HAL
open science

Une classification morphologique et fonctionnelle des formes d'humus: propositions du Référentiel Pédologique 1992

Bernard Jabiol, Alain Brêthes, Jean-Jacques Brun, Jean-François Ponge, François Toutain

To cite this version:

Bernard Jabiol, Alain Brêthes, Jean-Jacques Brun, Jean-François Ponge, François Toutain. Une classification morphologique et fonctionnelle des formes d'humus: propositions du Référentiel Pédologique 1992. Revue forestière française, 1994, 46 (2), pp.152-166. 10.4267/2042/26527 . hal-00506011v2

HAL Id: hal-00506011

https://hal.science/hal-00506011v2

Submitted on 11 Oct 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNE CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE ET FONCTIONNELLE DES FORMES D'HUMUS. PROPOSITIONS DU RÉFÉRENTIEL PÉDOLOGIQUE 1992

B. JABIOL − A. BRÊTHES − J.-J. BRUN − J.-F. PONGE − F. TOUTAIN

ÉVOLUTION DEPUIS 1978 DES CONNAISSANCES ET DES CONCEPTIONS FRANÇAISES SUR LES « HUMUS FORESTIERS »

Les grands modes de transformation des matières organiques fraîches et d'incorporation au sol minéral des produits transformés sont maintenant bien connus. Ph. Duchaufour (1983, 1991) propose une classification biochimique des « humus »[(1)] en liaison avec leurs conditions de formation (climat, substrat minéral...):

— d'un côté les humus peu évolués, incorporés ou non (mor, moder, mull carbonaté),
— d'un autre les humus évolués, à forte dominance de composés humiques liés à la matière minérale (mull acide, mull eutrophe, mull calcique...).

J.-J. Brun (1978), F. Toutain (1981, 1987) ont étudié pour leur part les principales voies biologiques de transformation de la matière organique et leurs conséquences biochimiques. Ils décrivent des mulls à forte activité de vers de terre, des mulls où la biodégradation des litières est sous l'influence essentielle de champignons de la pourriture blanche, des moders et dysmoders dans lesquels les transformations sont dues à l'action de la mésofaune du sol, beaucoup moins « efficace » dans l'incorporation de la matière organique à la matière minérale (vers enchytraéides, collemboles...); ils précisent les conséquences morphologiques de ce type d'activité. Un article récent (Toutain à paraître 1994, in Berthelin *et al.*) reprend, explicite et complète ces données.

J.-F. Ponge (1984, 1985, 1988) a mis en évidence le fonctionnement biologique propre des moders et la

---

(1) Le terme humus désigne l'ensemble des matières organiques du sol transformées par voie biologique et chimique (Thaer, 1809). La morphologie et la succession des horizons supérieurs du sol dont l'organisation est sous l'influence essentielle de l'activité biologique permettent de définir une forme d'humus (Humus Formen − Müller, 1887). Nous éviterons, dans ce sens, l'utilisation des termes « humus » ou « type d 'humus ».

participation des microorganismes, des animaux saprophages et du système racinaire superficiel des arbres à la formation des horizons organiques de surface (OF, OH).

Mais, au -delà de ces différentes approches, le pédologue forestier et le phytoécologue ont besoin de précisions sur les liens qui existent entre les différentes formes d'humus décrites de manière très précise et les caractères physiques et chimiques du sol:

— pour diagnostiquer certaines conditions pédoclimatiques,

— pour préciser les relations existant entre formes d'humus et groupes socio-écologiques de plantes,

— pour préciser les conditions de nutrition des arbres en fonction du « turnover » de la matière organique, de la disponibilité en azote...

— pour étudier l'incidence de ces formes sur la régénération,

— pour comprendre l'évolution possible de ces formes d'humus en fonction des activités sylvicoles (ouverture, fermetures, substitutions d'essences, fertilisation...),

— etc.

Le principal travail à effectuer sur le terrain pour parvenir à des diagnostics de ce type est un travail de **description des horizons** (« couches ») formant la litière au sens large. Les autres critères de compréhension relèvent d'analyses de sol spécifiques, sortant de la routine.

Cette description peut être très analytique: décrire la quantité et la nature des débris, leur cohésion, leur degré de transformation, etc... Ce type de relevés est un travail de spécialiste long, difficile, complexe à dépouiller. Aussi, traditionnellement, le **diagnostic de la forme d'humus se fait par la reconnaissance, à partir de quelques critères simples, de couches ou plutôt d'horizons caractéristiques** (exemple L, F, H) dont la succession verticale permet de diagnostiquer et nommer une forme d'humus (ex. mull acide, mull carbonaté, dysmoder). Certains critères analytiques simples sont de plus utilisés quelquefois (pH, rapport S/T, rapport C/N). Il est clair qu'un bon diagnostic repose sur une définition précise des différents horizons et des différents types.

Les définitions des horizons holorganiques (anciennement Aoo et Ao) par la classification CPCS des sols étaient devenues notoirement inadaptées à la lumière des travaux étrangers de Kubiena (1953) et Babel (1971) entre autres.

C'est pourquoi Brun (1978) a proposé une définition de ces horizons et une typologie des formes d'humus étudiés dans l'Est de la France; par rapport aux anciennes définitions françaises des mulls, moders ou mors, les limites entre ces formes d'humus y sont revues et des précisions morphologiques très importantes permettant de subdiviser ces formes sont apportées (tableau l).

