



HAL
open science

Comment distinguer dysmoder et mor? L'exemple de la forêt domaniale de Perche-Trappe (Orne)

Jean-François Ponge, François Charnet, Jean-Marie Allouard

► To cite this version:

Jean-François Ponge, François Charnet, Jean-Marie Allouard. Comment distinguer dysmoder et mor? L'exemple de la forêt domaniale de Perche-Trappe (Orne). *Revue forestière française*, 2000, 52 (1), pp.23-37. 10.4267/2042/5328 . hal-00503196v2

HAL Id: hal-00503196

<https://hal.science/hal-00503196v2>

Submitted on 15 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.

COMMENT DISTINGUER DYSMODER ET MOR? L'EXEMPLE DE LA FORÊT DOMANIALE DE PERCHE-TRAPPE (ORNE)

J.-F. PONGE¹, F. CHARNET², J.-M. ALLOUARD³

¹ Museum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire d'Écologie Générale, 4 avenue du Petit-Chateau, 91800 Brunoy

² Institut pour le Développement Forestier, "Le Zéphir", 8 rue du 7e Régiment d'Artillerie, 35000 Rennes

³ Office National des Forêts, Groupe Technique, Maison Forestière de la Foucaudière, 61190 Tourouvre

UN PROBLÈME DE NOMENCLATURE

Le terme dysmoder est apparu dans la littérature sous la plume de Manil (1959), où il est défini, sans plus de détails, comme une forme dégradée de moder en transition vers le mor. Quelques années plus tard Manil et al. (1963), comparant diverses hêtraies de Belgique, précisent que les dysmoders se distinguent des mors par l'absence d'activités chimiques podzolisantes (entraînement des bases et des métaux en profondeur par de petites molécules organiques complexantes) et ne reconnaissent pas l'existence du mor dans le secteur étudié (Ardenne). Il faut attendre le travail de Brun (1978), pour avoir une caractérisation précise des dysmoders. Au sein du groupe des moders, caractérisés par une litière épaisse comprenant trois horizons (feuilles entières ou L, feuilles fragmentées ou F, matériel organique humifié ou H), une transition progressive entre la litière et l'horizon organo-minéral A1, une activité importante de la mésofaune (enchytréides, microarthropodes) et faible des vers de terre, et un horizon A1 présentant une juxtaposition de grains minéraux et de déjections organiques, les dysmoders ont comme caractéristiques différentielles une diversité moindre de la faune, représentée surtout par des enchytréides et des microarthropodes, et une augmentation de l'épaisseur de l'horizon H, supérieure ou égale à 0,5 cm. Selon la définition de Brun (1978), l'épaisseur de l'horizon F (litière fragmentée mêlée à des déjections holorganiques) reste faible (1,5 cm), du même ordre de grandeur que dans le moder-type (2 cm), traduisant une transformation relativement rapide de la litière en boulettes fécales. Delecour (1980), dans sa clé d'identification des humus terrestres forestiers, distingue les dysmoders des moders-types (appelés eumoders) par une épaisseur

égale des horizons Of et Oh (équivalant aux horizons F et H cités précédemment), alors que l'horizon Oh est très mince, discontinu ou temporaire chez les eumoders. Cette définition est reprise dans un travail ultérieur (Delecour, 1983). L'existence d'un horizon de transition riche en matière organique, appelé OAh, entre la litière et l'horizon Ah (A1) proprement dit, y est soulignée, comme caractéristique commune à tout le groupe des moders. Plus récemment, Jabiol et al. (1994), Brêthes et al. (1995) et Jabiol et al. (1995) définissent le dysmoder, relativement au moder-type (eumoder) par l'existence d'un horizon OH (équivalant aux appellations Oh ou H citées ci-dessus) d'épaisseur supérieure à 1 cm. Par rapport à la définition de Brun (1978), le seuil de 0,5 cm pour l'épaisseur de l'horizon coprogène holorganique (Oh ou H ou OH) passe donc simplement à 1 cm, les autres caractéristiques restant inchangées.

Curieusement, la classification taxonomique nord-américaine des formes d'humus (Klinka et al., 1981; Green et al., 1993) ne mentionne pas le terme de dysmoder, y compris en synonymie. Les leptomoders, considérés comme la forme type des moders dans cette classification, présentent une activité de la faune notable, avec un horizon H coprogène plus épais que l'horizon F, pouvant atteindre 7 à 8 cm, et correspondent donc aux dysmoders au sens des auteurs précédemment cités.

