p> <p>Rhodic/ Chromic</p> <p>Skeletalic</p> <p>Sodic</p> <p>Protospodic</p> <p>Sulfidic</p> <p>Technic</p> <p>Toxic</p> <p>Transportic</p> <p>Turbic</p>

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>chernique</i>; et 2. un horizon <i>calciq</i>ue ou une couche avec des propriétés <i>protocalciq</i>ues commençant à ≤ 50 cm sous la limite inférieure de l'horizon <i>mollique</i>²⁵ et au-dessus d'une couche cimentée ou indurée, si présente; et 3. un taux de saturation en bases ($\text{NH}_4\text{OAc 1 M, pH 7}$) ≥ 50 % dans l'entièreté de la couche allant de la surface du sol jusqu'à l'horizon <i>calciq</i>ue ou jusqu'à une couche avec des propriétés <i>protocalciq</i>ues. <p>CHERNOZEMS</p>	<p>Petroduric/ Duric Petrogypsic/ Gypsic Petrocalcic/ Calcic Leptic Hortic Gleyic Fluvic Vertic Greyzemic Luvic Fractic Skeletal Vermic Haplic</p>	<p>Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Cambic Colluvic Densic Hyperhumic Novic Oxyaquic Pachic Raptic Endosalic Sodic Stagnic Technic Tephric Tonguic Transportic Turbic Vitric</p>

²⁵ Tout horizon *chernique* satisfait également aux critères de l'horizon *mollique*. L'horizon *mollique* peut s'étendre en dessous de l'horizon *chernique*.

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> un horizon <i>mollique</i>; <i>et</i> un horizon <i>calcique</i> ou une couche avec des propriétés <i>protocalciques</i> commençant à ≤ 50 cm sous la limite inférieure de l'horizon <i>mollique</i> et au-dessus d'une couche cimentée ou indurée, si présente; <i>et</i> un taux de saturation en bases (NH_4OAc 1 M, pH 7) ≥ 50 % dans l'entièreté de la couche allant de la surface du sol jusqu'à l'horizon <i>calcique</i> ou jusqu'à une couche avec des propriétés <i>protocalciques</i>. <p>KASTANOZEMS</p>	<p>Someric Petroduric/ Duric Petrogypsic/ Gypsic Petrocalcic/ Calcic Leptic Hortic/ Terric Gleyic Fluvic Vertic Greyzemic Luvic Fractic Skeletal Vermic Haplic</p>	<p>Andic Anthric Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Cambic Chromic Colluvic Densic Hyperhumic Novic Oxyaquic Pachic Raptic Endosalic Sodic Stagnic Technic Tephric Tonguic Transportic Turbic Vitric</p>

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>mollique</i>; et 2. un taux de saturation en bases (NH₄OAc 1 M, pH 7) ≥ 50 % dans l'entière de la couche allant de la surface du sol jusqu'à 100 cm ou, si la profondeur est moindre, jusqu'à une <i>roche continue</i> ou un matériau <i>technique dur</i> ou une couche cimentée ou indurée. <p>PHAEOZEMS</p>	<p>Rendzic Chernic/ Someric Petroduric/ Duric Petrogypsic Petrocalcic/ Endocalcic Leptic Irragric/ Hortid/ Pretic/ Terric Folic Gleyic Stagnic Fluvic Vertic Greyzemic Glossic/ Retic Luvic Cambic Fractic Skeletal Vermic Gypsiric Dolomitic/ Calcaric Haplic</p>	<p>Abruptic Albic Andic Anthric Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Colluvic Columnic Densic Ferralic/ Sideralic Hyperhumic Isolatic Nechic Novic Oxyaquic Pachic Raptic Relocatic Rhodic/ Chromic Endosalic Sodic Technic Tephric Tonguic Transportic Turbic Vitric</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant un horizon <i>umbrique ou mollique ou hortique.</i> UMBRISOLS	Chernic/ Someric Fragic Leptic Hortic/ Plaggic/ Pretic/ Terric Mollic Follic/ Histic Gleyic Stagnic Fluvic Greyzemic Glossic/ Retic Acric/ Lixic/ Alic/ Luvic Cambic/ Brunic Skeletic Endodolomitic/ Endocalcaric Haplic	Abruptic Albic Andic Anthric Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Colluvic Densic Drainic Hyperdystric/ Endoeutric Ferralic/ Sideralic Gelic Hyperhumic Isolatic Lamellic Laxic Nechic Novic Ornithic Oxyaquic Pachic Placic Raptic Relocatic Rhodic/ Chromic Protosodic Sulfidic Technic Thionic Tonguic Toxic Transportic Turbic Vitric

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p data-bbox="355 302 703 369">Autres sols ayant un horizon <i>pétrodurique</i> ou <i>durique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol.</p> <p data-bbox="355 414 512 448">DURISOLS</p>	<p data-bbox="863 302 999 324">Petric</p> <p data-bbox="863 338 1062 360">Petrogypsic/ Gypsic</p> <p data-bbox="863 374 1054 396">Petrocalcic/ Calcic</p> <p data-bbox="927 409 999 432">Leptic</p> <p data-bbox="863 454 1070 477">Acric/ Lixic/ Alic/ Luvic</p> <p data-bbox="863 490 1078 512">Hyperskeletal/ Skeletal</p> <p data-bbox="895 526 1038 548">Dystric/ Eutric</p>	<p data-bbox="1230 302 1286 324">Albic</p> <p data-bbox="1182 338 1334 383">Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic</p> <p data-bbox="1230 396 1286 418">Aric</p> <p data-bbox="1214 432 1302 454">Chromic</p> <p data-bbox="1214 468 1302 490">Fractic</p> <p data-bbox="1214 504 1302 526">Gleyic</p> <p data-bbox="1214 539 1302 562">Novic</p> <p data-bbox="1214 575 1302 598">Ochric</p> <p data-bbox="1214 611 1302 633">Raptic</p> <p data-bbox="1198 647 1318 669">Endosalic</p> <p data-bbox="1214 683 1302 705">Sodic</p> <p data-bbox="1214 719 1302 741">Stagnic</p> <p data-bbox="1150 754 1366 777">Takyric/ Yermic/ Aridic</p> <p data-bbox="1214 790 1302 813">Technic</p> <p data-bbox="1214 826 1302 848">Toxic</p> <p data-bbox="1198 862 1318 884">Transportic</p> <p data-bbox="1214 898 1302 920">Vertic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>pétrogypsique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>ou</i> 2. les deux caractéristiques suivantes: <ol style="list-style-type: none"> a. un horizon <i>gypsique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>et</i> b. pas d'horizon <i>argique</i> au-dessus de l'horizon <i>gypsique</i> à moins que l'horizon <i>argique</i> soit entièrement imprégné de gypse ou de carbonates secondaires. <p>GYPISISOLS</p>	<p>Petric</p> <p>Petrocalcic/ Calcic</p> <p>Leptic</p> <p>Lixic/ Luvic</p> <p>Hyperskeletal/ Skeletic</p> <p>Haplic</p>	<p>Albic</p> <p>Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic</p> <p>Aric</p> <p>Arzic</p> <p>Fluvic</p> <p>Fractic</p> <p>Gleyic</p> <p>Hypergypsic/ Hypogypsic</p> <p>Novic</p> <p>Ochric</p> <p>Raptic</p> <p>Endosalic</p> <p>Sodic</p> <p>Stagnic</p> <p>Takyric/ Yermic/ Aridic</p> <p>Technic</p> <p>Toxic</p> <p>Transportic</p> <p>Turbic</p> <p>Vertic</p>

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>péetrocalcique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>ou</i> 2. les deux caractéristiques suivantes: <ol style="list-style-type: none"> a. un horizon <i>calcique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>et</i> b. pas d'horizon <i>argique</i> au-dessus de l'horizon <i>calcique</i> à moins que l'horizon <i>argique</i> soit entièrement imprégné de carbonates secondaires. <p>CALCISOLS</p>	<p>Petric Leptic Gypsic Lixic/ Luvic Cambic Hyperskeletal/ Skeletal Haplic</p>	<p>Albic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Hypercalcic/ Hypocalcic Densic Fluvisol Fractic Gleyic Novic Ochric Raptic Rhodic/ Chromic Endosalic Sodic Stagnic Takyric/ Yermic/ Aridic Technic Toxic Transportic Turbic Vertic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant un horizon <i>argique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et ayant des propriétés <i>rétiqes</i> à sa limite supérieure. RETISOLS	Fragic Glossic Leptic Plaggic/ Pretic/ Terric Folic/ Histic Gleyic Stagnic Sideralic Nudiargic Neocambic Albic Skeletal Endodolomitic/ Endocalcaric Dystric/ Eutric	Abruptic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Colluvic Cutanic Densic Differentic Drainic Gelic Humic/ Ochric Nechic Novic Oxyaquic Profondic Raptic Protospodic Technic Toxic Transportic Turbic

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>argique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>et</i> 2. une CEC (NH_4OAc 1 M, pH 7) < 24 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile dans certaines parties de l'horizon <i>argique</i> à ≤ 50 cm sous sa limite supérieure; <i>et</i> 3. un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 50 %: <ol style="list-style-type: none"> a. dans au moins la moitié de la zone située entre 50 et 100 cm de la surface du sol minéral; <i>ou</i> b. au moins dans la moitié inférieure du sol minéral surmontant une <i>roche continue</i>, un matériau <i>technique dur</i> ou une couche cimentée ou indurée, et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral. <p>ACRISOLS</p>	<p>Abruptic Fragic Leptic Petroplinthic/ Pisoplinthic/ Plinthic Hydragric/ Anthraquic/ Pretic/ Terric Gleyic Stagnic Ferralic Nudiargic Lamellic Albic Ferric Rhodic/ Chromic/ Xanthic Fractic Skeletal Haplic</p>	<p>Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Neocambic Colluvic Cutanic Densic Differentic Hyperdystric/ Epieutric Gibbsic Humic/ Ochric Magnesic Nechic Nitric Novic Oxyaquic Profondic Raptic Sombric Technic Toxic Transportic Vetic Vitric</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant: 1. un horizon <i>argique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>et</i> 2. une CEC (NH ₄ OAc 1 M, pH 7) < 24 cmol _c kg ⁻¹ d'argile dans certaines parties de l'horizon <i>argique</i> à ≤ 50 cm sous sa limite supérieure.	Abruptic Fragic Leptic Petroplinthic/ Pisoplinthic/ Plinthic Hydragric/ Anthraquic/ Pretic/ Terric Gleyic Stagnic Ferralic Nudiargic Lamellic Albic Ferric Rhodic/ Chromic/ Xanthic Gypsic Calcic Fractic Skeletalic Haplic	Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Aridic Neocambic Colluvic Cutanic Densic Differentic Epidystric/ Hypereutric Gibbsic Humic/ Ochric Magnesic Nechic Nitic Novic Oxyaquic Profondic Raptic Sodic Technic Toxic Transportic Vetic Vitric
LIXISOLS		

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>argique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; <i>et</i> 2. un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 50 %: <ol style="list-style-type: none"> a. dans au moins la moitié de la zone située entre 50 et 100 cm de la surface du sol minéral; <i>ou</i> b. au moins dans la moitié inférieure du sol minéral surmontant une <i>roche continue</i>, un matériau <i>technique dur</i> ou une couche cimentée ou indurée, et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral. <p>ALISOLS</p>	<p>Abruptic Fragic Leptic Petroplinthic/ Pisoplinthic/ Plinthic Hydragric/ Anthraquic/ Plaggic/ Pretic/ Terric Gleyic Stagnic Vertic Nudiargic Lamellic Albic Ferric Rhodic/ Chromic Fractic Skeletal Haplic</p>	<p>Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Neocambic Colluvic Cutanic Densic Differentic Hyperdystric/ Epieutric Fluvic Gelic Humic/ Ochric Hyperalic Magnesic Nechic Nitric Novic Oxyaquic Profondic Raptic Protospodic Technic Toxic Transportic Turbic Vitric</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant un horizon <i>argique</i> commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol. LUVISOLS	Abruptic Fragic Leptic Petroplinthic/ Pisoplinthic/ Plinthic Hydragric/ Anthraquic/ Irragric/ Pretic/ Terric Gleyic Stagnic Vertic Nudiargic Lamellic Albic Ferric Rhodic/ Chromic Gypsic Calcic Fractic Skeletalic Endodolomitic/ Endocalcaric Haplic	Andic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Aridic Neocambic Colluvic Cutanic Densic Differentic Epidystric/ Hypereutric Escalic Fluvic Gelic Humic/ Ochric Magnesic Nechic Nitic Novic Oxyaquic Profondic Raptic Sodic Technic Toxic Transportic Turbic Vitric

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvissols	117		

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un horizon <i>cambique</i> <ol style="list-style-type: none"> a. commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol; <i>et</i> b. ayant sa limite inférieure à ≥ 25 cm de la surface du sol; <i>ou</i> 2. un horizon <i>anthraquique, hydrique, irrigrique, plaggique, pretique ou terrique; ou</i> 3. un horizon <i>fragique, pétroplinthique, pisoplinthique, plinthique, salique, thionique ou vertique commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol; ou</i> 4. une ou plusieurs couche(s) avec des propriétés <i>andiques</i> ou <i>vitriques</i> d'une épaisseur combinée ≥ 15 cm à ≤ 100 cm de la surface du sol. <p>CAMBISOLS</p>	<p>Fragic Thionic Leptic Petroplinthic/ Pisoplinthic/ Plinthic Hydragric/ Anthraquic/ Irragric/ Plaggic/ Pretic/ Terric Folic/ Histic Gleyic Stagnic Fluvic Vertic Andic Vitric Ferralic/ Sideralic Rhodic/ Chromic/ Xanthic Fractic Skeletal Salic Sodic Gypsiric Dolomitic/ Calcaric Dystric/ Eutric</p>	<p>Geoabruptic Alcalic Arenic/Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Protocalcic Colluvic Densic Drainic Escalic Ferric Gelic Gelistagnic Humic/ Ochric Laxic Magnesic Nechic Novic Ornithic Oxyaquic Raptic Protosodic Sulfidic Takyric/ Yermic/ Aridic Technic Tephric Toxic Transportic Turbic</p>

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols ayant:	Subaquatic/ Tidalic	Geoabruptic
1. une classe texturale moyenne pondérée de sable loameux ou plus grossière si des couches de texture plus fine ont une épaisseur combinée < 15 cm jusqu'à 100 cm de la surface du sol; et	Folic	Aeolic
	Gleyic	Alcalic
	Sideralic	Aric
	Protoargic	Protocalcic
2. une teneur en éléments grossiers < 40 % (en volume) dans toutes les couches jusqu'à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral.	Brunic	Colluvic
	Albic	Gelic
	Rhodic/ Chromic/ Rubic	Humic/ Ochric
ARENOSOLS²⁶	Lamellic	Hydrophobic
	Endosalic	Nechic
	Sodic	Novic
	Fluvic	Ornithic
	Protic	Oxyaquic
	Gypsic	Petrogleyic
	Dolomitic/ Calcaric	Placic
	Dystric/ Eutric	Raptic
		Relocatic
		Protosodic
		Stagnic
		Sulfidic
		Technic
		Tephric
		Toxic
		Transportic
		Turbic
		Yermic/ Aridic

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

26 Les Arenosols peuvent présenter des horizons diagnostiques à des profondeurs > 100 cm. Ils peuvent être indiqués au moyen du spécificateur Bathy- suivi d'un qualificatif approprié, comme Bathyacric (> 100 cm) ou Bathypodic (> 200 cm).

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
<p>Autres sols ayant du matériau <i>fluvique</i>:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. d'une épaisseur ≥ 25 cm et commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol; <i>ou</i> 2. à partir de la limite inférieure d'une couche labourée ayant une épaisseur ≤ 40 cm jusqu'à ≥ 50 cm de la surface du sol minéral. <p>FLUVISOLS²⁷</p>	<p>Subaquatic/ Tidalic</p> <p>Pantofluvic/ Anofluvic/ Orthofluvic</p> <p>Leptic</p> <p>Folic/ Histic</p> <p>Gleyic</p> <p>Stagnic</p> <p>Skeletal</p> <p>Sodic</p> <p>Gypsiric</p> <p>Dolomitic/ Calcaric</p> <p>Dystric/ Eutric</p>	<p>Geoabruptic</p> <p>Alcalic</p> <p>Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic</p> <p>Aric</p> <p>Protocalcic</p> <p>Densic</p> <p>Drainic</p> <p>Gelic</p> <p>Humic/ Ochric</p> <p>Limnic</p> <p>Magnesian</p> <p>Nechic</p> <p>Oxyaquic</p> <p>Petrogleyic</p> <p>Sideralic</p> <p>Sulfidic</p> <p>Takyric/ Yermic/ Aridic</p> <p>Technic</p> <p>Toxic</p> <p>Transportic</p> <p>Turbic</p> <p>Protovertic</p>

27 Des sols enfouis se rencontrent fréquemment dans ce RSG et peuvent être indiqués par 'over' (sur). Des horizons diagnostiques enfouis peuvent être indiqués par le spécificateur Thapto- suivi d'un qualificatif approprié.

Clé pour les Groupes de sols de référence	Qualificatifs principaux	Qualificatifs supplémentaires
Autres sols. REGOSOLS	Leptic Folic Gleyic Stagnic Skeletal Brunic Colluvic Tephric Endosalic Sodic Protic Vermic Gypsic Dolomitic/ Calcaric Dystric/ Eutric	Geoabruptic Aeolic Alcalic Arenic/ Clayic/ Loamic/ Siltic Aric Protocalcic Densic Drainic Escalic Fluvic Gelic Gelistagnic Humic/ Ochric Isolatic Lamellic Magnesic Nechic Ornithic Oxyaquic Raptic Relocatic Takyric/ Yermic/ Aridic Technic Toxic Transportic Turbic Protovertic

Aperçu de la Clé pour les Groupes de sols de référence									
Histosols	90	Solonchaks	97	Planosols	104	Gypsisols	111	Cambisols	118
Anthrosols	91	Gleysols	98	Stagnosols	105	Calcisols	112	Arenosols	119
Technosols	92	Andosols	99	Chernozems	106	Retisols	113	Fluvisols	120
Cryosols	93	Podzols	100	Kastanozems	107	Acrisols	114	Regosols	121
Leptosols	94	Plinthosols	101	Phaeozems	108	Lixisols	115		
Solonetz	95	Nitisols	102	Umbrisols	109	Alisols	116		
Vertisols	96	Ferralsols	103	Durisols	110	Luvisols	117		

Chapitre 5

Définitions des qualificatifs

Avant d'utiliser les qualificatifs, lire les «Règles pour la classification des sols» (Chapitre 2).

Les définitions des qualificatifs pour les unités du second niveau, sont basées sur les RSGs, les horizons, propriétés et matériaux diagnostiques, sur des attributs comme la couleur, les conditions chimiques, la texture, etc. Les références aux RSGs définis au Chapitre 4 et aux caractéristiques diagnostiques définies au Chapitre 3 sont écrites en *italique*.

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

Les sous-qualificatifs (voir Chapitre 2.4) qui peuvent être utilisés dans le nom du sol à la place des qualificatifs listés dans la Clé (Chapitre 4) se trouvent sous la définition du qualificatif concerné (ex. Protocalcic se trouve sous Calcic). Les sous-qualificatifs qui ne peuvent pas remplacer un qualificatif listé sont listés par ordre alphabétique (ex. Hyperalric). Si un sous-qualificatif lié à la profondeur (sous-qualificatif optionnel ou additionnel) peut être créé, un chiffre indique la règle qui doit lui être appliquée: (1), (2), (3), (4), (5). Si aucun chiffre n'est indiqué, ce sous-qualificatif ne peut être créé.

Abruptic (ap) (du latin *abruptus*, abrupt): ayant une *différence texturale abrupte* à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral (1).

Geoabruptic (go): (du grec *gaia*, terre): ayant une *différence texturale abrupte* à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral qui n'est pas associée à la limite supérieure d'un horizon *argique* ou *natrique* (1).

Aceric (ae) (du latin *acer*, aigu): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche avec un pH (1:1 dans l'eau) $\geq 3,5$ et < 5 et ayant des taches de jarosite (*uniquement pour les Solonchaks*) (2).

Acric (ac) (du latin *acer*, aigu): ayant un horizon *argique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, ayant une CEC (NH₄OAc 1 M, pH 7) < 24 cmol_c kg⁻¹ d'argile dans certaines parties situées à ≤ 50 cm sous sa limite supérieure et ayant un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH₄OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 50 % dans au moins la moitié de la zone située entre 50 et 100 cm de la surface du sol minéral *ou* dans la moitié inférieure du sol minéral surmontant une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral, la plus mince des deux épaisseurs étant retenue (2).

Acroxic (ao) (du latin *acer*, aigu, et du grec *oxys*, acide): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) dont l'épaisseur combinée ≥ 30 cm et une teneur en bases échangeables (NH₄OAc 1 M, pH 7) plus Al échangeable (KCl 1 M, non tamponné) < 2 cmol_c kg⁻¹ de terre fine (*uniquement pour les Andosols*) (2).

Aeolic (ay) (du grec *aiolos*, vent): ayant à la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm dont le matériau est déposé par le vent et qui a une teneur en *carbone organique du sol* $< 0,6$ % (2: uniquement Ano- et Panto-).

Albic (ab) (du latin *albus*, blanc): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral une couche de matériau *albique* d'une épaisseur ≥ 1 cm, qui n'est pas constituée de matériau *téphrique*, qui ne contient ni carbonates, ni gypse et qui surmonte un horizon diagnostique ou fait partie d'une couche avec propriétés *stagniques* (2).

Alcalic (ax) (de l'arabe *al-qali*, cendre contenant du sel): ayant:

- » un pH (1:1 dans l'eau) $\geq 8,5$ partout à ≤ 50 cm de la surface du sol minéral, ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée si la profondeur est moindre, et
- » un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH₄OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] ≥ 50 %:
 - » dans la majeure partie de la zone située entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral ou
 - » dans la majeure partie de la zone située entre 20 cm de la surface du sol minéral et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à > 25 cm de la surface du sol minéral, ou
 - » dans une couche d'une épaisseur ≥ 5 cm surmontant directement une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol minéral.

Alic (al) (du latin *alumen*, alun): ayant un horizon *argique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et ayant une CEC (NH₄OAc 1 M, pH 7) ≥ 24 cmol_c kg⁻¹ d'argile partout ou jusqu'à 50 cm sous sa limite supérieure, la plus mince des deux épaisseurs étant retenue, et ayant un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH₄OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 50 % dans au moins la moitié de la zone située entre 50 et 100 cm de la surface du sol minéral ou dans la moitié inférieure du sol minéral surmontant une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral, la plus mince des deux épaisseurs étant retenue (2).

Aluandic (aa) (du latin *alumen*, alun, et du japonais *an*, foncé, et *do*, sol): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) dont l'épaisseur combinée ≥ 15 cm avec propriétés *andiques* et une teneur en Si_{ox} $< 0,6$ % et un rapport Al_{py} / Al_{ox} $\geq 0,5$ (*uniquement pour les Andosols*) (2).

Andic (an) (du japonais *an*, foncé, et *do*, sol): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) avec propriétés *andiques* ou *vitriques* dont l'épaisseur combinée ≥ 30 cm (≥ 15 cm dans les *Cambisols*), dont ≥ 15 cm ($\geq 7,5$ cm dans les *Cambisols*) ont des propriétés *andiques* (2).

Protoandic (qa) (du grec *protou*, avant): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couches dont l'épaisseur combinée ≥ 15 cm, avec une valeur $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox} \geq 1,2$ %, une densité apparente²⁸ ≤ 1 kg dm^{-3} et une rétention en phosphates ≥ 55 %, et qui ne remplit pas les critères du qualificatif Andic (2).

Anthraquic (aq) (du grec *anthropos*, être humain, et du latin *aqua*, eau): ayant un horizon *anthraquique* et pas d'horizon *hydragrique*.

Anthric (ak) (du grec *anthropos*, être humain): ayant des propriétés *anthriques*.

Archaic (ah) (du grec *archae*, début): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm avec ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* contenant ≥ 50 % (en volume) d'*artéfacts* fabriqués par techniques pré-industrielles, comme des céramiques montrant des traces de fabrication manuelle, faciles à briser ou contenant du sable (*uniquement pour les Technosols*) (2).

Arenic (ar) (du latin *arena*, sable): ayant dans une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm située à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral ou dans la majeure partie de la zone entre la surface du sol minéral et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à < 60 cm de la surface du sol minéral, une classe texturale de sable ou de sable loameux (2; pas de sous-qualificatif si la *roche continue* ou le matériau *technique dur* commence à < 60 cm de la surface du sol minéral).

Aric (ai) (du latin *arare*, labourer): ayant été labouré jusqu'à une profondeur de ≥ 20 cm à partir de la surface du sol (2: *uniquement Ano- et Panto-*).

Aridic (ad) (du latin *aridus*, sec): ayant des propriétés *aridiques* et pas de propriétés *takyriques* ou *yermiques*.

Protoaridic (qd) (du grec *protou*, avant): ayant une couche minérale de surface d'une épaisseur ≥ 5 cm, avec une valeur Munsell ≥ 5 (sec), devenant plus sombre (humide), $< 0,4$ % de *carbone organique du sol*, une structure lamellaire dans ≥ 50 % du volume, une croûte de surface et pas de propriétés *aridiques*.

Azric (az) (du turc *arz*, croûte de terrain ou terrestre): ayant la plupart des années durant une certaine période une nappe phréatique riche en sulfates dans une couche à ≤ 50 cm de la surface du sol dont la teneur en gypse est ≥ 15 % (en volume) calculée en moyenne jusqu'à 100 cm de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée si la profondeur est moindre (*uniquement pour les Gypsisols*).

28 Pour la densité apparente, le volume d'un échantillon de sol est déterminé à la capacité au champ (pression de succion 33 kPa, pas de séchage préalable); ensuite, le poids est déterminé après séchage à l'étuve (voir Annexe 2).

Brunic (br) (du bas allemand *brun*, brun): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 15 cm commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol qui remplit les critères 2-4 de l'horizon *cambique* mais pas le critère 1, et qui n'est pas constituée de matériau *albique*.

Calcaric (ca) (du latin *calcarius*, contenant de la chaux): ayant du matériau *calcarique* partout entre 20 et 100 cm de la surface du sol ou entre 20 cm de la surface du sol et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée si la profondeur est moindre, et n'ayant pas d'horizon *calcique* ou *pétrocalcique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (4).

Calcic (cc) (du latin *calx*, chaux): ayant un horizon *calcique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hypercalcic (jc) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un horizon *calcique* avec un équivalent carbonate de calcium dans la fraction terre fine ≥ 50 % (en poids) et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hypocalcic (wc) (du grec *hypo*, en dessous): ayant un horizon *calcique* avec un équivalent carbonate de calcium dans la fraction terre fine < 25 % (en poids) et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Protocalcic (qc) (du grec *protou*, avant): ayant une couche avec propriétés *protocalciques* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et n'ayant pas d'horizon *calcique* ou *pétrocalcique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Cambic (cm) (du latin *cambire*, changer): ayant un horizon *cambique* qui n'est pas constitué de matériau *albique* et commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol.

Neocambic (nc) (du grec *neos*, nouveau): ayant un horizon *cambique* qui n'est pas constitué de matériau *albique*, commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol et surmontant:

- » un matériau *albique* qui surmonte un horizon *argique*, *natrique* ou *spodique*, ou
- » une couche avec propriétés *rétiqes*.

Capillaric (cp) (du latin *capillus*, cheveu): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm dont les macropores sont si peu nombreux que la saturation des pores capillaires par l'eau crée des *conditions réductrices* (2).

Carbic (cb) (du latin *carbo*, charbon): ayant un horizon *spodique* qui, exposé au feu, ne devient pas plus rouge partout (*uniquement pour les Podzols*).

Carbonatic (cn) (du latin *carbo*, charbon): ayant un horizon *salique* dont la solution du sol (1:1 dans l'eau) a un pH $\geq 8,5$ et une teneur en $[\text{HCO}_3^-] > [\text{SO}_4^{2-}] > 2 * [\text{Cl}^-]$ (*uniquement pour les Solonchaks*).

Carbonic (cx) (du latin *carbo*, charbon): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol avec ≥ 20 % (en poids) de carbone organique remplissant les critères des *artéfacts* (2).

Chernic (ch) (du russe *cherniy*, noir): ayant un horizon *chernique* (2: uniquement Ano- et Panto-).

Tonguichernic (tc) (de l'anglais *tongue*, langue): ayant un horizon *chernique* formant des langues dans une couche sous-jacente (2: uniquement Ano- et Panto-).

Chloridic (cl) (du grec *chloros*, vert-jaune): ayant un horizon *salique* dont la solution du sol (1:1 dans l'eau) a une teneur en $[Cl^-] > 2 * [SO_4^{2-}] > 2 * [HCO_3^-]$ (uniquement pour les *Solonchaks*).

Chromic (cr) (du grec *chroma*, couleur): ayant entre 25 et 150 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm présentant dans ≥ 90 % de la zone exposée un hue Munsell (humide) plus rouge que 7,5YR et un chroma > 4 (2: excepté Epi-).

Clayic (ce) (de l'anglais *clay*, argile): ayant dans une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm située à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral ou dans la majeure partie de la zone entre la surface du sol minéral et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à < 60 cm de la surface du sol minéral, une classe texturale d'argile, d'argile sableuse ou d'argile limoneuse (2: pas de sous-qualificatif si la *roche continue* ou le matériau *technique dur* commence à < 60 cm de la surface du sol minéral).

Colluvic (co) (du latin *colluvio*, mélange): ayant du matériau *colluvique* d'une épaisseur ≥ 20 cm commençant à la surface du sol minéral (2: uniquement Ano- et Panto-).

Columnic (cu) (du latin *columna*, colonne): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 15 cm commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol avec structure colonnaire (2).

Cryic (cy) (du grec *kryos*, froid, glace): ayant un horizon *cryique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol ou ayant un horizon *cryique* commençant à ≤ 200 cm de la surface du sol et des preuves de cryoturbation dans certaines couches à ≤ 100 cm de la surface du sol (1: uniquement Epi- et Endo-; se rapportant à la limite supérieure de l'horizon *cryique*).

Cutanic (ct) (du latin *cutis*, peau): ayant un horizon *argique* ou *natrique* remplissant le critère diagnostique 2b de ces horizons.

Densic (dn) (du latin *densus*, dense): montrant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche naturellement ou artificiellement compactée, à un point tel que les racines ne peuvent la pénétrer ou seulement avec grande difficulté (2).

Differentic (df) (du latin *differentia*, différence): ayant un horizon *argique* ou *natrique* remplissant le critère diagnostique 2a de ces horizons.

Dolomitic (do) (du minéral dolomite, nommé en mémoire du géologue français *Déodat de Dolomieu*): ayant du matériau *dolomitique* partout entre 20 et 100 cm de la surface du sol ou entre 20 cm de la surface du sol et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée si la profondeur est moindre (4).