Ces propositions sont étayées par des arguments biologiques, biochimiques et micromorphologiques explicités par Toutain (1981) dans cette même revue pour les grands types seulement. Malgré cette approche rénovée, définissant des termes tels que mull colluvial, eutrophe , mésotrophe, acide, moder et dysmoder, c'est une typologie belge (Delecour, 1980) qui finalement eut le plus d'impact en France sur le terrain, sans doute parce qu'elle est présentée de manière complète, claire et sous forme de clé de reconnaissance; elle est proche des conceptions de Brun en ce qui concerne les définitions d'horizons (puisqu'inspirée des mêmes travaux), mais elle en diffère dans le détail au niveau de la définition des « types » d'humus (tableau 1). C'est à partir de cette date que chaque chercheur, enseignant ou praticien français va faire sa propre interprétation de ces différents travaux. Le tableau 1 donne quelques exemples de ces distorsions, mais nous pourrions en donner bien d'autres.

Une des causes des divergences observées vient du fait que Brun d'une part et Delecour de l'autre utilisent des termes identiques qu'ils définissent par des critères différents. La définition des mulls eutrophes, mésotrophes, acides répondent pour Brun à des critères morphologiques et pour Delecour à des critères de pH. La tentation qui a suivi de rassembler ces deux types de critères s'avère certes réaliste dans la majorité des cas, mais aventureuse dans beaucoup d'autres. Duchaufour (1991) propose lui aussi une subdivision des mulls d'après leur pH, mais là encore avec des critères légèrement différents de ceux de Delecour.

Ainsi, depuis une quinzaine d'années, et malgré les connaissances acquises sur le fonctionnement des « grands types », il subsiste en France de nombreuses imprécisions dans la définition des formes d'humus, portant un préjudice en particulier aux études phytoécologiques qui exigent une description précise. Ces imprécisions ont été ressenties essentiellement lors de l'introduction progressive des résultats de travaux de recherche français ou étrangers par les divers utilisateurs, sans qu'aucune synthèse n'ait été coordonnée au niveau national. Elles concernent en particulier la possibilité de tirer (ou non) de la description morphologique des informations relatives aux propriétés chimiques et biochimiques des horizons de surface.

LES DONNÉES ET CLASSIFICATIONS ACTUELLES ET LEURS LIMITES (avant le Référentiel

pédologique)

Quelles sont en 1990 les données dont disposent les praticiens français?

— Une définition relativement claire des horizons holorganiques (cf. tableau II): des définitions de L (Ln , Lv, Lt), F (Fr, Fm), H (Hr, Hf) de Brun, reprises pour l'essentiel de Babel (1971), correspondent assez bien à celles des horizons O de Delecour. Duchaufour (1991) ne présente pas ces subdivisions qu'il n'utilise pas pour sa classification biochimique.

— Une caractérisation précise du fonctionnement biologique des grands types d'humus: Toutain (1981, 1987) différencie parfaitement en particulier la limite mull-moder. Par contre, les travaux de son équipe sur les formes d'humus engorgées (Loustau, 1984) n'ont pas fait l'objet de publication destinée aux praticiens.

— Une proposition de typologie dans le *Vocabulaire pour une typologie des stations forestières* (Delpech *et al.*, 1985). Cette synthèse des diverses classifications existantes souffre des problèmes évoqués ci-dessus et ne fait pas, dans le détail, l'unanimité. Elle est cependant largement utilisée.

Au contraire, les problèmes suivants restent posés:

— Quelles définitions choisir pour les différents types de mulls?

— Quelle est la limite moder-dysmoder?

— Quelle est la limite entre moder et mor?

C'est en raison de toutes ces incertitudes que A. Brêthes (Office national des Forêts) et B. Jabiol (École nationale des Ingénieurs des Travaux des Eaux et Forêts), pédologues forestiers praticiens, proposent en 1987 de « *regrouper des personnes d'organismes et spécialités divers pour réfléchir aux problèmes de fonctionnement, de caractérisation morphologique et de classification des humus* ». C'est ainsi que se forme un groupe informel comprenant, en plus des praticiens ci-dessus, des chercheurs dont J.-J. Brun (CEMAGREF Grenoble), F. Toutain (CNRS Nancy) et J.-F. Ponge (Museum national d'Histoire naturelle de Brunoy).

En plus de ses réflexions propres, ce « groupe humus » va fonctionner comme groupe de travail du Référentiel pédologique pour lequel il propose, dès la version de 1988 du Référentiel, une définition précise des horizons

holorganiques[2] (al, OF, OH) et un projet de typologie des « formes d'humus ».

Nous ne reviendrons pas sur ce projet 1988 légèrement modifié dans la version 1990: son but principal était de **soulever des réactions et des questions dans la communauté pédologique**, et recenser ainsi divers avis ou informations. La classification proposée dans le Référentiel pédologique 1992 peut encore subir des évolutions, comme tout paragraphe de cet ouvrage, au fur et à mesure de l'évolution des connaissances scientifiques.

LES HORIZONS ORGANIQUES ET ORGANO-MINÉRAUX DE RÉFÉRENCE (d'après le Référentiel pédologique 1992)

Comme la description et l'interprétation d'un « profil de sol » (solum), celle des formes d 'humus repose sur la reconnaissance d'horizons de référence. Chaque forme d'humus possède une succession verticale propre de certains de ces horizons.

- *Horizons O (anciennement Aoo ou Ao)*

La définition précise des horizons holorganiques est considérablement modifiée par rapport à celle de la classification CPCS mais ne diffère pas fondamentalement de celles de Brun ou Delecour.

Leur symbolisation est modifiée (horizons O = « organiques ») mais reprend cependant des lettres déjà utilisées: OL, OF, OH.

Les correspondances suivantes peuvent être proposées (tableau II).

