

d - Description de la texture globale.

d.1 . Introduction

Généralement en pédologie, le terme texture se rapporte à la composition d'une terre, en argiles, limons et sables ; quelques auteurs introduisent en plus dans l'acception du terme, la matière organique (fine) et le calcaire (A. DEMOLON, 1931 à 1952 ; R. BETREMIEUX, 1948 ; Soil Survey Manual, 1951 ; Ph. DUCHAUFOUR, 1960 et 1965 ; S. HENIN et al., 1960, ...).

Dans les conditions naturelles, les terres incultes ou non cultivées contiennent parfois, par exemple, des quantités telles de pierres, graviers ou débris organiques grossiers, que les quantités d'argiles, de limons, de sables ont une importance morphologique et écologique secondaire ou négligeable.

Il convient donc d'étendre le sens du mot texture à toutes les fractions élémentaires composantes d'un matériau du sol ou du sous-sol. Ces fractions sont :

1) les fractions minérales

- argiles,
- limons,
- sables,
- graviers,
- pierres;

2) les fractions de la matière organique

- fractions organiques fines,
- fractions organiques grossières.

d21.2. Techniques d'évaluations recommandées

L'évaluation de la texture globale sur le terrain nécessite un entraînement préalable, quelle que soit la technique d'appréciation utilisée.

Les techniques recommandées ont l'avantage de permettre une confrontation aisée et raisonnée des évaluations de l'observateur avec les résultats analytiques du laboratoire ; il en résulte un étalonnage perfectible et toujours plus sûr de son jugement.

Sur le terrain, on procèdera par appréciations successives portant sur les constituants des fractions suivantes :

- fractions fines minérales (argiles, limons, sables)
- fractions fines organiques (matière organique fine)
- fractions organiques grossières (refus organique)
- fractions minérales grossières (pierrailles)
- fractions minérales très grossières (blocs)

d212.1. Appréciation des teneurs en argiles, limons et sables

d2121.1. Introduction

Le triangle de textures minérales fines de S. HENIN et al. (1960) modifié par J.-P. WACQUANT (1965) présente des classes texturales minérales fines qui ne sont bornées que pour les argiles et les limons ; les quantités de sables se déduisent par différence.

Ce type de "bornage" est le seul qui, actuellement, permette :

- d'une part, de se souvenir facilement des limites de classes texturales,
- d'autre part, à un vocable, d'évoquer des quantités de composants essentiels en morphologie et en écologie (argiles et limons).

Les classes texturales sont donc définies d'après les seules teneurs en argiles et limons.

L'appréciation des teneurs en argiles, limons et sables se fera sur les données de ce triangle.

Pour se familiariser avec les limites de classes texturales, on pourra se référer au triangle-memento de terrain des textures minérales fines présenté ci-après (fig. 12).

On essaiera de retenir mentalement les valeurs des limites de classes, dans l'échelle % des argiles et dans l'échelle % des limons, qui sont en particulier les teneur-clés pour la désignation de la texture.

On peut constater que l'échelle des argiles délimite 6 classes, que celles des limons en délimite 4.

Dans le cadre de la représentation triangulaire adoptée on aboutit non à 24 combinaisons (6 x 4), mais à 20 combinaisons correspondant à autant de classes texturales, si l'on ne considère que 3 séquences granulométriques (argiles, limons et sables) et à 34 combinaisons, correspondant à autant de sous-classes texturales, si l'on considère 4 séquences granulométriques (argiles, limons, sablons et sables gros) en subdivisant les sables en sablons (Sn) et en sables gros (Sr).

N.B. - Chacune des classes et sous-classes texturales minérales fines est dénommée suivant la terminologie présentée ci-après dans le tableau des dénominations des classes texturales, minérales fines à 4 séquences granulométriques (tabl. XXII).

On énonce sablons (Sn), qui donne sablonneux ou sablonneux, quand les sablons, dans la fraction sable, dominent les sables gros.

On énonce sable gros (Sr), qui donne sableux ou sableux, quand les sables gros, dans la fraction sable, dominent les sablons.

L'appréciation, d'une part, des teneurs en argiles et limons et, d'autre part, des proportions relatives de sablons ou

sables gros dans la fraction sables conduit à l'expression codée (2 chiffres accompagnés de Sn ou Sr), à laquelle se rattache une ou deux expressions nominales précises (voir tableau XXII).

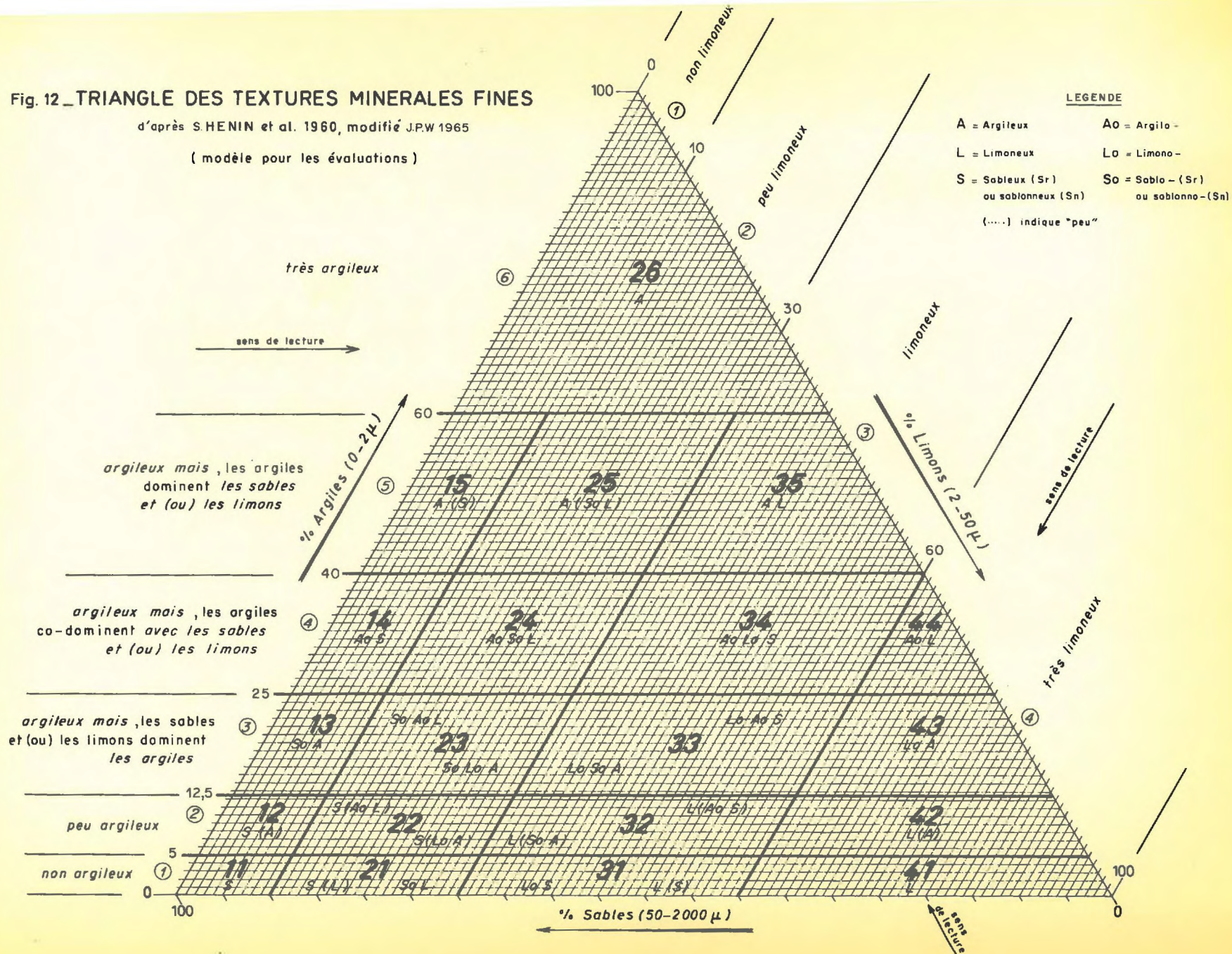
d2121.2. Tests d'appréciations des teneurs en
argiles, en limons et en sables

- 1) Quelques pincées de fractions fines sont déposées dans le creux de la main. Elles sont humectées et malaxées approximativement jusqu'à la capacité de rétention ; il ne doit pas y avoir d'eau, ni en excès, ni en défaut. Pendant cette manipulation, prendre bien soin d'éliminer toutes les particules de diamètre supérieur à 2 mm et de réduire les agrégats présents par malaxage, à l'état particulaire.
- 2) Pour juger des teneurs en argiles, on utilise les critères de plasticité et d'adhésivité.
Pour juger des teneurs en limons, on utilise les critères de toucher soyeux et de coloration marquant la peau de la main ; il faut savoir s'affranchir de la "coloration" noire due généralement à la matière organique ou au manganèse.
Pour juger de l'importance relative des sablons et sables fins, on utilise les critères de toucher rugueux (sensible à partir de 100 μ) et de dimensions des grains appréciables à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe.
- 3) On commence par apprécier la quantité relative des limons présente dans l'échantillon ; il n'y a que 4 distinctions à faire :
 - a) toucher non soyeux ; coloration due aux limons nulle.
Il n'y a donc que, très peu ou pas de limons ($L < 10 \%$).
L'échantillon se situe dans la classe ① des limons.

Fig. 12 TRIANGLE DES TEXTURES MINÉRALES FINES

d'après S. HENIN et al. 1960, modifié J.P.W 1965

(modèle pour les évaluations)



- b) toucher peu soyeux ; coloration due aux limons faible ; il y a peu de limons ($10 < L < 30 \%$). L'échantillon se situe dans la classe ② des limons.
- c) toucher soyeux, coloration due aux limons forte ; l'échantillon est limoneux ($30 < L < 60 \%$). L'échantillon se situe dans la classe ③ des limons.
- d) toucher très soyeux, coloration due aux limons très forte ; l'échantillon est très limoneux ($L > 60 \%$). L'échantillon se situe dans la classe ④ des limons.

Sur le formulaire (fig.6) on indiquera, après le sigle L et pour chaque horizon et strate :

- soit le chiffre correspondant à la classe ① , ② , ③ ou ④ ,
- soit le pourcentage approximatif, évalué dans les limites de la classe ① , ② , ③ ou ④ .

4) On cherche ensuite à évaluer la quantité d'argile présente dans l'échantillon.

- a) si l'échantillon n'est ni plastique, ni adhésif, il ne contient que très peu ou pas d'argiles ($A < 5 \%$) ; il se situe dans la classe ① des argiles ;
- b) si l'échantillon est peu plastique et peu adhésif, il contient peu d'argiles ($5 < A < 12,5 \%$) ; il se situe dans la classe ② des argiles ;
- c) si l'échantillon est nettement plastique et adhésif, il est plus ou moins argileux ($12,5 < A < 100 \%$) ; il se situe dans l'une des classes d'argiles suivantes ③ , ④ , ⑤ ou ⑥ . On procède alors méthodiquement par élimination des classes en tenant compte des teneurs estimées en limons et en sables.

- On perçoit avec difficulté, la présence des limons ou des sables; l'échantillon est très plastique et très adhésif ($A > 60 \%$) ; il est très argileux et se situe dans la classe ⑥ des argiles.
- On perçoit la présence des sables ou des limons ou la présence combinée de ces 2 séquences, mais, l'argile domine nettement les sables et les limons ($40 < A < 60 \%$); l'échantillon est argileux, dominant les sables et (ou) les limons ; il se situe dans la classe ⑤ des argiles.
- Les sables et (ou) les limons semblent co-dominer avec les argiles ($25 < A < 40 \%$) ; l'échantillon est argileux, mais co-dominant avec les sables et (ou) les limons ; il se situe dans la classe ④ des argiles.
- Enfin, les sables et (ou) les limons semblent dominer les argiles ($12,5 < A < 25 \%$) ; l'échantillon est argileux mais avec sables et (ou) limons dominants ; il se situe dans la classe ③ des argiles.

Sur le formulaire (fig. 6), on indiquera après le sigle A et pour chaque horizon ou strate :

- a) soit, le chiffre correspondant à la classe ① , ② , ③ , ④ , ⑤ ou ⑥
 - b) soit, le pourcentage estimé dans les limites de la classe de teneurs en argiles.
- 5) On cherche finalement à préciser quelle fraction spécifique domine dans la fraction sableuse.
Si les sablons (Sn) dominent les sables gros (Sr), on note Sn, et inversement, on note Sr ; l'un de ces 2 sigles est alors porté sur le formulaire fig. 6 pour chaque horizon ou strate après le sigle S.

6) Expression finale de la texture minérale fine inscrite dans le formulaire.

Exemple :

L : ② ou 15 % (ce qui signifie $10 < L < 20$ %)

A : ③ ou 18 % (ce qui signifie $15 < A < 20$ %)

S : Sn (parce que les sablons dominent les sables gros)

Texture minérale fine codée 23-Sn.

d212.2. Appréciation des teneurs en matières organiques fines

Les teneurs en matières organiques fines s'apprécient surtout, d'après l'intensité de la couleur brune ou noir qu'elles confèrent au matériau, et, également d'après le toucher (toucher "doux", lorsque la matière organique est sous forme de débris fins plus ou moins décomposés).

Cette appréciation nécessite un entraînement préalable qui n'a de valeur qu'à l'intérieur d'une région naturelle bien caractérisée.

L'énoncé des teneurs approximativement évaluées se fera avec l'aide du gradient-memento suivant :

a) Echantillon terreux (M.O.f. < 20 %) - tableaux XVII et XVIII -

classe	①	:	0	à	0,4	%	:	pas d'humus
classe	②	:	0,4	à	1	%	:	... traces d'humus
classe	③	:	1	à	2	%	:	... peu humifère
classe	④	:	2	à	4	%	:	... humifère
classe	⑤	:	4	à	10	%	:	Humé-...
classe	⑥	:	10	à	20	%	:	Humique, ...

b) Echantillon organique (M.O.f. > 20 %) - tableau XVII -

classe ⑦ : 20 à 40 % : organo-minéral à débris fins

classe ⑧ : 40 à 100 % : organique à débris fins

Sur le formulaire (fig.6), on indiquera après le sigle M.O.f. et pour chaque horizon ou strate :

- soit, le chiffre correspondant à la classe ① , ② , ③ , ④ , ⑤ , ⑥ , ⑦ ou ⑧

- soit, le pourcentage estimé de la teneur en matières organiques fines de l'échantillon.

Exemple :

M.O.f. : classe ⑥ ou 10 - 15 %

d212.3. Appréciation des teneurs en refus organique

Etant donné les difficultés d'évaluation, on se contentera de situer les teneurs entre les limites de classes suivantes : 3 %, 40 %, 100 %.

classe ① : < 3 % : pas, ou très peu de débris organiques grossiers (négligeables).

classe ② : 3 à 40 % : débris organiques grossiers non négligeables, en quantités plus ou moins importantes mêlés à d'autres fractions plus fines minérales ou organiques.

classe ③ : 40 à 100 % : débris organiques grossiers dominants ou presque dominants.

Sur le formulaire (fig.6), on indiquera après le sigle R.O. et pour chaque horizon ou strate :

a) soit, le chiffre correspondant à la classe ① , ② ou ③

b) soit, le pourcentage estimé de la teneur en refus organiques

Exemple :

R.O. : classe ② ou 20-40 %

d212.4. Appréciation des teneurs en pierrailles

Dans tous les cas, on notera in situ le pourcentage volumique occupé par l'ensemble de la fraction pierrailles (qui comprend les gravillons, les gravettes et les cailloux). Ensuite on évaluera en pour-cent, les proportions de gravillons, gravettes et cailloux dans les pierrailles.

Il faut savoir que des pierrailles homométriques dispersées dans une matrice fine occupent environ 50 % du volume, lorsqu'elles sont en contact les unes, les autres. Elles occupent moins de 50 % lorsqu'elles ne sont plus en contact. Elles occupent plus de 50 % lorsque les particules grossières constitutives sont de tailles variables et étroitement accolées les unes aux autres. Cette valeur théorique de 50 % se calcule aisément.

Partant du pourcentage volumique, on peut connaître le pourcentage pondéral correspondant, si l'on prend en considération la densité réelle moyenne des particules grossières et la densité apparente moyenne des fractions contenues entre les pierrailles.

Sur le terrain, on déduit le pourcentage volumique de pierrailles contenues dans un volume donné de matériau, du pourcentage de la surface occupée par les sections de pierrailles apparentes, sur une surface donnée du profil. On peut, en effet, admettre dans le cas d'une répartition au hasard des unités-pierrailles, qu'il y a approximativement égalité entre le pourcentage de surface et le pourcentage de volume.

On évaluera approximativement :

- 1) Le pourcentage volumique occupé par la totalité des pierrailles, qui correspondra à l'une des dénominations quantitatives suivantes :

classe ① :	0 % :	pas de pierraille
classe ② :	< 3 % :	... rares pierrailles
classe ③ :	3 à 7 % :	... peu pierrailleux
classe ④ :	7 à 20 % :	... pierrailleux
classe ⑤ :	20 à 50 % :	Pierraillo-...
classe ⑥ :	50 à 90 % :	Pierrailleux à ...
classe ⑦ :	90 à 100 % :	"Pierrailles" (échantillon ni "terreux", ni "organique")

2) Les proportions en pourcentage ou en fraction de gravillons, gravettes (fines, grossières) et de cailloux (petits, moyens, gros) contenues dans la fraction pierraille. Cette évaluation permet de juger du degré de classement des pierrailles.