Drainic (dr) (du français *drainer*): artificiellement drainé.

Duric (du) (du latin *durus*, dur): ayant un horizon *durique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hyperduric (ju) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un horizon *durique* contenant ≥ 50 % (en volume) de durinodes ou de fragments d'un horizon *pétradurique* brisé et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Dystric (dy) (du grec *dys*, mauvais, et *trophae*, nourriture): ayant:

- » dans les *Histosols*, un $\text{pH}_{\text{eau}} < 5,5$ dans au moins la moitié de la zone avec du matériau *organique*, située entre 0 et 100 cm de la surface du sol,
- » dans les autres sols, un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 50 %:
 - » dans au moins la moitié de la zone située entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral, *ou*
 - » dans au moins la moitié de la zone située entre 20 cm de la surface du sol minéral et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à > 25 cm de la surface du sol minéral, *ou*
 - » dans une couche d'une épaisseur ≥ 5 cm surmontant directement une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol minéral (3).

Hyperdystric (jd) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant:

- » dans les *Histosols*, un $\text{pH}_{\text{eau}} < 5,5$ partout dans le matériau *organique* situé entre 0 et 100 cm de la surface du sol et $< 4,5$ dans une couche ayant du matériau *organique* à ≤ 100 cm de la surface du sol,
- » dans les autres sols, un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 50 % partout entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral et < 20 % dans une couche située entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral.

Orthodystric (od) (du grec *orthos*, juste): ayant:

- » dans les *Histosols*, un $\text{pH}_{\text{eau}} < 5,5$ partout dans le matériau *organique* situé entre 0 et 100 cm de la surface du sol,
- » dans les autres sols, un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 50 % partout entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral.

Ekranic (ek) (du français *écran*): ayant un matériau *technique dur* commençant à ≤ 5 cm de la surface du sol (*uniquement pour les Technosols*).

Entic (et) (du latin *recens*, jeune): ayant un horizon *spodique* meuble et pas de couche avec du matériau *albique* (*uniquement pour les Podzols*).

Escalic (ec) (de l'espagnol *escala*, terrasse): se trouvant sur des terrasses faites par l'homme.

Eutric (eu) (du grec *eu*, bon, et *trophae*, nourriture): ayant:

- » dans les *Histosols*, un $\text{pH}_{\text{eau}} \geq 5,5$ dans la majeure partie de la zone avec du matériau *organique*, située entre 0 et 100 cm de la surface du sol,
- » dans les autres sols, un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] ≥ 50 %:
 - » dans la majeure partie de la zone située entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral, *ou*
 - » dans la majeure partie de la zone située entre 20 cm de la surface du sol minéral et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à > 25 cm de la surface du sol minéral, *ou*
 - » dans une couche d'une épaisseur ≥ 5 cm surmontant directement une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol minéral (3).

Hypereutric (je) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant:

- » dans les *Histosols*, un $\text{pH}_{\text{eau}} \geq 5,5$ partout dans le matériau *organique* situé entre 0 et 100 cm de la surface du sol et $\geq 6,5$ dans une couche ayant du matériau *organique* à ≤ 100 cm de la surface du sol,
- » dans les autres sols, un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] ≥ 50 % partout entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral et ≥ 80 % dans une couche située entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral.

Oligoeutric (ol) (du grec *oligos*, peu): ayant un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] ≥ 50 % et une somme des bases échangeables $< 5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile:

- » dans la majeure partie de la zone située entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral, *ou*
- » dans la majeure partie de la zone située entre 20 cm de la surface du sol et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à > 25 cm de la surface du sol minéral, *ou*
- » dans une couche d'une épaisseur ≥ 5 cm surmontant directement une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol minéral (3).

Orthoeutric (oe) (du grec *orthos*, juste): ayant:

- » dans les *Histosols*, un $\text{pH}_{\text{eau}} \geq 5,5$ partout dans le matériau *organique* situé entre 0 et 100 cm de la surface du sol,
- » dans les autres sols, un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] ≥ 50 % partout entre 20 et 100 cm de la surface du sol minéral.

Eutrosilic (es) (du grec *eu*, bon, et *trophae*, nourriture, et du latin *silicia*, matériau contenant du silicium): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) dont l'épaisseur combinée ≥ 30 cm ayant des propriétés *andiques* et une somme des bases échangeables (NH_4OAc 1 M, pH 7) $\geq 15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de terre fine (*uniquement pour les Andosols*) (2).

Evapocrustic (ev) (du latin *e*, hors de, *vapor*, vapeur, et *crusta*, croûte): ayant une croûte saline d'une épaisseur ≤ 2 cm à la surface du sol (*uniquement pour les Solonchaks*).

Ferralic (fi) (du latin *ferrum*, fer, et *alumen*, alun): ayant un horizon *ferralique* commençant à ≤ 150 cm de la surface du sol (2).

Ferric (fr) (du latin *ferrum*, fer): ayant un horizon *ferrique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Manganiferic (mf) (du latin *magnesia nigra*, minéral noir de la ville de Magnesia): ayant un horizon *ferrique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol dans lequel ≥ 50 % des concrétions et/ou des nodules et/ou des taches sont noirs (2).

Ferritic (fe) (du latin *ferrum*, fer): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, avec une teneur en $Fe_{dith} \geq 10$ % dans la fraction terre fine et ne faisant pas partie d'un horizon *pétroplinthique*, *pisoplinthique* ou *plinthique* (2).

Hyperferritic (jf) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, avec une teneur en $Fe_{dith} \geq 30$ % dans la fraction terre fine et ne faisant pas partie d'un horizon *pétroplinthique*, *pisoplinthique* ou *plinthique* (2).

Fibric (fi) (du latin *fibra*, fibre): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol au moins deux tiers (en volume) de matériau *organique* constitués de tissus végétaux identifiables après trituration (*uniquement pour les Histosols*).

Floatic (ft) (de l'anglais *to float*, flotter): ayant du matériau *organique* flottant sur l'eau (*uniquement pour les Histosols*).

Fluic (fv) (du latin *fluvius*, cours d'eau): ayant du matériau *fluviatique* d'une épaisseur ≥ 25 cm et commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral (2).

Akrofluic (kf) (du grec *akra*, sommet): ayant du matériau *fluviatique* depuis la surface du sol minéral jusqu'à une profondeur ≥ 5 cm, mais d'une épaisseur < 25 cm (Note: en plus du sous-qualificatif Akrofluic, un sol peut également posséder le sous-qualificatif Amphifluic, Katofluic ou Endofluic).

Orthofluic (of) (du grec *orthos*, juste): ayant du matériau *fluviatique*:

- » depuis la surface du sol minéral jusqu'à une profondeur ≥ 5 cm, et
 - * dans une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm et commençant à ≤ 25 cm de la surface du sol minéral, *ou*
 - * depuis la limite inférieure d'une couche labourée d'une épaisseur ≤ 40 cm jusqu'à une profondeur ≥ 50 cm de la surface du sol minéral.

Folic (fo) (du latin *folium*, feuille): ayant un horizon *foliate* commençant à la surface du sol.

Fractic (fc) (du latin *fractus*, brisé): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol constituée d'un horizon brisé, provenant d'horizons cimentés ou indurés et, dont les débris:

- » occupent un volume ≥ 40 %, et
- » ont une longueur horizontale moyenne < 10 cm et/ou occupent un volume < 80 % (2).

Calcifractic (cf) (du latin *calx*, chaux): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol constituée d'un horizon *pétrocalcique* brisé, dont les débris:

- » occupent un volume ≥ 40 %, et
- » ont une longueur horizontale moyenne < 10 cm et/ou occupent un volume < 80 % (2).

Gypsifractic (gf) (du grec *gypsos*, gypse): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol constituée d'un horizon *pétrogypsique* brisé, dont les débris:

- » occupent un volume ≥ 40 %, et
- » ont une longueur horizontale moyenne < 10 cm et/ou occupent un volume < 80 % (2).

Plinthofractic (pf) (du grec *plinthos*, brique): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol constituée d'un horizon *pétoplinthique* brisé, dont les débris:

- » occupent un volume ≥ 40 %, et
- » ont une longueur horizontale moyenne < 10 cm et/ou occupent un volume < 80 % (2).

Fragic (fg) (du latin *fragilis*, fragile): ayant un horizon *fragique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Fulvic (fu) (du latin *fulvus*, jaune sombre): ayant un horizon *fulvique* commençant à ≤ 30 cm de la surface du sol (2: excepté Endo-).

Garbic (ga) (de l'anglais *garbage*, détrit): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm avec ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* contenant ≥ 35 % (en volume) de déchets organiques (*uniquement pour les Technosols*) (2).

Gelic (ge) (du latin *gelare*, geler):

- » ayant à ≤ 200 cm de la surface du sol une couche dont la température du sol est ≤ 0 °C pendant ≥ 2 années consécutives, et
- » n'ayant pas d'horizon *cryique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, et
- » n'ayant pas d'horizon *cryique* commençant à ≤ 200 cm de la surface du sol ni de preuve de cryoturbation dans une couche située à ≤ 100 cm de la surface du sol (1; uniquement Epi- et Endo-).

Gelistagnic (gt) (du latin *gelare*, geler, et *stagnare*, stagner): subissant une saturation temporaire par l'eau causée par une couche gelée.

Geoabruptic (go): voir *Abruptic*.

Geric (gr) (du grec *geraios*, vieux): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche avec propriétés *gériques* (2).

Gibbsic (gi) (du minéral gibbsite, nommé en mémoire du minéralogiste américain *George Gibbs*): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et contenant ≥ 25 % de gibbsite dans la fraction terre fine (2).

Gilgaic (gg) (de l'australien aborigène *gilgai*, point d'eau): ayant à la surface du sol des microbuttes et des microdépressions d'une différence de niveau ≥ 10 cm, comme le microrelief *gilgai* (*uniquement pour les Vertisols*).

Glacic (gc) (du latin *glacies*, glace): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, contenant ≥ 75 % (en volume) de glace (2).

Gleyic (gl) (du russe *gley*, masse de sol fangeuse): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, qui a des propriétés *gleyiques* partout et des *conditions réductrices* dans certaines parties de chaque sous-couche (2).

Relictigleyic (rl) (du latin *relictus*, délaissé): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, qui a des propriétés *gleyiques* partout et pas de *conditions réductrices* (2).

Glossic (gs) (du grec *glossa*, langue): ayant des *glosses albéluviques* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol.

Greyzemic (gz) (de l'anglais *grey*, gris, et du russe *zemlya*, terre): ayant des grains de limon et de sable non revêtus sur les faces structurales dans la moitié inférieure d'un horizon *mollique*.

Grumic (gm) (du latin *grumus*, amas de sol): ayant une couche de surface d'une épaisseur ≥ 1 cm avec structure granulaire forte, grossière (10 mm) à plus fine, c-à-d. auto-foisonnante (*uniquement pour les Vertisols*).

Gypsic (gy) (du grec *gypsos*, gypse): ayant un horizon *gypsique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hypergypsic (jg) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un horizon *gypsique* avec une teneur en gypse ≥ 50 % (en poids) dans la fraction terre fine et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hypogypsic (wg) (du grec *hypo*, en dessous): ayant un horizon *gypsique* avec une teneur en gypse ≤ 25 % (en poids) dans la fraction terre fine et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Gypsic (gp) (du grec *gypsos*, gypse): ayant du matériau *gypsic* partout entre 20 et 100 cm de la surface du sol ou entre 20 cm de la surface du sol et une *roche continue*, un matériau *technique dur*, ou une couche cimentée ou indurée si la profondeur est moindre, et n'ayant pas d'horizon *gypsique* ou *pétrogypsic* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (4).

Haplic (ha) (du grec *haplous*, simple): présentant certaines caractéristiques de manière typique (dans le sens qu'il n'y a pas de caractérisation plus poussée ou plus significative) et utilisé seulement si aucun des qualificatifs listés auparavant ne s'applique.

Hemic (hm) (du grec *hemisys*, moitié): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol moins de deux tiers et au moins un sixième (en volume) de matériau *organique* constitué de tissus végétaux identifiables après trituration (*uniquement pour les Histosols*).

Histic (hi) (du grec *histos*, tissu): ayant un horizon *histique* commençant à la surface du sol.

Hortic (ht) (du latin *hortus*, jardin): ayant un horizon *hortique* (2: uniquement Panto-).

Humic (hu) (du latin *humus*, terre): ayant ≥ 1 % de *carbone organique du sol* dans la fraction terre fine (moyenne pondérée sur une profondeur de 50 cm à partir de la surface du sol minéral) (si une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée est présente dans la profondeur spécifiée, la zone située en dessous n'est pas prise en compte dans le calcul).

Hyperhumic (jh) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant ≥ 5 % de *carbone organique du sol* dans la fraction terre fine (moyenne pondérée sur une profondeur de 50 cm à partir de la surface du sol minéral).

Profundihumic (dh) (du latin *profundus*, profond): ayant $\geq 1,4$ % de *carbone organique du sol* dans la fraction terre fine (moyenne pondérée sur une profondeur de 100 cm à partir de la surface du sol minéral).

Hydragric (hg) (du grec *hydor*, eau, et du latin *ager*, champ): ayant un horizon *anthraquique* surmontant directement un horizon *hydragrique* qui commence à ≤ 100 cm de la surface du sol.

Hyperhydragric (jy) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un horizon *anthraquique* surmontant directement un horizon *hydragrique*, d'une épaisseur combinée ≥ 100 cm.

Hydric (hy) (du grec *hydor*, eau): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) dont l'épaisseur combinée ≥ 35 cm dont la teneur en eau est ≥ 100 % à une pression = 1500 kPa, mesurée sans séchage préalable de l'échantillon (*uniquement pour les Andosols*) (2).

Hydrophobic (hf) (du grec *hydor*, eau, et *phobos*, peur): répulsif à l'eau, c-à-d. que l'eau demeure sur la surface d'un sol sec durant ≥ 60 secondes (*uniquement pour les Arenosols*).

Hyperallic (jl) (du grec *hyper*, au-dessus, et du latin *alumen*, alun): ayant un horizon *argique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, qui a un rapport limon / argile $< 0,6$ et un taux de saturation (effective) en Al ≥ 50 % dans tout l'horizon ou jusqu'à une profondeur de 50 cm sous sa limite supérieure, s'il est plus épais (*uniquement pour les Alisols*).

Hyperartefactif (ja) (du grec *hyper*, au-dessus, et du latin *ars*, art, et *factus*, fabriqué): ayant une teneur en *artéfacts* ≥ 50 % (en volume, moyenne pondérée) à ≤ 100 cm de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, si la profondeur est moindre (*uniquement pour les Technosols*).

Hypercalcic (jc): voir *Calcic*.

Hypereutric (je): voir *Eutric*.

Hypergyptic (jg): voir *Gypsic*.

Huperhumic (jh): voir *Humic*.

Hypernatric (jn): voir *Natric*.

Hyperorganic (jo) (du grec *hyper*, au-dessus, et *organon*, outil): ayant du matériau organique d'une épaisseur ≥ 200 cm (uniquement pour les *Histosols*).

Hypersalic (jz): voir *Salic*.

Hyperskeletal (jk) (du grec *hyper*, au-dessus, et *skeletos*, asséché): ayant une teneur en terre fine < 20 % (en volume) en moyenne pondérée sur une profondeur de 75 cm à partir de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau technique dur ou une couche cimentée ou indurée commençant à > 25 cm de la surface du sol, si la profondeur est moindre.

Hyperspodic (jp): voir *Spodic*.

Hypocalcic (wc): voir *Calcic*.

Hypogypsic (wg): voir *Gypsic*.

Immissic (im) (du latin *immissus*, envoyé à l'intérieur): ayant à la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm avec ≥ 20 % (en poids) de poussières, de suies ou de cendres récemment sédimentées et qui remplissent les critères des *artéfacts* (2: uniquement Ano- et Panto-).

Inclinic (ic) (du latin *inclinare*, incliner): ayant:

- » une pente ≥ 5 %, et
- » une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, avec propriétés *gleyiques* ou *stagniques* et un écoulement hypodermique à certaines périodes pendant l'année.

Infraandic (ia) (du latin *infra*, en dessous, et du japonais *an*, foncé, et *do*, sol): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 15 cm positionnée sous un sol classifié en priorité selon les « Règles pour la classification des sols » (Chapitre 2.5) et qui remplit les critères 1 et 3 des propriétés *andiques*, mais ne remplit pas le critère 2.

Infraspodic (is) (du latin *infra*, en dessous, et du grec *spodos*, cendre de bois): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 15 cm positionnée sous un sol classifié en priorité selon les « Règles pour la classification des sols » (Chapitre 2.5) et qui remplit les critères 3 à 6 de l'horizon *spodique*, mais ne remplit pas les critères 1 ou 2 ou les deux.

Irragric (ir) (du latin *irrigare*, irriguer, et *ager*, champ): ayant un horizon *irragrique* (2: uniquement Panto).

Isolatic (il) (de l'italien *isola*, île): ayant au-dessus d'un matériau *technique dur*, d'une géomembrane ou d'une couche continue d'*artéfacts* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, un matériau de sol contenant de la terre fine sans aucun contact avec tout autre matériau de sol contenant de la terre fine (ex. sols sur les toits ou en pots).

Lamellic (ll) (du latin *lamella*, lamelle): ayant au moins deux lamelles (chacune d'une épaisseur $\geq 0,5$ et $< 7,5$ cm et d'une épaisseur combinée ≥ 5 cm) qui ont des teneurs en argile supérieures à celles des couches les surmontant directement comme indiqué au critère 2.a de l'horizon *argique*, et dont la lamelle supérieure commence à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Totilamellic (ta) (du latin *totus*, complet): ayant un horizon *argique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et qui est entièrement constitué de lamelles.

Lapiadic (ld) (du latin *lapis*, pierre): ayant à la surface du sol une *roche continue* avec traces de dissolution (stries, rigoles) d'une profondeur ≥ 20 cm et couvrant ≥ 10 % et < 50 % de la surface de la *roche continue* (*uniquement pour les Leptosols*).

Laxic (la) (du latin *laxus*, mou): ayant entre 25 et 75 cm de la surface du sol minéral une couche de sol minéral d'une épaisseur ≥ 20 cm ayant une densité apparente²⁹ $\leq 0,9$ kg dm⁻³.

Leptic (le) (du grec *leptos*, mince): ayant une *roche continue* ou un matériau *technique dur* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (1: uniquement Epi- et Endo-).

Technoleptic (tl) (du grec *technae*, art): ayant un matériau *technique dur* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (1: uniquement Epi- et Endo-).

Lignic (lg) (du latin *lignum*, bois): ayant à ≤ 50 cm de la surface du sol des inclusions de fragments de bois intact remplissant ≥ 25 % du volume du sol.

Limnic (lm) (du grec *limnae*, étang): ayant à ≤ 50 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) avec du matériau *limnique* dont l'épaisseur combinée ≥ 10 cm.

Linic (lc) (du latin *linea*, ligne): ayant une géomembrane continue, très peu perméable à imperméable de n'importe quelle épaisseur et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (1).

Lithic (li) (du grec *lithos*, pierre): ayant une *roche continue* ou un matériau *technique dur* commençant à ≤ 10 cm de la surface du sol (*uniquement pour les Leptosols*).

Technolithic (tt) (du grec *technae*, art): ayant un matériau *technique dur* commençant à ≤ 10 cm de la surface du sol (*uniquement pour les Leptosols*).

Nudilithic (nt) (du latin *nudus*, nu): ayant une roche continue en surface (*uniquement pour les Leptosols*).

29 Pour la densité apparente, le volume d'un échantillon de sol est déterminé à la capacité au champ (pression de succion 33 kPa, pas de séchage préalable); ensuite, le poids est déterminé après séchage à l'étuve (voir Annexe 2).

Lixic (lx) (du latin *lixivia*, substances évacuées par lavage): ayant un horizon *argique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et ayant une CEC (NH_4OAc 1 M, pH 7) $< 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile dans certaines parties situées à ≤ 50 cm sous sa limite supérieure et ayant un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] ≥ 50 % dans la majeure partie de la zone située entre 50 et 100 cm de la surface du sol minéral ou dans la moitié inférieure du sol minéral surmontant une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral, la plus mince des deux épaisseurs étant retenue (2).

Loamic (lo) (de l'anglais *loam*, loam): ayant dans une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm, située à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral ou dans la majeure partie de la zone entre la surface du sol minéral et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à < 60 cm de la surface du sol minéral, une classe texturale de loam, de loam sableux, de loam sablo-argileux, de loam argileux ou de loam limono-argileux (2; pas de sous-qualificatif si la *roche continue* ou le matériau *technique dur* commence à < 60 cm de la surface du sol minéral).

Luvic (lv) (du latin *eluvare*, lessiver): ayant un horizon *argique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et ayant une CEC (NH_4OAc 1 M, pH 7) $\geq 24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile partout ou jusqu'à 50 cm sous sa limite supérieure, la plus mince des deux épaisseurs étant retenue, et ayant un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH_4OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] ≥ 50 % dans la majeure partie de la zone située entre 50 et 100 cm de la surface du sol minéral ou dans la moitié inférieure du sol minéral surmontant une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral, la plus mince des deux épaisseurs étant retenue (2).

Magnésic (mg) (de l'élément chimique *magnesium*, étymologie non consensuelle): ayant un rapport Ca / Mg échangeables < 1 dans la majeure partie de la zone à ≤ 100 cm de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée si la profondeur est moindre (3).

Hypermagnésic (jm) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un rapport Ca / Mg échangeables $< 0,1$ dans la majeure partie de la zone à ≤ 100 cm de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée si la profondeur est moindre (3).

Mawic (mw) (du kiswahili *mawe*, pierres): ayant une couche d'éléments grossiers dont les interstices sont remplis de matériau *organique* et qui est surmontée directement par du matériau *organique* (*uniquement pour les Histosols*) (1: uniquement Epi- et Endo-; se rapporte à la limite supérieure de la couche à éléments grossiers).

Mazic (mz) (de l'espagnol *maza*, massue): massif et dur à très dur dans les 20 cm supérieurs du sol (*uniquement pour les Vertisols*).

Melanic (ml) (du grec *melas*, noir): ayant à ≤ 30 cm de la surface du sol un horizon *mélanique* (*uniquement pour les Andosols*) (2: excepté Endo-).

Mesotrophic (ms) (du grec *mesos*, milieu, et *trophae*, nourriture): ayant un taux de saturation effective en bases [(Ca + Mg + K + Na) échangeables / (Ca + Mg + K + Na + Al) échangeables; bases échangeables: NH₄OAc 1 M (pH 7), Al échangeable: KCl 1 M (non tamponné)] < 75 % à 20 cm sous la surface du sol (*uniquement pour les Vertisols*).

Mineralic (mi) (du celtique *mine*, minéral): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) de matériau *minéral* dont l'épaisseur combinée ≥ 20 cm, sise(s) entre des couches de matériau *organique* (*uniquement pour les Histosols*) (2: uniquement Epi-, Endo-, Amphi- et Kato-).

Akromineralic (km) (du grec *akra*, sommet): ayant du matériau *minéral* d'une épaisseur ≥ 5 cm commençant à la surface du sol, mais les couches de matériau *minéral* sises sur ou entre des couches de matériau *organique* ont une épaisseur combinée < 20 cm, (*uniquement pour les Histosols*).

Orthomineralic (oi) (du grec *orthos*, juste): ayant:

- » du matériau *minéral* d'une épaisseur ≥ 5 cm commençant à la surface du sol, et
- » à ≤ 100 cm de la surface du sol, une ou plusieurs couche(s) de matériau *minéral* dont l'épaisseur combinée ≥ 20 cm, sur ou entre des couches de matériau *organique* (*uniquement pour les Histosols*).

Mollic (mo) (du latin *mollis*, doux): ayant un horizon *mollique* (2: uniquement Ano- et Panto-).

Anthromollic (am) (du grec *anthropos*, être humain): ayant un horizon *mollique* et des propriétés *anthriques* (2: uniquement Ano- et Panto-).

Somerimollic (sm) (de l'espagnol *somero*, superficiel): ayant un horizon *mollique* d'une épaisseur < 20 cm.

Tonguimollic (tm) (de l'anglais *tongue*, langue): ayant un horizon *mollique* formant des langues dans une couche sous-jacente (2: uniquement Ano- et Panto-; se rapporte à l'horizon *mollique*, pas aux langues).

Murshic (mh) (du polonais *mursz*, décomposer): ayant un horizon *histique* drainé d'une épaisseur ≥ 20 cm et commençant à ≤ 10 cm de la surface du sol ou en dessous d'un horizon *folique*, avec une densité apparente³⁰ $\geq 0,2$ kg dm⁻³ et au moins une des caractéristiques suivantes:

- » une structure granulaire ou polyédrique modérée ou forte, ou
- » des fissures

(*uniquement pour les Histosols*) (2).

Muusic (mu) (du sakha *muus*, glace): ayant du matériau *organique* surmontant directement de la glace (*uniquement pour les Histosols*) (1: uniquement Epi- et Endo-).

³⁰ Pour la densité apparente, le volume d'un échantillon de sol est déterminé à la capacité au champ (pression de succion 33 kPa, pas de séchage préalable); ensuite, le poids est déterminé après séchage à l'étuve (voir Annexe 2).

Natric (na) (de l'arabe *natroune*, sel): ayant un horizon *natrique* commençant à \leq 100 cm de la surface du sol (2).

Hypernatric (jn) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un horizon *natrique* avec un pourcentage de Na échangeable (ESP) \geq 15 partout dans l'entièreté de l'horizon *natrique* ou dans ses 40 cm supérieurs s'il est plus épais.

Nudinatric (nn) (du latin *nudus*, nu): ayant un horizon *natrique* commençant à la surface du sol minéral.

Nechic (ne) (de l'amharique *nech*, blanc): ayant des grains minéraux non revêtus, de la taille du limon ou du sable, dans une matrice plus sombre, à certains endroits à \leq 5 cm de la surface du sol minéral.

Neocambic (nc): voir *Cambic*.

Nitic (ni) (du latin *nitidus*, brillant): ayant un horizon *nitique* commençant à \leq 100 cm de la surface du sol (2).

Novic (nv) (du latin *novus*, nouveau): ayant une couche d'une épaisseur \geq 5 cm et $<$ 50 cm surmontant un sol enfoui qui est classifié en priorité selon les « Règles pour la classification des sols » (Chapitre 2.5).

Areninovic (aj) (du latin *arena*, sable): ayant une couche d'une épaisseur \geq 5 cm et $<$ 50 cm avec dans sa majeure partie une classe texturale de sable ou de sable loameux, surmontant un sol enfoui qui est classifié en priorité selon les « Règles pour la classification des sols » (Chapitre 2.5).

Clayinovic (cj) (de l'anglais *clay*, argile): ayant une couche d'une épaisseur \geq 5 cm et $<$ 50 cm avec dans sa majeure partie une classe texturale d'argile, d'argile sableuse ou d'argile limoneuse, surmontant un sol enfoui qui est classifié en priorité selon les « Règles pour la classification des sols » (Chapitre 2.5).

Loaminovic (lj) (de l'anglais *loam*, loam): ayant une couche d'une épaisseur \geq 5 cm et $<$ 50 cm avec dans sa majeure partie une classe texturale de loam, de loam sableux, de loam sablo-argileux, de loam argileux ou de loam limono-argileux, surmontant un sol enfoui qui est classifié en priorité selon les « Règles pour la classification des sols » (Chapitre 2.5).

Siltinovic (sj) (de l'anglais *silt*, limon): ayant une couche d'une épaisseur \geq 5 cm et $<$ 50 cm avec dans sa majeure partie une classe texturale de limon ou de loam limoneux, surmontant un sol enfoui qui est classifié en priorité selon les « Règles pour la classification des sols » (Chapitre 2.5).

Nudiargic (ng) (du latin *nudus*, nu, et *argilla*, argile blanche): ayant un horizon *argique* commençant à la surface du sol minéral.

Nudilithic (nt): voir *Lithic*.

Nudinatric (nn): voir *Natric*.

Ochric (oh) (du grec *ochros*, pâle): ayant une teneur en *carbone organique du sol* \geq 0,2 % (moyenne pondérée) dans la couche allant de la surface du sol minéral jusqu'à une profondeur de 10 cm de la surface du sol minéral, n'ayant pas un horizon *mollique* ou *umbrique* et ne remplissant pas l'ensemble des critères du qualificatif Humic.

- Ombric (om)** (du grec *ombros*, pluie): ayant un horizon *histique* saturé principalement par de l'eau de pluie (*uniquement pour les Histosols*).
- Ornithic (oc)** (du grec *ornithos*, oiseau): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 15 cm avec du matériau *ornithogénique*, commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol (2).
- Orthofluvic (of)**: voir *Fluvic*.
- Ortsteinic (os)** (de l'allemand *ortstein*, pierre locale): ayant un horizon *spodique* ayant un sous-horizon d'une épaisseur $\geq 2,5$ cm qui est cimenté (« *ortstein* ») dans ≥ 50 % de sa dimension horizontale (*uniquement pour les Podzols*).
- Oxyaquic (oa)** (du grec *oxys*, acide, et du latin *aqua*, eau): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, qui est saturée par de l'eau riche en oxygène durant une période de ≥ 20 jours consécutifs, et n'ayant de propriétés *gleyiques* ou *stagniques* dans aucune des couches situées à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral (2).
- Oxygleyic (oy)** (du grec *oxys*, acide, et du russe *gley*, masse de sol fangeuse): n'ayant pas à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral une couche remplissant le critère 1 des propriétés *gleyiques* (*uniquement pour les Gleysols*).
- Pachic (ph)** (du grec *pachys*, épais): ayant un horizon *mollique* ou *umbrique* d'une épaisseur ≥ 50 cm.
- Pellic (pe)** (du grec *pellos*, poussiéreux): ayant dans les 30 cm supérieurs du sol, une valeur Munsell ≤ 3 et un chroma ≤ 2 (humides) (*uniquement pour les Vertisols*).
- Petric (pt)** (du grec *petros*, roche): ayant une couche cimentée ou indurée commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (se rapporte à un horizon diagnostique du RSG correspondant) (1: uniquement Epi- et Endo-).
- Nudipetric (np)** (du latin *nudus*, nu): ayant une couche cimentée ou indurée commençant à la surface du sol (se rapporte à un horizon diagnostique du RSG correspondant).
- Petrocalcic (pc)** (du grec *petros*, roche, et du latin *calx*, chaux): ayant un horizon *pétrocalcique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).
- Petroduric (pd)** (du grec *petros*, roche, et du latin *durus*, dur): ayant un horizon *pétrodurique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).
- Petrogleyic (py)** (du grec *petros*, roche, et du russe *gley*, masse de sol fangeuse): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm remplissant le critère 2 des propriétés *gleyiques* et dont ≥ 15 % (en volume) sont cimentés (*fer des marais*) (2).
- Petrogypsic (pg)** (du grec *petros*, roche, et *gypsos*, gypse): ayant un horizon *pétrogypsique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).
- Petroplinthic (pp)** (du grec *petros*, roche, et *plinthos*, brique): ayant un horizon *pétroplinthique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Petrosalic (ps) (du grec *petros*, roche, et du latin *sal*, sel): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm, qui est cimentée par des sels plus solubles que le gypse (2).