Trois horizons O principaux ont été définis.

OL (« litière »): correspond à des débris végétaux morphologiquement peu évolués. On peut distinguer **OLn** (« litière neuve ») n'ayant pratiquement pas subi de transformation depuis sa chute de l'année même, et **OLv** (« litière vieillie ») où les feuilles ou aiguilles sont blanchies, ramollies et/ou collées les unes contre les autres; ce sont des feuilles plus anciennes (de deux ou plusieurs années); un début de fragmentation est possible. Des débris de feuilles « fraîches », correspondant à un émiettement de OLn par des vers de terre, déterminent parfois une véritable couche (**OLt**, t = transition); cet horizon ne doit pas être confondu avec OF (voir ci -dessous): les

[2] Horizons holorganiques: constitués principalement de débris végétaux plus ou moins transformés.

débris qui le constituent gardent l'aspect des feuilles de OLn, sont très lâches, et n'ont pas de grains de matière organique en mélange.

Dans **OF** (« fragmentation »), l'action de la faune du sol se fait sentir: fragmentation poussée du matériel végétal, mais surtout présence sur ou entre les fragments (collés et ramollis) de grains de matière organique non reconnaissable: ces grains millimétriques sont en fait des boulettes fécales ou des amas de boulettes fécales plus ou moins transformées.

Ce sont ces mêmes amas qui constituent l'essentiel des horizons **OH** (très imparfaitement: « humification ») dans lesquels les **débris reconnaissables** (débris figurés) sont **très minoritaires**.

Remarque: OF et OH peuvent être subdivisés selon la part relative des matières organiques non reconnaissables et des débris figurés.

- *Horizons* A *(anciennement A1)*

Ces horizons A, contenant en mélange matière organique et matière minérale, ont été classés en trois types fondamentaux selon leur origine:

- Une forte action de vers de terre incorporant rapidement la matière organique au sol minéral en favorisant la création de « complexes argilo-humiques » permet de définir des horizons A « biomacrostructurés ».

Ce brassage par les vers assure une structure grumeleuse d'autant plus nette que la proportion d'argile sera suffisante et que le nombre de vers sera important.

Lorsque la biomasse de vers de terre est nulle ou trop faible pour assurer à la fois consommation des litières et structuration des horizons A, ceux-ci peuvent être encore de deux types:

- Les horizons A où l'on observe une **juxtaposition** de boulettes de matière organique non reconnaissable avec des grains minéraux: ce type d'horizon, où il n'y a pas de liaison entre matière minérale et matière organique, est caractéristique des fonctionnements de type moder; leur diagnostic à l'œil nu n'est facile que dans les textures grossières, où les grains minéraux apparaissent nus et brillants; la structure y est particulaire.

- Les horizons A d'insolubilisation sont plus délicats à diagnostiquer: pas de structure nettement exprimée, grains minéraux salis; ils sont dus à l'insolubilisation, dans un horizon suffisamment riche en argile, de matière

organique soluble libérée des litières par une forte activité de champignons saprophytes (pourriture blanche): ce phénomène a été bien décrit par Toutain (1981) dans des humus acides sans activité de vers.

Notons que nous avons limité l'appellation d'horizon A aux horizons dans lesquels l'incorporation de matière organique résulte d'une activité faunistique ou permet la formation d'un complexe argilo-humique. Il existe aussi des horizons dits « de diffusion » dans lesquels la matière organique est composée de molécules organiques solubles en « transit » (exemple Eh).

LES BASES DE LA TYPOLOGIE DES FORMES D'HUMUS (d'après le Référentiel pédologique 1992)

Quelles sont les idées et les axes de réflexion qui sont ressortis des travaux du « groupe humus » et des confrontations et échanges qui ont pu se faire lors de sorties collectives sur le terrain?

- La typologie proposée doit être utilisable sur le terrain. Elle est donc d'abord morphologique mais aussi morphogénétique: le choix de seuils, artificiels comme dans tout classement dans un continuum, doit être dicté autant par des différences de fonctionnement biologique que par des critères morphologiques.

- Il n'est plus question d'associer, pour définir des types, une dénomination morphologique et des conditions physico-chimiques précises; ceci est nouveau; nous avons évoqué ce problème ci-dessus, et plusieurs campagnes de terrain nous ont bien montré que, par exemple, un mull mésotrophe (sens de Brun, 1978) pouvait avoir un pH inférieur à 5 et donc ne pas répondre au critère de mull mésotrophe de Delecour.

Dans cette typologie, morphologie − acidité − taux de saturation du complexe adsorbant restent donc dissociés. En conséquence, il a **semblé opportun d'abandonner les termes trophiques (eutrophe, mésotrophe, oligotrophe) dans la dénomination des formes d'humus**.

- Le diagnostic d'un fonctionnement de type « mull de vers de terre » n'est pas toujours possible à partir du seul examen des horizons holorganiques. En montagne principalement, de nombreuses formes d'humus présentent la succession OL + OF + OH reposant sur un horizon A à très forte activité de vers de terre: elles étaient souvent dénommées « moder calcique », « mor calcique » ou « moder alpin », mais en fait l'activité moder telle que la décrit F. Toutain est incompatible avec la présence d'une forte activité de vers de terre.

Nous proposons dans ce cas de **privilégier l'horizon A** dans le diagnostic des formes d'humus, les horizons A

des mulls et des moders étant fondamentalement différents. Les formes d'humus ci-dessus font donc partie des mulls, et sont appelées amphimulls pour faire ressortir la dualité de fonctionnement entre horizons holorganiques et horizons A (ce terme a déjà été utilisé dans la littérature étrangère). Le fonctionnement exact en reste cependant à étudier. De la même manière, les anciens mulls-moders sont éclatés en dysmulls et hémimoders selon le type de l'horizon A.

