

M A N U E L

POUR LA DESCRIPTION DES SOLS

SUR LE TERRAIN

R. MAIGNIEN



O.R.S.T.O.M. - PARIS - 1980

M A N U E L
POUR LA DESCRIPTION DES SOLS
SUR LE TERRAIN

R. MAIGNIEN
pédologue

ORSTOM — PARIS — 1980

ORSTOM Fonds documentaire

N° :

Cote :

46704
R1664

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41,
« d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste
« et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes
« citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction
« intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou
« ayants cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait
« donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal».

S O M M A I R E

INTRODUCTION	1
IDENTIFICATION ET LOCALISATION DU PROFIL	3
DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROFIL.	
Environnement climatique	6
Environnement géomorphologique	9
Environnement géologique	16
Environnement pédologique	21
Environnement hydrologique	25
Environnement végétal	29
Environnement humain	34
DESCRIPTION DES HORIZONS DU PROFIL	40
Epaisseur	41
Humidité	43
Couleur	44
Taches	46
Matière organique	50
Texture	56
Éléments grossiers	58
Effervescence	61
Éléments figurés secondaires	62
Structure	68
Porosité	72
Faces de glissement	75
Faces luisantes	75
Revêtements	76
Consistance	77
Racines	81

Traces d'Activités biologiques	83
Description des horizons R	85
Identification des horizons et nomenclature	85
DESCRIPTION SYNTHETIQUE DU PROFIL	89
ECHANTILLONNAGE	98
INTERPRETATIONS - DONNEES ELABOREES	99
ANNEXES.	

GLOSSAIRE : Ensemble des termes relatifs à une activité donnée.

(Petit Larousse Illustré)

Les observations de terrain sont des données essentielles de la Pédologie ; elles permettent de définir les variables d'organisation qui existent en place et dont la connaissance est indispensable à la compréhension du sol et à son utilisation. Pour les recueillir, le pédologue est tenu d'observer, d'analyser, de consigner des données qui doivent être complètes, objectives, précises et si possible normalisées en des termes qui ne portent pas à interprétation. De ce but il a été établi des catalogues plus ou moins exhaustifs de mots usuels à la pédologie, catalogues généralement structurés en vue de traitements informatiques et portant alors le nom de glossaires. L'expérience acquise dans ce domaine au cours de la dernière décade permet de faire un choix beaucoup mieux adapté aux études de terrain. Tel est l'objet de ce travail qui s'appuie sur les ouvrages suivants : Soil Survey Manuel USDA (1951), Directives pour la description des Sols - FAO (1968), Manuel de prospection pédologique - R. MAIGNIEN (1969), Glossaire de pédologie pour la description des horizons - ORSTOM (1969) et de l'Environnement I et B (1971), Manuel de description des Sols - Fac. Agro. Gembloux (1977), Répertoire minimum commun, ACCT (1978), Manuel de description des Sols sur le terrain CANSIS (1978) ; ainsi que sur différentes propositions nouvelles de pédologues ORSTOM (1977-78).

Les données considérées ici sont celles qui sont directement accessibles sur le terrain le jour de l'observation et qui concernent le profil et son environnement immédiat. Ce manuel est donc destiné essentiellement à l'homme de terrain.

Le profil est une coupe de sol suffisamment large et profonde pour laisser apparaître tous les horizons et leurs variations latérales. Les dimensions sont de l'ordre du mètre. Par environnement immédiat il faut entendre le niveau direct de perception de l'information autour de l'emplacement du profil, les limites étant parfois dépendantes des possibilités de vision latérale. Remarquons ici que plus l'espace considéré est petit, plus la précision de l'information est élevée. Cette notion de niveau de saisie de l'information correspond donc à un degré d'analyse. Elle permet de plus d'ordonner et de hiérarchiser les données recueillies. En effet l'interprétation correcte de ces informations ne peut se faire valablement que si on peut les rattacher à un cadre plus général ; ainsi les faits observés à un niveau de perception inférieur ne peuvent souvent pas être expliqués par manque d'information sur les niveaux supérieurs. Il est donc essentiel d'indiquer les dimensions de l'espace pris en compte (on parle parfois de niveau scalaire).

Chaque sol étudié fait l'objet d'observations. Le regroupement des données concernant plusieurs sols constitue un dossier. La description comprend plusieurs rubriques (climat, géomorphologie, végétation ... profondeur, matière organique... etc.) se caractérisant par des variables (type de surface ..., abondance, nature, dimensions, etc...) lesquelles peuvent prendre plusieurs valeurs. L'ensemble variable/valeur constitue une donnée.

Il faut faire une nette distinction entre le glossaire qui se compose d'une suite exhaustive de mots indispensables pour la collecte de toutes les informations pédologiques possibles et la fiche de saisie des données qui est un cadre adapté aux conditions particulières des milieux étudiés, mais dont les termes en nombre limité sont tirés du glossaire. On sait en effet, de toute évidence, que tous les cas ne s'observent pas partout dans la nature et que, suivant les situations, certaines données sont organiquement absentes.

- Localisation.

La localisation doit permettre de retrouver avec précision sur le terrain et sur une carte l'emplacement du sol étudié.

Les variables administratives obligatoires se situent ordinairement à trois niveaux.

1. Etat 2. Province/Région/Département 3. Commune

Les données les concernant sont souvent codées et il est facile de s'y référer, mais ces informations ne sont pas suffisantes. On peut préciser les emplacements en indiquant le n° du lot s'il y a un cadastre ou celui de la parcelle quand elle est signalée sur un document ou par rapport au quadrillage préalablement défini, etc... Ces précisions sont difficiles à coder et la plupart du temps elles sont fournies en format libre. Plus l'échelle de travail est grande, plus ces données doivent être précises, l'objectif étant que tout le monde, à partir de ces informations, puisse retrouver le lieu d'étude.

- Coordonnées géographiques.

Il s'agit de données obligatoires. On indique : en degrés, minutes, secondes :

1. *la longitude* est ou ouest par rapport au méridien de Greenwich,
2. *la latitude* nord ou sud,

et en mètres,

3. *l'altitude.*

Il faut se méfier de certaines cartes qui donnent la longitude par rapport au méridien de PARIS (correction 2° 20' 14" E) et reconvertir les coordonnées établies en grades (par exemple cartes IGN au 1/25.000ème). Il ne faut pas confondre non plus les coordonnées géographiques et la numérotation de certains quadrillages (par exemple quadrillage kilométrique, projection LAMBERT, des cartes IGN au 1/25.000).

- Nom de l'observateur.

Cette variable n'appelle pas de commentaires ; elle précise la paternité de l'observation.

- Date.

En jour, mois et année.

Cette information est importante et utile à la fois. Importante car elle permet des rapprochements avec les conditions climatiques annuelles connues ; utile car elle sert de repère dans le classement des échantillons et évite des confusions éventuelles de numérotation.

- Organisme demandeur ou promoteur de l'étude.

Ces premières informations indispensables peuvent être complétées et précisées si nécessaire par toute une série de données non limitatives dont les principales et apparemment les plus utiles sont :

- Cartes et leurs échelles ayant servi pour le repérage ;
+ topographiques par exemple IGN FRANCE 1/25.000 AUTUN n° 3-4 ;
+ ou thématiques par exemple ORSTOM-PEDO 1/100.000 BERE-CAMEROUN.

- Photographies aériennes et/ou documents satellites exploités en indiquant notamment l'année de prise de vue, l'échelle, le numéro de la mission, celui du cliché, l'émulsion ou le canal.

- Type d'étude.

Il est parfois intéressant de connaître les objectifs de l'étude ayant mené à l'observation concernée, qui justifient souvent le degré de précision de saisies des données et l'importance attribuée à certaines variables.

La liste ci-jointe reste ouverte. Il peut s'agir :

1. de cartographie d'inventaire,
2. de cartographie de reconnaissance,
3. de cartographie semi-détaillée, détaillée,
4. d'aménagements hydro-agricoles,
5. de carte d'aptitudes culturelles,
6. de travaux de recherche ... etc.

Jusqu'ici il s'agit d'informations directes, mais il est parfois utile de fournir aussi quelques données interprétatives qui aident le prospecteur à consigner ses idées, en particulier de signaler le :

- Type pédologique en indiquant :
+ le système de classification (CPCS - FAO - Soil Taxonomy, etc.)
+ l'unité taxonomique en précisant la relation qui existe entre

le profil étudié et le concept actuel de la classification : modal, apparemment, intergrade, douteux. En fait, cette information ne peut être fournie qu'après étude complète du sol "in situ". Elle demande parfois à être confirmée par des études de laboratoire.

- Crédibilité.

Cette rubrique renseigne sur la fiabilité de données enregistrées. Elle complète la précédente. On distingue les degrés suivants :

1. *très crédible* - les données mesurables et interprétations sont correctes ;
2. *crédible* - les données mesurables sont correctes ; quelques erreurs d'interprétation ;
3. *modérément crédibles* - les données mesurables sont correctes ; nombreuses erreurs d'interprétation.

2. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROFIL.

L'environnement pédologique comprend l'ensemble des facteurs qui contribuent à la pédogénèse, déterminent la morphologie actuelle du sol, sa distribution dans le paysage et orientent son utilisation éventuelle. Une connaissance complète et précise de ces facteurs revêt donc un intérêt fondamental. Un certain nombre de ces variables, comme les données climatiques par exemple, ne peuvent, bien entendu, être obtenues sur place. Il en est de même pour des éléments thématiques divers tels ceux concernant la végétation, la géologie, l'hydrologie, etc... La plupart de ces informations se rapportent d'ailleurs plutôt au dossier, à un niveau général et, elles se répètent lors de la prise en compte de chaque sol étudié. Il n'apparaît alors pas nécessaire de les répéter sur chaque fiche ce qui alourdirait considérablement et inutilement le travail de terrain. On se limite donc aux faits directement accessibles le jour de l'observation autour des profils.

2.1. ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE.

Les paramètres climatiques (précipitations, température, etc ...) sont fournis par les stations météorologiques, il ne peut donc en être question ici. Pour l'homme de terrain les variables à

prendre en compte sont les suivantes :

- Antécédents météorologiques.

Sont mentionnés quelques éléments météoriques en relation avec la date d'observation et un état momentané du profil. Par exemple il est intéressant de comparer les états d'humidité des différents horizons en regard des conditions climatiques qui ont précédé le jour de l'observation. On limite cette information à une durée de quelques jours à quelques semaines. C'est dire que lorsque l'on commence une étude de terrain, il est parfois nécessaire de s'informer de ces antécédents climatiques auprès des habitants. Il y a là un risque certain d'erreurs.

Les antécédents sont caractérisés par trois variables : durée, nature, intensité.

- Durée des antécédents.

Elle précise la durée des phénomènes décrits ensuite.

1. *les jours précédents* - soit deux ou trois jours ;
2. *les semaines précédentes* - soit une à deux semaines.

- Nature des antécédents.

On mentionne parmi les dix modalités suivantes, au maximum, les deux plus importantes par ordre décroissant.

1. *non identifié* ;
2. *pluie* ;
3. *neige* ;
4. *humide* - précipitations occultes telles que rosée, brouillard, etc.
5. *ensoleillé* ;
6. *temps sec* - sans précipitations pendant la période considérée.
7. *sécheresse* - ne s'applique qu'à une période de plus de deux semaines.
8. *gel* ;
9. *vent* ;
10. *variable* - alternance de périodes à éclaircies et à averses.

- Intensité des antécédents.

On indique l'intensité de la nature la plus importante en

termes simples.

1. *d'intensité faible,*
2. *d'intensité moyenne,*
3. *d'intensité forte.*

Il va de soi qu'il s'agit de variables relatives, à fiabilité faible. On peut cependant comparer ces informations aux chiffres moyens fournis par des stations climatiques voisines pour juger si l'observation a été faite ou non sous des conditions climatiques exceptionnelles et si les données de ces stations sont pertinentes par rapport au site étudié.

- Température du sol.

Il s'agit de la température relevée à 50 cm de profondeur, au moment de la description.

- Station de référence.

Suivant l'échelle de l'étude cette information concerne l'ensemble du dossier ou uniquement les points d'observation.

On donne le nom et les caractéristiques géographiques de la station météorologique la plus proche, où sont effectuées les observations régulières concernant au minimum la température et les précipitations et l'on indique si possible son degré de pertinence, à savoir:

1. *pertinence excellente*, la station correspond exactement au sol étudié.
2. *bonne pertinence*, la station ne correspond pas exactement au sol étudié, mais les conditions sont suffisamment proches pour permettre des interprétations valables.
3. *pertinence satisfaisante*, la station ne correspond pas exactement, mais donne une idée approchée des conditions observées sur le terrain.
4. *pertinence médiocre*, la station ne correspond pratiquement pas aux conditions du sol étudié, mais il n'en existe pas de meilleure.

2.2. ECHELLE D'OBSERVATION.

On informe ici de l'échelle du niveau d'observation qui paraît le mieux adapté au domaine étudié ; celui dont le type de surface correspond au sol considéré. Remarquons que les dimensions retenues vont influencer la description des formes du modelé, de la végétation et de l'influence humaine, de la distribution des roches, de la variabilité des caractéristiques hydrologiques ; de plus, elles précisent les possibilités d'extrapolation de ces informations dans l'établissement de la carte pédologique.

Par commodité on limite le choix entre trois modalités simples :

1. D M de un à quelques décimètres autour du profil ;
2. H M de un à quelques hectomètres autour du profil ;
3. K M de un à plusieurs kilomètres autour du profil.

On peut constater que le choix est parfois influencé par certaines contraintes du milieu naturel, en particulier le manque de vision latérale dû au développement de la végétation.

2.3. ENVIRONNEMENT GEOMORPHOLOGIQUE.

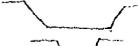
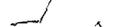
Le modelé est en relation fréquente avec les types de sols et leur distribution. Il est important d'analyser cette situation. Le problème de la perception de l'aspect global et de la délimitation spatiale des phénomènes est ici essentiel, car il importe de pouvoir relier le niveau de perception autour du profil (quelques mètres) au niveau supérieur d'appréhension de la forme locale du relief (ordre de l'hectomètre), puis à celui du paysage (ordre du kilomètre). Par exemple, si un profil se situe sur une surface plane il est important de préciser si cette surface appartient à un versant, un glacis, un plateau, une plaine, etc...

L'information concernant cette rubrique comporte de nombreuses variables. En voici les principales :

- Type de surface.

Le type de surface est caractérisé en termes généraux correspondant à l'une des figures schématique suivante définies par l'Union

Géographique Internationale. Les termes choisis n'impliquent aucune signification génétique et/ou dynamique, présentes ou passées, de la forme ou de paysage pris en compte.

1. <i>surface plane</i>		ex. plaine, terrassette
2. <i>profil en cuvette</i>		ex. doline, chott
3. <i>profil en U</i>		ex. vallée glaciaire
4. <i>profil à fond plat</i>		ex. vallée alluviale
5. <i>profil en V</i>		ex. rigole d'érosion
6. <i>ondulations</i>		ex. bouclier africain
7. <i>bombement</i>		ex. ados
8. <i>profil en croupe</i>		ex. inselberg
9. <i>profil tabulaire</i>		ex. plateau
10. <i>profil en crête</i>		ex. chicots rocheux
11. <i>versant.</i>		ex. pente - glacis

- Morphologie de la forme.

Perpendiculairement aux courbes de niveau : morphologie longitudinale (sens de la pente).

1. *rectiligne*
2. *concave* la pente diminue à l'aval
3. *convexe* la pente augmente à l'aval
4. *irrégulière*
5. *à replats*
6. *à chicots rocheux* - des blocs rocheux pointent dans la forme,
7. *à corniches rocheuses* - des bancs rocheux parallèles aux courbes de niveaux affleurent régulièrement le long de la forme.

Parallèlement aux courbes de niveau : morphologie transversale ; généralement en relation avec l'écoulement des eaux de surface.

1. sans modification
2. à rentrants arrondis
3. à rentrants anguleux
4. à saillants arrondis
5. à saillants anguleux

- Conformité géologique.

Il s'agit de préciser ici les relations entre l'orientation de la forme du modelé considéré et celle des couches géologiques quand elles existent. On parle parfois pour ces derniers de gisement, de pendage. Cela permet d'établir des liens entre les formes du relief et le matériau sous-jacent.

On se limite à deux possibilités.

1. recoupant les couches géologiques (troncature des roches)
plusieurs natures de roches le long de la forme.
2. conformes aux couches géologiques (de même orientation)
une seule nature de roche le long de la forme.

- Nom et dynamique de la forme.

Cette variable est difficile à renseigner car il s'agit d'une information génétique et le pédologue sur le terrain ne dispose pas toujours de tous les renseignements nécessaires au jugement. C'est une variable dérivée, souvent subordonnée et par suite subjective. Cependant l'homme de terrain est à même d'apporter des informations intéressantes à l'un ou l'autre niveau et il est intéressant de les noter.

Le vocabulaire explicitant cette variable est abondant ; malheureusement il est encore incomplètement hiérarchisé et il est nécessaire de guider l'utilisateur dans le choix du terme le plus approprié. Parmi les formes du modelé on distingue :

- . celles qui résultent du façonnement des interfluves : versants, glacis, reliefs résiduels ;
- . celles qui résultent plus typiquement d'actions éoliennes, fluviatiles, littorales, karstiques, volcaniques ;
- . celles spécifiques de climats déterminés : actions glaciaires, du gel/dégel, actions nivales, actions en domaine sec et chaud, en domaine chaud et humide.

Quand le dynamisme de la forme se définit sans ambiguïté, il est conseillé de choisir le terme qui contient le renseignement le plus précis et le plus riche.

Ces termes peuvent être pris dans une liste ouverte, telle celle qui figure dans le Glossaire pour la description de l'Environnement en vue du traitement informatique 1971.I et B et dont copie est donnée en annexe.

- Situation du profil dans la forme.

Cette information aide à l'interprétation de la différenciation des sols qui s'étagent le long des pentes (confère la notion de chaîne des sols, de toposéquences). Il est donc essentiel de préciser la position relative du sol dans la forme. Les modalités à prendre en compte s'explicitent par elles-mêmes.

1. au fond de la forme
2. en bas de la forme
3. au tiers inférieur de la forme
4. à mi-pente (ou à mi-hauteur)
5. au tiers supérieur de la forme
6. au sommet de la forme
7. au centre de la forme
8. au bord de la forme
9. loin du bord de la forme
10. en raccordement avec la forme voisine.

- Morphologie locale (ou de la station).

On note ici, si nécessaire, les caractéristiques de la surface à l'emplacement du profil. Cette variable se rattache dans une certaine mesure à l'analyse du microrelief. On y reviendra.

1. profil situé sur une bosse
2. profil situé dans un creux
3. profil situé dans une aire plane.

- Pente. On distingue ici :

- . le degré de pente que l'on note en degré, ou en %
et éventuellement :
- . la classe de pente suivant le modèle ci-après.

<u>Classe</u>	<u>pente %</u>	<u>degré approximatif</u>
1	0 - 0,5	0
2	0,5 - 2,5	0,3 - 1,5
3	2,0 - 5,0	1 - 3
4	6 - 9	3,5 - 5
5	10 - 15	6 - 8,5
6	16 - 30	9 - 16,5
7	31 - 45	17 - 24
8	46 - 70	25 - 35
9	71 - 100	35 - 45
10	> 100	> 45

On mesure la pente à l'aide d'un clysimètre.

. la longueur de la pente

C'est la distance latérale en mètres entre le point le plus élevé et le point le plus bas de la forme. La différence d'altitude est la dénivellation. Cette information trouve son importance dans les plans d'aménagement de sols, lutte contre l'érosion hydrique en particulier.

- Exposition.

Cette variable est à mettre en relation avec les conditions microclimatiques à l'emplacement du profil. Ainsi les pentes exposées à l'ouest sont souvent plus arrosées que celles orientées à l'est qui sont parfois aussi plus "chaudes". On ne caractérise l'exposition que si la pente est suffisante pour avoir une signification écologique réelle. L'orientation est mesurée à la boussole, dos à la pente. Les modalités prévues sont généralement codées comme suit :

N - NE - E - SE - S - SW - W - NW

Aspect de la surface du sol.

Il est souvent utile de décrire les petites variations de forme que l'on observe à la surface du sol ; il peut s'agir de buttes, d'effondrement, d'édifices divers, dont le motif (largeur, hauteur ou profondeur, dessin, etc...) peuvent être caractéristiques de certains types de sols. L'exemple le plus évident est celui du modelé "gilgai"

des vertisols. Il s'agit d'une succession régulière, suivant un motif polygonal, de petites buttes délimitées par des fentes de retrait plus ou moins larges, d'où peuvent dégueuler des matériaux grossiers formant des alignements en relief.

Le microrelief peut être naturel ou artificiel (planches, ados, fossés, etc...). Dans ce dernier cas on renvoie à la rubrique *Environnement Humain* (variable : travaux de mise en valeur).

Les informations sur l'aspect de la surface du sol sont les suivantes :

- Type avec comme modalités possibles :

1. buttes avec tapis végétal
2. buttes sans tapis végétal
3. fentes de retrait
4. effondrements
5. édifices biologiques
6. efflorescences salines diverses
7. croûtes
8. accumulation par piègeage localisé (aux pieds des touffes de végétation)
9. accumulation par piègeage diffus (voile éolien par ex.)

Les formes liées aux processus d'érosion, sont traitées en tant que telles vu leur importance au plan des aménagements.

- Dessin.

1. polygonal
2. strié, aligné
3. ocellé
4. quelconque

- Nature.

On peut dresser des listes spécifiques aux régions étudiées par exemple : tortillons de vers de terre, termitières, modelé "gilgāī", griffes d'érosion, pustules de boue, petites buttes pierreuses, etc...

- Dimensions du motif. sont données généralement en centimètres.

1. largeur pour les fentes de retrait, les griffes d'érosion
2. hauteur pour les buttes, les pustules, les tortillons

3. *profondeur* pour les effondrements, les griffes
4. *diamètre* des buttes, des polygones ou distance en stries, ou griffes, ou fentes, etc...

Suivant l'importance des monticules, les pédologues canadiens ont retenu les classes suivantes :

<u>Classe</u>	<u>hauteur</u>	et	<u>distance des monticules</u>
plat			peu de bosses ou micromonticules
légèrement bosselé	de 0,3 à 1 m		supérieur à 7 m
modérément bosselé	-		entre 3 et 7m
fortement bosselé	-		entre 1 et 3m
très bosselé	-		entre 0,3 et 1m
extrêmement bosselé	dépassant 1 m		supérieur à 3 m
excessivement bosselé	-		inférieur à 3m

En Côte d'Ivoire en milieu tropical humide CHATELIN Y.(1977) a développé un langage adapté à la description du microrelief. Il distingue les formes suivantes.

<i>isocline</i>	forme régulière et continue.
<i>kélacline</i>	microrelief convexo-concave peu accentué, sans hiérarchie apparente.
<i>mastocline</i>	- plus accentué ou microbuttes.
<i>bathocline</i>	formes en creux plus importantes que formes en relief
<i>scalocline</i>	formes en bosses allongées plus ou moins régulières dolicholine (billons).
<i>artécline</i>	microrelief en creux allongés, hiérarchisés et arborescents.
<i>anastocline</i>	microrelief plus atténué que ci-dessus (correspond à un microrelief lié aux techniques de préparation labour motteux - écoulement diffus)
et précise la	nature des formations de surface du sol.
<i>rhizagé</i>	racines affleurantes.
<i>téphralite</i>	corps d'occurrence saisonnier (cendres, charbons).
<i>dermilite</i>	pellicule de battance.
<i>épilite</i>	pavages, placages, atterrissements.
<i>necrophytion</i>	matière organique non décomposée.
<i>zoolite</i>	turicules, termitières, tout remaniement dû à l'action animale.

blocs de roches (> 7,5 cm).

blocs de cuirasse (> 7,5 cm).

ainsi que leur composition, les caractères structuraux et l'importance en % de ces différentes phases. Cette démarche est intéressante dans la mesure où elle regroupe en une seule rubrique tout ce qui a trait à la surface du sol, sans les relier strictement aux facteurs de différenciation (ou de l'environnement). Mais en pratique, elle diffère peu de l'analyse qui la précède, sinon qu'elle introduit des mots nouveaux qui permettent de condenser l'information.

2.4. ENVIRONNEMENT GEOLOGIQUE.

Roche-mère et matériau originel.

L'ensemble des données concernant cette rubrique est d'une importance majeure pour l'analyse des facteurs de différenciations qui lui sont liés. Il est indispensable, en particulier, de signaler d'abord s'il y a ou non des relations entre les roches fraîches sous-jacentes et le sol. Des apports secondaires, des cisaillements, des effondrements, tout un ensemble de processus de remaniement peuvent modifier profondément les caractéristiques du matériau où se développe le sol et doivent donc être signalés.

La saisie des informations se situe à deux niveaux :

- à l'échelle de la station où l'on décrit la présence éventuelle de roches à la surface du sol, en précisant leur nature, leurs dimensions, leur répartition et leur type d'occupation ;
- à l'emplacement même du profil, où l'on indique s'il y a une ou plusieurs roches concernées par la différenciation et l'on précise leurs relations éventuelles, les caractéristiques de leur gisement qui orientent la circulation des eaux et la pénétration des racines, ainsi que leur type d'altération qui livrent les éléments de la nutrition des plantes et parties des constituants du sol.

La présence de roches visibles à la surface du sol est à rapprocher des aspects du microrelief. Il faut différencier les blocs rocheux isolés (flottants) dont le diamètre moyen est supérieur à 20 cm, que l'on décrit sous le nom de pierrosité, des roches ancrées en profondeur, donc possédant des racines ou rochosité. Suivant le

pourcentage de surface couverte et le mode de répartition de ces matériaux, on reconnaît les classes suivantes :

- Pierrosité.

Classe	Surface couverte en %
1. non pierreux	< 0,01
2. légèrement ou peu pierreux	de 0,01 à 0,1
3. pierreux	de 0,1 à 3
4. très pierreux	de 3 à 15
5. fortement pierreux	de 15 à 50
6. excessivement pierreux ou pierreux	> 50

- Rochosité.

1. non rocheux	< 2
2. légèrement ou peu rocheux	de 2 à 10
3. rocheux	de 10 à 25
4. très rocheux	de 25 à 50
5. fortement rocheux	de 50 à 90
6. excessivement rocheux ou rocheux	> 90

Remarquons que les pas retenus ci-dessus tiennent compte des incidences pratiques de ces occurrences sur l'emploi des engins agricoles. Mais il est possible d'analyser cette rubrique d'une façon plus détaillée, les variables complémentaires étant.

nom de la (des)

- roche(s) visible(s) en surface.

On s'appuie (ou l'on établit) une liste qui reste actuellement ouverte et l'on prévoit la possibilité de citer trois types de roches par ordre d'importance (en surface) décroissant - pages 72-4 du Glossaire sur l'Environnement Pédologique 1971 - Informatique et Biosphère, dont copie est donnée en annexe.

- Type d'occupation des roches.

Pour chacune des roches éventuellement citées, on peut reconnaître les cas suivants :

- | | |
|---------------------------|---|
| 1. en couverture | suppose une formation continue. |
| 2. en placage | la formation de recouvrement est dis-continue. |
| 3. en poches | matériau remplissant des poches plus ou moins profondes. |
| 4. en pointement | à rapprocher de <u>rochosité</u> . |
| 5. en affleurement | roche affleurant en surface. |
| 6. sous forme de blocs | éléments individuels dont le diamètre moyen est supérieur à 20/25 cm (<u>pierrosité</u>). |
| 7. sous forme de pierres | éléments de 7,5 à 20/25 cm de diamètre. |
| 8. sous forme de cailloux | éléments de 2 à 7,5 cm. |

A l'emplacement du profil les caractéristiques intéressantes à noter qui concernent ce que l'on a pour habitude d'appeler horizon R sont :

- Diversité des matériaux.

1. un seul matériau présent.
2. un seul matériau sous divers états : ex. gneiss plus ou moins mélanocrate.
3. deux matériaux présents.
4. trois matériaux présents.
5. plus de trois matériaux présents.

- Position relative des roches - en retenant trois modalités possibles.

1. superposés (verticalement).
2. juxtaposés (latéralement, plus ou moins).
3. mélangés.

- Nom du ou des matériaux. tiré(s) de la liste précédente.

A ce stade d'analyse, il est possible de préciser les caractéristiques des roches qui peuvent avoir une influence possible sur la différenciation du profil.

Les informations suivantes peuvent être éventuellement notées :

- Consolidation du matériau ou résistance.

1. *matériau meuble.*
2. *matériau peu résistant* : se brise ou se casse facilement à la main.
3. *matériau résistant* : se brise facilement au marteau.
4. *matériau très résistant* : rebondit au marteau.

- Granulométrie du matériau ou homogénéité.

1. *matériau isogranulaire* : les grains constitutifs sont de taille comparable.
2. *matériau hétérogranulaire* : les grains non calibrés sont juxtaposés sans ordre.
3. *matériau hétérogranulaire avec coupures distinctes* : les grains de calibres différents forment des plages juxtaposées plus ou moins isogranulaires.

- Porosité du matériau. Il s'agit de porosité intergranulaire.

1. *roche non poreuse* porosité inférieure à 2 %.
2. *roche peu poreuse* porosité de 2 à 10 %.
3. *roche poreuse* porosité de 10 à 40 %.
4. *roche très poreuse* porosité supérieure à 40 %.
5. *roche à porosité non déterminée.*

- Litage ou orientation ou alignement.

Cette variable est intéressante, car elle fournit une information sur les possibilités de percolation de l'eau et sur les obstacles à la pénétration des racines. On distingue les modalités suivantes :

1. *litage vertical.*
2. *litage horizontal.*
3. *litage oblique.*
4. *orientation quelconque.*
5. *alignements festonnés (solifluction).*

- Désagrégation ou fragmentation.