Pisoplinthic (px) (du latin *pisum*, pois, et du grec *plinthos*, brique): ayant un horizon *pisoplinthique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Placic (pi) (du grec *plax*, pierre plate): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral, une couche d'une épaisseur comprise entre $\geq 0,1$ et $< 2,5$ cm, qui est indurée ou cimentée par une combinaison de matière organique, de Fe, Mn et/ou Al et qui est suffisamment continue pour que des fissures verticales, si présentes, soient espacées d'au moins 10 cm et occupent < 20 % du volume (2: uniquement Epi-, Endo- et Amphi-).

Plaggic (pa) (du bas allemand *plaggen*, matériau collecté par étrépage): ayant un horizon *plaggique* (2: uniquement Panto-).

Plinthic (pl) (du grec *plinthos*, brique): ayant un horizon *plinthique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Posic (po) (du latin *positivus*, donné): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, qui a une charge nulle ou positive ($\text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{eau}} \geq 0$, tous deux en solution 1:1) (2).

Pretic (pk) (du portugais *preto*, noir): ayant un horizon *pretique* (2: uniquement Panto-).

Profondic (pn) (du français *profond*): ayant un horizon *argique* dont la teneur en argile ne décroît pas de ≥ 20 % (relatif) de son maximum à < 150 cm de la surface du sol.

Protic (pr) (du grec *protou*, avant): n'ayant aucun développement d'horizon de sol à l'exception d'un horizon *cryique* qui peut être présent.

Protoandic (qa): *ver Andic*.

Protoargic (qg) (du grec *protou*, avant, et du latin *argilla*, argile blanche): ayant à < 100 cm de la surface du sol minéral une augmentation de la teneur en argile ≥ 4 % (absolu) d'une couche à la couche directement sous-jacente (*uniquement pour les Arenosols*) (1).

Protocalcic (qc): *voir Calcic*.

Protospodic (qp): *voir Spodic*.

Protovertic (qv): *voir Vertic*.

Puffic (pu) (de l'anglais *to puff*, boursoufler): ayant une croûte poussée vers le haut par des cristaux de sel (*uniquement pour les Solonchaks*).

Raptic (rp) (du latin *raptus*, cassé): ayant une *discontinuité lithique* à une profondeur ≤ 100 cm de la surface du sol minéral (1).

Reductaquic (ra) (du latin *reductus*, ramené, et *aqua*, eau): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, qui est saturée par l'eau pendant le dégel et qui présente à certains moments de l'année des *conditions réductrices* au-dessus d'un horizon *cryique* à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral (*uniquement pour les Cryosols*) (2).

Reductic (rd) (du latin *reductus*, ramené): ayant dans ≥ 25 % du volume de la terre fine à ≤ 100 cm de la surface du sol des *conditions réductrices* causées par des émissions gazeuses comme du méthane ou du dioxyde de carbone, ou par des infiltrations de liquides autres que l'eau (ex. pétrole) (5).

Reductigleyic (ry) (du latin *reductus*, ramené, et du russe *gley*, masse de sol fangeuse): n'ayant pas à ≥ 40 cm de la surface du sol minéral une couche remplissant le critère diagnostique 2 des propriétés *gleyiques* (*uniquement pour les Gleysols*).

Relocatic (rc) (du latin *re*, à nouveau, et *locatus*, mis): remodelé in situ par l'activité humaine (labour profond, remplissage de fosses ou nivelage de la surface) jusqu'à une profondeur ≥ 100 cm et n'ayant nulle part de développement d'horizon après remodelage au moins entre 20 et 100 cm de la surface du sol ou entre la limite inférieure d'une couche de labour d'une épaisseur > 20 cm et située à < 100 cm de la surface du sol (dans les *Technosols*, Relocatic est redondant, sauf en combinaison avec le qualificatif Ekranic ou Linic); un horizon diagnostique subsuperficiel détruit peut être ajouté via un trait d'union, comme Spodi-Relocatic, Spodi-Epirelocatic (4: uniquement Epi-).

Rendzic (rz) (du polonais *rzendzic*, râper au contact d'un soc de charrue): ayant un horizon *mollique* qui contient ou qui repose directement sur du matériau *calcaire* avec un équivalent carbonate de calcium ≥ 40 % ou qui surmonte directement une roche calcaire contenant ≥ 40 % d'équivalent carbonate de calcium (2: uniquement Ano- et Panto-).

Somerirendzic (sr) (de l'espagnol *somero*, superficiel): ayant un horizon *mollique* d'une épaisseur < 20 cm qui surmonte directement une roche calcaire contenant ≥ 40 % d'équivalent carbonate de calcium.

Retic (rt) (du latin *rete*, filet): ayant des propriétés *rétiqes* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, mais n'ayant pas de *glosses albéluviques*.

Rheic (rh) (du grec *rhen*, couler): ayant un horizon *histique* saturé principalement par de l'eau de nappe ou de l'eau vive (*uniquement pour les Histosols*).

Rhodic (ro) (du grec *rhodon*, rose): ayant entre 25 et 150 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm présentant dans ≥ 90 % de la zone exposée un hue Munsell (humide) plus rouge que 5YR et une valeur < 4 et une valeur (sec) n'ayant pas plus d'une unité en plus que celle humide (2: excepté Epi-).

Rockic (rk) (de l'anglais *rock*, roche): ayant une *roche continue* ou un matériau *technique dur* directement surmonté par du matériau *organique* (*uniquement pour les Histosols*) (1: uniquement Epi- et Endo-).

Rubic (ru) (du latin *ruber*, rouge): ayant entre 25 et 100 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm, non constituée de matériau *albique*, et présentant dans ≥ 90 % de la zone exposée un hue Munsell plus rouge que 10YR, et/ou un chroma ≥ 5 (humides) (*uniquement pour les Arenosols*) (2: excepté Epi-).

Rustic (rs) (de l'anglais *rust*, rouille): ayant un horizon *spodique* dans lequel le rapport entre le pourcentage de Fe_{ox} et celui du *carbone organique du sol* est ≥ 6 partout (*uniquement pour les Podzols*).

Salic (sz) (du latin *sal*, sel): ayant un horizon *salique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hypersalic (jz) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche qui a une $EC_e \geq 30$ dS m^{-1} à 25 °C (2).

Protosalic (qz) (du grec *protou*, avant): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche qui a une $EC_e \geq 4$ dS m^{-1} à 25 °C et n'ayant pas d'horizon *salique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Sapric (sa) (du grec *sapros*, pourri): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol, moins d'un sixième (en volume) de matériau *organique* constitué de tissus végétaux identifiables après trituration (*uniquement pour les Histosols*).

Sideralic (se) (du grec *sideros*, fer, et du latin *alumen*, alun): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche ayant des propriétés *sidéraliques* (2).

Hypersideralic (jr) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche ayant des propriétés *sidéraliques* et une CEC (NH_4OAc 1 M, pH 7) < 16 cmol_c kg^{-1} d'argile (2).

Silandic (sn) (du latin *silicia*, matériau contenant du silicium, et du japonais *an*, foncé, et *do*, sol): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couche(s) dont l'épaisseur combinée ≥ 15 cm avec propriétés *andiques* et une teneur en $Si_{ox} \geq 0,6$ % ou un rapport $Al_{py} / Al_{ox} < 0,5$ (*uniquement pour les Andosols*) (2).

Siltic (sl) (de l'anglais *silt*, limon): ayant dans une couche d'une épaisseur ≥ 30 cm située à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral ou dans la majeure partie de la zone entre la surface du sol minéral et une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commençant à < 60 cm de la surface du sol minéral, une classe texturale de limon ou de loam limoneux (2; pas de sous-qualificatif si la *roche continue* ou le matériau *technique dur* commence à < 60 cm de la surface du sol minéral).

Skeletal (sk) (du grec *skeletos*, asséché): ayant ≥ 40 % (en volume) d'éléments grossiers, en moyenne jusqu'à une profondeur de 100 cm ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, si cette profondeur est plus mince (5).

Akroskeletal (kk) (du grec *akra*, sommet): ayant ≥ 40 % de la surface du sol couverte de fragments dont la plus grande dimension ≥ 6 cm (pierres, blocs, roches).

Orthoskeletal (ok) (du grec *orthos*, juste): ayant:

- » ≥ 40 % de la surface du sol couverte d'éléments dont la plus grande dimension ≥ 6 cm (pierres, blocs, roches), et
- » ayant ≥ 40 % (en volume) d'éléments grossiers, en moyenne jusqu'à une profondeur de 100 cm ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, si cette profondeur est plus mince (5).

Technoskeletal (tk) (du grec *technae*, art): ayant ≥ 40 % (en volume) d'éléments grossiers remplissant les critères des *artéfacts*, en moyenne jusqu'à une profondeur de 100 cm ou jusqu'à une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, si cette profondeur est plus mince (5).

Sodic (so) (de l'espagnol *soda*, eau gazeuse): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, ayant ≥ 15 % Na plus Mg et ≥ 6 % Na sur le complexe d'échange, et n'ayant pas un horizon *natrique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Argisodic (as) (du latin *argilla*, argile blanche): ayant un horizon *argique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, ayant ≥ 15 % Na plus Mg et ≥ 6 % Na sur le complexe d'échange dans tout l'horizon *argique* ou dans ses 40 cm supérieurs, s'il est plus épais (2).

Protosodic (qs) (du grec *protou*, avant): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm, commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol, ayant ≥ 6 % Na sur le complexe d'échange, et n'ayant pas un horizon *natrique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Sombric (sb) (du français *sombre*): ayant un horizon *sombrique* commençant à ≤ 150 cm de la surface du sol (2).

Someric (si) (de l'espagnol *somero*, superficiel): ayant un horizon *mollique* ou *umbrique* d'une épaisseur < 20 cm.

Spodic (sd) (du grec *spodos*, cendre de bois): ayant un horizon *spodique* commençant à ≤ 200 cm de la surface du sol minéral (2).

Hyperspodic (jp) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un horizon *spodique* d'une épaisseur ≥ 100 cm.

Protospodic (qp) (du grec *protou*, avant): ayant une couche d'une épaisseur $\geq 2,5$ cm commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol minéral, qui a:

- » $\geq 0,5$ % de *carbone organique du sol* dans le cm supérieur, et
- » une sous-couche ayant une valeur $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox} \geq 0,5$ % et qui est ≥ 2 fois plus élevée que la valeur $Al_{ox} + \frac{1}{2} Fe_{ox}$ la plus basse de toutes les couches minérales susjacentes et n'ayant pas d'horizon *spodique* commençant à ≤ 200 cm de la surface du sol minéral (2).

Spolic (sp) (du latin *spoliare*, extraire): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm avec ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* contenant ≥ 35 % (en volume) de résidus industriels (terris, dragage, mâchefers, cendres, gravats, etc.) (*uniquement pour les Technosols*) (2).

Stagnic (st) (du latin *stagnare*, stagner): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, ne faisant pas partie d'un horizon *hydragrique* et ayant:

- » des propriétés *stagniques* dont la zone avec couleurs réductimorphiques plus la zone avec couleurs oxymorphiques couvre ≥ 25 % du total de la couche, et
- » des *conditions réductrices* à certains moments pendant l'année dans la majeure partie du volume de la couche qui a les couleurs réductimorphiques (2).

Protostagnic (qw) (du grec *protou*, avant): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, ne faisant pas partie d'un horizon *hydragrique* et ayant:

- » des propriétés *stagniques* dont la zone avec couleurs réductimorphiques plus la zone avec couleurs oxymorphiques couvre ≥ 10 % et < 25 % du total de la couche, et
- » des *conditions réductrices* à certains moments pendant l'année dans la majeure partie du volume de la couche qui a les couleurs réductimorphiques (2).

Relicstagnic (rw) (du latin *relictus*, délaissé): ayant une couche d'une épaisseur ≥ 25 cm, commençant à ≤ 75 cm de la surface du sol minéral, et ayant:

- » des propriétés *stagniques* dont la zone avec couleurs réductimorphiques plus la zone avec couleurs oxymorphiques couvre ≥ 25 % du total de la couche, et
- » pas de *conditions réductrices* (2).

Subaquatic (sq) (du latin *sub*, en-dessous, et *aqua*, eau): submergé de manière permanente par de l'eau d'une profondeur ≤ 200 cm.

Sulfatic (su) (du latin *sulphur*, soufre): ayant un horizon *salique* dont la solution (1:1 dans l'eau) a une teneur en $[\text{SO}_4^{2-}] > 2 * [\text{HCO}_3^-] > 2 * [\text{Cl}^-]$ (*uniquement pour les Solonchaks*).

Sulfidic (sf) (du latin *sulphur*, soufre): ayant du matériau *sulfidique* sur une épaisseur ≥ 15 cm et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hypersulfidic (js) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant du matériau *hypersulfidique* sur une épaisseur ≥ 15 cm et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hyposulfidic (ws) (du grec *hypo*, en dessous): ayant du matériau *hyposulfidique* sur une épaisseur ≥ 15 cm et commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Takyric (ty) (de langues turcophones *takyr*, terre nue): ayant des propriétés *takyriques*.

Technic (te) (du grec *technae*, art): ayant ≥ 10 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* dans les 100 cm supérieurs à partir de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue* ou une couche cimentée ou indurée, si la profondeur est moindre, ou ayant une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm et commençant à ≤ 90 cm de la surface du sol contenant ≥ 50 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* (5 ou 2: uniquement Epi- et Endo-).

Hypertechnic (jt) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* dans les 100 cm supérieurs à partir de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue* ou une couche cimentée ou indurée, si la profondeur est moindre (5).

Prototechnic (qt) (du grec *protou*, avant): ayant ≥ 5 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* dans les 100 cm supérieurs à partir de la surface du sol ou jusqu'à une *roche continue* ou une couche cimentée ou indurée, si la profondeur est moindre, ou ayant une couche d'une épaisseur ≥ 10 cm et commençant à ≤ 90 cm de la surface du sol contenant ≥ 25 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* (5 ou 2: uniquement Epi- et Endo-).

Technoleptic (tl): voir *Leptic*.

Tephric (tf) (du grec *tephra*, cendre entassée): ayant du matériau *téphrique* commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol et:

- » ayant une épaisseur ≥ 30 cm, ou
- » ayant une épaisseur ≥ 10 cm et surmontant directement une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée (2).

Prototephric (qf) (du grec *protou*, avant): ayant une couche avec du matériau *téphrique* d'une épaisseur ≥ 10 cm et < 30 cm, commençant à ≤ 50 cm de la surface du sol et n'atteignant pas une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée.

Terric (tr) (du latin *terra*, terre): ayant un horizon *terrique* et:

- » dans les Anthrosols, n'ayant pas d'horizons *hortique*, *irragrique*, *plaggique* ou *pretique* d'une épaisseur ≥ 50 cm (2: uniquement Panto-) et
- » dans les autres sols, n'ayant pas d'horizons *hortique*, *irragrique*, *plaggique* ou *pretique*.

Thionic (ti) (du grec *theion*, sulfure): ayant un horizon *thionique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Hyperthionic (ji) (du grec *hyper*, au-dessus): ayant un horizon *thionique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et ayant un pH (1:1 dans l'eau) $< 3,5$ (2).

Hypothionic (wi) (du grec *hypo*, en dessous): ayant un horizon *thionique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et ayant un pH (1:1 dans l'eau) $\geq 3,5$ et < 4 (2).

Thixotropic (tp) (du grec *thixis*, contact, et *tropae*, restitution): ayant dans une couche à ≤ 50 cm de la surface du sol du matériau qui, sous la pression ou par malaxage, passe de l'état solide plastique à l'état liquide et retourne ensuite à l'état solide.

Tidalic (td) (de l'anglais *tide*, marée): affecté par les marées, c-à-d. localisé entre les lasses moyennes des marées hautes et basses de vives eaux.

Tonguic (to) (de l'anglais *tongue*, langue): présentant des langues d'horizons *chernique*, *mollique* ou *umbrique* dans une couche sous-jacente.

Toxic (tx) (du grec *toxikon*, poison): ayant dans une couche à ≤ 50 cm de la surface du sol des concentrations toxiques de substances organiques ou inorganiques autres que des ions Al, Fe, Na, Ca et Mg, ou présentant une radioactivité dangereuse pour l'homme.

Anthrotoxic (at) (du grec *anthropos*, être humain): ayant dans une couche à ≤ 50 cm de la surface du sol des concentrations de substances organiques ou inorganiques suffisamment élevées et persistantes pour affecter significativement la santé d'êtres humains ayant des contacts réguliers avec le sol.

Phytotoxic (yx) (du grec *phyton*, plante): ayant dans une couche à ≤ 50 cm de la surface du sol des concentrations d'ions autres que Al, Fe, Na, Ca et Mg suffisamment élevées pour affecter significativement la croissance des plantes.

Radiotoxic (rx) (du latin *radius*, rayon): présentant une radioactivité dangereuse pour l'homme.

Zootoxic (zx) (du grec *zoae*, vie): ayant dans une couche à ≤ 50 cm de la surface du sol des concentrations de substances organiques ou inorganiques suffisamment élevées et persistantes pour affecter significativement la santé des animaux (y compris les humains) qui ingèrent des plantes provenant de ces sols.

Transportic (tn) (du latin *transportare*, transporter): ayant à la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm ou ≥ 50 % de l'entièreté du sol si une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commence à ≤ 40 cm de la surface du sol, avec du matériau ne remplissant pas les critères des *artéfacts*, et qui a été déplacée d'une zone de départ éloignée de celle proche du sol par une activité humaine intentionnelle, généralement à l'aide de machines et sans remaniement important ni déplacement naturel (2: uniquement Ano- et Panto-; pas de sous-qualificatif si la *roche continue* ou le matériau *technique dur* commence à ≤ 40 cm de la surface du sol minéral).

Organotransportic (ot) (du grec *organon*, outil): ayant à la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm ou ≥ 50 % de l'entièreté du sol si une *roche continue*, un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée commence à ≤ 40 cm de la surface du sol, avec du matériau organique ne remplissant pas les critères des *artéfacts*, et qui a été déplacée d'une zone de départ éloignée de celle proche du sol par une activité humaine intentionnelle, généralement à l'aide de machines et sans remaniement important ni déplacement naturel (2: uniquement Ano- et Panto-; pas de sous-qualificatif si la *roche continue* ou le matériau *technique dur* commence à ≤ 40 cm de la surface du sol minéral).

Turbic (tu) (du latin *turbare*, perturber): présentant des signes de cryoturbation (matériau mélangé, horizons de sol interrompus, involutions, intrusions organiques, soulèvement par le gel, tri entre matériaux fins et grossiers, fissures ou sol réticulé) à ≤ 100 cm de la surface du sol, au-dessus d'un horizon *cryique* ou d'une couche subsissant des gelées saisonnières (2: uniquement si la couche est nettement identifiable).

Relictiturbic (rb) (du latin *relictus*, délaissé): présentant à ≤ 100 cm de la surface du sol des signes de cryoturbation dus à l'action du gel dans le passé (2: uniquement si la couche est nettement identifiable).

Umbric (um) (du latin *umbra*, ombre): ayant un horizon *umbrique* (2: uniquement Ano- et Panto-).

Anthroumbric (aw) (du grec *anthropos*, être humain): ayant un horizon *umbrique* et des propriétés *anthriques* (2: uniquement Ano- et Panto-).

Someriumbric (sw) (de l'espagnol *somero*, superficiel): ayant un horizon *umbrique* d'une épaisseur < 20 cm.

Tonguiumbric (tw) (de l'anglais *tongue*, langue): ayant un horizon *umbrique* formant des langues dans une couche sous-jacente (2: uniquement Ano- et Panto-; se rapporte à l'horizon *umbrique*, pas aux langues).

Urbic (ub) (du latin *urbs*, ville): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une couche d'une épaisseur ≥ 20 cm avec ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* contenant ≥ 35 % (en volume) de gravats ou de déchets d'implantation humaine (*uniquement pour les Technosols*) (2).

Uterquic (uq) (du latin *uterque*, les deux): ayant une couche présentant principalement des propriétés *gleyiques* et dans certaines parties des propriétés *stagniques*.

Vermic (vm) (du latin *vermis*, ver): ayant ≥ 50 % (en volume, moyenne pondérée) de chenaux de vers ou de terriers d'animaux rebouchés dans les 100 cm supérieurs du sol ou jusqu'à une *roche continue* ou un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée, si cette couche est plus mince.

Vertic (vr) (du latin *vertere*, tourner): ayant un horizon *vertique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Protovertic (qv) (du grec *protou*, avant): ayant un horizon *protovertique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol et n'ayant pas d'horizon *vertique* commençant à ≤ 100 cm de la surface du sol (2).

Vetic (vt) (du latin *vetus*, vieux): ayant entre 25 et 100 cm de la surface du sol une couche ayant une somme des bases échangeables (NH_4OAc 1 M, pH 7) plus Al échangeable (KCl 1 M, non tamponné) $< 6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ d'argile (2).

Vitric (vi) (du latin *vitrum*, verre): ayant à ≤ 100 cm de la surface du sol une ou plusieurs couches avec propriétés *andiques* ou *vitriques* dont l'épaisseur combinée ≥ 30 cm (≥ 15 cm dans les *Cambisols*) dont ≥ 15 cm ($\geq 7,5$ cm dans les *Cambisols*) ont des propriétés *vitriques* (2).

Xanthic (xa) (du grec *xanthos*, jaune): ayant un horizon *ferralique* qui, dans un sous-horizon d'une épaisseur ≥ 30 cm et commençant à ≤ 75 cm de la limite supérieure de l'horizon *ferralique*, a dans ≥ 90 % de la zone exposée un hue Munsell = 7,5YR ou plus jaune, une value ≥ 4 et un chroma ≥ 5 (humide).

Yermic (ye) (de l'espagnol *yermo*, désert): ayant des propriétés *yermiques* comprenant un pavement du désert.

Nudiyermic (ny) (du latin *nudus*, nu): ayant des propriétés *yermiques* sans pavement du désert.

Bibliographie

- Asiamah, R.D.** 2000. *Plinthite and conditions for its hardening in agricultural soils in Ghana*. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana. (Thesis)
- Blakemore, L.C., Searle, P.L. & Daly, B.K.** 1987. *Soil Bureau analytical methods. A method for chemical analysis of soils*. NZ Soil Bureau Sci. Report 80. DSIRO.
- Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W., Frede, H.-G., Guggenberger, G., Horn, R. & Stahr, K. (eds.)**. 1995-2014. *Handbuch der Bodenkunde*. Wiley-VCH, Weinheim, 3584 pp.
- Bridges, E.M.** 1997. *World soils*. 3rd edition. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Broll, G., Brauckmann, H.-J., Overesch, M., Junge, B., Erber, C., Milbert, G., Baize, D. & Nachtergaele, F.** 2006. Topsoil characterization – recommendations for revision and expansion of the FAO-Draft (1998) with emphasis on humus forms and biological features. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169 (3): 453-461.
- Buivydaité, V.V., Vaičys, M., Juodis, J. & Motuzas, A.** 2001. *Lietuvos dirvožemių klasifikacija*. Vilnius, Lietuvos mokslas.
- Burt, R., (ed.)**. 2004. *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0. Lincoln, USA, Natural Resources Conservation Service.
- Charzynski, P., Hulisz, P. & Bednarek, R. (eds.)**. 2013: *Technogenic soils of Poland*. Polish Society of Soil Science, Torun.
- Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy (CRGCST)**. 2001. *Chinese soil taxonomy*. Beijing and New York, USA, Science Press.
- CPCS**. 1967. *Classification des sols*. Grignon, France, Ecole nationale supérieure agronomique. 87 pp.
- FAO**. 1966. *Classification of Brazilian soils*, by J. Bennema. Report to the Government of Brazil. FAO EPTA Report No. 2197. Rome.
- FAO**. 1988. *Soil map of the world. Revised legend*, by FAO–UNESCO–ISRIC. World Soil Resources Report No. 60. Rome.
- FAO**. 1994. *World Reference Base for Soil Resources*, by ISSS–ISRIC–FAO. Draft. Rome/Wageningen, Netherlands.
- FAO**. 1998. *World Reference Base for Soil Resources*, by ISSS–ISRIC–FAO. World Soil Resources Report No. 84. Rome.

- FAO.** 2001a. *Lecture notes on the major soils of the world* (with CD-ROM), by P. Driessen, J. Deckers, O. Spaargaren & F. Nachtergaele, eds. World Soil Resources Report No. 94. Rome.
- FAO.** 2001b. *Major soils of the world*. Land and Water Digital Media Series No. 19. Rome.
- FAO.** 2003. *Properties and management of soils of the tropics*. Land and Water Digital Media Series No. 24. Rome.
- FAO.** 2005. *Properties and management of drylands*. Land and Water Digital Media Series No. 31. Rome.
- FAO.** 2006. *Guidelines for soil description*. 4th edition. Rome.
- FAO–UNESCO.** 1971–1981. *Soil map of the world 1:5 000 000*. 10 Volumes. Paris, UNESCO.
- Fieldes, M. & Perrott, K.W.** 1966. The nature of allophane soils: 3. Rapid field and laboratory test for allophane. *N. Z. J. Sci.*, 9: 623–629.
- Fox, C.A., Tarnocai, C. & Broll, G.** 2010. New A Horizon Protocols for Topsoil Characterization in Canada. *19th World Congress of Soil Science Proceedings*, Symposium 1.4.2.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I. & Vargas, R. (eds.)** 2014. *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.
- Gong, Z., Zhang, X., Luo, G., Shen, H. & Spaargaren, O.C.** 1997. Extractable phosphorus in soils with a fimic epipedon. *Geoderma*, 75: 289–296.
- Graefe, U., Baritz, R., Broll, G., Kolb, E., Milbert, G. & Wachendorf, C.** 2012. Adapting humus form classification to WRB principles. *EUROSOIL 2012, Book of Abstracts*, p. 954.
- Hewitt, A.E.** 1992. *New Zealand soil classification*. DSIR Land Resources Scientific Report 19. Lower Hutt.
- Ito, T., Shoji, S., Shirato, Y. & Ono, E.** 1991. Differentiation of a spodic horizon from a buried A horizon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 438–442.
- IUSS Working Group WRB.** 2006. *World Reference Base for Soil Resources 2006*. World Soil Resources Report No. 103, FAO, Rome.
- IUSS Working Group WRB.** 2007. *World Reference Base for Soil Resources 2006, First Update 2007*. FAO, Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/wrb2007_red.pdf

- IUSS Working Group WRB.** 2010. *Guidelines for constructing small-scale map legends using the WRB*. FAO, Rome. http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/WRB_Legend.pdf
- Ivanov, P., Banov, M. & Tsoleva, V.** 2009. Classification of Technosols from Bulgaria According to the World Reference Base (WRB) for Soil Resources. *Journal of Balkan Ecology*, vol. 12, No 1: 53-57.
- Jabiol, B., Zanella, A., Ponge, J.-F., Sartori, G., Englisch, M., van Delft, B., de Waal, R. & Le Bayon, R.C.** 2013. A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO). *Geoderma*, 192: 286-294.
- Jones, A., Montanarella, L. & Jones, R. (eds.)**. 2005. *Soil Atlas of Europe*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Jones, A., Stolbovoy, V., Tarnocai, C., Broll, G., Spaargaren, O. & Montanarella, L. (eds.)**. 2010. *Soil Atlas of the Northern Circumpolar Region*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Jones, A., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Dewitte, O., Gallali, T., Hallett, S., Jones, R., Kilasara, M., Le Roux, P., Micheli, E., Montanarella, L., Spaargaren, O., Thiombiano, L., Van Ranst, E., Yemefack, M. & Zougmore, R. (eds.)**. 2013. *Soil Atlas of Africa*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Krasilnikov, P.V. & García Calderón, N.E.** 2006. A WRB-based buried paleosol classification. *Quaternary International*, 156-157: 176-188.
- Krogh, L. & Greve, M.H.** 1999. Evaluation of World Reference Base for Soil Resources and FAO Soil Map of the World using nationwide grid soil data from Denmark. *Soil Use & Man.*, 15(3):157-166.
- Lehmann, A. & Stahr, K.** 2007. Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils. *Journal of Soils and Sediments*, 7 (4): 247-260.
- Mehlich, A.** 1953. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄. *North Carolina Soil Testing Division*, p. 195b. Raleigh.
- Munsell Soil Color Charts.** Munsell Color Co. Inc. Baltimore 18, Maryland 21218, USA.
- Nachtergaele, F.** 2005. The "soils" to be classified in the World Reference Base for Soil Resources. *Euras. Soil Sci.*, 38(Suppl. 1): 13-19.
- Němecěk, J., Macků, J., Vokoun, J., Vavříč, D. & Novák, P.** 2001. *Taxonomický klasifikační systém půd České Republiky*. Prague, ČZU.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. & Dean, L.A.** 1954. *Estimation of available phosphorus by extraction with sodium bicarbonate*. USDA Circ. 939. Washington, DC, United States Department of Agriculture.
- Poulenard, J. & Herbillon, A.J.** 2000. Sur l'existence de trois catégories d'horizons de référence dans les Andosols. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sci. Terre & plan.*, 331: 651-657.

- Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I. & Gerasimova, M.I. (eds.).** 2001. *Russian soil classification system*. Moscow, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute.
- Shishov, L.L., Tonkonogov, V.D., Lebedeva, I.I. & Gerasimova, M.I. (eds.).** 2004. *Classification and Diagnostics of Soils of Russia*. Smolensk, Oecumena, 343 pp. [in Russian].
- Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R.A. & Quantin, P.** 1996. Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the World Reference Base for Soil Resources. *Soil Sci.*, 161(9): 604–615.
- Soil Survey Staff.** 1999. *Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2nd Edition. Agric. Handbook 436. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Soil Survey Staff.** 2010. *Keys to soil taxonomy*. 11th Edition. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Sokolov, I.A.** 1997. *Soil Formation and Exogenesis*. Moscow. 241pp. [in Russian].
- Sombroek, W.G.** 1986. Identification and use of subtypes of the argillic horizon. *In: Proceedings of the International Symposium on Red Soils*, pp. 159–166, Nanjing, November 1983. Beijing, Institute of Soil Science, Academia Sinica, Science Press, and Amsterdam, Netherlands, Elsevier.
- Sullivan, L.A., Bush, R.T. & McConchie, D.** 2000. A modified chromium reducible sulfur method for reduced inorganic sulfur: optimum reaction time in acid sulfate soil. *Australian Journal of Soil Research*, 38, 729-34.
- Takahashi, T., Nanzyo, M. & Shoji, S.** 2004. Proposed revisions to the diagnostic criteria for andic and vitric horizons and qualifiers of Andosols in the World Reference Base for Soil Resources. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50 (3): 431–437.
- Uzarowicz Ł. & Skiba, S.** 2011. Technogenic soils developed on mine spoils containing iron sulphides: Mineral transformations as an indicator of pedogenesis. *Geoderma*, 163(1-2): 95-108.
- Van Reeuwijk, L.P.** 2002. *Procedures for soil analysis*. 6th Edition. Technical Papers 9. Wageningen, Netherlands, ISRIC – World Soil Information.
- Varghese, T. & Byju, G.** 1993. *Laterite soils. Their distribution, characteristics, classification and management*. Technical Monograph 1. Thirivananthapuram, Sri Lanka, State Committee on Science, Technology and Environment.
- Zevenbergen, C., Bradley, J.P., van Reeuwijk, L.P., Shyam, A.K., Hjelmar, O. & Comans, R.N.J.** 1999. Clay formation and metal fixation during weathering of coal fly ash. *Env. Sci. & Tech.*, 33(19): 3405–3409.
- Zikeli, S., Kastler, M. & Jahn, R.** 2005. Classification of Anthrosols with vitric/andic properties derived from lignite ash. *Geoderma*, 124: 253–265.