De cette discussion on retiendra que les dysmoders appartiennent pleinement à la gamme des moders, caractérisée par une activité de la faune élevée (mais avec une faible participation des vers de terre), une rapide transformation de la litière en boulettes fécales, et une transition progressive avec les horizons organo-minéraux, rendant la limite entre la partie inférieure de la litière et le haut du profil minéral souvent imprécise.

Les humus de forme mor sont, contrairement aux moders, beaucoup moins bien définis sur le plan de la biologie et de la nature des horizons qui les composent. Pour comprendre les raisons de cette incertitude, quelques rappels historiques sont nécessaires. Dans son travail historique sur les hêtraies d'Europe Centrale et danoises, Müller (1889) distingue deux grandes formes d'humus, qu'il nomme Mull (terreau ou humus doux) et Torf (tourbe). La description qu'il donne de la "tourbe de hêtre", associée à des podzols (le mot podzol n'est pas utilisé mais la description qu'il en donne est sans ambiguïté), indique une très faible activité de la faune, la litière étant presque exclusivement formée de fragments végétaux peu humifiés et d'un feutrage dense de racines, où l'on remarque les mycorhizes et les hyphes noires d'un champignon ascomycète connu uniquement sous sa forme stérile, que l'on

appelle maintenant *Cenococcum geophilum*. Il décrit en outre une forme intermédiaire, qu'il nomme "mullartiger Torf" (terreau de tourbe), avec une très forte activité de petits animaux (microarthropodes, enchytréides appelés à cette époque anguillules), déposant leurs boulettes fécales au sein des couches de litière qu'ils fragmentent. La forme appelée Torf par Müller (1889) fut dénommée ensuite, selon les auteurs, humus brut (Kubiëna, 1953; Babel, 1975) ou mor (Fenton, 1947; Handley, 1954). La confusion entre les formes d'humus à forte accumulation de matière organique surgit très tôt dans la littérature, avec la reconnaissance de trois formes, respectivement appelées Mull, Mar (mor) et Rahumus (humus brut) par Hesselman (1926), la forme intermédiaire à forte activité mésofaunique, telle qu'elle avait été décrite par Müller (1889), étant passée sous silence. Après bien des déboires dans la classification des formes d'humus forestières, notamment la reconnaissance de seulement deux formes principales (nommées mull et duff) par Rommel et Heiberg (1931), Hartmann (1944) rétablit la forme intermédiaire de Müller (1889) et distingue trois formes principales, nommées respectivement Mull, Moder et Auflage Torf, correspondant exactement aux trois formes identifiées par Müller (1889). Il est regrettable que, malgré ce laborieux travail de mise au point, de nombreux auteurs (Fenton, 1947; Duchaufour, 1948; Wilde, 1954; Handley, 1954; Murphy, 1955; Van der Drift, 1962; Wilde, 1971) ont par la suite continué à ne voir que deux formes principales d'humus forestiers aérés, l'une caractérisée par une incorporation rapide de la litière (mull), l'autre par son accumulation à la surface du sol (mor, humus brut). Une des raisons de cette simplification abusive réside dans la recherche de critères simples, ne nécessitant pas une observation attentive des profils humifères, telle l'épaisseur des horizons constituant la litière. Utilisant sans esprit critique la subdivision de ces horizons en L, F et H (Hesselman 1926), il a longtemps été admis sans discussion que toute forme de litière épaisse relevait de la catégorie des humus bruts ou mors, sans prendre en compte les traces d'activité animale au sein de la litière et la nature de sa transition avec le sol proprement dit. Dès la première version de son fameux Traité de Pédologie, Duchaufour (1956), reprenant des notions déjà développées par Hesselman (1926), distingue cependant les mors "actifs" des mors "inactifs", les premiers étant susceptibles d'évoluer après coupe rase (cas des forêts mixtes de montagne), les seconds étant beaucoup plus stables (cas des landes à callune), soulignant par là l'imprécision de la dénomination de mor. A la lumière des connaissances acquises sur la biologie de ces formes d'humus, on peut considérer que le mor "actif" correspond en fait au dysmoder. Delecour (1980, 1983) opère une distinction entre mor, humus brut, et dysmoder. Selon sa clé d'identification, l'humus brut est caractérisé par l'absence d'horizons différenciés au sein de la couche organique, le mor par l'existence d'horizons différenciés (Ol, Of, Oh) mais une transition brutale avec l'horizon Ah, le dysmoder par l'existence

d'horizons au sein de la couche organique (avec un horizon Oh de même épaisseur que Of) mais une transition progressive avec l'horizon Ah (présence d'un horizon OAh). Les classifications les plus récentes reconnaissent l'existence de trois formes principales d'humus, nommées mull, moder et mor selon la nomenclature de Kubiëna (1953, 1955). Les collaborateurs du Référentiel Pédologique Français (A.F.E.S., 1992; Jabiol et al., 1994; Jabiol et al., 1995; Brêthes et al., 1995) rangent les dysmoders dans la catégorie des moders, en raison d'une forte activité animale au sein de la litière et d'une transition graduelle avec les horizons minéraux. Cependant une ambiguïté subsiste en ce qui concerne la nature des horizons constituant la litière des mors, qui ne sont pas présentés dans cette classification comme différant fondamentalement de ceux des moders, avec la superposition des trois horizons OL, OF et OH.