Le fait de privilégier le fonctionnement de l'horizon A dans la typologie a d'autre part l'avantage de permettre une cohérence avec la description des modes de transformation des matières organiques en sols agricoles (Jacquin, 1985).

LA DÉMARCHE DE RATTACHEMENT À UNE FORME D'HUMUS AÉRÉE

Elle peut se faire selon trois étapes :

- Diagnostic du type d'horizon A et description des transitions entre O et A: ce diagnostic mène à la distinction des grands types fonctionnels mull-moder-mor (tableau III).

Il s'agit de bien distinguer surtout les horizons actifs structurés par les vers de terre (horizons A biomacrostructurés) et ceux où la matière organique et matière minérale sont juxtaposées. En fait, cette étape n'est indispensable que dans les milieux de montagnes ou méditerranéens, où il peut exister une dualité de fonctionnement biologique entre O et A, probablement pour des raisons pédoclimatiques, et en milieu agricole où il n'existe pas de litière. Elle peut de plus être parfois très délicate: c'est le cas en présence de textures fines à structure soufflée[3] en milieu acide.

Aussi, **dans la majorité des cas de plaine**, le diagnostic peut-il se faire **directement par l'étape suivante** (sauf pour quelques formes de transition: dysmull et hémimoder).

Remarque: les mors sont caractérisés par un passage très brutal entre OH et les horizons minéraux; il n'y a pas de véritable horizon A.

- Diagnostic de la succession des horizons OL, OF, OH et A. C'est la démarche habituelle, qui nécessite la

[3] Structure soufflée: structure en grumeaux dont les éléments ont une dimension inférieure à environ 1 millimètre = microgrumeleux= fluffy = floconneux.

reconnaissance des « horizons de référence » OLn, OLv, OLt; les subdivisions de OF et OH ne sont pas utilisées.

Cette étape permet de distinguer **morphologiquement** dans les mulls : eumull, mésomull, oligomull et dysmull. Dans les moders: hémimoder, eumoder et dysmoder.

Nous ne pouvons pas reprendre dans cet article les descriptions complètes figurant dans le Référentiel pédologique, le lecteur pourra s'y reporter. Nous lui empruntons cependant le tableau IV et la clé de détermination (tableau V) que nous complétons par la figure 1.

Insistons sur le fait que les rattachements opérés le sont sur des critères **purement morphologiques**, même si derrière des morphologies différentes il y a des fonctionnements biologiques différents.

- Comme après le rattachement d'un solum à une Référence de sol, la dernière étape, primordiale, permet d'apporter autant de précisions que souhaitées par **l'adjonction de qualificatifs** relatifs par exemple à des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques, biologiques, des horizons O ou des horizons A.

Exemples de qualificatifs définis dans le Référentiel pédologique

— relatifs à l'acidité, au taux de saturation; la définition des termes utilisés est présentée dans un article précédent sur le Référentiel pédologique (Jabiol et Baize, 1993);

— termes précisant la nature des retombées de litière;

— termes précisant la texture de l'horizon A;

— etc...

Exemples de formes d'humus

— eumull carbonaté clair de pelouse sèche;

— eumull calcique humique de hêtres et sapins;

— eumull pélosolique;

— eumull désaturé acide colluvial , limoneux;

— oligomull carbonaté d'épicéas;

— oligomull mycogène désaturé acide de hêtres, sableux (mull à pourriture blanche);

— eumoder hyperacide de hêtres et sapins, sableux;

— dysmoder argileux très acide de chênes;

— dysmoder sableux humique à horizon OH très épais de lande humide à pins sylvestres.

LES FORMES D'HUMUS HYDROMORPHES

La plupart de ces formes d 'humus ont été étudiées par Loustau (1984); la typologie proposée prend ses résultats en compte mais ne mène pas à des changements par rapport aux termes antérieurement utilisés: hydromull, hydromoder, hydromor et anmoor ont été plus précisément définis en termes de morphologie et, dans la mesure du possible, de fonctionnement hydrique ou biologique (cf. figure 1). Mais ce dernier n'est pas toujours parfaitement connu. Les tourbes (Histosols) font l'objet dans le Référentiel pédologique d'un chapitre à part très approfondi par un groupe de travail dirigé par A. Laplace-Dolonde.

LES INCERTITUDES

Malgré le travail accompli depuis quinze ans sur le fonctionnement biologique des litières et leur biodynamique, certains points restent encore obscurs pouvant entraîner certaines inadéquations de détail du système proposé: des études sont actuellement en cours qui permettront de réajuster notre typologie, et en augmenter la fiabilité et l'utilité par rapport soit à la typologie phytoécologique, soit à des problèmes de gestion forestière (conditions de régénération, de nutrition minérale...).

Le premier point encore obscur est relatif aux mors; quel est leur fonctionnement biologique, leur déterminisme, quelles conséquences pratiques peut-on en tirer? Enfin, quels éléments descriptifs peuvent permettre de distinguer de façon fiable et répétitive dysmoders et mors; en effet le caractère majeur que nous proposons ci-dessus (limite OH/A graduelle pour le dysmoder, et pour le mor passage brutal de OH à un horizon minéral) est particulièrement net pour les formes extrêmes mais devient beaucoup moins performant pour les formes intermédiaires. Les différences de fonctionnement biologiques et leurs conséquences justifient-elles de trouver « une limite » entre ces deux entités?