Annexe 1

Description, distribution, utilisation et gestion des Groupes de sols de référence

Cette annexe donne un aperçu de tous les RSGs rangés par ordre alphabétique. Une brève description est donnée accompagnée des noms correspondants dans d'autres systèmes de classification importants; ils sont suivis par la répartition régionale de chaque groupe. L'utilisation et la gestion/aménagement des terres concluent chaque description. Des informations plus poussées sur chaque RSG comprenant les caractéristiques morphologiques, chimiques et physiques, ainsi que sur leur genèse sont disponibles à la FAO (2001a) et dans une série de CD-ROMs (FAO, 2001b, 2003 et 2005). Toutes ces publications se rapportent à la première édition de la WRB (FAO, 1998); de nouvelles publications basées sur la présente troisième édition sont prévues dans le futur.

ACRISOLS

La pédogenèse des Acrisols, et en particulier la migration d'argile, fait qu'ils ont une teneur en argile plus élevée dans la partie inférieure du sol que dans sa partie superficielle, créant ainsi un horizon *argique* subsuperficiel. Les Acrisols ont des argiles à basse activité dans l'horizon *argique* et un faible taux de saturation en bases entre 50 et 100 cm de profondeur. De nombreux Acrisols correspondent aux *Red yellow podzolic soils* (comme en Indonésie), aux *Argissolos* (Brésil), aux *Kurosols* (Australie), aux *Sols ferralitiques fortement ou moyennement désaturés* (France) et aux *Ultisols* à argiles de basse activité (USA).

Description succincte des Acrisols

Connotation: du latin *acer*, aigu. Sols acides très altérés avec faible taux de saturation en bases en profondeur.

Matériau parental: large gamme de matériaux parentaux, surtout issus de l'altération de roches acides et en particulier argiles très altérées subissant des dégradations supplémentaires.

Environnement: surtout sur vieilles surfaces à topographie ondulée à collinaire, sous climat tropical humide, de mousson, subtropical ou tempéré chaud. La végétation naturelle est de type forestière, mais en Amérique du sud, les Acrisols se forment aussi sous savane.

Développement de profil: différenciation pédogénétique de la teneur en argile avec teneur moindre dans la partie supérieure et plus élevée dans la partie inférieure du sol; lessivage des cations basiques lié à un environnement humide et une altération poussée. La disparition des oxydes de fer et des minéraux argileux peut générer un

horizon éluvial blanchi entre l'horizon de surface et l'horizon *argique* subsuperficiel, mais les Acrisols n'ont pas les propriétés *rétiqes* des Retisols.

Distribution régionale des Acrisols

Les Acrisols se trouvent dans les régions tropicales humides, subtropicales humides et tempérées chaudes; ils sont particulièrement répandus dans le Sud-Est asiatique, la bordure sud du bassin amazonien, le sud-est des Etats-Unis et en Afrique de l'Est et de l'Ouest. Ils couvrent quelque 1 000 millions d'ha dans le monde.

Gestion et utilisation des Acrisols

La conservation de la matière organique qui est d'une importance cruciale à la surface du sol et la prévention de l'érosion sont les conditions préliminaires à toute culture sur Acrisols. La déforestation mécanique avec dessouchement et remplissage des trous par la terre de surface des alentours donne des sols généralement stériles dans lesquels les concentrations en Al de l'ancien sous-sol atteignent des niveaux toxiques.

Des systèmes de culture adaptés accompagnés d'une fertilisation complète et d'une gestion soignée sont nécessaires pour pratiquer l'agriculture sédentaire sur Acrisols. L'agriculture sur brûlis (culture itinérante), très répandue, peut paraître primitive, mais c'est une forme bien adaptée d'utilisation des terres, affinée après des siècles d'essais-erreurs. Si les périodes d'occupation sont courtes (une à deux années à peine) et si elles sont suivies par une période de régénération suffisamment longue (jusqu'à plusieurs décennies), ce système emploie judicieusement les ressources limitées des Acrisols. Pour atteindre de meilleurs rendements sans se ruiner en intrants dispendieux, l'agroforesterie sera préférée à l'agriculture sur brûlis comme alternative protectrice du sol.

Sur les Acrisols, l'agriculture à faibles intrants n'est guère rentable. Des cultures de rente tolérantes à l'acidité et peu exigeantes comme l'ananas, le cajou, le thé et le caoutchouc peuvent avoir un certain succès. De plus en plus de zones à Acrisols sont plantées en palmier à huile (Malaisie, Sumatra). De vastes étendues d'Acrisols sont sous forêt, allant de la forêt ombrophile dense et élevée, aux boisements ouverts. La plupart des racines des arbres sont concentrées dans l'horizon humifère de surface et seules quelques racines pivotantes atteignent le sous-sol. Les Acrisols ne sont aptes aux cultures pluviales et irriguées qu'après chaulage et fertilisation complète. Les rotations cultures annuelles – pâturages améliorés permettent de maintenir la teneur en matière organique.

ALISOLS

La pédogenèse des Alisols, et en particulier la migration d'argile, fait qu'ils ont une teneur en argile plus élevée dans la partie inférieure du sol que dans sa partie superficielle, créant ainsi un horizon *argique* subsuperficiel. Les Alisols ont des argiles à activité élevée dans tout l'horizon *argique* et un faible taux de saturation en bases entre 50 et 100 cm de profondeur. Les Alisols se répartissent principalement dans les régions tropicales humides, subtropicales humides et tempérées humides. De nombreux Alisols correspondent aux *Parabraunerden* (Allemagne), *Argissolos* (Brésil), *Ultisols* à argiles à activité élevée (Etats-Unis), *Kurosols* (Australie) et aux *Fersialisols* et aux *Sols fersiallitiques très lessivés* (France).

Description succincte des Alisols

Connotation: sols à faible taux de saturation en bases en profondeur; du latin *alumen*, alun.

Matériau parental: large gamme de matériaux parentaux. La plupart des Alisols recensés se trouvent sur des produits d'altération de roches basiques et sur matériaux non consolidés.

Environnement: le plus souvent dans des topographies collinaires ou ondulées, sous climats tropical humide, subtropical humide, de mousson et tempéré humide.

Développement de profil: différenciation pédogénétique de la teneur en argile avec teneur moindre dans la partie supérieure et plus élevée dans la partie basse du sol; lessivage des cations basiques lié à un environnement humide; pas d'altération poussée des argiles à activité élevée. La disparition des oxydes de fer et des minéraux argileux peut générer un horizon éluvial blanchi entre l'horizon de surface et l'horizon *argique* subsuperficiel, mais les Alisols n'ont pas les propriétés *rétiques* des Retisols.

Distribution régionale des Alisols

Les principales zones à Alisols sont situées en Amérique latine (Equateur, Nicaragua, Venezuela, Colombie, Pérou et Brésil), dans les Caraïbes (Jamaïque, Martinique et Sainte Lucie), en Afrique de l'Ouest, dans les hauts plateaux de l'Afrique de l'Est, à Madagascar, en Asie du Sud-Est et en Australie septentrionale. La FAO (2001a) estime que dans les tropiques, environ 100 millions d'ha d'Alisols sont utilisés pour l'agriculture.

Les Alisols occupent aussi des régions subtropicales comme en Chine, au Japon et dans le Sud-Est des Etats-Unis; quelques Alisols ont été également signalés sur le pourtour méditerranéen (Italie, France et Grèce) et dans des régions tempérées humides.

Gestion et utilisation des Alisols

Les Alisols sont surtout localisés sur collines ou sur topographie ondulée. La surface des Alisols cultivés est généralement instable et les rend sensibles à l'érosion; les sols tronqués sont très fréquents. De nombreux Alisols souffrent aussi d'une teneur élevée en Al à faible profondeur et d'une fertilité naturelle basse. Aussi, les cultures supportées par de nombreux Alisols sont à faible enracinement et souffrent de sécheresse en saison sèche. Une proportion élevée de plantes sont improductives sur Alisols. L'emploi de plantes acidophiles ou le pâturage de faible intensité est fréquent. La productivité des Alisols en agriculture de subsistance est généralement basse. Si les Alisols reçoivent un chaulage et une fertilisation complète, les cultures profitent de la CEC élevée et d'une bonne capacité de rétention en eau; ils peuvent alors se transformer en Luvisols. Les Alisols sont de plus en plus complantés en cultures de rente tolérantes à l'Al, comme le thé et le caoutchouc, mais aussi en palmier à huile et par endroits en café, cajou et canne à sucre.

ANDOSOLS

Les Andosols comprennent des sols qui se développent dans des produits volcaniques riches en verres sous quasiment tous les climats (sauf sous conditions hyper arides). Des

Andosols peuvent cependant se développer dans d'autres matériaux riches en silicates en altération acide sous climats humides et perhumides. De nombreux Andosols correspondent aux *Kuroboku* (Japon), *Andisols* (Etats-Unis), *Andosols* et *Vitrisols* (France) et *Volcanic ash soils* (Russie).

Description succincte des Andosols

Connotation: sols foncés typiques des paysages volcaniques; du japonais *an*, foncé, et *do*, sol.

Matériau parental: projections volcaniques riches en verres (surtout poussières, mais aussi tuf, ponces, cendres et autres) sous quasi tout climat, ou d'autres matériaux riches en silicates en altération acide sous climats humides et perhumides.

Environnement: régions vallonnées à montagneuses, de l'arctique aux tropiques, généralement humides, avec large gamme de végétations.

Développement de profil: l'altération rapide des verres volcaniques produit une accumulation de complexes organo-minéraux stables (qualificatif Aluandic) ou de proto-minéraux comme l'allophane ou l'imogolite (qualificatif Silandic); de la ferrihydrite se forme également. L'altération acide d'autres matériaux riches en silicates sous climat humide à perhumide conduit aussi à la formation de complexes organo-minéraux stables.

Distribution régionale des Andosols

Les Andosols se retrouvent partout dans le monde dans les régions volcaniques. Ils sont notamment concentrés sur la ceinture de feu du Pacifique: côte occidentale de l'Amérique du Sud, Amérique centrale, Mexique, Etats-Unis d'Amérique (Montagnes Rocheuses, Alaska), Kamtchatka, Japon, Philippines, Indonésie, Papouasie-Nouvelle-Guinée et Nouvelle Zélande. Ils sont également très présents dans de nombreuses îles du Pacifique: Fidji, Vanuatu, Nouvelle Calédonie, Samoa et Hawaï. En Afrique, les principales zones à Andosols sont la vallée du Grand Rift (Kenya, Rwanda et Ethiopie), mais il s'en trouve aussi au Cameroun et à Madagascar. En Europe, ils sont présents en Italie, France, Allemagne et Islande. La superficie totale couverte par les Andosols est estimée à quelque 110 millions d'ha, soit moins de 1 % des terres émergées. Plus de la moitié est située sous les tropiques. Les Andosols issus de matériaux parentaux autres que des produits volcaniques riches en verres sont situés dans des régions humides (et souvent montagneuses) comme le Rio Grande do Sul, dans le sud-est du Brésil.

Gestion et utilisation des Andosols

Les Andosols ont une aptitude élevée pour la production agricole, mais nombre d'entre eux ne sont pas utilisés à leur plein potentiel. Les Andosols sont généralement des sols fertiles, surtout ceux sur cendres basiques à intermédiaires et qui ne sont pas soumis à un lessivage intense. La forte fixation des phosphates par les Andosols (due à l'Al et au Fe actifs) est un problème dont il est possible de réduire les effets par applications de chaux, de silice, de matière organique et d'engrais phosphatés.

Les Andosols sont favorables à l'agriculture, à l'enracinement des plantes et au stockage de l'eau. Les Andosols très humides sont difficiles à travailler à cause de leur faible portance et parce qu'ils sont collants.

Les Andosols sont utilisés pour une large gamme de plantes comme la canne à sucre, le tabac, la patate douce (tolérante à de faibles niveaux de phosphates), le thé, les légumes, le blé et les arbres fruitiers. Sur forte pente, la forêt sera privilégiée. Dans les Andosols des bas-fonds à nappe superficielle, la riziculture inondée est très fréquente.

ANTHROSOLS

Les Anthrosols sont des sols qui ont été modifiés profondément par des activités humaines comme l'apport de matériau *organique* ou *minéral*, de charbon de bois ou de résidus ménagers, par l'irrigation ou les pratiques culturales. Ce groupe comprend des sols connus par ailleurs comme *Plaggen soils*, *Paddy soils*, *Oasis soils* ou *Terra Preta de Indio*. Beaucoup correspondent aux *Highly cultivated soils* et *Anciently irrigated soils* (Russie), *Terrestrische anthropogene Böden* (Allemagne), *Anthroposols* (Australie) et *Anthrosols* (Chine).

Description succincte des Anthrosols

Connotation: sols avec marques évidentes d'activités humaines; du grec *anthropos*, être humain.

Matériau parental: quasiment tout type de matériau de sol modifié par une longue pratique agricole ou par apport de matériau.

Environnement: dans de nombreuses régions marquées par des pratiques agricoles séculaires.

Développement de profil: l'influence humaine est normalement concentrée dans les horizons de surface; un sol enfoui intact avec ses horizons différenciés peut se trouver à une certaine profondeur.

Distribution régionale des Anthrosols

Les Anthrosols se situent là où les gens ont pratiqué l'agriculture depuis très longtemps. Les Anthrosols avec horizon *plaggique* sont plutôt concentrés dans le nord-ouest et le centre de l'Europe. Comptabilisés avec les Anthrosols à horizon *terrique*, ils couvrent plus de 500 000 ha.

Les Anthrosols à horizons *irragriques* sont situés dans les régions sèches où l'irrigation est pratiquée, comme la Mésopotamie, dans les oasis des régions désertiques d'Asie centrale et dans certaines parties de l'Inde. Les Anthrosols avec un horizon *anthraquique* surmontant un horizon *hydragrique* (*paddy soils*) occupent de vastes zones en Chine et dans certaines parties de l'Asie du Sud et du Sud-Est (Sri Lanka, Vietnam, Thaïlande et Indonésie). Les Anthrosols à horizons *hortiques* se retrouvent dans le monde entier, là où les hommes ont fertilisé les sols avec des déchets ménagers et du fumier. Les *Terra Preta de Indio*, communs en Amazonie, ont un horizon *pretique*.

Gestion et utilisation des Anthrosols

Les horizons *plaggiques* ont des propriétés physiques favorables (porosité, enracinement et teneur en eau) mais beaucoup ont également des caractéristiques chimiques moins favorables (acidité et déficiences en nutriments). Le seigle, l'avoine, l'orge, les pommes

de terre, mais aussi des cultures plus exigeantes comme la betterave à sucre ou le blé de printemps, sont des cultures souvent pratiquées sur les Anthrosols européens à horizon *plaggique*. Avant l'usage des engrais, les rendements en seigle tournaient autour de 700-1 100 kg/ha, soit 4 à 5 fois la quantité de semences utilisées. Aujourd'hui, ces sols reçoivent de fortes doses d'engrais et les rendements moyens par hectare atteignent 5 000 kg de seigle, 4 500 kg d'orge et 5 500 kg de blé de printemps. La betterave à sucre et la pomme de terre donnent 40-50 tonnes/ha. De nos jours, ils sont de plus en plus utilisés pour la production de maïs d'ensilage et de pré-fané; des productions de 12 à 13 tonnes d'ensilage de maïs sec et 10 à 13 tonnes d'herbage séché sont devenus la norme. Par endroits, les Anthrosols à horizon *plaggique* sont employés comme pépinières et pour l'horticulture. Leur bon drainage et la couleur sombre de leur surface (cause de réchauffement rapide au printemps) les rend précocement aptes au labour, au semis ou à la plantation. Les sols à horizon *plaggique* profond des Pays Bas étaient jusque dans les années 50 très demandés pour la culture du tabac.

De nombreux sols de jardin, en Chine ou en Europe, p.ex., ont un horizon *hortique*. Ils ont été enrichis en fumier organique. Les sols de déchets ménagers (« kitchen soils ») sont un autre exemple d'Anthrosols à horizon *hortique*. Des exemples ont été bien documentés aux Etats-Unis sur les terrasses des cours d'eau du Maryland méridional. Ils ont des horizons de surface noirs formés dans des déchets ménagers (surtout coquilles d'huîtres, arêtes de poissons, etc.) venus des habitations des Indiens. De nombreux pays sont parsemés de petites zones de sols qui furent modifiées par les premiers habitants. Tous les horizons *hortiques* fournissent un habitat de qualité pour la faune du sol.

La culture du riz inondé conduit au développement d'un horizon *anthraquique* et ensuite, après une longue période de riziculture, à un horizon *hydragrique* sous-jacent. La mise en boue des champs de riz sous inondation (impliquant la destruction de la structure naturelle du sol par labour intensif alors que le sol est saturé d'eau) est pratiquée intentionnellement pour, entre autres, réduire les pertes par percolation.

Les Anthrosols avec horizon *irragrique* sont le résultat des dépôts sur une longue période des sédiments principalement limoneux et argileux contenus dans les eaux d'irrigation; leur épaisseur peut atteindre 100 cm. Les zones dépressionnaires forment un cas particulier: d'habitude, les cultures en sec y sont plantées sur billons alternant avec des drains en fossés. Le profil originel du sol des billons est enfoui sous une épaisse couche de matériau de sol rajouté.

Dans certaines parties de l'Europe occidentale, notamment en Irlande et au Royaume Uni, des matériaux calcaires comme des sables marins ont été apportés dans des zones à sols acides (Arenosols, Podzols, Retisols et Histosols). En fin de compte, ces couches de surface de matériau minéral modifié sont devenues des horizons *terriques* et ont conféré à l'ancien sol des propriétés nettement plus propices à l'agriculture. Récemment, dans le sud de l'Italie p.ex., des horizons *terriques* ont été formés par ajout unique de matériau minéral méticuleusement mélangé au sol original. Dans le centre du Mexique, des sols profonds ont été créés au moyen de sédiments lacustres riches en matière organique et formant ainsi un système d'îles et canaux artificiels appelé *chinampas*; ces sols ont un horizon *terrique*; ils furent les sols les plus productifs de l'empire Aztèque; aujourd'hui la plupart d'entre eux sont affectés par la salinisation.

L'horizon *pretique* est typique des terres noires amazoniennes (*Terra Preta de Indio*); il est créé par ajouts de charbon de bois, de résidus végétaux et de déchets ménagers.

ARENOSOLS

Les Arenosols sont des sols sableux et profonds. Ils comprennent les sols sur sables résiduels issus de roches riches en quartz ayant subi une altération *in situ* ainsi que des sols sur sédiments sableux récents comme les dunes des déserts et les plages maritimes. Dans d'autres classifications, ils sont nommés *Psamments* (Etats-Unis), *Sols minéraux bruts* et *Sols peu évolués* (France), *Arenic Rudosols/Tenosols* (Australie), *Psammozems* (Russie) et *Neossolos* (Brésil).

Description succincte des Arenosols

Connotation: sols sableux; du latin *arena*, sable.

Matériau parental: matériaux transportés, non consolidés, calcaires par endroits, de texture sableuse; des zones d'Arenosols relativement restreintes sont situées dans des roches siliceuses extrêmement altérées.

Environnement: de l'aride à l'humide et au perhumide et de l'extrêmement froid à l'extrêmement chaud; les reliefs vont des dunes récentes aux cordons littoraux et des plaines sableuses aux très vieux plateaux; les végétations vont des déserts à une végétation éparse (généralement herbeuse) et aux forêts claires.

Développement de profil: en zone sèche, peu ou pas de développement de sol. Dans les tropiques perhumides, les Arenosols développent plutôt d'épais horizons éluviés faits de matériau *albique* (un horizon *spodique* peut se former à plus de 200 cm sous la surface du sol) ou dérivent de Ferralsols après altération des kaolinites.

Distribution régionale des Arenosols

Les Arenosols forment un des RSGs les plus répandus dans le monde; en y incluant les sables mouvants et les dunes mobiles, ils couvrent quelque 1 300 millions d'ha, soit 10 % des terres émergées. D'épais dépôts de sables éoliens couvrent de vastes zones du plateau central africain entre l'équateur et 30° S. Ces sables (Kalahari Sands) forment le plus grand ensemble de sables au monde. D'autres zones à Arenosols se situent au Sahel en Afrique, dans divers endroits du Sahara, en Australie centrale et occidentale, au Proche Orient et en Chine occidentale. Les plaines sableuses côtières et les zones dunaires maritimes couvrent des surfaces moindres.

Bien que les Arenosols occupent de larges pans des régions arides et semi-arides, ils se retrouvent aussi dans une très large gamme de climats, allant du très aride au très humide et du froid au chaud. Les Arenosols sont répandus dans les dépôts éoliens mais se trouvent aussi dans les sables marins, littoraux et lacustres ainsi que dans les arènes d'altération provenant de roches siliceuses à grains grossiers, principalement des grès, quartzites et granites. L'âge ou la période à laquelle le sol s'est formé n'a guère d'importance. Les Arenosols se situent aussi bien sur vieilles surfaces que dans des paysages récents et tout type de végétation peut quasiment y pousser.

Gestion et utilisation des Arenosols

Les Arenosols se forment dans une grande diversité d'environnements et les utilisations qu'ils permettent sont conformes à cette diversité. La caractéristique qu'ont en commun tous les Arenosols est leur texture grossière, souvent cause de leur grande

perméabilité et de leur faible capacité de rétention en eau. Par ailleurs, les Arenosols sont aisés à travailler et les plantes racines et à tubercules s'y implantent et s'y récoltent facilement.

Les Arenosols des **terres arides et semi-arides** sous pluviométrie inférieure à 300 mm sont surtout utilisés en pâturage extensif, voire nomadique. Les cultures pluviales ne sont possibles qu'au-dessus de 300 mm de pluies annuelles. Leur faible cohésion, leur faible capacité de rétention en eau et leur sensibilité à l'érosion font que les Arenosols des zones sèches présentent de sérieuses limitations. S'ils sont irrigués, ils peuvent donner de bonnes récoltes en céréales, melons, légumineuses et fourrages, mais les fortes pertes par percolation rendent l'irrigation par submersion impraticable. L'irrigation goutte à goutte ou par aspersion, combinée éventuellement à une fertilisation prudente, peut remédier à cette situation. De nombreuses zones du Sahel (précipitations de 300 à 600 mm) à Arenosols couverts d'une végétation clairsemée forment une transition avec le Sahara. Le surpâturage et les défrichements agricoles sans mesures appropriées de conservation du sol peuvent rapidement déstabiliser ces sols, les renvoyant à l'état de dunes mobiles.

Les Arenosols des **zones tempérées humides et subhumides** présentent des limitations similaires à ceux des zones arides, mise à part la sécheresse qui est bien moins contraignante. Dans certains usages comme l'horticulture, la faible capacité de rétention en eau des Arenosols est même considérée comme un avantage, car les sols se réchauffent plus précocement. Dans les systèmes de culture mixtes associant céréales, fourrages et prairies (les plus fréquents), une irrigation par aspersion est fournie durant les épisodes secs. Une grande partie des Arenosols de la zone tempérée est couverte de forêts, que ce soient des boisements productifs ou des peuplements naturels dans des réserves protégées.

Les Arenosols des **tropiques humides** seront plutôt laissés sous végétation naturelle, en particulier les Arenosols profondément altérés constitués de matériau *albique*. Comme tous les nutriments sont concentrés dans la biomasse et dans la matière organique du sol, la mise à nu de la terre crée inévitablement des badlands infertiles sans valeur écologique ou économique. Sous forêt, la terre est encore capable de produire des grumes (comme *Agathis* spp.) ainsi que du bois pour l'industrie papetière. La culture répétée de plantes annuelles demanderait des intrants tels qu'elles en seraient non rentables. Par endroits les Arenosols ont été mis sous cultures pérennes comme le caoutchouc et le poivre; là où une eau de qualité est à portée du système racinaire, les sables côtiers sont largement utilisés pour des cultures de rente comme le cocotier, le cajou, les Casuarinas et les pins. Les plantes racines et les tubercules profitent des facilités de récolte, en particulier le manioc qui se contente de faibles teneurs en nutriments. Les arachides (et le pois Bambara) sont cultivées sur les meilleurs sols.

Dans certaines régions (Australie occidentale et parties de l'Afrique du Sud), les Arenosols et autres sols proches par leur texture sableuse peuvent devenir hydrophobes; cette tendance est provoquée par les exsudats de champignons du sol qui recouvrent les grains de sable. Ce phénomène est intensifié par de longs épisodes de temps sec et chaud; il provoque une infiltration différentielle de l'eau et, par répercussion écologique, entraîne une certaine biodiversité (comme au Namaqualand). Des humidifiants (agents surfactants comme le lignosulfonate de calcium) sont parfois employés pour permettre une infiltration plus uniforme de l'irrigation. Les céréaliers australiens exploitent des argiles qu'ils mélangent à leurs sols sableux avec des engins adaptés. Les résultats obtenus (germination plus homogène et efficacité plus grande des herbicides) peuvent être justifiés économiquement si la source d'argile est disponible à proximité.

CALCISOLS

Les Calcisols comprennent des sols avec accumulation importante de carbonates secondaires. Les Calcisols sont répandus dans les zones arides et semi-arides et sont souvent associés à des matériaux parentaux très calcaires. Auparavant, de nombreux Calcisols étaient appelés *Desert soils*. Aux Etats-Unis, la plupart d'entre eux appartiennent aux *Calcids*; en Australie, aux *Calcarosols*. Dans la Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981), la plupart sont repris dans les *Xerosols* et dans une moindre mesure dans les *Yermosols*.

Description succincte des Calcisols

Connotation: sols avec accumulation importante de calcaire secondaire; du latin *calx*, chaux.

Matériau parental: principalement sur dépôts alluviaux, colluviaux et éoliens de matériaux d'altération riches en bases.

Environnement: plaines et collines en régions arides et semi-arides. La végétation naturelle est éparse et dominée par des buissons et arbres xérophytiques et/ou par des herbages éphémères.

Développement de profil: les Calcisols typiques ont un horizon de surface brun pâle; d'importantes accumulations de carbonates secondaires se forment dans les 100 premiers cm à partir de la surface du sol.

Distribution régionale des Calcisols

Il est difficile de calculer avec précision les surfaces couvertes dans le monde par les Calcisols. Beaucoup en effet sont associés aux Solonchaks (qui sont en fait des Calcisols salés) et/ou avec d'autres sols dont les accumulations de carbonates secondaires ne sont pas suffisamment développées pour être retenues dans les Calcisols. Le total des zones couvertes par les Calcisols pourrait atteindre 1 000 millions d'ha, localisés principalement dans les régions tropicales et sub-tropicales arides et semi-arides des deux hémisphères.

Gestion et utilisation des Calcisols

De vastes étendues de Calcisols dits naturels sont couvertes de buissons et d'herbages utilisés en parcours extensifs. Des plantes tolérantes à la sécheresse comme le tournesol peuvent être cultivées sans irrigation, de préférence après une ou deux années de jachère, mais les Calcisols n'atteignent leur pleine productivité que sous irrigation contrôlée. Avec l'aide de l'irrigation, de vastes zones de Calcisols sont cultivées en blé d'hiver, melon et coton dans le bassin méditerranéen. Le sorgho (*Sorghum bicolor*) et des cultures fourragères comme l'herbe de Rhodes et la luzerne supportent de hautes teneurs en Ca. Quelque 20 espèces de légumes ont été cultivés avec succès sur Calcisols irrigués et fertilisés avec de l'azote, du phosphore et des oligo-éléments comme le fer et le zinc.

Sur Calcisols sujets à la battance, l'irrigation à la raie est meilleure que l'irrigation en casiers car elle réduit le risque d'encroûtement/durcissement et la fonte des semis; les

légumineuses en particulier y sont sensibles au stade du semis. A certains endroits, les façons culturales sont gênées par la pierrosité de surface et/ou par un horizon *péetrocalcique* à faible profondeur.

CAMBISOLS

Les Cambisols comprennent des sols montrant au moins un début de formation de sol subsuperficielle. La transformation du matériau parental transparait nettement au travers de la formation d'une structure de sol et aussi par un brunissement, une augmentation de la teneur en argile et/ou l'évacuation des carbonates. Dans les autres systèmes de classification, de nombreux Cambisols ont pour noms *Braunerden* et *Terrae fuscae* (Allemagne), *Sols bruns* (France), *Burozems* (Russie) et *Tenosols* (Australie). Le nom *Cambisols* fut créé pour la Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981) et fut adopté plus tard par le Brésil (*Cambissolos*). Aux Etats-Unis, ils étaient auparavant appelés *Brown soils/Brown forest soils* et sont maintenant devenus les *Inceptisols*.

Description succincte des Cambisols

Connotation: sols montrant au moins un début de différenciation d'horizon dans le sous-sol, manifesté par des modifications de structure, couleur, teneur en argile ou en carbonates; du latin *cambire*, changer.

Matériau parental: matériaux de texture fine à moyenne issus d'une large gamme de roches.

Environnement: terrains plats à montagneux de tous les climats; large éventail de types de végétation.

Développement de profil: les Cambisols sont caractérisés par une altération légère à modérée du matériau parental et par l'absence de grandes quantités d'argile illuviale, de matière organique et de composés Al et/ou Fe. Les Cambisols incluent aussi les sols qui ne remplissent pas au moins un des critères des autres RSGs, y compris les très altérés.

Distribution régionale des Cambisols

Dans le monde, les Cambisols couvrent une superficie estimée à 1 500 millions d'ha. Ce RSG est particulièrement bien représenté dans les régions tempérées et boréales ayant connu les glaciations du Pléistocène; cela est dû au fait que les matériaux parentaux y sont encore jeunes et aussi que la pédogenèse est lente dans les régions fraîches. Les cycles érosion – sédimentation expliquent la présence de Cambisols dans les régions montagneuses. Les Cambisols sont également présents dans les régions sèches, mais sont moins fréquents dans les zones tropicales et sub-tropicales humides, là où altération et formation des sols se produisent à un rythme bien plus rapide que dans les zones tempérées, boréales et arides. Les plaines et terrasses du système Gange-Brahmapoutre, couvertes d'alluvions récentes, sont probablement la plus grande surface continue de Cambisols des tropiques. Les Cambisols sont également fréquents dans les zones à érosion géologique active où ils peuvent être associés à des sols tropicaux matures.