Il s'agit de l'appréciation du degré d'effritement éventuel des roches, processus souvent liés à des actions mécaniques (gel/

dégel en particulier).

1. *non fragmenté* ou non désagrégé.
2. *peu fragmenté* ou peu désagrégé.
3. *fragmenté* ou désagrégé.
4. *très fragmenté* ou très désagrégé.

Comme pour la variable altération qui sera traitée plus loin, la définition précise des termes utilisés est malaisée. Mais une appréciation subjective est généralement suffisante ; elle prend en compte la taille moyenne des fragments par rapport au volume de roche ayant subi la transformation.

- Taille des débris - il s'agit de noter le diamètre moyen.

1. *débris fins*-diamètre inférieur à 0,2 cm.
2. *débris moyens*-dimensions moyennes comprises entre 0,2 et 2 cm.
3. *débris grossiers* - entre 2 et 20 cm.
4. *très grossiers* - dimensions supérieures à 20/25 cm.

- Altération.

Il s'agit là aussi d'une appréciation relativement subjective mais d'un grand intérêt, qui concerne la résultante de l'ensemble des processus physico-chimiques, qui contribuent à la décomposition des roches. Cette appréciation s'appuie sur l'épaisseur du cortex d'altération et sur son degré d'ébranlement mécanique (résistance à l'écrasement). Ainsi on distingue les catégories suivantes :

1. *non transformé* ou non altéré.
2. *peu transformé* ou peu altéré, décomposition sur quelques millimètres d'épaisseur et sans diminution notable de la résistance de la roche ; faible imprégnation du fer.
3. *transformé* ou *altéré*, décomposition sur plusieurs centimètres et matériau se rayant facilement à l'ongle.
4. *très transformé* ou *très altéré*, le coeur de la roche est atteint et le matériau s'écrase entre les doigts.

- Remaniement.

Cette variable est également assez délicate à saisir, mais elle apporte des arguments sur les relations éventuelles entre les roches sous-jacentes et le sol qui les surmonte. On compare l'orien-

tation des éléments grossiers à celle des roches. On limite ordinairement le choix à deux modalités :

1. *matériau en place.*
2. *matériau remanié.* Dans ce dernier cas, il est intéressant de préciser la nature des mécanismes supposés, ces données se rattachant souvent à des processus d'érosion ou de transports plus ou moins lointains, par exemple solifluction, colluvionnement, dépôts éoliens, etc... processus que l'on peut parfois dater et confronter à l'âge relatif ou absolu des formes du modelé, lorsqu'il est connu.

2.5. ENVIRONNEMENT PEDOLOGIQUE.

Il s'agit d'une rubrique nouvelle, mais qui apparaît souvent implicitement lors de l'interprétation des profils et qui est importante car elle situe le sol étudié dans un contexte pédologique plus général et informe des problèmes et des possibilités d'extrapolations des données. Les informations recueillies complètent celles de la variable crédibilité ; en effet, suivant le type de lever de terrain, qui peut être : de reconnaissance, d'exploration, semi-détaillé, détaillé, de recherche, etc..., le point choisi pour l'étude correspond ou à un cas général ou à un cas particulier. Il peut parfois même s'agir d'un choix aléatoire. En fournissant ces renseignements, on tient compte dans une certaine mesure des besoins des divers utilisateurs du sol, car si le pédologue choisit ordinairement ses emplacements d'étude en fonction de son intérêt pédogénétique, il est intéressant pour l'agronome de savoir si le profil est représentatif du milieu ou non.

Les variables prises en compte dans cette rubrique sont les suivantes :

- Continuité de la couverture pédologique.

On précise le pourcentage de surface de l'environnement considéré occupé par la couverture pédologique concernée par l'étude, suivant les modalités ci-après :

1. *couverture pédologique continue* : couvrant plus de 80 % de la surface.

2. *couverture pédologique discontinue* : couvrant de 20 à 80 % de la surface.
3. *couverture pédologique très discontinue* : couvrant moins de 20 % de la surface.

Les éléments de discontinuité peuvent être de l'eau, des roches, des constructions, d'autres sols différenciés au niveau des sous-classes.

- Tendance pédogénétique générale.

Le choix proposé ici est tiré de la classification française C.P.C.S. Il est certain que cette liste reste ouverte et que l'on peut utiliser tout autre type de classification, mais en informant le lecteur.

1. *tendance non identifiée*
2. *Sols Minéraux Bruts*
3. *Sols Peu Evolués*
4. *Sols Isohumiques*
5. *Sols Brunifiés*
6. *Sols Lessivés*
7. *Sols Podzolisés*
8. *Sols Ferrugineux Tropicaux*
9. *Sols Ferrallitiques*
10. *Sols Ferrallitiques*
11. *Sols Hydromorphes*
12. *Sols Salsodiques*
13. *Sols Andiques*

- Statut du profil.

Cette variable précise les relations entre le profil étudié et la tendance pédogénétique générale. Quatre cas sont possibles.

1. *modal* - correspond aux limites de la classification de référence.
2. *d'apparement* - détermination hypothétique, mais se rapprochant d'une unité de référence.
3. *intergrade* - intermédiaire entre deux unités de classification.
4. *douteux*.

- Épaisseur de la couverture pédologique (jusqu'au sommet de l' horizon C). Il s'agit d'une épaisseur moyenne.

1. *épais* plus de 80 cm
2. *peu épais* de 40 à 80 cm
3. *mince* inférieur à 40 cm
4. *variable* en indiquant et en cadrant les écarts.

On peut aussi fournir tout simplement cette information en centimètres avec généralement une approximation de plus ou moins 10cm.

- Origine de la couverture pédologique.

Les renseignements recueillis dans cette variable font partiellement double emploi avec celle concernant le remaniement (rubrique Géologie). Il s'agit d'indiquer une ou deux dominantes parmi les modalités suivantes :

1. *origine éolienne* exemple Loess
2. *origine fluviale* exemple alluvions
3. *origine marine* exemple dépôts d'anciennes mangroves
4. *altération sans transport* : altération sur place, sans remaniement latéral, mais éventuellement avec possibilités d'effondrement de la structure de la roche décomposée sous-jacente.
5. *altération avec transport* : exemple solifluction sur calcaires.
6. *origine complexe*
7. *origine non identifiée.*

- Dynamique de la couverture pédologique.

Cette variable facultative est délicate à saisir, car elle fait appel à des données interprétatives. Cependant une information même subjective, à ce sujet, peut être intéressante pour les aménageurs ; pour le pédologue elle attire l'attention sur certaines possibilités d'évolution du sol. Six classes sont prévues :

1. *dynamique non identifiée*
2. *couverture en équilibre apparent* (pédoclimax !)
3. *couverture figée* : formation pédologique n'évoluant pas sous les conditions actuelles du climat.
4. *couverture en voie de formation* : sols jeunes déjà bien différenciés.

5. *couverture en voie de dégradation* : par des processus essentiellement physico-chimiques.
6. *couverture en voie d'érosion* : cette modalité de dégradation physique est isolée en raison de son importance agronomique.

A titre d'exemple, en région parisienne on peut observer des profils de Sols Brunifiés, modaux, épais, dans une couverture continue, de loess (éolien) décarbonaté (donc altéré sans transport), en voie d'érosion.

Erosion et/ou Apports.

Cette rubrique précise si nécessaire, le dernier alinéa du paragraphe précédent. Il s'agit de donner des informations sur toutes les traces d'érosion actuelles ou récentes, de quelque nature que ce soit, résultant de causes naturelles ou d'actions anthropiques. On fournit les renseignements suivants :

- Le type avec les modalités ci-après :

1. *ni érosion, ni apport.*
2. *battance (splash)-destruction des agrégats par les gouttes d'eau qui fouettent la surface du sol.*
3. *érosion en nappe-entraînement diffus en surface par l'eau qui ruisselle.*
4. *érosion en nappe ravinante* - décollement par l'eau et en plaques de tranches de sols de quelques centimètres d'épaisseur.
5. *érosion en rigoles* - petits sillons creusés par l'eau dont la profondeur et la largeur varient de quelques centimètres à un à deux décimètres.
6. *érosion en ravines* - canaux d'écoulement dont la profondeur et la largeur sont de l'ordre ou supérieur au mètre.
7. *érosion éolienne* - il y a rabottage et transport par le vent avec tri (déflation, vanage).
8. *apports éoliens* - voiles éoliens et dunes diverses.
9. *apports fluviaux* - sédimentation dans l'eau.
10. *apports par ruissellement* - remblaiements, atterrissements.
11. *apports par submersion* - par inondations, marées, avec colmatages fréquents.
12. *apports par colluvionnement* - transport par gravité éboulis par exemple.

- Intensité.

Lorsqu'il y a arrachement l'intensité s'apprécie par la reconnaissance des horizons atteints. On reconnaît ainsi :

1. *intensité faible* - seul le sommet de l'horizon A est atteint.
2. *intensité moyenne* - l'horizon B est atteint, la totalité des horizons A a été enlevée.
3. *intensité forte* - l'horizon C est mis à l'affleurement et parfois même les roches fraîches et leurs produits d'altération.

Quand il y a apports, on signale leurs épaisseurs moyennes ou extrêmes en centimètres ou en mètres suivant leur importance.

Pour les apports par le vent, on peut se référer aussi aux différentes formes d'accumulation présentées au chapitre sur la Géomorphologie.

- Localisation.

Dans le cadre de projets d'aménagement, cette information demande à être détaillée. Il est alors utile de fournir des indications sur les dimensions des griffes d'érosion, sur le pourcentage de surfaces érodées ou enterrées, sur leurs relations perceptibles avec certains facteurs : déboisement, construction de route, travail du sol, etc...

Ici on limite volontairement le choix entre deux modalités :

1. *localisée* - quelques traces sporadiques et limitées.
2. *généralisée* - traces fréquentes et communes.

2.6. ENVIRONNEMENT HYDROLOGIQUE.

L'importance écologique et pédologique du régime hydrique du sol est essentielle à déterminer. Il est important de bien analyser cette situation et l'on n'insistera jamais assez sur l'intérêt de cette rubrique. Remarquons d'abord que les dates d'intervention du prospecteur sur le terrain ne permettent pas toujours d'observer "de visu" la réalité des phénomènes hydrologiques. Il faut donc préciser la validité des données fournies suivant les trois modalités suivantes :

1. *d'après observation* - vue directe des faits.
2. *d'après déduction*, en interprétant les traits pédologiques ou ceux de l'environnement liés aux excès d'eau dans le sol.
3. *d'après information*, auprès d'un interlocuteur local avec toute la crédibilité que ceci implique.

Pour l'analyse de l'environnement hydrologique, les variables à prendre en compte sont :

- Nature du régime hydrologique.

Cette information signale s'il y a excès ou déficit d'eau dans une partie quelconque du sol. On reconnaît les cas suivants :

1. *régime non identifié.*
2. *régime de submersion* : excès d'eau arrivant à la surface du sol par ruissellement, inondation, débordement, marée, etc...
3. *régime d'engorgement* : l'eau s'accumule à un certain niveau du profil soit par ralentissement de drainage, soit parce que les apports sont supérieurs aux possibilités de percolation.
4. *régime de sécheresse relative* : le sol est normalement drainé sous un climat humide.
5. *régime de sécheresse* : le sol est "sec" pendant la plus grande partie de l'année (exemple en climats arides).
6. *régime contrôlé* : en cas d'assainissement ou d'irrigation artificielle.

- Durée de la submersion et/ou de l'engorgement.

Ces deux processus peuvent éventuellement jouer en même temps. On limite le choix à :

1. *temporaire* : saturation d'eau pendant moins de 3 mois par an.
régime subaquique.
2. *semi-permanent* : saturation d'eau pendant 3 à 9 mois par an.
régime aquique.
3. *permanent* : saturation d'eau pendant plus de 9 mois par an.
régime peraquique.

- Niveau (supérieur) de la submersion ou de l'engorgement.

Il s'agit de préciser la hauteur et les horizons atteints par la saturation en eau, données fournies, le plus souvent en centi-

mètres ou par pas de cinq centimètres pour le premier mètre à partir de la surface du sol. Signalons que la saturation peut être liée à la présence de véritables nappes aquifères.

- Battement.

On estime, si nécessaire, l'importance (la fourchette) des variations de niveau des nappes suivant deux modalités :

1. *battement inférieur à 1 mètre.*

Si la nappe est près de la surface du sol, il y a généralement accumulation de matière organique.

Si son toit n'atteint pas 40 cm de profondeur, il y a plutôt formation de gley.

2. *battement supérieur à 1 mètre.*

On observe la présence de pseudo-gley au niveau des horizons concernés.

Dans l'un et l'autre cas, on constate que l'information fournie sera très souvent déductive.

- Cause du régime hydrologique.

Cette information est très utile, car elle permet de prévoir la mise en oeuvre éventuelle de méthodes d'amélioration (d'assainissement) des sols. Les causes sont diverses, par commodité on limite le choix entre les modalités suivantes :

+ régime de submersion :

1. *pluies*
2. *fonte des neiges*
3. *exhaussement de nappes*
4. *débordement*
5. *marée*

+ régime d'engorgement :

1. *ruissellement hypodermique* : écoulement d'eau souterrain mais superficiel, immédiatement sous la surface du sol, se produisant après les pluies ; à rapprocher du drainage oblique.
2. *nappe à éclipses* : accumulation d'eau dans le sol formé sur un horizon imperméable et disparaissant entre les périodes de crues.

3. *nappe phréatique* : accumulation souterraine, mais suffisamment proche de la surface pour intéresser le sol. Elle est aussi la surface de la zone de saturation d'eau.
4. *infiltration* : écoulement souterrain mais superficiel dans les talwegs.
5. *venues profondes* : remontées de nappes profondes.
6. *causes indéterminées*.

Caractéristiques de l'eau.

Il est parfois nécessaire d'apporter des informations sur l'eau intéressant le sol, qu'il s'agisse d'eau de nappe, d'eau recueillie dans les drains, ou encore, d'eau utilisée à l'irrigation. Parmi les renseignements utiles on peut citer.

- Type d'eau ou origine de l'eau.

1. *eau non identifiée*.
2. *eau du sol* - extraite à la bougie poreuse.
3. *eau d'assainissement* - dans les drains.
4. *eau d'irrigation*.
5. *eau de nappe*.
6. *eau de source*.
7. *eau de pluie*.
8. *eau de ruissellement*.
9. *eau courante* - dans les rus, les rivières.
10. *eau lacustre* - dans les étangs, les lacs.
11. *eau de submersion*.

- Qualité de l'eau.

Il s'agit de fournir toute une série de caractéristiques, facilement accessibles sur le terrain, d'une manière simple de préférence en terme de présence/absence.

+ saveur :

1. *sans saveur*.
2. *sapide* mais non identifiée.
3. *légèrement salée*.
4. *salée*.

- + couleur :
 1. incolore.
 2. colorée.
- + limpidité :
 1. limpide.
 2. trouble.
- + odeur :
 1. inodore.
 2. odorante.
- + présence de gaz :
 1. sans gaz : absence de bulles.
 2. avec gaz : présence de bulles.

Enfin, il est éventuellement possible et de façon complémentaire de préciser si l'eau est circulante ou non, chargée en fines, contient des éléments en pseudosolution et lesquels etc... Par exemple en forêt équatoriale l'eau des rivières est généralement limpide mais colorée en brun par les acides fulviques.

- Acidité pH, conductivité.

Il s'agit de caractéristiques physiques mesurées sur le terrain.

- . le pH est noté à une décimale près.
- . la conductivité variant très largement suivant la nature de l'eau, on précise la valeur et l'unité de mesure (mmhos, μ mhos).

2.7. ENVIRONNEMENT VÉGÉTAL.

La rubrique sur l'environnement végétal concerne aussi bien la végétation naturelle que celle qui résulte de l'exploitation du sol par l'homme. Pour le pédologue de terrain cet environnement se caractérise par les variables suivantes :

- Type de formation végétale.

Il s'agit d'une description générale basée sur les critères suivants, utilisés seuls ou en combinaison : formation ligneuse haute (plus de 8 mètres), formation ligneuse basse (moins de 8 mètres), formation herbacée, d'où les modalités ci-après.

1. *formation ligneuse haute dense* : seule la strate arborescente est d'une importance significative et son recouvrement dépasse 75 %.
2. *formation ligneuse haute* : le recouvrement de la strate arborescente est compris entre 25 et 75 %.
3. *formation ligneuse claire* : le recouvrement de la strate arborescente est inférieur à 25 %.
4. *formation ligneuse haute et basse* : exemple d'une futaie de chênes avec un taillis de charmes.
5. *formation ligneuse basse* : exemple du taillis de coudriers.
6. *formation ligneuse haute et herbacée* : exemple forêt de savane.
7. *formation herbacée et ligneuse haute* : exemple savane parc.
8. *formation herbacée et ligneuse haute et basse* : savane arborée.
9. *formation herbacée, arbustive et ligneuse basse* : exemple savane arbustive.
10. *formation herbacée* : exemple = prairie, steppe à alfa,...
11. *végétation très claire* : le recouvrement total ne dépasse pas 20 %. exemple = pseudo-steppe sahélienne à bois armé.
12. *sol nu*.

- Nom commun de la formation végétale ou forme.

Cette information est notée en clair (commentaire) ou en code suivant une liste qui est à dresser suivant les régions étudiées. Pour les pays tropicaux on peut se référer à l'ouvrage de TROCHAIN J.L. 1957. Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique Tropicale. Bull. Institut d'Etudes Centre-Africaines. Nouv. série, n° 13-14, pp. 55-93, repris en partie dans le "vocabulaire de l'environnement pédologique tropical" édité par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique en 1978.

Une liste de formations de la végétation existe également pour la France.

- Structure de la formation végétale.

Cette rubrique sert à mettre en évidence la régularité ou l'irrégularité horizontale (latérale) et verticale (hauteur) du peuplement végétal considéré. Cette information peut être en relation éventuelle avec certains facteurs édaphiques. Les modalités sont les

suivantes :

1. *structure verticale et horizontale régulières.*
2. *structure verticale régulière et horizontale irrégulière.*
3. *structure verticale et horizontale irrégulières.*
4. *structure verticale irrégulière et horizontale régulière.*

- Hauteur des différentes strates éventuelles en mètres.

On peut distinguer :

1. *strate arborée A.* ligneux supérieurs à 8 mètres.
2. *strate arbustive a.* ligneux inférieurs à 8 mètres.
3. *strate suffrutescentes s.* bruyères, genêts, ajoncs, etc...
4. *strate herbacée h.*
5. *strate muscinale m.* mousses diverses.

- Couverture du profil.

Cette variable signale la présence et la nature de la couverture végétale à l'emplacement même du profil, suivant le cas ci-après :

1. *tapis végétal et couvert présent.*
2. *tapis végétal sans couvert.*
3. *couvert sans tapis végétal.*
4. *couvert et tapis végétal absents.*

Le tapis végétal, généralement composé de plantes herbacées (graminées etc...), de mousses, de lichens, parfois de ligneux bas (bruyères), participe à la formation de l'humus et isole le profil des actions directes des agents atmosphériques (insolation, érosion, etc...). Le couvert, composé d'arbres isolés ou appartenant à une forêt est producteur d'ombre, d'humus, de grosses racines, etc...

L'analyse de la couverture et du recouvrement au niveau du profil permet d'apprécier les possibilités d'ensoleillement à la surface du sol et influent sa réflectance, donc les possibilités d'exploitation des données de télédétection (photographies aériennes, données satellites, etc...) en cartographie pédologique.

- Recouvrement.

Cette variable caractérise l'aire de projection de la couverture végétale sur le sol. Elle s'exprime en %. On peut considérer

soit le recouvrement total, soit le recouvrement par strates (le total peut être alors supérieur à 100 %). En pratique, il s'agit d'une approximation à plus ou moins 10 % près. L'ensoleillement au sol, lorsqu'il existe, aide à cette appréciation.

Il est parfois intéressant d'assigner les données à des classes de recouvrement - pour des traitements statistiques par exemple. Le Glossaire de l'Environnement pédologique d'Informatique et Biosphère (1971) offre le choix entre :

1. <i>très clairsemé</i>	recouvrement de 0 à 5 %
2. <i>extrêmement ouvert</i>	recouvrement de 5 à 10 %
3. <i>très ouvert</i>	recouvrement de 10 à 25 %
4. <i>ouvert</i>	recouvrement de 25 à 50 %
5. <i>assez ouvert</i>	recouvrement de 50 à 70 %
6. <i>peu ouvert</i>	recouvrement de 75 à 90 %
7. <i>fermé</i>	recouvrement de plus de 90 %

Un problème se pose en hiver pour les espèces à feuillage caduc. Le recouvrement est alors réduit, ce qui permet des comparaisons intéressantes avec les périodes à développement maximum des feuilles (méthode diachronique).

- Taxons dominants.

On donne en clair ou en code, après avoir arrêté une liste, le nom des espèces végétales dominantes et caractéristiques, si possible par strate et en ordre décroissant. Il n'apparaît pas indispensable à ce niveau de faire des relevés botaniques exhaustifs, mais de se limiter aux espèces ayant une importance écologique et économique certaines.

- Adaptation.

Il est parfois possible et utile de noter la valeur indicatrice de la végétation ou de certains de ses aspects (aspect physiologique par exemple) qui traduisent l'adaptation à des propriétés du sol ou à des conditions naturelles (lumière, vent, feu, etc...). Cependant des réserves s'imposent quant à la crédibilité de ces informations, en raison notamment des contingences locales. Il est donc important de signaler si l'adaptation de telle ou telle espèce ou groupement

d'espèces est non évidente, douteuse, probable.

Compte-tenu de ces restrictions, on a le choix parmi de nombreuses modalités.

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1. au facteur acidité | 9. au facteur lumière |
| 2. au facteur azote | 10. au facteur ombre |
| 3. au facteur calcaire | 11. au facteur rocher |
| 4. au facteur chaleur | 12. au facteur sable |
| 5. au facteur eau | 13. au facteur salant |
| 6. au facteur feu | 14. au facteur sécheresse |
| 7. au facteur gypse | 15. au facteur vent |
| 8. au facteur humidité | etc... |

Résidus Végétaux.

Il s'agit éventuellement d'informer sur la nature et l'état des résidus végétaux à la surface du sol. Ces données sont importantes car elles sont souvent en relation avec les types de composés humiques sous-jacents ; elles sont à rapprocher des critères de reconnaissance des horizons organiques, traités plus loin. Les modalités à considérer sont les suivantes.

- Nature des résidus végétaux.

On les désigne généralement par ordre d'importance décroissante en quantité et en qualité, en considérant tout particulièrement la dynamique de la matière organique.

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 1. avec des aiguilles | 6. avec des lichens |
| 2. avec des feuilles | 7. avec des brindilles |
| 3. avec des palmes | 8. avec des fruits |
| 4. avec des fougères | 9. avec des écorces |
| 5. avec des mousses | |

- Etat de décomposition et degré de celle-ci.

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. résidus | 1. décomposés |
| 2. résidus verts et secs | 2. partiellement décomposés |
| 3. résidus secs | 3. peu décomposés |
| 4. très peu de résidus visibles | 4. non décomposés |
| 5. pas de résidus visibles | |

2.8. ENVIRONNEMENT HUMAIN.

On analyse ici, lorsqu'elles existent, les formes et les conséquences de l'action de l'homme sur les transformations du milieu naturel qui concernent le sol étudié, dans son environnement immédiat.

La première variable à saisir est :

- Mode d'occupation du terrain (ou type d'occupation).

Il s'agit du mode d'occupation actuel modifié ou non par l'homme. Les modalités adoptées par les pédologues francophones (ACCT - 1978) sont tirées de la classification mondiale des "Land-uses" établie par l'Union Géographique Internationale. Comme il s'agit d'une structure hiérarchisée, le pédologue peut se placer suivant besoin à divers niveaux, en choisissant de préférence celui où l'information est la plus précise. Les catégories principales sont en majuscules, leurs subdivisions en minuscules.

1. *Occupation non identifiée.*
2. *SITE URBAIN*, comprenant les zones résidentielles, commerciales, industrielles et les terrains non agricoles assimilés : aéroports, camps militaires, carrières, etc...
3. *Carrière en exploitation.*
4. *Carrière abandonnée.*
5. *HORTICULTURE* : toute culture intensive de légumes et "petits fruits" (autres que ceux des vergers), faite ou non dans des buts commerciaux.
6. *ARBORICULTURE* : vergers, vignobles, oliveraie, pins à résine, plantations d'hévéas, cacaoyères, caféières, etc...
7. *verger monospécifique.*
8. *verger mixte*, comportant plusieurs espèces d'arbres fruitiers.
9. *vignoble.*
10. *arboriculture avec culture en sous-étage* (exemple des oasis).
11. *AGRICULTURE*, aussi bien mécanisée que manuelle.
12. *monoculture* : une plante revient chaque année sur elle-même (rizières, canne à sucre).
13. *culture en rotation.*

14. culture à jachère prolongée.
15. PRATICULTURE, herbages entretenus et améliorés par fumure, chaulage, semi de regarnissage, etc...
16. pâturage.
17. pré de fauche.
18. prairie mixte : pâturage et fauchage alternatifs.
19. PATURAGE NATUREL, nombreuses formations naturelles sont pâturées, on peut se référer à celles-ci.
20. parcours par petit bétail.
21. parcours par gros bétail.
22. terrains agricoles abandonnés (friches).
23. FORET, on se réfère aux caractères morphologiques du peuplement quel que soit son âge.
24. forêt dense caducifoliée, couvert fermé.
25. forêt dense résineuse.
26. forêt dense mixte.
27. forêt claire caducifoliée, couvert non fermé, tapis herbacé ou suffrutescent important.
28. forêt claire résineuse.
29. forêt claire mixte.
30. taillis sous futaie.
31. taillis, recrû forestier par rejet de souches.
32. broussaille par exemple le maquis.
33. forêt marécageuse, en eau douce ou salée (mangrove).
34. forêt avec cultures accessoires : revenu principal fourni par les produits ligneux.
35. blanc-etoc, non encore reboisé.
36. TERRAINS HUMIDES tels les marais (swamp), les marécages (marsh), tourbières à sphaignes (bog), à laiches (fen), etc... mais non boisés.
37. SABLES BRUTS.
38. dunes.
39. estran.
40. ROCHES.
41. pierriers.
42. EAUX COURANTES.
43. EAUX STAGNANTES.

- Ancienneté d'utilisation.

Cette variable apparemment simple est parfois difficile à définir. C'est le cas, en particulier, des très vieilles jachères en régions steppiques, de toutes les forêts secondaires des pays tropicaux. En Europe, pratiquement tous les terrains ont été, à un moment ou l'autre, touchés par l'homme. Par convention on se réfère uniquement au type d'utilisation actuelle : ainsi par exemple si une forêt, même plantée, est abattue pour faire place à une agriculture céréalière, on ne tiendra compte que de l'âge de cette dernière. Les modalités retenues sont les suivantes :

1. *utilisation non identifiée.*
2. *utilisation très récente, depuis moins de 3 ans.*
3. *utilisation récente, entre 3 et 10 ans.*
4. *utilisation ancienne, entre 10 et 30 ans.*
5. *utilisation très ancienne, depuis plus de 30 ans.*

Les formes et les conséquences de l'action de l'homme sur la transformation du milieu naturel sont multiples. Pour une analyse exhaustive de celles-ci on peut se reporter au chapitre "Environnement Humain" du Glossaire de l'Environnement I et B (1971) déjà cité.

Il n'apparaît pas cependant nécessaire pour le pédologue de terrain d'effectuer une enquête aussi complète qui relève plutôt du domaine de l'agronome. On a donc limité les variables à celles qui ont trait aux travaux d'améliorations foncières qui modifient profondément la surface du sol et son couvert, ainsi que l'organisation des horizons supérieurs des profils.

Les variables à prendre éventuellement en compte sont les suivantes :

- Type d'assainissement.

On renseigne de travaux tendant à éliminer l'excès d'eau du sol, à savoir :

1. *pas d'assainissement.*
2. *assainissement souterrain par drainage (drains divers enterrés).*
3. *assainissement sans drainage par sous-solage en particulier.*
4. *assainissement par fossés à ciel ouvert, en précisant s'il y a lieu si les fossés sont bien ou mal entretenus.*

Concernant l'entretien des fossés, il faut signaler qu'il est lié à l'efficacité du traitement et que "mauvais entretien" n'est pas systématiquement synonyme de mauvaise exploitation. Ainsi, par exemple, en milieu forestier tempéré, la régénération par semis d'une chênaie en terrain mouilleux (sol lessivé hydromorphe en particulier), exige pendant les 10/15 premières années, la réalisation d'un réseau de fossés ouverts de 40/50 cm de profondeur pour éviter l'asphyxie des jeunes racines et favoriser leur développement en profondeur. L'entretien des fossés ne présente plus d'intérêt lorsque le peuplement atteint le stade fourré, la végétation assurant alors elle-même le rabattement de la nappe au niveau des racines par évapotranspiration.

- Modalités du type d'assainissement.

- + écartement des drains ou des fossés, en mètres.
- + profondeur des drains ou des fossés, en centimètres.

- Irrigation.

Cette variable se définit par elle-même. On a le choix entre les modalités suivantes :

1. pas d'irrigation.
2. irrigation par gravité.
3. irrigation par aspersion.
4. irrigation par submersion.
5. irrigation par conduits souterrains.
6. irrigation localisée : procédé goutte à goutte.

Il est parfois utile de préciser les caractéristiques de l'eau d'irrigation en renvoyant à la rubrique "qualité de l'eau" lorsque celle-ci est décrite.

- Travaux de mise en valeur.