On évaluera les pourcentages par rapport aux valeurs limites de classes, 20 et 50 % (voir triangle des textures minérales grossières, fig.14).

Dans la pratique, pour évaluer les pourcentages volumiques des pierrailles on peut utiliser la charte de FOLK (1951) pour des estimations visuelles de pourcentages inférieurs à 50 % (voir fig.13).

Pour utiliser cette charte en toute rigueur, il faut délimiter sur le plan de l'horizon ou de la strate à étudier, un échantillon de surface tenant compte de la dimension moyenne des particules A et de la distance moyenne d entre les particules.

On pourra appliquer approximativement la formule suivante qui donnera un ordre de grandeur de la surface à prendre en considération :

$$S = 2 d.A$$

d et A étant exprimés en centimètres et S en cm^2

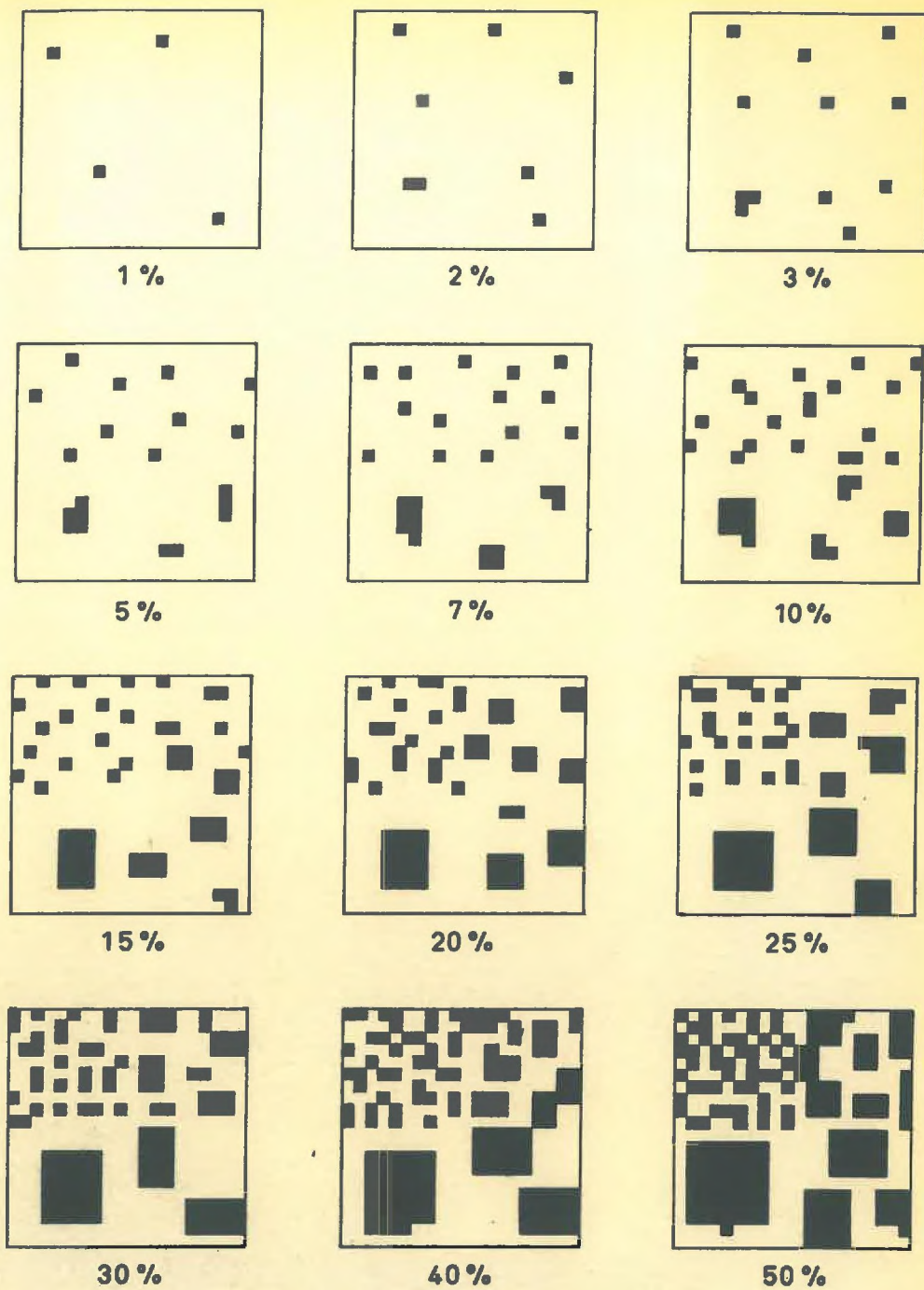


Fig. 13 — Charte pour l'estimation visuelle des rapports de surface

(d'après FOLK 1951)

Connaissant S cm², il est possible de délimiter un carré ou un rectangle d'une surface égale, qui sera comparée aux carrés de la charte.

Sur le formulaire (fig.6), on indiquera :

- après le sigle P %

- a) soit, le chiffre correspondant à la classe de teneur en pierrailles ① , ② , ③ , ④ , ⑤ , ⑥ ou ⑦
- b) soit, le pourcentage estimé de la teneur en pierrailles du matériau considéré.

Exemple :

P % : classe ④ ou 10 à 15 %

- après les sigles gr, Gr et Cx

- a) soit, le pourcentage estimé, par rapport à l'ensemble des pierrailles,
- b) soit, la fraction occupée par rapport à l'ensemble des pierrailles.

Exemple :

gr : 20 % ou 1/5

Gr : 20 % ou 1/5

Cx : 60 % ou 3/5

100 % ou 5/5 des pierrailles

d212.5. Appréciation des teneurs en blocs

On évaluera, ici comme pour les pierrailles, les pourcentages volumiques de blocs.

Etant donné les difficultés fréquentes d'évaluations, on se contentera le plus souvent de situer les teneurs entre les limites de classes 3 % et 20 %.

On disposera des repères suivants :

- classe ① : < 3 % volumique : ... blocs rares
- classe ② : 3 à 20 % volumique : ... à blocs
- classe ③ : > 20 % volumique : **Blocs** avec ...

Dans quelques cas particuliers, il est recommandé de préciser les proportions de petits, moyens et gros blocs constituant la fraction très grossière.

Sur le formulaire (fig.6) on indiquera, après le sigle Bl % :

- a) soit, le chiffre correspondant à la classe de teneur en blocs ① , ② ou ③
- b) soit, le pourcentage estimé de la teneur en blocs .

Exemple : Bl % : 10 % ou ②

d212.6. Remarque

Dans certains cas, où l'on a un mélange des fractions fines, terreuses par exemple, des pierrailles et des blocs, il est plus facile d'évaluer

- a) le volume Vtf % occupé par la terre fine par rapport au volume total unité,
- b) le volume VB1 % occupé par les blocs par rapport au volume total unité.

On obtient par différence le volume VP % occupé par les pierrailles par rapport au volume total unité.

On déduit de ces valeurs P % par la formule simple suivante :

$$P \% = \frac{100 - (Vtf \% + VB1 \%)}{VP \% + Vtf \%} \times 100$$

Exemple :

- 1) terre fine : 40 %
- 2) blocs : 20 %

Donc Pierrailles par rapport au volume total unité = 40 %

D'où

$$Pvol \% \text{ de } (Fft + RO + P) = \frac{40 \times 100}{80} = 50 \%$$

d2.2. Etude qualitative de la texture globale

L'étude qualitative de la texture globale revêt un intérêt variable suivant les types géopédologiques rencontrés.

Ces données relatives au classement et à la morphoscopie des particules minérales ont surtout un intérêt géomorphologique.

En effet, elles permettent le plus souvent d'expliquer l'origine et la nature de certains matériaux constitutifs de profils complexes polygéniques, donc d'éclairer la reconstitution morphogénétique du profil.

Les données minéralogiques et pétrographiques permettent d'expliquer en partie l'état métabologique du milieu, en même temps que certains aspects de la morphogénèse.

L'étude qualitative de la matière organique, complète l'information quantitative, ce qui permet de porter, au moins provisoirement, un jugement sur le degré d'évolution de la matière organique (minéralisation et humification).

d22.1. Etude qualitative des fractions minérales
.....

d221.1. Le degré d'hétérométrie (classement) des particules minérales (voir A. CAILLEUX et J. TRICART, 1963)

On indiquera, chaque fois qu'il sera possible ou nécessaire, le degré de classement des particules par des expressions telles que :

- mal trié,
- moyennement trié,
- bien trié.

On notera que cette indication ne concernera que la fraction sableuse et éventuellement les fractions gravillons, gravettes, cailloux et blocs. Le degré de classement de la fractions pierraille sera donné par les pourcentages de divers constituants (voir § d212.4)

d221.2. L'étude morphoscopique (voir A. CAILLEUX et J. TRICART, 1963)

On établira des distinctions, basées :

a) sur la forme générale des particules, qui pourra être :

- irrégulière,
- sphérique, lenticulaire,...
- polyédrique, cubique, tétraédrique,...
- prismatique, colonnaire,...
- plate ;

b) sur le modelé des arêtes ; les arêtes pourront être :

- anguleuses,
- subanguleuses,
- émcussées.

c) sur l'état de surface, qui pourra être (J. TRICART, 1965) :

- mat,
- luisant,
- picoté,
- sale,

ou avoir l'éclat naturel.

d221.3. Nature minéralogique ou pétrographique des particules minérales

En dehors de l'analyse minéralogique des argiles et des limons qui ne peuvent se faire qu'au laboratoire, il est possible d'indiquer sur le terrain, par un examen plus ou moins sommaire, accompagné ou non de tests simples, la nature minéralogique ou pétrographique des sables, graviers et pierres.

On indiquera :

a) les principales unités minéralogiques ou pétrographiques rencontrées (P. LAPADU-HARGUES, 1954 ; J. JUNG, 1958 ; A. CAILLEUX et A. CHAVAN, 1959;...).

- Ex.: - quartz, silex, quartzite, ...
- feldspaths, ...
- micas, ...
- calcaire, calcite, ...
- dolomie,
- gypse, etc ...

b) leurs proportions dans l'ensemble particulière considéré.

Exemple :

sables : quartz (2/3) et feldspaths (1/3); micas **rares**.

Cas particuliers

Matériaux calcaires ou dolomitiques

C'est pour distinguer les matériaux carbonatés des autres matériaux, qu'est prévu le test de réactions à l'acide chlorhydrique. Pour ces matériaux est prévue une nomenclature particulière relative à la teneur en calcaire.

TABLEAU XIV
Echelle relative de teneur en calcaire

Résultat du test à l'HCL	désignation
pas d'effervescence	(non calcaire)
peu d'effervescence ou effervescence localisée	peu calcaire
effervescence pratiquement généralisée forte	calcaire
effervescence généralisée très forte ; couleur de fond blanche	très calcaire

d22. Etude qualitative des fractions organiques
.....

d222.1. Forme de la matière organique fine

La matière organique fine se trouve soit sous forme colloïdale (humus s.s.), soit sous forme de débris fins organiques. Il s'agit dans cette rubrique de préciser, quand cela est nécessaire, qu'elle est la forme dominante et dans quelle proportion elle s'y trouve approximativement (degré d'humification).

d222.2. Nature de la matière organique fine et grossière

La matière organique du sol peut avoir diverses origines, elle provient généralement de matières végétales, mais quelquefois aussi de déjections ou dépouilles d'animaux. Il convient donc de préciser la nature originelle des constituants de la matière organique en indiquant si possible leur importance relative.

On pourra indiquer : feuilles, rameaux, racines, tiges, déjections de vers, déjections fréquentes de gros animaux d'élevage, etc., en précisant les éléments dominants.

d.3. Dénomination de la texture globale

La texture globale appréciée est dénommée de préférence au bureau, à partir des observations, chiffrées ou codées, consignées sur le formulaire de terrain (fig. 6).

La dénomination des différentes textures se fait à l'aide des mêmes graphiques et tableaux utilisés normalement pour la dénomination des textures à partir d'analyses précises (analyses de laboratoire ou mesures expérimentales sur le terrain).

Au moment de la rédaction des descriptions des profils édaphiques, on aura donc soin de distinguer les "textures apparentes" qui proviennent d'évaluations (estimations ou appréciations), des textures obtenues par analyses de laboratoire.

d3.1. Rappels

Pour dénommer la texture globale d'un matériau, il faut au préalable que les quantités déterminées de chacun des éléments composants soient correctement exprimés par rapport aux fractions conventionnelles suivantes :

- 1) limons, argiles, (sables), en pourcentage pondéral de la seule fraction minérale fine,
- 2) sablons et sables gros en fonction de la dominance relative de l'une de ces 2 fractions sur l'autre,
- 3) matière organique fine, en pourcentage pondéral de la fraction fine totale,
- 4) refus organique, en pourcentage pondéral de la fraction comprenant le refus organique et la fraction fine totale (= fraction minérale fine + matières organiques totales)
- 5) pierrailles totales, en pourcentage volumique de l'ensemble : "fraction fine + refus organique + pierrailles",
- 6) gravillons, gravettes et cailloux, en pourcentage volumique de la seule fraction "pierrailles",
- 7) blocs, en pourcentage volumique de l'échantillon meuble total.

d3.2. Procédure systématique pour la dénomination de la texture globale

Pour dénommer la texture globale d'un échantillon, on examine successivement l'importance relative des diverses fractions composante, en partant des constituants les plus grossiers, pour terminer par les constituants les plus fins.

d32.1. Importance relative des blocs

On utilise le code nominal et les dénominations correspondantes suivantes :

TABLEAU XV

Désignation selon l'importance relative des blocs

% volumique	pas de bloc	< 3 %	3 - 20 %	> 20 %
Code nominal	A ou -	B ou (bl)	C ou bl	D ou Bl
Dénomination quantitative	(néant)	... à blocs rares	... à blocs	Blocs avec matériau de texture...
Code des classes	0	1	2	3

N.B. On codera 11, pour " non déterminé "

- pas de blocs : on code A ou -
- blocs présents : on code B ou (bl), C ou bl ou D ou Bl au choix, suivant la teneur volumique et on indique, entre parenthèses, la variété granulométrique dominante.

d32.2. Importance relative des pierrailles.
.....

On utilise le code nominal et les dénominations correspondantes suivantes :

TABLEAU XVI

Désignation selon l'importance relative des pierrailles

volumique	Code nominal	Dénomination quantitative	cas d'un échantillon terreux ⁽¹⁾ standard	
			cas d'un échantillon terreux ⁽¹⁾ standard	Code des classes
			% pondéral correspondant	
Pas de pierraille	I ou -	(néant)	Pas de pierraille	0
< 3	II ou ((p))	... à rares pierrailles	< 5	1
3 - 7	III ou (p)	... peu pierrilleux	5 - 11	2
7 - 20	IV ou p	... pierrilleux	11 - 29	3
20 - 50	V ou P _a	Pierrillo-...	29 - 62	4
50 - 90	VI ou P _b	Pierrilles à ...	62 - 93,5	5
90 - 100	VII ou P	ePierrilles	93,5 - 100	6

(1) Cas où la densité apparente de la terre fine est égale à 1,6, alors que la densité réelle des pierrilles est égale à 2,6. Cette échelle de correspondance permet dans de très nombreux cas de passer de l'expression en volume à l'expression en poids ou inversement

N.B. On codera 11, pour "non déterminé"

Deux cas possibles :

- a) pas de pierraille. On code I ou -
- b) les pierrailles occupent un volume plus ou moins important. On code suivant la teneur volumique : II, III, IV, V, VI, ou VII ou à l'aide des lettres évocatrices mises en synonymes dans le tableau.

La dénomination quantitative, se fait à l'aide des dérivés du terme pierraille, suivants :

- ... pierrilleux
- pierrillo-...

Ces termes peuvent d'ailleurs ne pas être employés si l'on peut préciser de quelles espèces granulométriques est constituée la fraction pierrailles. Pour cela, il faut exprimer le degré de classement de pierrailles.

d32.3. Classement des pierrailles
.....

Pour coder nominalelement et dénommer, la ou les fractions représentatives des pierrailles, on utilise le triangle des textures minérales grossières (fig. 14).

