

Un triangle granulométrique pour les tourbes : analyse semi-automatique et représentation graphique

J.-M. GOBAT
Ph. GROSVERNIER (*)
Y. MATTHEY (*)
A. BUTTLER (1)

RÉSUMÉ

La classification des tourbes passe par la détermination du taux de fibres (particules $>200 \mu\text{m}$, $>163 \mu\text{m}$ ou $>150 \mu\text{m}$ selon les auteurs) et aboutit aux trois catégories classiques "fibrist", "hemist" et "sapist". Or, selon les besoins des recherches, ces divisions sont parfois trop grossières, notamment s'il s'agit de faire correspondre des types de tourbe à des groupements végétaux, ou d'estimer l'effet de telle ou telle modification artificielle de la tourbe (drainage, râclage, extraction, régénération, etc.).

Afin de permettre des comparaisons plus fines, nous proposons un triangle granulométrique des tourbes, bâti sur le modèle du triangle granulométrique minéral.

Cet outil est compatible avec les classifications existantes, tout en permettant une attribution plus précise de l'échantillon, sur le plan de sa texture. Il met particulièrement bien en évidence les échantillons présentant un début d'agrégation, dans des tourbes subissant par exemple une forte empreinte agricole. Quelques possibilités d'utilisation, à partir d'analyses de tourbes du Jura suisse, sont données à titre d'exemple.

MOTS-CLÉS : méthodologie - granulométrie - tourbe - Suisse - Jura.

A PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION TRIANGLE FOR PEAT : SEMI-AUTOMATIC SIFTING AND GRAPHICAL ILLUSTRATION

Peat classification is usually achieved by using the fiber content value (particle-size $>200 \mu\text{m}$, $>163 \mu\text{m}$ or $>150 \mu\text{m}$, depending on the authors) and leads to the three well known classes "fibrist", "hemist" and "sapist". However, depending on the objective of the research, these classes may be too imprecise, especially when the aim is to find correspondences between soils and vegetation, or to assess the consequences of some artificial modifications of the peat soils (drainage, peat extraction or scraping, regeneration, etc.).

In order to allow more accurate comparisons, we suggest a particle-size triangle for peat (Fig. 2), which is conceived on the same principle as the textural triangle generally used for mineral materials. The sifting is performed with semi-automatic apparatus (Fig. 1). The new particle-size triangle for peat is compatible with the existing classification and, more-over, enhances the accuracy of the characterization (Table I). It specially brings to light the samples showing some aggregation processes, e.g. in soils strongly influenced by agricultural practices. Some applications are shown for peat collected in the swiss Jura mountains (Table II, Fig. 3 and 4).

KEY-WORDS : methodology - particle-size distribution - peat - Switzerland - Jura.

(1) Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie - Institut de botanique - Université de Neuchâtel, 22, ch. de Chantemerle - CH - 2000 Neuchâtel 7 (Suisse).

Ce travail fait partie de la thèse des auteurs notés*.

I. INTRODUCTION

1 - Intérêt de l'analyse granulométrique pour les histosols

L'analyse granulométrique est un des moyens classiques de l'étude des sols. Elle permet de définir la texture, qui conditionne à son tour en partie les propriétés physiques et physico-chimiques du milieu.

Pour les histosols, son intérêt est capital tandis que, paradoxalement, les techniques en vigueur, fiables pour les matériaux minéraux, sont celles qui détruisent la matière organique.

L'analyse granulométrique des sols organiques, et particulièrement des horizons histiques [définis selon SSSA (1974) ou BAIZE et GIRARD (1990)], est de grande importance pour leur classification. Le taux de fibres frottées (particules >200 µm selon BASCOMB *et al.*, 1977) sert à définir les trois domaines fondamentaux [catégories de SSSA (1974) et BASCOMB *et al.* (1977)] :

- tourbe fibrique (fibrist) : >40% de fibres (poids sec)
- tourbe mésique (hemist) : de 10 à 40% de fibres
- tourbe humique (saprhist) : moins de 10% de fibres.

Cette classification reste pourtant un peu grossière, selon l'utilisation qui en est faite, par exemple pour mettre en relation la tourbe et la végétation, pour estimer le potentiel de régénération d'un substrat tourbeux, ou bien pour comprendre le fonctionnement des histosols.

D'autres approches complémentaires ont ainsi été proposées :

- recours à la composition botanique (DOMERGUE, 1981 ; LEVESQUE et DINEL, 1982) ;
- analyse de l'état de décomposition chimique du matériel (LEVESQUE, 1981 ; LEVESQUE et DINEL, 1977 ; LEVESQUE *et al.*, 1980 ; BASCOMB *et al.*, 1977 ; GOBAT et PORTAL, 1985) ;
- étude de caractères pédologiques plus classiques (MENUT, 1974 ; DAMANN, 1978 ; GOBAT, 1984).