Des discussions ont eu lieu lors de l'élaboration du Référentiel Pédologique Français, au sujet de l'éventuelle création d'un nouvel horizon, dénommé OM, caractérisant les mors par rapport aux moders (dysmoders inclus). Faute d'études précises cette idée avait été abandonnée. Il s'avère cependant que la distinction d'un horizon OM rendrait plus aisée la reconnaissance des humus de forme mor par rapport aux dysmoders. Le présent article vise à clarifier ce point, en prenant comme exemple les formes d'humus présentes dans le Perche Nord, où l'on rencontre de nombreux profils d'humus à forte accumulation de matière organique, en raison de conditions stationnelles très pauvres sur les plateaux.

LA FORÊT DE PERCHE-TRAPPE, UN CARREFOUR D'INFLUENCES

La forêt domaniale de Perche-Trappe (3200 ha) fait partie de ce chapelet de forêts qui souligne, sur les marges occidentales du bassin de Paris, la cuesta de l'argile à silex. Elle est située au nord du Parc Naturel régional du Perche, créé en 1998. Dans ce massif du Haut-Perche bas-normand, l'altitude dépasse localement 300m, et descend régulièrement vers le nord-est sur le revers de la cuesta, pour atteindre 250 m à la limite des plateaux agricoles. Les sables du Perche affleurent sur le talus de la cuesta et sur les versants des vallons ou vallées les plus encaissés.

Dans son étude climatique du bassin parisien, Pédelaborde (1957) a individualisé une province neustrienne, caractérisée par l'humidité, la fraîcheur estivale et les vents. Avec une pluviométrie annuelle d'environ 800 mm (sans grandes variations saisonnières), une température annuelle avoisinant 10°C, et une situation d'abri relatif à l'égard des vents, Perche-Trappe est sur les marges de cette province, qui confine à l'est au climat plus sec de la Beauce chartraine (Province séquanienne) et au sud au climat plus chaud et moins nébuleux de la Province ligérienne. Au sein des massifs forestiers, les températures peuvent s'abaisser: la station de Senonches, distante de quelques dizaines de km et située au coeur de plusieurs milliers d'hectares boisés, enregistre une température moyenne annuelle de 9,2°C et des gels tardifs, jusqu'en début juin.

Ces conditions climatiques de faciès océanique dégradé définissent l'aire de la hêtraie-chênaie subatlantique à houx (*Fago-Quercetum*), qui remplace la chênaie dans l'étage collinéen chaque fois que des circonstances topographiques ou de situation par rapport au trajet des masses d'air océaniques déterminent une pluviométrie supérieure à 750 mm (collines du Perche ou du Pays Fort) et/ou une forte hygrométrie (Rambouillet, Fontainebleau). La présence de la chênaie est attestée depuis le néolithique, celle du hêtre depuis 3000 ans environ. Les particularités climatiques de la forêt domaniale de Perche-Trappe sont marquées par des indicateurs floristiques: espèces submontagnardes comme la myrtille (*Vaccinium myrtillus*), la grande luzule (*Luzula sylvatica*), ou circumboréales comme le sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*), le bouleau pubescent (*Betula pubescens*). Les mortalités nombreuses de sapins pectinés (*Abies alba*) dans les environs, suite aux sécheresses de 1976, puis des années 1989-1992, ont confirmé l'adaptation très relative de l'espèce au climat local et repoussé un peu plus encore l'hypothèse de l'indigénat du sapin en Normandie (Lemée, 1939; Ménillet et al., 1998). Les sylvo-faciès de substitution les plus fréquents de la hêtraie-chênaie à Perche-Trappe sont des futaies d'épicéa de Sitka (*Picea sitchensis*) ou de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), mais globalement les enrésinements sont limités.