Pour coder nominalelement, on utilise les abréviations comme suit :

- + gravillons : gr
- gravettes : Gr
- cailloux : Cx

Suivant le degré de classement, on aura les combinaisons d'abréviations suivantes :

- 1) (gr), (Gr) ou (Cx)
- 2) (Cxo- gr) ou (gro- Cx)
(Gro- gr) ou (gro- Gr)
(Cxo- Gr) ou (Gro- Cx)
- 3) (gro- Gro- Cx)

On enregistrera les observations ~~comme~~ il est indiqué ci-dessous :

Exemple 1

Pierrailles : 30 % volumique

dont : gravillons : 10 %

gravettes : 15 %

cailloux : 75 %

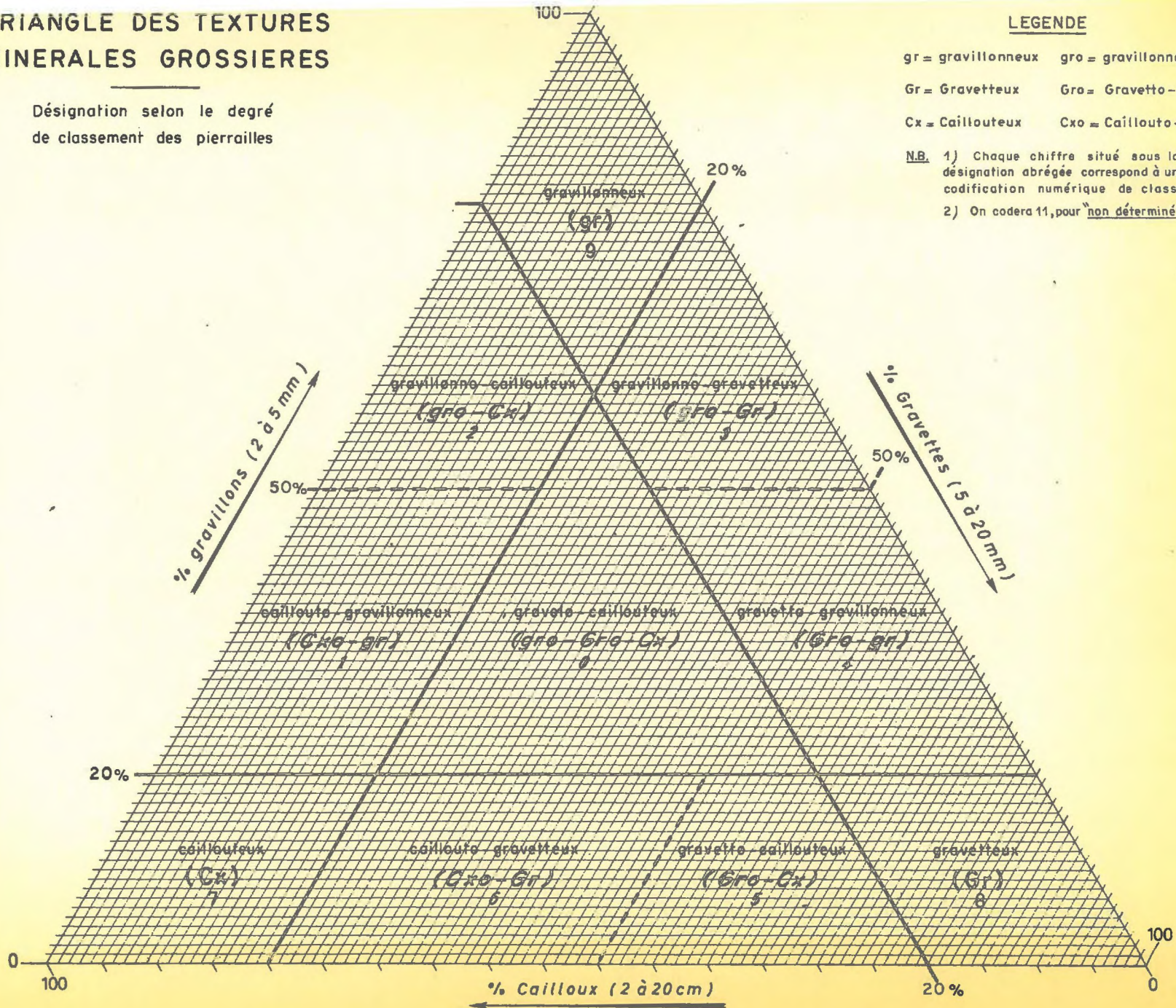
Fig. 14_ TRIANGLE DES TEXTURES
MINERALES GROSSIERES

Désignation selon le degré
de classement des pierrailles

LEGENDE

gr = gravillonneux gro = gravillonne-
Gr = Gravetteux Gro = Gravetto-
Cx = Caillouteux Cxo = Caillouto-

N.B. 1) Chaque chiffre situé sous la
désignation abrégée correspond à une
codification numérique de classe
2) On codera 11, pour "non déterminé"



et on codera nominalemment comme suit :

quantité de pierrailles : V
classement : (Cx)

soit V (Cx)

qui s'énonce : Pierraillo-...
ou plus précisément : Caillouto-...

Exemple 2

Pierrailles : 15 % volumique
dont, gravillons : 15 %
gravettes : 30 %
cailloux : 55 %

et on codera nominalemment comme suit :

quantité de pierrailles : IV
classement : (Cxo- Gr)

soit IV (Cxo- Gr)

qui s'énonce : ... pierrailleux
ou plus précisément : ... caillouto-gravetteux

d32.4. Importance relative de la matière organique
.....

Il s'agit d'abord de savoir si l'échantillon est
"terreux" ou "organique".

On utilise pour cela le graphique suivant (Tabl. XVII)
où sont portées, en abscisse les teneurs en matières organiques
fines (M.O.f.) et en ordonnée, les teneurs en matières organiques
grossières (ou refus organique : R.O.).

TABLEAU XVII

Désignation relative aux échantillons organiques

%/ pondéral de la matière organique fine (M.O.f.) dans la fraction fine

	0 %	20 %	40 %
0 %	Matériaux TERREUX de texture terreuse (T) cf. tableau correspondant	Texture organo-minérale à débris fins (Om _f) 2	Texture organique à débris fins (Of) 4
3 %	Texture minéralo-organique à débris grossiers (mOg) 1	Texture organo-minérale à débris fins et grossiers (Omfg) 3	Texture organique à débris fins et grossiers (Ofg) 5
40 %	Texture organique à débris grossiers (Og) 6		

%/ pondéral du refus organique (R.O.) dans la fraction : matières organiques totales et fractions minérales fines

NB

- Dans chaque case :
 - les lettres figurées entre parenthèses constituent un code nominal
 - Le chiffre situé sous le code nominal constitue un code numérique des classes.
- Lorsqu'il y a moins de 3 % de refus organique : on code 0, pour la teneur en refus (voir formulaire du profil)
- On codera 11, pour "non déterminé"

On peut se trouver en présence de 2 cas :

1) L'échantillon renferme plus de 20 % de matières organiques, fines, ou moins de 20 % de matières organiques fines et plus de 3 % de matières organiques grossières ; on dit dans ce cas que la macro-texture de l'échantillon est organique (abréviation "O").

On peut distinguer selon le tableau précédent les variétés suivantes de macro-textures organiques :

- texture "minéralo-organique" à débris grossiers ; on code (mOg)
- texture "organo-minérale" à débris fins ; on code (Omf)
- texture "organo-minérale" à débris fins et grossiers ; on code (Omfg)
- texture organique à débris fins ; on code (Of)
- texture organique à débris fins et grossiers ; on code (Ofg)
- texture organique à débris grossiers ; on code (Og)

Pour de tels cas, l'énoncé de ces variétés de macro-texture organique suffit pour préciser les termes, autres que pierrailles et blocs, de la texture globale. Cependant, dans certains cas, il est possible de préciser en complément, la texture de la fraction minérale fine lorsque cette dernière n'est pas négligeable.

2) L'échantillon renferme moins de 20 % de matières organiques fines et moins de 3 % de matières organiques grossières. On dit, dans ce cas, que la macro-texture de l'échantillon est terreuse (abréviation "T").

Dans ce cas, la terminologie des variétés texturales comporte l'énoncé des seules teneurs en matières organiques fines ; les débris grossiers étant considérés comme négligeables.

Pour la codification nominale et la dénomination, on utilise le tableau suivant :

TABLEAU XVIII

Désignation relative aux échantillons terreux
(selon les teneurs en matières organiques fines)

M.O. f % (teneur pondérale)	0 - 0,4	0,4 - 1	1 - 2	2 - 4	4 - 10	10 - 20
code nominal	α ou -	β ou ((h))	γ ou (h)	δ ou h	ϵ ou Ho	ζ ou Hi
dénomination	(néant)	... à traces d'humus	... peu humifère	... humifère	Humo-...	Humique...
code des classes	0	1	2	3	4	5

N.B. On codera 11, pour "non déterminé"

Deux cas possibles :

- pas d'humus (< 0,4 %), dans ce cas, on note α ou - ;
- matière organique fine présente, on note β ou ((h)), γ ou (h) δ ou h, ϵ ou Ho ou ζ ou Hi, suivant les teneurs variant de 0,4 à 20 %.

d32.5. Importance relative des argiles, limons et sables

Compte tenu des teneurs en argiles et limons exprimés en pourcentage de la fraction minérale fine, ou des classes de teneurs et de la fraction sable dominante déjà codée, il s'agit de dénommer les diverses combinaisons possibles des séquences de la fraction minérale fine.

Pour la dénomination, on utilise le triangle des textures minérales fines (S. HENIN et al., 1960, modifié J.-P. WACQUANT, 1965). - voir fig. 15 et le tableau des dénominations des classes texturales minérales fines (Tabl. XXII).

Chaque échantillon peut être localisé dans le triangle, par ses seules teneurs en argiles et limons.

Comme il a déjà été dit, chaque classe minérale fine est essentiellement codée à l'aide d'un nombre de 2 chiffres ; le premier étant relatif à la teneur en limons, codée de ① à ④ ; le second ayant trait à la teneur en argiles, codée de ① à ⑥.

Pour la codification nominale et la dénomination relatives aux teneurs en argiles, on a les correspondances suivantes :

TABLEAU XIX

Dénominations et codifications relatives aux teneurs en argiles.

Code des classes	Teneur en A %	Dénominations
1	0 - 5	-
2	5 - 12,5	... peu argileux
3	12,5 - 25	... argileux ou ... argileux ...
4	25 - 40	Argilo-...
5	40 - 60	Argileux ...
6	60 - 100	" Argileux "

Pour la codification nominale et la dénomination relative aux teneurs en limons on a les correspondances suivantes :

TABLEAU XX

Dénominations et codifications relatives aux teneurs en limons

Code des classes	Teneur en limons %	Dénominations
1	0 - 10	-
2	10 - 30	... limoneux ... limono- ...
3	30 - 60	Limono- ... Argilo-limono- ... Argileux, limoneux
4	60 - 100	Limoneux ... Limono-argileux Argilo-limoneux

D'autre part, pour les fractions "sables" et en fonction de la fraction dominante (sablons ou sables gros), on aura les dénominations et la codification suivantes :

TABLEAU XXI

Dénominations et codifications relatives aux teneurs en sables

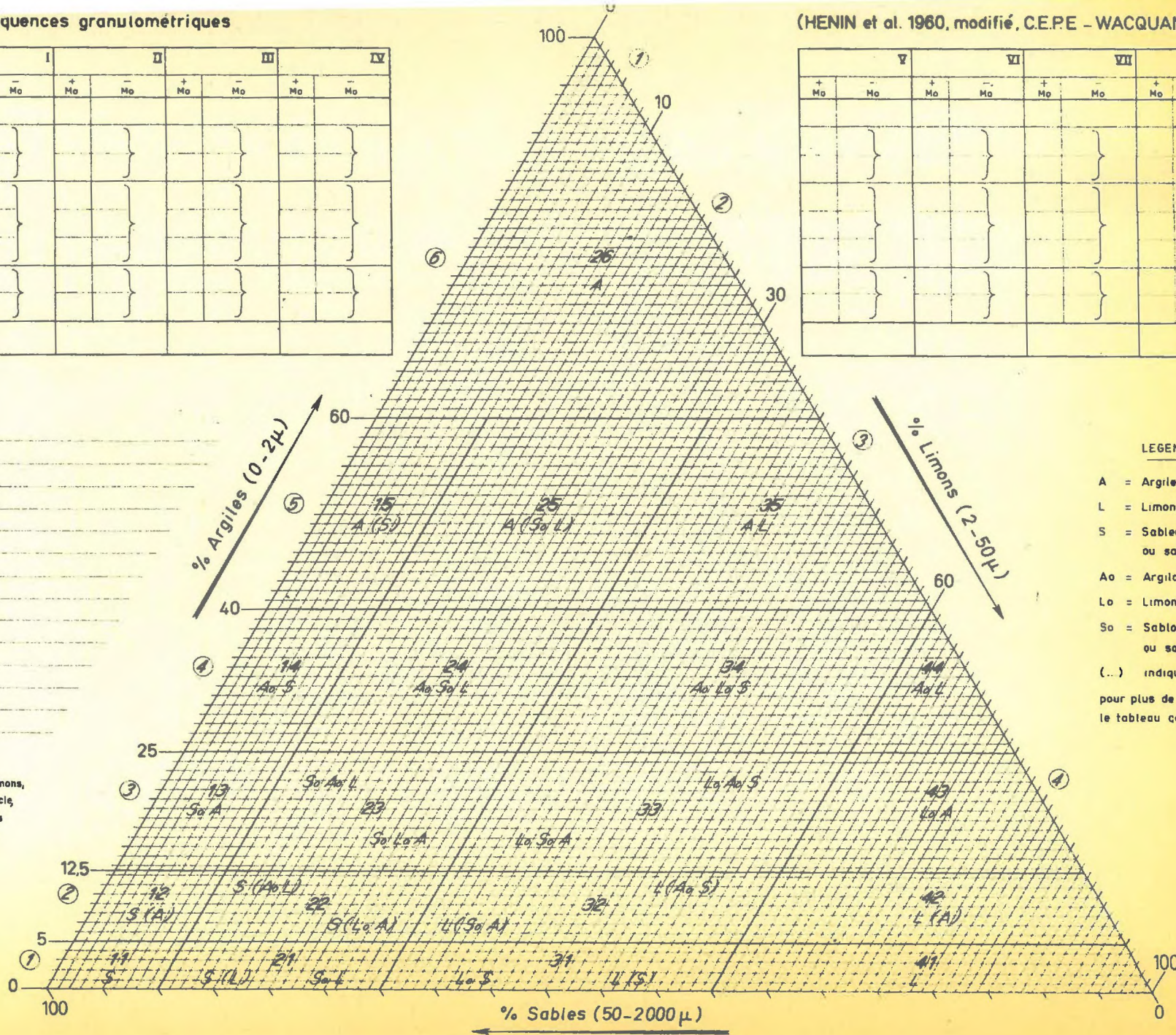
Code des classes	Code nominal	Code des classes	code nominal	sables dominants	dénominations
0	présence de sables négligeable				
1	Stf	} 4	Sn	sablons	... sablonneux...
2	Sf				... sablonno- ...
3	Sm				
5	Sg	} 7	Sr	sables	... sableux ...
6	Stg			gros	... sablo- ...

à 3 séquences granulométriques

(HENIN et al. 1960, modifié, C.E.P.E - WACQUANT 1965)

Echantillon n°	I		II		III		IV	
	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo
fréquences texturales								
0 - 2 μ								
2 - 20 μ								
20 - 50 μ								
50 - 100 μ								
100 - 200 μ								
200 - 500 μ								
500 - 1000 μ								
1000 - 2000 μ								
Classe de texture codée								

V		VI		VII		VIII	
+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo



LEGENDE

- A = Argileux
 - L = Limoneux
 - S = Sableux (Sr) ou sablonneux (Sn)
 - Ao = Argilo-
 - Lo = Limono-
 - So = Sable- (Sr) ou sablonno- (Sn)
 - (...) indique "peu"
- pour plus de détails, voir le tableau correspondant.

1.B
 Sur les axes des argiles et des limons, chaque chiffre contenu dans un cercle constitue une valeur codée des classes de teneurs en argiles ou en limons

Tableau des dénominations des classes texturales, minérales, fines
à 4 séquences granulométriques (C.E.P.E. WACQUANT 1965, en partie d'après HENIN et al. 1960)

60 à 100 % 6. TRES ARGILEUX	26. Argile			Séquences dominantes de sables (sables négligeables)		Code
	26. argileux			Srf.....	1	
40 à 60 % 5. ARGILEUX dominant sables et limons	15. Argile et peu de sable <i>15, Sn argileux, peu sablonneux</i> 15, Sr argileux, peu sableux	25. Argile et peu de sable et de limon <i>25, Sn argileux, peu sablonno-limoneux</i> 25, Sr argileux, peu sablo-limoneux	35. Argile et limon 35. argileux, limoneux	Sf.....	2	
25 à 40 % 4. ARGILEUX, mais sables et limons co-influents	14. Argile et sable <i>14, Sn argilo-sablonneux</i> 14, Sr argilo-sableux	24. Argile, sable et peu de limon <i>24, Sn argilo-sablonno-limoneux</i> 24, Sr argilo-sablo-limoneux	34. Argile, limon et sable <i>34, Sn argilo-limono-sablonneux</i> 34, Sr argilo-limono-sableux	Sm.....	3	
12,5 à 25 % 3. SABLES ou LIMONS dominant l'ARGILE	13. Sable et argile <i>13, Sn sablonno-argileux</i> 13, Sr sablo-argileux	23. Sable, argile et peu de limon <i>23, Sn sablonno-limono-argileux ou sablonno-argilo-limoneux</i> 23, Sr sablo-limono-argileux ou sablo-argilo-limoneux	33. Limon, argile et sable <i>33, Sn limono-sablonno-argileux ou limono-argilo-sablonneux</i> 33, Sr limono-sablo-argileux ou limono-argilo-sableux	<i>Sn</i>		4
5 à 12,5 % 2. PEU ARGILEUX	12. Sable et peu d'argile <i>12, Sn sablonneux, peu argileux</i> 12, Sr sableux, peu argileux	22. Sable et peu de limon et d'argile <i>22, Sn sablonneux, peu limono-argileux ou sablonneux, peu argilo-limoneux</i> 22, Sr sableux, peu limono-argileux ou sableux, peu argilo-limoneux	32. Limon, peu de sable et d'argile <i>32, Sn limoneux, peu sablonno-argileux ou limoneux, peu argilo-sablonneux</i> 32, Sr limoneux, peu sablo-argileux ou limoneux, peu argilo-sableux	Sg.....	5	
0 à 5 % 1. NON ARGILEUX	11. Sable <i>11, Sn sablonneux</i> 11, Sr sableux	21. Sable et peu de limon <i>21, Sn sablonneux, peu limoneux ou sablonno-limoneux</i> 21, Sr sableux, peu limoneux ou sablo-limoneux	31. Limon et sable <i>31, Sn limono-sablonneux ou limoneux, peu sablonneux</i> 31, Sr limono-sableux ou limoneux, peu sableux	Sr.....	6	
Teneurs en argiles Teneurs en limons	0 à 10 %	10 à 30 %	30 à 60 %	<i>Sr</i>		7
	1. NON LIMONEUX	2. PEU LIMONEUX	3. LIMONEUX	non déterminées		9
				44. Argile avec beaucoup de limon 44. argilo-limoneux	43. Beaucoup de limon, et argile 43. limono-argileux	42. Beaucoup de limon, peu d'argile 42. limoneux, peu argileux
				41. Beaucoup de limon 41. limoneux		

Ainsi, la texture minérale fine exprime les teneurs relatives de 4 variables dénommées : argiles, limons, sablons et sables **gros**.