2 - Buts du travail

Une étude précédente (GOBAT *et al.*, 1986) a permis d'ordonner les matériaux tourbeux de 150 échantillons provenant d'à peu près tous les milieux sur tourbe du Jura suisse, selon six critères analytiques :

- le taux de fibres frottées (LEVESQUE et DINEL, 1977 ; BASCOMB *et al.*, 1977), qui rend compte de la taille des particules organiques et de l'intensité de dégradation physique du matériel ;
- l'indice de décomposition au pyrophosphate de sodium (indice "pyro", KAILA, 1956), qui traduit le degré d'humification du matériel ;
- la teneur en cendres à 450°C ;
- le taux d'humidité à 105°C ;
- le pH dans l'eau ;

– la teneur en monophénols (FOLIN-CIOCALTEU, 1927), qui précise, dans l'extrait "pyro", la part due aux précurseurs humiques monophénoliques.

L'analyse multivariable a montré que le paramètre principal de différenciation restait le taux de fibres, suivi de près par l'indice "pyro" et la teneur en cendres. Nous avons alors cherché à affiner la connaissance granulométrique de ces tourbes, en tenant compte des propositions méthodologiques de DINEL et LEVESQUE (1976).

Le présent travail rappelle ainsi la méthode analytique et la prolonge sous forme d'une proposition d'établissement d'un triangle granulométrique à l'usage des tourbes, bâti sur le principe du triangle granulométrique minéral classique.

La méthode s'applique aux horizons de type histique et ne doit pas être utilisée pour comparer des substrats plus minéraux. Seuls d'autres matériaux présentant la même proportion de matière organique que les tourbes (mors, composts, etc.) pourraient faire l'objet d'une telle analyse et d'une telle représentation graphique.

II. L'ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE ET SA REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

1 - La méthode analytique

Sur le terrain, le profil de tourbe est décrit au point de vue couleur, limites, macrorestes, compaction. En laboratoire, les différentes couches de tourbe récoltées sont décrites précisément, puis analysées.

L'analyse granulométrique des tourbes se fait par tamisage automatique en milieu humide (Fig. 1). L'appareil utilisé a été testé sur trois types de tourbes différentes (fibrist à sphaignes, fibrist à laïches, saprist), en fonction du poids de tourbe, de la durée de tamisage, du nombre de tamis, de la présence ou non de billes d'agate lors de l'agitation préalable, ainsi que par rapport à des tamisages manuels⁽¹⁾.

Ces tests nous ont amenés à adopter les conditions d'utilisation standard suivantes (durée de la procédure complète, sans l'agitation préalable : 1 h par échantillon) :

Prise d'échantillon : 25 g de matériel frais (agitation 16 h)

Type de tamisage : automatique

Durée de tamisage : 30 minutes

Type d'agitation : sans billes

Nombre de tamis : 3 (2000 μm , 200 μm , 50 μm)

éventuellement 6 (idem + 1000 μm , 500 μm , 100 μm).

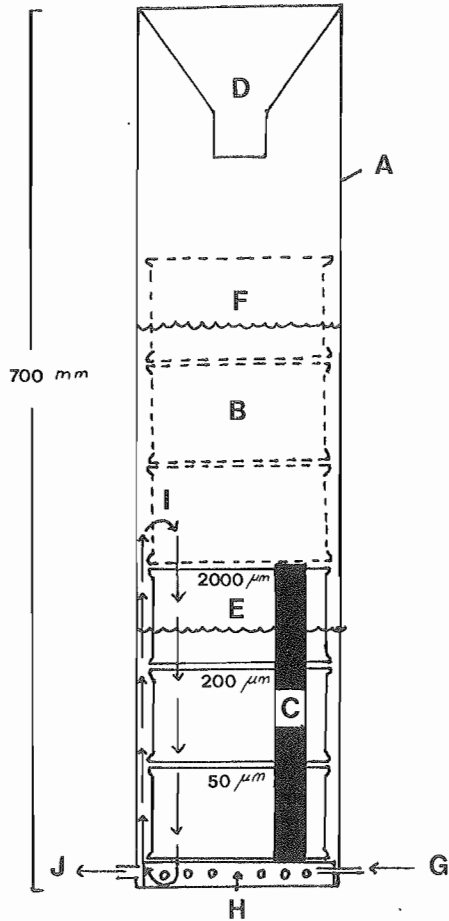
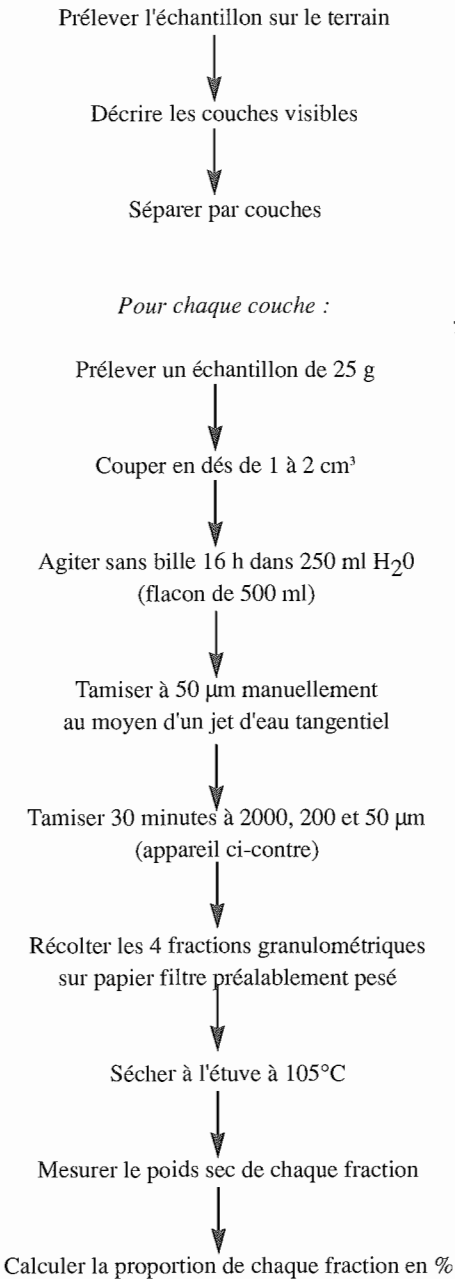
2 - Le triangle granulométrique