Les variantes floristiques de la hêtraie-chênaie acidiphile sont en relation avec la nature des sols, eux-mêmes déterminés par la lithologie et le relief, accessoirement par l'histoire. À ce titre, la connaissance de la géologie apportée par les cartes au 1/50.000 récemment levées, notamment celle de L'Aigle, qui couvre la plus grande partie de la forêt (Ménillet et al., 1998), permet une meilleure compréhension de la variété pédologique. Les plateaux sont constitués par le résidu à silex, altérite argileuse formée aux dépens de la craie à silex. Ce matériau fait quelques mètres d'épaisseur et repose directement, à Perche-Trappe, sur les sables du Perche (sables marins

du Cénomaniens supérieur), car la craie a été entièrement altérée. Sur les plateaux, le résidu à silex n'est affleurant qu'en situation d'érosion: rebords de plateau, marges de dépression. Ailleurs, il est recouvert par des auréoles de limons, d'épaisseur rarement supérieure à un mètre, qui sont les analogues distants et amincis des loess normands; plus souvent, il est masqué par des limons ou biefs à silex, qui résultent du brassage, sous l'influence de conditions périglaciaires, de placages de limons peu épais avec le résidu à silex sous-jacent. Quant aux sables du Perche, dont les conditions d'affleurement ont été notées plus haut, ils sont souvent recouverts de colluvions hétérogènes, sableuses ou sablolimoneuses et plus ou moins chargées en silex.

On distingue donc quatre grandes catégories de sols. Les sols lessivés, assez rares, sont attachés aux limons des plateaux, et les planosols, parfois très hydromorphes, aux biefs à silex, où l'horizon argileux (entre 40 et 80 cm de profondeur) sert de plancher aux écoulements. Ces deux catégories présentent souvent une podzolisation superficielle (sur 5 à 15 cm), même sous les peuplements feuillus (micropodzolisation). Sur les résidus à silex en situation de versant, se développent des sols non lessivés et non podzolisés (Alocrisols, Brunisols mésosaturés). Enfin, les colluvions sableuses de versant donnent naissance à des sols podzolisés souvent complexes et parfois polyphasés.

LES SITES OBSERVÉS À PERCHE-TRAPPE

Le Tableau I résume les caractères stationnels des placettes retenues pour cette étude. Les placettes 3, 4 et 5 sont situées sur les plateaux et sont caractérisées par des sols à engorgement temporaire sur bief à silex, avec des variantes dans la profondeur d'apparition de l'hydromorphie liées à la situation topographique et la rapidité des écoulements. Dans les placettes 3 et 4, les travaux superficiels lors du boisement ont perturbé la surface du sol et fait disparaître la micropodzolisation, que l'on retrouve en revanche sous la futaie feuillue, dans la placette 5 située à une cinquantaine de mètres de la placette 4. Sous les épicéas, le tassement du sol et l'ouverture du peuplement (suite à quelques mortalités) ont favorisé l'intrusion d'un cortège d'espèces hygro-acidiphiles du *Molinion* que l'on ne retrouve pas sous la hêtraie-chênaie proche, bien que la station soit identique. Les placettes 1 et 2 présentent des caractères assez semblables: enrésinements anciens en pin sylvestre sur des colluvions sableuses à silex, sur des versants longs et pentus, déterminant des sols podzolisés. La placette 2 a subi des

apports calcaro-magnésiens en 1995 (1300 unités CaO, avec un apport mineur en K_2O et P_2O_5) et en 1997 (760 unités CaO).

LE MOR

La planche I (haut) montre un profil de mor typique dans la placette 1. Il est caractérisé par un horizon O (litière sensu lato) épais de 8 cm environ, en transition brutale avec un horizon E humifère (Eh). À l'observation à l'oeil nu, la litière semble évoluer très progressivement, par fragmentation et tassement progressif. Il s'agit d'un horizon ne possédant ni les caractéristiques de l'horizon OF (mélange de fragments végétaux et de boulettes fécales d'animaux) ni celles de l'horizon OH (boulettes fécales, racines, éventuellement quelques grains minéraux). Nous proposons de l'appeler OM, la lettre M faisant référence au mor. Une observation à la loupe de laboratoire montre la composition de cet horizon. Que l'on soit au sommet ou bien à la base de cet horizon, il apparaît formé presque exclusivement de fragments végétaux encore reconnaissables (peu humifiés) et de racines. Le système racinaire fin du pin y est très dense et présent dès le sommet de cet horizon. Les boulettes fécales d'animaux sont très peu représentées, un peu plus cependant à la base de l'horizon OM. L'activité de la faune est donc très faible (aucun enchytréide n'a été observé au cours de l'examen de l'échantillon photographié). Par contre on observe en abondance des mycéliums de champignons, probablement mycorhiziens, sans blanchiment notable de la litière (absence de pourritures blanches).