Exemple :

Un échantillon contient 15 % de limons,
15 % d'argile
et des sablons **dominant** les sables gros ;

On codera : L : ②
A : ③
S : Sn ou ④

La texture minérale ~~fine~~ se présente ainsi : 23-Sn ou 234
et s'énonce (d'après le triangle ou le tableau) :
sablonno-argile-limoneux.

d.4. Conclusions

1) Il est recommandé, lorsque l'on procède à la dénomination de la texture globale d'une série d'échantillons, analysés par évaluation ou avec précision au laboratoire, de commencer par coder nominativement la texture globale, afin de faciliter la hiérarchisation des composants **élémentaires** essentiels et l'énoncé nominatif, en clair, de la texture globale.

En procédant, comme il est indiqué ci-dessus, on aboutit à une formule de texture globale qu'il est alors aisé de dénommer en clair.

Exemples :

Echantillon n° 125 :

Formule codée : V (Cxo- Gr) - II - Sn - α ;

Énoncé en clair : caillouto-gravetto-sablonneux.

Echantillon n° 130 :

Formule codée : 12 - Sn - α - II (Gr0 - Cx) ;

Énoncé en clair : sablonneux, peu argileux, à rares gravettes et cailloux.

Echantillon n° 129 :

Formule codée : 11 - Sn - α - I ;

Enoncé en clair : sablonneux .

Echantillon n° C 126 :

Formule codée : 44 - β - I ;

Enoncé en clair : argilo-limoneux, à trace d'humus .

Echantillon n° C 147 :

Formule codée : 13 - Sr - α - IV(gr) ;

Enoncé en clair : sablo-argileux, gravillonneux .

Echantillon n° C 146 :

Formule codée : V(gr) - 13 - Sr ;

Enoncé en clair : gravillono-sablo-argileux .

Echantillon n° C 145 :

Formule codée : 23 - Sn - γ ;

Enoncé en clair : sablonno-limono-argileux, peu humifère .

2) Pour l'étude de la texture globale, on ne s'est préoccupé, surtout, que de la détermination des termes quantitatifs relatifs aux séquences texturales spécifiques. Ces termes seuls seront codés en particulier pour l'exploitation mécanographique des résultats.

Les observations d'ordre qualitatives (voir § d2.2) importantes seront transcrites en abrégé dans les cases réservées à chaque rubrique (Fig.6).

e. Détermination du pH

Sur le terrain, le pH est déterminé à l'aide de la trousse colorimétrique de Truog (TRUOG SOIL REACTION TESTER - Model n° 694 - HELLIGE Inc., Long Island City, N.Y.).

MODE OPERATOIRE (d'après une traduction du Service de Documentation du C.E.P.E. , 1965)

1 - Déposer exactement trois gouttes d'indicateur Triplex dans une des cavités de la plaque de porcelaine. Ajouter peu à peu avec la spatule métallique de petites quantités du sol à tester de manière à absorber la totalité de l'indicateur. Il ne doit pas y avoir d'excès d'indicateur ou de sol non humidifié.

2 - Mélanger ensuite à la spatule, sol et indicateur et travailler ensuite le mélange de manière à former une masse adhérente à l'un des côtés de la cavité, lisser à la spatule la surface inclinée de cette masse. Si l'indicateur a été utilisé en quantité convenable (très important), il ne doit pas y avoir présence de liquide au fond de la cavité et le sol ne doit pas se déplacer lorsqu'on incline la plaque de porcelaine, la surface de la masse doit être tout juste recouverte d'une mince pellicule brillante de liquide.

S'il y a excès de liquide, ajouter simplement un peu de sol, travailler la masse et lisser. Si la masse est trop sèche, ajouter un peu d'indicateur en touchant avec l'extrémité du compte-goutte la paroi de la cavité, travailler la masse et lisser.

3 - Saupoudrer immédiatement de la quantité de poudre blanche juste nécessaire pour recouvrir uniformément la surface du sol de manière à dissimuler entièrement sa couleur. Appliquer

la poudre en tenant de la main gauche le flacon renversé et en tapotant le fond avec l'index droit coiffé de la capsule de caoutchouc du flacon, déplacer en même temps le flacon de manière à produire un film uniforme de poudre blanche sur le sol.

4 - Une à deux minutes après l'application de la poudre comparer la couleur qu'elle a prise à celle de l'échelle-étalon des couleurs du fascicule, en déplaçant le bord de l'échelle directement sur la partie centrale de la surface colorée. L'indication portée à droite de la couleur correspondante est la réaction (pH) du sol. Quand la couleur de l'échantillon est intermédiaire entre 2 couleurs-étalon déterminer le pH en conséquence. Pour effectuer ces comparaisons dans les meilleures conditions, se placer en lumière diffuse (en évitant les rayons directs du soleil) et incliner la plaque vers la lumière.

Nota :

Pour ~~arriver~~ à la plus grande précision possible, il est de la plus haute importance de normaliser les quantités d'indicateur utilisées en accord avec les instructions.

On doit en tous cas employer assez d'indicateur pour humidifier rapidement la poudre, mais il ne doit pas y avoir un film liquide sur lequel la poudre flotterait et formerait une masse compacte en séchant. Cependant, dans le cas de tourbes très acides ou de sols latéritiques, on doit employer un léger excès d'indicateur de manière à avoir une pellicule liquide ayant tendance à s'écouler ; cet excès d'indicateur est nécessaire pour contrebalancer le haut pouvoir absorbant de ces sols vis-à-vis de l'indicateur et laisser une quantité de celui-ci en solution suffisante pour la réaction colorée. Avec un peu d'expérience, on arrivera à ~~déterminer~~ l'humidité exacte du sol à laquelle il faut arriver, et la pratique permettra avec des tests rigoureux d'obtenir d'excellents résultats. Si le sol à tester

est naturellement humide, il faudra réduire en conséquence la quantité d'indicateur, la couleur ainsi obtenue sera peut être moins intense mais sans variation de la nuance finale de comparaison. Le test est donc plus efficace sur sols secs que sur sols humides.

Précautions :

Après adjonction et mélange de l'indicateur au sol et lissage de la surface d'essai, ne pas retarder le saupoudrage, car l'indicateur s'évapore rapidement et le mélange peut devenir trop sec pour donner de bons résultats.

Les résultats sont meilleurs quand on n'effectue pas plus de 2 ou 3 tests à la fois. Eviter le contact des acides, des alcalis, du savon, de la poussière, des engrais, avec les réactifs, les instruments, les sols à tester et les mains de l'opérateur. La plupart des savons sont alcalins, si on les utilise pour nettoyer les plaques de porcelaine ou les mains de l'opérateur, il faudra les éliminer complètement par rinçage prolongé à l'eau.

TABLEAU XXIII

Désignation et codification des classes de pH

Valeurs pH	< 4	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8 et > 8
Dénomination	extrêmement acide		très fort ¹ acide	fortement acide	moyenne ¹ acide	peu acide	très peu acide	peu basique	moyenne ¹ basique	fortement basique
Code de s classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

N.B. - On codera 11, pour "non déterminé"

g. Test de réaction à l'HCL

On utilise de l'HCL dilué à 1/2 ou 1/3.

L'essai de réaction à l'HCL permet de déceler, s'il est positif, la présence de carbonate de calcium ou autres carbonates.

D'autre part, la répartition, la fréquence, l'intensité et la durée de la réaction renseignent sur la quantité relative de carbonates, présents.

A propos de la répartition de la réaction, il convient de distinguer si elle est :

- localisée (loc.)
- ou généralisée (gén.)

Lorsque la réaction est localisée, il convient de préciser en outre quelle fraction (grossière, fine ou toutes fractions) réagit à l'HCL et avec quelle fréquence (rare ou plus ou moins fréquente).

On indiquera l'intensité et la durée de la réaction par les locutions principales suivantes :

- faible et courte,
- forte,
- très forte et prolongée.

Lorsque le matériau est une roche dolomitique, la réaction à l'HCL peut être faible ou nulle à froid. Broyée par quelques coups

de marteau, la roche libère une poussière à odeur de poudre à fusil ; cette poussière fait effervescence à froid avec l'HCl et l'on constate une première effervescence assez intense qui correspond à la décomposition du carbonate de calcium ; cette effervescence se poursuit ensuite faiblement et correspond alors à la décomposition du carbonate de magnésium (Cl.-Ch. MATHON, 1958, 84).

TABLEAU XXIV

Dénominations et codifications relatives aux tests de réaction à l'acide chlorhydrique

<i>Répartition et fréquence de la réaction</i>	<i>Code des Classes</i>	<i>Intensité et durée de la réaction</i>	<i>Code des Classes</i>
NULLE	0		
LOCALISEE			
- sur la fraction GROSSIERE			
. rare	1		
. fréquente	2	faible et courte	2
- sur la fraction FINE			
. rare	3	modérée	3
. fréquente	4	forte	4
- sur les fractions FINES et GROSSIERES			
. rare	5		
. fréquente	6	très forte et prolongée	6
GENERALISEE	9		
non déterminée, parce que non testée	11		11

g. Description de la structure

g.1. Généralités

La structure est une caractéristique morphologique du milieu édaphique relative à l'agencement des composants élémentaires des matériaux constitutifs des horizons et des strates.

Les principes de la description des composants élémentaires (particules minérales, colloïdes et débris organiques) ont été exposés au §.I.A.2.d (Description de la texture globale).

La structure d'un matériau meuble peut être définie sur le terrain et au laboratoire sous des aspects différents et complémentaires.

La description morphologique de la structure sur le terrain (morpho-structure) mérite un soin très particulier.

La classification proposée repose sur la distinction préalable de 3 catégories d'éléments morpho-structuraux :

- les particules élémentaires, défloculées ($< 2 \mu$) ou individualisées ($> 2 \mu$),
- les débris organiques, peu ou pas décomposés,
- les agrégats naturels, qu'il est possible de séparer, comme Ph. DUCHAUFOR (1960), en :

- * agrégats construits par floculation des colloïdes-ciments (agrégats généralement arrondis)
- * agrégats issus de la fragmentation des mottes de terre due aux phénomènes de retrait (agrégats généralement anguleux s'emboîtant les uns contre les autres).

Les propriétés structurales in situ (perméabilité, porosités, ...) dépendent de l'agencement et de la nature des éléments morpho-structuraux. Si l'on désire décrire la morphostructure, pour en déduire grosso modo certaines propriétés évoquées ci-dessus, il convient d'énoncer 3 séries de termes :

1) l'une sera relative à l'agencement des particules élémentaires plus ou moins agrégées (voir §. g2 ; Description des éléments morpho-structuraux).

2) La seconde sera relative à l'agencement des éléments morpho-structuraux (décrits dans la 1ère série de termes), par rapport au ciment qui peut se trouver entre ces éléments morpho-structuraux (voir §. g3 ; Cimentation des éléments morpho-structuraux).

3) La troisième sera relative à un agencement particulier et localisé des éléments morpho-structuraux. Dans cette catégorie entrera la description :

- a) des réseaux de canalicules et galeries d'origine biotique (moules de racines, animaux fouisseurs)
- b) des fentes d'origines diverses (dessiccation froids périglaciaires, etc.)
- c) des lacunes non comblées de particules fines (ex. gress cavernan méridionaux)
(voir §.g 4 ; Mégapores, fentes et cavités)

Ces conceptions, basées sur la notion d'élément morpho-structural, permettent de classer et de définir logiquement les unités structurales qui ont une signification pédogénique et écologique.

Dans le paragraphe ci-après, les notions de degré d'agrégation et les définitions concernant la forme et les dimensions des agrégats sont inspirés des travaux américains (Soil Survey Manual, 1951) et belges (Cartographie des Sols au Congo, SYS et al., 1961).

g.2. Description des éléments morpho-structuraux

g2.1. Degré d'agrégation

Le degré d'agrégation exprime la quantité relative d'agrégats contenus dans l'échantillon édaphique examiné.

Nous distinguerons les 4 degrés suivants :

g21.1. Pas d'agrégat
.....

Les éléments morpho-structuraux sont constitués essentiellement de particules élémentaires individualisées ou défloculées, plus ou moins tassées (matériaux terreux) ou de débris végétaux (matériaux organiques).

A. Matériaux terreux

Dans ce cas, on dit que la structure est non développée, ou encore, que la structure est particulaire.

Suivant le degré de cohésion de l'ensemble particulaire, on peut distinguer :

- a) la structure particulaire meuble : le matériau est généralement de texture sableuse, avec ou sans pierrailles ; pris dans la main, ce matériau s'écoule comme un fluide. Dans ce cas, la pénétrabilité d'un couteau, dans le matériau in situ est facile, quelle que soit l'état d'humidité de l'échantillon.
- b) La structure particulaire massive : le matériau peut être de texture sableuse ; il est alors extrêmement tassé. Les particules sont imbriquées de telle sorte que l'ensemble particulaire, au moins in situ, demeure solide. Le matériau peut

être également sableux, mais avec une matrice fine (argile ou limon) défloculée jouant un rôle de ciment en se desséchant.

Pour ces 2 types de matériau, la pénétrabilité d'un couteau dans l'échantillon, in situ, est difficile, quel que soit l'état d'humidité.

- c) La structure particulaire fondue : le matériau est généralement de texture argileuse ou limoneuse, avec ou sans pierrailles ; pris dans la main, ce matériau est assez plastique à l'état humide ; il est solide et dur à l'état sec. Dans ce cas, la pénétrabilité d'un couteau, dans le matériau in situ, est assez facile à l'état humide, mais difficile à l'état sec.

B. Matériaux organiques

Dans le cas de matériaux organiques, la structure peut être : (M. DUPUIS - avril 1963)

- a) fibreuse : les débris organiques ont un aspect de fibres (brindilles, aiguilles, ...). Les fibres sont plus ou moins entremêlées. L'ensemble est relativement dense.
- b) feuilletée : on distingue nettement un litage horizontal de débris organiques (feuilles planes).
- c) spongieux : le matériau organique est peu fibreux et peu dense à cause de la présence de nombreux espaces vauolaires.
- d) organique fondue : le matériau est constitué d'éléments organiques très fins formant une masse fondue sans organisation visible.

g21.2. Quelques agrégats

L'échantillon prélevé présente quelques agrégats dans sa masse. Ces agrégats sont généralement peu stables.

Dans ce cas, on dit que la structure est mal développée.

g21.3. Des agrégats en mélange

en quantités assez voisines avec des particules élémentaires.

Dans ce cas, on dit que la structure est moyennement développée.

g21.4. Agrégats nettement dominants

Pratiquement toutes les particules élémentaires sont agrégées en éléments morpho-structuraux individualisés.

Dans ce cas, on dit que la structure est bien développée.

g2.2. Description proprement dite des éléments morpho-structuraux

Nous avons distingué 3 types d'éléments morpho-structuraux :

g22.1. Les particules élémentaires qui donnent une structure particulière. Ces particules sont décrites par l'énoncé de la texture.

g22.2. Les débris organiques ; ces éléments sont également décrits par l'énoncé de la texture.

g22.3. Les agrégats, qui selon leur abondance relative confèrent au matériau décrit une structure plus ou moins développée.

Les agrégats sont décrits selon des critères spécifiques.

Les agrégats sont caractérisables d'après leurs formes, leurs dimensions et leurs résistances à la réduction particulière.

g225.1. Forme des agrégats et dimensions (Soil Survey Manual, 1951 et adaptation de C. SYS et al, 1961)

Selon la forme des agrégats, on distingue 3 types fondamentaux et des sous-types dérivés :

a) Type lamellaire

C'est un type caractérisé par un agencement des particules élémentaires autour d'un plan horizontal.

Le type lamellaire n'est pas subdivisé en sous-type.

La dimension caractéristique est l'épaisseur moyenne des agrégats ; selon l'épaisseur des agrégats lamellaires, on distingue les classes suivantes (voir planche fig. 16a) :

très fine	:	épaisseur < 1 mm (ép. < 1 mm)
fine	:	1 < ép. < 2 mm
moyenne	:	2 < ép. < 5 mm
grossière	:	5 < ép. < 10 mm
très grossière	:	ép. > 10 mm

b) Type prismatique

C'est un type caractérisé par un agencement des particules élémentaires autour d'un axe vertical.