– Composition

Le triangle granulométrique est proposé dans la figure 2. A l'image du triangle granulométrique minéral, il est construit en trois dimensions, la somme des valeurs des trois côtés valant 100%, englobant l'ensemble du matériel (il n'y a pas ici, contrairement à l'analyse minérale, de tamisage préalable à 2000 μm).

(1) Les résultats détaillés des tests sont à disposition à l'Institut de botanique de Neuchâtel.

Figure 1 : Procédure de l'analyse et schéma de l'appareil de tamisage
Analytical proceeding and design of the sifting apparatus.



LÉGENDE

- A : cylindre en plexiglas transparent
diam. int. = 175 mm
diam. ext. = 180 mm
- B : tamis (3 ou 6)
- C : élastiques maintenant les tamis ensemble
- D : entonnoir pour l'adjonction de l'eau
- E : niveau de l'eau pour trois tamis
- F : niveau de l'eau pour six tamis
- G : entrée d'air comprimé
- H : tuyau en caoutchouc percé de trous pour la formation des bulles d'air
- I : circulation de l'eau induite par les bulles d'air
- J : sortie de l'eau (purge)

Les trois côtés représentent ainsi :

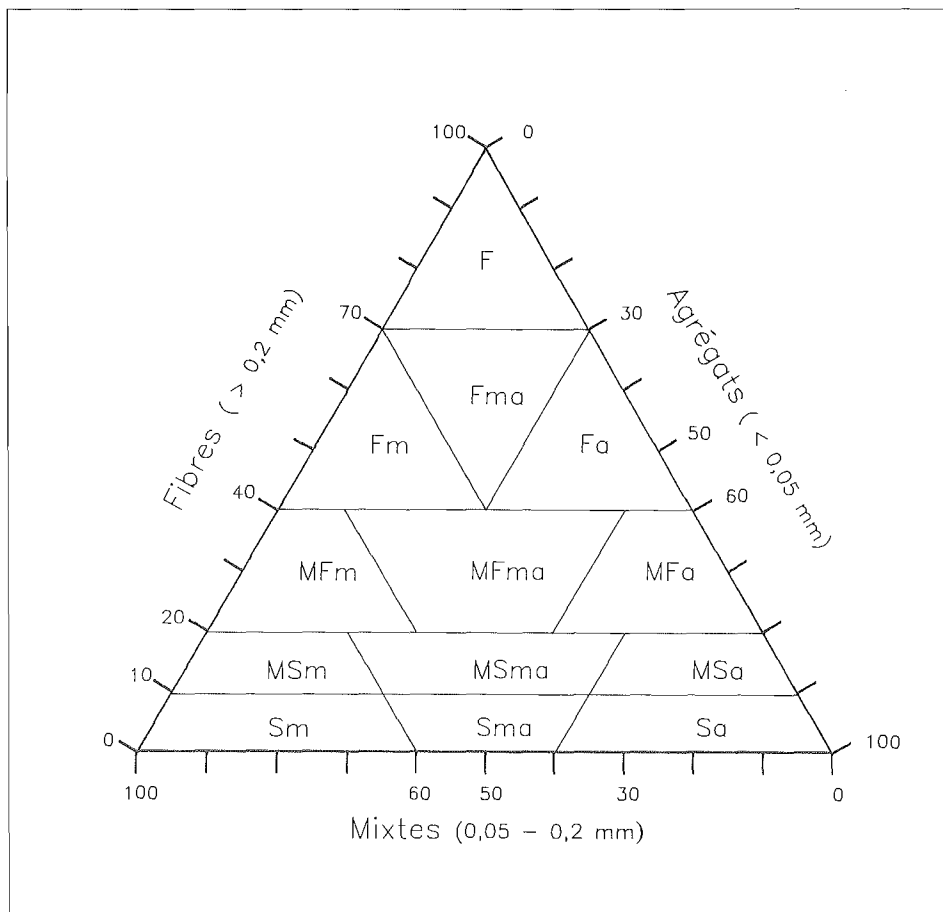
Côté A : somme du matériel inférieur à 50 μm , en % du poids sec total de l'échantillon
(= particules fines, micro-agrégats éventuels).

Côté B : somme du matériel compris entre 50 et 200 μm
(= particules moyennes, matériel mixte : tissus déchirés,
éventuels macro-agrégats).