Ce profil d'humus correspond exactement à ce que Müller (1889) avait appelé Torf (tourbe) et qui plus tard reçut le nom de mor ou d'humus brut (raw humus, Rohhumus). Nous proposons de redonner à cette forme d'humus sa définition originale. La transition brutale avec un horizon minéral, l'absence de différenciation d'horizons au sein de la litière (due à l'évolution très lente de la matière organique, sans activité notable de la faune et des champignons décomposeurs), justifient une distinction claire avec le groupe des moders, caractérisé par une activité importante de la faune non fouisseuse, et un passage progressif des horizons hologaniques (horizons O) aux horizons minéraux (horizons E, Eh ou S) par l'intermédiaire d'un horizon A de juxtaposition, lui-même en transition progressive avec l'horizon OH. Dans un profil tel que celui que nous avons décrit, la litière s'accumule sans transformation importante depuis le début de l'installation du peuplement forestier actuel. La base de

l'horizon OM est constituée par les premiers dépôts de litière qu'a connus le peuplement, probablement au moment de la fermeture de la canopée. L'épaisseur de l'horizon OM dépend essentiellement de l'âge du peuplement et ne peut en aucun cas être considérée comme un critère d'identification de cette forme d'humus, comme nous le verrons plus tard.

Un amendement calcique, tel que celui qui a été pratiqué dans la placette 2, a provoqué une modification sensible du fonctionnement biologique d'un tel profil. Sur la planche I (bas) on peut voir un profil ne différant pas fondamentalement du profil précédent par l'épaisseur de matière organique accumulée et sa couleur rougeâtre, mais s'en distinguant par les caractéristiques suivantes:

- fragmentation plus fine de la litière
- présence d'une zone de transition entre l' horizon O et l'horizon E
- présence d'une zone de blanchiment de la litière à la partie supérieure de l'horizon O

L'observation de détail de la partie supérieure de l'horizon O montre une fragmentation poussée du matériel végétal, et une quantité importante de très petites déjections hologaniques (enchytréides), formant une poudre fine qui enrobe des fragments végétaux attaqués par des pourritures blanches. La partie inférieure montre une raréfaction des fragments végétaux, une accumulation importante de déjections d'enchytréides et un développement important du système racinaire du pin. Ainsi on voit apparaître, par comparaison avec le cas précédent, une différenciation d'horizons au sein de la litière. La partie supérieure (zone de blanchiment et de consommation par la faune) possède toutes les caractéristiques d'un horizon OF, la partie inférieure (accumulation de boulettes fécales) celles d'un horizon OH. Seule l'importance considérable de l'horizon OF par rapport à l'horizon OH laisse penser qu'il ne s'agit pas d'un dysmoder typique. Il s'agit vraisemblablement d'un mor semblable à celui de la placette 1 en évolution (rapide) vers un dysmoder. La présence d'enchytréides laisse penser que le développement des populations de ces animaux, consécutive à l'amendement calcique, est à l'origine de l'évolution observée.

LE DYSMODER

La planche II regroupe deux profils d'humus appartenant à la catégorie des dysmoders, l'un sous chêne (placette 5), l'autre sous sapin pectiné (placette 3), ainsi qu'un dysmoder en évolution vers le mor (placette 4, contigüe à la placette 5).

Les deux dysmoders sont caractérisés par la présence d'un horizon de transition (horizon A) entre l'horizon O et l'horizon E et la différenciation d'horizons au sein même de la litière. L'activité de la faune est notable, en particulier celle des enchytréides, qui ont été observés en grand nombre dans ces deux profils. L'horizon OF montre une juxtaposition de fragments végétaux, de boulettes fécales d'enchytréides et de racines fines mycorhizées. L'horizon OH est formé essentiellement de boulettes fécales d'enchytréides (compactées), de mycorhizes mortes et de racines lignifiées.

La forme d'humus de la placette 4, sous épicéa de Sitka, montre un horizon OF (2 cm) plus développé que l'horizon OH (1 cm), qui est en transition brutale avec un horizon A (4 cm) faisant progressivement place à un horizon E. L'horizon OF montre une accumulation de débris d'aiguilles, avec une quantité faible de boulettes d'enchytréides. L'activité de fragmentation de la litière par la faune y est donc plus faible que dans les deux cas précédents. L'existence d'une transition brutale avec l'horizon A et le faible niveau d'activité biologique observé laissent penser qu'il s'agit d'un humus en évolution vers le mor. L'existence d'un horizon A, où l'on observe des racines lignifiées, est probablement antérieure au peuplement actuel, du moins à la phase de basculement vers le mor consécutive à la raréfaction de la faune. On remarquera la faible épaisseur totale des horizons OF et OH (3 cm). Il est probable que le mor ainsi formé va s'accroître en épaisseur au cours du vieillissement du peuplement, mais les caractéristiques de cette forme d'humus sont déjà bien présentes, malgré la faible épaisseur de litière accumulée.