Le type prismatique est subdivisé en 2 sous-types :

- b.1) sous-type prismatique proprement dit (ou eu-prismatique) lorsque l'agrégat est limité par des faces verticales planes et des arêtes anguleuses.
- b.2) sous-type colonnaire, lorsque l'agrégat est limité par une surface arrondie, donc pratiquement sans arête.

Type lamellaire

Type prismatique

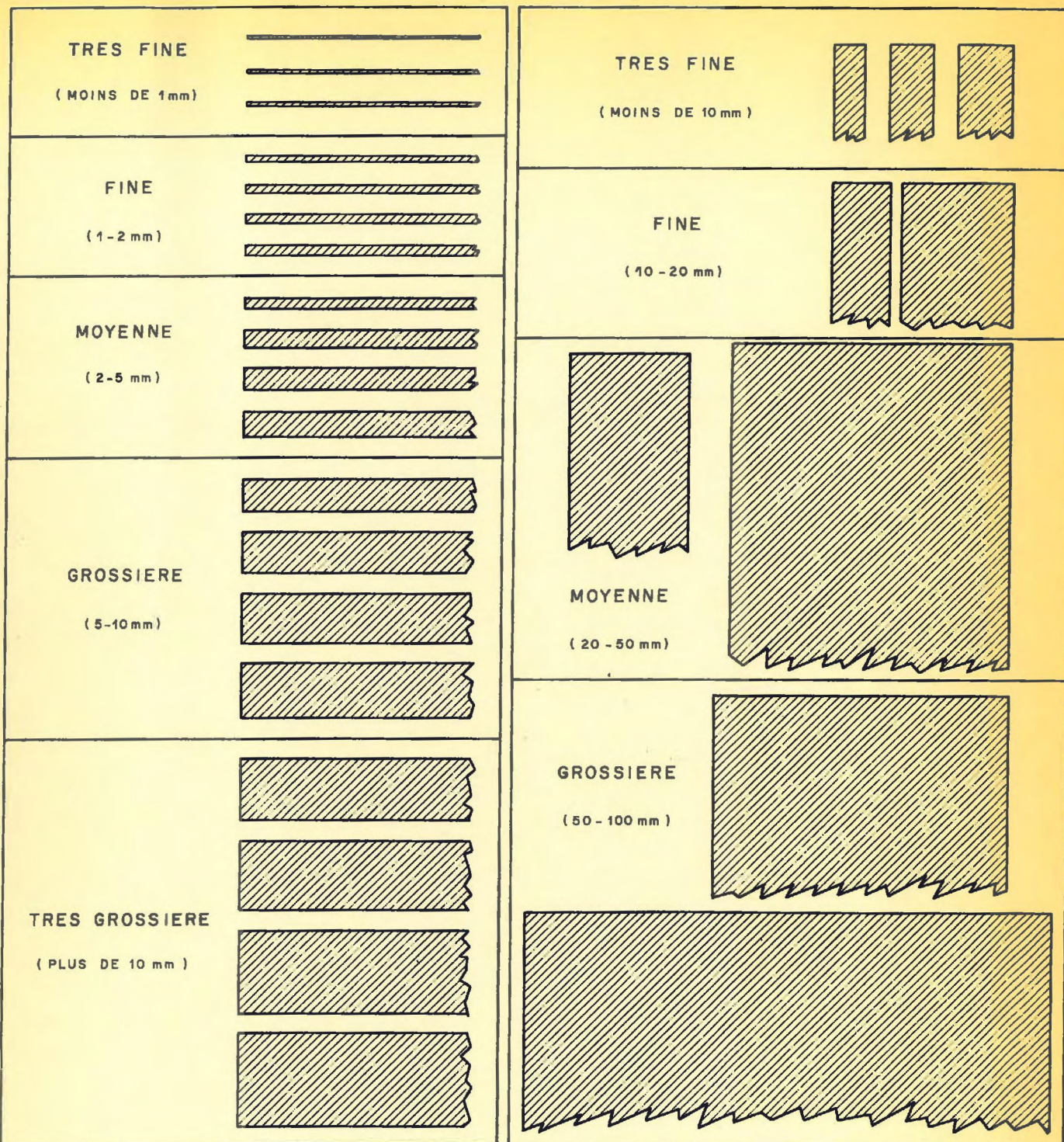


Fig. 16 a - Les types et classes de structure

Pour le type prismatique, la dimension caractéristique est la dimension moyenne de la section du prisme (largeur).

Selon la largeur du prisme, ou de la colonne, on distingue les classes suivantes (voir planche fig. 16 a) :

très fine	: largeur < 10 mm
fine	: 10 < largeur < 20 mm
moyenne	: 20 < largeur < 50 mm
grossière	: 50 < largeur < 100 mm
très grossière	: > 100 mm

c) Type polyédrique

C'est un type caractérisé par un agencement des particules élémentaires autour d'un point.

Le type polyédrique est subdivisé en 4 sous-types :

c.1) Divers sous-types polyédriques proprement dits (ou eu-polyédriques)

Les agrégats sont limités par des faces planes bien marquées.

Selon que les arêtes formées par les faces planes sont plus ou moins émoussées, on distingue encore :

- le sous-type polyédrique anguleux
- le sous-type polyédrique sub-anguleux

Pour les sous-types polyédriques, la dimension caractéristique de l'agrégat, est la dimension moyenne du polyèdre.

Selon cette dimension, on distingue, les classes suivantes (voir planche fig. 16 b) :

très fine	: dimension < 5 mm (d < 5 mm)
fine	: 5 < d < 10 mm
moyenne	: 10 < d < 20 mm
grossière	: 20 < d < 50 mm
très grossière	: d > 50 mm

c.2) Divers sous-types plus ou moins sphériques. Les agrégats sont limités par des surfaces non anguleuses qui confèrent une forme générale arrondie (en sphères).

Selon la porosité apparente des agrégats on distingue encore :

- le sous-type granuleux : agrégats apparemment non poreux, denses ;
- le sous-type grumeleux : agrégats apparemment poreux et peu denses.

Pour les sous-types plus ou moins sphériques, la dimension caractéristique de l'agrégat est le diamètre moyen du granule ou du grumeau.

Selon ce diamètre, on distingue les classes suivantes (voir planche fig. 16 b) :

très fine	: diamètre < 1 mm ($\phi < 1$ mm)
fine	: $1 < \phi < 2$ mm
moyenne	: $2 < \phi < 5$ mm
grossière	: $5 < \phi < 10$ mm
très grossière	: $\phi > 10$ mm

N.B. :

On notera que les ~~distances~~ de classes dimensionnelles établies d'un type à l'autre ou d'un sous-type à l'autre, sont liées aux possibilités de formation des agrégats et à leur fréquence dans la nature.

g223.2. Résistance des agrégats

Il s'agit de la résistance opposée par les agrégats pour n'être pas réduits à l'état particulaire sous la pression des doigts.

Il nous paraît plus juste d'employer ici le terme "résistance" à la place de "stabilité" (M. GODRON et al., 1962) ou de

Type polyédrique

Type sphérique

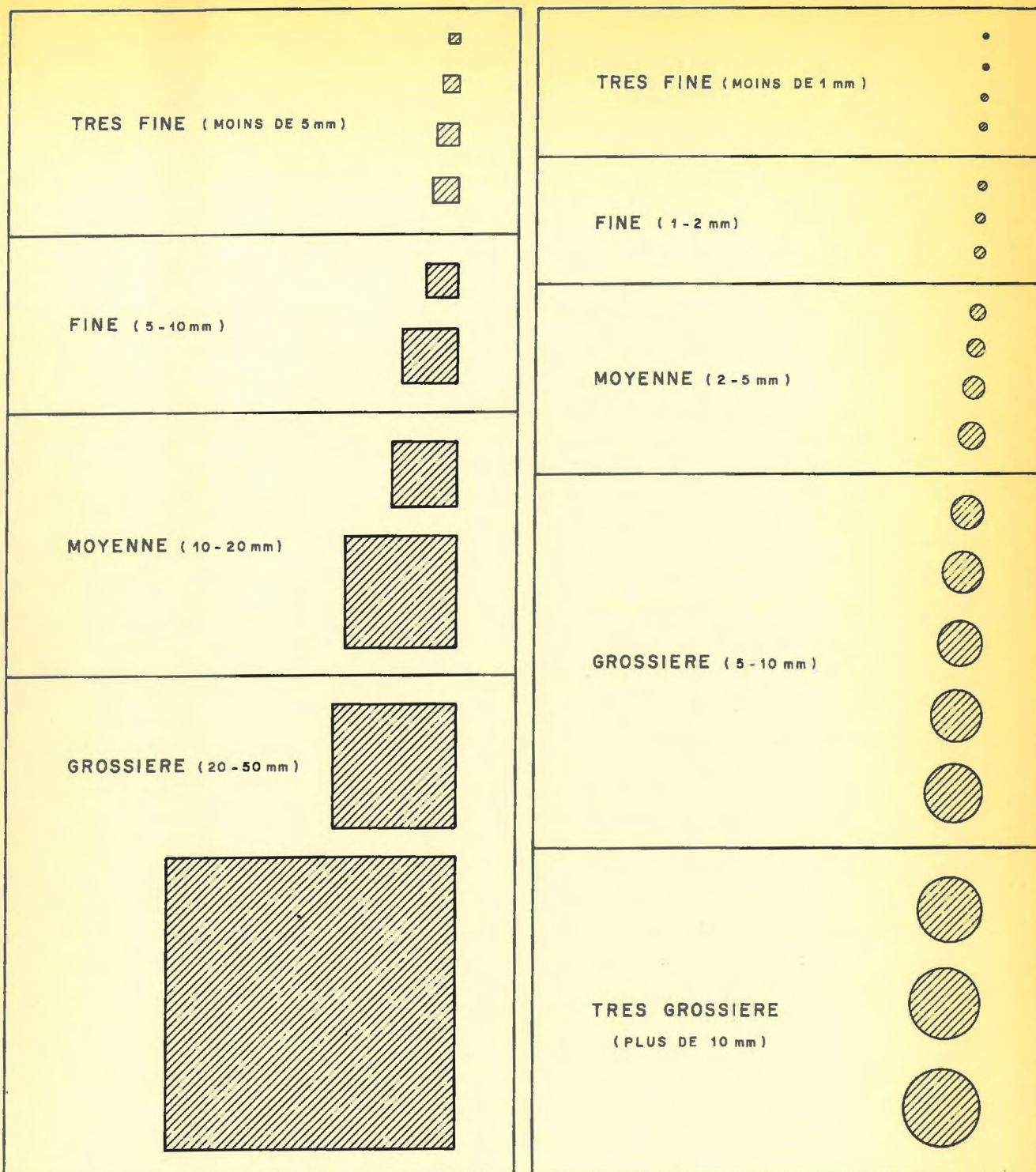


Fig. 16 b - Les types et classes de structure

"cohésion" (B. DABIN, 1953) pour ne pas introduire de confusion, entre autre, avec l'expression "stabilité structurale" de S. HENIN et al. (1960). On distinguera, suivant leur résistance moyenne, les degrés suivants :

a) faible

Les agrégats se brisent en particules élémentaires, sous la pression du pouce et de l'index.

b) modérée

- A l'état sec, les petits agrégats résistent assez bien à la pression entre le pouce et l'index et finissent par se ~~frag-~~menter ; les ~~fragments~~, par contre, se réduisent assez bien à l'état particulaire, sous une pression des doigts. Les gros agrégats se brisent assez facilement en fragments relativement friables.
- A l'état humide, sous l'effet de la pression des doigts les agrégats se déforment d'abord, et se brisent ensuite en fragments qui se réduisent facilement à l'état particulaire.

c) forte

- A l'état sec, les agrégats résistent à la pression des doigts, et ne peuvent se ~~fragmenter~~ qu'en parties elles-mêmes ~~fragmentables~~, mais non friables ; le terme ultime de la fragmentation, l'état particulaire, est relativement difficile à atteindre.
- A l'état humide, les agrégats se déforment légèrement et se ~~fragmentent~~ assez difficilement.

A partir de ces 3 degrés il est possible de prévoir des degrés intermédiaires tels que :

- résistance très faible
- résistance faible (faiblement résistant)
- résistance faible à modérée.
- résistance modérée (modérément résistant)
- résistance modérée à forte
- résistance forte (fortement résistant)
- résistance très forte

L'emploi des adverbes (Tabl. XXV) est justifié § g.5.B.

g2.3. Cas de plusieurs types d'éléments morpho-structuraux en mélange dans des proportions variables

Jusqu'à présent, nous nous sommes placés devant 3 cas simples :

- a) structure non développée, sans agrégat, à éléments particuliers d'un seul type,
- b) structure bien développée, avec agrégats monotypiques,
- c) structure mal ou moyennement développée avec agrégats monotypiques et particules élémentaires d'un seul type en mélange.

Or, dans les conditions naturelles, on rencontre souvent des combinaisons variées de types morpho-structuraux à l'intérieur des 3 cas précédemment cités.

Dans de tels cas, il convient de décrire en détail le type le plus fréquent et de signaler le ou les autres types comme des TENDANCES. On dira par exemple :

- a) structure non développée, particulière meuble à tendance massive.
- b) structure bien développée, moyennement et fortement prismatique à tendance polyédrique anguleuse (grossièrement et fortement).
- c) structure mal développée finement et faiblement polyédrique subanguleuse à tendance granuleuse.

On peut de la sorte, développer ou réduire comme il convient la description de la structure.

TABLEAU XXV

Désignations et codifications relatives aux descriptions des éléments morpho-structuraux.

Code des Classes	Degré de structuration	Code des Classes	Description relative aux particules élémentaires (Type)				
0	non développée		a. Types minéraux ou minéralo-organiques				
		1	PARTICULAIRE MEUBLE				
		2	PARTICULAIRE MASSIVE				
		3	PARTICULAIRE FONDUE				
			b. Types organiques				
		6	ORGANIQUE FONDUE				
		7	SPONGIEUSE				
		8	FEUILLETÉE				
		9	FIBREUSE				
		11	* non déterminé *				
		<i>Description relative aux agrégats</i>					
		Code des Classes	Type	Code des Classes	Taille	Code des Classes	Résistance
2	mal développée	1	LAMELLAIRE	1	Très finement		
		2	PRISMATIQUE			2	faiblement
		3	COLUMNNAIRE	3	finement		
		4	Polyédrique ANGULEUX	5	moyennement	4	modérément
		6		Polyédrique SUB-ANGULEUX	6	fortement	
6	Bien développée			7	grossièrement		
		8	GRANULEUX				
		9	GRUMELEUX	9	très grossièrement		
11	* non déterminé *	11	* non déterminé *				

g2.4. Proportions de grains nus et de grains vêtus

Pour certains diagnostics pédogénétiques en particulier, lorsqu'il y a podzolisation, il est recommandé de noter le pourcentage approximatif de grains nus contenu dans la seule fraction fine.

g.3. Cimentation des éléments morpho-structuraux

Il y a cimentation lorsque les éléments morpho-structuraux (particules élémentaires, débris organiques ou agrégats) sont liés assez fortement entre eux par un ciment autre que les colloïdes argileux ou humiques (Soil Survey Manual, 1951).

Ce ciment peut être :

- métallique (oxydes, sels et complexes de Fe, Mn, Al,...),
- carbonaté (calcaire, ...),
- siliceux.

On distinguera :

a) la répartition de la cimentation, qui peut être :

- soit, généralisée.
- soit, localisée selon,
 - . des plans, continus ou discontinus (dalles,...)
 - . des axes (autour des racines),
 - . des points (concrétions, pisolithes,...).

On indique dans ce cas le volume approximatif occupé par les masses cimentées.

b) le degré de cimentation(Soil Survey Manual,1951). On distinguera les degrés suivants :

1. faiblement cimenté : la masse cimentée est dure et cassante, mais peut se briser avec les mains.

2. fortement cimenté : la masse cimentée est cassante, mais trop dure pour être brisée avec les mains ; elle ne peut l'être qu'avec l'aide d'un marteau.

3. induré : la masse est très énergiquement cimentée ; la dureté est telle que des coups de marteau énergiques sont nécessaires pour obtenir une rupture ; les outils métalliques résonnent généralement lorsqu'ils heurtent la masse cimentée.

Nota : En général, la cimentation est peu affectée par l'hydratation ; la dureté et le caractère cassant subsistent même à l'état humide. Exceptionnellement, lorsque la cimentation est influencée par l'état hydrique, il conviendra de l'indiquer.

En conclusion, pour cette rubrique, on indiquera :

- 1) cimentation soit nulle, soit apparente,
- 2) pour une cimentation apparente, on précisera si elle est généralisée ou localisée, en indiquant le degré de cimentation et la nature du ciment,
- 3) pour une cimentation localisée, on précisera s'il s'agit de dalles, croûtes, cuirasses, alios, etc., ou de gaines racinaires, ... ou de pisolithes ou de concrétions, ... en indiquant le volume relatif occupé par les masses cimentées.