Le second domaine à étudier est celui des amphimulls: s' ils sont bien connus sur le terrain, la dualité entre

couches holorganiques et horizons organo-minéraux reste à étudier: cause, fonctionnement biologique, conséquences; il est probable que différents types pourraient être distingués selon leur déterminisme climatique (froid, sécheresse...).

CONCLUSIONS

Nous espérons que cette typologie proposée par le Référentiel pédologique 1992 constituera un outil polyvalent, à la fois support évolutif pour l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques, mais surtout outil utile et utilisable pour les praticiens (forestiers, écologues , agronomes...).

Les couches humifères du sol ne doivent pas être négligées et nous avons déjà souligné l'importance de leur étude en introduction. L'actualité nous incite d'ailleurs à travailler vers une connaissance meilleure de la dynamique de ces humus puisqu'ils représentent une maille importante dans l'étude de l'acidification des sols suite aux « pollutions acides »; il ne faut pas oublier enfin que le stock de carbone contenu dans la matière organique des sols est deux fois supérieur au stock contenu dans l'atmosphère et que toute modification à grande échelle (pollution, changement climatique) de la dynamique de cette matière organique peut être lourde de conséquence.

B. JABIOL

Unité Écosystèmes forestiers et Écologie du Paysage

ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE RURAL, DES EAUX ET DES FORÊTS

14, rue Girardet

54042 NANCY CÉDEX

J.-F. PONGE

Laboratoire d 'Écologie

MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

4, avenue du Petit Château

91 800 BRUNOY

A. BRÊTHES

Département des Recherches techniques

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS

Cité administrative Coligny

131, rue du Faubourg Bannier

45042 ORLÉANS CÉDEX

J.-J. BRUN

CEMAGREF

Groupement de Grenoble

Domaine universitaire

2, rue de la Papeterie

BP 76

38402 SAINT-MARTIN-D'HÉRES CÉDEX

F. TOUTAIN

Centre de Pédologie biologique

CNRS

BP 5

54500 VANDOEUVRE-LES-NANCY

Remarque: les auteurs espèrent faire paraître, au cours de l'année prochaine, une plaquette riche en photographies et illustrant ces dernières conceptions.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Messieurs F. Le Tacon et M. Bonneau pour leurs remarques pertinentes lors de la rédaction du présent article, ainsi que les personnes les ayant pilotés et ayant animé les discussions lors des sorties de terrain, particulièrement B. Souchier et M. Bouché, mais aussi: dans les Alpes: Mlle F. Ackermann, Messieurs J. André, G. Cadel et L. Trosset; dans le Sud-Ouest: Mme A. Hubert-Chêne, Messieurs F. Charnet, M. Gelpe, M. Bartoli; dans le Jura: Mme M. Gaiffe, Messieurs S. Bruckert (†), J.-L. Grossi, J.-C. Gégout.

Ils remercient également les personnes ayant répondu à leurs enquêtes et dont les noms figurent à l'annexe 1 du Référentiel pédologique.

BIBLIOGRAPHIE

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DES SOLS. − Principaux sols d'Europe, Référentiel pédologique. − Paris: INRA, 1992. − 222 p.

BABEL (V.). − Gliederung und Beschreibung des Humus profil in mitteleuropaïschen Wäldern. − *Geoderma*, 5, 1971, pp. 297-324.

BERTHELIN (J.), LEYVAL (C.), TOUTAIN (F.). − Biologie des sols. In: Pédologie, Tome II. – 2e édition / M. Bonneau et B. Souchier Ed. − Paris: Masson, 1994 (sous presse).

BERTHELIN (J.), TOUTAIN (F.). − Biologie des sols. In: Pédologie, Tome II: Constituants et propriétés du sol / M. Bonneau et B. Souchier Ed. − Paris: Masson, 1979.

BONNEAU (M.). − Cours de Pédologie forestiére. 2e partie, IV. − Nancy: École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 1981. − 23 p. (cours polycopié).

BRUN (J.-J.). − Étude de quelques humus forestiers aérés acides de l'Est de la France. Critères analytiques, classification morphogénétique. − Nancy: Université de Nancy I, 1978. − 136 p. (Thèse de Doctorat de 3e cycle).

COMMISSION DE PÉDOLOGIE ET DE CARTOGRAPHIE DES SOLS (CPCS). − Classification des sols, 1967. − 96 p. (multicopie).

DELECOUR (F.). − Essai de classification pratique des humus. − *Pédologie*, vol. XXX, no 2, 1980, pp.

225−241.

DELPECH (R.) *et al.*. − Typologie des stations forestières, vocabulaire. − Paris: Ministère de l'Agriculture, Institut pour le Développement forestier, 1985. − 243 p.

DUCHAUFOUR (Ph.). − Pédogénèse et classification. In: Pédologie, tome 1, 2e édition. − Paris: Masson, 1983. − 477 p.

DUCHAUFOUR (Ph.). − Pédologie. – 3e édition. − Paris: Masson, 1991. − 289 p. (Abrégés).

JABIOL (B.). − Le Relevé des paramètres du sol en vue d'une estimation de ses contraintes et de ses aptitudes pour les arbres. − Nogent-sur-Vernisson: ENITEF, 1986, 1987, 1988. − 36 p. (Document polycopié).

JABIOL (B.), BAIZE (O.). − Un nouveau langage en pédologie: le Référentiel pédologique. − *Revue forestière française,* vol. XLV, n° 2,1993, pp. 141−152.

JABIOL (B.), GÉGOUT (J.-C.). − Recommandations pour la présentation illustrée des descriptions de sols. − *Revue forestière française,* vol. XLIV, n° 6, 1992, pp. 512−520.