Il s'agit des travaux perturbant plus ou moins fortement le modelé ou la morphologie de la surface du terrain, en choisissant dans la liste ci-après :

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 1. par nivellement | 5. par planches |
| 2. par buttes | 6. par banquettes |
| 3. par ados et diguettes | 7. par terrasses |
| 4. par billons | 8. par labours |

- | | |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 9. <i>par défoncement</i> | 12. <i>par travaux indéterminés</i> |
| 10. <i>par sous-solage</i> | 13. <i>pas de modification</i> |
| 11. <i>par épierrage</i> | |

- Présence et types de clôtures.

Cette variable peut influencer les processus de ruissellement et d'érosion et, dans ce cas, il est intéressant de préciser cette information. On indique s'il y a :

1. *pas de clôtures*
2. *clôtures vives* - haie, rangées de joncs, d'arbres, etc...
3. *clôtures mortes ou artificielles* : murs de pierres sèches, fascines, etc...
4. *clôtures diverses*

- Modifications phytologiques.

On signale les stades de transformation de la végétation naturelle ou artificielle par l'homme. On peut distinguer les modalités suivantes :

1. *aucune modification*
2. *déboisement*
3. *brûlis*
4. *reboisement*
5. *friche*
6. *défrichage*
7. *éclaircissement*
8. *enrichissement*

- Stade d'exploitation forestière.

1. *coupe récente*
2. *coupe rase*, le peuplement est abattu dans sa totalité en une seule fois.
3. *semis*, les tiges d'essence ligneuses sont non ramifiées, irrégulièrement réparties et associées à des espèces herbacées.
4. *fourré*, les tiges ligneuses sont ramifiées, atteignent le genou et couvrent le sol.
5. *gaulis*, peuplement jeune dont les tiges varient de quelques centimètres à moins de dix centimètres de diamètre.

6. *perchis*, jeune futaie où toutes les tiges sont à l'état de perches (diamètre maximum de l'ordre du décimètre).
7. *futaie*, peuplement formé de brins issus de semence ; la régénération se fait en une seule fois;
8. *taillis*, peuplement exploité régulièrement à courts intervalles (20/25 ans) et se régénérant par rejets de souches.
9. *taillis-sous-futaie*.
10. *exploitation anarchique*, pas de plan visible d'exploitation.

- Intensité d'exploitation.

Valable pour tous les modes d'exploitation : culture, élevage, forêt.

On limite le choix à :

1. *exploitation intensive*, intervention et contrôle humain permanent.
2. *exploitation extensive*, intervention humaine sporadique.

- Situation du profil dans la parcelle.

Cette caractéristique éventuelle permet d'expliquer la présence de certains artéfacts, par exemple présence de débris ligneux, d'éléments grossiers à l'emplacement d'anciens andains, d'anciennes limites, d'anciennes aires de chargement, etc... Les cas possibles sont nombreux :

1. *près de la limite de la parcelle.*
2. *au centre de la parcelle.*
3. *en haut de la parcelle.*
4. *en bas de la parcelle.*
5. *dans une planche d'irrigation.*
6.

la liste reste ouverte.

- Situation du profil par rapport aux arbres.

Cette information permet d'interpréter si nécessaire, certaines anomalies dans la taille et l'action mécanique du système racinaire. Il faut remarquer que pour des raisons de commodité, les pédologues implantent les profils généralement à des emplacements éloignés des grands arbres. On signale donc si le profil se situe :

1. entre deux rangées d'arbres.
2. sur une rangée d'arbres.
3. à x mètres d'un arbre.

3. DESCRIPTION DES HORIZONS DU PROFIL.

Sous l'influence des facteurs du milieu (conditions climatiques, activités biologiques), les quelques mètres supérieurs de la croûte terrestre se différencient avec le temps en strates successives de caractéristiques variées, mais dont l'ensemble n'est pas quelconque. Un sol s'est individualisé. Pour l'étudier, le pédologue creuse une tranchée et en examine la coupe. Il observe ainsi une succession verticale de couches grossièrement parallèles à la surface, couches qu'il appelle *horizons*. L'ensemble des horizons qui se succèdent de bas en haut constitue un *profil* et celui-ci est censé caractériser le *volume sol*.

L'horizon est ainsi "*une unité principale d'organisation*" qui constitue le niveau majeur d'hétérogénéité vertical du sol (1969-ORSTOM - Glossaire de pédologie pour la description des horizons).

Les horizons ont une morphologie spécifique qu'il faut décrire et cette description, en retour, contribue à l'identification du sol. L'énumération des caractéristiques de la morphologie montre que la description d'un profil de sol est une opération longue et complexe qui demande beaucoup de temps, même pour un pédologue entraîné. Cette opération doit être menée avec soin, objectivité et rien ne doit être oublié. Il est donc pratiquement impossible d'effectuer ce travail sur tous les profils observés. On limite généralement cette étude exhaustive à ceux des profils qui sont considérés comme représentatifs des problèmes retenus (définition d'une unité cartographique par exemple). Pour l'étude des extensions latérales du sol, lequel est rappelons-le un volume, on effectue des observations plus rapides et des vérifications par sondage. Il est intéressant de préciser les dimensions du profil prises en compte pour ces études.

- verticalement, la profondeur considérée doit permettre l'observation de tous les horizons constitutifs du profil et cela jusqu'au

matériau originel. Cette profondeur est variable suivant les sols, de quelques centimètres pour les moins évolués, à plus de dix mètres chez certains sols tropicaux. Les profondeurs sont donc arrêtées cas par cas. Signalons cependant que les dimensions les plus courantes avoisinent le mètre.

- latéralement, l'observation doit permettre l'étude des variations et des discontinuités horizontales des horizons qui peuvent être biseautés, ondulés, discontinus, etc... Là aussi il est difficile d'arrêter des règles strictes. Pour simplifier, disons que l'on se place généralement à l'échelle de l'observateur, à savoir celle du mètre.

Le catalogue des mots présentés ici offre un grand choix de variables ; mais il est à remarquer que ce choix est indépendant d'un horizon à l'autre, ce qui pose des problèmes au niveau de la saisie des données (problème des manquants en particulier). Les horizons d'un même profil sont décrits successivement de haut en bas, depuis l'horizon le plus superficiel jusqu'à la roche sous-jacente non transformée par la pédogenèse. Les différentes rubriques pour la description des horizons sont les suivantes :

1 - Epaisseur.

L'épaisseur de l'horizon correspond à la différence entre la cote de sa limite supérieure et celle de sa limite inférieure. On note donc la profondeur de toutes les limites entre les horizons. Les profondeurs se mesurent au centimètre près, à partir de la surface du sol, c'est-à-dire, de la limite supérieure du premier horizon observé quelle que soit sa nature, organique ou minérale. Il n'y a donc plus de cote négative, comme il était anciennement d'usage pour la description des horizons organiques.

Pour les sols possédant une litière organique abondante, on fait débiter les mesures du sommet de l'horizon F formé de débris végétaux légèrement décomposés, tassés, mais dont la structure et l'origine sont encore reconnaissables à l'oeil nu, et l'on néglige l'épaisseur de l'horizon L qui concerne les feuilles récemment tombées et les autres débris végétaux apparemment intacts et non tassés dont la présence est passagère en cours d'année.

La mesure de la profondeur de la limite entre deux horizons, donc la limite inférieure de l'horizon sous-jacent, n'offre ordinairement que peu de difficultés, mais elle peut poser aussi des problèmes plus compliqués. En effet, les limites ne sont pas toujours tranchées et parallèles à la surface du sol ; les transitions peuvent être aussi progressives et de formes diverses (ondulées, discontinues, etc...). Il est alors indispensable de tenir compte de ces aspects. Pour cela, on utilise deux variables :

- netteté, qui concerne la largeur de transition entre deux horizons, avec les modalités :

1. *très nette, abrupte ou raptique* - contact direct et tranché.
2. *nette ou brutale* - transition inférieure à 2 cm.
3. *distincte* - transition de 2 à 5 cm.
4. *graduelle* - transition de 5 à 12 cm.
5. *diffuse ou progressive* - transition supérieure à 12 cm.

En fonction de l'épaisseur de l'horizon, la notion de netteté de la limite basée sur l'épaisseur, en valeur absolue, de la transition n'a pas toujours la même signification. Par exemple : une transition de 3 cm est qualifiée de distincte, mais si elle se situe à la base d'un horizon de 5 cm d'épaisseur, on devrait plutôt la considérer comme diffuse. C'est pourquoi la tendance actuelle est de noter simplement en centimètres l'écart de la transition, donnée que l'on peut rapprocher de l'épaisseur de l'horizon.

- Régularité, désigne la forme de la transition qui peut être :

1. *régulière* - la limite est grossièrement parallèle à la surface du sol.
2. *ondulée* - la limite présente des sinuosités plus larges que profondes.
3. *irrégulière* - la limite montre des sinuosités plus profondes que larges. Les formes allongées et profondes sont souvent appelées langues (tongues).
4. *discontinue ou interrompue* - les parties d'horizon ne sont plus jointives ; elles forment des poches, des lentilles séparées.

Compte-tenu de ces différents aspects, les informations sur la profondeur des horizons sont notées comme suit :

- *cas des limites régulières et ondulées.*

On note la profondeur moyenne de la limite inférieure de l'horizon. Si la transition vers l'horizon sous-jacent n'est pas nette, on prend la limite à la mi-hauteur de la transition.

- *cas des limites irrégulières ou discontinues.*

Les profondeurs mesurées correspondent aux cotes extrêmes de la base de l'horizon et on sépare généralement les deux valeurs trouvées par une barre oblique. Si la transition est marquée, on situe les limites en son milieu.

- *cas de la base du profil.*

Si la base de l'horizon décrit ne correspond pas à une limite naturelle d'horizon, il faut signaler ce fait en considérant par exemple cette base comme une limite irrégulière fictive dont la cote minimum est celle de la base du profil et la cote maximum une valeur élevée non crédible - 110/999.

Si le profil se termine par une couche imperméable (roche, croûte, cuirasse, etc...) pour laquelle on donne des éléments de description en plan, on peut, de la même façon, noter deux fois la cote du sommet de l'horizon induré, par exemple 220/220.

- enfin, quand la transition entre deux horizons est très diffuse (plus de 15 cm), il peut être commode de considérer cette transition comme un horizon particulier et d'en donner ses limites.

2 - Etat d'humidité.

Il s'agit de donner une appréciation subjective de l'état d'humidité de l'horizon au moment de la description. Cette variable est intéressante car elle conditionne toute une série de caractéristiques tant physiques (couleur, structure, consistance, etc...) que chimiques (acidité, pH, teneurs en sels solubles, etc...).

On distingue les quatre états suivants :

1. sec - l'humidité est inférieure au point de flétrissement ; elle correspond approximativement au séchage d'un échantillon

à l'air. Elle coïncide avec l'apparition de certains comportements physiques groupés sous le nom de fragilité et de la disparition de toute plasticité.

2. *frais ou légèrement humide* - l'humidité se situe entre le point de flétrissement et la capacité au champ ; l'échantillon est friable.
3. *humide* - l'humidité est voisine de celle de la capacité au champ ; il y a absence d'eau libre.
L'échantillon est plastique s'il est suffisamment argileux.
4. *très humide, ou parfois noyé* - l'eau libre est présente ; elle sature tout ou partie de la porosité de l'horizon. Un échantillon tend à se déformer sous son propre poids.

3 - Couleur.

La détermination de la couleur est une des premières opérations qui a été appliquée à la reconnaissance des sols. De nombreux termes vernaculaires dérivent de cette application : *chernozium, gravi nigra, sols bruns, etc...*

Il s'agit d'une information souvent importante car elle synthétise des données d'interprétation en ce qui concerne la fertilité et la pédogenèse. Elle est universellement utilisée et de grands progrès pour son analyse ont été réalisés ces dernières années.

Dans la mesure du possible il faut éviter de dénommer subjectivement la couleur des horizons, ce qui est une source fréquente de confusion. Pour cela, on se réfère à un code de couleur et le plus usuellement utilisé actuellement est le "*Munsell Soil Color Chart*".

La nomenclature de ce code consiste en deux systèmes complémentaires :

- une notation alphanumérique qui offre sous une forme condensée des possibilités de manipulations informatiques ;
- des termes en clair utiles pour les publications et la vulgarisation.

Pratiquement les pédologues n'utilisent que les notations alphanumériques. Celles-ci consistent en l'arrangement de trois variables :

- la teinte ou "hue", parfois appelée gamme, qui indique la couleur spectrale dominante. A chaque "hue" correspond une planche codée dans le coin supérieur droit, le code se composant de l'initiale majuscule de la couleur précédée d'un nombre décimal variant de 0 à 10 par pas de 2,5. Par exemple 7,5 YR correspond à une couleur composée d'un mélange de 75 % de jaune (Yellow) et de 25 % de rouge (Red).

- la clarté ou "value" se rapporte à la luminosité relative de la couleur. Elle correspond à un gris, mélange de noir absolu codé zéro et de blanc codé 10. La notation utilise des chiffres arabes suivis d'un baton oblique à gauche de la planche et de bas en haut, par pas de un. Par exemple 4/ correspond à un gris composé de 4 parties de blanc et 6 parties de noir.

- la pureté ou "chroma" ou encore intensité correspond à la pureté relative de la couleur spectrale. Il s'agit d'un mélange de hue et de value, donc d'une couleur et d'un gris, dont les propositions sont définies par le chroma. Ces proportions sont notées en chiffres arabes de 0 à 8 par pas de 1 et/ou de 2 en bas de la planche et de gauche à droite, l'intensité augmentant avec une tonalité grise décroissante.

Les trois variables sont assemblées dans l'ordre de présentation, par exemple 5(YR 3/4 qui correspond à un brun rougeâtre foncé (dark reddish brown).

Le "Munsell Soil Color Chart" comprend normalement 175 cartons colorés ou "chips" qui servent de comparateurs. Une planche spéciale a été établie pour les Sols hydromorphes à base de N (neutre) G (vert) et B (bleue).

Pour des raisons de commodité, bien que cela soit possible, il n'est plus conseillé d'utiliser les sigles intermédiaires. Comme la couleur varie avec l'état d'humidité du sol, sauf indication contraire, la couleur indiquée correspond à l'état d'humidité défini au début de la description de l'horizon.

De nombreux constituants du sol participent à la coloration des horizons : la matrice, les éléments grossiers, la matière organi-

que, les revêtements, certaines figurations pédologiques (concrétions, nodules, cuirasses, etc...). Il importe donc de bien préciser sur quels matériaux portent les mesures. La variable couleur correspond dans ce paragraphe à la couleur de fond de la matrice. Elle est notée sur la terre fine. Elle est la couleur uniforme ou dominante de l'horizon. Par couleur uniforme, il faut entendre celle qui reste semblable à elle-même sur l'ensemble considéré, tout en admettant éventuellement de légères variations inférieures à une unité de valeur (clarté) et/ou de chroma.

La couleur dominante est celle qui marque plus de la moitié en surface de l'horizon ; elle est associée à des taches contrastant de plus de une unité de valeur et/ou de chroma.

La notation de la couleur des taches et des éléments figurés fait l'objet d'autres rubriques.

4 - Taches.

Les taches sont décrites lorsque les différences de couleurs sont supérieures à une unité de valeur et/ou de chroma par rapport au fond matriciel. Si l'horizon est bariolé, on retient la couleur de fond de la matrice par comparaison avec les horizons voisins.

Les taches prises en compte sous cette rubrique sont celles qui correspondent à des processus d'hydromorphie et/ou de dégradation. La couleur des autres figurations pédologiques seront décrites dans les rubriques ad hoc. Des difficultés peuvent se présenter quand il y a tendance au concrétionnement par concentration d'éléments qui font taches sur le fond matriciel, concentration de sesquioxydes par exemple. On lève l'ambiguïté en éliminant de la description toutes les taches dont l'induration est supérieure à celle de la matrice, qui seront étudiées à la rubrique éléments secondaires.

Les variables de la description des taches sont les suivantes.

- Variété des taches.

On décrit généralement au maximum deux types de taches. S'il y en a plus, on signale que l'horizon est bariolé et on décrit les deux principaux types.

Les modalités retenues sont les suivantes :

1. *pas de taches*
2. *un type de taches*
3. *deux types de taches*
4. *horizon bariolé*, plusieurs couleurs, de taille éventuellement variées et occupant des surfaces sensiblement équivalentes sont identifiables. Il n'y a pas de couleur de fond.
5. *taches polychromes ou horizon tacheté*, ensemble de taches très fines et/ou de nature composite, pour lesquelles il est difficile de donner une caractérisation précise des couleurs. On fournit uniquement la couleur de fond en précisant "avec taches polychromes".

- Abondance des taches.

Il s'agit d'une estimation du recouvrement en superficie des taches sur le mur de l'horizon. A cet effet, on utilise des croquis modèles (schémas de références pour l'estimation des surfaces).

On distingue les cas suivants :

1. *taches peu nombreuses*, moins de 2 % de la surface totale.
2. *taches assez nombreuses*, de 2 à 20 % de la surface totale.
3. *taches nombreuses*, de 20 à 50 % de la surface totale.
4. *taches très nombreuses*, plus de 50 % de la surface totale.

On peut aussi donner une estimation en pour cent.

- Couleur.

On utilise l'indice Munsell pour deux types éventuels.

- Dimensions.

On note les dimensions modales (fréquence la plus élevée), d'après le diamètre apparent, ou l'épaisseur des traits. Les données sont fournies en millimètres. Mais on peut aussi distinguer les pas suivants :

1. *finés*, dimensions inférieures à 5 mm.
2. *moyennes*, dimensions entre 5 et 15 mm.
3. *grandes*, dimensions supérieures à 15 mm.

et indiquer éventuellement les combinaisons de ces diverses modalités.

- Formes et orientation.

Celles-ci sont variées et ont souvent des valeurs interprétatives intéressantes ; il ne faut donc pas négliger leur reconnaissance.

On reconnaît des formes :

1. *irrégulières,*
2. *arrondies,*
3. *en trainées horizontales,*
4. *en trainées verticales,*
5. *en trainées obliques,*
6. *en trainées orthogonales,*
7. *en trainées quelconques - sans orientation préférentielle,*
8. *en raies, épaisseur de l'ordre du millimètre,*
9. *en bandes, épaisseur de l'ordre du centimètre,*
10. *de formes complexes,*
11. *de formes non identifiées.*

- Contraste des taches.

Cette variable est éventuellement déterminée par la facilité de distinction des taches par rapport à la matrice. Les termes utilisés sont les suivants :

1. *peu contrastées, "hue" et "chroma" sont semblables ; la "value" peut varier.*
2. *contrastées, différence de 2,5 en "hue" et/ou de plus de 1 mais moins de 3 en "value" et "chroma".*
3. *très contrastées. différence d'au moins 5 en "hue" et/ou de 3 en "value" et/ou "chroma".*

- Netteté des limites des taches.

Cette variable se caractérise en appréciant l'épaisseur de la transition entre les taches et la matrice :

1. *peu nettes, le changement de couleur s'opère sur plus de 2 mm.*
2. *nettes, le changement de couleur s'opère sur moins de 2 mm.*
3. *très nettes, contact brutal ; les bords sont tranchés.*

- Association ou distribution relative des taches.

Il s'agit de préciser si les taches sont liées à un ou à des traits pédologiques particuliers que l'on distingue seul ou en association :

1. *liées aux faces des agrégats structuraux,*
2. *associées aux vides,*
3. *associées aux racines,*
4. *associées aux éléments grossiers,*
5. *sans relations visibles avec d'autres caractères.*

- Nature des taches.

En associant les caractères précédents, il est possible de déduire la nature des mécanismes ayant amenés à la différenciation des taches. Cette variable interprétative est intéressante pour l'utilisateur ; mais il faut éviter de tomber dans les conjectures. Les modalités retenues sont les suivantes :

1. *taches d'oxydation, large dominance de "taches rouilles" correspondant à l'oxydation des composés du fer et/ou du manganèse.*
2. *taches de réduction, large dominance des taches correspondant à la réduction des composés ferriques ; ces taches sont plus ou moins décolorées (N) si la réduction s'accompagne d'un transport ; elles sont colorées en gris-bleuâtre, en gris-verdâtre si la réduction est permanente (gley).*
3. *taches d'oxydo-réduction, proportions plus ou moins égales de taches réduites et de taches oxydées (pseudo-gley).*
4. *décapage, entraînement mécanique de particules argileuses laissant sur place des mouchetures plus ou moins décolorées de texture plus grossière que celle de la matrice.*
5. *altération, taches colorées dues à l'altération des éléments du squelette, généralement plus friable que ces derniers.*
6. *taches de nature non identifiée.*

L'analyse de la couleur a été exposée présentement sur des horizons non perturbés et à l'état d'humidité au jour de l'observation. Quand le sol est sec (sous climat aride par exemple), il est parfois intéressant d'humidifier artificiellement (par un jet de

pissette) un échantillon, d'observer et de noter éventuellement le changement de couleur. Une forte différence de ces valeurs entre l'état sec et humide est une caractéristique de certains sols. La couleur à l'état humide artificiel est donnée après disparition du film liquide.

On peut noter aussi les différences existant entre la couleur de l'horizon en place et celle d'un échantillon broyé entre les doigts et de même entre les faces et l'intérieur des agrégats. Ces différences sont parfois des caractéristiques de reconnaissance, utilisées en particulier dans la "Soil Taxonomy". Il faut en tenir compte et définir un code approprié si nécessaire.

5 - Matière organique.

La matière organique est un composant essentiel du sol. Elle influence de nombreuses propriétés édaphiques comme la couleur, la structure, la consistance, etc .. et s'interprète souvent en termes de fertilité et d'aménagement. Son étude est indispensable. Cependant les critères habituels de son observation sur le terrain sont grossiers, peu précis et prêtent souvent à interprétation. L'imperfection de cette information oblige à des déterminations complémentaires de laboratoire qui sont longues et onéreuses. On assiste actuellement à de nombreux efforts dans le domaine de l'analyse morphologique de la matière organique du sol et des solutions nouvelles sont proposées. Elles restent cependant imparfaites pour l'homme de terrain. En particulier, il est difficile, sinon impossible d'appliquer la classification des humus forestiers aux humus culturaux. Les descriptions de ces derniers sont rares.

Les variables présentées ci-après s'appliquent principalement aux milieux forestiers et/ou aux milieux naturels peu perturbés. On regrette cette limitation que l'on espère temporaire. Sous la rubrique matière organique, on entend caractériser la matière organique non vivante du sol parfois appelée humus au sens large. On exclue donc toute la matière organique vivante des organismes supérieurs, en particulier les racines qui seront traitées plus loin.

Les différents horizons du sol caractérisés entre autre par la présence de matière organique, peuvent être regroupés en plusieurs

ensembles.

- les horizons organiques qui contiennent plus de 17 % de Carbone organique (environ 30 % de matière organique totale) divisés suivant les conditions hydriques du milieu en :
 - + horizons tourbeux ou horizons H qui se composent d'une couche organique formée principalement à partir de mousses, joncs, laiches, matériel ligneux, etc... et saturée d'eau pendant des périodes prolongées ;
 - + horizons non tourbeux ou horizons O, formés principalement à partir de feuilles, ramilles, matériel ligneux, etc..., ordinairement non saturé par l'eau sauf pendant de courtes périodes ;
- les horizons minéraux contenant moins de 17 % de C organique, matière organique dont la structure originelle n'est pas reconnaissable, divisés suivant les teneurs en humus en
 - + horizons à matière organique décelable ; ce sont les horizons Ah et Bh.
 - + horizons apparemment non organiques : horizons E, B, C etc.

La présence reconnue de matière organique oblige à l'emploi de variables particulières qui complètent celles habituelles de la description des horizons et que l'on traite dans les rubriques correspondantes, tels que la couleur, la structure, les revêtements, etc... Ces variables spécifiques sont :

- présence et forme de la matière organique.

La matière organique du sol peut se reconnaître sous diverses formes, seule ou en mélange, suivant le degré d'émiettement et de décomposition du matériau ligneux et/ou herbacé accumulé en surface. On peut indiquer si nécessaire deux modalités parmi les suivantes, la première étant toujours la plus importante.

1. *débris*, organes végétaux identifiables, non fragmentés L ou Ol.
2. *résidus*, organes végétaux identifiables, plus ou moins fragmentés et portant des traces diverses de décomposition F ou Of.
3. *humus*, substances très décomposées, avec peu ou pas de fragments végétaux identifiables H ou Oh ou Ah.
4. *matière organique non directement décelable*, on suppose son

existence par des caractères de couleur A1 - Bh.

5. *apparemment non organique.*

Pour les horizons tourbeux (H), l'état de décomposition se caractérise au moyen de l'échelle de von POST.

1. *non décomposée*, structure des plantes distincte ; en passant entre les doigts l'eau suinte claire et incolore.
2. *extrêmement peu décomposée*, structure des plantes distincte ; l'eau suinte claire et de couleur brun jaunâtre clair.
3. *très faiblement décomposée*, structure distincte ; eau un peu trouble et brune ; aucune substance tourbeuse ne passe entre les doigts ; résidus non bourbeux.
4. *faiblement décomposée* : structure distincte ; eau trouble ; pas de substances tourbeuses passant entre les doigts ; résidus assez bourbeux.
5. *moyennement décomposée* : structure tendant à disparaître, mais encore apparente ; eau brune très trouble ; un peu de tourbe s'échappe entre les doigts ; résidu bourbeux.
6. *décomposée*, structure indistincte ; un peu de tourbe s'échappe entre les doigts ; résidu très bourbeux, visqueux qui révèle des structures végétales non observées avant la compression.
7. *fortement décomposée*, structure peu distincte mais encore reconnaissable ; environ la moitié de la tourbe s'échappe entre les doigts.
8. *très fortement décomposée*, structure très peu apparente ; les 2/3 de la tourbe passent entre les doigts ; le résidu se compose de matériaux résistants, débris ligneux, fibres radiculaires, etc...
9. *presque complètement décomposée*, structure difficilement identifiable ; presque toute la masse passe entre les doigts.
10. *entièrement décomposée*, sans structure végétale visible ; la totalité du matériau passe entre les doigts.

Entre cette échelle et la nomenclature des horizons, les correspondances sont approximativement les suivantes :

indice	1 à 3	H1	- fibrique
indice	4 à 7	Hf	- mesique
indice	8 à 10	Hh	- humique

D'une façon générale, on peut apprécier le degré de décomposition de la matière organique en frottant l'échantillon entre les mains et en estimant par rapport au total le pourcentage de fibres restantes (test fibres frottées).

- Degré de liaison avec les éléments minéraux.

Il s'agit d'une appréciation visuelle des possibilités et des formes d'association entre la matière organique colloïdale ou humus s.s. et le complexe minéral. Cette information est assez subjective, et elle doit être souvent précisée par des études plus approfondies. Mais elle est intéressante car elle aide à l'interprétation des profils et à la définition des types d'humus.

On se limite à quelques données simples :

1. *non identifié*, liaison non définie.
2. *juxtaposition*, la matière organique, plus ou moins décomposée, est juxtaposée, c'est-à-dire mise côte à côte des éléments minéraux.
3. *revêtements*, la matière organique recouvre d'une mince pellicule les agrégats ou les composants minéraux du sol.
4. *liaison vraie*, présence évidente de complexes organo-minéraux intimement associés.
5. *forte liaison*, complexes argilo-humiques très stables, avec agrégats bien structurés.

- Types d'humus.

En confrontant les données précédentes, on peut déboucher sur un classement des humus. Les données exposées bien qu'encore provisoires, sont néanmoins universellement acceptées, surtout en ce qui concerne l'humus des milieux normalement drainés. Les regroupements présentés s'appuient sur des éléments morphologiques primaires qui dénotent des différences fondamentales quant aux processus de pédogenèse. Les différenciations s'appuient sur la présence ou l'absence d'horizons organiques diagnostiques, le degré d'incorporation de la matière organique humifiée en sol minéral et la solidité des liens entre les fractions organiques et minérales. Poussant plus loin l'analyse, on peut effectuer de nouvelles subdivisions en se basant

sur des traits morphologiques secondaires tels la structure, l'épaisseur et des mesures analytiques simples comme l'acidité pH qui permet d'apprécier le degré de désaturation de ces matériaux.

Ces principes ne peuvent être utilisés sur le terrain par l'examen d'un seul horizon, ce qui explique les difficultés rencontrées à les appliquer à la définition des humus culturaux quand la litière est incorporée à la matrice. Pour les appliquer, il faut pouvoir comparer la nature et les relations des horizons organiques de la litière aux horizons minéraux de surface ; donc tout d'abord reconnaître les horizons organiques diagnostiques quand ils existent. Ce sont quand le milieu est normalement drainé :

- la couche L ou litière "sens stricto", composée de feuilles récemment tombées et d'autres débris végétaux apparemment intacts. Cet horizon est rarement pris en compte car sa présence est éphémère et liée à l'époque de chute des feuilles ;

- la couche F, horizon organique formé par des débris végétaux légèrement décomposés dont les structures et l'origine sont encore reconnaissables à l'oeil nu. On le rencontre à la fois dans le MODER et le MOR.

- la couche H, où la décomposition des débris végétaux est avancée - beaucoup d'humus fin -, de sorte qu'il est impossible de reconnaître la structure et l'origine des organismes végétaux initiaux.

Compte tenu de ces couches, on reconnaît les humus suivants:

1. MULL, il correspond à une litière de décomposition rapide et intense ; l'humus ainsi formé s'associe intimement au sol minéral et il n'y a ni horizon F, ni horizon H. Le contact entre la couche L et la partie supérieure du sol proprement dit est tranchée et il est facile de nettoyer la surface de sa litière éventuelle. Au pas, le sol ne montre aucune élasticité. On observe en surface et dans la masse de l'horizon de nombreuses traces d'activité biologique, actions d'une microfaune fousseuse active, composée principalement de vers de terre. Les lombricidés mêlent intimement l'argile à la matière organique et laissent de nombreuses déjections ou leurs traces. En profondeur la transition avec l'horizon sous-jacent est graduelle. L'ensemble de l'horizon est friable, poreux, de couleur foncée, gris-

brun à noire, à structure développée.