Pour le concrétionnement, on indiquera les séquences granulométriques les plus fréquentes ainsi qu'une valeur relative de l'abondance; on pourra coder en plus, l'abondance relative des concrétions de la façon suivante :

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| 1 - quelques-unes | 5 - nombreuses |
| 2 - peu nombreuses | 7 - très nombreuses |
| | 11 - " <u>non déterminé</u> " |

TABLEAU XXVI

Désignations et codifications relatives aux cimentations des éléments morpho-structuraux

Code des Classes	Répartition	Code des Classes	Degré de cimentation	Code des Classes	Nature du ciment
0	nulla				
1	localisée suivant points (concrétions)			1	siliceux
		3	faiblement cimenté		
3	localisée suivant des axes (gainés)			2	carbonaté
		4	fortement cimenté		
5	localisée suivant des plans discontinus			5	composés du fer
6	localisée suivant des plans continus	6	induré	6	composés Fe + Mn
				7	composés du Mn
8	généralisée			8	composés d'autres métaux

N.B. - On code 11, pour chaque "non déterminé"

g.4. Megapores, fentes et cavités

Il est important de décrire avec concision la présence, la nature, l'importance relative et l'origine des pores visibles, des fentes et des cavités.

Ainsi, on pourra indiquer :

a) Nature

- canalicules et galeries
- fentes, (fentes de gauchissement, fentes en coin, fentes de retrait, ...)
- cavités ou lacunes

b) Importance relative

- Réseau de canalicules et galeries

- peu dense
- dense
- très dense

pour donner une idée des dimensions, on pourra utiliser les qualificatifs suivants : très fins (es), fin (es), gros (ses).

- Fentes

- rares
- nombreuses
- très nombreuses

on pourra indiquer en plus les dimensions (très minces, minces, larges, superficielles, profondes, très profondes).

- Cavités

- rares
- fréquentes
- très fréquentes

pour les dimensions on pourra utiliser éventuellement les qualificatifs petites, moyennes, grandes.

N.B. - Pour réduire le caractère subjectif des observations relatives à la fréquence et aux dimensions, on devra établir régionale-ment une échelle de référence.

c) L'Origine

On précisera :

- biotique : animale ou végétale
- climatique (dessiccation, gel périglaciaire, ...)
- géologique (cavités de dépôt, ...)

§.5. Expression descriptive de la structure

A) L'expression descriptive de la structure se fait par l'énoncé, dans l'ordre, des critères suivants :

TABLEAU XXVII

Désignations et codifications relatives aux mégapores, cavités et fentes

RESEAU DE MEGAPORES			CAVITES			FENTES		
Code des Classes	dimensions des pores	densité du réseau	Code des Classes	dimensions	fréquence relative	Code des Classes	dimensions	fréquence
0	pas de mégapore		0	pas de cavité		0	pas de fente	
1	très fins	} peu dense	1	petites	} rares	2	très minces	} rares
2	fins		2	moyennes				
3	gras		3	grandes				
4	très fins	} dense	4	petites	} fréquentes		3	
5	fins		5	moyennes		4	larges	
6	gras		6	grandes		6	très minces	} fréquentes
7	très fins	} très dense	7	petites	} très fréquentes	7	minces	
8	fins		8	moyennes		8	larges	
9	gras		9	grandes				
12 comblées		12 comblées		12 comblées	

N.B. - Lorsque l'on rencontrera d'anciens canalicules, galeries, fentes ou cavités comblés on codera après la description par le chiffre 12
 - On codera 11, pour chaque "non déterminé"

a) Description des éléments morpho-structuraux

1) degré d'agrégation.

Si le matériau comporte des agrégats, on précisera :

- 2) la taille caractéristique des agrégats (indication de la classe),
- 3) le degré de résistance des agrégats (indication de la résistance),
- 4) la forme des agrégats (indication du type),

b) Cimentation des éléments morpho-structuraux
(éventuellement)

- 1) répartition de la cimentation
- 2) degré de la cimentation
- 3) nature du ciment

c) Mégapores, fentes, cavités (éventuellement)

- 1) nature
- 2) importance relative
- 3) origine

B Exemples
.....

- Ex. 1 - Structure moyennement développée, finement et modérément polyédrique subanguleuse ; cimentation très localisée (2 %), concrétions gravetteuses à ciment faible ferro-manganique.
- Ex. 2 - Structure mal développée, grossièrement et fortement eu-prismatique ; cimentation nulle. Réseau de fins canalicules racinaires.
- Ex. 3 - Structure bien développée, moyennement et modérément grumeleuse ; cimentation nulle.

h. Faune et galeries

Pour cette rubrique spéciale, on signalera, au minimum, le nombre et le groupe systématique des individus observés parmi les méga et macrofaunes du sol. (G. BACHELIER, 1963)

Cette faune pourra être constituée, de :

- Lombrics,
- Arthropodes (imagos, nymphes, etc.),
- Rongeurs,
- Reptiles, Oiseaux etc.

S'il y a des galeries on pourra signaler :

- 1) si elles sont fonctionnelles, non fonctionnelles ou fossiles (crotovinés) ;
- 2) l'étendue du réseau et la dimension moyenne de la section des galeries ;
- 3) si elles sont comblées ; dans ce cas, préciser la nature du matériau de remplissage.

Si de nombreuses observations nécessitent d'être consignées, on pourra faire des renvois vers des cases non utilisées du formulaire.

TABLEAU XXVIII

Désignations et codifications provisoires relatives à la faune et aux galeries.

0	aucun animal observé
11	galeries de rongeurs non fonctionnelles ⁽¹⁾
12	galeries de rongeurs fonctionnelles ⁽¹⁾
1	Arthropodes rares
2	Arthropodes nombreux
3	Arthropodes et quelques Lumbricidés (ou traces de)
4	Lumbricidés (ou traces de) et quelques Arthropodes
5	Lumbricidés rares (ou galeries fonctionnelles de)
6	Lumbricidés nombreux (ou galeries fonctionnelles de)
7	Lumbricidés très nombreux (ou galeries fonctionnelles de)

(1) Ces indications peuvent être données en plus de l'une des 7 autres prévues (numérotées de 1 à 7)

i - Description des enracinement

Deux cas sont à considérer :

(I) On ne peut pas faire de distinctions spécifiques.

Dans ce cas, on note par horizon et par strate l'abondance relative des racines et radicelles, ainsi que le développement relatif du chevelu radicaire.

Bien que subjective, la distinction que nous proposerons d'établir entre racines, radicelles et chevelu, doit permettre de décrire au moins sommairement, le comportement des appareils racinaires tout au long d'un profil.

On appellera racine, toute portion d'organe généralement peu ramifiée, en tous cas, de calibre plus important que ses parties ramifiées. On appellera chevelu, une partie d'organe (plus ou moins importante), présentant de très nombreuses ramifications de calibre voisin. On appellera radicelles, des ensembles ramifiés provenant de racines et ne répondant pas à la définition du chevelu.

Pour les racines, on indiquera :

- s'il n'y en a que quelques unes,
- si elles sont plus ou moins nombreuses (peu, moyennement ou très).

Pour les radicelles, on indiquera :

- si elles sont rare,
- si elles sont plus ou moins abondantes (peu, moyennement ou très).

Pour le chevelu, on indiquera :

- s'il est rare,
- s'il est plus ou moins dense (peu, moyennement ou très).

On peut, éventuellement, préciser la taille moyenne des racines et radicelles (fines, moyennes, grosses, très grosses) et signaler, s'il y a lieu, la présence, la taille, et le pourcentage d'organes racinaires morts.

2) On peut faire de distinctions spécifiques.

On décrit l'appareil radiculaire de chaque espèce selon le mode de ramification (faire un schéma à l'échelle du profil) ; on précise également la répartition par horizon et par strate, en fonction de la quantité et des tailles de racines et radicelles (S. HENIN et al., 1960 ; M. DUPUIS, avril 1963) ; on signale éventuellement la présence d'organes racinaires morts en totalité ou en partie, etc.

TABLEAU XXIX

Désignations et codifications relatives à l'enracinement

<i>Codo des Classes</i>	<i>Chovslu</i>	<i>Codo des Classes</i>	<i>Radicelles</i>	<i>Codo des Classes</i>	<i>Racines</i>
0	absent	0	absentes	0	absentes
1	rare	1	rare	1	quelques
3	peu dense	3	peu abondantes	3	peu nombreuses
5	dense	5	abondantes	5	nombreuses
7	très dense	7	très abondantes	7	très nombreuses
9	mort en totalité	9	toutes mortes	9	toutes mortes
11	mort en partie	11	mortes en partie	11	mortes en partie
12	"non déterminé"	12	"non déterminé"	12	"non déterminé"

J. Particularités diverses

Sous cette rubrique pourront figurer certaines observations insolites (vestiges préhistoriques enterrés, ...) ou bien quelques observations particulières telles que celles relatives aux cimentations qui nécessitent parfois des descriptions complémentaires.

3.- Prélèvement des échantillons

a. Localisation des prélèvements

Le prélèvement d'échantillons destinés aux analyses de laboratoire doit se faire autant que possible sur une même verticale.

Il faut prélever un échantillon par horizon et par strate.

b. Volume de l'échantillon à prélever

Le problème qui se pose est relatif à la quantité de matériau à prélever pour que l'analyse au laboratoire révèle dans des limites satisfaisantes la teneur en fractions minérales grossières (pierrailles) et très grossières (blocs).

Le volume de l'échantillon meuble à prélever est fonction :

- 1) du volume de l'échantillon édaphique théorique,
- 2) du nombre et des types d'analyses prévus.

Souvent le volume à prélever est imposé par les dimensions des contenants prévus pour le stockage et le transport. Il faut donc tenter de concilier, volume théorique à prélever et volume que l'on peut transporter.

Le volume de l'échantillon théorique est dans la majorité des cas fonction de la dimension moyenne des particules grossières (pierrailles) et des particules très grossières (blocs) et aussi de la distance moyenne entre ces particules.

On pourra avoir une idée du volume théorique moyen à prélever en utilisant la formule :

$$V = (2 d.A)^3 \quad (\text{d'après J. BOURRIER, 1959})$$

qui représente un cube de côtés égal à $2dA$.

A = dimension moyenne des particules > 2 mm, dominantes.

d = dimension moyenne entre les particules dominantes.

Pratiquement, on a déjà évalué (voir texture globale) les proportions des fractions > 2 mm et on se trouve devant deux possibilités :

- a) Il est impossible ou trop compliqué de prélever un volume d'échantillon proche du volume théorique, dans ce cas, on ne prélève que les fractions < 2 mm (pour ne pas être tenté d'exploiter des résultats d'analyses non représentatifs) et on n'utilisera que les analyses sommaires de terrain pour exprimer les teneurs en fractions > 2 mm. L'échantillon prélevé est dit non représentatif des fractions grossières.
- b) Il est possible, ou nécessaire, de prélever un volume d'échantillon proche du volume théorique. Dans ce cas on pourra comparer les valeurs notées sur le terrain pour les pierrailles et les blocs et les valeurs des analyses de laboratoire.

Quantité pratique à prélever

Théoriquement le volume à prélever sera

- 1) d'autant plus grand que le volume total de particules > 2 mm sera petit,
- 2) d'autant plus grand que la dimension moyenne/des particules > 2 mm sera plus grande.

En fait, il est possible de fixer une valeur moyenne du % volumique de fractions > 2 mm pour laquelle l'erreur due à l'échantillonnage soit réduite ou négligeable (10 % en volume environ).

Sur cette base et en fonction de la dimension moyenne des particules, on peut prévoir pour des matériaux terreux les prélèvements massiques minimaux suivants : (J. BOURRIER, 1959).

TABLEAU XXX

Poids d'échantillon à prélever en fonction des séquences granulométriques grossières dominantes

Séquences granulométriques	A en cm	Poids de l'échantillon à prélever
Graviers	0,2	1 Kg
	0,5	1 Kg
	2,0	1 Kg
Petits cailloux	3,0	3 Kg
	4,0	6 Kg
	5,0	10 Kg
Cailloux moyens	6,0	15 Kg
	7,0	21 Kg
	8,0	28 Kg
	9,0	36 Kg
	10,0	45 Kg

Poids moyen à prélever = $\frac{A(A-1)}{2}$ (formule de J. BOURRIER, 1959).

On voit par ce tableau comment se pose le problème du prélèvement et de sa représentativité.

Pratiquement, si l'échantillon comporte peu ou pas de graviers et cailloux, son poids pourra être au maximum de l'ordre de 1 à 3 kg; si l'échantillon comporte des graviers et cailloux en proportions importantes, son poids pourra être au maximum de l'ordre de 3 à 20 kg, selon la quantité de refus minéral (voir A. CAILLEUX et J. TRICART, 1963, 125).

Pour faire la granulométrie des graviers et cailloux, on recommande souvent un tamissage sur place ; il faut admettre que dans ce cas, les conditions d'obtention de résultats valables, sont sous la dépendance de circonstances favorables assez rares. En effet, lors du tamissage sur le terrain, la terre fine est rarement "sèche" et le pourcentage d'eau qu'elle contient peut fausser les résultats.

Plutôt qu'un tamissage sur place, nous pensons qu'il vaudrait mieux prévoir, selon les circonstances et les besoins, soit la prise et le transport d'un volume suffisant d'échantillon pour l'analyse au laboratoire (3 à 20 kg) soit, se contenter de mesures ou des évaluations de terrain en ayant soin alors, de débarrasser la prise d'échantillon du refus minéral.

Sur le terrain, on peut faire des mesures à l'aide de la méthode "linéaire" ou de la méthode du "quadrillage" (A. CAILLEUX et J. TRICART 1963).

Le choix des diverses méthodes utilisables, celles de terrain in situ, celle du tamissage sur place, ou celle de laboratoire est dicté par la précision espérée et par les conditions matérielles.

N.B. - Lorsque le profil comporte des matériaux rocheux, il est recommandé de prélever des échantillons de roche.

c. Précautions à prendre

Certaines analyses (analyses relatives à la structure, perméabilité, stabilité des agrégats,...) nécessitent que l'on prenne des précautions pour prélever et transporter les échantillons. Il s'agit d'apporter au laboratoire des échantillons dont les agrégats n'auront pas été brisés ou écrasés.

Il faut donc découper un volume dans le matériau in situ, à l'aide d'outils tranchants.

Le volume ainsi prélevé sera débarrassé sur ses faces, et à la main, des parties tassées, lissées ou brisées artificiellement.

Pour le transport, on évitera que les contenants subissent des pressions ou des chocs. Il est recommandé de faire sécher à l'air les échantillons humides avant de les emballer (QRSTOM, 1959). On évitera de conserver les échantillons organiques à humifères, insuffisamment séchés, dans des sacs en matières plastiques (humidité conservée !) ; pour d'autres raisons, on évitera l'emploi de boîtes en carton agraffées pour le transport (perte possible de poudres et sables !).

d. Indications à porter sur le formulaire

Sur le schéma du profil : on localisera les prélèvements, les uns par rapport aux autres, en tenant compte des proportions des volumes prélevés.

On reportera dans les cadres figurant les emplacements, le numéro des contenants.

Sur le formulaire de description : on indiquera pour chaque niveau le numéro du contenant et éventuellement la profondeur du prélèvement (généralement dans les strates puissantes où il est difficile de prélever sur toute la hauteur).

e. Indications à porter sur les contenants

Les contenants commodes sont généralement des sacs en toile qui portent un numéro d'ordre marqué sur la toile. C'est ce numéro qui est porté sur le formulaire.

Le sac devra être accompagné de 2 étiquettes rigides dont l'une sera glissée à l'intérieur du sac et l'autre attachée à l'extérieur.

Chaque étiquette portera le numéro du relevé et le numéro de l'horizon ou de la strate.

B - CARACTERISATIONS DU MILIEU EDAPHIQUE

1. Généralités et formulaire pour les caractérisations diverses

Le profil édaphique vient d'être décrit en détail. A la suite de cette description et des observations complémentaires faites en surface ou à la suite de sondages de contrôle, il est possible d'entreprendre une INTERPRETATION PROVISOIRE, qui permettra de faire apparaître les caractères spécifiques du milieu édaphique considéré dans son ensemble et pas seulement dans un plan (profil).

a. Caractérisations globales (voir formulaire, fig. 17)

La caractérisation synthétique se fait de trois points de vue différents. On distinguera sur cette base :

(1). une CARACTERISATION D'ORDRE MORPHOLOGIQUE, qui consistera à DECRIRE DE FAÇON CONCISE selon des règles strictes, l'essentiel de l'agencement des matériaux constituant la formation considérée. Cette caractérisation se fera en définissant :

- le type de formation superficielle ou type morphologique de substrat de la végétation

(2). une CARACTERISATION D'ORDRE MORPHOGENETIQUE qui doit permettre non seulement d'expliquer la morphologie de détail, mais encore de pouvoir délimiter dans l'espace, à la fois l'unité phyto-édaphique dans son ensemble et les zones de même homogénéité qui la compose (horizons et strates).

Cette caractérisation morphogénétique se fera en définissant successivement :

- le type pédo-géomorphologique de formation,
- le type d'humus,
- les types génétiques de sols, matériau originel présumé et substratum de la formation pédologique.

(3). une CARACTERISATION D'ORDRE PHYTO-ECOLOGIQUE.

L'étude géopédologique, étape précédente, morphologique et morphogénétique, doit préparer l'étude phyto-édaphique proprement dite en lui fournissant un cadre (unités et zonalités définies).

L'étude phyto-édaphique consiste essentiellement à caractériser sur une base physiologique le milieu des végétaux, par ses propriétés physiques, physico-chimiques et biochimiques.

Cette caractérisation phyto-édaphique devrait se faire en définissant successivement :

- le type hydrique de milieu,
- le type phytotrophique de milieu.