Côté C : somme du matériel supérieur à 200 μm
(= particules organiques grossières ; la valeur est égale au taux de fibres).

Figure 2 : Triangle des textures organiques.

Particle-size triangle for organic material.



LÉGENDE

F : matériel Fibrique (fibrist)

MF : matériel Mésique Fibrique (hemist)

MS : matériel Mésique Saprique (hemist)

S : matériel Saprique (sapist)

m : dominance des particules moyennes
(matériel mixte)

a : dominance des particules fines
(micro-agrégats)

– Justification des seuils

Le choix des seuils de tamisage s'est fait sur la base suivante :

- seuil à 200 μm : taille inférieure des fibres. Un tel seuil rend le triangle compatible avec les classifications existantes, fondées sur le taux de fibres ;
- seuil à 50 μm : cette limite met en évidence d'éventuels microagrégats organo-minéraux dans des tourbes dégradées ou de bas-marais (BRUCKERT *et al.*, 1978 ; BRUCKERT *in* : BONNEAU et SOUCHIER, 1979), ainsi que les fractions les plus fines des tissus végétaux.

Les limites de ces catégories ont ainsi été fixées de manière à mettre en évidence à la fois le taux de fibres et d'éventuels débuts d'agrégation organo-minérale. De ce fait, le triangle n'est pas que "textural", mais aussi "microstructural".

– Les cellules internes

L'intérieur du triangle est divisé en 13 cellules, qui résument la texture des échantillons analysés. Elles ont été définies sur les bases suivantes :

1) Elles permettent l'attribution de l'échantillon à la classification internationale (domaines fibrist, hemist, saprist), par deux divisions horizontales à 10 et 40% de fibres. La dénomination des 13 cellules est fixée subsidiairement à ces trois domaines. C'est ainsi que nous avons défini :

- * 4 cellules dans le domaine "Fibrist" (matériel fibrique)
- * 6 cellules dans le domaine "Hemist" (matériel mésique)
- * 3 cellules dans le domaine "Saprist" (matériel saprique).

2) Les 13 cellules ont été déterminées en fonction de la teneur relative en particules fines (microagrégats 0-50 μm) et moyennes (particules mixtes 50-200 μm). En-dessus de 70% de fibres, nous avons jugé inutile de subdiviser le domaine "fibrist", qui "dicte" alors le comportement du sol (cf. analogie avec l'argile dans le triangle des textures minérales). Les limites ont été placées de manière symétrique, sur des bases arithmétiques ; mais elles reflètent bien, exemples à l'appui, la diversité et le fonctionnement des tourbes rencontrées sur le terrain (Tabl. I).

– Codification

Les catégories ont été nommées selon le code suivant :

– Première majuscule définissant le domaine principal :

F = matériel Fibrique

M = matériel Mésique

S = matériel Saprique

– Deuxième majuscule (seulement pour le matériel mésique) définissant une tendance vers les autres domaines principaux :

MF = matériel Mésique Fibrique

MS = matériel Mésique Saprique

– Minuscule définissant la granulométrie secondaire de l'échantillon :

m = dominance des particules moyennes (50-200 µm), de qualité mixte (macroagrégats et micro-restes figurés)

a = dominance des particules fines (0-50 µm), formées de micro-agrégats.

Si aucune des deux classes de grandeur ne domine vraiment (catégories du centre du triangle), les deux sont indiquées.

Ce code, qui définit les qualités texturales et microstructurales du matériel tourbeux, est compatible avec les propositions de BAIZE et GIRARD (1990) quant à la nomenclature des horizons. Il suffit, pour passer du plan "qualité de la tourbe" au plan "horizon pédologique", d'ajouter devant ce code la lettre H qui symbolise l'ensemble des horizons histiques, qu'ils soient fibriques, mésiques ou sapriques. A partir de là, il est possible de définir la typologie du sol lui-même (histosol par exemple).

Tableau 1 : Valeurs limites des classes granulométriques.

Limit values for the particle-size classes.

TYPE	MATÉRIEL	FIBRES		MIXTES		AGRÉGATS	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.
F	Fibrique pur	70	100	0	30	0	30
Fm	Fibrique à mixtes	40	70	30	60	0	30
Fma	Fibrique à mixtes et agrégats	40	70	0	30	0	30
Fa	Fibrique à agrégats	40	70	0	30	30	60
MFm	Mésique Fibrique à mixtes	20	40	50	80	0	30
MFma	Mésique Fibrique à mixtes et agrégats	20	40	10	50	10	50
MFa	Mésique Fibrique à agrégats	20	40	0	30	50	80
MSm	Mésique Saprique à mixtes	10	20	60	90	0	30
MSma	Mésique Saprique à mixtes et agrégats	10	20	20	60	20	60
MSa	Mésique Saprique à agrégats	10	20	0	30	60	90
Sm	Saprique à mixtes	0	10	60	100	0	40
Sma	Saprique à mixtes et agrégats	0	10	30	60	30	60
Sa	Saprique à agrégats	0	10	0	40	60	100

III. LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS PAR L'EXEMPLE

1 - Comparaison entre les profils

Ce triangle des textures organiques a été bâti après l'analyse de plus de 200 échantillons de tourbes du Jura suisse, provenant de milieux fort divers. La figure 3 présente une utilisation possible du triangle, qui est de comparer l'évolution, en fonction de la

profondeur et du temps, de quelques profils tourbeux (tableau II). Le numéro 1 représente l'échantillon de surface (en général entre 0 et 5 cm) ; le numéro 2, l'échantillon sous-jacent (entre 5 et 15 cm), et le numéro 3, l'échantillon de profondeur (entre 15 et 30 cm).