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Le Tableau II regroupe les résultats des analyses chimiques des horizons de surface (seul le sol de la placette 2 a été entièrement analysé) qui complètent l'analyse morphologique et faunistique. Il s'agit d'horizons majoritairement organiques (OM, OF, OH), ou organo-minéraux (Ah, Eh). On peut observer d'emblée que leur capacité d'échange (CEC) propre, estimée par le rapport T_{mo} , qui ramène la CEC totale de l'horizon au taux de

matière organique (seule source de capacité d'échange dans ces horizons), est peu différente d'une placette à l'autre, mais qu'elle augmente des couches organiques vers les couches organo-minérales: de l'ordre de 30 meq/100 g en OM ou OH, de l'ordre de 40 à 50 meq/100 g en Ah ou Eh. La fragmentation du matériel et l'apparition de propriétés colloïdales dues aux processus d'humification sont à l'origine de cette augmentation; le mélange avec des débris ligneux peu évolués explique que ces valeurs soient dix fois moindres que celles mesurées en laboratoire sur des substances humiques pures.

Dans cet ensemble, la placette 5 représente en quelque sorte l'état le plus proche du "climax". On a vu (Tableau I) que sur ces sols très appauvris par la planosolisation, la micropodzolisation est naturelle et que l'humus de la hêtraie-chênaie hyperacidiphile à *Leucobryum* est un dysmoder. Le sol est déjà très acide (pH eau = 4, pH KCl proche de 3). La substitution de l'épicéa à la hêtraie-chênaie originelle depuis près d'un demi-siècle (placette 4) a provoqué l'installation d'un humus évoluant vers le type mor et un appauvrissement très sensible de la couche organique en Ca, Mg, K et Na échangeables (d'un facteur 2 à 3, sauf pour le sodium), avec une baisse concomitante du taux de saturation, alors que le pH varie peu.

L'augmentation du rapport C/N signale indirectement le ralentissement du cycle de la matière organique. Les caractéristiques chimiques des horizons de surface de la placette 3, sur une variante plus hydromorphe du même type de sol, indiquent que le sapin pectiné est moins acidifiant que l'épicéa pour une durée voisine (entre quarante et cinquante ans), les teneurs en cations alcalins et alcalino-terreux dans l'horizon organique OH étant du même ordre de grandeur que sous la hêtraie-chênaie (placette 5). Sur les stations sableuses à pédogénèse podzolisante, on ne dispose pas de témoin "feuillu" à Perche-Trappe, mais d'après les études typologiques menées dans le Perche (Charnet, 1988), où de tels cas ont été décrits ailleurs, l'humus naturel est une variante épaisse de dysmoder.

L'enrésinement accentue la podzolisation et induit une évolution de l'humus vers le mor: c'est vraisemblablement le cas de la placette 1, où l'enrésinement est déjà ancien (140 ans). La litière peu biodégradable provoque une augmentation du rapport C/N aux alentours de 30 et le pH est très bas. En revanche, et c'est peut-être une spécificité du pin sylvestre, les teneurs en cations alcalins et alcalino-terreux de l'horizon holorganique OM restent assez fortes. Dans la placette amendée (2) l'amélioration sensible de l'activité biologique et l'évolution de l'humus (en fait une restauration) vers le dysmoder s'accompagne d'une

modification chimique (comparer avec la placette 1) assez nette en OM, mais peu spectaculaire en Eh ou A. Par comparaison avec les teneurs avant traitement révélées par des analyses faites sur la même parcelle en 1993, c'est le taux de magnésium qui a été le plus relevé.

L'absence d'évolution morphologique de la litière au sein de l'horizon OM n'est qu'apparente. En effet, le rapport C/N de 27 (placette 1) ou 29 (placette 2) est certainement très inférieur à celui de la litière fraîchement tombée qui, bien que non mesuré, doit être de l'ordre de 50 ou plus (StAAF et Berg, 1982). L'horizon OM a donc subi une certaine évolution chimique par rapport à la litière fraîche, notamment en concentrant l'azote au détriment du carbone. Ce phénomène peut être dû au développement d'organismes animaux et microbiens plus riches en azote que la litière proprement dite (Mangenot, 1980), mais dans le cas des humus de forme mor on peut raisonnablement penser que ceci est dû surtout à l'invasion de la litière par les champignons mycorrhiziens (Ponge, 1990).