Cette caractérisation purement écologique ne sera envisagée dans notre propos que très sommairement et pour mémoire; pourtant elle est ESSENTIELLE POUR LE PHYTO-ECOLOGISTE. Il n'existe pas actuellement, à notre connaissance de méthode objective qui permette de définir rigoureusement les types hydriques et trophiques de milieux phyto-édaphiques. Nous avons entrepris dans ce domaine une série d'études, portant sur les problèmes de nutrition minérale des végétaux dans les conditions naturelles, qui devrait permettre d'aboutir aux questions de typologie phyto-édaphique (J.-P. WACQUANT, 1963).

b. Caractérisations particulières (voir formulaire, fig. 17)

Ce paragraphe concerne quelques caractères édaphiques isolés pour des nécessités d'interprétations éthologiques ou mésologiques. Il s'agit de caractères mesurables (hauteurs, épaisseurs, profondeurs).

Pour coder toutes ces mesures de longueurs données en centimètres, on utilisera la codification suivante (identique à celle des profondeurs de planchers; chap. 1er, A, 1, f2.1).

TABLEAU VI
Codification des profondeurs exprimées en cm

Code	01	02	... 06	... 15	... 60	... 88
mesures en cm	2	4	... 12	... 30	... 120	... 175

(1). Profondeur du plafond de la nappe

Il s'agit de la profondeur mesurée en centimètres au moment de l'étude sur le terrain. C'est généralement une grandeur fluctuante au cours des saisons, dont on ne notera en définitive qu'une des valeurs plus ou moins représentative pour la saison.

Il faut porter un jugement complémentaire de la mesure, sur la représentativité de la valeur observée. Si pour des raisons multiples (pluies récentes ou sécheresse exceptionnelle, etc.), elle paraît hors de la moyenne normale, on codera en plus

11 . 11

Exemple : profondeur 26 cm, exceptionnelle, soit : $\frac{1.3}{11.11}$,
en code; on indique en clair, profondeur exceptionnelle (raisons et sens, ...).

D'autre part, on codera :

12.12, en plus de la profondeur atteinte (exprimée en code), sans rencontrer la nappe, pour exprimer le signe "supérieur à" (>).

Exemple : profondeur > 135 cm
soit $\frac{6.8}{12.12}$, en code

0.0, pour : "non déterminé"

(2). Hauteur de la couche d'eau de submersion

Il s'agit de la hauteur mesurée en centimètres au moment de l'étude sur le terrain. C'est aussi, généralement, une grandeur qui varie au cours des saisons, dont on ne notera, en définitive, qu'une valeur plus ou moins représentative pour la saison.

Il faut porter un jugement complémentaire de la mesure, sur la représentativité de la valeur observée. Si pour des raisons multiples (pluies récentes ou sécheresse exceptionnelle, etc.) elle paraît hors de la moyenne normale, on codera en plus :

11.11.

Exemple : hauteur 15 cm, exceptionnelle, soit : $\frac{0.8}{11.11}$, en code
On indique en clair : exceptionnelle (raison, sens, ...)

D'autre part, on codera :

0.0, pour : "non déterminé".

(3). Profondeur moyenne atteinte par la couche meuble en cm

Il convient de donner ici la profondeur moyenne en centimètres atteinte par la couche meuble, alors que pour définir les types de substrats de la végétation on indique seulement les profondeurs par classes nominales (§ B, 2, a, (4)).

D'autre part, en plus de la profondeur, on codera

11.11 lorsque la profondeur varie beaucoup, d'un point à un autre

12.12 pour exprimer le signe "supérieur à" (>)

Exemples

1) Profondeur très variable, en moyenne 110 cm
soit : $\frac{5.5}{11.11}$, en code.

2) Profondeur supérieure à 180 cm
soit : $\frac{9.0}{12.12}$, en code.

On codera 0.0 , pour : "non déterminé"

(4). Profondeur et puissance de la rhizosphère majeure

Il s'agit de donner la profondeur du plancher de la couche édaphique la plus densément exploitée par les racines et la puissance de cette couche pour les cas où la rhizosphère majeure ne serait pas en surface.

Exemples

1) Profondeur : 35 cm, soit 1.8 , en code
puissance : 35 cm, soit 1.8 , en code

2) Profondeur : 100 cm, soit 5.0 , en code
puissance : 60 cm, soit 3.0 , en code

On codera :

11.11 en plus des mesures, lorsque les observations n'ont pu être faites avec précision,

12.12 en plus des mesures, pour exprimer le signe "supérieur à" (>),

0.0 pour "non déterminé".

N° d'exécution	CARACTERISATIONS DE L'UNITE EDAPHIQUE	N° d'archivage
1. Caractérisations particulières		
a. Profondeur du plafond de la nappe	codée (cm) _____	
b. Hauteur de la couche d'eau de submersion	codée (cm) _____	
c. Profondeur atteinte par la couche meuble	codée (cm) _____	
d. Profondeur et puissance de la rhizosphère majeure :		
profondeur	codée (cm) _____	
puissance	codée (cm) _____	
2. Type de formation superficielle (substrat de la végétation)		
a. Degré d'hydromorphie	codé _____	
b. Elément majeur pour la détermination du type	codé _____	
c. Rochers affleurants %	codé _____	
d. Profondeur atteinte par la couche meuble (classe nominale)	codée _____	
e. Nature de l'assise (fond ou masse encaissante)	codée _____	
f. Cas particulier	codé _____	
<u>Conclusion</u>	codée _____	
3. Type pédo-géomorphologique de formations		
a. Typologie géomorphologique	codée _____	
b. Typologie paléopédologique	codée _____	
c. Typologie pédologique sommaire	codée _____	
d. Particularités	codées _____	
<u>Conclusion</u>	codée _____	
4. Type d'humus		
.....	codé _____	
5. Types génétiques de sols; matériau originel présumé et substratum de la formation pédologique		
a. Types génétiques de sols		
<u>Type actuel (le plus récent)</u>		
.....	codé _____	
.....	Profondeur de ce sol cm	codée _____
<u>Types précédents successifs (du plus en plus anciens) dans l'ordre</u>		
2° type	codé _____	
.....	Profondeur de ce sol cm	codée _____
3° type	codé _____	
.....	Profondeur de ce sol cm	codée _____
4° type	codé _____	
.....	Profondeur de ce sol cm	codée _____
b. <u>Matériau originel présumé</u>		
.....		
c. <u>Substratum de la formation pédologique</u>		
Filiation :	codée _____	
Lithologie - âge :	codé _____	
- nature :	codée _____	
- Profondeur	codée _____	
6. Type hydrique provisoire		
.....		
7. Type phytotrophique provisoire		
.....		

2. Type morphologique de substrat de la végétation ou caractérisation de la formation superficielle

Nous avons vu que la classification des types morphologiques de substrats de la végétation (1ère partie, chap. 2, II, C, 1d) repose sur la combinaison de divers critères. Connaissant le principe de cette classification et les réserves faites au sujet de cas particuliers, il est aisé de dénommer chaque type qui doit alors évoquer de façon concise la nature et l'agencement des matériaux qui le composent.

Nous proposons pour caractériser ce type de substrat une présentation qui doit faciliter la dénomination, la codification des types, ainsi que l'exploitation statistique des éléments de caractérisation typologique.

a. Eléments de typologie

TABLEAU XXXI-(1).

Degré d'hydromorphie des substrats végétaux

code	Degrés d'hydromorphie
0	<u>"non déterminé"</u>
1	non hydromorphe
2	temporairement hydromorphe, sans submersion
4	temporairement h hydromorphe, avec submersion
6	à hydromorphie permanente, sans submersion
8	à hydromorphie permanente, avec sub submersion temporaire en dehors de la période de végétation
9	AQUATIQUE, c'est-à-dire avec submersion pendant la période de végétation

TABLEAU XXXI-(2).

Eléments majeurs pour la détermination des types

si le substrat est meuble		si le substrat est meuble et plus ou moins rocheux		si le substrat est rocheux	
code	Nature, de la couche meuble sur l'assise, de la couche d'eau sur le fond.	code	Nature et agencement des matériaux composant le substrat.	code	Nature du substrat et agencement (type).
00	" <u>non déterminé</u> "				
02	Terreux	32	<u>Terro-rocheux</u>	90	Rocheux
04	Organo-terreux	34	<u>Organo-terro-rocheux</u>	92	Rocheux, sub-horizontale
06	Organique	36	<u>Organo-rocheux</u>	94	Rocheux, oblique
08	Gravelo-pierreux	38	<u>Gravelo-pierro-rocheux</u>	96	Rocheux, abrupt
20	Aqueux	40	<u>Aqueux-rocheux</u>	98	Rocheux, en surplomb
		42	<u>Aqueux-terro-rocheux</u>		
		44	<u>Aqueux-organo-terro-rocheux</u>		
		46	<u>Aqueux-organo-rocheux</u>		
		48	<u>Aqueux-gravelo-pierro-rocheux</u>		

TABLEAU XXXI-(3).

Classes de pourcentages de surface, occupée par la roche affleurante

code	Surface occupée par la roche affleurante
0	pas de roche affleurante
1	< 2 %
2	2 à 10 %
3	10 à 25 %
4	25 à 50 %
5	50 à 90 %
9	90 à 100 %

TABLEAU XXXI-(4).

Classes de profondeurs atteintes par les couches meubles

code	Dénomination relative à la profondeur	Echelle de profondeur
0	... " <u>non déterminé</u> " ...	-
1	... très peu profond ...	0-15 cm
2	... peu profond ...	15-30 cm
3	... assez profond ...	30-60 cm
4	... profond ...	60-120 cm
5	... très profond.	> 120 cm
9	(pour les substrats rocheux)	-

TABLEAU XXXI-(5).

Nature de l'assise, du fond ou de la masse encaissante

code	Nature du support de la couche meuble
0	pas d'assise à moins de 120 cm
1	assise (ou fond) rocheuse
2	assise (ou fond) terreuse
3	(assise ou) fond organique
4	(assise ou) fond organo-terreux
5	(assise ou) fond gravelo-pierreux
9	rocher encaissant

TABLEAU XXXI-(6).

Cas particuliers

code	Matériaux intercalés à signaler
0	sans matériau intercalé
1	avec zone organique enfouie
2	avec zone terreuse enfouie
3	avec zone gravelo-pierreuse enfouie
5	avec zone terreuse consolidée, intercalée
7	avec banc rocheux intercalé, peu fissuré
8	avec banc rocheux intercalé, très fissuré
9	(pour les substrats rocheux)

c. Exemples de dénominations types et de codifications correspondantes

Exemple 1

2.02.0.5.0.0. Substrat terreux, très profond, temporairement hydromorphe, sans submersion.

Exemple 2

1.02.0.1.1.0. Substrat terreux, très peu profond, sur assise rocheuse, non hydromorphe.

Exemple 3

0.32.3.0.9.0. Substrat terro-rocheux (affleurements rocheux : 10 - 25 %).

Exemple 4

0.34.1.0.9.0. Substrat organo-terro-rocheux (affleurements rocheux < 2 %).

Exemple 5

8.36.1.4.9.0. Substrat organo-rocheux (affleurements rocheux < 2 %), profond, à hydromorphie permanente, mais à submersion temporaire.

Exemple 6

1.08.0.4.2.0. Substrat gravelo-pierreux, profond sur assise terreuse, non hydromorphe.

Exemple 7

1.32.2.5.9.8. Substrat terro-rocheux (affleurements rocheux : 2 à 10 %) très profond, avec banc rocheux très fissuré intercalé (entre 10 et 50 cm), non hydromorphe.

Exemple 8

9.20.0.4.3.0. Substrat aqueux, profond, sur fond organique.

Exemple 9

9.40.5.2.9.0. Substrat aqueux-rocheux (affleurements
rocheux : 50 à 90 %), peu profond.

Exemple 10

9.48.1.4.9.0. Substrat aqueux-gravelo-pierro-rocheux
(affleurements rocheux < 2 %), profond.

3. Type pédo-géomorphologique de formation

Nous avons vu dans la 1ère partie de ce travail (chap. 2°, II, C,2,d), sur quelles bases étaient établies les distinctions de types pédo-géomorphologiques.

Nous proposons, pour caractériser chaque type pédo-géomorphologique, une présentation qui doit faciliter la dénomination, la codification des types ainsi que l'exploitation statistique des éléments de caractérisation typologique.

TABLEAU XXXIII.a.

Typologie géomorphologique

Code	Désignation de la formation
0	<u>"non déterminé"</u>
1	Formation monogénique
4	Formation polygénique colluviale
5	Formation polygénique alluviale
6	Formation polygénique colluvio-alluviale
7	Formation polygénique éolienne
8	Formation polygénique mixte, complexe

TABLEAU XXXIII-b.
Typologie paléopédologique

Code	Désignation de la formation
0	" <u>non déterminé</u> "
1	Formation monophasée actuelle
2	Formation monophasée héritée
4	Formation polyphasée <u>avec paléosol(s) altéré(s) en surface</u>
5	Formation polyphasée <u>avec paléosol(s) fossile(s) exhumé(s)</u>
6	Formation polyphasée <u>avec paléosol(s) fossile(s) momifié(s)</u>
7	Formation polyphasée <u>avec paléosol(s) fossile(s) enterré(s)</u>
8	Formation polyphasée <u>avec paléosols en surface et en profondeur</u>

TABLEAU XXXIII-c.
Typologie pédologique (reflet des actions biotiques actuelles)

Code	Désignation de la formation
0	" <u>non déterminé</u> "
1	Formation monotypique
2	Formation bitypique
3	Formation tritypique
.	.
⋮	⋮
9	Formation polytypique (nombre de types difficiles à définir)

TABLEAU XXXIII-d.

Particularités diverses dues à des actions géomorphologiques

Code	Désignation des particularités
0	<u>"non déterminé"</u>
1	Sol actuel entier
2	Sol actuel tronqué (moins de 1/3)
3	Sol actuel tronqué (moins des 2/3)
4	Sol actuel en grande partie tronquée
7	Pseudo-profil pédologique
8	Profil pédologique complexe

4. Types d'humus

Nous ne présenterons ci-après qu'un sommaire sur l'étude morphologique des grands types d'humus qui seront codés pour l'exploitation des observations en grand nombre.

Pour l'étude détaillée des types et sous-types d'humus, on pourra se référer, en particulier, à W.L. KUBIËNA (1953) traduit par Ph. DAGET (C.E.P.E., 1966) et à Ph. DUCHAUFOR (1965).

a. Généralités :

La classification des types et sous-types d'humus repose

- sur la morphologie (présence ou absence de A₀, épaisseur de A₁, morphostructure, ...)
- sur les propriétés chimiques (pouvoir flocculant, acidité, ...)
- sur les propriétés physico-chimiques (pH, état du complexe absorbant, ...)
- sur les propriétés biologiques (C/N, minéralisation de l'azote, ...)

des horizons contenant de la matière organique en plus ou moins grande quantité.

La morphologie et les propriétés des horizons plus ou moins organiques ou humifères sont la résultante de deux processus fondamentaux de l'évolution de la matière organique : LA MINÉRALISATION et L'HUMIFICATION (Ph. DUCHAUFOR, 1965).

La minéralisation et l'humification dépendent de l'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE due aux macro- et microorganismes du sol, lesquels dépendent étroitement des conditions écologiques de leur environnement.

Finalement, on peut dire que les conditions d'environnement des micro-organismes règlent la genèse des humus.

Parmi les conditions de l'environnement, il faut considérer :

- la présence ou l'absence d'un environnement aqueux permanent (humus sous-aquatiques) ou temporaire (humus hydromorphes) plus ou moins oxygéné (AEROBIOSE et ANAEROBIOSE);
- la présence d'un environnement solide plus ou moins aéré auquel est lié la macroporosité (AEROBIOSE ou ANAEROBIOSE);
- les disponibilités en éléments minéraux nutritifs et la présence de sels particuliers, tels que carbonates de calcium ou de magnésium, chlorure de sodium, sulfate de calcium, etc. (Exemples : mull eutrophe, mull calcaïque, ...);
- les conditions thermiques, les conditions d'insolation (Exemples : moder alpin, xéro-mor);
- l'origine et la nature des matières organiques parentales (Exemples : mull forestier, tourbe à Sphagnum).

Nous emprunterons à Ph. DUCHAUFOR (1965) les généralités suivantes sur les principaux types d'humus :

"Il est important de définir avec précision la morphologie des types d'humus fondamentaux, mull, moder, mor, anmoor et tourbe, car de fréquentes confusions existent à leur égard; en se basant sur les travaux de FRANZ (1960) et de LAFOND (1952), on peut les définir d'une part morphologiquement, d'après le degré de mélange de la matière organique et de la matière minérale, d'autre part biologiquement, par l'activité des organismes qui président à leur édification.

" (†) Humus formés en milieu aéré

" (a) Morphologie et degré de mélange avec la matière minérale

"- MOR : Incorporation nulle ou très faible de la matière organique à la matière minérale. Ao très net et épais.

"- MODER : Incorporation incomplète ; séparation peu nette
" entre A₀ et A₁, pas de formation d'un complexe
" argilo-humique; microstructure à base de micro-
" agrégats organiques, juxtaposés aux particules miné-
" rales.

"- MULL : Incorporation totale, avec formation d'un complexe
" argilo-humique; Pas de A₀; microstructure à base
" d'agrégats argilo-humiques de 0,1 à 1 mm.

" (b) Biochimie

"- MOR : Transformation très faible des débris végétaux, ef-
" fectuée surtout par les champignons, spécialement
" myxomycètes.

" - MODER; Transformation biologique forte, sous l'influence
" des arthropodes (associés à des champignons et des
" bactéries).