2. MODER, il correspond à un horizon F, généralement mince, formé des restes de plantes feuillues, partiellement décomposées et finement divisées par la faune à base de micro-arthropodes, passant à un horizon A1 composé de granules organiques mêlés (juxtaposés) à des grains minéraux non liés. Le mélange de ces particules s'effectue par des processus purement mécaniques sans formation de complexes organo-minéraux. Les grains minéraux sont sales. La microfaune absorbe peu de matière minérale de sorte que les déjections sont essentiellement organiques. De plus elle est peu fousseuse ; il en résulte que le mélange de matière organique ne se réalise que sur une faible épaisseur ; l'horizon A1 est mince, quelques centimètres. S'il devient dominant par rapport à F et que l'on observe un début de liaison entre les grains on distingue un moder mulleux. La limite inférieure du moder est toujours distincte. Le sol est assez élastique au pas.
3. MOR, en dehors de la couche L, le mor se compose essentiellement de deux horizons : l'horizon F, formé de débris partiellement décomposés mais reconnaissables de tous les étages de la végétation, y compris les mousses et les lichens ; l'ensemble est feutré ou tassé et souvent pénétré de nombreux hyphes mycéliens.
 - l'horizon H en état de décomposition très avancé, où il est très difficile de reconnaître les débris végétaux.

Cet ensemble forme ce que l'on appelle souvent l'humus brut et l'importance relative des horizons F et H varie fortement donnant ainsi de nombreuses variétés de Mor. Il repose sur le sol minéral sans s'y mélanger. Les grains minéraux sont généralement lavés et brillants et l'ensemble est lessivé. Les déjections d'animaux sont rares ou absentes. Le sol est très élastique au pas.

Quand le milieu est mal drainé on reconnaît deux types d'horizons organiques :

- les horizons tourbeux qui ont déjà été traités précédemment.
- l'ANMOOR qui est un humus organo-minéral hydromorphe constitué

d'une partie minérale gris sombre ou noir, friable, sans structure, enrichi de matière organique finement dispersée, bien humifiée, avec une petite quantité de résidus coprogènes. L'horizon est boueux lorsqu'il est gorgé d'eau, terreux lorsque modérément trempé. Il ne contient pas de débris végétaux formant une couche distincte. Il est généralement associé en profondeur à un horizon à gley.

6 - Texture.

La notion de texture correspond ici à l'ensemble des propriétés résultant directement de la taille des constituants du sol. L'estimation effectuée lors de la description de l'horizon concerne uniquement les éléments minéraux inférieurs à 2 mm, ce qu'on appelle généralement terre fine ; les éléments plus grossiers seront décrits dans les rubriques "ad hoc". On détermine la texture en écrasant et en roulant un échantillon de l'horizon entre les doigts, si possible à l'état sec et puis à l'état humide. Suivant le comportement du matériau au traitement, on estime la texture en notant en premier les particules qui paraissent dominantes et en second celles qui leur succèdent en pourcentage. La dénomination peut être aussi donnée par référence à un triangle de texture, le plus simple pour l'homme de terrain paraissant être le triangle de JAMAGNE (1966).

Notons qu'il ne faut pas confondre texture et granulométrie. Ce dernier terme se rapporte à la composition granulométrique réelle, c'est-à-dire aux proportions de constituants de diamètre bien défini déterminée en laboratoire. La texture concerne une réaction à certaines manipulations simples et la concordance entre les deux termes est loin d'être parfaite, ceci résultant en particulier de la nature minéralogique des argiles ; ainsi une kaolinite est moins plastique et plus friable qu'une montmorillonite. De même les teneurs en matière organique fine et les charges en carbonates ou en sels peuvent modifier sensiblement les réactions au toucher. Cependant avec un peu d'expérience, on arrive rapidement à de bonnes estimations, les réactions principales étant les suivantes :

- *argiles* : à l'état humide est plastique, colle facilement et salit fortement les doigts ; elle est très résistante à l'état sec.

- *limons fins* : en sec, donne une impression douce, comparable à celle du talc au toucher ; quand il est humide, il forme difficilement un pâton et s'effrite ; il salit peu les doigts.
- *limons grossiers, sables fins* : ils crissent entre les doigts et donnent une certaine impression de rugosité.
- *sables grossiers* : ils s'observent "de visu".

- Dénomination des classes de texture.

Les termes utilisés pour dénommer la texture sont peu nombreux :

A pour argile, argileux, argilo = particules de taille inf. à 2 μ

L pour limon, limoneux, limono = particules de 2 à 50 μ

S pour sable, sableux, sablo = particules de 50 à 2000 μ .

On peut distinguer aussi :

limons fins = Lf ou L (2 à 50 μ) des limons grossiers = Lg (50 à 200 μ)

sables fins = Sf (200 à 500 μ) des sables grossiers = Sg (500 à 2000 μ).

Les termes utilisés sont notés par un ensemble de ces sigles, le premier étant toujours le plus important en pourcentage :

ainsi SL = sable limoneux ou texture sablo-limoneuse.

LAS = limon argilo-sableux ou texture limono-argilo sableuse.

- Nature minéralogique des sables.

Cette caractéristique peut être éventuellement utile pour déterminer l'origine minéralogique du matériau sol. On note une ou plusieurs des modalités suivantes :

1. à sables ferrugineux
2. à sables siliceux ou quartzeux
3. à sables calcaires
4. à sables micacés
5. à sables feldspathiques
6. à sables gypseux
7. à sables non déterminés.

7. Éléments grossiers.

Par éléments grossiers on entend tous les constituants minéraux dont la taille moyenne est supérieure à 2 mm et qui sont d'origine lithique, c'est-à-dire résiduels de la décomposition des roches. On les distingue ainsi des éléments secondaires figurés qui sont des traits résultant de processus pédogénétiques et qui seront traités plus loin.

Ces matériaux peuvent marquer profondément la morphologie du sol en agissant en particulier sur l'infiltration des eaux de percolation, sur le développement et la croissance des racines, etc... Il est donc intéressant de les décrire pour eux-mêmes et pour leurs effets sur la différenciation des horizons, à travers les variables suivantes :

- Abondance.

On estime globalement au niveau de l'échantillon le volume relatif occupé par les éléments grossiers. Ceci peut être donné à 10 % d'après les pourcentages de surface couverte sur le mur de l'horizon en se référant à des schémas (cf. couleur). Remarquons que cette estimation peut être difficile si l'on a affaire en même temps à des éléments de tailles très différentes et on peut éventuellement la remplacer par des pesées avant et après élimination de la terre fine. En tout état de cause, il est important de préciser s'il y a ou non présence d'éléments grossiers :

1. *sans éléments grossiers,*
2. *teneur approximative en éléments grossiers %.*

- Dimensions.

Il est habituel de caractériser les éléments grossiers par les classes de dimensions suivantes :

1. G - Graviers = diamètre moyen compris entre 2 et 20 mm.
2. C - Cailloux = diamètre moyen compris entre 2 et 7,5 cm.
3. P - Pierres = diamètre moyen de 7,5 à 20/25 cm.
4. B - Blocs = diamètre moyen supérieur à 25 cm.

pour chaque horizon il est éventuellement prévu la possibilité de mentionner trois classes, notées par ordre d'importance décroissante.

On peut aussi combiner les deux variables dimensions/abondances pour établir des tableaux de classes d'éléments grossiers suivant le schéma ci-après.

% d'éléments grossiers	graviers	cailloux	pierres	blocs
< 2 %	très peu de G	très peu de C	très peu de P	très peu de B
2 - 15 %	peu de G	peu de C	peu de P	peu de B
15 - 30 %	graviers	cailloux	pierres	blocs
30 - 50 %	G abondants	C abondants	P abondants	B abondants
> 50 %	G très abon.	C très abon.	P très abon.	B très abon.

Généralement et par raison de commodité, on s'en tient à la première solution, ainsi par exemple : 30 % GP correspond à 30 % d'éléments grossiers avec d'abord des graviers, puis des pierres.

- Nature.

On informe ici de la nature lithologique des différentes classes d'éléments grossiers. Si nécessaire, on note autant de natures qu'il y a de possibilités et généralement par ordre décroissant d'abondance. Les termes utilisés sont pris dans la liste des noms de roches précédemment citée. Cette liste peut être adaptée aux régions étudiées, mais il est souhaitable qu'elle soit tirée d'une liste plus générale universellement admise.

- Formes.

Cette variable concerne la description des éléments grossiers dominants ; mais si nécessaire et important, il est également possible de définir la forme des éléments de chaque nature.

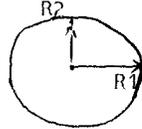
On peut retenir les modalités suivantes :

1. *arrondis,*
2. *allongés anguleux,*
3. *allongés émoussés,*
4. *aplatis anguleux*

5. aplatis émoussé,
6. irrégulier anguleux,
7. irrégulier émoussé,
8. de formes diverses.

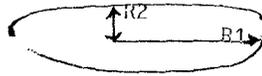
pour allonges, on peut proposer les bornes suivantes :

$$\frac{R1}{2} < R2 \leq R1$$



pour aplatis :

$$R2 \leq \frac{R1}{2}$$



- Orientation.

Cette information est intéressante, surtout quand elle est couplée à la précédente, en ce qui concerne entre autre le drainage, la pénétration des racines, le mode de mise en place des constituants du sol. On prévoit les données suivantes d'après l'orientation préférentielle du plus grand allongement des éléments grossiers ou de leur distribution.

1. horizontale,
2. verticale,
3. oblique,
4. quelconque,
5. festonnée - en forme de guirlandes - souvent caractéristiques de processus de solifluction.

- Altération.

Il s'agit ici des seules modifications chimiques liées à la décomposition des roches. Les processus physiques qui provoquent l'émiettement des matériaux lithiques ne sont pas envisagés sous cette variable puisqu'ils sont inclus implicitement dans les classes de dimensions. Les transformations chimiques sont caractérisées en termes simples, strictement morphologiques ; des définitions plus précises sont difficiles. L'information est donc parfois douteuse et il faut la considérer avec réserve.

On a retenu les modalités suivantes :

1. *non altérés* : pas de traces d'altération visibles.
2. *peu altérés* : quelques traces d'altération, décoloration ou imprégnation par des solutions ferrugineuses, sans modification mécanique notable, suivant une mince pellicule (1 mm) autour des fragments.
3. *altérés* : décoloration et perte de la forme cristalline dans les parties externes des fragments (sur plus de 1 centimètre) les parties internes restant apparemment intactes ; la résistance mécanique originelle est relativement conservée.
4. *très altérés* : tous les minéraux, sauf les plus résistants (quartz par exemple) sont décolorés et altérés jusqu'au coeur des fragments ; la résistance mécanique a fortement baissé ; la roche s'écrase facilement.
5. *non identifiés*.

8 - Effervescence.

Les carbonates, en particulier le carbonate de calcium, a une profonde influence sur la différenciation et la morphologie des horizons; en particulier il oriente l'évolution de la matière organique ; il freine le lessivage de l'argile; il stabilise la structure du sol, etc... Il est donc essentiel de signaler sa présence éventuelle. Pour cela on utilise le test d'effervescence, en posant des gouttes d'acide chlorhydrique au 1/3 (environ 4 N) sur la face de l'horizon et l'on précise l'intensité et la localisation de l'effervescence.

- Intensité de l'effervescence.

Il s'agit d'apprécier et de noter avec les termes suivants l'importance du foisonnement lié au dégagement d'acide carbonique lorsque l'acide attaque les carbonates.

1. *pas d'effervescence* : aucune bulle de CO_2
2. *faible effervescence* : quelques bulles, à peine visibles, mais dégazage nettement perceptible à l'oreille (petits craquements).
3. *moyenne effervescence* : les bulles forment une couche continue simple, à la surface.
4. *forte effervescence* : vive réaction avec formation de plusieurs couches superposées, souvent salies par la terre fine.

- Localisation de l'effervescence.

Plusieurs constituants et/ou organisations des horizons peuvent faire effervescence ; cette information est importante, car elle aide à comprendre le dynamisme des carbonates et par suite a un rôle interprétatif important pour le classement et l'appréciation de la fertilité du sol. Quatre modalités sont définies.

1. *effervescence généralisée* : tous les constituants de l'horizon réagissent à l'acide.
2. *effervescence localisée à la matrice* : limitée à la terre fine.
3. *effervescence localisée au squelette* : limitée aux éléments grossiers.
4. *effervescence localisée aux éléments secondaires* : limitée aux traits pédologiques.

9 - Éléments figurés secondaires.

Cette rubrique aborde l'étude de toutes les formes concrétionnaires, accretionnaires, etc... de nature diverse, trouvant leurs origines dans des phénomènes d'évaporation, cristallisation, précipitation, etc... et qui sont d'origine pédologique. Plusieurs groupes particuliers sont à considérer ici : les éléments calcimagnésiques, les éléments à oxydes et/ou hydroxydes, les efflorescences et croûtes salines, les figurations siliceuses, celles à sulfures, etc... Certains profils peuvent comporter des éléments appartenant à plusieurs de ces groupes et un système complet de description doit être prévu pour chacun d'eux. Toutefois la description comporte un certain nombre de variables comparables dans tout ou partie des groupes précédents. Voici ces variables communes.

- Abondance.

Comme chez les éléments grossiers, on donne une estimation en % du volume de sol occupé par les figurations pédologiques.

- Dimensions.

On utilise les mêmes instructions que pour la description des taches ; le choix se limitant dans l'état actuel de nos connaissances à :

1. *fins* inférieur à 5 mm
2. *moyens* de 5 à 15 mm
3. *grossiers* plus de 15 mm

- Couleur.

Est notée suivant le Code MUNSELL, avec possibilité de distinguer au moins deux couleurs.

- Forme.

La caractérisation de la forme apporte une information intéressante car elle est souvent spécifique du mode de formation et du type de constituants. Elle aide à l'interprétation pédogénétique. Il s'agit naturellement de la description des formes visibles à l'oeil nu et exceptionnellement à la loupe sur le terrain. Elle peut être complétée si nécessaire par un examen microscopique en laboratoire.

On peut reconnaître les formes suivantes :

1. *diffus*, l'élément est apparemment réparti de manière homogène dans tout ou partie de l'horizon. Il s'agit d'une accumulation sans consolidation, même à sec.
2. *en taches*, l'élément occupe un volume délimité du fond matriciel; sa cohésion est comparable ou légèrement supérieure à celle de la matrice ; les taches ne sont jamais isolées mais groupées.
3. *en pseudo-mycélium*, accumulations filiformes et anastomosées en position cutanique, soit à la surface des agrégats ou des grains du squelette, soit sur les parois des vides (fissures, pores).
4. *en amas* (ou nodules friables), individualisation d'éléments le plus souvent carbonatés ou gypseux, dont la cohésion est inférieure à celle de l'horizon.
5. *en nodules*, éléments indurés, à structure non concentrique possédant une cohésion supérieure à celle du matériau encaissant qui peuvent se diviser en :
 - pedodes* = nodules à intérieur creux, souvent tapissés de cristaux (geode)
 - septarias* = nodules avec craquelures radiales ou concentriques.

6. *en encroûtement*, accumulation généralisée consolidant irrégulièrement l'horizon, sans induration ni transformation de sa structure originelle, mais pouvant durcir à l'air. Ils sont souvent calcaires.

On peut distinguer :

- des encroûtements pulvérulents : sans concentration localisée ; se réduit en poudre à l'écrasement.
- des encroûtements nodulaires : contient des nodules (pour le calcaire) ou des amas durcis dits en "tête d'épingle" (pour le gypse).
- des encroûtements à feuillets durcis : dans les encroûtements calcaires, montrant des petites croûtes feuilletées de 1 à 2 cm d'épaisseur, ondulées et généralement fragmentées.

7. *en croûte*, accumulation généralisée à tout l'horizon, le cimentant dans sa totalité ou quasi totalité et présentant souvent dans sa partie supérieure une structure lamellaire. On peut les diviser en :

- croûtes continues : pas de traces de dislocation dans le profil ou en surface.
- croûte démantelée : montrant des fractures ouvertes avec communications fréquentes entre les horizons sus et sous-jacents.
- croûte conglomératique : cimentant des matériaux grossiers qui peuvent être eux-mêmes des débris d'une croûte plus ancienne.

8. *en dalles*, accumulations massives, continues, dures, en général sans traces de structure.

9. *en pellicules rubanées*, accumulations cutaniques superposées observées sur les faces des croûtes ou des dalles.

10. *en pellicules d'arrachement*, minces cuticules qui s'arrachent d'une roche en voie d'altération lorsqu'on la sépare de la matrice.

11. *en accrescences*, accumulations d'aspect bourgeonnant principalement sous des matériaux grossiers.

12. *en macrocristaux*, par exemple des gypses fer de lance.
13. *en revêtements autour d'éléments grossiers* (chlamydiqne).
14. *en concrétions*, éléments indurés à structure concentrique.
15. *en carapaces*, accumulation continue se généralisant à tout un horizon, mais peu cimentées et indurées se fragmentant à la main.
16. *en cuirasses*, accumulation continue se généralisant à tout un horizon ; fortement cimentées, indurées, doivent être fragmentées au marteau ; elles sont constituées en majorité de sesquioxides.

Les cuirasses sont de structures variées, ces structures dépendant principalement des types de processus d'accumulation et des caractéristiques physico-chimiques des pièges d'immobilisation. Elles peuvent donc avoir une signification pédogénétique. De plus leurs aspects spécifiques ne permettent pas de les décrire avec les termes retenus pour la description des agrégats du sol. Il faut donc utiliser un langage particulier et il est intéressant d'en décrire les modalités. On reconnaît ainsi des :

- cuirasses massives: homogènes d'aspect, souvent denses et compactes.
- cuirasses gréseuses: des matériaux de type sableux sont liés par un ciment homogène.
- cuirasses conglomératiques ou poudingiformes : des éléments grossiers de tailles au moins égales à celles des graviers sont noyés dans un ciment fin.
- cuirasses pisolithiques: des éléments plus ou moins ronds, indurés, à structure concentrique, sont cimentés par une pâte plus ou moins abondante et homogène.
- cuirasses lobées: la structure hétérogène est constituée de plages irrégulières, d'aspect amiboïde, à contours nets, plus ou moins contrastés.
- cuirasses lamellaires: la structure est ordonnée dans le sens vertical et correspond à une série de lits indurés horizontaux superposés et reliés par des pans du même matériau constitutif.
- cuirasses alvéolaires ou encore vacuolaires : le fond induré

continu est plus ou moins craticulé ou réticulé, les dimensions des vides remplis de matériaux meubles augmentant généralement du haut vers le bas de l'horizon.

- cuirasses scoriacées ou encore spongieuses : qui rappelle la structure des scories volcaniques ou des éponges ; la densité apparente est généralement peu élevée.
- 17. *en blocs cuirassés*, il s'agit de morceaux, d'une cuirasse démantelée, de grande taille (souvent de l'ordre du mètre).
- 18. *en gravillons*, fragments de cuirasses de la taille moyenne des graviers, au maximum de celle des cailloux, de forme plus ou moins nodulaire. Les matériaux sont usés sur leurs franges et fréquemment recouverts d'une patine secondaire brune ou noire.
- 19. *en efflorescences*, structure soufflée, parfois poudreuse où s'observent en mélange matériaux minéraux (sables, argiles) et cristaux de sels.
- 20. *en croûtes salines*, accumulation de sels dans tout l'horizon, le cimentant dans sa totalité ou quasi-totalité.
- 21. *lithomorphes*, accumulation dans des morceaux de roches, dont la structure est conservée, par pseudomorphose de certains minéraux.

- Nature des éléments secondaires.

On note ici la nature par ordre d'importance des matériaux constitutifs des figurations pédologiques décrites.

- | | |
|--------------------|------------------------|
| 1. calcaire | 9. chlorures |
| 2. gypse | 10. sulfates |
| 3. gypso-calcaire | 11. carbonate de soude |
| 4. sesquioxydes | 12. soufre |
| 5. ferrugineux | 13. sulfure |
| 6. ferro-alumineux | 14. silice |
| 7. manganésifère | 15. non identifiée. |
| 8. sels solubles | |

- Distribution relative ou localisation des éléments secondaires.

Il s'agit de préciser la distribution des éléments figurés par rapport aux constituants de l'horizon et à leur organisation.

On peut reconnaître les modalités suivantes :

1. *distribution généralisée* : les éléments figurés apparaissent avec régularité dans l'ensemble de l'horizon.
2. *distribution localisée* : les éléments figurés apparaissent par plages séparées et irrégulièrement dans l'horizon.
3. *revêtant les faces des agrégats structuraux*, ces revêtements doivent être distingués des argilanes et autres revêtements argileux.
4. *sur la paroi du profil*, il s'agit d'un effet de surface lié au creusement de la fosse d'observation.
5. *autour des racines*.
6. *autour des éléments grossiers*, fait partiellement double emploi avec le n° 12 de la rubrique forme et éventuellement le n° 9.
7. *le long des fentes de retrait ou des fissures*.
8. *sans distribution particulière ou distribution non déterminée*.

- Induration, ou cimentation désigne une consistance dure et fragile endurée par des agents liants autres que les minéraux argileux. Il est important de noter le degré d'induration des éléments secondaires, aussi bien d'un point de vue pédogénétique (degré d'évolution du sol) que d'un point de vue agronomique (contraintes aux travaux agricoles, au labour par exemple) en rappelant que l'induration dont il s'agit ici concerne la cimentation des matériaux et non celle qui est liée aux effets de la dessiccation. En effet, si l'on met l'échantillon cimenté dans l'eau, il ne s'effrite pas, quel que soit le temps de contact. On distingue les degrés suivants :

1. *pulverulent*, la figuration est moins dure que la matrice ; elle se pulvérise facilement en se réduisant en poudre.
2. *induration faible*, figuration plus dure que la matrice ; se casse aisément à la main, mais s'écrase avec difficulté entre les doigts (force inférieure à 8 kg f.)
3. *induration moyenne*, ne se casse plus à la main, mais aisément au coup de marteau (force entre 8 et 80 kg f.)
4. *induration forte*, ne se casse qu'après plusieurs coups de marteau ; celui-ci tend à rebondir au choc ; la cassure est conchoïdale (force supérieure à 80 kg f.).

10 - Structure.

La structure du sol exprime le mode d'assemblage des particules élémentaires du sol en particules composées appelées agrégats (peds en anglais). Un agrégat est un solide géométrique naturel qui conserve une forme individuelle, spécifique, déterminée, lorsqu'on le manipule doucement. Il est constitué principalement par les éléments de la terre fine et éventuellement par des inclusions d'éléments grossiers, liés entre eux par des forces de cohésion variées plus ou moins réversibles. Chaque agrégat est séparé des agrégats voisins par des surfaces de moindre résistance, ou par des vides.

Ces assemblages naturels ne doivent pas être confondus avec :

- les mottes dues à des contraintes extérieures (labour par exemple),
- les fragments causés par rupture de la motte,
- les éléments figurés secondaires décrits précédemment.

L'agrégation de l'horizon est sensible à son degré d'humidité. Les échantillons secs ont les structures les mieux exprimées ; elles sont beaucoup moins nettes sur échantillons humides. Ces différences sont dépendantes de la stabilité de la structure à l'eau. Elles peuvent être une caractéristique importante du sol. Il faut donc observer attentivement et objectivement ces figurations.

La description de la structure fait appel à trois ensembles de données :

- le degré de développement de la structure qui a trait à une évolution plus ou moins marquée de l'agrégation ;
- le type de structure qui concerne la forme et l'arrangement des agrégats ;
- la taille ou classe de la structure qui fait référence aux dimensions des agrégats.

- Degré de développement ou netteté de la structure.

Il s'agit d'exprimer en termes simples la différence entre la cohésion à l'intérieur des agrégats et l'adhérence entre agrégats. Pour estimer le degré de développement de la structure, on casse doucement l'échantillon entre les doigts, de façon à faire apparaître les faces naturelles : une partie du matériau reste agrégé en polyèdres

caractéristiques, une autre s'effrite en constituants élémentaires et l'on compare les proportions relatives des deux fractions.

La structure est :

1. *peu nette*, quand les unités structurales sont mal formées ; il y a quelques unités structurales entières mélangées à une masse dominante de matériaux élémentaires.
2. *nette*, quand les unités structurales sont bien formées, distinctes sur l'échantillon, mais assez difficilement perceptible sur le profil ; il y a une majorité d'unités structurales entières mélangées à un peu de matériau meuble.
3. *très nette*, quand les unités structurales sont stables et distinctes et s'observent facilement sur le profil en place. L'échantillon se décompose presque uniquement en unités structurales entières.

Quand il n'y a pas d'agrégats, on dit que le sol est non structuré ; on utilise parfois aussi les termes de "fondu", "massif", etc... quand l'horizon est cohérent, sinon il est à structure particulière.

- Type de structure.

Le type de structure concerne la forme géométrique des agrégats et leur arrangement suivant des plans horizontaux ou verticaux ou/et encore autour d'un point ; dans ce dernier cas les agrégats ne s'emboîtent pas ou seulement imparfaitement les uns dans les autres et laissent entre eux de nombreux vides. Lors de l'observation il faut conserver sur l'échantillon prélevé l'orientation de l'organisation structurale du sol.

La description des types de structure comporte les modalités suivantes :

1. *massive* : absence d'agrégats structuraux, ensemble cohérent.
2. *particulaire (ou élémentaire)* : absence d'agrégats structuraux ensemble non cohérent de particules élémentaires, qui boulent sous leur poids à l'état sec.
3. *lamellaire* : agrégats arrangés selon des plans horizontaux ; à faces horizontales planes et arêtes anguleuses.

4. *squameuse* : structure lamellaire à bords relevés, seulement à la surface du sol.
5. *prismatique* : agrégats arrangés selon des plans verticaux, à faces verticales bien marquées, à arêtes anguleuses et à sommet plus ou moins planes.
6. *en colonné* : structure prismatique à sommets arrondis et à arêtes émoussées vers le haut.
7. *polyédrique anguleuse* : agrégats à faces planes et à arêtes anguleuses, sans orientation privilégiée ; les faces s'emboitent les unes dans les autres.
8. *polyédrique subanguleuse ou émoussée* : même type que le 7, mais à arêtes émoussées.
9. *cubique*, faces planes et orthogonales de dimensions comparables, arêtes anguleuses.
10. *en plaquettes obliques*, faces planes, légèrement gauchies presque toujours lissées et souvent striées (faces de glissement) à arêtes vives et à orientation préférentielle oblique, les agrégats forment parfois des coins.
11. *grenue ou granulaire*, agrégats sphéroïdaux, non poreux, en forme de grain de blé, ne s'emboitant pas l'un dans l'autre, jouant librement l'un par rapport à l'autre.
12. *grumeleuse*, agrégats formés de faces courbes d'orientations quelconques, poreux. Quand d'assez grande taille (1 cm) appelée parfois nuciforme.
13. *fibreuse*, structure particulière aux horizons organiques, les résidus végétaux fibreux mais tassés, sont encore bien reconnaissables.
14. *feuillettée*, entassement de feuilles plus ou moins décomposées.
15. *coprogène*, structure composée pour plus de moitié de déjections d'animaux, parfois plus ou moins remaniée, mais toujours reconnaissable.

- Taille de la structure ou classe.

Il s'agit de noter la largeur des agrégats pour les types verticaux, l'épaisseur pour les types horizontaux, ou une dimension moyenne pour tous les autres. Les dimensions sont données en millimètres. On indique généralement la taille la plus fréquente (mode).

On peut également reconnaître différentes classes selon les normes ci-après :

Classes	Type de Structure		
	grenue grumeleuse lamellaire squameuse	cubique plaquettes obliques polyédrique anguleux polyédrique subanguleux	prismatique en colonnes
très fine	< 1 mm	< 5 mm	< 10 mm
fine	1-2 mm	5-10 mm	10-20 mm
moyenne	2-5 mm	10-20 mm	20-50 mm
grossière	5-10 mm	20-50 mm	50-100 mm
très gross.	> 10 mm	> 50 mm	> 100 mm

- Relations entre deux types de structure.

Les agrégats dont il a été question précédemment correspondent à la structure la plus apparente, que l'on saisit en premier lors de l'observation. Mais il arrive que les agrégats s'assemblent en unités plus larges donnant ce qu'on appelle parfois une sur-structure, ou se subdivisent en unités plus petites qui caractérisent une sous-structure. Parfois encore on peut au sein d'un horizon donné, observer deux ou plusieurs types de structures, soit qui passent progressivement de l'une à l'autre, soit qui sont juxtaposées en plages individualisées. Le second type de structure peut être décrit avec les variables type, taille, netteté. Mais la nature de l'association entre les deux types structuraux décrits est caractérisée par une variable dénommée "relation", selon les modalités suivantes :

1. *intégrée*, le second type est une sur- ou une sous-structure.
2. *associée*, les agrégats des deux types passent progressivement de l'un à l'autre. On utilise parfois aussi les formes de ... à ..., ou structure X à tendance Y.
3. *juxtaposée*, les agrégats de formes différentes sont répartis en plages monotypes juxtaposées.

11. Porosité.

La porosité découle du volume des vides présents dans l' horizon. Sous la rubrique "porosité" on cherche à décrire l'espace poral en se limitant à ce qui est observable sur le terrain à l'aide de moyens simples, tout au plus avec une loupe.