Gestion et utilisation des Cambisols

Les Cambisols sont généralement de bons sols agricoles et sont intensément cultivés. Les Cambisols à taux de saturation en bases élevé des régions tempérées sont parmi les sols les plus productifs au monde. Les Cambisols plus acides, bien que moins fertiles, sont employés pour les cultures mixtes, le pâturage et la foresterie. Les Cambisols sur forte pente doivent être préservés sous forêt; ceci est particulièrement vrai pour les Cambisols des régions montagneuses.

Dans les régions tropicales sèches, les Cambisols des plaines alluviales irriguées sont intensément cultivés pour les productions vivrières et oléagineuses. Les Cambisols des collines sont utilisés pour de nombreuses cultures annuelles ou pérennes, ou comme terres de parcours.

Les Cambisols des tropiques humides sont chimiquement pauvres, mais contiennent plus de nutriments et ont une CEC plus élevée que les Acrisols ou Ferralsols. Dans les plaines alluviales, les Cambisols sous influence d'une nappe phréatique forment des *paddy soils* (rizières inondées) très productifs.

CHERNOZEMS

Les Chernozems sont des sols avec couche de surface épaisse et noirâtre, riche en matière organique. En 1883, le pédologue russe V.V. Dokuchaev attribua ce nom aux sols typiques des steppes à hautes herbes du centre de la Russie. De nombreux *Chernozems* correspondent aux *Kalktschernoseme* (Allemagne), *Chernosols* (France), *Eluviated black soils* (Canada) et *Chernossolos* (Brésil). Aux Etats-Unis, ils s'appelaient auparavant *Calcareous black soils* et sont maintenant listés dans plusieurs Sous-Ordres des *Mollisols* (en particulier les *Udolls*).

Description succincte des Chernozems

Connotation: sols noirâtres riches en matière organique; du russe *chorniy*, noir, et *zemlya*, terre.

Matériau parental: principalement des sédiments éoliens et éoliens remaniés (loess).

Environnement: régions à climat continental avec hivers froids et étés chauds, sèches au moins en fin d'été; dans des zones de plaine ou légèrement ondulées couvertes de hautes herbes (forêts de feuillus dans la zone de transition septentrionale).

Développement de profil: horizon *chernique* noir en surface, surmontant dans de nombreux cas un horizon *cambique* ou *argique*; présence de carbonates secondaires (propriétés *protocalciques* ou horizon *calcique*) dans le sous-sol.

Distribution régionale des Chernozems

Les Chernozems couvrent une superficie estimée à 230 millions d'ha dans le monde, principalement dans les steppes des latitudes moyennes de l'Eurasie (au nord de la zone à Kastanozems) et de l'Amérique du Nord.

Gestion et utilisation des Chernozems

Les pédologues russes classent le Chernozem typique, profond, parmi les meilleurs sols du monde et pourtant moins de la moitié des Chernozems d'Eurasie sont sous agriculture intensive: ils constituent donc une formidable ressource pour le futur. La conservation d'une structure de sol favorable par des façons culturales faites en temps opportun et par des irrigations modérées conduites avec précaution préviendront l'érosion hydrique et éolienne. Des applications d'engrais P seront nécessaires pour atteindre de hauts rendements. Le blé, l'orge et le maïs sont les principales cultures pratiquées avec d'autres cultures vivrières et des légumes. Une partie des zones à Chernozems sont utilisées pour l'élevage. Dans la zone tempérée nord, la période de croissance est brève et les principales cultures y sont le blé et l'orge, quelquefois en rotation avec les légumes. Le maïs et le tournesol sont largement cultivés dans la zone tempérée chaude. La production de maïs tend à stagner lors des années plus sèches, sauf si la culture est correctement irriguée.

CRYOSOLS

Les Cryosols sont des sols formés dans un permagel. Les couches subsuperficielles (horizon *cryique*) sont gelées en permanence et l'eau, si présente, se trouve sous forme de glace. Les processus cryogéniques dominent la pédogenèse de la plupart des Cryosols. Ils sont souvent connus sous les noms de *Permafrost soils*, *Cryomorphic soils* ou *Polar desert soils*. Souvent, les Cryosols sont également nommés *Gelisols* (Etats-Unis) et *Cryozems* (Russie).

Description succincte des Cryosols

Connotation: sols affectés par le gel; du grec *kryos*, froid.

Matériau parental: large gamme de matériaux, incluant les moraines glaciaires et les matériaux alluviaux, colluviaux, éoliens et résiduels.

Environnement: zones plates à montagneuses des régions antarctiques, arctiques, subarctiques et boréales affectées par le permagel. Les Cryosols sont couverts d'une toundra éparsée à continue, d'une forêt de conifères à canopée ouverte et à lichens (dominée par le mélèze), par une forêt de conifères à canopée fermée ou par une forêt de conifères décidus.

Développement de profil: en présence d'eau, les processus cryogéniques génèrent des horizons cryoturbés, du soulèvement par le gel, des fissures thermiques, de la ségrégation de glace et des sols polygonaux à microrelief.

Distribution régionale des Cryosols

Les Cryosols se trouvent dans les régions circumpolaires des deux hémisphères. Ils couvrent une superficie estimée à 1 800 million d'ha, soit 13 % des terres émergées. Ils sont répandus dans les zones arctique, subarctique et boréale et sont sporadiques dans les montagnes des régions plus tempérées. Les grandes zones à Cryosols se situent dans la Fédération de Russie (1 000 millions d'ha), au Canada (250 millions d'ha), en Chine (190 millions d'ha), en Alaska (110 millions d'ha) et dans certaines parties de la Mongolie. De plus petites venues ont été recensées dans le nord de l'Europe, au Groenland et dans les zones non englacées de l'Antarctique.

Gestion et utilisation des Cryosols

L'activité biologique active d'origine naturelle ou anthropique est confinée dans la couche de surface active qui dégèle chaque été et protège en même temps le permafrost sous-jacent.

L'élimination de la couche tourbeuse en surface et/ou des perturbations de la surface entraînent souvent des modifications de la profondeur du permafrost et des changements rapides et drastiques de l'environnement pouvant entraîner des dommages aux bâtiments.

La plupart des Cryosols d'Amérique du Nord et d'Eurasie sont restés à l'état naturel et sont couverts d'une végétation suffisante pour nourrir des ruminants, comme le caribou, le renne ou le boeuf musqué. De grands troupeaux de caribous continuent de transhumier dans le nord de l'Amérique du Nord; l'élevage de troupeaux de rennes est une activité importante dans de vastes régions nordiques, en particulier en Europe du nord. Le surpâturage provoque rapidement des problèmes d'érosion et autres dommages environnementaux.

Les activités humaines, notamment celles liées à l'agriculture, à la production de pétrole et de gaz et aux extractions minières ont un impact majeur sur ces sols. De graves *thermokarsts* surviennent dans des terres défrichées pour être cultivées. Une gestion inappropriée des pipelines et des mines peuvent causer des fuites de pétrole et des pollutions chimiques affectant de vastes étendues.

DURISOLS

Les Durisols sont associés aux vieilles surfaces dans des environnements arides et semi-arides; ce sont des sols peu à moyennement profonds, moyennement à bien drainés, qui contiennent de la silice secondaire (SiO_2) dans les 100 premiers cm de la surface du sol. De nombreux Durisols sont appelés *Hardpan soils* ou *Duric Kandosols* (Australie), *Dorbank* (Afrique du Sud) ou *Durids* (Etats-Unis). Dans la Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981) ils apparaissent comme des *phases Duripan* d'autres sols, comme les *Calcisols*.

Description succincte des Durisols

Connotation: sols avec silice secondaire indurée; du latin *durus*, dur.

Matériau parental: matériaux riches en silicates, surtout dans des dépôts alluviaux et colluviaux, de toute classe texturale.

Environnement: plaines alluviales plates et à faible pente, terrasses et piémonts en faible pente dans les régions arides, semi-arides et méditerranéennes.

Développement de profil: sols fortement altérés avec couche indurée de silice secondaire (horizon *pétradurique*) ou nodules de silice secondaire (horizon *durique*); les Durisols érodés à horizon *pétradurique* apparaissant dès la surface sont fréquents dans les terrains en faible pente.

Distribution régionale des Durisols

De grandes régions sont couvertes de Durisols en Australie, Afrique du Sud et Namibie,

ainsi qu'aux Etats-Unis (notamment au Nevada, en Californie et en Arizona); des venues moindres ont été rapportées au Mexique, en Amérique centrale et du Sud ainsi qu'au Koweït. Les Durisols n'ont été que récemment introduits dans les classifications internationales de sols et souvent n'ont pas été cartographiés en tant que tels. Un calcul précis de leur superficie n'est pas possible actuellement.

Gestion et utilisation des Durisols

L'utilisation agricole des Durisols se limite au pâturage extensif (terrains de parcours). Dans leur environnement naturel, les Durisols sont généralement couverts d'une végétation suffisante pour contenir l'érosion, mais ailleurs, l'érosion de surface est répandue.

Quand les Durisols des régions sèches sont érodés jusqu'à l'horizon *pétradurique*, ils génèrent un paysage stable. Là où une irrigation suffisante est possible, les Durisols peuvent être cultivés avec un certain succès. Il se peut qu'un horizon *pétradurique* doive être brisé ou enlevé s'il forme une barrière impénétrable pour les racines et l'eau. Dans les zones basses, les Durisols peuvent être affectés par des teneurs excessives en sels solubles. Des morceaux d'horizons *pétraduriques* sont fréquemment utilisés pour la construction de routes.

FERRALSOLS

Les Ferralsols sont les sols rouges ou jaunes, très altérés, typiques des tropiques humides. Ces sols ont des limites diffuses entre horizons, un mélange d'argiles dominé par les argiles à basse activité (kaolinite principalement) et une teneur élevée en sesquioxydes. Les appellations vernaculaires font souvent référence à la couleur du sol. De nombreux Ferralsols sont connus comme *Oxisols* (Etats-Unis), *Latosolos* (Brésil), *Alitico*, *Ferritico* et *Ferralitico* (Cuba), *Kandosols* (Australie), *Sols ferralitiques* (France) et *Ferralitic soils* (Russie).

Description succincte des Ferralsols

Connotation: sols tropicaux rouges et jaunes à teneur élevée en sesquioxydes; du latin *ferrum*, fer, et *alumen*, alun.

Matériau parental: matériau très altéré sur vieilles surfaces géomorphologiques stables; développement plus rapide dans un matériau issu de roches basiques que de matériaux siliceux.

Environnement: typiquement dans des terrains plats à vallonnés du Pléistocène ou plus anciens; moins fréquents dans des roches facilement altérables et plus jeunes. Tropiques humides à perhumides; ailleurs, de petites venues sont considérées comme reliquats d'ères anciennes à climat plus chaud et plus humide qu'actuellement.

Développement de profil: l'altération intense et profonde a produit des concentrations résiduelles de minéraux primaires résistants (comme le quartz), de sesquioxydes et de kaolinite. Cette minéralogie et le pH relativement bas expliquent la stabilité de la microstructure (pseudo-sable) et les couleurs de sol jaunâtres (goethite) ou rougeâtres (hématite).

Distribution régionale des Ferrasols

Les surfaces couvertes par les Ferrasols dans le monde sont estimées à 750 millions d'ha, concentrées principalement dans les tropiques humides des boucliers d'Amérique du Sud (surtout Brésil) et d'Afrique (surtout Congo, RD Congo, sud de la République centrafricaine, Angola, Guinée et est de Madagascar). En dehors des boucliers continentaux, les Ferrasols sont confinés dans les régions sur roches basiques facilement altérables et aux climats chauds et humides, comme en Asie du Sud-Est.

Gestion et utilisation des Ferrasols

La plupart des Ferrasols présentent des propriétés physiques favorables. Leur grande profondeur, leur bonne perméabilité et leur microstructure stable rendent les Ferrasols moins sensibles à l'érosion que la plupart des autres sols tropicaux fortement altérés. Humides, les Ferrasols sont friables et faciles à travailler. Ils sont bien drainés mais peuvent souffrir de sécheresse temporaire à cause de leur faible capacité de rétention en eau.

La fertilité chimique des Ferrasols est basse; les minéraux altérables sont rares ou absents et la rétention des cations par la fraction minérale du sol est faible. Sous végétation naturelle les nutriments prélevés à plus grande profondeur par les racines retournent finalement à la surface du sol avec les feuilles mortes et les débris des plantes. Le gros du cycle des nutriments végétaux se trouve dans la biomasse; les nutriments du sol assimilables par les plantes sont concentrés dans la matière organique du sol. Si le processus de recyclage est interrompu, notamment par l'introduction d'une agriculture sédentaire à bas intrants, la couche arable perdra rapidement les nutriments qu'elle contient.

Une gestion appropriée nécessite le maintien de la fertilité avec du fumier, du paillage, des jachères de durée suffisante, la pratique de l'agroforesterie et la protection contre l'érosion de surface.

Un problème récurrent des Ferrasols (et d'autres RSGs comme les Andosols) est leur forte rétention en P (fixation). Les Ferrasols ont également de faibles teneurs en cations basiques et en oligoéléments (une vingtaine). Une carence en silicium est possible là où des plantes exigeantes en silice (comme les graminées) sont cultivées. A Maurice, les teneurs en silice assimilable sont mesurées et les sols sont fertilisés avec des amendements siliceux. Le manganèse et le zinc, qui sont très solubles à pH bas, peuvent parfois atteindre des niveaux toxiques dans les sols ou être tellement lessivés qu'une carence s'installe. Des carences en bore et en cuivre peuvent aussi se manifester.

Dans les Ferrasols à pH bas, le chaulage de la zone racinaire est un moyen de l'y faire remonter. Le chaulage combat la toxicité Al et accroît la CEC effective; cependant il diminue la capacité d'échange anionique, ce qui peut engendrer la destruction des micro-agrégats structuraux et l'imperméabilisation de la surface du sol. C'est pour cela que le chaulage se pratiquera de préférence par applications fréquentes de petites doses de chaux plutôt que par application unique et massive; des doses de 0,5-2 tonnes/ha de chaux ou de dolomie sont normalement suffisantes pour à la fois fournir le nutriment calcium et pour tamponner le pH de nombreux Ferrasols. Des applications de gypse, une forme de Ca dont la mobilité est adéquate, peut augmenter la profondeur d'enracinement des cultures (et de plus, le sulfate du gypse réagit avec les sesquioxides pour déclencher un effet d'«auto-chaulage»). Cette innovation assez récente est désormais pratiquée à grande échelle, en particulier au Brésil.

Le choix des engrais et les mode et calendrier de leurs applications sont déterminants pour la réussite des cultures sur Ferralsols. Des applications d'engrais phosphatés retard (roche phosphatée) de plusieurs tonnes par ha éliminent les carences en P pour plusieurs années. La solution rapide est l'usage de superphosphate double ou triple, bien plus soluble, qui sera appliqué en doses beaucoup plus petites, en particulier si elles sont au contact des racines des plantes.

L'agriculture de subsistance sédentaire ou l'agriculture itinérante sur Ferralsols permettent la production d'une grande variété de plantes annuelles ou pérennes. Le pâturage extensif est aussi très courant et de vastes étendues de Ferralsols ne sont pas du tout utilisées par les agriculteurs. Les bonnes propriétés physiques des Ferralsols associées à leur topographie souvent plate devraient encourager à les utiliser plus intensivement, mais il sera nécessaire de résoudre les problèmes causés par leurs propriétés chimiques déficientes.

FLUVISOLS

Les Fluvisols sont des sols jeunes des dépôts fluviaux, lacustres ou marins. Malgré leur nom, les *Fluvisols* ne se restreignent pas aux sédiments *fluviaux*. (du latin *fluvius*, cours d'eau); ils se trouvent aussi dans des sédiments lacustres et marins. De nombreux Fluvisols correspondent aux *Alluvial soils* (Russie), *Stratic Rudosols* (Australie), *Fluvents* (Etats-Unis), *Auenböden* (Allemagne), *Neossolos* (Brésil) et *Sols minéraux bruts d'apport alluvial* ou *colluvial* ou *Sols peu évolués d'apport alluvial ou colluvial* (France). La position des Fluvisols dans la Clé a été modifiée plusieurs fois dans l'histoire des classifications FAO et WRB. Dans la présente édition, la WRB les place plus loin dans la Clé et transfère certains anciens Fluvisols vers d'autres RSGs, en particulier vers les *Solonchaks* et les *Gleysols*.

Description succincte des Fluvisols

Connotation: sols sur dépôts fluviaux; du latin *fluvius*, cours d'eau.

Matériau parental: dominance de matériaux récents des dépôts fluviaux, lacustres et marins.

Environnement: plaines fluviales, cônes alluviaux, vallées, dépressions lacustres et marais littoraux de tous les continents et sous tous les climats; absence de nappe phréatique et de teneurs élevées en sel dans la couche de surface; en conditions naturelles, de nombreux Fluvisols sont périodiquement inondés.

Développement de profil: stratifications nettes dans le profil; faible différenciation d'horizons mais une couche arable peut être distinguée.

Distribution régionale des Fluvisols

Les Fluvisols se trouvent sur tous les continents et sous tous les climats. Dans le monde, ils occupent moins de 350 millions d'ha, dont la moitié dans les tropiques. Les plus grandes zones à Fluvisols sont situées:

- » le long des cours d'eau et lacs, comme dans le bassin Amazonien, dans la plaine proche du lac Tchad en Afrique centrale, dans la plaine du Gange en Inde et en

Chine orientale;

- » dans les deltas des fleuves Indus, Gange-Brahmapoutre, Mékong, Lena, Nil, Niger, Zambèze, Mississippi, Orénoque, Rio de la Plata, Volga, Pô et Rhin;
- » dans des zones de dépôts marins récents comme les plaines côtières d'Indonésie (provinces de Sumatra, Kalimantan et Papouasie) et de Papouasie-Nouvelle-Guinée.

Gestion et utilisation des Fluvisols

La bonne fertilité naturelle des Fluvisols associée aux attraits des sites d'implantation sur les berges des cours d'eau ou sur les parties hautes des paysages marins ont été reconnus depuis les temps préhistoriques. Plus tard, de grandes civilisations se sont développées dans des paysages fluviaux et dans les plaines maritimes.

Si l'irrigation est assurée, la culture du riz inondé est répandue dans les Fluvisols tropicaux. Chaque année, les terres rizicoles doivent être asséchées durant quelques semaines afin d'empêcher le potentiel redox de chuter tellement qu'il n'entraîne la venue de problèmes nutritionnels (Fe ou H₂S). Une période sèche va également stimuler l'activité microbienne et, partant, la minéralisation de la matière organique. De nombreuses cultures des zones sèches sont également pratiquées sur Fluvisols, généralement avec une forme ou l'autre de contrôle hydrique.

GLEYSOLS

Les Gleysols sont des sols saturés par une nappe phréatique pendant des périodes suffisamment longues pour permettre l'installation de *conditions réductrices* générant des propriétés *gleyiques*; ils comprennent les sols immergés et tidaux. Ils présentent un motif fait de couleurs rougeâtres, brunâtres ou jaunâtres sur les surfaces des agrégats et/ou dans les couches supérieures du sol, combinées à des couleurs grisâtres/bleuâtres à l'intérieur des agrégats ou plus profondément dans le sol. De nombreux sols submergés ne possèdent que ces dernières. Les Gleysols à horizon *thionique* ou à matériau *hypersulfidique* (*sols sulfatés acides*) sont fréquents. Les processus redox peuvent aussi être provoqués par des remontées de gaz, comme le CO₂ ou le CH₄. Les Gleysols sont aussi appelés *Gley* (ancienne Union Soviétique), *Gleyzems* (Russie), *Gleye*, *Marschen*, *Watten* et *Unterwasserböden* (Allemagne), *Gleissolos* (Brésil) et *Hydrosols* (Australie). Aux Etats-Unis, de nombreux Gleysols sont rangés dans les Sous-Ordres *Aquic* et dans les Grands Groupes *Endoaquic* de divers Ordres (*Aqualfs*, *Aquents*, *Aquepts*, *Aquolls*, etc.) ou dans les *Wassents*.

Descripción resumida de Gleysols

Connotation: sols sous influence évidente d'une nappe phréatique; du russe *gley* (introduit comme nom de sol par G.N.Vysotskiy en 1905), masse fangeuse.

Matériau parental: large gamme de matériaux non consolidés, essentiellement des sédiments fluviaux, marins et lacustres.

Environnements: positions basses des paysages avec nappe phréatique élevée, zones de marées, lacs peu profonds et bords de mer.

Développement de profil: marques de processus de réduction avec ségrégation de composés de Fe commençant dans les 40 premiers cm de la surface du sol.

Distribution régionale des Gleysols

Les Gleysols occupent plus de 720 millions d'ha dans le monde. Ils sont présents à toutes les latitudes et dans quasiment tous les climats, du perhumide à l'aride. Les plus grandes étendues de Gleysols se trouvent dans les zones subarctiques du nord de la Fédération de Russie, du Canada et de l'Alaska, ainsi que dans les basses terres tempérées et subtropicales, comme en Chine et au Bangladesh. Les tropiques abritent quelque 200 millions d'ha de Gleysols situés surtout en région amazonienne, en Afrique équatoriale et dans les marécages côtiers de l'Asie du Sud-Est. De grandes zones tidales se trouvent le long des côtes de la Mer du Nord.

Les plus grandes zones à Gleysols avec horizon *thionique* ou matériau *hypersulfidique* (*sols sulfatés acides*) sont réparties dans les basses terres littorales de l'Asie du Sud-Est (Indonésie, Vietnam et Thaïlande), de l'Afrique de l'Ouest (Sénégal, Gambie, Guinée Bissau, Sierra Leone et Libéria) et le long de la côte nord-est de l'Amérique du Sud (Guyane française, Guyana, Suriname et Vénézuéla).

Gestion et utilisation des Gleysols

Le principal obstacle à l'utilisation des Gleysols est qu'ils nécessitent l'installation d'un réseau de drainage pour rabattre la nappe phréatique. Une fois drainés correctement, les Gleysols peuvent être utilisés pour les cultures arables, l'élevage laitier et l'horticulture. Si ces sols sont travaillés à l'état trop humide, leur structure sera détruite; c'est pourquoi il est préférable de laisser sous couvert herbeux permanent ou sous forêt marécageuse les Gleysols des dépressions difficiles à drainer. Le chaulage des Gleysols drainés et riches en matière organique et/ou à pH bas crée un meilleur habitat pour les micro- et les méso-organismes et accélère le taux de décomposition de la matière organique (et l'apport de nutriments aux plantes).

Les Gleysols ne peuvent être utilisés en arboriculture qu'après rabattement de la nappe phréatique par drains en fossés. Une autre solution consiste à planter les arbres sur des billons alternant avec de faibles dépressions dans lesquelles du riz est cultivé. En Asie du Sud-Est, le système *sorjan* est largement appliqué dans les zones de marais littoraux à sédiments pyritiques. Quand le climat est propice, les Gleysols peuvent être utilisés pour la culture du riz inondé. Les Gleysols avec horizon *thionique* ou matériau *hypersulfidique* souffrent d'une acidité sévère et d'un haut degré de toxicité Al.

Les Gleysols submergés et tidaux sont utilisés pour la pêche ou l'élevage de crevettes. Beaucoup sont laissés à l'état naturel. Les zones tidales très salines seront laissées aux mangroves ou à d'autres végétations halophytes. De telles zones sont écologiquement intéressantes et peuvent avec précaution être utilisées pour la pêche, la chasse, la récolte de sel ou la coupe de bois de chauffe ou le charbon de bois.

GYPSISOLS

Les Gypsisols sont des sols ayant des accumulations substantielles de gypse secondaire ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Ces sols se trouvent dans les parties les plus sèches des zones arides, ce qui explique que les principales classifications les ont nommés *Desert grey-brown soils* (ancienne Union Soviétique). La Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981) les range dans les *Yermosols* ou les *Xerosols*. Aux Etats-Unis, la plupart appartiennent aux *Gypsids*.

Description succincte des Gypsisols

Connotation: sols avec accumulations substantielles de sulfate de calcium secondaire; du grec *gypsos*, gypse.

Matériau parental: surtout dépôts non consolidés de matériau riche en bases altérables.

Environnement: dominance de terrains plats à collinaires et zones dépressionnaires (anciens lacs intérieurs) dans des régions à climat aride. Végétation naturelle éparsée et dominée par des buissons et arbres xérophytiques et/ou graminées et herbes éphémères.

Développement de profil: horizon de surface peu coloré; dans le sous-sol, accumulation de sulfate de calcium avec ou sans carbonates.

Distribution régionale des Gypsisols

Les Gypsisols ne se trouvent que dans les régions arides; dans le monde, leur superficie tourne autour de 100 millions d'ha, avec présence importante au Proche Orient, Kazakhstan, Turkmenistan, Ouzbékistan, dans les déserts de Libye et du Namib, en Australie centrale et méridionale et dans le Sud-Ouest des Etats-Unis.

Gestion et utilisation des Gypsisols

Les Gypsisols qui ne contiennent que de faibles pourcentages de gypse dans les 30 cm supérieurs peuvent être cultivés en céréales, coton, luzerne, etc. La culture en sec des Gypsisols profonds nécessite des jachères d'un an et autres techniques de conservation de l'eau, mais elle est rarement payante à cause des conditions climatiques difficiles. Les Gypsisols dans les dépôts récents ont des teneurs en gypse relativement basses. Si de l'eau est disponible à proximité, ils peuvent être très productifs et de nombreux projets d'irrigation sont établis sur de tels sols; et même, des sols contenant plus de 25 pourcent de gypse poudreux peuvent donner d'excellents rendements en luzerne (10 tonnes/ha), blé, abricots, dattes, maïs et raisins, à condition de recevoir des doses élevées d'irrigation combinées à un drainage forcé. Sur Gypsisols, l'agriculture irriguée est affectée par la dissolution rapide du gypse induisant une subsidence irrégulière de la surface du sol, creusant les parois des canaux et corrodant les constructions en béton. De grandes zones de Gypsisols sont utilisées en pâturage extensif.

HISTOSOLS

Les Histosols sont des sols formés dans des matériaux *organiques* s'accumulant sous forme de tourbe de nappe (tourbière basse), tourbe pluviale (tourbière haute) ou de mangroves ou encore dans les zones montagneuses froides, sans saturation par l'eau. Les Histosols vont de sols développés dans des tourbières à mousses des régions arctiques, subarctiques et boréales, aux tourbières à mousses de *Sphagnum*, à roseaux et carex (fen), aux tourbières forestières des régions tempérées, et jusqu'aux tourbières de mangroves et de forêt marécageuses dans les tropiques humides. Les Histosols se trouvent à toute altitude, mais c'est majoritairement dans les basses terres qu'ils se situent. Leurs noms vont de *Peat soils*, *Muck soils*, *Bog soils* à *Organic soils*. De nombreux Histosols sont rangés dans les *Moore*, *Felshumusböden* et *Skeletthumusböden* (Allemagne), *Organosols* (Australie), *Organossolos* (Brésil), *Peat soils* (Russie), *Organic order* (Canada) et *Histosols* et *Histels* (Etats-Unis).

Description succincte des Histosols

Connotation: sols des tourbières et des marais; du grec *histos*, tissu.

Matériau parental: restes de plantes partiellement décomposés, avec ou sans présence de sable, limon ou argile.

Environnement: les Histosols couvrent de grandes surfaces dans les régions boréales, subarctiques et arctiques. Ailleurs, ils sont confinés aux bassins et dépressions mal drainés, aux marais et marécages à nappe superficielle ainsi qu'aux régions fraîches de haute altitude à rapport précipitation / évapotranspiration élevé.

Développement de profil: la minéralisation est lente et la transformation des résidus végétaux par dégradation biochimique et formation de substances humiques créent une couche de surface organique avec ou sans saturation hydrique prolongée.

Distribution régionale des Histosols

L'étendue totale couverte par les Histosols dans le monde est estimée à 325-375 millions d'ha, dont la majorité est située dans les régions boréales, subarctiques et arctiques basses de l'hémisphère nord. Les Histosols restants se trouvent dans les basses terres tempérées et les régions montagneuses; un dixième des Histosols seulement se situent dans les tropiques. De grandes zones à Histosols sont recensées aux Etats-Unis et au Canada, en Europe occidentale et en Scandinavie septentrionale ainsi que dans la plaine de Sibérie occidentale. Quelque 20 millions d'ha de tourbe forestière ceinturent le plateau continental de la Sonde en Asie du Sud-Est. De plus petites zones couvertes d'Histosols tropicaux se trouvent dans les deltas, comme celui de l'Orénoque ou du Mékong, ainsi que dans des dépressions d'altitude.

Gestion et utilisation des Histosols

Les propriétés du matériau *organique* (composition botanique, stratification, degré de décomposition, intensité du tassement, teneur en ligneux, mélange avec du minéral, etc.) et le type de tourbière (tourbière basse, tourbière haute, etc.) déterminent les possibilités d'utilisation et les contraintes de gestion des Histosols. Les Histosols sans saturation hydrique prolongée se forment souvent dans des environnements froids inappropriés à l'agriculture. Pour pouvoir accueillir des cultures courantes, les tourbières naturelles doivent être drainées et doivent aussi être fréquemment chaulées et fertilisées. Dans la zone tempérée, des projets étatiques de récupération des tourbières ont permis de mettre des millions d'ha en culture. Très souvent, ceci a été cause d'une dégradation graduelle et in fine de la perte de la précieuse tourbe. Dans les tropiques, le nombre s'accroît de fermiers sans terre qui s'aventurent dans les sols tourbeux; ils y brûlent les forêts et boutent ainsi un feu ravageur aux tourbières. Beaucoup abandonnent leur terre après seulement quelques années; les seuls qui réussissent sont sur tourbière mince topogénique. Durant les dernières décennies, de plus en plus de tourbières tropicales ont été plantées en palmier à huile et en essences forestières pour la pulpe à papier, comme *Acacia mangium*, *Acacia crassicarpa* et *Eucalyptus* spp. Ces pratiques ne sont certes pas une panacée, mais sont moins destructives que l'agriculture de subsistance.

Un autre problème fréquent rencontré sur les Histosols drainés est l'oxydation des minéraux sulfurés qui s'accumulent sous conditions anaérobies, surtout en régions côtières. L'acide sulfurique ainsi produit anéantit la productivité, à moins de chaulages massifs qui rendent cette solution prohibitive.