Le triangle met bien en évidence, par exemple, l'intensité des diverses activités humaines sur la transformation de la tourbe ou la dynamique du profil. C'est ainsi que :

– Les tourbes de régénération de creuse⁽²⁾ sont toutes situées dans la cellule F, ce qui traduit la vitesse et l'homogénéité de la croissance récente de la tourbe.

– Les tourbes du haut-marais primaire (pinède) se répartissent entre deux cellules (F et Fma). Il est intéressant de remarquer que la couche 3, plus noire, correspond au niveau exact d'enracinement des pins et, partant, à une zone légèrement moins humide que les couches 1 et 2, formées de sphaignes fortement imbibées.

– La situation des tourbes de la lande à *Calluna* (cellule Fma) montre l'évolution récente subie par ce matériel. Haut-marais intact en 1940, la zone d'où provient l'échantillon a été déboisée et râclée légèrement en 1942, puis abandonnée. Les changements microclimatiques ont provoqué un début de dégradation physique de la tourbe, particulièrement sur l'échantillon de surface.

– La position des tourbes de régénération sur lande à *Polytrichum* est également révélatrice. Une ancienne surface de tourbe dénudée longtemps asséchée (échantillon 3, MFma) a été peu à peu colonisée par un tapis de *Polytrichum* (dont les restes morts accumulés ont formé la couche 2, Fma) ; par la suite, une élévation artificielle du niveau d'eau a permis une nouvelle croissance des sphaignes, directement au-dessus des débris de *Polytrichum* (échantillon 1, F). Le triangle reflète parfaitement l'histoire de cette lande et la distingue bien, par exemple, de la lande à callune inerte et toujours asséchée.

– Le triangle différencie aussi le comportement des tourbes agricoles. Les horizons de surface des prairies sont sapriques (Sm) ou mésiques-sapriques (MSa), riches en microagrégats pour les dernières. En revanche, les horizons profonds (5 à 30 cm) des zones agricoles sur tourbe épaisse ont conservé presque intactes leurs propriétés originales (cellules Fma et Fa), alors que les, ou plutôt le même, sur tourbe mince, a été fortement altéré (MFa).








– Enfin, les échantillons provenant de zones d'exploitation de tourbe horticole sont très dégradés en profondeur (assèchement intense, MFa), alors que l'horizon de surface est plus fibrique (F). Il ne s'agit pourtant pas, ici, de régénération, mais plutôt d'élimination par érosion des particules les plus fines par la pluie, sur des surfaces totalement dénudées, qui ne laisse en place que les plus gros morceaux.

2 - Étude des relations entre végétation et sols

La figure 4 illustre un autre emploi du triangle, qui est l'établissement des relations entre les alliances phytosociologiques et la qualité des tourbes qui les supportent (échantillons de surface).

(2) La creuse est une dépression artificielle de tourbière, résultant de l'exploitation de la tourbe.

Tableau II : Caractères des tourbes de quelques profils (position sur la figure 3).
Analytical data of the peat soils illustrated on Fig. 3.

TYPE D'ÉCHANTILLON	FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES			pH EAU	INDICE PYRO (%)	TAUX DE CENDRES (%)	
	%						
	FIBRES >200 µm	50-200 µm	< 50 µm				
Régénération dans une creuse	-	-	-	3,8	5,4	4,0	
 1	90,3	3,4	6,4	4,0	3,7	1,8	
2	88,0	4,3	7,7	4,1	4,4	2,1	
3	78,3	5,9	15,8	4,2	5,6	1,7	
Pino Mugo - Sphagnetum	-	-	-	4,1	4,9	3,6	
 1	85,3	4,9	9,8	3,8	4,4	1,4	
2	73,3	15,7	10,1	3,8	5,1	2,8	
3	56,2	19,1	24,7	3,4	14,6	15,7	
Lande à Calluna Vulgaris	-	-	-	3,6	18,1	2,4	
 1	51,1	26,0	22,9	3,6	20,7	3,3	
2	64,1	18,6	17,3	3,9	19,0	8,3	
3	60,7	15,6	23,7	3,8	19,6	8,3	
Régénération sur lande	1	95,0	4,9	0,1	4,6	5,9	24,1
 2	95,1	4,1	0,8	4,3	5,5	9,7	
3	68,2	21,1	10,7	4,2	20,3	38,1	
4	30,6	35,8	33,6	4,3	46,5	27,8	
Prairie sur tourbe épaisse	1	7,5	64,2	28,3	5,7	71,9	27,4
 2	58,9	28,7	12,4	4,4	18,1	4,6	
3	50,7	18,0	31,2	5,1	18,9	3,4	
Prairie sur tourbe mince	1	11,3	22,7	66,0	6,4	38,2	63,1
 2	23,1	6,8	70,1	6,6	39,9	59,0	
Exploitation horticole	1	86,6	4,3	9,1	5,6	30,9	15,2
 2	56,8	7,7	35,5	5,8	40,8	7,5	
3	32,5	9,1	58,3	5,9	79,9	20,5	