Cette étude sommaire met donc en évidence quelques repères chimiques convergents avec l'évolution morphologique, et montre l'intérêt de prendre en compte les couches organiques (OM ou OH) dans les analyses, car leur prospection par le voile mycorhizien renforce leur contribution à l'alimentation minérale des arbres, et condamne encore plus le soutrage des humus. Sur une station donnée, enrésinée avec une espèce acidifiante (substitution d'une futaie d'épicéa au "climax" feuillu), l'évolution du dysmoder vers le mor s'accompagne d'un appauvrissement en cations alcalins et alcalino-terreux. Le degré d'évolution et l'appauvrissement dépendent de l'essence (comparer 2 et 4), et sont dans une certaine mesure réversibles par une activation chimique du cycle de la matière organique (comparer 1 et 2), sans préjudice du recours à d'autres techniques plus naturelles, comme la réserve de bouleau en sous-étage, déjà préconisée par Auguste Mathey il y a près de 100 ans pour la restauration des humus dégradés sur sols acides.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les observations effectuées dans le cadre de la préparation du Référentiel Pédologique Français (Jabiol et al., 1994; Brêthes et al., 1995; Jabiol et al., 1995) ont surtout eu pour cadre la Région Centre (Forêt d'Orléans,

Sologne, Perche, Pays Fort), étudiée dans le cadre d'une convention ENGREF-Région Centre (Jabiol, 1996). La rareté des formes d'humus de type mor dans cette région est en partie responsable des lacunes de cette classification en ce qui concerne la distinction dysmoder-mor. Parmi les caractéristiques du mor soulignées par ces auteurs, il faut cependant insister sur la transition brutale entre l'horizon O et l'horizon minéral E sous-jacent. Les observations effectuées en forêt de Perche-Trappe confirment le bien fondé de ce caractère. Il exprime la faible activité de la faune, en particulier des enchytréides, connus pour effectuer des mouvements verticaux de faible amplitude (Springett et al., 1970) au cours desquels ils sont susceptibles de déposer de la matière organique (excréments) au sein des horizons minéraux sous-jacents, du moins sur quelques centimètres. Il reste cependant à savoir si l'existence d'une transition brutale entre l'horizon O et un horizon minéral sous-jacent est bien corrélée avec une faiblesse de l'activité de la faune au sein de l'horizon O (rareté de la matière organique fine au sein de cet horizon), et par conséquent avec l'absence de différenciation d'horizons au sein de la litière.

Si la réduction de la diversité faunistique au profit des seuls enchytréides caractérise le groupe des dysmoders (Brun, 1978; Jabiol, 1996; Ponge et al., 1997), que devient la forme d'humus lorsque la densité des enchytréides décroît? Logiquement, on devrait assister à une raréfaction de la quantité de matière organique fine (boulettes fécales d'enchytréides) dans l'horizon OF, la transformation de ce dernier en horizon OM, et un amincissement puis une disparition de l'horizon A de transition entre l'horizon O et l'horizon minéral sous-jacent. Cependant Jabiol (1996) mentionne en Région Centre l'existence sous pin sylvestre d'humus de forme mor présentant une activité notable d'enchytréides au sein des horizons O, avec néanmoins une transition brutale entre les horizons O et E. En attendant des données faunistiques précises sur de tels cas, on peut penser qu'il s'agit de formes de transition, correspondant à une raréfaction de l'activité des enchytréides, sans pour autant que les horizons que ces animaux ont contribué à élaborer (OF, OH) aient disparu (passage du dysmoder au mor, cf. placette 4). La transition entre l'horizon O et l'horizon E peut dans ce cas être considérée comme un caractère diagnostique du fonctionnement actuel de ces humus et autoriser leur appartenance au mor.

Sur le terrain, on pourra donc se contenter d'observer quelques caractères simples permettant d'effectuer la distinction souhaitée entre mor et dysmoder, rassemblés dans le Tableau III. En présence de caractères contradictoires, on pensera à une éventuelle transition de l'une vers l'autre de ces deux formes d'humus, à la suite d'opérations sylvicoles (plantation, fertilisation, éclaircie) ce qui peut être un élément de diagnostic important

pour comprendre l'évolution de la station. Il semble que la transition entre l'horizon O et l'horizon minéral sous-jacent réponde rapidement à une évolution de la faune (en particulier des enchytréides). Elle doit dans ce cas primer sur le second critère pour classer le profil observé en dysmoder ou en mor.