D'une façon générale l'information fournie au niveau de l' horizon concerne : la porosité générale qui est une propriété complexe qui reflète les effets combinés de la structure du sol et de son degré de compactage et dont la détermination précise se fait au laboratoire ; les caractéristiques morphologiques spécifiques de cette porosité qui sont relevées "in situ", à savoir : la description des pores - ou porosité intrapédique - celle des fentes et des fissures ou porosité extrapédique, enfin celle des canaux divers découlant de l'activité biologique (action de la faune et des racines) ou porosité biologique. Pour des raisons de commodité, ce dernier aspect de la porosité est traité en fin de chapitre dans une rubrique spéciale.

- Porosité générale ou appréciation synthétique de la porosité.

Il s'agit là d'une appréciation subjective de l'espace poral qui fait intervenir l'expérience de l'observateur. Par exemple un horizon structuré, à agrégats stables, est beaucoup plus poreux qu'un sol tassé et compact, peu structuré. On laisse le choix entre les modalités suivantes :

1. *non identifié.*
2. *non poreux*, il n'y a pas de fentes, ni de pores ; l'horizon est imperméable à l'eau.
3. *peu poreux*, le volume des pores est inférieur à 20 % ; le matériau est généralement tassé et mal structuré.
4. *poreux*, le volume des pores se situe entre 20 et 40 % ; la structure est de peu à moyennement développée et modérément tassée.
5. *très poreux*, le volume des pores est supérieur à 40 % ; les sols sont très nettement structurés et les agrégats sont de taille fine à moyenne, non tassés.

- Description des pores.

Rappelons que la rubrique ne concerne que les pores vrais à l'exclusion des fentes et des galeries animales, et que les pores décrits ici sont ceux qui se situent au sein des agrégats structuraux ou dans la masse de l'horizon quand la structure n'est pas fragmentaire. Les variables de la description sont les suivantes.

- Abondance des pores.

L'observation porte sur l'agrégat cassé et à l'aide d'une loupe. Il faut faire attention au développement de l'espace poral dans le sens vertical et latéral. L'abondance de pores est difficile à définir en termes qualitatifs ; des expressions générales relatives, comme peu nombreux, nombreux, etc... sont, en général, suffisantes lorsque l'on compare les différents horizons d'un même profil. On peut cependant se référer à des normes, à savoir le nombre de pores par décimètre carré de surface observée en effectuant une moyenne de plusieurs comptages.

1. pas de pores,
2. pores très peu nombreux, moins de 15 pores par dm^2 (< 1 pour 10cm^2)
3. pores peu nombreux, de 15 à 75 pores par dm^2 (1-5/10 cm^2)
4. pores nombreux, de 75 à 200 pores par dm^2 (5-15/10 cm^2)
5. pores très nombreux, plus de 200 pores par dm^2 ($> 15/10 \text{ cm}^2$)

- Dimensions des pores.

On donne ici les dimensions du diamètre moyen (mode) de la section des pores en mm, d'après les normes suivantes et leurs associations éventuelles :

1. très fins, diamètre inférieur à 1 mm.
2. fins, de 1 à 2 mm de diamètre.
3. moyens, de 2 à 5 mm de diamètre.
4. larges, diamètre supérieur à 5 mm.

- Forme des pores.

Cette variable précise la continuité éventuelle des pores qui influe sur la circulation des solutions du sol. Les formes peuvent être aussi spécifiques de certains milieux. On reconnaît :

1. formes tubulaires ou cylindriques, la plus répandue de la porosité ouverte ; les parois sont parallèles.

2. *formes vacuolaires*, les parois sont de formes irrégulières, les canaux présentent des renflements et des rétrécissements qui peuvent perturber la circulation de l'eau du sol.
3. *formes vésiculaires*, une des porosités fermées les plus caractéristiques par ses formes arrondies ; elles concernent un ensemble de bulles dispersées dans la matrice et ne communiquant pas entre elles.
4. *formes intergranulaires ou interstitielles*, porosité qui résulte de l'assemblage des grains du squelette.

- Orientation des pores.

Il est intéressant de connaître le sens de la circulation des fluides liée au système poral ; cette polarité peut avoir une influence marquée sur la différenciation des horizons le long du profil et leurs variations latérales dans le paysage. Les canaux peuvent être :

1. *verticaux*,
2. *horizontaux*,
3. *obliques*,
4. *sans orientation dominante.*

- Fentes et fissures.

Il s'agit de noter et décrire aussi bien l'importance éventuelle des vides planaires entre les agrégats, que les fentes de retrait.

- Volume des vides entre agrégats.

Suivant le degré d'agrégation de l'horizon et son dessèchement, l'espace planaire entre les agrégats est plus ou moins marqué et peut présenter les modalités relatives suivantes :

1. *volume des vides très faible à nul entre agrégats.*
2. *volume des vides faible entre agrégats.*
3. *volume des vides assez important entre agrégats.*
4. *volume des vides important entre agrégats.*
5. *volume des vides très important entre agrégats.*

- Largeur et écartement des fentes.

On mesure, en millimètre, la largeur moyenne entre les lèvres des fentes et les dimensions ou écartement en centimètres de leur motif ; cela permet d'apprécier les possibilités de rétractation du sol et son importance au plan des aménagements (irrigation, passage d'engins, etc...).

- Disposition des fentes.

On informe ici de la continuité ou non entre horizons des fentes et fissures, avec les données suivantes :

1. *débutant dans l'horizon.*
2. *traversant l'horizon.*
3. *se terminant dans l'horizon.*

Enfin remarquons que l'étude morphologique de l'espace poral, peut se compléter sur le terrain par des mesures de perméabilité, soit au niveau global du profil, soit à celui des différents horizons. Notons que la perméabilité du profil est déterminée par celle de l'horizon le moins perméable. Le rôle de la croûte de battance en surface est à cet effet particulièrement important.

12. Faces de glissement.

Il arrive dans certains horizons que sous les effets alternatifs du gonflement et de la rétraction de la matrice liés à leurs états variables d'humidité, se produisent des frictions à la surface des agrégats, frottements qui provoquent la formation de stries plus ou moins lissées. Ceci est particulièrement net dans les Vertisols, mais fréquent aussi chez les sols argileux . On parle parfois à ce sujet de pedoturbation. Il faut donc les signaler. On se limite ici à deux modalités :

1. *faces de glissement ("slickensides")*
2. *pas de faces de glissement.*

13. Faces luisantes.

De même, on peut observer que les faces des agrégats sont ternes ou brillantes, ceci résultant de divers processus pédologiques, en particulier d'exudations superficielles dans certains sols

hydromorphes. On note donc s'il y a des :

1. *faces luisantes*
2. *pas de faces luisantes.*

14. Revêtements.

Cette rubrique concerne tous les traits pédologiques visibles à la surface des unités structurales, dans les fissures, les galeries, les pores, etc... Il s'agit ici des revêtements divers qui forment de minces cuticules en des sites privilégiés. Ces revêtements portent des noms divers : *cutanes, coatings, clay-skins, etc...* Ils sont particulièrement étudiés sous microscope. Ici on ne traite cette rubrique que si les revêtements sont visibles sur le terrain, ceci ne limitant aucunement leur présence lorsqu'on ne les reconnaît pas "de visu". La méthode de reconnaissance la plus simple consiste à briser un échantillon et à observer, si possible à la loupe, la tranche mise à nu. Les revêtements se distinguent ordinairement par leur couleur différente et leur litage et on les caractérise par les variables suivantes.

- Surface couverte.

Il s'agit d'une estimation par rapport à la surface externe totale des éléments structuraux, suivant quatre classes :

1. *pas de revêtements*
2. *revêtements peu nombreux* couvrant moins de 20 % de la surface.
3. *revêtements nombreux* couvrant de 20 à 80 % de la surface.
4. *revêtements continus* couvrant plus de 80 % de la surface.

- Nature des revêtements.

Il est souvent difficile de déterminer sur le terrain la composition des revêtements. Il s'agit là aussi d'une approximation à vérifier sous microscope. On différencie éventuellement les revêtements suivants :

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. <i>non identifiés</i> | 6. <i>sesquioxides</i> |
| 2. <i>organiques</i> | 7. <i>manganésifère</i> mangané |
| 3. <i>argileux</i> argilane | 8. <i>de sels solubles</i> |
| 4. <i>organo-argileux</i> | 9. <i>siliceux</i> |
| 5. <i>argilo-ferrugineux</i> - ferroargilane | |

10. *limoneux*
11. *sableux*
12. *complexe.*

-Épaisseur des revêtements.

Cette information est également difficile à saisir sur le terrain et est toujours relative.

1. *minces*, les grains de sable sont bien apparents sous les revêtements qui ont moins de 0,05 mm d'épaisseur.
2. *épais*, les grains de sable sont enrobés par le revêtement et leurs contours sont indistincts ; l'épaisseur est comprise entre 0,05 et 0,5 mm.
3. *très épais*, la surface des revêtements est lisse ; les grains de sable sont entièrement noyés dans la masse et leurs contours ne sont pas visibles ; l'épaisseur dépasse 0,5 mm.

- Type d'association.

On signale si les revêtements sont ou apparaissent associés à un trait pédologique particulier. On a le choix entre les modalités suivantes :

1. *associés aux vides*,
2. *associés au squelette* : aux grains des éléments grossiers ou/et des éléments figurés.
3. *associés aux agrégats* : aux faces des volumes géométriques structuraux.

- Couleur.

D'après le Code Munsell.

- Localisation.

L'une ou plusieurs des possibilités ci-dessous :

1. *sur les faces horizontales*
2. *sur les faces verticales*
3. *sur les faces supérieures*
4. *sur les faces inférieures.*

15. Consistance.

La consistance est l'expression synthétique de l'ensemble

des propriétés mécaniques du sol. Elle comprend les caractéristiques exprimées par le type et le degré de cohésion, d'adhésion ou par la résistance à la déformation et à la rupture. Sur le terrain on l'estime en observant le comportement mécanique de l'horizon considéré à l'égard d'une force, en se limitant à ce qui peut être apprécié aux doigts et à l'oeil. Les tests sont relativement simples, mais ils ne prennent leur pleine signification que s'ils sont effectués sur des échantillons à un état d'humidité convenable, soit naturel, soit provoqué. Ainsi un sol :

- sec : à l'air présente des caractéristiques de fragilité et de résistance à l'écrasement ;
- humide : est à l'état plastique, donc il peut subir une déformation sans rupture ;
- très humide, mouillé, trempé : est à l'état pâteux ou pseudo-fluide ; il se déforme sous son propre poids.

D'une façon générale, l'estimation de la consistance se détermine : soit au niveau global de l'horizon ; il s'agit alors d'une information synthétique - soit au niveau d'un échantillon et même si possible de l'agrégat ; il s'agit alors d'une donnée analytique.

Au plan synthétique, donc de tout l'horizon, on apprécie les variables suivantes :

- compaction (ou résistance à la pénétration).

Le test de compaction s'estime par la plus ou moins grande facilité que l'on éprouve à enfoncer un objet pointu dans l'horizon. Il faut toutefois faire attention à l'influence éventuelle d'éléments grossiers. Si nécessaire, on pourrait mesurer la force appliquée à l'aide d'un pénétromètre. Ordinairement les termes retenus sont :

1. *meuble* : matériau non cohérent ; le couteau par exemple, pénètre sans effort notable jusqu'à la garde.
2. *peu compact* : un effort léger, mais certain, est nécessaire pour enfoncer l'objet pointu.
3. *compact* : l'objet ne pénètre qu'imparfaitement même avec un effort important.
4. *très compact* : il est impossible d'enfoncer l'objet pointu de plus de quelques millimètres.

- Fluidité.

Il s'agit de signaler des propriétés particulières à certains matériaux et non exprimées par les tests courants, en distinguant :

1. *fluant* : matériau plus ou moins argileux qui, gorgé d'eau, est susceptible de fluer sous son propre poids.
2. *boulant* : matériau sableux, dépourvu de liants colloïdaux et susceptible de s'ébouler à l'état sec sous son propre poids.

Au plan analytique et sur des échantillons de tailles réduites, compte tenu de l'état d'humidité de l'échantillon, on effectue les tests suivants, en remarquant que les manipulations aux doigts et à la main peuvent dessécher le matériau et modifier l'état mécanique estimé.

- Fragilité.

Le test fragilité s'applique aux échantillons secs qui se caractérisent par un certain degré de rigidité et de fragilité. En exerçant une force entre les doigts, l'échantillon présente une résistance plus ou moins marquée à l'écrasement ; lorsque la force est suffisante, il éclate en donnant des fragments aux arêtes vives, ou en poudre, matériaux qui ne peuvent plus devenir à nouveau cohérents par pression. Les modalités reconnues sont les suivantes :

1. *non fragile* : l'agrégat ou le petit échantillon ne se brise pas ou ne se brise que très difficilement dans la main (il faut appliquer une force supérieure à 16 kg, qui correspond approximativement au maximum possible de compression entre les mains).
2. *peu fragile (ou dur)* : l'agrégat se brise facilement dans la main, mais difficilement entre les doigts (force supérieure à 8 kg).
3. *fragile* : l'agrégat offre une résistance sensible, mais se brise aisément entre les doigts (force supérieure à 4 kg).
4. *très fragile* : l'agrégat se réduit en poudre sous une très légère pression.

- Friabilité.

Le test s'effectue sur un échantillon frais, donc parfaite-

ment ressuyé, correspondant à un état d'humidité approximativement à mi-chemin entre la capacité au champ et le point de flétrissement. On distingue les degrés ci-après :

1. *non friable* (ou *très ferme*), l'agrégat ne s'effrite que sous une très forte pression entre les doigts et oppose une résistance nettement perceptible dans la main (force supérieure à 8 kg). Il faut parfois le casser morceau par morceau.
2. *peu friable* (ou *ferme*), la terre s'effrite facilement dans la main ou sous pression assez forte entre les doigts (> 4 kg) ; il ne redevient pas cohérent par pression.
3. *friable*, le matériau s'écrase sous une légère pression nettement perceptible (force > 2 kg). Il redevient cohérent après une nouvelle pression.
4. *très friable*, le matériau s'écrase facilement sous très faible pression ; il n'offre pas de résistance sensible et redevient cohérent après une nouvelle pression.

- Plasticité.

Ce test s'applique aux conditions d'humidité correspondant à la capacité au champ. La plasticité est la propriété que possède un matériau à changer de forme sous pression et à la conserver après arrêt de la pression. Pour l'estimer sur le terrain, on roule le matériau entre les mains pour essayer d'en faire un pâton plus ou moins fin. On détermine les classes suivantes :

1. *non plastique*, il est impossible de former un pâton de 4 mm de diamètre et de 4 centimètres de longueur.
2. *peu plastique*, on peut former le pâton ci-dessus, mais il se brise facilement quand on le courbe.
3. *plastique*, on peut former un pâton de 2 mm de diamètre et de 4 centimètres de long qui se brise sous son propre poids lorsqu'on le tient par une extrémité.
4. *très plastique*, le même pâton ne se brise pas sous son propre poids.

- Adhésivité.

Le test s'appuie sur la propriété du sol à adhérer à d'autres objets quand il est à l'état trempé ; on observe des films d'eau sur

les agrégats. On estime le degré d'adhésivité en pressant le matériau entre le pouce et l'index, puis en notant le comportement de l'adhérence lorsque l'on écarte les doigts. On peut reconnaître les classes ci-après.

1. *non collant*, après pression le matériau n'adhère ni au pouce, ni à l'index.
2. *peu collant*, après pression lorsqu'on écarte les doigts le matériau se détache de l'un et reste collé à l'autre.
3. *collant*, après pression le matériau adhère au pouce et à l'index et tend à s'étirer, puis se rompt lorsque l'on écarte les doigts.
4. *très collant*, après pression le matériau adhère aux doigts et s'étire sans se casser lorsqu'on les écarte.

16. Racines.

Le système racinaire est suffisamment important vis-à-vis de diverses propriétés du sol pour le traiter dans une rubrique particulière. La description proposée porte surtout sur les racines fines et très fines, dont l'importance fonctionnelle est certaine, car le profil est rarement creusé à proximité du pied des grands arbres, ce qui introduit un biais en ce qui concerne les grosses racines. Sans les négliger, il est cependant difficile de les étudier sans creuser des fosses beaucoup plus vastes pour pouvoir apprécier correctement leurs manifestations.

Les variables prévues pour la description des racines sont les suivantes.

- Abondance.

On dénombre les racines fines par décimètres carrés sur le mur de l'horizon considéré.

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. <i>pas de racines</i> | 0 racines par dm^2 |
| 2. <i>très peu de racines</i> | 1-10 racines par dm^2 |
| 3. <i>peu de racines</i> | 10-50 racines par dm^2 |
| 4. <i>racines</i> | 50-150 racines par dm^2 |
| 5. <i>beaucoup de racines</i> | plus de 150 racines par dm^2 |

- Dimensions des racines.

Sont fournies en millimètres ; les classes retenues sont.

1. très fines diamètre inférieur à 1 mm
2. fines diamètre de 1 à 2 mm
3. moyennes diamètre compris entre 2 et 5 mm
4. grosses diamètre compris entre 5 et 20 mm
5. très grosses diamètre supérieur à 20 mm.

On peut, si nécessaire, combiner plusieurs des modalités précédentes.

- Distribution ou répartition des racines.

On caractérise ici la régularité de la distribution des racines dans l'horizon. Cette distribution peut être :

1. régulière, la répartition est généralisée à tout l'horizon,
2. assez régulière, la répartition est localisée, mais d'une façon régulière au sein de l'horizon.
3. irrégulière, la répartition est localisée irrégulièrement.

- Orientation des racines.

Il s'agit de noter si les racines montrent une orientation préférentielle à l'aide des termes simples suivants :

1. non identifiée
2. verticale, cas des plantes à pivot
3. horizontale, cas du système racinaire traçant
4. oblique, cas des plantes herbacées à racines fasciculées
5. quelconque.

- Pénétration des racines.

Cette variable permet de préciser les relations des racines les plus fines par rapport aux éléments texturaux, structuraux, ou de certains traits pédologiques de l'horizon (semelles de labour, langues de marmorisation, par exemple). Cette analyse est importante dans l'étude du profil cultural. Elle permet de préciser la présence éventuelle et la nature des contraintes du sol à la pénétration des racines.

Les modalités suivantes peuvent être retenues :

1. *entre les agrégats (ou extrapedique)*, les racines ne pénètrent pas les agrégats ; elles suivent les lignes de moindre résistance (fentes, pores, etc.), sans se coller aux agrégats structuraux ou aux éléments grossiers et/ou figurés.
2. *pénétrant les agrégats (ou intrapedique)*, les racines pénètrent, traversent en outre les agrégats structuraux.
3. *revêtant les faces*, d'agrégats structuraux, d'éléments grossiers, de certaines figures pédologiques (concrétions, nodules, etc...) en formant un manteau racinaire plus ou moins continu qui se colle à ces matériaux.
4. *dans la masse*, cette modalité est utilisée quand il n'y a pas de structure fragmentaire et que les racines se glissent entre les constituants texturaux de l'horizon (cas des structures massives, particulières, fibreuses, etc...).

R - Il est parfois utile de signaler l'état sanitaire des racines, ainsi que certaines décompositions et nécroses, des blessures provenant d'attaques d'animalcules ou de contacts avec des matériaux durs et coupants.

- Enfin, il est éventuellement possible et intéressant de préciser le trophisme des racines vers certains traits pédologiques spécifiques : trainées de couleur rouille par exemple, gleyification, etc...

17. Traces d'activités biologiques.

Cette rubrique permet de signaler la présence éventuelle, en proportions significatives, de toutes traces d'activités biologiques, présentes ou passées, d'origine animale, microbienne, humaine, etc...

On a volontairement abandonné l'estimation de l'activité biologique globale qui était beaucoup trop subjective, la mention de la forme de l'humus apportant d'ailleurs une information suffisante à ce sujet.

Les variables prises en considération sont les suivantes :

- Abondance.

Il s'agit d'une estimation globale, mais relative, des traces d'activités biologiques dont les principales natures sont notées par la variable suivante avec les termes ci-après :

1. *pas de traces,*
2. *traces peu nombreuses,* sporadiques dans l'horizon
3. *traces nombreuses,* fréquentes dans l'horizon
4. *traces très nombreuses,* marquent l'horizon d'une façon significative : structure coprogène par exemple.

- Nature.

Les traces d'activités biologiques sont de natures très variées et il est actuellement impossible d'en donner une liste exhaustive. Les informations données ici n'ont que valeur d'exemple ; elles sont apparemment les plus fréquentes ; cependant on laisse la possibilité de signaler plusieurs types de traces d'activités par ordre d'abondance relative décroissante par unité de surface au mur de l'horizon.

1. *coquilles,*
2. *turricules,* tortillons formés de déjections de vers de terre,
3. *coprolithes,* éléments coprogènes de nature autre que ci-dessus,
4. *galeries,* peuvent être d'origines diverses :
 - de vers de terre,
 - de termites,
 - de rongeurs, si ces dernières sont couplées de matériau organique il s'agit de krotovines.
5. *nids d'oiseaux* par exemple,
6. *mycelium,* il s'agit de mycélium vrai résultant de la concentration d'hyphes de champignons.
7. *sclérotés,* concentrations mycéliennes, indurées.
8. *débris de poteries.*
9. *charbon de bois,* cendres, traces de calcination.
10. *traces d'assainissement* (drains par exemple), sous-solage.
11. *matières organiques enfouies* (fumier, engrais verts, paille, résidus de récolte).

12. *semelle de labour.*

13. *traces d'occupation humaine : silex, ossements, etc...*

18. Description des horizons R.

Il s'agit de la description de la roche non ou très peu altérée sous-jacente aux horizons du sol. A l'application il apparait que le vocabulaire précédent pour la description des horizons lui est à la fois mal adapté et insuffisant. Remarquons que cet horizon n'est pas toujours observé facilement, car il est difficile d'accès. D'autre part, lorsque cela est possible, il constitue le dernier horizon du profil, pour lequel on ne caractérise pas la limite inférieure, et, souvent, on rassemble les variables prévues en un seul dossier à la fin des documents. Pour le décrire, on se réfère à la rubrique de l'environnement géologique pour la description des roches à l'emplacement du profil.

19. Identification des horizons et nomenclature.

Il est bon de pouvoir désigner les horizons avec précision ; cela facilite la lecture du profil et cela permet la comparaison d'horizons équivalents entre plusieurs profils. Pour désigner les horizons, on utilise une nomenclature simplifiée basée sur l'emploi d'un assemblage de symboles alpha-numériques signalant les caractéristiques fondamentales reconnues. Théoriquement cette description ne peut se faire qu'après la description analytique des horizons, cependant comme il s'agit d'un niveau de perception d'ordre supérieur à celui de l'appréhension des variables des horizons, quelques références simples et globales suffisent généralement. La signification des symboles peut varier d'un pays à l'autre ; mais les définitions de la plupart sont suffisamment proches maintenant pour qu'on puisse en donner une liste universellement valable.

Celle présentée ici a été mise au point en 1978 par les experts de l'ACCT pour le projet "banque de données de sols". Elle s'appuie à la fois sur les normes FAO très proches de celles de l'USDA, et celles de la classification française. On fournira cependant en annexe les équivalences entre les nomenclatures les plus couramment employées à l'heure actuelle.

1. Règles générales.

Remarque liminaire :

Le traitement informatique des données ne permettant pas, ou alors à des prix prohibitifs, l'emploi des lettres minuscules, celles-ci sont de plus en plus remplacées par des lettres majuscules, ce qui entraîne certaines contraintes pour éviter des doubles emplois : par exemple l'obligation de séparer le symbole principal de son suffixe par un astérisque *. Il en est de même pour les chiffres romains.

Les "sigles" de désignation des horizons comportent au maximum et dans l'ordre les éléments suivants :

a - un préfixe, servant à caractériser éventuellement la présence de plusieurs matériaux lithologiques différents. On utilise des chiffres romains (I, II, III, etc...), qui deviennent 1, 2, 3, etc... en informatique, se succédant de haut en bas. On néglige généralement le préfixe I (1) pour le matériau le plus superficiel.

b - un symbole central constitué d'une ou de plusieurs lettres majuscules H, O, A, B, C ou R et traduisant le caractère principal de l'horizon.

c - un suffixe alphabétique éventuel comportant une ou deux lettres minuscules généralement (devenant majuscules en informatique) qualifiant les horizons principaux en terme de différenciation par rapport au matériau originel.

d - un suffixe numérique éventuel en chiffres arabes permettant des subdivisions verticales de haut en bas.

2. Définitions des horizons.

2.1. Horizons organiques - contiennent plus de 30 % de matière organique totale.

- Tourbeux ou horizon H = couche organique formée de mousses, joncs, laiches, matériaux ligneux et saturée en eau ; suivant son état de décomposition l'horizon H se subdivise en :

H1 = H1 couche fibreuse non ou peu décomposée (fibrifique ou encore fibriste).

Hf = Hf état intermédiaire de décomposition (mesique ou hermist).

Hh = HH état avancé de décomposition (humique ou saprist).
- non Tourbeux ou horizon O, formé de feuilles, ramilles, matériel ligneux, non saturé en eau, sauf pendant de courtes périodes. Suivant l'état de décomposition, on distingue :

O1 = OL à débris non fragmentés, mais reconnaissables =
Aoo = O1.

Of = OF résidus plus ou moins fragmentés et faiblement humifères = Ao = O2.

Oh = OH substances humifères, pratiquement sans résidus grossiers = Ao = O2.

2.2. Horizons minéraux - moins de 30 % de matière organique mélangée à la matière minérale.

a - Horizons principaux.

- Horizon A. horizon de surface, caractérisé par la présence de matière organique ; anciennement A1.

- Horizon E. horizon éluvial, de couleur claire, sans matière organique, appauvri en fer, en aluminium et/ou en argile, avec concentration relative de minéraux résistants (sables quartzeux, limons, etc...) ; anciennement A2.

- Horizon B. horizon d'accumulation ou assimilé, caractérisé par des teneurs plus élevées en argile, ou en fer, et/ou en humus, ou par une structure mieux exprimée qu'en A et/ou C ; anciennement B2 et (B).

- Horizon C. horizon minéral ou couche de matériau non consolidé, donnant naissance au sol, mais ne présentant pas les caractères de A, E ou B.

- Horizon R. roche brute sous-jacente.

b - Horizons de transition.

On les distingue en combinant les deux majuscules des horizons principaux voisins, la première indiquant l'horizon auquel la couche de transition paraît la plus apparentée.

exemples : AB anciennement A3
BA anciennement B1
EB anciennement A3
BE anciennement B1
BC anciennement B3
CB anciennement C1, ... etc...

c - Horizons de mélange.

S'il y a mélange, les deux lettres des horizons concernés sont, suivant le même principe, séparées par une barre oblique.

exemples : A/B , E/B , B/C , etc...

Ainsi un profil anciennement désigné :

A1 - A2 - B1 - B21 - II B22 - II B3 - II C1 - III C2 - IV R.

deviendra :

A - E - BE - B1 - II B2 - II BC - II C1 - III C2 - IV R.

2.3. Suffixes alphabétiques.

Ils servent à désigner les caractéristiques particulières des horizons précédents.

b =	B	horizon enfoui.
c =	C	accumulation concrétionnaire, souvent utilisée en combinaison.
g =	G	taches d'oxydo-réduction ou pseudo-gley.
r =	R	gley ; anciennement G.
k =	K	accumulation de carbonate de calcium ; anciennement Ca.
m =	M	cimentation, induration continue.
n =	N	accumulation de sels sodiques ; anciennement Sa.
p =	P	horizon labouré.
q =	Q	accumulation de silice.
s =	S	accumulation de sesquioxydes ; anciennement Cu.
t =	T	accumulation illuviale d'argile.
w =	W	altération "in situ" reflétée par des néoformations d'argile, des couleurs vives, une structuration plus poussée Bw = anciennement (B).
x =	X	fragipan.
y =	Y	accumulation de gypse ; anciennement Cs.
z =	Z	accumulation de sels plus solubles que le gypse.

Dans le cas des horizons de transition ou de mélange, les suffixes alphabétiques ne sont utilisés que s'ils s'appliquent à l'ensemble de l'horizon.

Parfois il est difficile d'attribuer un symbole principal à un horizon, alors que certaines caractéristiques correspondant à la définition d'un suffixe alphabétique, apparaissent nettement ; on peut alors désigner l'horizon uniquement par l'un ou l'autre suffixe :

exemple	pour les horizons gleyeux	G.
	les croûtes calcaires	K.
	les cuirasses à sesquioxides	S.

4. DESCRIPTION SYNTHETIQUE DU PROFIL.

La description synthétique du profil a pour but de mettre en évidence en quelques phrases les caractères essentiels du profil considéré comme un tout et d'attirer l'attention sur les éléments les plus importants de la description détaillée. Elle permet ainsi d'avoir une idée globale du sol, ce qui facilite le regroupement de ceux qui paraissent apparentés. On donne également la possibilité aux utilisateurs d'opérer des classements provisoires en fonction d'un objectif pratique donné. Il n'est pas impossible par ailleurs, que certains utilisateurs trouvent dans ces descriptions abrégées des informations suffisantes pour traiter leurs problèmes particuliers.

D'autre part, on sait, par expérience, qu'il n'est pas toujours nécessaire, lors d'une prospection, d'analyser chaque situation pédologique d'une façon exhaustive ; on est le plus souvent amené à traiter rapidement de ressemblances et de différences. La description synthétique en attirant l'attention sur les aspects fondamentaux des sols, est à ce point de vue très utile. Elle a également l'avantage de pouvoir être appliquée aux vérifications à la sonde.