On remarque une bonne correspondance entre le type de tourbe et le type de groupement végétal :

– les radeaux flottants (*Caricion lasiocarpae*) présentent les tourbes les plus fibreuses (F) ;

– les hauts-marais intacts (*Sphagnion magellanici* et *Vaccinio-Piceion*) montrent des tourbes très fibreuses (F, Fma) ;

– la tourbe des bas-marais acides intacts (*Caricion fuscae*, F) est fort différente de celle des bas-marais acides eutrophisés artificiellement (MFma, MFa, MSma) ;

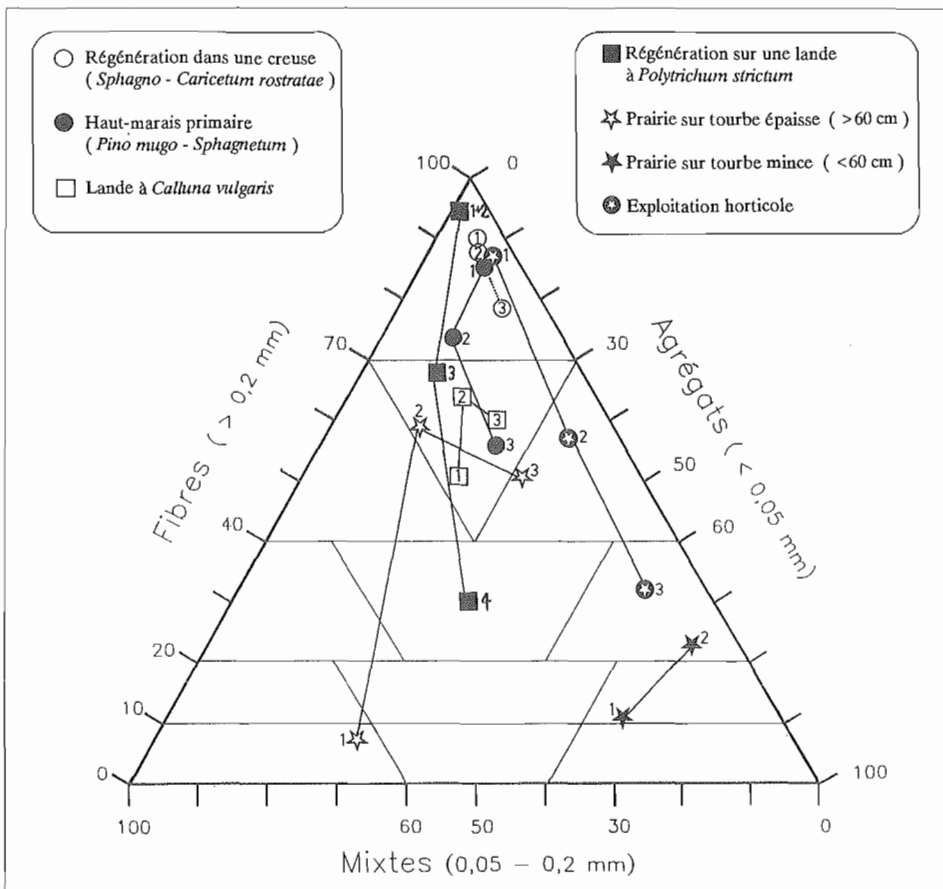
Figure 3 :

Position de quelques profils de tourbe :

1. Régénération dans une creuse
2. Pinède de haut-marais
3. Lande à callune
4. Régénération sur lande
5. Prairie sur tourbe épaisse
6. Prairie sur tourbe mince
7. Tourbe d'exploitation horticole industrielle

Position of some peat soil profiles (histosols) :

1. Regeneration in a hollow after peat extraction
2. Peat bog pine forest
3. Peat bog heathland
4. Regeneration on peat bog heathland
5. Meadow on deep-lying peat
6. Meadow on shallow peat layers
7. Industrial horticultural peat



– la tourbe des bas-marais alcalins (*Caricion davallianae*, F) montre une large répartition dans le triangle ; chacun des deux secteurs (Fma et Fa, respectivement MFma, MFa et MSa) correspond toutefois à des sous-unités phytosociologiques différentes à l'intérieur de l'alliance (GIUGNI, 1989) ;

– la tourbe à grandes laïches (*Magnocaricion*) est moyennement fibreuse (Fm et Fma) ; il s'agit d'une tourbe eutrophe de marais calcique ;

– la tourbe de zones agricoles (*Polygono-Trisetion* et *Cynosurion*) gagnées sur des tourbières acides est presque toujours très dégradée ; la formation de micro-agrégats est partout nette et très bien "rendue" par le triangle.