JACQUIN (F.). − Dynamique de la matière organique en sols cultivés sous climats tempérés. − *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie d 'Agriculture de France,* vol. 71, n° 6, 1985, pp. 635−642.

JAMAGNE (M.). − Bases et techniques d'une cartographie des sols. − Paris: INRA, 1967.

KUBIENA (W.L.). − The soils of Europe. − London: Thomas Murby and Co, 1953. − 318 p.

LOUSTAU (O.). − Morphologie et fonctionnement biodynamique de quelques humus hydromorphes de l'Est de la France. − Nancy: Université de Nancy I, 1984. − 150 p. (Thèse).

PONGE (J.-F.). − Étude écologique d 'un humus forestier par l'observation d'un petit volume, premiers résultats. I: la couche L1 d 'un moder sous Pin sylvestre. − *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol,* vol. 21, n° 2, 1984, pp. 161−187.

PONGE (J.-F.). − Étude écologique d'un humus forestier par l'observation d'un petit volume. II: la couche L2 d'un moder sous *Pinus sylvestris*. − *Pedobiologia,* vol. 28, 1985, pp. 73−114.

PONGE (J.-F.). − Étude écologique d'un humus forestier par l'observation d'un petit volume. III: la couche F1

d'un moder sous *Pinus sylvestris*. − *Pedobiologia*, vol. 31, 1988, pp. 1−64.

TOUTAIN (F.). − Les Humus forestiers; structures et modes de fonctionnement. − *Revue forestière française*, vol. XXXIII, n° 6,1981, pp. 449−477.

TOUTAIN (F.). − Les Humus forestiers; biodynamique et mode de fonctionnement. − Rennes: Centre régional de Documentation pédagogique, 1987. − 49 p.

Tableau I

Comparaison des critères utilisés pour définir ou caractériser les principales formes d'humus, de 1978 à 1993, selon différents auteurs

	TOUTAIN, 1978	BRUN, 1978	DELECOUR, 1980	TOUTAIN, 1981, 1987	BONNEAU, 1981	JABIOL, 1985, 1987, 1988	DELPECH *et al.*, 1985	TOUTAIN, 1994 *
MULL		OL / A grumeleux	(OL) ou OL uniquement	discontinuité OL/A OLn + OLt / A bien structuré : mull de vers de terre OLn + OLv / A : mull de pourriture blanche	OL / A		OL / A	OL / A (mull de vers de terre ou mull de pourritures blanches)
Mull carbonaté			Effervescence de A		OLn / A A carbonaté riche en MO	(OLn) ou OLn / A A effervescent	OL / A effervescent, gros grumeaux noirs	A effervescent, couleur foncée
Mull colluvial		(OLn) ou OLn + OLt A très aéré, nombreux grumeaux			OLn / A, pH variable			
Mull calcique			pH 7,5 ou > 7,5		OLn / A, pH 7 à 7,5	(OLn), pH > 7		S/T > 90 %
Mull eutrophe	A bien grumeleux pH 6 à 6,5 saturé	OLn + (OLv) + OLt A très aéré, nombreux grumeaux	pH de 6 à 7,5		OLn peu épais, A grumeleux pH 6 à 7, S/T 80 à 90 %	(OLn) / A ou OLn / A grumeaux bien développés pH 6 à 7	(OL) / A nombreux turricules pH 6 à 7, S/T > 75 %	S/T 70 à 90 %
Mull mésotrophe	A grumeleux, clair pH 5,5, S/T 50 à 60 %	OLn + OLv + OLt A aéré, grumeleux,	pH de 5 à 6		OLn + (OLv) + OLt A grumeleux, plus fin pH 5 à 6, S/T 50 à 80 %	OLn + (OLv) / A ou OLn / A pH 5 à 6	OL / A A grumeleux pH 5 à 6, S/T 25 à 75 %	S/T 30 à 70 %
Mull acide ou mull oligotrophe	0 de 1 à 2 cm / A A mal structuré S/T 15 à 25 %	OLn + OLv + OF A assez tassé, grumeaux fins	pH de 4 à 5		OLn + OLv + OLt + (OFr) pH < 5, S/T 25 à 50 %	OLn + OLv + (OF) / A ou OLn + OLv / A, pH < 5 grumeaux fins, A peu épais	OLn + OLv / A A peu épais microgrumeleux pH 4 à 5, S/T < 25 %	S/T < 30 %
Mull dystrophe			OL + OFr A finement grumeleux mince					
MULL-MODER		OL + OF ... A A compact, foncé 0 : 2 à 4 cm			OLn + OLv + OLt + OF transition avec A plus progressive, pH 4,5 à 5	OL + OF ... A	OLn + OLv + OF / A A à grains minéraux lavés	
MODER mulleux			OL + OFr + OFm A de complexation mince					
MODER	0 (Ao) peu épais, 2 à 4 cm A mal structuré, grains nus, juxtaposition MO et grains min.	OL + OF + OH ... A 0 > 4 cm, A compact, noir grains minéraux nus	0 < 10 cm ... A de diffusion		OL + OF + OH ... A 0 < 10 cm, OH peu épais, juxtaposition MO-mat. min.	OL + OF + OH ... A A mal structuré juxtaposition MO-mat. min. OH < 2 cm	OL + OF + OH ... A	OL + OF + OH ... A MO juxtaposée à mat. min. en A
Moder s.s. ou eumoder	idem	OH < 0,5 cm	OH très mince, parfois discontinu ou temporaire	OL + OF + OH mince ... A	OL + OF > 4 cm, OF ≈ 1,5 cm (OH) ou OH < 0,5 cm	(OH) ou OH < 0,5 cm	OH sporadique ou < 0,5 cm A à grains minéraux lavés	OH < 1 cm
Dysmoder	néant	OH > 0,5 cm	OF = OH	OF et OH épaisses	OL + OF > 4 cm OH de 0,5 à 2 cm	OH de 0,5 à 2 cm	idem, OH > 0,5 cm et OH = OF	OH > 1 cm
MOR	OL + OF + OH passant plus ou moins rapidement à A foncé		0 > 10 cm / A de diffusion mince	OL + OF + OH épais / A non structuré	OL + OF + OH > 10 cm	OL + OF + OH / A OH > 2 cm	OF très épais, OH > 3 cm A à grains minéraux lavés, particulaire à grenu	passage brutal OH / A pas de complexe argilo-humique