Enfin le cadre proposé s'adapte assez bien à l'exploitation et la remise à jour d'anciens dossiers qui ne contiennent pas de descriptions de profils et d'environnement normalisées. Même si cette reprise de vieilles données fait appel à une certaine expérience interprétative de la part du pédologue, et être donc éventuellement sujet à discussion, il n'en reste pas moins que cette approche

limite la perte d'informations et que l'exploitation débouche sur des données élaborées intéressantes pour les utilisateurs.

Ces descriptions brèves, succinctes, s'incèrent facilement dans les rapports, autre avantage, et sont accessibles aux non-spécialistes. Le nombre des variables retenues étant faible, l'exploitation des données est facilitée, ce qui permet de mieux et plus rapidement fixer son choix et modifier ses questions en fonction des réponses obtenues par les diverses manipulations.

Les variables retenues pour les descriptions concernent :

- des données de l'environnement (région naturelle, occupation des terres etc...) ;
- des données générales sur le sol (type de profil, séquences d'horizon, etc...) ;
- des données de caractérisation spécifiques.

1. Données de l'environnement.

- Région naturelle.

Le nom de la région naturelle est plus parlant que la simple indication des coordonnées géographiques. On le note en clair ; une codification ultérieure pouvant être faite à partir d'une liste ouverte.

- Occupation des terres.

Il s'agit naturellement de l'occupation autour du profil. On indique simplement la catégorie principale du système de classification de l'Union Géographique Internationale (cf. chapitre Environnement Humain). Naturellement cette rubrique peut être complétée si nécessaire. Son contenu est surtout fonction de l'échelle de prospection et peut être adapté à chaque dossier.

2. Données générales sur le sol.

- Type de profil.

On indique ici l'aspect morpho-génétique général du profil, défini par un complexe de caractéristiques spécifiques surimposé à des caractères contingents plus ou moins aléatoires hérités de la

roche-mère ou de l'histoire du sol. Il ne s'agit donc pas de traiter de degré de différenciation en horizons repris dans la rubrique suivante, mais de fournir une information sur le degré d'évolution du complexe organique, minéral et organo-minéral qui traduit le fonctionnement pédogénétique du sol.

Si le profil observé tient de deux types différents, il est nécessaire de les mentionner.

Remarquons enfin qu'il ne s'agit pas de préciser un nom relatif à une classification. On peut utiliser la liste suivante :

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. <i>profil non identifié</i> | 10. <i>profil fersiallitique</i> |
| 2. <i>profil peu évolué</i> | 11. <i>profil ferrallitique</i> |
| 3. <i>profil andique</i> | 12. <i>profil halomorphe</i> |
| 4. <i>profil brunifié (ou lessivé)</i> | 13. <i>profil hydromorphe</i> |
| 5. <i>profil steppisé (ou isohumique)</i> | 14. <i>profil polygénique</i> |
| 6. <i>profil verticale</i> | 15. <i>profil squelettique</i> |
| 7. <i>profil calcimorphe</i> | 16. <i>profil artificiel</i> |
| 8. <i>profil podzolisé</i> | 17. <i>profil tronqué.</i> |
| 9. <i>profil organique</i> | |

- Séquence d'horizons.

On indique la séquence des horizons du profil en utilisant les symboles de la nomenclature précédemment décrits. Il faut éviter de mentionner les horizons de transition, seuls les horizons majeurs sont pris en compte.

Le choix est possible parmi les modalités suivantes :

- | | |
|----------|------------|
| 1. H | 11. OABCR |
| 2. HC | 12. OAEB |
| 3. HAC | 13. OAEBCR |
| 4. HABC | 14. AC |
| 5. HAEB | 15. AR |
| 6. O | 16. ACR |
| 7. OC | 17. ABC |
| 8. OAC | 18. ABCR |
| 9. OACR | 19. AEBC |
| 10. OABC | 20. AEBCR |

3. *Eléments de caractérisation.*

- Type de matière organique ou forme d'humus.

Pour les définitions on se rapportera à la rubrique matière organique. On se limite aux types ci-après.

1. à <i>mull</i>	}	4. à <i>anmoor</i>
2. à <i>moder</i>		5. à <i>tourbe</i>
3. à <i>mor</i>		6. à <i>humus submergé</i> (<i>Dy, GyHja, etc</i>)
pour les milieux normalement drainés.		pour les humus hydromorphes.

- Régime hydrique.

Le régime hydrique est caractérisé en termes de drainage. Les modalités reconnues se définissent de la façon suivante (Soil Survey Manual U.S.D.A.).

1. *submergé* - régime de submersion (débordements, inondation, etc.).
2. à *drainage très pauvre* (ou encore très mal drainé) - peu ou pas d'évacuation d'eau ; inondation ou saturation du profil pendant la majeure partie de l'année ; le niveau de la nappe phréatique se trouve le plus souvent à la surface du sol. L'horizon A1 est noir ou foncé, généralement très organique, souvent taché de rouille ou de gley dès la surface.
3. à *drainage pauvre* (ou encore mal drainé, ou mauvais drainage) - lente évacuation de l'eau ; le sol est humide ou très humide pendant la plus grande partie de l'année ; la nappe se trouve près de la surface du sol ; couleur gris foncé en surface ; gley ou pseudogley à moins de 20 cm de profondeur.
4. à *drainage imparfait* - assez lente évacuation de l'eau ; le sol est humide en périodes humides de longues durées ; gley à pseudogley à moins de 40 cm de profondeur, horizon de surface encore foncé.
5. à *drainage modéré* (ou moyen, ou assez bon) ; le sol est périodiquement humide pendant des temps très courts ; gley et pseudogley à moins de 80 cm ; l'horizon de surface se distingue peu de celui des sols normalement drainés ; capacité pour l'eau

5 à 6 cm.

6. à *drainage normal* (ou bon drainage) ; l'eau est évacuée assez rapidement ; le sol n'est humide que pendant de brèves périodes ; pas de gley ou de pseudogley, ou alors à plus de 120 cm de profondeur ; capacité pour l'eau moyenne (4 à 5 cm).
7. à *drainage légèrement excessif* (ou rapidement drainé) - l'eau est évacuée rapidement (sols sableux très poreux et peu différenciés) ; nécessité d'irrigation; faible capacité pour l'eau de 2,5 à 4 cm.
8. à *drainage excessif ou très rapidement drainé* - l'eau est évacuée très rapidement (lithosols ou sols lithiques) très poreux et/ou à forte pente ; pratiquement toute production végétale impossible, même avec irrigation; très faible capacité pour l'eau (< 2,5 cm).

- Substrat.

On note la nature de la roche qui s'observe à la base du profil , ce n'est pas forcément la roche-mère. L'information est donnée en langage naturel, suivant la liste dont il est question à la rubrique sur l'environnement géologique.

- Profondeur ou épaisseur utile.

On donne en centimètre l'épaisseur utile observée, en indiquant éventuellement si un obstacle et lequel limite la profondeur, suivant les modalités ci-dessous ou leurs combinaisons :

1. ... cm jusqu'à la nappe phréatique
2. ... cm jusqu'à la roche (que l'on peut éventuellement préciser)
3. ... cm jusqu'à un obstacle physique (horizons imperméables, lit de gravillons etc...)
4. ... cm jusqu'à un obstacle chimique (sels, sulfures par ex.)
5. ... cm exploités par les racines
6. ... cm jusqu'à un obstacle non déterminé.

- Profondeur de l'observation.

est donnée aussi en centimètres.

- Différenciation en horizons.

On indique si le profil observé est différencié ou non et, si oui, sur quelles caractéristiques porte la différenciation et à quelle profondeur (en cm). S'il en présente plusieurs, on les signale successivement en présentant en premier celle qui est la plus apparente (on se limite généralement à trois).

1. *profil non différencié*
2. *profil peu différencié*
3. *profil différencié par la couleur à ... cm*
4. *profil différencié par la texture à ... cm*
5. *profil différencié par la nature du matériau à ... cm*
6. *profil différencié par la structure à ... cm*
7. *profil différencié par la consistance à ... cm*
8. *profil différencié par des phénomènes d'accumulation à ... cm*
9. *profil différencié par le drainage à ... cm*
10. *profil différencié par les racines à ... cm*
11. *profil différencié par les façons culturales jusqu'à ... cm.*

- Couleur.

On traite deux variables, une qui concerne la teinte générale et l'autre sa clarté.

Pour la teinte on se réfère globalement au "HUE" de Munsell.
Ainsi :

1. Rouge = 10 R
2. Rouge-Brun = 2,5 YR
3. Brun-Rouge = 5 YR
4. Brun = 7,5 YR
5. Brun-Jaune = 10 YR
6. Jaune = 2,5 Y
7. Jaune-Vert = 5 Y
8. VERT
9. BLEU
10. GRIS ou NEUTRE

Pour la clarté les trois modalités proposées correspondent à des regroupements de chroma de la clarté Munsell, ainsi :

1. CLAIR chroma 6 à 10
2. MOYEN chroma 4 à 5
3. FONCE chroma 0 à 3

- Texture.

On ne retient que quatre classes de texture, celle-ci étant appréciée à la main sur le terrain et sur la terre fine, sans référence à un triangle.

1. *texture argileuse*
2. *texture limoneuse*
3. *texture franche ou équilibrée*
4. *texture sableuse*

S'il y a charge en éléments grossiers, on ne la signale que si elle est supérieure à 20 % et l'on utilise les normes suivantes.

1. *sans charge* - pas ou pas plus de 20 % d'éléments grossiers.
2. *à charge grossière* - plus de 20 % de graviers et/ou de cailloux (tailles comprises entre 0,2 cm et 7,5 cm).
3. *à charge très grossière* - plus de 20 % de pierres et/ou de blocs (tailles supérieures à 7,5 cm).
4. *à charge grossière et très grossière* - plus de 20 % d'éléments grossiers dont la taille varie de 0,2 à plus de 7,5 cm.

- Structure.

Cette information est caractérisée par deux variables : la netteté et la taille.

+ netteté - la signification des termes est la même que celle donnée pour les horizons, en rappelant qu'il s'agit de noter le degré de développement des agrégats.

1. *pas de structure*
2. *structure peu nette*
3. *structure nette*
4. *structure très nette.*

+ taille - on reprend là aussi les définitions données pour la description des horizons, mais plus condensées, à savoir :

	structures = grenue grumelleuse lamellaire squameuse	structures = cubique en plaquettes obliques polyédriques..	structures = en colonnes, en prismes ...
1. <i>fine</i>	< 2 mm	< 1 cm	< 2 cm
2. <i>moyenne</i>	2 - 5 mm	1 - 2 cm	2 - 5 cm
3. <i>grossière</i>	> 5 mm	> 2 cm	> 5 cm

- Consistance, ou encore compacité.

Il s'agit de donner une information générale, correspondant aux définitions fournies pour la description des horizons.

1. *meuble*
2. *peu compact*
3. *compact*
4. *très compact*

- Perméabilité.

L'information demandée concerne une appréciation synthétique s'appuyant sur les aspects morphologiques du profil (présence de gley, pseudogley, matière organique, etc...).

A titre d'information, les données retenues correspondent approximativement aux différentes valeurs de vitesse d'infiltration (valeur de K2 au bout de 2 heures).

1. *imperméable* $K_2 < 0,04$ cm/h
2. *peu perméable* $0,04 < K_2 < 4,5$ cm/h
le sol reste gorgé d'eau plus d'une semaine après saturation
3. *perméable* $4,5 < K_2 < 45$ cm/h
le sol ne reste humide que 2 à 3 jours après saturation complète
4. *très perméable* $K_2 > 45$ cm/h
le sol ne reste humide que quelques heures après saturation complète.

- Racines.

On donne une appréciation globale en s'appuyant sur les normes précédemment définies pour les horizons :

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1. <i>pas de racines</i> | 0 racine |
| 2. <i>peu de racines</i> | < 50 racines par dm ² |
| 3. <i>nombreuses racines</i> | de 50 à 150 racines par dm ² |
| 4. <i>très nombreuses racines</i> | > 150 racines par dm ² |

en précisant éventuellement si la distribution verticale est :

1. *régulière*
2. *irrégulière*

- Accumulations.

Cette variable précise, si nécessaire, la nature de l'accumulation, en se limitant à des termes simples dont les modalités sont à prendre dans la liste des éléments secondaires figurés de la description des horizons. On ne retient généralement que les formes les mieux exprimées et les plus apparentes telles que :

1. *nodules*
2. *concrétions*
3. *encroûtement*
4. *croûte*
5. *carapace*
6. *cuirasse*

- Acidité pH.

Il s'agit d'une valeur indicative pour l'ensemble du profil que l'on relève sur le terrain. On a retenu les modalités suivantes :

- | | |
|-----------------------------------|----------------|
| 1. <i>très acide</i> | pH < 5 |
| 2. <i>acide</i> | 5,0 < pH < 6,5 |
| 3. <i>neutre</i> | 6,5 < pH < 7,5 |
| 4. <i>basique</i> | 7,5 < pH < 8,5 |
| 5. <i>très basique ou alcalin</i> | pH > 8,5 |

- Nom local du sol.

Il est fréquent de relever des noms locaux attribués à divers types de sols. L'utilisation de ces noms est pratique car l'information est synthétique, correspond à un comportement intéressant du sol et est hors classification, donc dégagé de tout concept intellectuel. Il est utile de les noter, ne serait-ce que pour faciliter la diffusion des connaissances les concernant auprès des utilisateurs locaux.

5. ECHANTILLONNAGE.

L'étude morphologique du sol se complète fréquemment de déterminations analytiques en laboratoire :

- pour préciser certaines données ne pouvant être relevées directement sur le terrain (mesures des teneurs en matière organique, détermination du complexe absorbant, etc...) ;
- pour répondre aux problèmes soulevés sur le terrain : nature et quantité d'humus, types d'argiles, de sesquioxydes, etc...
- ou tout simplement pour répondre à des demandes des utilisateurs (tests de fertilité, mesures de toxicité, etc...).

Le choix et le prélèvement d'échantillons sont des opérations délicates qui demandent beaucoup de soin, car les résultats analytiques n'ont de valeur que si l'échantillonnage est représentatif. De plus, certaines déterminations demandent des prélèvements particuliers. Par exemple pour des mesures physiques les échantillons ne doivent pas être perturbés ; il faut prendre des blocs entiers, dont il faut conserver l'orientation. Les mêmes contraintes s'imposent pour les observations sous microscope. Enfin, les déterminations analytiques sont pour la plupart très onéreuses et les moyens disponibles obligent souvent à les limiter. Pour tout cela l'échantillonnage sera strictement fonction des problèmes à résoudre. Il faut éviter les opérations "pour voir".

Quoiqu'il en soit, il est obligatoire de préciser dans les dossiers d'observation :

- le nombre d'échantillons prélevés sur un sol défini, généralement

un échantillon par horizon, mais éventuellement plus et quelquefois moins ;

- les profondeurs de l'échantillonnage en centimètres, en notant les limites supérieures et inférieures. Il n'est pas toujours possible en effet de prélever tout l'ensemble d'un horizon s'il est trop épais ou s'il varie rapidement.

- la nature et l'objet du prélèvement :

échantillon perturbé pour les analyses chimiques,
organisations conservées pour analyses physiques, observations
microscopiques, etc...

La numérotation reprend celle du profil en la complétant d'un numéro d'ordre de l'échantillonnage le long du profil, croissant généralement de haut en bas. Il est souvent utile, pour éviter des doubles numérotations, de les compléter par l'indication de la date de prélèvement.

par exemple

0231	RM	015	03	P	05	12	80
------	----	-----	----	---	----	----	----

dossier 231 - observateur R. MAIGNIEN - profil n° 15 - horizon prélevé n° 3 (le 3ème depuis le sommet du profil) - P = perturbé - le 5/12/80

6. INTERPRETATIONS - DONNEES ELABOREES.

Il est indispensable de faire suivre chaque description de profil d'une conclusion sur sa valeur. Ceci est possible en tenant compte à la fois des caractéristiques des horizons, de leur position relative dans le profil, de la situation du sol dans son environnement. La synthèse de ces données de base (ou de premier ordre) débouche sur des conclusions simples d'abord (2ème ordre), puis de plus en plus élaborées (3ème - 4ème ordre, etc...), pour aboutir aux classements et estimations nécessaires aux utilisateurs.

Malheureusement, il n'existe pas actuellement de système universel pour déboucher sur ces besoins, bien que de nombreux schémas de modélisation soient proposés ; la majorité des évaluations restent à ce jour relatives à chaque situation et dépendent de l'expérience de chaque prospecteur.

Il est donc intéressant que le pédologue consigne "in situ"

les suggestions quant aux possibilités et aux restrictions d'utilisation qui découlent des études de terrain, sans, naturellement, dépasser ses compétences et tomber dans les conjectures.

Les données élaborées, même si elles présentent certains caractères subjectifs, aident à orienter les travaux ultérieurs de prospection ; permettent des regroupements d'unités de même nature ; permettent d'avancer des conseils en aménagement des sols ; évitent enfin, l'introduction de biais dans la saisie de certaines variables qui peuvent être implicitement privilégiées au fur et à mesure du déroulement des travaux de terrain. Remarquons que la description synthétique des profils répond en partie à ces problèmes.

L'interprétation des données de base de la description morphologique des sols se situe à différents niveaux, suivant les réponses attendues :

- de l'horizon : par exemple en définissant des horizons diagnostics
- entre horizons : pour estimer le degré de différenciation du sol, pour établir des classements de différents états et/ou de comportement du sol ...
- du niveau global du sol pour le classer du point de vue pédologique, pour établir la liste de ses contraintes et de ses possibilités d'utilisation ...
- de l'extension et de la distribution dans le paysage : pour définir le niveau, le contenu des unités cartographiques ; leurs relations et leurs valeurs au titre des aménagements.

Chacun de ces points mérite un développement, mais pour des raisons de commodité, on se limitera aux données élaborées les plus largement admises. Le problème de l'extension et de la distribution des sols dans le paysage vu son importance fondamentale, fera l'objet d'une partie spécifique sur la cartographie pédologique.

1. Les Horizons diagnostiques.

La notion d'horizon diagnostique est presque aussi vieille que la pédologie, la reconnaissance d'horizons spécifiques permettant de définir et classer les sols. On peut rappeler à ce sujet et parmi les plus connus :

- les différents types d'humus : mull, moder, mor, hydromoor, tourbe déjà défini précédemment ;
- les horizons lessivés ou éluviaux, dénommé horizon A2 et actuellement E, qui ont perdu de la matière par processus pédologiques, par exemple horizons cendreaux de podzols ;
- les horizons d'accumulation ou illuviaux, encore appelés horizon B, où s'accumulent des matériaux entraînés soit dans des horizons supérieurs du profil, soit d'horizons des profils de l'amont, par exemple : alios humo-ferrugineux des podzols etc...

1.1. Il revient cependant aux pédologues américains d'avoir développé cette approche en recherchant des définitions strictes, spécifiques, univoques, des principaux horizons, appelés alors horizons diagnostiques (Soil Taxonomy, 1975) qui leur servent dans l'identification des sols.

Ils reconnaissent deux parties du profil :

- la partie supérieure du profil ou épipédon (épis = au-dessus), qui inclue toute la partie supérieure du sol coloré par la matière organique. Il comprend donc tout ou partie de A...
 - Les horizons inférieurs qui sont les horizons B et C, mais aussi A2 ou E.
- Épipédons - Ils sont au nombre de six, à savoir :

+ épipédon mollique - c'est un horizon de plus de 25 cm d'épaisseur, de couleur sombre (chroma au moins égal à 4), souvent humifère bien que les teneurs en matière organique puissent être parfois modestes (> 1 %) ; à structure grumeleuse ; riche en cations bivalents (taux de saturation supérieur à 50 %) et en azote (C/N proche de 10, mais toujours inférieur à 17). Les teneurs en P205 solubles dans l'acide citrique sont inférieures à 250 ppm. Il correspond approximativement aux mulls eutrophes et calciques.

+ épipédon anthropique - identique au précédent mais contenant plus de 250 ppm d'acide phosphorique. C'est un niveau qui s'est développé à la suite de cultures continues et prolongées. La limite inférieure est parfois brutale (semelle de labour !), mais l'action intense des vers de terre peut aussi l'effacer.

Correspond approximativement aux horizons Ap.

+ épipédon ombrique - identique au mollique, mais plus acide (S/T inférieur à 50 %) ; il est pauvre en azote (C/N > 17) ; la structure est peu développée, massive à l'état sec.

Correspond approximativement aux mor, moder, anmoor acide et épais.

+ épipédon histique - horizon tourbeux de plus de 30 cm d'épaisseur.

+ épipédon ochrique - horizon de couleur claire, à faibles teneurs en matière organique ou trop peu épais pour entrer dans les rubriques précédentes.

+ plaggen épipédon - horizon épais, parfois plus de 50 cm d'épaisseur, de couleur sombre ; à fortes teneurs en matière organique liée aux activités humaines ; nombreuses inclusions d'apports (débris de poteries, charbon, etc...).

- Horizons diagnostiques de profondeur.

+ horizon argilique - correspond à un horizon illuvial d'argile que l'on peut identifier par une augmentation importante d'argile ou bien par la présence d'argilane et de revêtements argilo-ferrugineux sur les agrégats.

On considère qu'il y a accumulation lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- si A a moins de 15 % d'argile, l'horizon B est argilique s'il contient 3 % de plus d'argile.

- si A a entre 15 et 40 % d'argile, le rapport de lessivage entre A et B doit être au moins égal à 1,2.

- si A a plus de 40 % d'argile, l'horizon argilique doit contenir plus de 8 % d'argile.

+ horizon agricole - accumulation d'argile et de matière organique sous la couche labourée ; il se caractérise par des fibres foncées et épaisses et par des revêtements sombres sur les agrégats et dans les galeries des vers de terre.

+ horizon natrique - équivalent à l'horizon argilique mais présentant soit une structure colonnaire (en colonnes) ;

soit plus de 15 % de sodium échangeable.

+ horizon spodique - accumulation de sesquioxydes libres, accompagnés d'une quantité appréciable de carbone organique ; ils peuvent être cimentés (alios, orstein) ; ne montrent ni revêtement, ni structure développée (type massif à particulaire).

+ horizon oxyde - est caractérisé par un mélange en proportions variées d'oxydes et hydroxydes de fer et de kaolinite ; il est poreux ; à structure mal définie (microstructuré) épais ; couleurs claires, rouge à jaune ; il est l'équivalent de l'horizon B ferrallitique orthique.

+ horizon albique - horizon décoloré, lessivé en fer et plus ou moins en argile ; équivalent d'un horizon A2 ou E.

+ horizon cambique - horizon d'altération n'ayant subi aucune des différenciations amenant à la différenciation des horizons A, E et/ou B ; la structure de la roche originelle n'est plus reconnaissable, elle est effondrée ; il y a libération des oxydes de fer et début d'argilisation ; de nombreux minéraux restent inaltérés ; équivalent de l'horizon C.

Les pédologues américains complètent cette liste par la reconnaissance de quelques horizons diagnostiques secondaires.

+ horizon calcique - horizon d'accumulation secondaire de carbonate de calcium et/ou de magnésium ; épaisseur supérieure à 15 cm ; contient plus de 15 % de $\text{CO}_3 \text{Ca}$ et au moins 5 % de carbonate de plus que dans l'horizon C ; c'est approximativement l'équivalent d'un horizon K, qui peut correspondre à un encroûtement, une croûte ou une dalle.

+ horizon gypsique - équivalent au précédent mais avec accumulation de sulfate de calcium.

+ horizon salique - idem, mais avec enrichissement secondaire en sels solubles ; au moins 2 % de sels (chlorures, sulfate de Na).

+ pan - sont des niveaux durcis du sol, différents des croûtes et des cuirasses ; on reconnaît deux types.

Duripan - cimenté par un agent soluble dans les alcalis (silice ou silicate d'alumine) ; équivalent au silcrète des Australiens ; observé principalement sous climat aride.

Fragipan - horizon de profondeur, limoneux, souvent au-dessous de B ; pauvre en matière organique ; à densité apparente élevée ; manque de porosité ; apparemment cimenté à l'état sec ; litage horizontal dans une sur-structure prismatique ; fréquemment associé à des manifestations d'hydromorphie (langues, taches, etc...).

1.2. Constatant, avec beaucoup d'autres les difficultés à appliquer les nomenclatures et les définitions diagnostiques existantes à la désignation des horizons des sols Ferrallitiques, CHATELIN (Y.) dès 1972 développe la mise au point d'une "terminologie typologique" adaptée aux milieux tropicaux ; en voici les éléments essentiels. Sept horizons majeurs sont reconnus de la surface à la roche-mère. Ils ne sont pas toujours tous présents à la fois dans les sols ferrallitiques et leur succession verticale peut être variable.

1. APPUMITE - contraction de appauvri/humifère.

Il s'agit des horizons de surface contenant de la matière organique reconnaissable et pouvant être, éventuellement, appauvris en fines et/ou en sesquioxydes ; c'est l'équivalent des horizons A et AB ; la texture est généralement fine, mais on peut y observer également des gravillons, des graviers, des cailloux ; le caractère appumitique se conserve aussi longtemps que les horizons concernés sont exploités par le système racinaire.

2. STRUCTICHRON - horizon minéral, meuble, homogène, à organisation structurale d'origine pédologique, sans rapport avec celle du matériau originel ; il est la résultante des processus de pédoplas-mation par argilitisation, microstructuration et homogénéisation ; c'est en fait l'équivalent de l'horizon ferrallitique et aussi des horizons oxiques.

3. STERITE - c'est un horizon induré, continu ; équivalent des cuirasses et des carapaces ; il se divise en :

petrosterite = cuirasse et
fragisterite = carapace.

Il présente des morphologies variées, est fréquemment intergrade vers d'autres horizons et est difficile à désigner par les nomenclatures habituelles : B2 cr, C_{III} ...

4. GRAVOLITE - horizon gravillonnaire d'oxydes et d'hydroxydes de fer, d'aluminium et/ou de manganèse résiduels (au moins 45 %).

5. GRAVELON - désigne des concentrations de cailloux et de graviers.

6. RETICHRON - c'est un matériau meuble, à structure de la roche non conservée, bariolé de taches de couleurs vives sur un fond plus clair ; il est l'équivalent de l'argile bariolée, du mottle clay ; on distingue deux variantes :

- le *retichron ss* meuble
- et le *duriretichron* qui marque le passage à la stérite se rapproche du pseudogley mais est beaucoup plus coloré.

7. ALTERITE - ensemble minéral, meuble, formé par altération d'une roche, à structure lithique conservée ou effondrée, mais sans organisation pédologique ; c'est l'horizon d'altération, divisé en :

ISALTERITE - quand la structure de la roche est conservée.

ALLOTERITE - quand les traits majeurs de la structure précédente ont disparu, parfois appelé saprolite.

Cette liste est complétée de quelques définitions d'horizons supplémentaires plus récentes :

1. ARUMITE - partie supérieure du sol transformé par les façons culturales, à traits spécifiques variés, mais temporaire ; équivalent de l'horizon Ap.

2. PSAMMITON - matériau sableux, de couleur généralement claire ; à structure d'entassement, sans organisation pédologique ; équivalent des recouvrements sableux.

3. REGOLITE - blocs rocheux ou cailloutis de grandes dimensions pas ou très peu altérés ; à ne pas confondre avec le regolithe des pédologues belges qui a un niveau d'altération de la roche à structure conservée, donc équivalent à l'isalterite.

4. *REDUCTON* - matériau minéral de colorations grises, gris-bleutées, gris-verdâtres, blanches, marqué par l'hydromorphie ; équivalent de gley et de pseudogley.

Ces différents termes peuvent être combinés pour exprimer les mélanges éventuels.

1.3. Pour les mêmes raisons, SEGALEN P. (1979) précise la diagnose de la plupart des horizons du sol déjà connus.

Parmi les termes nouveaux proposés signalons :

- pénévolués - qui signale la présence de minéraux altérables en quantité notable ;
- turbique (ou gelique) - pour les horizons perturbés par le gel ;
- bulgique - pour les horizons contenant moins de 5 % d'argilanes sous un horizon éluvié ;
- appauvri - horizon ayant perdu de la matière fine sans B sous-jacent et se caractérisant par des teneurs croissantes et progressives d'argile vers la profondeur.

2. *Classements des différents états et/ou comportement du sol.*

Il est important pour l'utilisateur de disposer de données triées, classées et ordonnées ; leur manipulation est facilitée. De même il est intéressant de tenter de hiérarchiser, donc d'ordonner, les données nominales qui sont courantes en pédologie ; elles peuvent alors servir à l'élaboration de données nouvelles d'ordre supérieur. Les quelques informations fournies ci-après sont présentées dans ce but. Cette liste n'est ni standardisée, ni exhaustive ; elle reprend les classements les plus fréquemment retenus, dont les bases ont été fréquemment établies aux USA. Suivant les situations concernées on est obligé de les recaller, en retenant des nouveaux caractères spécifiques si possible univoques.

- Classes de drainage - permettent de caractériser le régime hydrique du sol. On se réfère à la rubrique du chapitre description synthétique du profil.

- Classes de perméabilité - informent sur les possibilités de percolation de l'eau à travers le profil ; on parle parfois de drainage interne ; la perméabilité est indépendante de l'humidité et de

la classe de drainage ; sa connaissance est importante lorsque l'on désire assainir le sol. On peut remarquer que le drainage global est fonction de l'horizon ayant la plus faible perméabilité. C'est pourquoi il vaudrait mieux rattacher cette information à celle concernant la porosité de l'horizon. Il s'agit d'un comportement par rapport à une organisation. On a retenu trois cas :

1. *très perméable* - grande aptitude du sol à laisser circuler l'eau verticalement ; il ne reste humide que quelques heures après complète saturation, autant qu'il n'y ait aucun obstacle à la circulation de l'eau hors du profil ; la porosité est élevée ; les pores sont continus, ainsi que les fissures qui ne se referment pas.