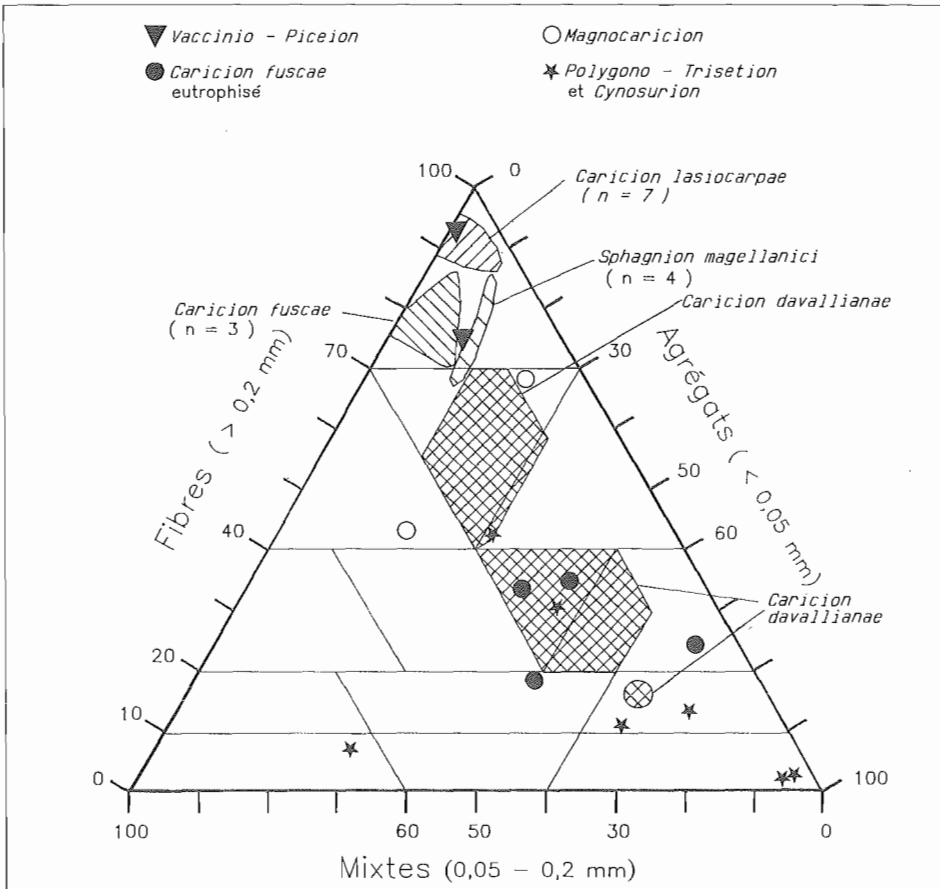
Figure 4 :

Position de quelques alliances phytosociologiques (tourbe de surface) :

1. Marais tremblants (*Caricion lasiocarpae*)
2. Haut-marais primaire (*Sphagnion magellanici*)
3. Ceinture d'épicéas (*Vaccinio-Piceion*)
4. Bas-marais alcalins (*Caricion davallianae*)
5. Marais à grandes laïches (*Magnocaricion* s.l.)
6. Prairies et pâturages (*Polygono-Trisetion* et *Cynosurion*)

Position of some phytosociological alliances (surface peat) :

1. Floating mat (*Caricion lasiocarpae*)
2. Original raised bog (*Sphagnion magellanici*)
3. Spruce forest rand bog (*Vaccinio-Piceion*)
4. Minerotrophic mire (*Caricion davallianae*)
5. Fen (*Magnocaricion* s.l.)
6. Meadow and pasture land (*Polygono-Trisetion* and *Cynosurion*)



3 - Autres utilisations

Ces deux exemples d'utilisation du triangle s'inscrivent dans d'autres idées possibles.

● Mise en évidence :

- de la dynamique propre de profils tourbeux,
- de l'intensité des perturbations humaines sur la qualité physique de la tourbe,
- de la microagrégation dans des tourbes dégradées.

● Comparaison des tourbes de différents profils (toutes les tourbes de surface d'un marais, par exemple).

● Etablissement de "l'aire" granulométrique des tourbes des groupements végétaux naturels ou semi-naturels.

● Différenciation de séries évolutives, notamment dans les zones en régénération, etc.

IV. CONCLUSION : APPORTS ET LIMITES DE LA MÉTHODE

L'analyse granulométrique des tourbes, faite de manière semi-automatique, permet d'affiner la classification texturale et microstructurale du matériel organique.

Compatible avec les classifications existantes fondées sur le taux de fibres, la représentation graphique des résultats dans un triangle granulométrique organique, que nous proposons ici, visualise bien les liens de parenté entre les échantillons. La subdivision des domaines classiques "fibrist (matériel fibrique) - hemist (matériel mésique) - saprist (matériel saprique)" en 13 cellules autorise une interprétation plus détaillée des résultats du tamisage, notamment en vue de la mise en évidence des modifications texturales d'un profil, ou pour établir des comparaisons entre la végétation et le sol. Appliquée aux tourbes du Jura et des Préalpes suisses, cette méthode s'est avérée riche de possibilités pour la connaissance des histosols et de leur dynamique.