En résumé, il importe de protéger et de conserver les fragiles tourbières car elles sont de grande valeur (en particulier leur fonction commune d'éponges régulant les débits des cours d'eau et celle de support de zones humides, abris d'espèces uniques d'animaux) et parce que leurs potentialités comme terre agricole sont minimales. Là où leur utilisation est impérative, des formes adaptées de foresterie ou de plantations pérennes seront préférées aux cultures annuelles, à l'horticulture, ou, la pire parmi les options, à l'exploitation de la tourbe comme combustible ou comme substrat horticole, charbon actif, fleurs en pots, etc. La tourbe utilisée pour la production arable va se minéraliser rapidement car, pour assurer une production correcte, elle devra être drainée, chaulée et fertilisée. Dans ces conditions, les drains devront être maintenus aussi près de la surface que possible et les chaulages et fertilisations appliqués avec prudence.

KASTANOZEMS

Les Kastanozems sont des sols des prairies sèches; dans le sud de l'Eurasie ils sont les sols des steppes, tandis que les Chernozems sont ceux des prairies à herbes hautes. Les Kastanozems présentent un profil similaire à celui du Chernozem, mais leur horizon de surface riche en humus est plus mince et moins foncé que celui des Chernozems et leurs accumulations de carbonates secondaires sont plus nettes. La couleur brun-châtain de la surface se retrouve dans leur nom *Kastanozem*. Les noms courants de nombreux Kastanozems sont (Dark) *Chestnut soils* (Russie), *Kalktschernoseme* (Allemagne), (Dark) *Brown soils* (Canada), *Ustolls* et *Xerolls* (Etats-Unis) et *Chernossolos* (Brésil).

Description succincte des Kastanozems

Connotation: sols brun foncé, riches en matière organique; du latin *castanea* et du russe *kashtan*, châtaigne, et du russe *zemlya*, terre.

Matériau parental: grande variété de matériaux non consolidés; une grande partie des Kastanozems se sont formés sur loess.

Environnement: sec et continental, à hivers assez froids et étés chauds; prairies plates à vallonnées dominées par des herbages éphémères de petite taille.

Développement de profil: un horizon *mollique* d'épaisseur moyenne, surmontant souvent un horizon *cambique* ou *argique* brun à cannelle; présence dans le sous-sol de carbonates secondaires (propriétés *protocalciques* ou horizon *calcique*), parfois associée à du gypse secondaire.

Distribution régionale des Kastanozems

La superficie totale des Kastanozems est estimée à 465 millions d'ha. Les grandes zones se trouvent dans la steppe Eurasiatique (Ukraine méridionale, sud de la Fédération de Russie, Kazakhstan et Mongolie), dans les grandes plaines des Etats-Unis, du Canada et du Mexique, ainsi que dans les régions de la pampa et du chaco en Argentine septentrionale, au Paraguay et dans le sud-est de la Bolivie.

Gestion et utilisation des Kastanozems

Les Kastanozems sont potentiellement des sols riches; le manque périodique d'eau

est le principal obstacle à des rendements élevés; c'est pour cela que l'irrigation est quasiment toujours nécessaire; des précautions devront être prises pour éviter une salinisation secondaire. Des engrais phosphatés pourront aussi être nécessaires. Les principales cultures sont les céréales, les cultures vivrières et légumières. L'érosion éolienne et hydrique peuvent causer problème, surtout sur terres en jachère.

Le pâturage extensif est également largement présent sur Kastanozems. Cependant la végétation éparse est moins profitable que les prairies à hautes herbes des Chernozems et le surpâturage est un sérieux problème.

LEPTOSOLS

Les Leptosols sont des sols très minces sur roche continue et des sols à teneur extrêmement élevée en éléments grossiers. Les Leptosols sont particulièrement nombreux dans les régions montagneuses. Les Leptosols correspondent aux *Lithosols* de la Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981), aux Sous-Groupes *Lithic* dans l'Ordre des *Entisols* (Etats-Unis), aux *Leptic Rudosols* ou aux *Tenosols* (Australie) et aux *Petrozems* et aux *Litozems* (Russie). Dans de nombreuses classifications nationales et dans la Carte des Sols du Monde, les Leptosols sur roche calcaire appartiennent aux *Rendzines* et ceux sur autres roches aux *Rankers*. Une roche continue dès la surface est souvent considérée comme un non-sol dans de nombreuses classifications.

Description succincte des Leptosols

Connotation: sols minces; du grec *leptos*, mince.

Matériau parental: divers types de roches ou de matériaux non consolidés contenant moins de 20 % (en volume) de terre fine.

Environnement: principalement terres de moyenne et haute altitude avec topographie tranchée. Les Leptosols se trouvent dans toutes les zones climatiques (dont beaucoup dans des régions sèches, chaudes ou froides) et en particulier en zones fortement érodées.

Développement de profil: les Leptosols ont une roche continue à la surface ou tout près, ou sont extrêmement caillouteux. Les Leptosols sur matériau calcaire altéré peuvent avoir un horizon *mollique*.

Distribution régionale des Leptosols

Les Leptosols forment le RSG le plus répandu sur terre, couvrant quelque 1 655 million d'ha. Les Leptosols se retrouvent de l'équateur aux pôles et du niveau de la mer aux sommets du monde. Ils sont particulièrement répandus dans les régions montagneuses, notamment en Asie et Amérique du Sud, ainsi que dans les déserts Arabe et du Sahara, dans la péninsule d'Ungava – nord du Canada – et dans les montagnes de l'Alaska. Ailleurs, les Leptosols sont présents sur roches résistantes à l'altération ou dans les endroits où l'érosion est plus rapide que la pédogenèse ou a fait disparaître le sommet du profil. Les Leptosols de montagne à *roche continue* à moins de 10 cm de profondeur sont les plus répandus.

Gestion et utilisation des Leptosols

Les Leptosols sont une ressource potentielle pour le pâturage en saison humide et comme terres de forêts. En Asie du Sud-Est, les Leptosols auxquels le qualificatif Rendzic s'applique sont complantés de teck et d'acajou tandis que ceux des régions tempérées sont réservés surtout à la forêt mixte décidue; s'ils sont acides, ce sera plutôt des conifères. L'érosion est ce qui menace le plus les Leptosols, en particulier dans les chaînes de montagnes des régions tempérées où la forte pression de population (tourisme), la surexploitation et l'augmentation de la pollution environnementale conduisent à la détérioration des forêts. Les Leptosols sur pentes sont généralement plus fertiles que leurs équivalents des plaines. L'une ou l'autre bonne récolte pourrait peut-être se faire sur ces pentes, mais au prix d'une érosion sévère. Les fortes pentes à sols minces et pierreux peuvent être transformées en sols cultivables par le biais de la construction de terrasses, l'épierrage manuel et leur utilisation comme murs de soutènement. L'agroforesterie (qui est une combinaison de cultures et de boisements sous contrôle strict) promet beaucoup mais en est encore au stade expérimental. Le drainage interne excessif et la faible profondeur de nombreux Leptosols peuvent les rendre secs, même dans un environnement humide.

LIXISOLS

La pédogenèse des Lixisols, et en particulier la migration d'argile, fait qu'ils ont une teneur en argile plus élevée dans la partie inférieure du sol que dans sa partie superficielle, créant ainsi un horizon *argique* subsuperficiel. Les Lixisols ont des argiles à basse activité dans tout l'horizon *argique* et un taux de saturation en bases élevé entre 50 et 100 cm de profondeur. De nombreux Lixisols sont rangés dans les *Red yellow podzolic soils* (comme en Indonésie), les *Chromosols* (Australie), les *Argissolos* (Brésil), les *Sols ferrallitiques faiblement désaturés appauvris* (France) et les *Alfisols* à argiles à faible activité (Etats-Unis).

Description succincte des Lixisols

Connotation: sols avec différenciation pédogénétique des argiles (principalement migration d'argile) entre une couche de surface appauvrie et une couche de profondeur enrichie en argile, des argiles à faible activité et un taux de saturation en bases élevé en profondeur; du latin *lixivia*, substances lessivées.

Matériau parental: large gamme de matériaux, surtout non consolidés, chimiquement très altérés, de texture fine.

Environnement: régions à climat tropical, subtropical ou tempéré chaud à saison sèche marquée. De nombreux Lixisols sont présumés polygéniques, leurs caractéristiques provenant vraisemblablement d'un climat passé plus humide.

Développement de profil: différenciation pédogénétique de la teneur en argile avec teneur moindre dans la partie supérieure et plus élevée dans la partie inférieure du sol; altération poussée sans perte marquante en bases cationiques. La disparition des oxydes de fer et des minéraux argileux peut générer un horizon blanchi entre l'horizon de surface et l'horizon *argique* subsuperficiel, mais les Lixisols n'ont pas les propriétés *rétiques* des Retisols.

Distribution régionale des Lixisols

Les Lixisols se trouvent dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes à saison sèche sur terrains d'âge Pléistocène ou plus ancien. Ces sols couvrent un total de quelque 435 millions d'ha dont plus de la moitié sont situés en Afrique (sub-)sahélienne et en Afrique de l'Est, environ un quart en Amérique du Sud et centrale et le reste dans le sous-continent indien, en Asie du Sud-Est et en Australie.

Gestion et utilisation des Lixisols

Les zones à Lixisols qui sont toujours sous savane ou sous végétation boisée sont très utilisées comme terres de parcours. La conservation du sol de surface avec sa matière organique si importante est primordiale. Les sols de surface dégradés possèdent une faible stabilité structurale et ont tendance à devenir imperméables et/ou à s'éroder quand ils sont soumis à l'impact direct des gouttes de pluie. Le labour d'un Lixisol humide ou l'emploi d'engins lourds compacte le sol et cause de sérieux dégâts à sa structure. Des mesures anti-compaction et anti-érosion comme la mise en terrasses, le labour en courbes de niveaux, le mulching et les cultures de couverture, protègent le sol. Sous culture continue, les niveaux bas en nutriments et la faible rétention cationique des Lixisols imposent des fertilisations régulières. S'ils ne sont pas activement réhabilités, les Lixisols physiquement ou chimiquement dégradés se régénèrent très lentement.

Sur terrains pentus, les cultures pérennes seront préférées aux annuelles. La culture de plantes à tubercules (manioc et patate douce) ou de l'arachide accentuent le risque de dégradation et d'érosion du sol. Les rotations cultures annuelles – prairies améliorées sont recommandées pour le maintien ou l'amélioration du statut organique du sol.

LUVISOLS

La pédogenèse des Luvisols, et en particulier la migration d'argile, fait qu'ils ont une teneur en argile plus élevée dans la partie inférieure du sol que dans sa partie superficielle, créant ainsi un horizon *argique* subsuperficiel. Les Luvisols ont des argiles à haute activité dans tout l'horizon *argique* et un taux de saturation en bases élevé entre 50 et 100 cm de profondeur. De nombreux Luvisols sont rangés dans les *Texturally-differentiated soils* et partiellement dans les *Metamorphic soils* (Russie), les *Sols lessivés* (France), les *Parabraunerden* (Allemagne), les *Chromosols* (Australie) et les *Luvissolos* (Brésil). Aux Etats-Unis, ils s'appelaient auparavant les *Grey-brown podzolic soils*, et appartiennent maintenant aux *Alfisols* à argiles à activité élevée.

Description succincte des Luvisols

Connotation: sols avec différenciation pédogénétique des argiles (principalement migration d'argile) entre une couche de surface appauvrie et une couche de profondeur enrichie en argile, des argiles à activité élevée et un taux de saturation en bases élevé en profondeur; du latin *eludere*, lessiver.

Matériau parental: large gamme de matériaux non consolidés comprenant les moraines glaciaires et les dépôts éoliens, alluviaux et colluviaux.

Environnement: plus fréquents dans les terrains plats ou en pente douce des régions tempérées fraîches et dans les régions chaudes à saisons sèche et humide distinctes (comme la Méditerranée).

Développement de profil: différenciation pédogénétique de la teneur en argile avec teneur moindre dans la partie supérieure et plus élevée dans la partie inférieure du sol sans perte marquante en bases cationiques ni altération poussée des argiles à activité élevée. La disparition des oxydes de fer et des minéraux argileux peut générer un horizon blanchi entre l'horizon de surface et l'horizon *argique* subsuperficiel, mais les Luvisols n'ont pas les propriétés *rétiqes* des Retisols.

Distribution régionale des Luvisols

Les Luvisols couvrent plus de 500-600 millions d'ha dans le monde, surtout dans les régions tempérées comme les plaines de l'Europe orientale et certaines parties de la plaine de Sibérie occidentale, le nord-est des Etats-Unis et l'Europe centrale, mais également en région méditerranéenne et en Australie méridionale. Dans les régions tropicales et subtropicales, les Luvisols sont surtout confinés aux terrains récents.

Gestion et utilisation des Luvisols

La plupart des Luvisols sont des sols fertiles aptes à un éventail d'utilisations agricoles. Les Luvisols riches en limon peuvent subir des dégradations structurales lorsqu'ils sont labourés à l'état humide ou avec des engins lourds. Des mesures de contrôle de l'érosion doivent être prises pour protéger les Luvisols sur forte pente. Par endroits, le sous-sol dense induit des *conditions réductrices* avec propriétés *stagniques* temporaires.

Les Luvisols des régions tempérées sont souvent utilisés pour la culture des céréales, de la betterave sucrière et les fourrages; sur pente, ils sont réservés aux vergers, aux boisements et/ou aux pâturages. En région méditerranéenne, les Luvisols (souvent avec qualificatif Chromic, Calcic ou Vertic) sont courants sur dépôts colluviaux issus de l'altération des calcaires; ceux des bas de pente sont semés en céréales et/ou en betteraves sucrières tandis que ceux situés sur les hauteurs sont utilisés pour le pâturage extensif ou sont plantés en culture arbustive

NITISOLS

Les Nitisols sont des sols tropicaux, rouges, profonds et bien drainés avec transitions diffuses et un horizon subsuperficiel ayant une teneur en argile d'au moins 30 pourcent; ils ont une structure angulaire modérée à forte se divisant en éléments polyédriques ou à bords plats ou nuciformes présentant (humides) des faces brillantes. L'altération est relativement avancée, mais les Nitisols sont bien plus productifs que la plupart des autres sols tropicaux rouges. De nombreux Nitisols correspondent aux *Nitissolos* (Brésil), *Sols fersiallitiques* ou *Ferrisols* (France), *Ferrosols* (Australie) et aux Grands Groupes *Kandic* des *Alfisols* et *Ultisols* et à différents Grands Groupes des *Inceptisols* et *Oxisols* (Etats-Unis).

Description succincte des Nitisols

Connotation: sols tropicaux rouges, bien drainés avec un horizon *nitique* argileux ayant une structure polyédrique angulaire se divisant typiquement en éléments polyédriques ou à bords plats ou nuciformes présentant (humides) des faces brillantes; du latin *nitidus*, brillant.

Matériau parental: produits d'altération de texture fine issus de roches basiques, parfois rajeunis par apports récents de cendres volcaniques.

Environnement: les Nitisols se trouvent principalement sur terrains plats à collinaires sous forêt ombrophile ou sous savane.

Développement de profil: sols argileux rouges ou brun rougeâtre avec horizon *nitique* subsuperficiel à stabilité structurale forte. Dans les Nitisols, l'assemblage des argiles est du type kaolinite/(meta)halloysite. Les Nitisols sont riches en Fe et ont peu d'argile dispersable dans l'eau.

Distribution régionale des Nitisols

Les Nitisols couvrent environ 200 millions d'ha dans le monde. Plus de la moitié d'entre eux se trouvent en Afrique tropicale, notamment dans les hauts plateaux (> 1 000 m) d'Éthiopie, du Kenya, de la RD Congo et du Cameroun. Ailleurs, les Nitisols sont bien présents à plus basse altitude, comme dans les régions tropicales d'Asie, d'Amérique du Sud et centrale, d'Afrique du Sud-Est et d'Australie.

Gestion et utilisation des Nitisols

Les Nitisols sont parmi les sols les plus productifs des tropiques humides. Leur solum profond et poreux, leur structure de sol stable, permettent un enracinement profond et les rendent résistants à l'érosion. La facilité de travail, le bon drainage interne et la capacité appréciable de rétention en eau des Nitisols sont complétés par leurs propriétés chimiques (fertilité) plus favorables que celles de la plupart des autres sols tropicaux. Les Nitisols contiennent des proportions assez élevées de minéraux altérables et les couches de surface peuvent contenir plusieurs pourcent de matière organique, en particulier sous forêt ou en arboriculture. Les Nitisols sont utilisés en plantations de cacao, café, caoutchouc ou ananas; ils servent également beaucoup en petites exploitations pour les cultures alimentaires. Les fortes rétentions en P demandent à être corrigées par des applications d'engrais P, généralement sous forme retard ou de roche phosphatée (plusieurs tonnes par hectare avec doses d'entretien quasi annuelles) en combinaison avec de plus petites applications de superphosphates plus solubles pour une réponse rapide des cultures.

PHAEOZEMS

Les Phaeozems sont des sols des régions herbeuses et forestières relativement humides sous climat modérément continental. Les Phaeozems sont proches des Chernozems et des Kastanozems, mais sont plus lessivés. Conséquence: leur horizon de surface foncé, riche en humus est moins riche en bases que celui des Chernozems et des Kastanozems. En outre, les Phaeozems sont dépourvus de carbonates secondaires, en tout cas jusqu'à plus grande profondeur. Ils présentent tous un taux de saturation en bases élevé dans le premier mètre du sol. Les Phaeozems sont souvent rangés parmi les *Brunizems* (Argentine et France), les *Dark gray forest soils* et les *Leached* et *Podzolized chernozems* (ancienne Union Soviétique), les *Tschernoseme* (Allemagne) et les *Chernossolos* (Brésil). Dans la Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981) ils appartiennent aux *Phaeozems* et partiellement aux *Greyzems*. Dans l'ancien système américain, ils étaient des *Dusky-red prairie soils*; ils appartiennent maintenant aux *Udolls* et aux *Albolls*.

Description succincte des Phaeozems

Connotation: sols foncés riches en matière organique; du grec *phaios*, sombre, et du russe *zemlya*, terre.

Matériau parental: éolien (loess), moraines glaciaires et autres matériaux non consolidés, à dominance basique.

Environnement: régions moyennement continentales chaudes à fraîches (comme les hauts plateaux tropicaux), suffisamment humides pour que la plupart des années de l'eau percole à travers le sol mais aussi avec des périodes pendant lesquelles le sol s'assèche; terrains plats à vallonnés; végétation naturelle herbeuse (steppe à hautes herbes) et/ou forêt.

Développement de profil: un horizon *mollique*, ou moins souvent un horizon *chernique* (moins épais et souvent moins sombre que dans les Chernozems), recouvrant la plupart du temps un horizon subsuperficiel *cambique* ou *argique*.

Distribution régionale des Phaeozems

Les Phaeozems couvrent une superficie estimée à 190 millions d'ha dans le monde. 70 millions d'entre eux sont situés dans les basses terres centrales humides et subhumides ainsi que dans les parties orientales des grandes plaines des Etats-Unis. 50 autres millions d'ha de Phaeozems se situent dans les pampas subtropicales de l'Argentine et de l'Uruguay. Une troisième grande zone (18 millions d'ha) est située en Chine du nord-est, tandis que des zones discontinues sont réparties dans le centre de la Fédération de Russie. Des zones plus petites, la plupart discontinues, se trouvent dans le centre de l'Europe, notamment dans la partie hongroise du Danube ainsi que dans des régions tropicales montagneuses.

Gestion et utilisation des Phaeozems

Les Phaeozems sont des sols poreux et fertiles; ils font d'excellents sols agricoles. Aux Etats-Unis et en Argentine, les Phaeozems sont utilisés pour la production de soja et de blé (et autres céréales). Les Phaeozems irrigués des hautes plaines du Texas donnent de bons rendements en coton. Les Phaeozems de la zone tempérée sont cultivés en blé, orge et légumes en alternance avec d'autres productions. Les principaux risques sont l'érosion éolienne et hydrique. De grandes zones à Phaeozems sont dédiées à l'élevage et à l'engraissement des bovins sur prairies améliorées.

PLANOSOLS

Les Planosols sont des sols avec horizon de couleurs essentiellement pâles présentant des signes de stagnation d'eau et surmontant abruptement un sous-sol dense, peu perméable et nettement plus argileux. La dénomination *Planosols* a été donnée en 1938 aux Etats-Unis où la plupart sont maintenant rangés dans les Grands Groupes des *Albaqualfs*, *Albaqualts* et des *Argialbolls*. Le nom a été aussi adopté au Brésil (*Planossolos*).

Description succincte des Planosols

Connotation: sols à horizon de surface de texture grossière surmontant abruptement

un sous-sol dense et de texture plus fine, typiquement développé dans des terrains plats et engorgés; du latin *planus*, plat.

Matériau parental: dépôts alluviaux et colluviaux principalement.

Environnement: zones planes (plateaux) humides périodiquement ou selon la saison, surtout dans les régions subtropicales et tempérées, semi-arides et subhumides sous forêt claire ou végétation herbacée.

Développement de profil: la stratification géologique ou la pédogenèse (destruction et/ou disparition d'argile), ou les deux, ont créé en surface une couche de texture assez grossière de couleur claire surmontant abruptement un sous-sol de texture plus fine; la percolation de l'eau vers le bas est entravée et engendre des *conditions réductrices* avec propriétés *stagniques* au moins à proximité de la *différence texturale abrupte*.

Distribution régionale des Planosols

Les plus grandes zones à Planosols dans le monde se trouvent dans les régions subtropicales et tempérées avec alternance nette de saison humide et de saison sèche, comme en Amérique latine (Brésil méridional, Paraguay et Argentine), en Afrique (zone sahélienne, Afrique orientale et méridionale), est des Etats-Unis, Asie du Sud-Est (Bangladesh et Thaïlande) et Australie. Leur superficie totale est estimée à 130 millions d'ha.

Gestion et utilisation des Planosols

Les zones naturelles à Planosols sont couvertes d'une végétation herbacée éparse, souvent parsemée de buissons et arbres à enracinement superficiel et supportant un engorgement temporaire. Normalement, l'utilisation des Planosols est moins intensive que sur la plupart des autres sols sous mêmes conditions climatiques. De grandes zones de Planosols sont consacrées au pâturage extensif. La production forestière sur Planosols est nettement moindre que sur d'autres sols sous le même climat.

Les Planosols des zones tempérées sont essentiellement dédiés aux pâturages ou aux cultures arables comme le blé et la betterave à sucre. Les rendements y sont maigres même sur sols drainés et travaillés en profondeur. Sur Planosols naturels non modifiés, le développement racinaire est sérieusement entravé par le manque d'oxygène durant les épisodes humides, par la densité du sous-sol et par endroits par les niveaux toxiques d'Al dans la rhizosphère. La faible conductivité hydraulique de l'horizon subsuperficiel dense imposera un drainage à espacement étroit. Des travaux en surface, comme le billonnage peuvent réduire les pertes dues aux engorgements.

Les Planosols du Sud-Est asiatique sont largement consacrés à la monoculture du riz en carrés inondés durant la saison des pluies. Les cultures pratiquées sur la même terre en saison sèche ne rencontrent guère de succès; les sols semblent mieux adaptés à une seconde culture de riz avec complément d'irrigation. Pour atteindre de bons rendements, une fertilisation sera nécessaire. Les rizières doivent être asséchées au moins une fois par an pour prévenir ou minimiser les déficiences ou les toxicités dues aux oligoéléments associées à des conditions réductrices prolongées. Certains Planosols demandent plus qu'une simple application d'engrais NPK et il peut être difficile de corriger leur infertilité. Quand les températures l'autorisent, la culture du riz inondé est sans doute la meilleure spéculation.

Dans les climats avec longue saison sèche et épisodes humides rares et courts, la mise sous prairie avec irrigation paraît une bonne utilisation. Les Planosols très développés à surface limoneuse ou sableuse seront laissés à l'état naturel.

PLINTHOSOLS

Les Plinthosols sont des sols à plinthite, à pétroplinthite ou à pisolites. La plinthite est un mélange riche en Fe (quelquefois en Mn), pauvre en humus fait d'argile kaolinitique (et autres produits d'altération forte, comme la gibbsite) avec du quartz et autres constituants. Soumis à une alternance d'humectations et de dessiccations, elle se transforme généralement et de manière irréversible en une couche de concrétions dures ou de nodules ou en une cuirasse. La pétroplinthite est une croûte continue ou brisée de concrétions connectées, fortement cimentées à indurées ou de nodules, ou des concentrations organisées en réseau lamellaire, polygonal ou réticulé. Les pisolites sont des concrétions ou nodules, fortement cimentés à indurés. La pétroplinthite et les pisolites se forment à partir de la plinthite par induration. Les Plinthosols étaient traditionnellement appelés *Groundwater Laterite Soils* et *Perched Water Laterite Soils*. De nombreux Plinthosols sont rangés dans les *Plintossolos* (Brésil), les *Sols gris latéritiques* (France), les *Petroferric Kandosols* (Australie) et dans les Grands Groupes *Plinthaquox*, *Plinthaqualfs*, *Plinthoxeralfs*, *Plinthustalfs*, *Plinthaquults*, *Plinthohumults*, *Plinthudults* et *Plinthustults* (Etats-Unis).

Description succincte des Plinthosols

Connotation: sols à plinthite, pétroplinthite ou pisolites; du grec *plinthos*, brique.

Matériau parental: la plinthite est plus fréquente dans les altérites issues de roches basiques que dans celles issues de roches acides. Il est crucial que la quantité de Fe soit suffisante, qu'il vienne du matériau parental lui-même ou qu'il soit apporté d'ailleurs par les eaux d'infiltration ou par des remontées de nappe.

Environnement: la formation de plinthite est liée aux zones planes ou à faible pente avec nappe fluctuante ou eau stagnante en surface. Il est fréquent d'entendre que la plinthite est associée aux zones de forêts ombrophiles tandis que les pétroplinthites et les sols à pisolites sont plus fréquents sous forêt claire ou en savane.

Développement de profil: altération forte entraînant une migration du Fe (et du Mn) et la formation de plinthite à la profondeur atteinte par les fluctuations de la nappe phréatique ou par les eaux mal drainées de surface. C'est par l'alternance d'humectations et de dessiccations que se produit l'induration de la plinthite en pisolites ou en pétroplinthite. Ceci peut se faire dans les intervalles de récession d'une nappe dont le niveau fluctue selon les saisons ou après une élévation géologique du terrain, une érosion de surface, un abaissement du niveau de la nappe phréatique, une augmentation de la capacité de drainage et/ou un changement climatique amenant plus de sécheresse. Pour se produire, l'induration demande une quantité minimale d'oxydes de fer. La pétroplinthite peut se casser en agrégats irréguliers ou en graviers, qui après transport peuvent former un dépôt alluvial ou colluvial; elle est alors rangée dans un RSG autre que Plinthosols.

Distribution régionale des Plinthosols

La superficie estimée des Plinthosols dans le monde est de 60 millions d'ha. La plinthite

tendre est plus répandue dans les tropiques humides, notamment dans le bassin Amazonien, le centre du bassin du Congo et certaines parties de l'Asie du Sud-Est. De grandes zones à pisolites et à pétroplinthites se trouvent dans la zone soudano-sahélienne où la pétroplinthite forme des couvertures dures sur les sommets surélevés/exposés des paysages. Des sols similaires se trouvent dans les savanes de l'Afrique méridionale, la région du cerrado en Amérique du Sud, le sous-continent indien et dans les zones plus sèches de l'Asie du Sud-Est et de l'Australie du Nord.

Gestion et utilisation des Plinthosols

Les Plinthosols posent de sérieux problèmes de gestion. Les limitations sont: une fertilité naturelle basse, causée par la forte altération, l'engorgement par l'eau dans les bas-fonds et la sécheresse des Plinthosols à pétroplinthite ou à pisolites. En dehors des tropiques humides, de nombreux Plinthosols ont une pétroplinthite continue à faible profondeur limitant le volume d'enracinement et rendant les cultures arables impossibles; ces sols ne peuvent être valorisés que par le pâturage extensif. Les sols à teneur élevée en pisolites (jusqu'à 80 pourcent) sont utilisés pour les cultures vivrières et l'arboriculture (comme le cacao en Afrique de l'Ouest et le cajou en Inde), mais les plantes souffrent de sécheresse durant la saison sèche.

Diverses techniques de conservation du sol et de l'eau sont mises en oeuvre pour améliorer ces sols dans les zones urbaines et péri-urbaines d'Afrique de l'Ouest.

Les ingénieurs civils ont une vision différente de celle des agronomes sur la plinthite et la pétroplinthite. Pour eux, la plinthite est un matériau de valeur pour fabriquer des briques et la pétroplinthite massive forme une surface stable pour y construire ou peut être découpée en blocs de construction. Les graviers venant de la pétroplinthite peuvent être employés comme matériau de fondation ou de surfacage sur les routes et les pistes d'aérodromes. Dans certains cas, la pétroplinthite peut être une source intéressante de Fe, Al, Mn et/ou de Ti.

PODZOLS

Les Podzols ont un horizon illuvial avec accumulation de matière organique noire et/ou d'oxydes de Fe. Cet horizon illuvial est normalement surmonté par un horizon éluvial gris-cendré. Les Podzols sont situés dans les zones humides des régions boréales et tempérées et également dans les tropiques. Le nom *Podzol* est employé dans la plupart des classifications de sols; les appellations *Spodosols* (Chine et Etats-Unis), *Espodosolos* (Brésil) et *Podosols* (Australie) sont également employées.

Description succincte des Podzols

Connotation: sols avec horizon éluvial ayant l'apparence de la cendre et avec horizon illuvial *spodique* directement sous-jacent; du russe *pod*, en dessous, et *zola*, cendre.

Matériau parental: matériaux d'altération de roches siliceuses, incluant les moraines glaciaires et les dépôts alluviaux et éoliens de sables quartzeux. Les Podzols des régions boréales sont surtout sur roche siliceuse dure.

Environnement: principalement dans les régions tempérées et boréales de l'hémisphère nord, sur terrains plats à collinaires, sous bruyères ou conifères; dans les tropiques, sous forêt claire.

Développement de profil: les composés Al, Fe et organiques migrent de la surface vers le bas avec les eaux pluviales de percolation; ils précipitent dans un horizon *spodique* illuvial. L'horizon susjacent éluvial est blanchi et dans de nombreux Podzols est constitué de matériau *albique*. Cet horizon éluvial est généralement surmonté par un horizon minéral mince à teneur plus élevée en matière organique. Lui-même est recouvert d'une couche organique, du moins dans les régions boréales et tempérées.

Distribution régionale des Podzols

Dans le monde, les Podzols couvrent une superficie estimée à 485 millions d'ha, répartis principalement dans les régions tempérées et boréales de l'hémisphère nord. Ils sont abondants en Scandinavie, dans le nord-ouest de la Fédération de Russie et au Canada. Les Podzols sont également présents dans les climats humides tempérés et dans les tropiques humides.

Les Podzols tropicaux couvrent moins de 10 millions d'ha, principalement dans des altérites résiduelles de grès en zones perhumides, ainsi que sur sables quartzeux alluviaux, comme en zones côtières rehaussées. La distribution exacte des Podzols tropicaux n'est pas connue; ils sont fréquents le long du Rio Negro, en Guyane française, au Guyana et au Suriname en Amérique du Sud, dans le Sud-Est asiatique (Kalimantan, Sumatra), en Papouasie-Nouvelle-Guinée et en Australie du Nord et de l'Est. Ils semblent moins fréquents en Afrique.