2. *perméable* - l'eau circule verticalement sans difficulté ; le sol ne reste humide que quelques jours après saturation, dans la mesure à ce qu'il n'y ait aucun obstacle à l'évacuation de l'eau hors du profil ; la plupart de ces sols ont une capacité au champ élevée.

3. *peu perméable* - l'aptitude à la circulation verticale de l'eau est si réduite, que le sol reste gorgé d'eau pendant plus d'une semaine après saturation. Les pores communicants et les fissures entre les agrégats se ferment au contact de l'eau. Les racines sont généralement peu nombreuses ou absentes, ou ne se développent que le long des fentes.

- Ruissellement ou drainage externe.

Il s'agit de noter les pertes d'eau par écoulement en surface ; le ruissellement est dépendant de nombreux facteurs plus ou moins indépendants, mais qui agissent simultanément : abondance et intensité des précipitations, humidité des horizons supérieurs du sol, état de la surface, végétation, travail de la couche arable, pourcentage et forme de la pente, etc...

On considère les modalités suivantes :

1. *très rapide* - l'eau ruisselle en surface dès qu'elle atteint le sol ; une très faible partie seulement percole dans le profil. Il s'agit généralement de sols à fortes pentes et à faible capacité d'infiltration. Le danger d'érosion est généralement très élevé à élevé.

2. *rapide* - l'eau de pluie s'évacue en grande partie en surface par ruissellement et aussi rapidement qu'elle atteint le sol. La pente est forte à assez forte et le sol montre une capacité à l'infiltration faible. Le danger d'érosion est généralement modéré à élevé.
3. *moyen* - l'eau s'évacue de la surface à la fois par ruissellement et par infiltration ; un peu d'eau libre peut rester en surface pendant de courtes périodes ; une grande partie des précipitations est absorbée par le sol et sert à la croissance des plantes, disparaît par évaporation ou circule en profondeur. Le ruissellement de surface réduit peu la quantité d'eau disponible pour les plantes. Les dangers d'érosion sont faibles à modérés sous culture.
4. *lent* - l'eau accumulée en surface s'évacue lentement, le ruissellement est faible ; l'eau libre recouvre le sol pendant de longues périodes, pénètre le profil ou s'évapore dans l'atmosphère. Les sols sont pratiquement plats ou faiblement inclinés et le danger d'érosion est faible sinon inexistant.
5. *très lent* - l'eau stagne à la surface pendant de longues périodes ; il n'y a pratiquement pas d'écoulement ; l'évacuation se fait en partie par percolation lente ou s'évapore dans l'atmosphère. Ce sont généralement des terrains plats.
6. *stagnant ou nul* - il n'y a pas de ruissellement ; l'infiltration est réduite ; l'eau ne s'évacue que par évaporation. L'accumulation a lieu dans des dépressions sans collecteur et peut subir des fluctuations saisonnières.

- Classes de pente en %.

1. <i>nulle</i>	de 0,0 à 0,5
2. <i>presque nulle</i>	de 0,5 à 2,5
3. <i>très faible</i>	de 2,5 à 5,0
4. <i>faible</i>	de 6 à 9
5. <i>modérée</i>	de 10 à 15
6. <i>forte</i>	de 16 à 30
7. <i>très forte</i>	de 31 à 45
8. <i>extrême</i>	de 46 à 70
9. <i>abrupte</i>	de 71 à 100
10. <i>très abrupte</i>	> 100

- Classes d'érosion hydrique.

1. *faiblement érodé* - moins de 25 % de surface érodée - uniquement traces d'érosion en nappe ; seule la partie supérieure de l'horizon A ou de la première tranche labourée (Ap1) sont touchées ; il n'en résulte pas de grosses modifications dans les possibilités d'utilisation, sauf si l'horizon supérieur est mince (< 20 cm d'épaisseur).
2. *modérément érodé.* - l'horizon A est profondément touché ; les horizons sous-jacents affleurent fréquemment et la couche arable est formée d'un mélange de A et de B ; toujours prédominance d'érosion en nappe, mais présence possible de quelques rigoles peu profondes, de 25 à 75 % de la surface atteinte.
3. *fortement érodé* - l'horizon A a complètement disparu ; la couche arable quand elle existe est formée uniquement d'un mélange d'horizons B. L'érosion en nappe est toujours prédominante, mais on peut observer suivant les types de sol des rigoles peu profondes et quelques ravines plus profondes ; plus de 75 % de la surface est atteinte.
4. *raviné* - la surface du terrain montre un réseau complexe de ravins plus ou moins profonds ; les profils de sols sont pratiquement détruits ; les horizons C et les roches-mères sont atteints ; la terre est inapte aux productions agricoles.

On reconnaît les classes suivantes de ravinement :

- 4.1. ravins peu profonds que les machines agricoles peuvent traverser, isolés, à intervalles de plus de 30 mètres.
- 4.2. ravins nombreux, peu profonds, que les machines peuvent traverser distants de moins de 30 mètres.
- 4.3. ravins profonds, isolés et impraticables par les machines.
- 4.4. ravins profonds, nombreux et impraticables par les machines.

- Classes d'épaisseur utile du sol.

Les valeurs les plus fréquemment citées sont les suivantes :

1. *mince* moins de 20 cm d'épaisseur
2. *peu épais* de 20 à 40 cm
3. *moyennement épais* de 40 à 80 cm

- 4. *épais* de 80 à 120 cm
- 5. *très épais* plus de 120 cm

Ces valeurs sont dépendantes à la fois de la qualité du sol et de la nature de l'obstacle en profondeur.

- Classes des teneurs en carbonate de calcium.

- 1. *faiblement calcaire* 1 à 5 % de CO₃ Ca
- 2. *moyennement calcaire* 6 à 15 % de CO₃ Ca
- 3. *fortement calcaire* 16 à 25 % de CO₃ Ca
- 4. *très fortement calcaire* 26 à 40 % de CO₃ Ca
- 5. *extrêmement calcaire* > 40 % de CO₃ Ca

- Classes de salinité.

- 1. *non ou très faiblement salé* 0 - 4 mmhos/cm de conductivité
sans incidence sur la culture
- 2. *faiblement salé* 4 - 8 mmhos/cm de conductivité
croissance des plantes ralentie
- 3. *moyennement salé* 8 -15 mmhos/cm de conductivité
les plantes cultivées ne peuvent croître normalement
- 4. *fortement salé* > 15 mmhos/cm de conductivité
seules quelques plantes adaptées survivent.

- Classes d'acidité.

- 1. *très acide* pH inférieur à 5,0
- 2. *acide* pH entre 5,0 et 6,5
- 3. *neutre* pH entre 6,5 et 7,5
- 4. *basique* pH entre 7,5 et 8,5
- 5. *très basique* pH supérieur à 8,5

- Permafrost ou pergélisol.

Il s'agit d'horizons gelés temporairement ou non. On informe de sa profondeur en centimètres ; du pourcentage volumique de glace ; de ses liaisons et de sa forme.

3. *Eléments pour l'estimation des possibilités d'utilisation du sol.*

On se place ici à un niveau élevé de l'interprétation des données. Il n'est pas question d'épuiser un tel sujet en quelques

lignes ; on se propose seulement de donner quelques informations pouvant aider à la résolution de certains problèmes d'utilisation. Remarquons en premier lieu que les interprétations doivent être faites en vue d'un but bien défini et que les solutions proposées dépendent de cet objectif.

.. Limitations.

Une des premières approches consiste à signaler les caractères pédologiques limitant les possibilités envisagées. On peut retenir à ce sujet une ou plusieurs des modalités suivantes :

1. *pas de limitation*
2. *limitations liées à la situation : pente par exemple, etc...*
3. *hydromorphie*
4. *halomorphie*
5. *matériau originel*
6. *forme d'humus*
7. *profondeur*
8. *texture*
9. *réaction ou acidité pH*
10. *structure*
11. *consistance*
12. *perméabilité.*

- Evaluation des possibilités d'utilisation.

Ces possibilités dépendent à la fois des caractères intrinsèques du sol et des conditions de son environnement ; c'est ainsi qu'entrent en ligne de compte les qualités et les contraintes proprement pédologiques (profondeur utile, régime hydrique, richesse en éléments nutritifs, etc...), mais aussi les possibilités éventuelles d'assainissement, de travail du sol, les dangers possibles d'érosion, les possibilités d'intervention d'engins, etc...

En confrontant ces informations, on arrive à établir, plus ou moins implicitement, des classements de valeurs en fonction des possibilités propres à chaque milieu ainsi :

1. *classement des possibilités à l'agriculture*
2. *classement des possibilités pour le pâturage*
3. *classement des possibilités pour la forêt*
4. *classement des possibilités pour les ouvrages de génie*
5. *classement pour les activités récréatives, réserves, etc...*
6.

Notons que ces possibilités dépendent souvent des conditions socio-économiques et techniques des milieux considérés. Le pédologue ne peut donc à lui seul proposer une solution universelle. Néanmoins, il peut définir les classes d'aptitudes compte tenu des caractéristiques proprement pédologiques.

- Classes d'aptitude.

1. *élevée* - les sols ne présentent pas de limitations à l'utilisation prévue, ou les limitations sont faciles à surmonter.
2. *modérée ou moyenne* - les limitations du sol peuvent être surmontées par un aménagement correct et une bonne gestion.
3. *faible ou marginale* - les limitations du sol exigent une étude, des aménagements et une gestion exceptionnelle.

Ces classes peuvent être subdivisées à leur tour suivant l'importance des différentes contraintes reconnues : pierrosité, présence de roches, d'une nappe phréatique plus ou moins proche de la surface, danger d'érosion, possibilités de percolation de l'eau, risques de gel, résistance mécanique du sol, stabilité structurale, tendances au compactage (ou passage des engins ou par l'irrigation), pente, drainage, salinité, etc...

En résumé, on retient trois niveaux hiérarchisés de regroupement des données :

- *type d'utilisation* ; - *classe d'aptitude* ; - *classe de contraintes.*

A N N E X E S

T Y P E S D E F O R M E

I. *VERSANT.*

ÉBOULIS DE GRAVITE PURE. Amas lentement constitué de matériaux éboulés, fixé ou non, formé de pierraille ou de blocs sans matrice. La pente superficielle varie entre 55 et 85 %.

ÉBOULIS ASSISTÉ. Par ruissellement, par glissement, par la neige.

ÉBOULIS ASSISTÉ PAR RUISSÈLEMENT. Éboulis terreux, sur lequel le ruissellement intervient, particulièrement lors du dégel ; on y observe des lentilles lavées par les filets d'eau.

ÉBOULIS ASSISTÉ PAR GLISSEMENT. Certains éboulis toujours terreux présentent des dérangements par des mouvements de masse. Ils sont visibles, soit à la topographie (bossellements), soit dans des coupes.

ÉBOULIS ORDONNÉ ou GREZE LITÉE. Ils sont caractérisés par une pente inférieure à celle des éboulis de gravité pure (moins de 55 %) qui doit être mesurée suivant les lits et non suivant la topographie ; le litage est caractéristique : il résulte de l'absence de matrice dans certains lits, parfois d'une différence de calibre des particules les plus grossières ; leur genèse est liée à des effets de neige ou de glace.

ÉBOULEMENT. Amas, brutalement constitué, de matériaux éboulés.

FOIRAGE. Déplacement d'une masse rigide ou peu modifiée glissant sur un matériau jouant le rôle de lubrifiant.

COULEE BOUEUSE. Masse déplacée à l'état de boue.

TERRASSETTE. Gradins discontinus, de quelques décimètres de large, ayant jusqu'à un mètre de haut, affectant des pans de versants raides.

SOLIFLUXION LAMINAIRE. Formation déplacée continue sur tout un plan de versant, avec une épaisseur variant peu et un faciès à peu près constant. La nappe présente une tendance à l'épaississement vers le pied du versant. Son épaisseur est habituellement de 0,5 à 2 m.

REPTATION. Mouvement très superficiel (quelques décimètres) affectant l'ensemble d'un versant auquel il tend à donner un profil concavo-convexe.

MOUVEMENT DE MASSE. A utiliser dans les cas où on ne peut pas utiliser un des termes précédents.

RUISSELLEMENT DIFFUS.

RAVINEAU. Moins de 1 m de profondeur.

RAVIN. Plus de 1 m de profondeur.

COLLUVIONNEMENT. Accumulation par ruissellement diffus.

CONES DE RUISSELLEMENT CONCENTRE. Accumulation à l'aval des ravineaux ou des ravins.

CONE DE LAVE TORRENTIELLE.

ACTION NON PERCUE. Donnée utilisée quand la dynamique du versant ne peut être précisée.

II. GLACIS.

GLACIS. Surface faiblement inclinée et assez unie pour constituer un aplanissement local ou résultant d'un remblaiement, quelle que soit la nature des roches ; le profil longitudinal est souvent concave et la pente est habituellement 1 à 5 %, mais peut dans le cas de glacis colluviaux passer graduellement à celle du versant et atteindre des valeurs supérieures.

GLACIS DE DENUDATION. Tronque le matériel du substratum et ne comporte qu'une couche discontinue de matériel détritique.

GLACIS COLLUVIAL. Désigne un glacis se raccordant au versant et montrant, en surface, un matériel provenant directement de ce versant.

GLACIS D'EPANDAGE. C'est un glacis montrant en surface un matériel épandu par les eaux courantes après un transport plus ou moins long, mais qui n'est pas fourni directement par le versant dominant ; le plus souvent, ce glacis passe latéralement à un cône de déjection, la différence étant dans l'épaisseur du matériel qui, sur le glacis d'épandage, est faible (moins de 3-4 m).

III. RELIEFS RESIDUELS.

Les aplanissements anciens et le dégagement des surfaces structurales sont généralement polygéniques ; il s'agit de formes inactuelles, le plus souvent.

RELIEF RESIDUEL. Relief persistant sur des glacis ou des aplanissements de types divers, souvent formés de matériaux plus résistants que ceux qui affleurent au voisinage.

RELIEF RESIDUEL EN COUPOLE. Forme assez élevée constituée par une roche massive, arrondie, mais aux flancs raides.

RELIEF RESIDUEL EN DOS DE BALEINE. Forme peu élevée, saillante de quelques mètres jusqu'à 10-20 m maximum, adoucie, formée de roches massives.

RELIEF RESIDUEL A CHICOTS. Présence de formes abruptes, pointues, âpres, hérissées ; la roche en place apparaît nettement.

CHAOS DE BLOCS. Amas désordonné de blocs ou de boules faisant nettement saillie dans la topographie.

BUTTE TEMOIN.

SURFACE D'APLANISSEMENT. Résulte d'une ablation de matériel. La surface finale n'est pas conforme à la disposition des couches.

SURFACE D'APLANISSEMENT NETTE. Surface peu différente d'un plan, sans vallonnements, recoupant sous un angle net des couches variées, notamment des couches résistantes avec parfois présence de formations caractéristiques de préparation de matériel ou de transport, ou restes de couvertures fossilisantes.

SURFACE D'APLANISSEMENT DEGRADEE. Surface du type précédent, mais qui n'a plus l'allure d'un plan ; présente un modelé de dissection onduleux, avec vallonnements développés dans le matériel, formations superficielles d'abord, roche en place ensuite ; la surface, parfois même retaillée légèrement, ne persiste plus que sur les croupes.

SURFACE D'APLANISSEMENT REGRADEE. La surface a fait l'objet de reprises d'érosion légères qui l'ont retaillée sans lui faire perdre ses caractères d'aplanissement ; présente des pentes douces, ne dépassant pas quelques degrés, souvent légèrement concave, avec des formations superficielles indiquant des rema-

niements successifs.

REPLAT ENIGMATIQUE. Témoin émoussé mais topographiquement net, n'ayant pas ou ayant perdu les caractéristiques qui permettraient de la ranger dans une catégorie mieux définie ; le terme replat, de nature topographique, a un sens purement relatif.

SURFACE STRUCTURALE. Surface parallèle aux couches géologiques, l'érosion étant freinée par une couche résistante.

IV. ACTION EOLIENNE.

CHAMP DE CHABLIS. Topographie bosselée criblée de trous atteignant rarement plus de 1 m de profondeur et 2-3 m de diamètre, et de bosses irrégulières résultant du basculement d'arbres par le vent ; le matériel entraîné par les racines est distribué irrégulièrement.

CUVETTE DE DEFLATION. Dépression éolienne décamétrique, hectométrique ou kilométrique.

COUVERTURE EOLIENNE. Topographie mollement ondulée ou uniforme, résultant de dépôts éoliens.

ACCUMULATION PAR PIEGEAGE DIFFUS OU

ACCUMULATION PAR PIEGEAGE GENERALISE. Topographie mollement ondulée ou uniforme résultant de dépôts éoliens dans une couverture végétale buissonneuse ou herbacée.

ACCUMULATION PAR PIEGEAGE LOCALISE. Topographie ondulée résultant de dépôts éoliens retenus par des touffes de végétation ; regroupe *nebka* (quelques dm de haut) et *rebdou* (1 à 3 m de haut).

AMAS CONTRE OBSTACLE. Nappe de dépôts éoliens accumulés contre un relief qui a fait obstacle ; se localise généralement contre le pied du relief qui émerge de l'accumulation éolienne quand il est assez important.

LUNETTE. Accumulation de forme grossièrement semi-circulaire, d'apports éoliens, disposée en bordure immédiate d'une *sebka* sous le vent dominant.

DUNE. Butte ou colline de dépôts éoliens.

BARKHANE. Dune en croissant dont les cornes de placent dans le sens du vent, c'est la plus mobile des dunes.

CAOUDEYRE. Creux dans une accumulation éolienne, dû à une déflation par tourbillon généralement à la suite d'une dégradation de la végétation ; sur une partie de ses bords, le sable extrait est accumulé en bourrelets ; on parle aussi de dune parabolique.

CHAMP DE DUNES. Ensemble de dunes.

CHAMP DE DUNES NON JOINTIVES. Telles les *dikakas*.

CHAMP DE DUNES TRANSVERSALES. Dunes en cordons, coalescentes, perpendiculaires au vent efficace et présentant un front plus raide dans la direction vers laquelle souffle ce vent.

CHAMP DE DUNES LONGITUDINALES. Dunes en cordon, parallèles à la direction du vent dominant.

CHAMP DE DUNES RETICULEES. Dunes dont les crêtes se disposent suivant deux directions faisant un angle bien visible entre elles.

CHAMP DE DUNES EN PYRAMIDES. Dunes plus hautes que les autres, d'allure pyramidale ; elles apparaissent dans les zones d'interférence où les vents efficaces soufflent dans des directions pouvant faire entre elles des angles voisins de 90°, le plus souvent à la rencontre de dunes d'orientation différente.

V. ACTION FLUVIATILE.

CHENAL SIMPLE. Lit d'un cours d'eau non anastomosé.

CHENAL ANATOMOSE. Division du chenal, en période d'eaux moyennes, en plusieurs bras qui diffluent et confluent à nouveau, séparés par des bancs d'alluvions, habituellement caillouteuses, parfois sableuses, submersibles lors des grandes crues.

BANC MEDIAN. Banc isolé divisant le chenal en deux, ce qui donne en eaux moyennes, une petite île.

BANC LATERAL. Banc construit sur le bord du chenal, accolé à son extrémité amont, contre le bord du lit mineur ; c'est notamment le cas des accumulations de rive convexe des méandres vifs.

CONE DE DEJECTION CHAOTIQUE. Soit à une confluence, soit à l'arrivée dans une dépression, accumulation caractérisée par une forme en plan grossièrement trapézoïdale, avec chenaux instables, diffluences successives vers l'aval et accumulation de matériel supérieure à celle des glacis d'épandage (soit plus de 3-4 m) ; la forme est généralement bombée dans le sens transversal, à

matériel très hétérométrique et grossier, au microrelief vigoureux ; il y a fréquemment passage latéral du cône de déjection aux glacis ; beaucoup de cônes construits au bord d'une dépression assez vaste passent aussi, vers l'aval, à des glacis.

CONE DE DEJECTION REGULIER. Grand cône, sans blocs ou à blocs exceptionnels, dont la génératrice peut mesurer plusieurs km de long, et dont la surface et le matériel sont analogues à ceux des terrasses fluviatiles.

PLAINE ALLUVIALE. Surface d'accumulation constituée par les apports d'un cours d'eau.

PLAINE D'EPANDAGE DE DEBORDEMENT. Nappe de matériel fin, habituellement limoneux, mais pouvant se mêler de sable fin, voire de traînées sporadiques de cailloux, déposés sur la plaine inondable. Généralement, la topographie est très unie, chenaux mis à part.

CUVETTE DE DEBORDEMENT. Zone abritée lors des crues, dont la vidange est assurée à la décrue, ne recevant que des eaux peu chargées ; il ne s'y dépose que très peu de matériaux fins, avec peu d'argile. La forme se rencontre dans les grandes plaines alluviales et les deltas ; elle est délimitée par les levées, parfois par le pied du versant.

CUVETTE DE DECANTATION. Cuvette formée par un seuil et se vidangeant difficilement ; l'eau y stagne après les crues, ce qui permet une décantation ; le matériel y est fin et contient des argiles.

LEVEE DE BERGE. Accumulation de matériel construite sur le haut des berges, lors des débordements, souvent même au-dessus de rives concaves de méandres submersibles, en pente douce vers la plaine d'inondation ; le matériel transporté en suspension est fin ; limons et sables fins.

LEVEE DE DEBORDEMENT. Construite par les courants de débordement, passant par dessus des abaissements des berges et se dirigeant vers la plaine inondable ; oblique par rapport aux berges, alors que les levées de berges suivent la berge ; le matériel est souvent plus grossier, sableux et caillouteux.

DELTA DE RUPTURE DE LEVEE. Il correspond à l'irruption brutale du courant dans une cuvette à la suite d'un débordement localisé par dessus une levée de berge qui a été entaillée ; l'eau abandonne des matériaux relativement assez grossiers, suivant une disposition en éventail ; la charge de fond peut, en effet, alimenter de telles accumulations lorsque l'incision de la levée est assez profonde.

CHENAL DE DEBORDEMENT. Chenal canalisant les eaux dans la plaine inondable au début de la submersion ; il construit souvent des levées (de débordement ou de berges) ; se termine parfois, dans les cuvettes, par de petits deltas.

CHENAL DE VIDANGE. Chenal incisant le fond d'une cuvette ou naissant dans une cuvette ; il évacue, à la décrue, l'eau qui s'y trouve et ne construit pas de levées ; ses berges sont en général abruptes et toujours nettement marquées ; très fréquent dans les deltas.

BRAS MORT. Chenal ne communiquant plus avec les chenaux actifs, dont il est séparé par un seuil ; il s'inonde par submersion généralisée de la plaine inondable ou par remontée de la nappe phréatique contenue dans les alluvions ; il est le siège d'une décanation.

BOURRELET ALLUVIAL. Bombement topographique édifié par un fleuve le long d'un tracé généralement ancien ; regroupe les deux levées de berges et la partie axiale plus ou moins colmatée.

TERRASSE. Forme topographique plane à la fin de son édification, résultant d'accumulation de matériel le plus souvent grossier, dégagée par entaille ultérieure.

TALUS DE TERRASSE. Talus formé lors de l'entaille d'une terrasse ; intéresse l'épaisseur du matériel de la nappe alluviale et quelquefois le matériel sous-jacent.

VI. ACTION LITTORALE.

FALAISE. Escarpement dont le pied est, ou a été, occupé par une étendue d'eau (mer, lac, étang, etc) qui est intervenue dans son façonnement.

SURFACE D'ABRASION. Surface rocheuse, façonnée par abrasion

marine, avec des ressauts plus ou moins importants.

PLAGE. Rivage en pente douce, façonné par l'ablation de matériel dans une accumulation antérieure, généralement un cordon littoral.

PLAGE D'ACCUMULATION. Plage existant par suite d'apports périodiques de matériel, supérieurs à ce qui peut être enlevé lors des périodes intermédiaires (c'est le bilan général qui compte, non la situation particulière au moment du levé ; il faut examiner pour cela, le raccord de la plage avec l'intérieur des terres ; elle doit être parallèle aux cordons littoraux ou passer à des dunes vives qu'elle nourrit).

CORDON LITTORAL. Accumulation formée de crêtes successives et formant une barrière continue le long d'une plage.

FLECHE LITTORALE. Même structure que le cordon, mais l'extrémité est libre, donc susceptible de remaniements rapides.

SLIKKE. Vasière inondée lors des marées hautes ordinaires.

SCHORRE. Vasière inondée seulement lors des grandes marées et normalement occupée par une végétation et parcourue de chenaux de marée à berges raides.

BAS ESTRAN. Espace compris entre le niveau des plus hautes mers et celui des plus basses mers.

CONSTRUCTION BIOGENE. Accumulation formée de débris d'êtres vivants, tels que certains trottoirs, certains écueils et, dans les mers tropicales, les édifices madréporiques ; les bancs de coquilles sont également inclus.

CHENAL DE MAREE. Chenal soumis à un courant alterné du fait de la marée, y compris dans les estuaires.

LAGUNE EXONDEE. Dépression située en arrière d'un cordon littoral dans laquelle les sédiments se sont accumulés en condition de salure variable.

DELTA DE RUPTURE DE LEVEE LITTORALE. Correspond à l'irruption brutale de la mer à la faveur d'une entaille du cordon littoral.

VII. ACTION KARSTIQUE.

Les formes pseudo karstiques sont regroupées ici.

CHAMP DE LAPIES NU. Les creux du lapiès ne sont généralement pas remplis.

CHAMP DE LAPIES DEMI-NU. Seules les crêtes du lapiès émergent du matériau de remplissage.

CHAMP DE LAPIES COUVERT. Les crêtes du lapiès sont elles-mêmes cachées par le matériau de remplissage.

DOLINE. Dépression karstique fermée et de taille décamétrique.

DOLINE ROCHEUSE. Doline dans laquelle la roche en place apparaît même sur le fond.

DOLINE A FOND COUVERT. Dans le fond, la roche en place est masquée par de la pierraille ou des formations résiduelles. Les bords peuvent être cachés par une nappe de pierraille.

DOLINE A BORDS ABRUPTS. C'est une dépression à bords abrupts, verticaux, communiquant avec des cavités et engendrée par l'effondrement de leur voûte.

DEPRESSION NIVO-KARSTIQUE. Beaucoup de dolines appartiennent à ce type. Là où la neige protégeait la roche de la gélifraction, s'observe un bord rocheux, parfois avec traces de corrosion ; sur le bord opposé, au contraire, on a une couverture de matériel de gélifraction ; cette dissymétrie est systématique et correspond à l'exposition au soleil ou au vent.

DEPRESSION D'ORIGINE GYPSO-SALINE.

POLJE. Petite plaine, fermée par un seuil, d'origine karstique, souvent guidée par la tectonique, dans laquelle on rencontre des dolines, bétoires, etc. ; les dimensions peuvent être d'ordre kilométrique.

VALLEE AVEUGLE. La vallée se termine par un seuil dominant une pente.

APLANISSEMENT KARSTIQUE. On désignera sous ce terme tous les aplanissements tranchants des calcaires et associés à des formes karstiques.

RELIEF RESIDUEL KARSTIQUE. Colline rocheuse aux formes raides dominant des poljé ou des aplanissements karstiques.

AMAS DE TRAVERTIN. Accumulation formée de travertins, soit sur le flanc d'une vallée, soit auprès d'une source, soit en travers d'un cours d'eau.

VIII. ACTION VOLCANIQUE.

COULEE DE LAVE UNIE. Ne présente pas d'aspérités notables.

COULEE DE LAVE RIDEE. Présente des bossellements ou ondulations disposées selon des perpendiculaires approximatives au sens d'écoulement.

COULEE DE LAVE RUGUEUSE. Présente des fissures et aspérités dues à la dislocation de la partie supérieure de la coulée.

COULEE DE LAVE CHAOTIQUE. Des éléments disloqués émergent ou sont même séparés de la coulée.

CONE VOLCANIQUE.

CRATERE. Comprend également l'aiguille volcanique.

DYKE. Mur de lave dégagé par érosion.

CHAMP DE SCORIES. Topographie ondulée résultant d'accumulations de scories sur un relief préexistant qu'elle atténue.

NAPPE DE CENDRE. Topographie ondulée résultant d'accumulations de cendres sur un relief préexistant qu'elle atténue.

EPANDAGE HYDROVOLCANIQUE. Résulte du transport par l'eau à faible distance de matériaux volcaniques.

IX. ACTION GLACIERE.

Regroupe les effets directs et indirects de la glace, y compris ceux des eaux de fonte.

SURFACE RACLEE. Surface rocheuse mise à nu par le glacier ; certaines parties ont le micromodelé arrondi et poli des roches moutonnées ; il peut y avoir de petits lambeaux de moraine ; un faciès à fissures nettoyées est observé dans les roches peu aptes à donner des moutonnements (calcaires, grès, etc.).

DRUMLIN. Relief entièrement ou en partie formé de moraine de fond et résultant d'une érosion incomplète du fond du lit glaciaire ; comprend également les formes dumliinoïdes.

CIRQUE. Amphithéâtre à parois abruptes situé en tête de glacier.

OMBILIC. Dépression de surcreusement glaciaire.

AUGE. Vallée à profil transversal en U caractéristique.

MORAINES. Accumulation de matériaux entraînés par un glacier.

MORAINES DE FOND. Epandage plus ou moins épais et plus ou moins

continu, caractérisé par l'absence généralisée de litages, une fraction fine abondante, des cailloux à fractionnement glaciaire (éventuellement striés).

ARC MORAINIQUE. Regroupe moraine terminale et moraine de poussée, identifiables par leur forme et l'existence d'actions hydroglaciaires ou glaci-tectoniques associées.

MORAINÉ DE GLACIER ROCHEUX. Moraine abandonnée par un glacier rocheux, forme habituellement des langues avec bourrelets.