Les limites d'utilisation apparaissent pour le moment être les suivantes :

- le matériel doit répondre aux critères de définition du matériel histique ;
- la composition de la fraction moyenne (50 à 200 μm) n'est pas clairement définie puisqu'elle peut englober à la fois des restes de tissus et d'éventuels (mais c'est peu probable !) macroagrégats ;
- il sera intéressant aussi de comparer précisément des tourbes de natures botaniques différentes ;
- la méthode granulométrique utilisée fait que le triangle n'est pas uniquement textural, car les éventuels microagrégats présents dans la tourbe ne sont pas détruits. Il ne s'agit, à notre sens, pas d'un défaut puisqu'on peut mettre en évidence une évolution intéressante du substrat, notamment en cas d'assèchement ;
- les seuils de tamisage et les limites des catégories "fibrist, hemist et saprist" se rapportent à une classification précise et doivent encore être harmonisés entre les différentes écoles.

REMERCIEMENTS. - Les auteurs remercient I. PARIAT et G. GIUGNI de la mise à disposition de résultats inédits, ainsi qu'A. CHRISTEN et C. FRUTSCHY de leur aide au laboratoire. Leur gratitude va aussi aux personnes qui ont relu le manuscrit : Mme M. GAIFFE et M. S. BRUCKERT, de l'Université de Besançon, ainsi que Mme A. LAPLACE-DOLONDE (Université de Caen) et M. L.-M. RIVIÈRE (ENITHP, Angers).

Reçu pour publication : Octobre 1989

Accepté pour publication : Octobre 1990

BIBLIOGRAPHIE

- BASCOMB C.L., BANFIELD C.F. and BURTON R.G.O., 1977. – Characterization of peaty materials from organic soils (Histosols) in England and Wales, *Geoderma*, **19**, 131-147.
- BAIZE D. et GIRARD M.-C., 1990. – Référentiel pédologique français, 3^e proposition.
- BONNEAU M. et SOUCHIER B., 1979. – *Pédologie* II. Analyse des complexes organo-minéraux des sols, p. 187. Masson, Paris.
- BRUCKERT S., ANDREUX F., CORREA A., AMBOUTA K.J.M. et SOUCHIER B., 1978. – Fractionnement des agrégats appliqué à l'analyse des complexes organo-minéraux des sols. XI^e Congrès AISS, Edmonton, 19-27/06.
- DAMANN A.W.H., 1978. – Distribution and movement of elements in ombrotrophic peat bogs, *Oikos*, **30**, 480-495.
- DINEL H. et LEVESQUE M., 1976. – Une technique simple pour l'analyse granulométrique de la tourbe en milieu aqueux, Soil Research Institute, Agr. Canada, Ottawa.
Contr. n° 542. *J. Soil Sci.*, 119-120.
- DOMERGUE F.L., 1981. – *Les tourbes : matière organique, minéralisation et classification*, EPF Lausanne, Péd. 8.
- FOLIN-CIOCALTEU, 1927. – Méthode d'analyse des monophénols, *Biol. Chemistry*, **73**, 627.
- GIUGNI G., 1989. – *Etude phytosociologique et écologique des bas-marais des Préalpes chablaisiennes*. Thèse Univ. Lausanne.
- GOBAT J.-M., 1984. – *Ecologie des contacts entre tourbières acides et marais alcalins dans le Haut-Jura suisse*. Thèse Univ. Neuchâtel, 255 p.
- GOBAT J.-M., GROSVERNIER Ph. et MATTHEY Y., 1986. – Les tourbières du Jura suisse. Milieux naturels, modifications humaines, caractères des tourbes, potentiel de régénération. *Actes Soc. jurass. Emul.*, 213-315.
- GOBAT J.-M. et PORTAL J.-M., 1985. – Caractérisation de quelques tourbes représentatives d'une dynamique de la végétation dans le Jura suisse. *Science du Sol*, **2**, 59-74.
- KAILA A., 1956. – Determination of the degree of humification in peat samples. *Maatalous Achakaoushiya*, **28**, 18-35.
- LEVESQUE M., 1981. – *Les propriétés physiques, chimiques et morphologiques de quelques tourbes du Québec et de l'Ontario*. Contr. IRT n° 62, Agr. Canada, 74 p.
- LEVESQUE M. & DINEL H., 1977. – Fiber content, particle-size distribution and some related properties of four peat materials in eastern Canada. *Can. J. Soil Sci.*, **57**, 187-195.
- LEVESQUE M., DINEL H. et MARCOUX P., 1980. – Evaluation des critères de différenciation pour la classification de 92 matériaux tourbeux du Québec et de l'Ontario. *Can. J. Soil Sci.*, **60**, 479-486.
- LEVESQUE M. & DINEL H., 1982. – Some morphological and chemical aspects of peats applied to the characterization of histosols. *Soil Science*, **135** (5), 324-332.
- MENUT G., 1974. – *Recherches écologiques sur l'évolution de la matière organique des sols tourbeux*. Thèse Univ. Nancy I.
- SSSA, 1974. – *Soil Taxonomy*. Soil Conserv. Serv., US Department of Agriculture, n° 436.