Gestion et utilisation des Podzols

Les Podzols des hautes latitudes subissent des conditions climatiques défavorables pour la plupart des cultures. Dans les régions tempérées, ils sont plus souvent réhabilités pour un usage agricole. Leur faible teneur en nutriments, leur faible capacité de rétention en eau et leur pH bas rend les Podzols peu favorables aux productions végétales. De plus, la toxicité Al et la déficience en P sont courantes. Un labour profond (pour augmenter la capacité de stockage en eau et/ou pour éliminer un horizon illuvial dense ou un alios), le chaulage et la fertilisation sont les principales mesures à prendre pour améliorer ces Podzols. Les éléments traces peuvent migrer avec le complexe métal-humus. Dans la région du Western Cape en Afrique du Sud, des vergers à enracinement profond et des vignobles souffrent moins de déficiences en éléments traces que les cultures de légumes à enracinement superficiel.

La plupart des Podzols se trouvent sous forêt ou sous buissons (bruyère). Les Podzols tropicaux sont généralement sous forêt claire, qui se rétablit difficilement après coupe ou brûlis. D'habitude, les utilisations les mieux adaptées aux Podzols sont le pâturage extensif ou la végétation naturelle.

REGOSOLS

Les Regosols sont des sols minéraux peu développés dans des matériaux non consolidés et qui n'ont pas d'horizons *mollique* ou *umbrique*, ne sont pas très minces ou très riches en fragments grossiers (*Leptosols*), ne sont pas sableux (*Arenosols*) et n'ont pas de matériaux *fluviqes* (*Fluvisols*). Les Regosols sont fréquents dans les zones soumises à érosion et à accumulation, surtout dans les régions arides et semi-arides ainsi que dans les terrains montagneux. De nombreux Regosols sont rangés dans des taxons qui indiquent une pédogenèse naissante, comme les *Entisols* (États-Unis), les *Rudosols* (Australie), les *Regosole* (Allemagne), les *Sols peu évolués régosoliques d'érosion* ou

même les *Sols minéraux bruts d'apport éolien ou volcanique* (France), les *Pelozems* (Russie) et les *Neossolos* (Brésil).

Description succincte des Regosols

Connotation: sols peu développés dans du matériau non consolidé; du grec *rhegos*, couverture.

Matériau parental: matériau non consolidé, généralement de texture fine.

Environnement: toutes zones climatiques sans pergel et à toutes altitudes. Les Regosols sont particulièrement fréquents dans les zones arides (y compris les tropiques secs) et dans les régions montagneuses.

Développement de profil: pas d'horizon diagnostique. Développement de profil minimal à cause du jeune âge et/ou d'une pédogenèse lente, due par exemple à l'aridité.

Distribution régionale des Regosols

Les Regosols couvrent environ 260 millions d'ha dans le monde, surtout dans les régions arides du Midwest américain, en Afrique du Nord, au Proche Orient et en Australie. Quelque 50 millions d'ha de Regosols se trouvent dans les tropiques secs et 36 autres millions dans les régions montagneuses. L'étendue de la plupart des régions à Regosols est limitée; c'est pourquoi dans les cartes à petite échelle, les Regosols sont souvent notés comme inclusions dans d'autres unités cartographiques.

Gestion et utilisation des Regosols

Les Regosols des déserts n'ont quasiment pas d'importance agricole. Les Regosols sous pluviométrie de 500 à 1 000 mm/an doivent être irrigués pour atteindre une production végétale satisfaisante. Leur faible capacité de rétention en eau demande des tours d'eau fréquents; l'irrigation par aspersion ou goutte à goutte résout le problème, mais est rarement rentable. Quand les pluies dépassent 750 mm/an, l'entièreté du profil est amenée à la capacité de rétention en eau tôt dans la saison des pluies; l'amélioration des techniques culturales peut dès lors se révéler un meilleur investissement que de coûteux systèmes d'irrigation.

De nombreux Regosols sont utilisés en pâturage extensif. Dans les loess d'Europe et d'Amérique du Nord, la plupart des Regosols sur dépôts colluviaux sont cultivés en céréales, betterave à sucre et arbres fruitiers. En montagne, les Regosols sont délicats; ils seront laissés à la forêt.

RETISOLS

Les Retisols ont un horizon d'illuviation argileuse avec digitations de matériau de sol plus grossier et blanchi dans l'horizon illuvial, formant ainsi un motif semblable à un filet. Le matériau digité plus grossier et blanchi est caractérisé par une élimination partielle de l'argile et des oxydes de fer libres. Ce matériau peut aussi tomber de l'horizon susjacent dans des fissures de l'horizon illuvial. De nombreux Retisols correspondent aux *Podzoluvisols* de la Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981). Dans d'autres classifications, ils sont rangés dans les sols *Soddy-podzolic* ou

Sodzolic (Russie), les *Fahlerden* (Allemagne) et les *Glossaqualfs*, les *Glossocryalfs* et les *Glossudalfs* (Etats-Unis). Les *Albeluvisols* des éditions précédentes de la WRB sont inclus dans le concept des Retisols.

Description succincte des Retisols

Connotation: du latin *rete*, filet.

Matériau parental: principalement sur moraines glaciaires, sur matériaux d'origine lacustre ou fluviale ou sur dépôts éoliens (loess).

Environnement: terrains plats ou vallonnés sous forêt de conifères (incluant la taïga boréale) ou forêt mixte. Climat tempéré à boréal à hivers froids, étés courts et frais et une pluviométrie annuelle allant de 500 à 1 000 mm. Précipitations réparties également sur toute l'année ou avec un pic estival dans les régions plus continentales.

Développement de profil: horizon de surface mince et sombre recouvrant une couche de matériau *albique* plus grossier avec interdigitations pénétrant comme un filet dans un horizon *argique* ou *natrique* sous-jacent. Dans certains Retisols, le matériau *albique* forme des langues (*glosses albeluviques*) à l'intérieur de l'horizon *argique*. Des *conditions réductrices* temporaires avec propriétés *stagniques* sont courantes dans les Retisols boréaux. De nombreux horizons *argiques* des Retisols sont aussi des horizons *fragiques*.

Distribution régionale des Retisols

Les Retisols couvrent une superficie estimée à 320 millions d'ha répartis en Europe, en Asie du nord et centrale, et des présences moindres en Amérique du Nord. Les Retisols sont concentrés dans deux régions ayant chacune un climat particulier:

- » les régions continentales ayant été sous permagel durant le Pléistocène en Europe du nord-est, en Asie du nord-ouest et dans le sud canadien, qui sont de loin les plus importantes;
- » les régions à loess et sables de couverture ainsi que les vieilles zones alluviales des régions tempérées humides, de France, du centre de la Belgique, du sud-est des Pays Bas et de l'ouest de l'Allemagne.

Gestion et utilisation des Retisols

Les aptitudes agricoles des Retisols sont limitées par leur acidité, leurs faibles teneurs en nutriments, les problèmes liés au labour et au drainage et, pour nombre d'entre eux, à cause du climat frais, à courte saison de croissance et à hivers longs avec leurs gels sévères. Les Retisols du nord de la taïga sont presque exclusivement sous forêt; de petites surfaces sont employées comme pâturage ou comme terre à fourrages. Dans le sud de la taïga, les zones dédiées à l'agriculture représentent moins de 10 pourcent des zones non boisées. L'élevage est la principale spéculation agricole sur Retisols (production laitière et viandeuse); les cultures (céréales, pomme de terre, betterave à sucre et maïs fourrager) sont marginales.

En Fédération de Russie, la proportion des cultures augmente vers le sud et l'ouest, en particulier sur les Retisols ayant des saturations en bases plus élevées dans le sous-sol. Avec un labour soigneux, un chaulage et l'application d'engrais, les Retisols peuvent donner à l'hectare 25-30 tonnes de pommes de terre, 2-5 tonnes de blé d'hiver ou 5-10 tonnes de foin.

SOLONCHAKS

Les Solonchaks ont de hautes concentrations en sels solubles à certaines périodes de l'année. Les Solonchaks sont essentiellement confinés aux zones arides et semi-arides et aux zones côtières sous tous les climats. Dans les classifications internationales, ils sont appelés *Saline soils* et *Salt-affected soils*. Dans les classifications nationales, de nombreux Solonchaks sont rangés dans les *Halomorphic soils* (Russie), *Halosols* (Chine) et *Salids* (Etats-Unis).

Description succincte des Solonchaks

Connotation: sols salins; du russe *sol*, sel.

Matériau parental: quasi tout matériau non consolidé, contenant souvent des sels.

Environnement: régions arides et semi-arides, notamment dans les zones où des remontées d'eau de nappe atteignent la partie supérieure du sol, ou dans des zones sous graminées et/ou plantes halophytes avec présence d'eau en surface, et dans des zones à irrigation mal conduite. Les Solonchaks littoraux se trouvent sous tout climat.

Développement de profil: peu à fortement altérés, les Solonchaks ont souvent des propriétés *gleyiques* à une certaine profondeur. Dans les zones basses à nappe haut perchée, l'accumulation de sel se fera surtout en surface (*Solonchaks externes*). Les Solonchaks dont la nappe remontante n'atteint pas la surface présentent les accumulations de sel les plus importantes à une certaine profondeur sous la surface (*Solonchaks internes*).

Distribution régionale des Solonchaks

Dans le monde, la superficie totale couverte par les Solonchaks est estimée à quelque 260 millions d'ha. C'est dans l'hémisphère nord qu'ils sont le plus répandus, notamment dans les parties arides et semi-arides de l'Afrique septentrionale, au Proche Orient, dans l'ancienne Union Soviétique et en Asie centrale; ils sont également répandus en Australie et dans les Amériques.

Gestion et utilisation des Solonchaks

Les accumulations excessives de sel affectent la croissance des plantes de deux façons:

- » les sels aggravent le stress hydrique car les électrolytes dissous créent un potentiel osmotique qui réduit l'absorption d'eau par les plantes. Avant que de l'eau puisse être absorbée du sol, les plantes doivent compenser la combinaison des forces du potentiel matriciel du sol, (c-à-d. la force avec laquelle la matrice du sol retient l'eau) et le potentiel osmotique. La règle de base dit que le potentiel osmotique de la solution du sol (en hectopascals) s'élève à quelque $650 \times EC$ (dS/m). Le potentiel total pouvant être supporté par les plantes (connu comme potentiel hydrique foliaire critique) varie fortement d'une espèce végétale à l'autre. Les espèces végétales originaires des tropiques humides ont comparativement un potentiel hydrique foliaire critique bas. Ainsi les poivrons peuvent équilibrer un potentiel total d'eau du sol (matrice plus forces osmotiques) d'environ 3 500 hPa, tandis que le coton – une plante qui pousse en climats arides et semi-arides – survit à 25 000 hPa.
- » Les sels perturbent l'équilibre ionique dans la solution du sol car les nutriments deviennent proportionnellement moins disponibles. Des effets antagonistes

peuvent se créer, notamment entre Na et K, Na et Ca et Mg et K. A plus haute concentration, les sels peuvent devenir toxiques pour les végétaux. Les ions Na et chlorures (qui perturbent le métabolisme de l'azote) sont à cet égard très dommageables.

Sur Solonchaks, les agriculteurs adaptent leurs techniques culturales. Ainsi, en irrigation à la raie, les végétaux ne sont pas plantés sur les sommets des billons, mais à mi-hauteur. Ceci permet aux racines de profiter de l'eau d'irrigation, tandis que les sels s'accumulent plus fortement au sommet du billon, loin du système racinaire. Les sols fortement affectés par la salinité n'ont guère de vocation agricole. Ils sont restreints au pâturage extensif des chèvres, moutons, camélidés et bovins ou sont laissés au repos. De bons rendements ne pourront être atteints qu'après que les sels en auront été lessivés (et donc que ce ne seront plus des Solonchaks). L'irrigation ne doit pas seulement viser à satisfaire les besoins en eau des cultures, mais de l'eau en excès doit être appliquée pour maintenir un flux hydrique descendant qui entraîne les sels en excès hors de la rhizosphère. L'irrigation des cultures en zones arides et semi-arides doit être accompagnée d'un drainage dont le système doit être conçu de manière à maintenir la nappe phréatique en dessous de la profondeur critique. L'emploi de gypse aide à maintenir la conductivité électrique alors que les sels sont emportés avec l'eau d'irrigation.

SOLONETZ

Les Solonetz ont un horizon subsuperficiel argileux, dense, fortement structuré ayant une proportion élevée d'ions Na et dans certains cas Mg adsorbés. Les Solonetz qui contiennent de la soude libre (Na_2CO_3) sont très alcalins (pH terrain > 8,5). Leurs noms internationaux courants sont *Alkali soils* et *Sodic soils*. Dans les classifications nationales, de nombreux Solonetz correspondent aux *Sodosols* (Australie), au *Solonetzic Order* (Canada) et aux *Solonetz* (Russie). Aux Etats-Unis, ils sont rangés dans les Grands Groupes *Natric* de plusieurs Ordres.

Description succincte des Solonetz

Connotation: sols à haute teneur en Na et dans certains cas Mg échangeables; du russe *sol*, sel.

Matériau parental: matériaux non consolidés, essentiellement sédiments de texture fine.

Environnement: les Solonetz sont normalement associés aux terrains plats sous climat à étés chauds et secs ou avec (anciens) dépôts marins contenant une proportion élevée en ions Na. Les plus grandes concentrations de Solonetz se trouvent sous prairies plates ou en faible pente avec du loam ou de l'argile (souvent issus de loess) des régions tempérées et subtropicales semi-arides.

Développement de profil: couche de surface appauvrie en argile surmontant un horizon *natrique* enrichi en argile ayant une structure principalement colonnaire ou prismatique. Dans les Solonetz bien développés, la partie inférieure de l'horizon éluvié peut être constituée de matériau *albique*. Un horizon *calciq*ue ou *gypsiq*ue peut être présent sous l'horizon *natrique*. De nombreux Solonetz ont un pH terrain d'environ 8,5 indicatif de la présence de carbonates de sodium libres.

Distribution régionale des Solonetz

Les Solonetz sont présents dans des régions à climats tempérés continentaux semi-arides (étés secs et précipitations annuelles ne dépassant pas 400-500 mm), en particulier dans les terrains plats à drainage latéral et vertical entravé. Ils sont également présents dans les régions tropicales et subtropicales. De plus petites venues se trouvent sur matériaux parentaux salins (comme sur argiles marines ou dépôts alluviaux salés). Dans le monde, les Solonetz couvrent quelque 135 millions d'ha. Les plus grandes zones à Solonetz sont en Ukraine, Fédération de Russie, Kazakhstan, Hongrie, Bulgarie, Roumanie, Chine, Etats-Unis, Canada, Afrique du Sud, Argentine et Australie.

Gestion et utilisation des Solonetz

L'aptitude des Solonetz naturels à un usage agricole sera dictée presque uniquement par la profondeur et par les propriétés de la couche de surface. Une zone humifère riche et profonde (> 25 cm) sera indispensable pour toute production culturale rentable. Mais la plupart des Solonetz ont un horizon de surface plus mince et certains peuvent même l'avoir entièrement perdu.

L'amélioration des Solonetz est basée sur deux points:

- » L'amélioration de la porosité en surface et en profondeur;
- » L'abaissement de l'ESP.

La plupart des essais d'amélioration commencent par des applications de gypse ou exceptionnellement de chlorure de calcium dans le sol. Là où le calcaire ou le gypse sont présents à faible profondeur dans le profil, un labour profond (permettant de mélanger le carbonate ou le gypse du sous-sol avec les couches de surface) rendra superflus les amendements dispendieux. Les stratégies traditionnelles commencent avec la mise en culture de plantes tolérantes au Na comme le *Chloris gayana* (herbe de Rhodes) qui améliorera peu à peu la porosité du sol. Une fois un système de pores mis en place, les ions Na sont soigneusement lessivés du sol avec de l'eau de *bonne qualité* (riche en Ca); l'eau assez pure sera évitée car elle exacerbera le problème de dispersion.

Une méthode extrême de réhabilitation (développée en Arménie et appliquée avec succès aux Solonetz à horizon *calcique* ou *pétrocalcique* de la vallée de l'Arax) est l'emploi d'acide sulfurique (co-produit de la métallurgie) pour dissoudre le CaCO_3 du sol. La réaction fournit des ions Ca à la solution du sol, ce qui déplace le Na échangeable. Cette pratique améliore la structure et la perméabilité du sol. Le sulfate de sodium ainsi produit se retrouve dans la solution du sol avec laquelle il est lessivé hors du sol. En Inde, de la pyrite a été appliquée aux Solonetz pour produire de l'acide sulfurique; cela a permis d'abaisser l'alcalinité extrême et de surmonter les déficiences en Fe. Une fois améliorés, les Solonetz sont capables de donner de bons rendements en grain et en fourrage. La majorité des Solonetz dans le monde n'ont jamais été réhabilités et sont consacrés à l'élevage extensif ou sont laissés tels quels.

STAGNOSOLS

Les Stagnosols sont des sols avec nappe perchée. Ils présentent périodiquement des *conditions réductrices* donnant des propriétés *stagniques*. Les Stagnosols ont une couche tachetée (avec les oxydes principalement à l'intérieur des agrégats) avec ou sans matériau *albique* la surmontant. Les processus redox peuvent être causés par des

liquides autres que de l'eau (comme de l'essence). Un nom courant pour les Stagnosols dans les classifications nationales est *Pseudogley*. Aux Etats-Unis, de nombreux Stagnosols sont rangés dans les Sous-ordres *Aquic* et les Grands Groupes de divers Ordres (*Aqualfs*, *Aquults*, *Aquents*, *Aquepts* et *Aquolls*).

Description succincte des Stagnosols

Connotation: du latin *stagnare*, inonder.

Matériau parental: grande variété de matériaux non consolidés incluant moraines glaciaires et dépôts alluviaux, colluviaux et éoliens loameux et également siltite physiquement altérée.

Environnement: plus fréquents sur terrain plat à faiblement pentu des régions tempérées fraîches à subtropicales à climat humide à perhumide.

Développement de profil: nombreuses taches dues aux processus redox causés par l'eau stagnante; le matériau de surface peut aussi être complètement blanchi (matériau *albique*).

Distribution régionale des Stagnosols

Les Stagnosols couvrent 150-200 millions d'ha dans le monde, la plupart d'entre eux dans les régions tempérées humides à perhumides de l'Europe occidentale et centrale, d'Amérique du Nord, du sud-est de l'Australie et de l'Argentine; ils y sont associés à des Luvisols de même qu'à des Cambisols et Umbrisols limoneux à argileux. Ils se trouvent également dans les régions subtropicales humides à perhumides, associés aux Acrisols et aux Planosols.

Gestion et utilisation des Stagnosols

L'aptitude agricole des Stagnosols est limitée par leur déficit en oxygène résultant d'une eau stagnant au dessus d'un sous-sol dense. En saison humide, ces sols sont trop humides alors qu'ils peuvent devenir trop secs pour les cultures en saison sèche. Mais, au contraire des Gleysols, les systèmes de drainage par fossés ou par tuyaux sont souvent insuffisants car le sous-sol dense rend la conductivité hydraulique faible. Il est possible d'améliorer la porosité par ameublissement ou labour profonds. Les nutriments n'étant que peu lessivés, les Stagnosols drainés peuvent devenir des sols fertiles.

TECHNOSOLS

Les Technosols regroupent des sols dont les propriétés et la pédogenèse sont dominées par leur origine technique. Ils contiennent une quantité importante d'*artéfacts* (un objet clairement fabriqué ou fortement altéré par l'homme ou extrait de plus grandes profondeurs) ou sont colmatés par un matériau *technique dur* (matériau dur créé par l'homme et ayant des propriétés différentes d'une roche naturelle) ou contiennent une géomembrane. Ils comprennent des sols sur déchets (décharges, boues, cendres, terrils et poussières), des chaussées avec leurs matériaux sous-jacents non consolidés, des sols avec géomembranes et des sols construits. Les Technosols sont souvent appelés *Urban* ou *Mine soils*. Dans la classification russe, ils sont rangés dans les *Technogenic superficial formations* et dans les *Anthroposols* de la classification australienne.

Description succincte des Technosols

Connotation: sols dominés ou fortement influencés par du matériau fabriqué par l'homme; du grec *technikos*, fabriqué avec savoir-faire.

Matériau parental: tous types de matériaux fabriqués ou mis en surface par l'activité humaine qui autrement ne se trouveraient pas à la surface de la terre; dans ces sols, la pédogenèse est fortement influencée par les matériaux et par leur organisation.

Environnement: principalement en zones urbaines et industrielles.

Développement de profil: généralement faible, quoique dans de vieilles décharges (décombres romains, p.ex.) une certaine pédogenèse ait été observée, comme la formation d'un horizon *cambique*. Avec le temps, le lignite et les cendres volantes peuvent développer des propriétés *vitriques* et *andiques*. Dans des sols naturels contaminés, le développement de profil original peut encore être présent.

Distribution régionale des Technosols

Les Technosols se trouvent partout dans le monde où une activité humaine a construit un sol artificiel, a colmaté un sol naturel ou a extrait du matériau qui n'est normalement pas modifié par les processus de surface. C'est comme cela que les villes, routes, mines, décharges, marées noires, dépôts de cendres volantes et matériaux apparentés sont inclus dans les Technosols.

Gestion et utilisation des Technosols

Les Technosols sont fortement dépendants de la nature du matériau ou de l'activité humaine qui l'y a placé. Ils sont plus susceptibles que les sols des autres RSGs de contenir des substances toxiques et doivent être traités avec précaution.

De nombreux Technosols, en particulier ceux dans les décharges, sont couramment recouverts d'une couche de matériau de sol naturel pour permettre à la végétation de se réinstaller. Ce sol reste un Technosol tant qu'est satisfaite l'exigence d'avoir ≥ 20 % (en volume, moyenne pondérée) d'*artéfacts* dans les 100 cm supérieurs du sol ou jusqu'à une *roche continue* ou un matériau *technique dur* ou une couche cimentée ou indurée si cette couche est plus mince.

UMBRISOLS

Les Umbrisols présentent une accumulation importante de matière organique dans le sol minéral de surface et un faible taux de saturation en bases quelque part dans le premier mètre (dans la plupart des cas, dans le sol minéral de surface). Les Umbrisols sont la contrepartie logique des sols à horizon *chernique* ou *mollique* à taux de saturation en bases élevé (Chernozems, Kastanozems et Phaeozems). Dans les autres classifications, nombre de ces sols sont classés comme Grands Groupes des *Entisols* et *Inceptisols* (Etats-Unis), *Sombric Brunisols* et *Humic Regosols* (France), *Mountain-meadow soils* (ancienne URSS) et *Musky-dark-humus soils* (Russie), *Brown podzolic soils* (Indonésie notamment) et *Umbrisols* (Roumanie). Dans la Carte des Sols du Monde (FAO-UNESCO, 1971-1981), la plupart étaient rangés dans les *Humic Cambisols* et les *Umbric Regosols*.

Description succincte des Umbrisols

Connotation: sols à surface sombre; du latin *umbra*, ombre.

Matériau parental: altérites de roches siliceuses ou roches basiques fortement lessivées.

Environnement: climats humides; communs en zones montagneuses avec déficit hydrique nul ou faible, en régions essentiellement fraîches à tempérées, mais aussi dans les montagnes tropicales et subtropicales.

Développement de profil: horizon de surface *umbrique* (et parfois *mollique*) brun foncé, reposant dans certains cas sur un horizon subsuperficiel *cambique* à faible taux de saturation en bases.

Distribution régionale des Umbrisols

Les Umbrisols sont présents dans les régions tempérées humides surtout montagneuses et avec déficit hydrique nul ou faible. Ils couvrent quelque 100 millions d'ha dans le monde. En Amérique du Sud, les Umbrisols sont fréquents dans les Andes de Colombie, de l'Equateur et, dans une moindre mesure, au Venezuela, en Bolivie et au Pérou. Ils sont aussi présents au Brésil, notamment dans le Serra do Mar. Les Umbrisols d'Amérique du Nord sont confinés essentiellement sur la côte Pacifique Nord. En Europe, les Umbrisols sont présents sur la façade atlantique du Nord-Ouest, comme en Islande, dans les îles britanniques et au Nord-Ouest de la péninsule ibérique et dans le Grand Caucase. En Asie ils se répartissent sur les marges himalayennes, notamment en Inde, au Népal, en Chine et au Myanmar. Les Umbrisols peuvent se trouver à des altitudes plus basses à Manipur (Inde orientale), dans les Chin Hills (Myanmar occidentale) et à Sumatra (Barisan range). En Océanie, les Umbrisols sont situés sur les montagnes de Papouasie-Nouvelle-Guinée et d'Australie du Sud-Est ainsi que dans l'est de l'île du Sud de la Nouvelle Zélande. Ils sont également répertoriés dans les régions montagneuses d'Afrique comme au Lesotho et en Afrique du Sud (Drakensberg).

Gestion et utilisation des Umbrisols

De nombreux Umbrisols sont sous végétation naturelle ou quasi naturelle. Les Umbrisols localisés au-dessus de la limite des arbres dans les Andes, l'Himalaya et en Asie centrale, ou à des altitudes moindres en Europe septentrionale et centrale (où les anciennes forêts ont été largement coupées) sont couverts d'une végétation herbacée de peu d'intérêt nutritionnel. Les conifères dominent au Brésil (*Araucaria* spp.) et aux Etats-Unis (surtout *Thuja*, *Tsuga* et *Pseudotsuga* spp.). Les Umbrisols des montagnes tropicales en Asie du sud et en Océanie sont sous forêt sempervirente de montagne. Dans les monts du Mexique méridional, la végétation va des forêts semi-décidues aux forêts de montagnes d'altitude beaucoup plus fraîches.

Le fait que de nombreux Umbrisols sont sur terrains en pente et sous conditions humides et fraîches restreint leur utilisation au pâturage extensif. Les aménagements se concentrent sur l'amélioration des herbages et la correction du pH par chaulage. Certains Umbrisols sont sensibles à l'érosion. Sur les pentes plus faibles, les plantations de cultures pérennes et l'aménagement de banquettes ou de terrasses suivant les courbes de niveau offrent des possibilités d'agriculture permanente. Là où les conditions sont favorables, des cultures de rente peuvent être implantées, comme des céréales et des tubercules aux Etats-Unis, en Europe et en Amérique du Sud, ou le thé et la quinquina en Asie du Sud-Est (Indonésie). La culture du café sur Umbrisols des hauts plateaux exige beaucoup d'intrants pour satisfaire ses besoins

élevés en nutriments. En Nouvelle Zélande, les Umbrisols ont été transformés en sols très productifs, employés pour l'élevage intensif ovin et laitier et pour les cultures de rente.

VERTISOLS

Les Vertisols sont des sols très argileux riches en argiles gonflantes. Quand ils sont secs, ces sols s'ouvrent en larges fissures à partir de la surface et ceci survient la plupart des années. Le nom Vertisol (du latin *vertere*, tourner) fait référence au mélange tournant interne (malaxage) du matériau du sol. Localement, les Vertisols sont appelés *Black cotton soils* et *Regur* (Inde), *Black turf soils* (Afrique du Sud) ou *Margalites* (Indonésie). Dans les classifications nationales, ils portent les noms de *Slitozems* ou *Dark vertic soils* (Russie), *Vertosols* (Australie), *Vertissolos* (Brésil) et *Vertisols* (Etats-Unis).

Description succincte des Vertisols

Connotation: sols tournants très argileux; du latin *vertere*, tourner.

Matériau parental: sédiments riches en argiles gonflantes ou argiles gonflantes néoformées après altération de roches.

Environnement: zones dépressionnaires, planes à vallonnées, principalement sous climats semi-arides, subhumides à humides tropicaux et subtropicaux avec alternance de saisons humide et sèche distinctes. Végétation climacique de savane, d'herbages naturels et/ou de forêts.

Développement de profil: le gonflement et le retrait alternés des argiles gonflantes produit de profondes fissures en saison sèche ainsi que des faces de glissement et des agrégats cunéiformes en profondeur. Ce comportement de gonflement-retrait peut aussi créer un microrelief gilgai en particulier dans les climats plus secs.

Distribution régionale des Vertisols

Les Vertisols couvrent 335 millions d'ha dans le monde. La plupart des Vertisols se rencontrent dans les tropiques semi-arides avec pluviométrie de 500-1 000 mm, mais d'autres existent aussi dans les tropiques humides, comme à Trinidad (où la pluviométrie atteint 3 000 mm). Les plus grandes zones à Vertisols se situent en Australie, en Inde et au Soudan du Sud. Ils sont également répandus en Ethiopie, en Chine, dans le Sud des Etats-Unis (Texas), en Uruguay, au Paraguay, et Argentine et en Afrique du Sud. Les Vertisols sont souvent associés à des sédiments riches en argiles smectitiques ou qui en produisent par altération post-sédimentation (comme au Soudan du Sud et en Ethiopie); ils sont également fréquents sur plateaux basaltiques (comme en Inde et en Ethiopie). Les Vertisols sont souvent situés dans les bas des paysages, comme dans les fonds de lacs asséchés, les bassins fluviaux, les basses terrasses fluviales et autres terrains bas périodiquement humides à l'état naturel. De petites zones à Vertisols se trouvent dans le Sud de la Russie européenne et en Hongrie.

Gestion et utilisation des Vertisols

De grandes surfaces des tropiques semi-arides couvertes de Vertisols demeurent

inutilisées ou ne le sont que pour le pâturage extensif, la récolte de bois, la production de charbon de bois et activités similaires. Ces sols ont pourtant un potentiel agricole certain, mais leur utilisation pour une production durable demande une gestion adaptée. Les atouts des Vertisols sont leur bonne fertilité chimique et leur situation sur de grandes zones plates où la réhabilitation et la culture mécanisée peuvent être pratiquées. Leurs caractéristiques physiques, et notamment les problèmes hydriques qu'ils subissent, rendent leur gestion compliquée. Il est risqué de construire des bâtiments et autres structures sur Vertisols et à cet effet, les ingénieurs doivent prendre des précautions pour éviter tout dommage.

La gamme d'utilisations agricoles des Vertisols va du très extensif (pâturage, récolte de bois de chauffe et charbon de bois), aux petites exploitations culturales d'après saison des pluies (millet, sorgho, coton et pois chiche), à l'agriculture irriguée à petite échelle (riz) et à grande échelle (coton, blé, orge, sorgho, pois chiche, lin, noug [*Guizotia abyssinica*] et canne à sucre). Le coton a la réputation de donner de bons rendements sur Vertisols, apparemment parce qu'il a un système racinaire vertical que la fissuration du sol n'endommage guère. L'arboriculture est moins bien adaptée car les racines des arbres trouvent difficilement à se fixer dans le sous-sol et subissent des dommages lorsque le sol gonfle et se rétracte. Les façons culturales viseront d'abord au contrôle hydrique en combinaison avec la conservation ou l'amélioration de la fertilité du sol.