MORAINÉ REMANIÉE. Des actions ultérieures de remaniement ont oblitéré la forme typique originelle ou modifié la composition granulométrique du matériel déposé par le glacier.

MORAINÉ D'ABLATION. Moraine à caractère hydroglaciaire marqué qui s'est déposée à la surface de la glace morte lors d'une importante phase de retrait.

DEPRESSION DE CULOTS DE GLACE MORTE. Il s'agit d'une dépression de dimensions pouvant aller de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres, plus ou moins circulaires quand elles sont petites, toujours fermées, parfois noyées ; la pente des bords est rarement de plus de 60 % et presque toujours de plus de 10 % ; elles se localisent sur des moraines d'ablation, auxquelles elles donnent une topographie particulière.

OS. Accumulation allongée, étroite, souvent aux flancs raides, formée de matériel hydroglacigène, habituellement stratifié.

DEPOT D'OBTURATION GLACIAIRE. Accumulation hydrique dans les dépressions formées au moins en partie par la glace ; les caractères sont généralement lacustres (produits de décantation, varves et deltas), parfois seulement fluviatiles ; il est fréquent que le bord de ces accumulations montre des dérangements par affaissement ; là où la glace faisait barrage, l'accumulation se termine brusquement au bord d'une dépression, à la manière d'un rebord de terrasse.

KAME. Idem, avec accumulation latérale.

DEPOT PROGLACIAIRE. Regroupe cône et nappe proglaciaire.

X. ACTION DU GEL - DEGEL.

COULEE DE GELIFLUXION. Couverture de matériel geliflué, plus ou

moins épaisse et continue ; le modelé de détail est bosselé.

COULEE DE GELIFLUXION LAVÉE PAR RUISSELLEMENT.

REPLAT DE CRYOPLANATION ou

REPLAT GOLETZ. Le replat se termine vers l'aval par un talus raide et riche en blocs ; identification difficile : ne pas confondre avec d'anciens rideaux de culture.

FIGURES GEOMETRIQUES PERIGLACIAIRES. Regroupe champ de sols striés et champ de polygones (à la limite de la notion de forme).

VALLON A FOND PLAT. Les sédiments de fond proviennent d'un apport essentiellement longitudinal.

VALLON EN BERCEAU. L'apport latéral de sédiments prédomine.

VALLON DISSYMETRIQUE. C'est soit un vallon en berceau, soit un vallon à fond plat, à matériel périglaciaire, dont un versant est nettement plus raide que l'autre ; exprimée en degrés, une des pentes doit être supérieure d'au moins 50 % à l'autre.

DEPRESSION THERMOKARSTIQUE. Dépression fermée, formée à la suite de la fusion d'une coupole de glace, épaisse de 1 à 6 m de haut et de 20 à 100 m de diamètre (formée souvent aux emplacements de sources).

XI. ACTION NIVALE.

COULOIR D'AVALANCHE. Il est aussi parfois parcouru par l'écoulement torrentiel ; lorsqu'il ne livre passage qu'aux avalanches, on y trouve des blocs épars anguleux, aux arêtes vives, qui deviennent plus abondants là où la pente diminue ; le fond du couloir est arrondi, esquissant un berceau malgré la pente très raide.

CONE D'AVALANCHE. L'allure du cône, constitué par un matériel épars, en petits tas, souvent riche en blocs et en débris végétaux, est caractéristique ; seules les formes actuelles ou holocènes sont aisément identifiables.

MORAINE DE NEVE. Moraine présentant une crête généralement assez aigüe mais petite, de matériel local, anguleux, qui a glissé à la surface d'un névé ou petit glacier immobile.

XII. ACTION EN DOMAINE CHAUD ET SEC.

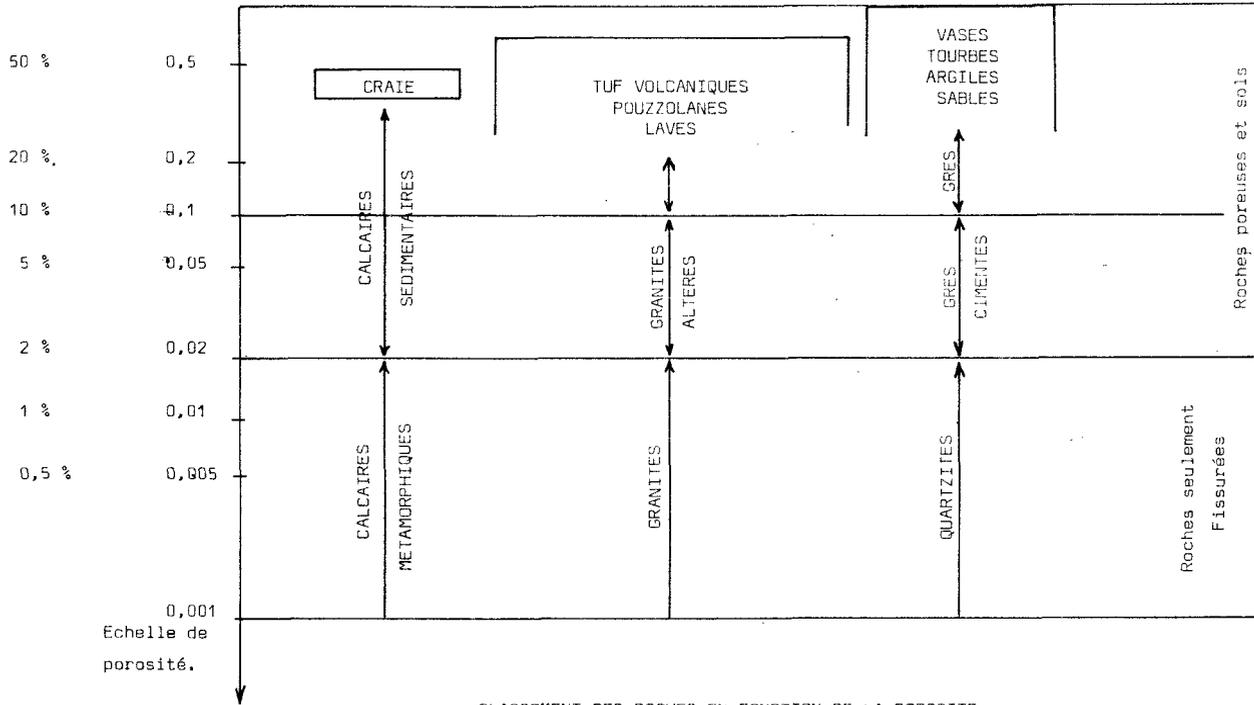
SEBKHA. Dépression fermée très peu profonde recouverte d'eau en raison des pluies ; sèche et souvent à croûte de sel en saison sèche ; cette donnée englobe les chott, grandes sebkha où l'eau séjourne en permanence dans la partie centrale.

XIII. ACTION EN DOMAINE CHAUD ET HUMIDE.

ALVEOLE. Dépression d'un diamètre kilométrique, généralement située à la tête de cours d'eau, élaborée par altération chimique intense, principalement dans les granites, les basaltes ; les traces de cette altération doivent être retrouvées ; initialement, les reliefs bordiers ont des flancs raides et sont peu affectés par l'altération ; les formes ont toujours été plus ou moins retouchées.

Porosité
correspondante

Echelle
Logarithmique



CLASSEMENT DES ROCHES EN FONCTION DE LA POROSITE.

d'après DESSENNE et DUFFAUT - 1970 - Revue Hydrotechnique de France

R O C H E S

Définition synthétique.

Roches cristallines grenues.

ROCHE CRISTALLINE GRENUE.

ROCHE CRISTALLINE GRENUE ACIDE.

ROCHE HYPERQUARTZIQUE.

ROCHE GRANITIQUE.

GRANITE.

GRANITE ALCALIN.

GRANITE CALCO-ALCALIN.

GRANODIORITE.

DIORITE QUARTZIQUE.

ROCHE CRISTALLINE GRENUE ALCALINE.

SYENITE.

MONZONITE.

SYENITE A FELDSPATHOIDES.

ROCHE FELDSPATHOÏDIQUE.

ROCHE CRISTALLINE GRENUE BASIQUE.

DIORITE.

GABBRO.

ANORTHOSITE.

DIORITE A FELDSPATHOIDES.

GABBRO A FELDSPATHOIDES.

ROCHE CRISTALLINE GRENUE ULTRABASIQUE.

Roches cristallines grenues à faciès spéciaux.

ROCHE CRISTALLINE GRENUE A FACIÈS SPECIAL.

PEGMATITE.

APLITE.

LAMPROPHYRE.

etc.

Roches volcaniques massives.

ROCHE VOLCANIQUE MASSIVE.
ROCHE VOLCANIQUE MASSIVE ACIDE ou
ROCHE RHYOLITIQUE.
RHYOLITE.
DACITE.
ROCHE VOLCANIQUE MASSIVE ALCALINE.
ROCHE TRACHYTIQUE.
ROCHE PHONOLITIQUE.
ROCHE FELDSPATHOÏDIQUE.
ROCHE VOLCANIQUE MASSIVE BASIQUE.
BASALTE.
ANDESITE.
BASALTE A FELDSPATHOÏDES.
ROCHE PALEOVOLCANIQUE.

Roches volcaniques non massives.

Pour ces roches massives le caractère de taille du matériau devient prépondérant. Il est cependant recommandé de donner des indications sur le caractère chimique.

LAVE VACUOLAIRE ET BULLEUSE.
SCORIE.
PONCE.
ROCHE PYROCLASTIQUE MEUBLE.
BLOC PYROCLASTIQUE . Diamètre supérieur à 30 mm.
BOMBE PYROCLASTIQUE. Diamètre supérieur à 30 mm.
LAPILLI. Diamètre des éléments de 2 à 30 mm.
CENDRE. Diamètre des éléments inférieur à 2 mm.
ROCHE PYROCLASTIQUE CONSOLIDÉE.
BRECHE PYROCLASTIQUE. Diamètre des éléments supérieur à 30 mm.
TUF PYROCLASTIQUE. Diamètre des éléments de 2 à 30 mm.
CINERITE. Diamètre des éléments inférieur à 2 mm.

Roches métamorphiques.

ROCHE METAMORPHIQUE.
CORNEENNE.
CORNEENE SILICEUSE.
CORNEENE ALUMINEUSE.

CORNEENE CALCO SILICATEE.
QUARTZITE.
QUARTZOPHYLLADE.
PHYLLADE.
SCHISTE VERT.
MICASHISTE.
GNEISS.
MIGMATITE.
CALCAIRE METAMORPHIQUE.
AMPHIBOLITE.
PYROXENITE.
Roches sédimentaires cohérentes.
CONGLOMERAT.
BRECHE.
POUDINGUE.
DOLOMIE.
CALCAIRE.
CALCAIRE ORGANO DETRITIQUE.
CALCAIRE A ORGANISMES.
CRAIE.
CALCAIRE PUR.
CALCAIRE GRESEUX.
CALCAIRE ARGIOGRESEUX.
CALCAIRE MARNEUX.
CALCAIRE DOLOMITIQUE.
MARNE.
ARGILITE.
SHALE. Roche schisteuse non métamorphique.
SHALE CALCEREUX.
GRES.
GRES CALCAIRE.
GRES ARGILEUX.
GRES FELDSPATHIQUE.
ARKOSE.
EVAPORITE. Non sulfaté.
ROCHE GYPSEUSE.

ROCHE PHOSPHATEE.

ROCHE A ORGANISMES SILICEUX.

TOURBE.

ROCHE RESIDUELLE SILICEUSE.

ROCHE RESIDUELLE FERRUGINEUSE.

P E D O L O G I E

EQUIVALENCES en NOMENCLATURE

Au niveau des HORIZONS

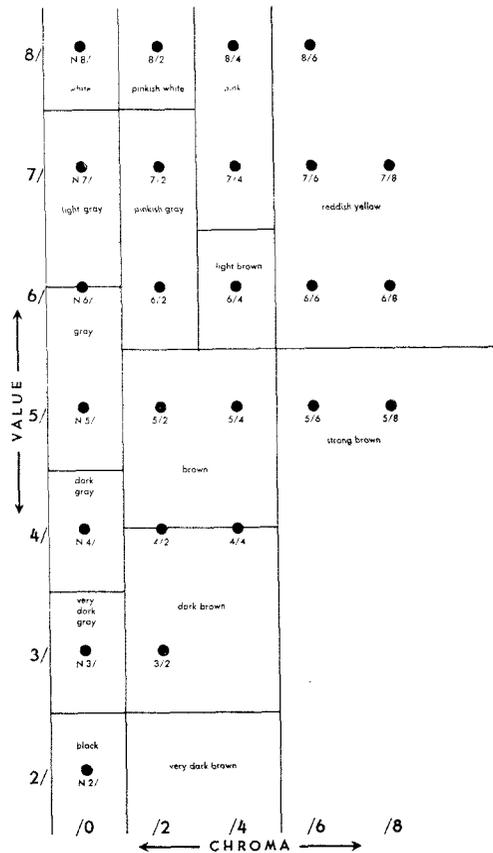
Rubriques	C.P.C.S.	U.S.D.A.	ACCT/FAO	ORSTOM Bocquier/Gavaud
<u>HORIZONS</u>	Symboles alpha-numériques en majuscules			
1. HORIZONS MAJEURS	Aoo Ao A1 A11 A12 A2 A21 A22 A3 B1 B2 B21 B22 B3 C R	O1 O2 A1 A11 A12 A2 A21 A22 A3 B1 B2 B21 B22 B3 C R	O non tourbeux H tourbeux A A1 A2 E E1 E2 AB ou EB BA ou BE B B1 B2 BC C R	O A A1 A2 E E1 E2 A.B ou E.B B.A ou B.E B B1 ou (B) B2 BC C R G K AB A/B E-B symbole le plus ré- cent en tête - (B)-E entre parenthèses les moins développées
2. HORIZONS SPECIAUX	-	-	K	K
3. Transition entre horizons (type)	AB	AB	AB	AB
4. Mélange d'horizons exemple le le ferme signale la domi- nance	A/B	A et B	A/B	A/B si égal
5. Ordre d'apparition (tiret), et importance relative	-	-	-	E-B symbole le plus ré- cent en tête - (B)-E entre parenthèses les moins développées

Rubriques	C.P.C.S.	U.S.D.A.	ACCT/FAO	ORSTOM Bocquier/Gavaud
<u>Succession verticale.</u>				
1. sous-horizons	chiffre arabe en indice, croissant de haut en bas après la majuscule.			
2. sequa	premier couple : une apostrophe' ; deuxième couple 2'' etc.			
3. materiaux	chiffres romains croissant de haut en bas en préfixe. l est généralement omis.			
<u>Traits macroscopiques.</u>				
	suffixes alphabétiques le plus souvent en minuscules			les parenthèses indiquent un développement faible, mais bien exprimé.
1. matière organique.			utiliser les majuscules pour traitement informatique	
tourbe				0
litière	l		l	l
fermentée	f		f	f
bien humifiée (en surface ou illuviale)	h		h	h
hydromorphe (anmoor)				a
2. argile.	t	t	t	t ?
illuviale	t	t	t	ti
illuviation en rares bandes				tl
argilisation, néogène			w	ta
3. sesquioxydes.				
accumulation			s	
nodules, concrétions	cn	cn	cs	cn et (cn)
concentration illuviale de fer	fe	ir		fe
" " en raie				fel
accumulation résiduelle de fer				ox
rubéfaction				k
4. sels.				
carbonate de calcium figuré	Ca	Ca	k	ca
" " en nodule	Can		as	
sulfate de calcium (gypse)	cs	cs	Y	cs
sels solubles	sa	sa	n	sa
sels plus solubles que gypse			z	
5. silice accumulation		sj	q	sq illuviale ou résiduelle de quartz

Rubriques	C.P.C.S.	U.S.D.A.	ACCT/FAO	ORSTOM Bocquier/Gavaud
6. lessivage. présence de volumes lessivés en argile, ou blanchis				e (e)
7. hydromorphie. gley blanchis au toit d'une nappe et sableux pseudogley	G g	g	g r	G ge g (g)
8. structures et caractères mécaniques structure en coin nette " " peu nette cimentation, induration irréversible accumulation concrétionnaire fragipan caractère planique (sommet de B) coiffe éléments grossiers (sup.2mm)	 m c x	 m c x	 m c x	 v (v) m c x pl. r
9. Divers remanié (labouré) enterré gelé taux de sodium élevé horizon non qualifié	f p	p b f	p b u	p b Sn

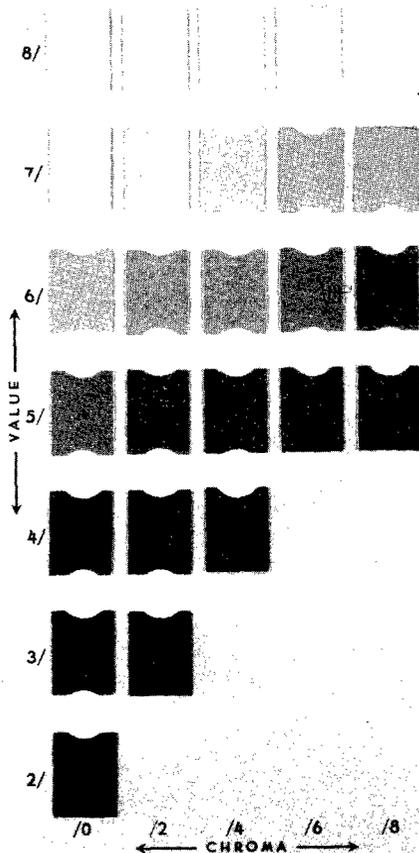
HUE 7.5YR

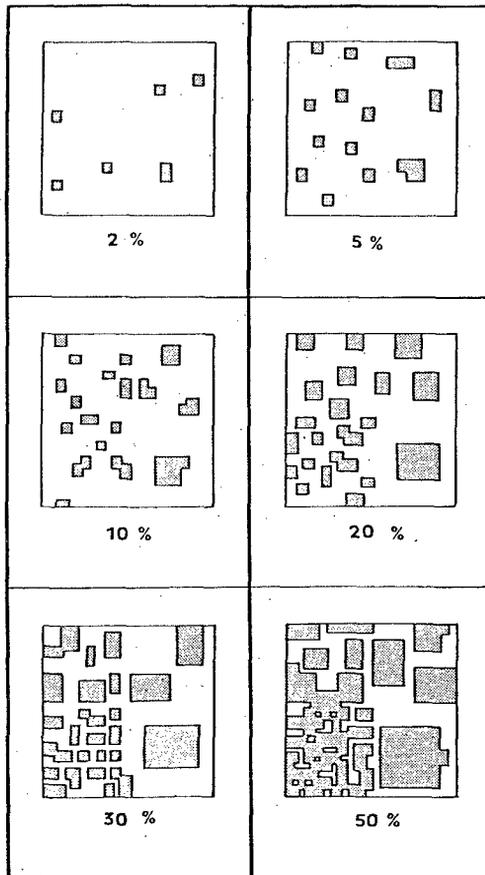
SOIL COLOR NAMES



MUNSELL® SOIL COLOR CHART

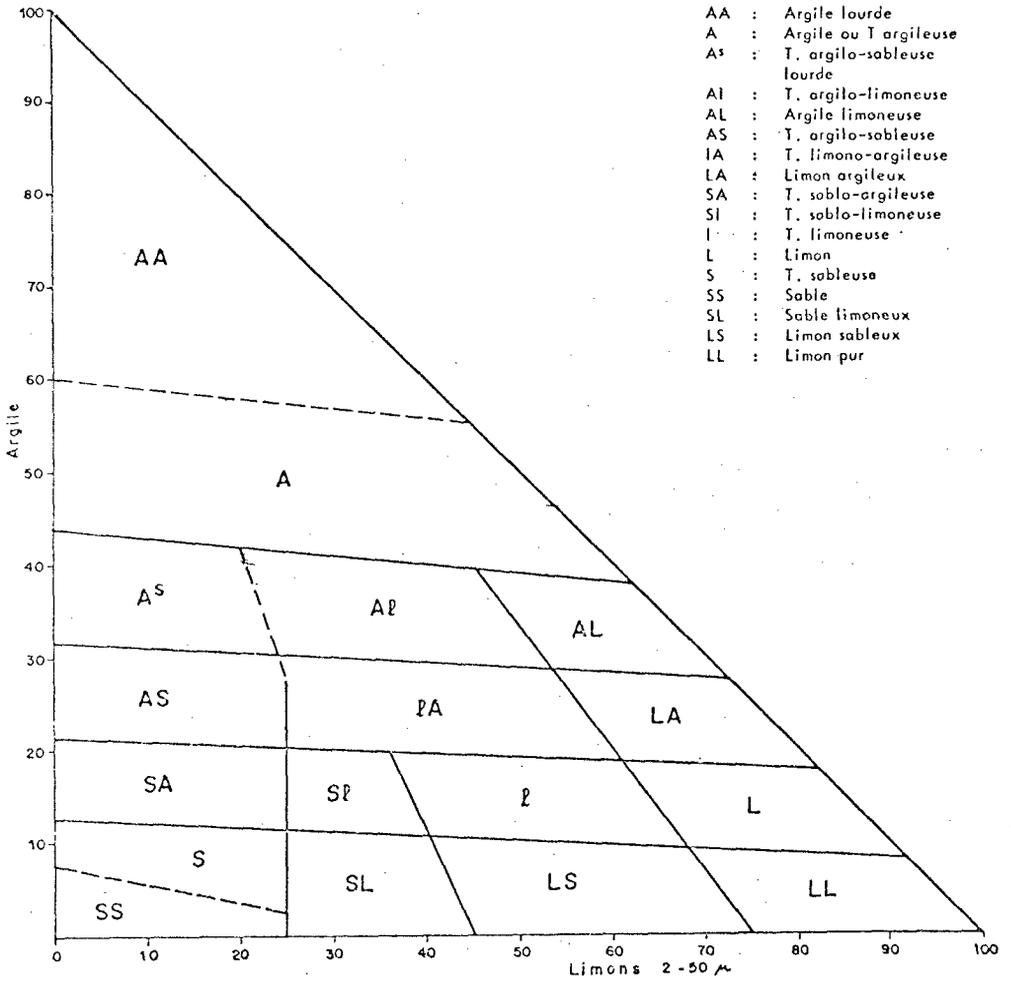
7.5YR



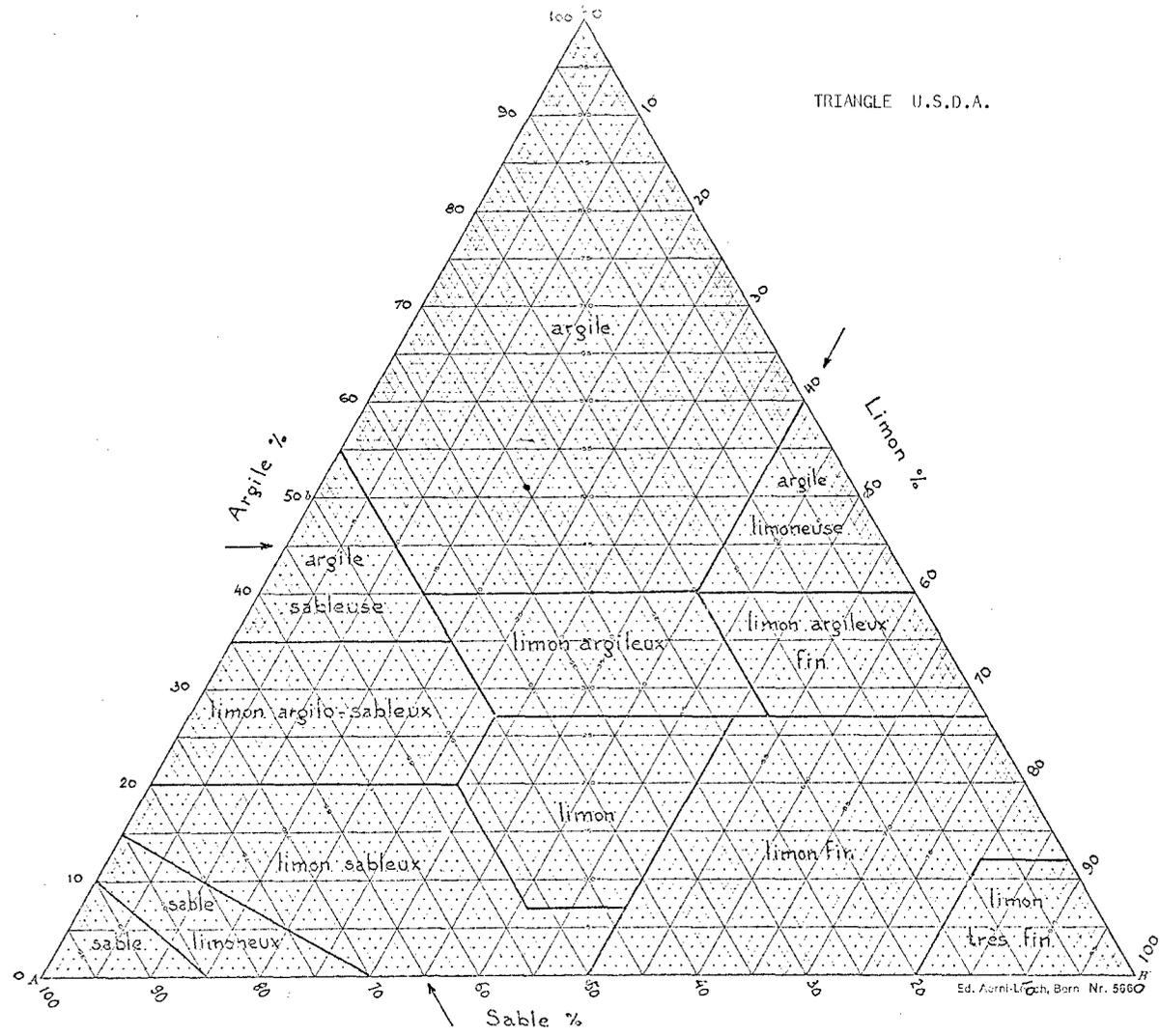


HORIZON BARIOLE - POURCENTAGE DE TACHES

TRIANGLE DES TEXTURES (I.N.R.A.)



TRIANGLE U.S.D.A.



Ed. Agric. L. G. Ch. Born. Nr. 5060

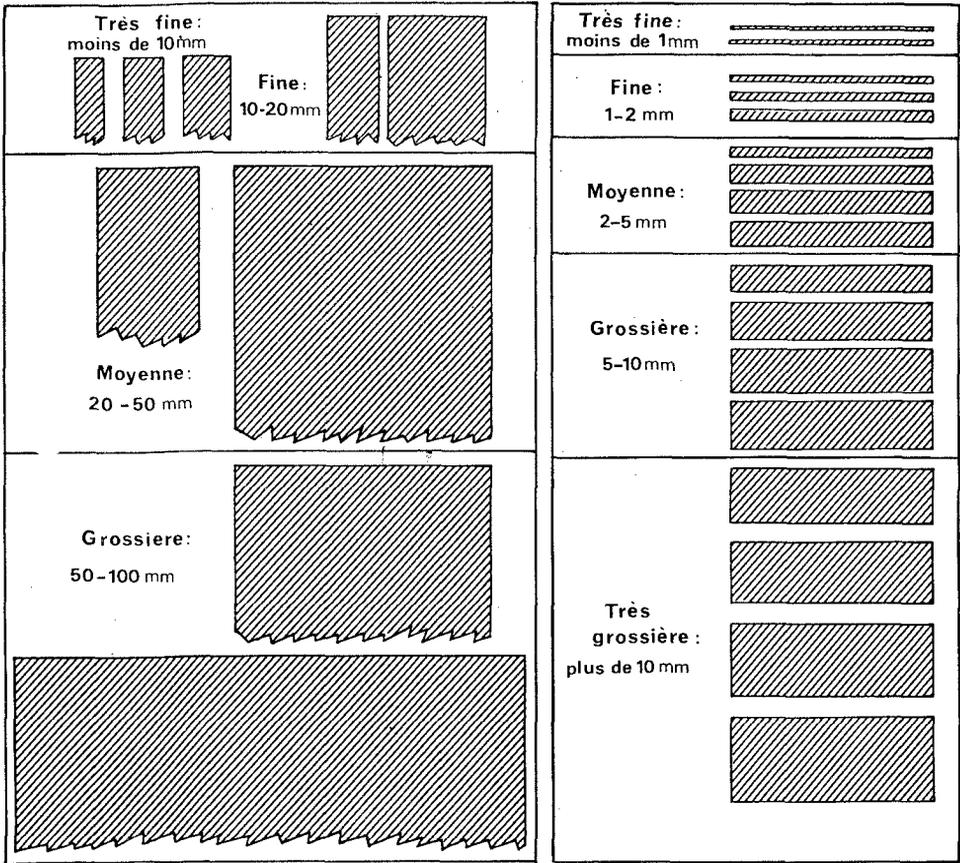
TYPE ET CLASSE DE STRUCTURE

Très fine : moins de 1mm •	•	Très fine : moins de 5mm ▣ ▣ ▣ ▣	▣ ▣ ▣ ▣
Fine : 1-2mm • • •	• • •	Fine : 5-10mm ▣ ▣	▣ ▣
Moyenne : 2-5mm • • • •	• • • •	Moyenne : 10-20mm ▣ ▣	▣ ▣
Grossière : 5-10mm • • • • • • •	• • • • • • •	Grossière : 20-50mm ▣ ▣	▣ ▣
Très grossière : plus de 10mm • • •	• • •		▣ ▣

STRUCTURES GRENUE ET GRUMELEUSE

STRUCTURES POLYEDRIQUE ET CUBIQUE

TYPE ET CLASSE DE STRUCTURE



STRUCTURE PRISMATIQUE

STRUCTURE LAMELLAIRE