/ indique un passage brutal entre deux horizons
... indique un passage progressif entre deux horizons
( ) indique un caractère sporadique ou discontinu d'un horizon
S/T : taux de saturation ;
MO : matière organique.

* In Berthelin *et al.*

Tableau II

Horizons O : correspondances approximatives avec les horizons décrits par d'autres auteurs

Référentiel pédologique (d'après Babel, 1971 ; Brun, 1978)	CPCS (1967)	Jamagne (1967) Duchaufour (1983)	Delecour (1980)
OL — OLn, OLv, OLt	Aoo	L	Ol — Ol1, Ol2
OF — OFr, OFm	Ao	F — F1, F2	Of — Of1, Of2
OH — OHr, OHf		H	Oh — Oh1, Oh2

Tableau III **Schéma des principales formes d'humus forestières des climats tempérés**

Cas 1	• horizon A biomacrostructuré **et/ou** à complexe argilo-humique • discontinuité entre horizons O et horizon A	MULL
Cas 2	• horizon A de juxtaposition • passage progressif entre les horizons O et A • succession d'horizons OL, OF, A ou, le plus souvent, OL, OF, OH, A	MODER
Cas 3	• horizons OL, OF, et OH épais • passage très brutal entre un horizon OH et un horizon minéral quelquefois humifère (matière organique de diffusion)	MOR

Tableau IV **Formes d'humus aérées forestières : principales références**

Horizons O		Horizons A et transitions O-A			
		Complexes argilo-humiques abondants		Complexes argilo-humiques rares ou absents	
		discontinuité O//A		O-A passage progressif	discontinuité O/horiz. min.
		A biomacrostructuré	A d'insolubilisation	A de juxtaposition	pas de M.O. ou M.O. de diffusion
		MULL		MODER	MOR
OL ou OL et (OF)	(OLn) *	EUMULL			
	OLn (OLv) *	MESOMULL			
	OLn OLv (OF)	OLIGOMULL	Oligomull mycogène		
OL et OF **		DYSMULL		HÉMIMODER	
OL et OF et OH ou (OH)		AMPHIMULL (à étudier)		EUMODER (OH < 1 cm) DYSMODER (OH ⩾ 1 cm)	MOR (à étudier)

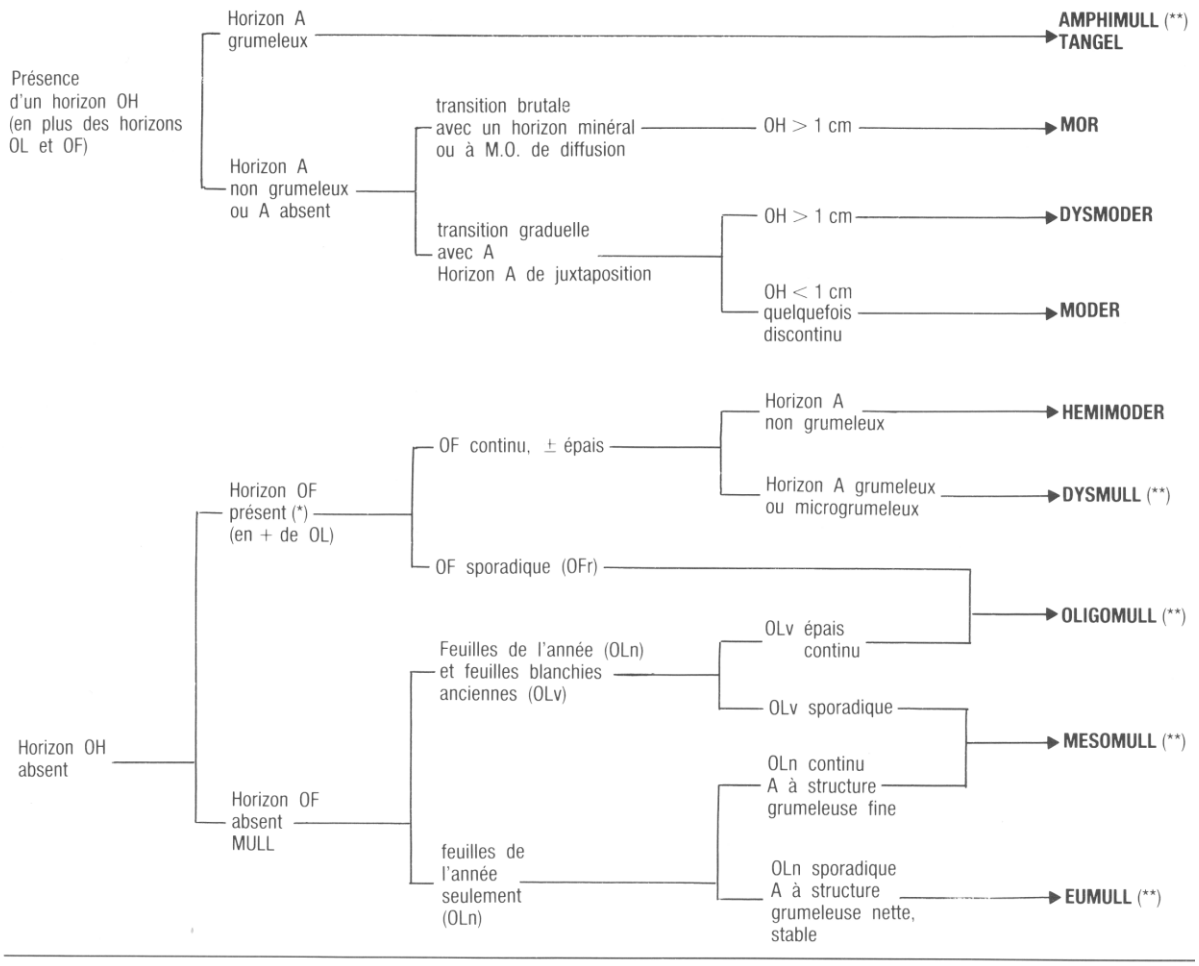
NB : horizons entre parenthèses : horizons discontinus ; MO = matières organiques.
* Horizons OLt facultatif au-dessus de l'horizon A.
** Le terme « mull-moder » est à éviter dans la mesure où il privilégie le mot mull.