Les propriétés physiques et le régime hydrique des Vertisols sont de sérieuses contraintes d'aménagement. La texture lourde du sol et l'importance des argiles gonflantes font que la marge entre l'excès et le déficit en eau du sol est étroite. Le labour est gêné par l'adhésivité du sol quand il est mouillé et par sa dureté quand il est sec. La tendance des Vertisols à l'engorgement est peut-être le facteur le plus important limitant la période de croissance effective. Sur les Vertisols à faible taux d'infiltration, l'eau en excès de la saison humide doit être stockée pour utilisation après la saison des pluies (récolte d'eau).

Le phénomène d'auto-foisonnement (self-mulching) de nombreux Vertisols est une compensation aux caractéristiques de gonflement-retrait. Avec leur séchage progressif, les gros agrégats créés par le premier labour se cassent en fins agrégats, permettant avec un minimum d'effort la création d'un lit de semences acceptable. Pour la même raison, l'érosion en ravins des Vertisols surpâturés est rarement grave car les parois des ravins prennent rapidement un angle de repos large, ce qui permet aux herbages de se reconstituer plus facilement.

Annexe 2

Abrégé des méthodes d'analyses pour la caractérisation des sols

Cette annexe donne un condensé des méthodes d'analyses recommandées pour la caractérisation des sols dans la Base de référence mondiale pour les ressources en sols. Les manuels *Procedures for soil analysis* (Van Reeuwijk, 2002) et *Soil Survey Laboratory Methods Manual* de l'USDA (Burt, 2004) en donnent la description complète.

1. PREPARATION DES ECHANTILLONS

Les échantillons sont séchés à l'air ou à l'étuve à 40 °C maximum. La fraction terre fine est obtenue par tamisage de l'échantillon séché au tamis de 2 mm. Les mottes du refus sont pilées (pas broyées) et sont tamisées à nouveau. Les graviers, fragments de roches, etc. ne passant pas dans les mailles sont traités séparément.

Des cas particuliers se présentent lorsque le séchage à l'air provoque des modifications irréversibles de certaines propriétés du sol (comme dans les tourbes ou dans les sols à propriétés *andiques*); les échantillons sont alors conservés et traités à l'humidité d'échantillonnage.

2. TENEUR EN EAU

Le calcul des résultats des analyses se fait sur base du poids de sol séché à l'étuve (105 °C).

3. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

La fraction minérale du sol est divisée en fractions de tailles différentes et la proportion entre ces fractions est déterminée. La détermination comprend tout le matériau, et notamment les graviers et autres matériaux grossiers, mais la procédure elle-même ne s'applique qu'à la terre fine (< 2 mm).

Le prétraitement de l'échantillon vise à une dispersion complète des particules primaires. C'est pourquoi les matériaux de cimentation (généralement d'origine secondaire) comme la matière organique et le carbonate de calcium doivent pouvoir être détruits. Dans certains cas, une déferrification doit aussi être appliquée. Mais il peut être totalement inapproprié de détruire les matériaux de cimentation, cela dépend du but de l'étude. Les prétraitements sont donc optionnels. Cependant les analyses de routine de caractérisation des sols impliquent la destruction de la matière organique par H₂O₂ et des carbonates par HCl. Après ces prétraitements, l'échantillon est agité en présence d'un agent dispersant et le sable est séparé de l'argile et du limon par tamisage à 63 µm. Les fractions des sables sont obtenues par tamisage à sec; les fractions argile et limon sont déterminées par la méthode de la pipette ou de l'hydromètre.

4. ARGILE DISPERSABLE A L'EAU

Ceci correspond à la teneur en argile lorsque l'échantillon est dispersé à l'eau sans aucun prétraitement de destruction des agents de cimentation et sans ajout d'agent dispersant. La proportion d'argile naturelle rapportée à l'argile totale peut servir d'indicateur de la stabilité structurale.

5. RETENTION EN EAU DU SOL

La teneur en eau est mesurée sur échantillons de sol qui sont mis en équilibre avec de l'eau à différentes valeurs de succion (tension). Pour les valeurs de succion basses, des carottes de sol non perturbé sont mises en équilibre dans un bain de limon et kaolin; pour les valeurs de succion élevées, des échantillons perturbés sont mis en équilibre dans un extracteur à plaques de pression. La densité apparente est calculée à partir du poids de la carotte de sol non perturbé.

6. DENSITE APPARENTE

La densité apparente du sol est le poids par unité de volume de sol. Comme la densité apparente change avec la teneur en eau, le statut hydrique de l'échantillon doit être spécifié.

Deux procédures différentes peuvent être employées:

- » *Carotte de sol non perturbé*: un cylindre de métal d'un volume connu est enfoncé dans la paroi du sol. L'échantillon humide est pesé. Ceci peut être effectué à l'état d'humidité au champ ou à un état d'humidité après avoir équilibré l'échantillon à une tension hydrique spécifique. L'échantillon est ensuite séché à l'étuve et pesé à nouveau. La densité apparente est le rapport entre le poids à sec et le volume à la teneur en eau déterminée et/ou à la tension hydrique spécifique.
- » *Mottes enrobées*: les mottes échantillonnées sur le terrain sont enrobées avec une laque plastique (comme du Saran dissous dans du méthyl éthyl cétone) afin de permettre la mesure de leur poids sous eau, ce qui donne leur volume. Le poids de l'échantillon humide est déterminé (humidité au champ ou après équilibrage à une tension hydrique donnée). L'échantillon est alors séché à l'étuve et pesé à nouveau. La densité apparente est le rapport entre le poids sec et le volume à une tension hydrique donnée.

Note: la détermination de la densité apparente est souvent entachée d'erreurs, causées en particulier par des échantillons non représentatifs (présence de pierres, fissures, racines, etc.). Les déterminations doivent donc toujours être faites en trois répétitions.

7. COEFFICIENT D'EXTENSIBILITE LINEAIRE (COLE)

Le COLE donne une indication de la capacité de gonflement-retrait réversible d'un sol. Il est calculé à partir de la densité apparente (sec) et de la densité apparente sous tension hydrique de 33 kPa. La valeur du COLE est exprimée en centimètres par centimètre ou en pourcentage.

8. pH

Le pH du sol est mesuré par potentiométrie dans la suspension surnageante d'un mélange sol:liquide. Si non spécifié, le rapport sol:liquide est de 1:5 (volume:volume) (selon standards ISO). Le liquide est soit de l'eau distillée (pH_{eau}) ou une solution de KCl 1 M (pH_{KCl}). Attention, dans certaines définitions, un rapport sol:eau de 1:1 est préconisé.

9. CARBONE ORGANIQUE

La procédure appliquée est celle de Walkley-Black. Elle implique une combustion humide de la matière organique avec un mélange bichromate de potassium – acide sulfurique à environ 125 °C. Le bichromate résiduel est titré en retour avec du sulfate de fer. Pour compenser une destruction incomplète, un facteur correctif empirique de 1,3 est appliqué dans le calcul des résultats.

Note: d'autres procédures peuvent également être utilisées; elles comprennent les analyseurs à carbone (combustion à sec). Dans ces cas, un test qualitatif pour carbonates par effervescence à l'HCl est recommandé, et, s'il y a lieu, une correction sera appliquée pour le C inorganique (voir Carbonates ci-dessous).

10. CARBONATES

La *méthode de titration rapide* de Piper (appelée aussi *méthode de neutralisation acide*) est employée. L'échantillon est traité à l'HCl dilué et l'acide résiduel est titré. Les résultats sont exprimés sous l'appellation *d'équivalent carbonate de calcium* car la dissolution n'est pas exclusive pour la calcite et d'autres carbonates comme la dolomite peuvent être en partie dissous.

Note: d'autres procédures comme la méthode volumétrique de Scheibler ou le calcimètre de Bernard peuvent également être employées.

11. GYPSE

Le gypse est dissous par agitation de l'échantillon dans l'eau. Il est ensuite précipité sélectivement dans l'extrait par ajout d'acétone. Ce précipité est redissous dans l'eau et le gypse est déterminé via la concentration en Ca.

12. CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (CEC) ET BASES ECHANGEABLES

La méthode à l'acétate d'ammonium à pH 7 est utilisée. L'échantillon est soumis à une percolation d'acétate d'ammonium (pH 7) et les bases sont déterminées dans le percolat. L'échantillon est ensuite soumis à une percolation d'acétate de sodium (pH 7); les sels en excès sont évacués et le Na adsorbé est échangé par percolation à l'acétate d'ammonium (pH 7); le Na de ce percolat est déterminé pour la CEC.

Une autre procédure consiste après la percolation à l'acétate d'ammonium, à lessiver l'échantillon des sels en excès, puis à distiller tout l'échantillon et à déterminer la perte en ammoniac.

L'agitation en flacons peut aussi remplacer la percolation en tubes. Chaque extraction doit être répétée trois fois et les trois extraits seront combinés pour l'analyse.

Note 1: d'autres méthodes peuvent être employées pour la CEC à condition que l'analyse soit faite à pH 7.

Note 2: dans certains cas particuliers où la CEC n'est pas un critère diagnostique, comme dans les sols salins et alcalins, la CEC peut être déterminée à pH 8,2.

Note 3: le taux de saturation en bases des sols salins, calcaires et gypseux peut être considéré comme égal à 100 %.

Note 4: Si des argiles à basse activité sont impliquées, la CEC de la matière organique doit être déduite. Ceci peut être calculé par la méthode graphique (FAO, 1966) ou par analyse séparée de la CEC de la matière organique et des colloïdes minéraux.

13. ACIDITE D'ECHANGE ET ALUMINIUM ECHANGEABLE

L'acidité d'échange (H + Al) et l'Al échangeable sont relâchés par échange avec une solution de KCl 1 M non tamponnée. L'acidité d'échange est aussi appelée *acidité effective* (par opposition à *l'acidité potentielle* ou *extractible*).

14. FER, ALUMINIUM, MANGANESE ET SILICE EXTRACTIBLES

Ces analyses comprennent:

- » le Fe_{dith} , l' Al_{dith} , le Mn_{dith} : les composés de Fe, Al et Mn *libres* dans le sol sont extraits par une solution de dithionite-citrate-bicarbonate (les méthodes Mehra et Jackson ou Holmgren peuvent être employées).
- » Le Fe_{ox} , l' Al_{ox} , le Si_{ox} : les composés Fe, Al et Si *actifs, protocristallins* ou *amorphes* sont extraits par une solution d'oxalate d'ammonium acide (pH 3) (Blakemore *et al.*, 1987).
- » Le Fe_{py} , l' Al_{py} : le Fe et l'Al *organiquement liés* sont extraits par une solution de pyrophosphate.

15. SALINITE

Les caractéristiques liées à la salinité dans les sols sont mesurées dans l'extrait à pâte saturée. Ces caractéristiques comprennent: le pH, la conductivité électrique (EC_e), le rapport d'adsorption du sodium (SAR) et les cations et anions des sels dissous, qui comprennent Ca, Mg, Na, K, carbonates et bicarbonates, chlorures, nitrates et sulfates. Le SAR et le pourcentage de sodium échangeable (ESP) peuvent être estimés à partir des concentrations en cations dissous.

16. PHOSPHATES ET RETENTION EN PHOSPHATES

Ces analyses comprennent:

- » méthode Olsen: extraction avec une solution de $NaHCO_3$ 0,5 M à pH 8,5 (Olsen *et al.*, 1954)
- » méthode à l'acide citrique: extraction avec une solution d'acide citrique à 1 % (Blanck, 1931; van Reeuwijk, 2002).

- » méthode Mehlich-1: extraction avec une solution de HCl 0,05 M et de H₂SO₄ 0,025 M (Mehlich, 1953).
- » pour la rétention en phosphates, la méthode *Blakemore* est employée. L'échantillon est mis à l'équilibre avec une solution de phosphate à pH 4,6 et la proportion de phosphate disparu de la solution est déterminée (Blakemore *et al.*, 1987).

17. DENSITE OPTIQUE DE L'EXTRAIT A L'OXALATE (ODOE)

L'échantillon est soumis à percolation ou agitation avec une solution d'oxalate d'ammonium (pH 3). La densité optique de l'extrait est mesurée à une longueur d'onde de 430 nm.

18. INDICE MELANIQUE

L'échantillon est agité dans une solution de NaOH 0,5 M et l'absorbance de l'extrait est mesurée respectivement à 450 et 520 nm. L'*indice mélanique* est obtenu en divisant l'absorbance à 450 nm par l'absorbance à 520 nm.

19. ANALYSE MINERALOGIQUE DE LA FRACTION SABLEUSE

Après élimination des matériaux de cimentation et de revêtement, le sable est séparé de l'argile et du limon par tamisage sous eau. La fraction 63-420 µm est séparée des autres sables par tamisage à sec. Cette fraction est divisée en fraction *lourde* et fraction *légère* au moyen d'un liquide de densité élevée (une solution de polytungstate de sodium³¹ avec densité spécifique de 2,85 kg dm⁻³). Une vue au microscope est prise pour la *fraction lourde*; la *fraction légère* est teintée sélectivement pour identification microscopique des feldspaths et des quartz.

Les verres volcaniques sont des grains isotropiques avec vésicules et peuvent ainsi être reconnus.

20. DIFFRACTION AUX RAYONS X

La fraction argileuse est séparée de la terre fine et déposée de manière orientée sur une lame porte-objet ou sur une plaque en céramique poreuse pour être analysée au diffractomètre à rayons X. Des échantillons d'argile en poudre non orientée et d'autres fractions sont analysés sur le même appareillage ou avec une caméra Guinier à rayons X (photographies).

21. SULFURES

Le S inorganique réduit est converti en H₂S par une solution acide de CrCl₂ à chaud. Le H₂S émis est piégé quantitativement sous forme de ZnS solide dans une solution d'acétate de Zn. Le ZnS est ensuite traité à l'HCl pour relâcher le H₂S dans la solution qui est rapidement titrée avec une solution de I₂ jusqu'à virage au bleu amené par la réaction de I₂ avec l'amidon (Sullivan *et al.*, 2000). Attention, les résidus toxiques doivent être traités avec précaution.

31 Du bromoforme peut également être employé comme liquide de haute densité, mais son utilisation n'est pas encouragée car cette procédure dégage des vapeurs hautement toxiques.

Annexe 3

Codes recommandés pour les Groupes de sols de référence, les qualificatifs et les spécificateurs

Aperçu des Groupes de sols de référence							
Acrisol	AC	Cryosol	CR	Leptosol	LP	Regosol	RG
Alisol	AL	Durisol	DU	Lixisol	LX	Retisol	RT
Andosol	AN	Ferralsol	FR	Luvisol	LV	Solonchak	SC
Anthrosol	AT	Fluvisol	FL	Nitisol	NT	Solonetz	SN
Arenosol	AR	Gleysol	GL	Phaeozem	PH	Stagnosol	ST
Calcisol	CL	Gypsisol	GY	Planosol	PL	Technosol	TC
Cambisol	CM	Histosol	HS	Plinthosol	PT	Umbrisol	UM
Chernozem	CH	Kastanozem	KS	Podzol	PZ	Vertisol	VR

Qualificatifs							
Abruptic	ap	Argisodic	as	Cutanic	ct	Fragic	fg
Aceric	ae	Aric	ai	Densic	dn	Fulvic	fu
Acric	ac	Aridic	ad	Differentic	df	Garbic	ga
Acroxic	ao	Arzic	az	Dolomitic	do	Gelic	ge
Aeolic	ay	Brunic	br	Drainic	dr	Gelistagnic	gt
Akrofluvic	kf	Calcaric	ca	Duric	du	Geoabruptic	go
Akromineralic	km	Calcic	cc	Dystric	dy	Geric	gr
Akroskeletalic	kk	Calcifractc	cf	Ekranic	ek	Gibbsic	gi
Albic	ab	Cambic	cm	Entic	et	Gilgaic	gg
Alcalic	ax	Capillaric	cp	Escalic	ec	Glacic	gc
Alic	al	Carbic	cb	Eutric	eu	Gleyic	gl
Aluandic	aa	Carbonatic	cn	Eutrosilic	es	Glossic	gs
Andic	an	Carbonic	cx	Evapocrustic	ev	Greyzemic	gz
Antraquic	aq	Chernic	ch	Ferralic	fl	Grumic	gm
Anthric	ak	Chloridic	cl	Ferric	fr	Gypsic	gy
Anthromollic	am	Chromic	cr	Ferritic	fe	Gypsifractic	gf
Anthrotoxic	at	Clayic	ce	Fibric	fi	Gypsiric	gp
Anthroumblic	aw	Clayinovic	cj	Floatic	ft	Haplic	ha
Archaic	ah	Colluvic	co	Fluvic	fv	Hemic	hm
Arenic	ar	Columnic	cu	Folic	fo	Histic	hi
Areninovic	aj	Cryic	cy	Fractic	fc	Hortic	ht

Qualificatifs							
Humic	hu	Lignic	lg	Ortsteinic	os	Reductic	rd
Hydragric	hg	Limnic	lm	Oxyaquic	oa	Reductigleyic	ry
Hydric	hy	Linic	lc	Oxygleyic	oy	Relictigleyic	rl
Hydrophobic	hf	Lithic	li	Pachic	ph	Relictistagnic	rw
Hyperalcalic	jl	Lixic	lx	Pellic	pe	Relictiturbic	rb
Hyperartefactic	ja	Loamic	lo	Petric	pt	Relocatic	rc
Hypercalcic	jc	Loaminovic	lj	Petrocalcic	pc	Rendzic	rz
Hyperduric	ju	Luvic	lv	Petroduric	pd	Retic	rt
Hyperdystric	jd	Magnesianic	mg	Petrogleyic	py	Rheic	rh
Hypereutric	je	Manganiferic	mf	Petrogypsic	pg	Rhodic	ro
Hyperferritic	jf	Mawic	mw	Petroplinthic	pp	Rockic	rk
Hypergypsic	jj	Mazic	mz	Petrosalic	ps	Rubic	ru
Hyperhumic	jh	Melanic	ml	Phytotoxic	yx	Rustic	rs
Hyperhydragric	jj	Mesotrophic	ms	Pisoplinthic	px	Salic	sz
Hypermagnesianic	jm	Mineralic	mi	Placic	pi	Sapric	sa
Hypernatric	jn	Mollic	mo	Plaggic	pa	Sideralic	se
Hyperorganic	jo	Murshic	mh	Plinthic	pl	Silandic	sn
Hypersalic	jz	Muusic	mu	Plinthofractic	pf	Siltic	sl
Hypersideralic	jr	Natric	na	Posic	po	Siltinovic	sj
Hyperskeletalic	jk	Nechic	ne	Pretic	pk	Skeletalic	sk
Hyperspodic	jp	Neocambic	nc	Profondic	pn	Sodic	so
Hypersulfidic	js	Nitic	ni	Profundihumic	dh	Sombric	sb
Hypertechnic	jt	Novic	nv	Protic	pr	Someric	si
Hyperthionic	ji	Nudiargic	ng	Protoandic	qa	Somerimollic	sm
Hypocalcic	wc	Nudilithic	nt	Protoargic	qg	Somerirendzic	sr
Hypogypsic	wg	Nudinatric	nn	Protoaridic	qd	Someriumbric	sw
Hyposulfidic	ws	Nudipetric	np	Protocalcic	qc	Spodic	sd
Hypothionic	wi	Nudiyermic	ny	Protosalic	qz	Spolic	sp
Immissic	im	Ochric	oh	Protosodic	qs	Stagnic	st
Inclincic	ic	Oligoeutric	ol	Protospodic	qp	Subaquatic	sq
Infraandic	ia	Ombric	om	Protostagnic	qw	Sulfatic	su
Infraspodic	is	Organotransportic	ot	Prototechnic	qt	Sulfidic	sf
Irragric	ir	Ornithic	oc	Prototephric	qf	Takyric	ty
Isolatic	il	Orthodystric	od	Protovertic	qv	Technic	te
Lamellic	ll	Orthoeutric	oe	Puffic	pu	Technoleptic	tl
Lapiadic	ld	Orthofluvic	of	Radiotoxic	rx	Technolithic	tt
Laxic	la	Orthomineralic	oi	Raptic	rp	Technoskeletalic	tk
Leptic	le	Orthoskeletalic	ok	Reductaquic	ra	Tephric	tf

Qualificatifs							
Terric	tr	Tonguimollic	tm	Umbric	um	Vetic	vt
Thionic	ti	Tonguiumbric	tw	Urbic	ub	Vitric	vi
Thixotropic	tp	Totilamellic	ta	Uterquic	uq	Xanthic	xa
Tidalic	td	Toxic	tx	Vermic	vm	Yermic	ye
Tonguic	to	Transportic	tn	Vertic	vr	Zootoxic	zx
Tonguichernic	tc	Turbic	tu				

Spécificateurs							
Amphi	..m	Endo	..n	Kato	..k	Supra	..s
Ano	..a	Epi	..p	Panto	..e	Thapto	..b
Bathy	..d						

Règles pour l'emploi des codes dans la dénomination des sols

Au premier niveau de classification, seul le code du RSG est employé

Au second niveau, le code commence par le RSG,

suivi par un tiret '-',

suivi par les qualificatifs principaux rangés dans l'ordre haut-bas de la liste, avec un point '.' entre eux,

suivi par un tiret '-',

suivi par les qualificatifs supplémentaires rangés par ordre alphabétique de leur nom (pas de leur code) avec un point '.' entre eux,

suivi par un tiret '-',

suivi, si besoin, par les qualificatifs avec le spécificateur Bathy- ou Thapto-, avec un point '.' entre eux,

suivi par un tiret '-',

suivi, si besoin, par les qualificatifs non repris dans la liste pour un RSG particulier.

Les sous-qualificatifs (qualificatifs combinés avec un spécificateur) sont rangés dans l'ordre des qualificatifs qui seraient employés sans spécificateur, à l'exception des sous-qualificatifs Proto-, Bathy- et Thapto- qui, s'ils sont employés avec un qualificatif principal, doivent être versés dans les qualificatifs supplémentaires.

Si un groupe de qualificatifs est vide, le trait d'union '-' est quand même inclus, pourvu qu'un des groupes qui le suivent ne soit pas vide.

Le schéma de ces règles peut être exprimé par la formule suivante:

RSG{-}[PQ1[.PQ2]etc]{-}[SQ1[.SQ2]etc]{-}[BTQ1[.BTQ2]etc][-NQ1[.NQ2]etc]

Avec: PQ = qualificatif principal, avec ou sans ajout de spécificateur, SQ = qualificatif supplémentaire, avec ou sans ajout de spécificateur, BTQ = sous-qualificatif Bathy-/Thapto-, NQ = qualificatif non repris dans la liste pour un RSG particulier; etc = de la même manière, des qualificatifs supplémentaires peuvent être ajoutés si nécessaire; les éléments entre crochets [] sont notés s'ils sont d'application; les éléments entre accolades { } sont nécessaires s'ils sont suivis d'éléments.

Exemples d'emploi des codes pour nommer les sols

Albic Stagnic Luvisol (Endoclayic, Cutanic, Differentic, Episiltic):

LV-st.ab-cen.ct.df.slp

Dystric Hemic Folic Endorockic Histosol:

HS-rkn.fo.hm.dy

Haplic Ferralsol (Dystric, Loamic, Vetic, Bathypetroplinthic):

FR-ha-dy.lo.vt-ppd

Calcaric Skeletic Pantofluvic Fluvisol (Pantoarenic, Aridic):

FL-fve.sk.ca-are.ad

Dystric Umbric Aluandic Andosol (Siltic, Thaptofollic):

AN-aa.um.dy-sl-fob

Isolatic Technosol (Supraarenic, Supracalcaric):

TC-il-ars.cas

Dystric Katoalbic Arenosol (Bathyhypersodic):

AR-abk.dy—jpd

RÈGLES POUR L'EMPLOI DES CODES POUR LA CRÉATION DES LÉGENDES DES CARTES

Au premier niveau d'échelle, seul le code du RSG est employé.

Aux deuxième, troisième et quatrième niveaux d'échelle, le code commence par le RSG, suivi par un tiret '-',

suivi par les qualificatifs principaux (leur nombre dépendant du niveau d'échelle) rangés dans l'ordre haut-bas de la liste, avec un point '.' entre eux.

Si l'option est prise d'ajouter des qualificatifs, un tiret '-' est ajouté,

suivi par les qualificatifs qu'il a été choisi d'ajouter, un point '.' entre eux les séparant (les qualificatifs principaux sont placés en premier et, parmi eux, le premier applicable est placé en premier et la séquence de tout qualificatif supplémentaire ajouté est décidée par le pédologue cartographe).

Si, en fonction de l'échelle de la carte, il est décidé de ne pas ajouter de qualificatif principal, le trait d'union '-' est quand même maintenu si des qualificatifs optionnels sont ajoutés.

Lorsque des sols codominants ou associés sont indiqués, les mots 'dominant', 'codominant' et 'associé' sont écrits avant le code du sol.

Le schéma de ces règles peut être exprimé par la formule suivante:

RSG{-}[PQ1[.PQ2[.PQ3]]][-OQ1[.OQ2]etc]

Avec: PQ = qualificatif principal, OQ = qualificatif optionnel; etc = si nécessaire, des qualificatifs supplémentaires peuvent être ajoutés de la même manière; les éléments entre crochets [] sont notés s'ils sont d'application; les éléments entre accolades { } sont nécessaires s'ils sont suivis d'éléments.

Exemples d'emploi des codes pour créer des légendes de cartes

Geric Umbric Xanthic Plinthic Ferralsols (Clayic, Dystric):

premier niveau d'échelle: FR

deuxième niveau d'échelle: FR-pl

troisième niveau d'échelle: FR-pl.xa

quatrième niveau d'échelle: FR-pl.xa.um

Si l'option est prise d'ajouter des qualificatifs: exemples:

premier niveau d'échelle: FR-pl

deuxième niveau d'échelle: FR-pl.xa.um.dy

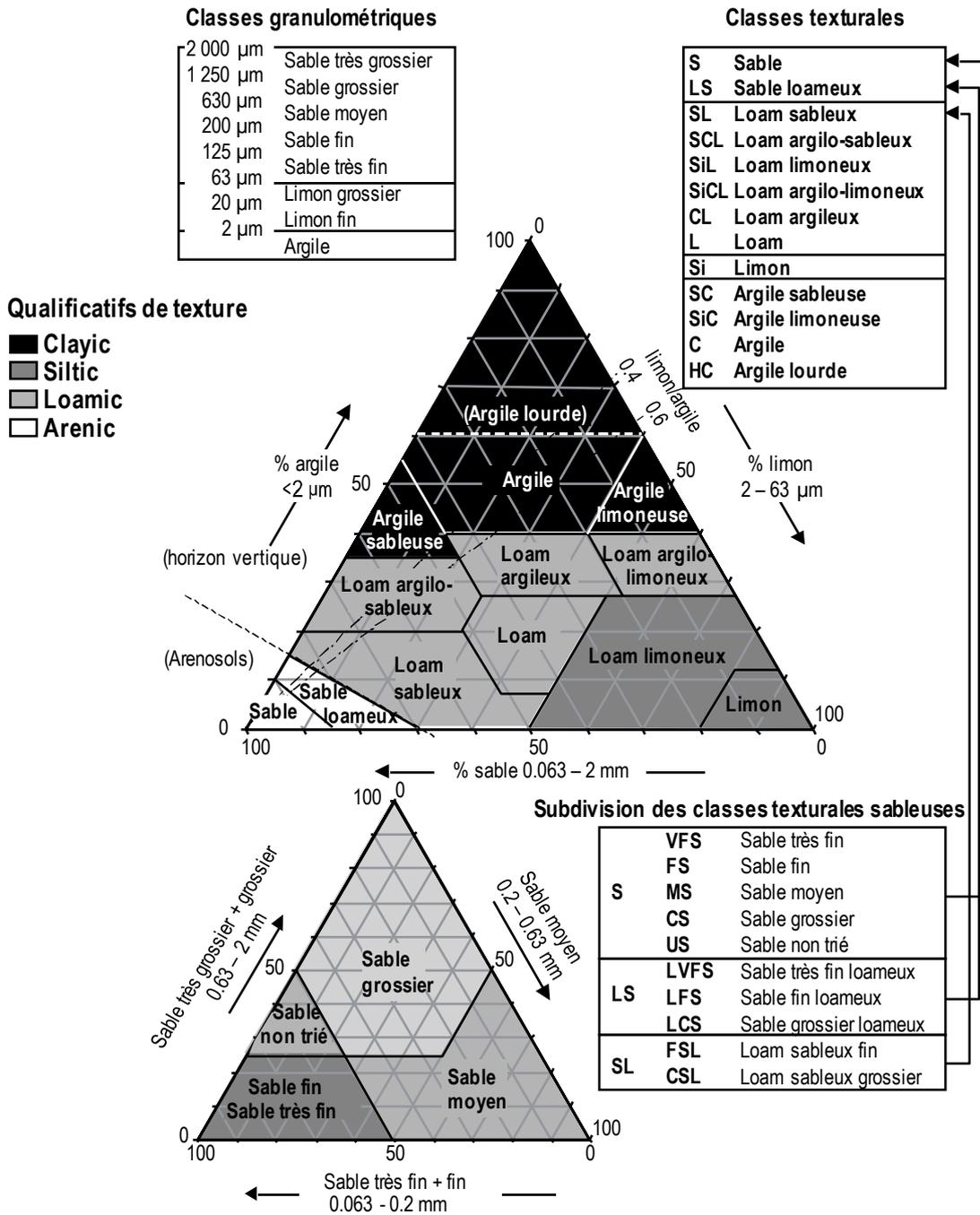
troisième niveau d'échelle: FR-pl.xa-um.dy

quatrième niveau d'échelle: FR-pl.xa-um-gr.dy.ce

Annexe 4

Classes granulométriques et texturales

Relation entre constituants de la terre fine selon la taille, définissant les classes texturales et les sous-classes des sables



Source: adapté d'après la FAO (2006): Guidelines for Soil Description

Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014

Système international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédologiques

Mise à jour 2015

Cette publication est une version révisée et mise à jour des Rapports sur les Ressources en Sols du Monde no 84 et 103 et présente le système de classification des sols international. Chaque sol du monde peut être rangé dans un des 32 Groupes de sols de référence décrits dans ce document et peut être caractérisé davantage par un ensemble de qualificatifs. Le nom de sol qui en résulte fournit des informations sur sa genèse, ses fonctions écologiques et les propriétés de sol importantes pour l'utilisation, l'aménagement et la gestion des terres. Le même système, légèrement adapté, peut être utilisé pour nommer les unités dans les légendes des cartes pédologiques, donnant ainsi une information spatiale complète. En s'adaptant aux systèmes de classification des sols nationaux, la WRB aide à la corrélation mondiale des informations sur les sols.



PARTENARIAT
MONDIAL
SUR LES SOLS



International Union
of Soil Sciences

ISBN 978-92-5-130380-1 ISSN 1014-8531



9 789251 303801

I3794FR/1/02.18