"- MULL : Transformation biologique forte, sous l'influence
" des lombrics (associés aux bactéries), formation
" d'un complexe argilo-humique".

"Notons qu'il existe des formes xérophiles (préfixe :
"XERO) et des formes hydrophiles (préfixe : HYDRO), qui font
"transition avec des humus hydromorphes, mais sont en général
"mieux aérés et mieux structurés".

"Signalons que le mull calcique, c'est-à-dire mull
"saturé de calcium et magnésium, doit être classé nettement à
"part, en raison de sa forte humification, conduisant à une
"incorporation massive et profonde de matière organique inti-
"mement liée à l'argile au sein de l'horizon A₁".

" (2) Humus formés en anaérobiose

" (a) Morphologie et degré de mélange avec la matière minérale

"- TOURBE : Incorporation nulle ou faible de la matière organique à la matière minérale; structure fibreuse.

"- ANMOOR : Incorporation, sinon totale, du moins effective sur 10 à 20 cm; structure massive.

" (b) Biochimie

"- ~~TOURBE~~ : Transformation biochimique très faible.

"- ANMOOR : Transformation biochimique forte sous l'action alternante d'organismes aérobies et anaérobies; humification très poussée".

b. Les principaux types d'humus

(1) Les HUMUS TERRESTRES se formant en milieux AERES (aérobiose), plus ou moins humides ou même hydromorphes

Type MÛLL CALCIQUE : Humus à pH neutre ou basique qui se forme sur des matériaux calciques et magnésiens (présence de calcaire actif ou complexe saturé), soit en climat tempéré, soit en climat subaride, sous une végétation de steppe.

Ao, très mince par suite d'une minéralisation rapide.

A1, très épais (10 à 60 cm) par suite de sa forte humification; très coloré par l'humus colloïdal qui est intimement lié aux argiles. Il y a formation d'un complexe argilo-humique calcaire, par l'activité des lombrics. La structure bien développée avec grumeaux plus ou moins liés entre eux.

C/N de la matière organique en A1 voisin de 10.

(W.L. KUBIËNA, 1953; Ph. DUCHAUFOR, 1965).

Principaux sous-types (pour mémoire) d'après DUCHAUFOR 1965

- Mull calcaire de rendzine (avec CO_3Ca actif)
 - mull calcique de forêt (12 à 15 % de matières organiques en surface)
 - mull calcique de pelouse (moins riche en matières organiques)
- Mull calcique de steppe (chernozems sans carbonates, saturés en bases)
- Mull-moder calcique = Tangel (sols humiques carbonatés)

Type MULL (= mull forestier = humus doux) : Humus à pH acide compris entre 5 et 6,5. Cet humus se forme à partir de débris végétaux facilement décomposables si, d'une part, le milieu ^{est} aéré et humid sans excès et si, d'autre part, le milieu, non calcaire, renferme suffisamment d'argiles et de bases échangeables.

Cet humus caractérise la forêt climacique feuillue (Ph. DUCHAUFOR, 1965). On le trouve également dans un grand nombre de sols cultivés.

A₀, presque inexistant par suite d'une minéralisation et d'une humification rapide.

A₁, bien développé, montre un mélange intime de la matière organique et de la matière minérale. En effet, l'humus formé donne avec l'argile un complexe argilo-humique stable et confère au sol une structure grumeleuse.

Le C/N de la matière organique en A₁, qui est inférieur à 20, est généralement compris entre 12 et 15.

Un rapport C/N de l'ordre de 10 est un indice d'une grande activité du mull (Ph. DUCHAUFOR, 1954).

En général, on note la présence de nombreux lombrics.

Principaux sous-types (Ph. DUCHAUFOR, 1965)

- . Mull eutrophe (sous climats continentaux, sous climats d'altitude sur roche basique, dans certains colluviums)
- . Crypto-mull (fréquent en climat atlantique constamment humide)
- . Mull oligotrophe ou acide (sous forêt en bon état et sur roche-mère pauvre en base)

Sous-type HYDROMULL (d'après DUCHAUFOR, 1965)

"Humus formé dans la zone d'humidité capillaire remontant au-dessus d'une nappe : l'aération suffisante permet une activité biologique intense. Certaines périodes de sécheresse (abaissement de la nappe) permettent en outre une bonne humification; il se forme un horizon A1 très humifère, épais, très bien structuré; l'humification est comparable à celle des chernozems si la période de dessiccation est suffisamment accentuée; l'hydromull évolue alors vers un mull calcique par abaissement de la nappe; la phase de saturation par l'eau et la phase de dessiccation sont alors nettement séparées dans le temps".

Type MODER (= Amphi mull) : La minéralisation de la matière organique est, dans le cas d'humus de type moder, moins rapide que pour le mull. Il se constitue à la surface du sol un A₀ de 2 à 3 cm d'épaisseur sur un horizon A1. La limite entre A1 et A2 est généralement floue.

A1 est assez épais, de couleur foncée, à structure particulière ou massive. Il n'y a pas formation de complexe argilo-humique. Bien que l'humification soit poussée, on note la présence de débris organiques fins entre les particules minérales.

Le moder se rencontre généralement sous forêt de feuillus ou de résineux ou dans le cas de sols jeunes.

Le pH du moder est variable; il est généralement plus acide que pour le mull.

Le rapport C/N est de l'ordre de 15 à 25.

La faune caractéristique se compose essentiellement d'arthropodes variés (W.L. KUBIËNA, 1953 et Ph. DUCHAUFOR, 1965).

Principaux sous-types (pour mémoire) d'après KUBIËNA, 1953 et DUCHAUFOR, 1965)

- . Moder forestier (sols lessivés podzoliques ou ocres podzoliques)
- . Moder sableux
- . Moder alpin (des pelouses alpines)
- . Moder subalpin (des pelouses pseudo-alpines)
- . Moder calcique (sols calcaires superficiels très secs)
- . Mull-moder (presque pas de Ao; A1 particulière)

Sous-type HYDROMODER (= moder hydromorphe = moder "gras")
d'après Ph. DUCHAUFOR, 1960 et 1965

"Le ralentissement de l'activité biologique et le manque de liaison argile et humus résultent d'une hydromorphie plus ou moins longue (anaérobiose partielle résultant d'un tassement, cas des pseudo-gley). Donc, pour ce type, l'acidité est très variable. Une forme particulière caractérise le podzol humique à gley des sols sableux : l'horizon A1 - A2 formé de sable mélangé de matière organique est uniformément noir au-dessus d'un B aliotique durci (landes de Gascogne)".

Type MOR (= humus brut) : Lorsque le milieu est biologiquement peu actif, sous une végétation dite acidifiante (pineraies, végétations à Ericacées, ...) il y a accumulation de matières organiques à la surface minérale du sol. L'humus brut peut également se former lorsque les conditions climatiques ne sont pas favorables à la transformation de la matière organique (climat froid, boréal ou subalpin).

La minéralisation de la matière organique est lente et l'humification est spéciale. Il y a formation de composés solubles durables agressifs qui migrent et se polymérisent au niveau de l'horizon B.

L'horizon Ao, épais ou très épais (5 à 20 cm) est organique, de structure fibreuse ou feuilletée. Il se subdivise souvent en 3 couches,

La couche L ou litière, qui se décompose très lentement,

La couche F ou couche de fermentation qui est généralement très développée,

La couche H ou couche humifiée, qui comprend des complexes humiques en mélange avec des débris fins plus ou moins décomposés. Cette couche H n'est d'ailleurs pas toujours perceptible.

"L'importance relative de chacune de ces trois couches est très variable suivant le sous-type de Mor" (Ph. DUCHAUFOR, 1965).

La limite entre l'horizon Ao et l'horizon A1 sous-jacent est nette, alors qu'elle est floue dans le cas d'un moder.

Le rapport C/N du Ao est toujours supérieur à 20, le plus souvent compris entre 30 et 40.

L'horizon A1 est, en général, peu épais (2 à 5 cm) sous climat atlantique; il peut même manquer sous climat boréal. Sa structure est particulière.

Le rapport C/N du A1 est toujours supérieur à 20, il se situe le plus souvent aux environs de 25.

L'humus produit est très acide ($3,5 < \text{pH} < 4,5$) (W.L. KUBIĚNA, 1953 et Ph. DUCHAUFOR, 1962, 1965).

Principaux sous-types

- . l'humus SYROSEM (= "mor imparfait" ou humus brut peu décomposé sur ranker)
(W.L. KUBIĚNA, 1953)
- . le MOR CALCIQUE ou TANGEL de W.L. KUBIĚNA (1953)

- sous-type XEROMOR (Mor sec) "Humus brut fibreux, granuleux ou stratifié, caractéristique des landes sèches : versants chauds, roche-mère sableuse; il est composé d'éléments mal décomposés, reliés par un feutrage blanc mycélien; les couches L et F sont épaisses, la couche H presque inexistante" (Ph. DUCHAUFOR, 1965).

- sous-type HYDROMOR "L'hydromorphie, l'anaérobiose marquée pendant une période plus ou moins longue, est la cause du ralentissement de l'activité microbologique de cet humus; il s'agit d'une hydromorphie non permanente, sinon il se formerait une tourbe. Les différences avec la tourbe portent sur l'humification plus forte, la couleur plus noire; l'hydromor résulte souvent de l'évolution de la tourbe par assèchement en surface. Ce type caractérise aussi typiquement les sols à stagnogley et certains podzols humiques à gley.

L'hydromor diffère aussi des mor secs par son humification plus poussée : la couche H humifiée, de couleur noire et de consistance plastique est particulièrement développée; pour cette raison, EHWALD (1956, 1958) l'appelle Mor fin; d'autres auteurs le désignent par le terme "humus gras" (Ph. DUCHAUFOR, 1965).

- (2) Les HUMUS TERRESTRES se formant en milieux MAIS AERES (anaérobie) hydromorphes, plus ou moins SUBMERGES TEMPORAIREMENT (= humus semi-terrestres de KUBIËNA, 1953)

Nous distinguerons avec W.L. KUBIËNA (1953)

. Humus dérivés d'anciennes tourbières mortes

Principaux sous-types

- . MOR TOURBEUX (présence d'un humus brut)
- . MODER TOURBEUX (structure lâche, nombreuses déjections d'animaux terrestres)
- . ANMOOR TOURBEUX (forte humification)

. Humus de certains types de tourbières

Principaux sous-types

- . humus des tourbières hautes
- . humus des tourbières de transition

. Humus non tourbeux, organo-minéral ou minéralo-organique

type ANMOOR :

L'Anmoor se forme en milieu biologiquement actif lorsqu'il y a alternance d'une période de saturation par l'eau à laquelle correspond une faune aquatique et d'une période d'assèchement caractérisée par une "faune aérobie". Cette activité biologique permanente favorise l'humification et freine la minéralisation. Il y a mélange intime de l'humus et des particules minérales.

L'horizon Ao est peu épais.

L'horizon A1 peut atteindre 20 et 30 cm de profondeur. Il est riche en matières organiques fines (< 30 %). Le matériau constitutif de cet horizon a une con-

sistance boueuse en saison humide et une consistance terreuse après exondation; il a, de plus, une odeur caractéristique d'encre.

Le rapport C/N est généralement inférieur à 20.

Principaux sous-types

- . L'ANMOOR ACIDE
 - . L'ANMOOR CALCIQUE
- (W.L. KUBIËNA, 1953 et Ph. DUCHAUFOR, 1965).

(3) Les HUMUS SOUS-AQUATIQUES

Nous citerons pour mémoire, les principaux types décrits par W.L. KUBIËNA (1953).

- . HUMUS BRUT SOUS-AQUATIQUE
- . DY
- . GYTTJA
- . SAPROPEL
- . TOURBES BASSES SOUS-AQUATIQUES

c. Codification des principaux types et sous-types d'humus

TABLEAU XXXIV-(1)

Types et sous-types de MULL CALCIQUE (en aérobiose)

Code	Désignation
10	<u>Mull calcique</u>
11	<u>Mull calcaire de rendzine</u>
12	Mull calcique de forêt
13	Mull calcique de pelouse
16	<u>Mull calcique de steppe</u>
18	Mull-moder calcique

TABLEAU XXXIV-(2)

Types et sous-types de MULL (en aérobiose)

Code	Désignation
20	<u>Mull</u>
21	Mull eutrophe
23	Crypto-mull
25	Mull oligotrophe ou acide
39	<u>Hydromullø</u>

TABLEAU XXXIV-(3)
Types et sous-types de MODER (en aérobiose)

Code	Désignation
40	<u>Moder</u>
41	Moder forestier
42	Moder sableux
44	Moder alpin
45	Moder subalpin
47	Moder calcique
48	Mull-moder
59	<u>Hydromoder</u>

TABLEAU XXXIV-(4)
Types et sous-types de MOR (en aérobiose)

Code	Désignation
60	<u>Mor</u>
61	Humus Syrosem
62	Mor calcique
69	Xéromor
79	<u>Hydromor</u>

TABLEAU XXXIV-(5)

Types et sous-types d'humus terrestres submergés temporairement
et en conditions d'anaérobiose

Code	Désignation
80	Humus non déterminé spécifiquement
81	Anmoor
82	Anmoor acide
83	Anmoor calcique
84	Humus de tourbière haute
85	Humus de tourbière de transition
86	Mor tourbeux
87	Moder tourbeux
88	Anmoor tourbeux

TABLEAU XXXIV-(6)

Types et sous-types d'humus sous-aquatiques

Code	Désignation
90	Humus non déterminé spécifiquement
91	Humus brut sous-aquatique
93	Dy
95	Gyttja
97	Sapropel
98	Tourbe basse sous-aquatique

N.B. - On codera 00, pour "non déterminé"

5. Types génétiques de sols, matériau originel présumé et substratum de la formation pédologique

a. Types génétiques de sols

Pour désigner les types génétiques de sols naturels, actuels, anciens ou fossiles, on suivra la classification française de A. AUBERT et Ph. DUCHAUFOR (1956-1962). On se référera au Précis de Pédologie de Ph. DUCHAUFOR (1965).

Lorsque les sols naturels sont, ou ont été cultivés, il conviendra de signaler ce stade cultural comme un type en le désignant sous l'expression : "sol de culture".

Dans le cas de sols polyphasés ou polytypiques, on indique d'abord le type génétique actuel puis, successivement, les types de plus en plus anciens, en précisant la profondeur de ~~la~~ planche de chacun de ces types.

Si un sol a subi un ou plusieurs stades culturaux très longs, le type génétique de sol naturel peut en être masqué. Dans un tel cas, on dira : "sol de culture très ancien".

Mais si un sol a subi un ou quelques stades culturaux relativement courts, les empreintes des types naturels pré- ou post-culturaux, peuvent être nettement apparentes. Dans un tel cas, on situera le type "sol de culture" dans la succession des stades observés.

Exemples :

- Sol lessivé podzolique, jusqu'à 10 cm, sur ancien sol de culture jusqu'à 20 cm, sur ancien podzol humo-ferrugineux jusqu'à 40 cm.

- Sol brun forestier méditerranéen jusqu'à 60 cm sur terra rossa dépassant 120 cm.

Systématique et codification des types de sols

I - SOLS MINÉRAUX BRUTS - Profil non différencié de type (A)C

Absence presque complète d'humus = Sols bruts

A - Sols bruts, climatiques

111 - SOL POLYGONAL ARCTIQUE (climat froid)

115 - SOL DESERTIQUE (climat désertique)

116 - erg

117 - ~~erg~~

B - Sols bruts, non climatiques

Sols d'érosion

151 - LITHOSOLS, sur roche dure

152 - Intermédiaire entre lithosol et régosol

153 - REGOSOLS, sur roche meuble

Sols d'apports

172 - SOLS COLLUVIAUX BRUTS

174 - SOLS ALLUVIAUX BRUTS

178 - SOLS EOLIENS BRUTS (actuels)

II - SOLS A PROFIL PEU DIFFERENCIE DE TYPE AC

Pauvres en calcium

A - Sols à profil AC, climatiques (microclimat froid ou humide)

211 - SOL DE TOUNDRA = sol organique à sous-sol rocheux
ou meuble gelé. Climats froids

214 - RANKER ALPIN = sol humique silicaté, d'altitude

215 - RANKER PSEUDOALPIN = ranker cryptopodzolique

218 - XERORANKER = sol de steppe des zones semi-arides de
l'Europe centrale ou de la région
méditerranéenne

B - Sols à profil AC, non climatiques

a. Sols d'érosion = Ranker d'érosion

222 - RANKER D'EROSION A MULL

223 - RANKER D'EROSION A MODER

224 - RANKER D'EROSION A MOR PEU EPAIS

225 - RANKER D'EROSION A MOR EPAIS

226 - RANKER D'EROSION A HUMUS BRUT, c'est-à-dire à Mor
imparfait

b. Sols d'apport

232 - RANKERS COLLUVIAUX

234 - SOLS ALLUVIAUX (AC), pauvres en Calcium ("PATERNIA")

236 - SOLS ALLUVIAUX A GLEY (semi-gley)

c. Sols néoformés sur matériau pédologique non érodé

242 - RANKER A MULL

243 - RANKER A MODER

244 - RANKER A MOR

d. Sols formés sur cendre volcanique

251 - ANDOSOLS

III - SOLS CALCIMORPHES; PROFIL AC ou A(B)C

Sols à calcium et magnésium dominant la pédogénèse

A - SOLS calcaires ou dolomitiques

a. Profil peu évolué, faiblement humifère

310 - RENDZINE INITIALE (sur pentes calcaires ou à
calcaires marneux)