hémi : à demi
eu- : bien, bon
méso- : moyen
oligo- : peu
dys- : difficulté, mauvais état
amphi- : en double

eumull : mull « typique », à disparition rapide des matières organiques fraîches
mésomull : mull à morphologie et vitesse de disparition des MO fraîches intermédiaires
oligomull : mull à fonctionnement biologique lent
dysmull : mull à fonctionnement biologique très ralenti
amphimull : mull à double fonctionnement biologique

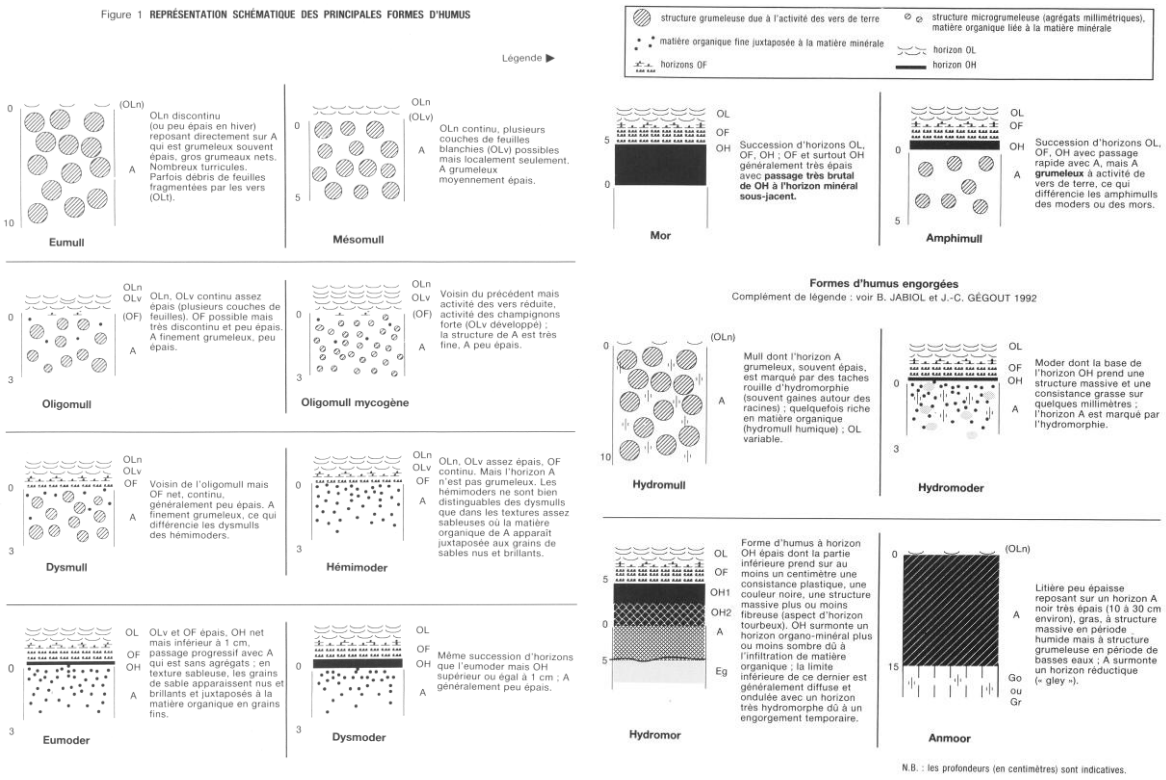
Tableau V

Clé de détermination des humus aérés de plaine
(A. Brêthes, B. Jabiol d'après le Référentiel pédologique, 1992)



(*) Ne pas confondre quelques débris de feuilles non blanchies de l'année (horizon OLt) avec un véritable horizon OF à débris généralement blanchis et mêlés de quelques grains de matière organique (boulettes fécales).
(**) Si l'horizon A fait effervescence à HCl, ces formes d'humus sont qualifiées de « carbonatées » (ex. Eumull carbonaté, mésomull carbonaté, etc.).

Figure 1 **REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DES PRINCIPALES FORMES D'HUMUS**



N.B. : les profondeurs (en centimètres) sont indicatives.