Les présents résultats, obtenus par une étude rapide d'un nombre réduit de cas, doivent évidemment être assortis des réserves d'usage. Ils sont toutefois en accord avec ceux que la recherche forestière a obtenus depuis une vingtaine d'années avec des moyens plus conséquents (Bonneau et Ranger, 1992). Le praticien pourra en retenir que la distinction des horizons OM et OH, indépendamment de ses justifications morphologiques et biologiques, est importante pour le diagnostic qualitatif de la station.

BIBLIOGRAPHIE

A.F.E.S. (Association Française pour l'Étude du Sol).- Référentiel pédologique. Principaux sols d'Europe.- Paris: INRA, 1992.- 222 p.

BABEL (U.).- Micromorphology of soil organic matter. In: Soil components. I. Organic components / ed. J.E. Gieseking.- Berlin: Springer-Verlag, 1975.- pp. 369-473.

BONNEAU (M.), RANGER (J.).- Exportation d'éléments minéraux par les exploitations forestières, In : Les recherches en France sur les écosystèmes forestiers; actualités et perspectives / ed. G. LANDMANN.- Fontainebleau: DERF, 1992.- pp.81-82

BRÊTHES (A.), BRUN (J.J.), JABIOL (B.), PONGE (J.F.), TOUTAIN (F.).- Classification of forest humus forms: a French proposal.- *Annales des Sciences Forestières*, vol. 52, 1995.- pp. 535-546.

BRUN (J.J.).- Étude de quelques humus forestiers aérés acides de l'Est de la France. Critères analytiques. Classification morphogénétique.- Université de Nancy I, 1978.- 123 p. + annexes (Thèse de Doctorat de Spécialité en Pédologie).

CHARNET (F.).- Catalogue des types de station forestière du Perche (Eure-et-Loir, Loir-et-Cher).- Orléans: CRPF, 1988.- 583 p.

DELECOUR (F.).- Essai de classification pratique des humus.- *Pédologie*, vol. 30, 1980.- pp. 225-241.

DELECOUR (F.).- Les formes d'humus: identification et description.- *Les Naturalistes Belges*, vol. 64, 1983.- pp. 78-86.

DUCHAUFOR (P.).- Recherches écologiques sur la chênaie atlantique française.- *Annales de l'École Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences*, vol. 11, 1948.- pp. 1-332.

DUCHAUFOR (P.).- Pédologie. Applications forestières et agricoles.- Paris: École Nationale des Eaux et Forêts, 1956.- 310 p. + 2 planches hors-texte.

FENTON (G.R.).- The soil fauna: with special reference to the ecosystem of forest soil.- *Journal of Animal Ecology*, vol. 16, 1947.- pp. 76-93.

GREEN (R.N.), TROWBRIDGE (R.L.), KLINKA (K.).- Towards a taxonomic classification of humus forms.- *Forest Science Monographs*, vol. 29, 1993.- pp. 1-49.

HANDLEY (W.R.C.).- Mull and mor formation in relation to forest soils.- *Forestry Commission, London, Bulletin*, vol. 23, 1954.- pp. 1-115 + 14 planches hors-texte.

HARTMANN (F.).- Waldhumusformen.- *Zeitschrift für das Gesamte Forstwesen*, vol. 76, 1944.- pp. 39-70.

HESSSELMAN (H.).- Studier över barrskogens humustäcker, dess egenskaper och beroende av skogsvården.- *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt*, vol. 22, 1926.- pp. 169-552.

JABIOL (B.).- Typologie, fonctionnement et dynamique des formes d'humus acides dans la Région Centre.

Rapport final convention DGER 92.211.- Nancy: ENGREF, 1996.- 33 p. + 1 planche hors-texte + annexes.

JABIOL (B.), BRÊTHES (A.), BRUN (J.J.), PONGE (J.F.), TOUTAIN (F.).- Une classification morphologique et fonctionnelle des formes d'humus. Propositions du Référentiel Pédologique 1992.- *Revue Forestière Française*, vol. 46, 1994.- pp. 152-166.

JABIOL (B.), BRÊTHES (A.), PONGE (J.F.), TOUTAIN (F.), BRUN (J.J.).- L'humus sous toutes ses formes.- Nancy: ENGREF, 1995.- 63 p.

KLINKA (K.), GREEN (R.N.), TROWBRIDGE (R.L.), LOWE (L.E.).- Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia. First approximation.- *Province of British Columbia, Ministry of Forests, Land Management Reports*, vol. 8, 1981.- pp. 1-54.

KUBIËNA (W.L.).- The soils of Europe. Illustrated diagnosis and systematics.- Madrid: CSIC, London: Thomas Murby, 1953.- 318 p. + 25 planches hors-texte.

KUBIËNA (W.L.).- Animal activity in soils as a decisive factor in establishment of humus forms.- In: Soil zoology / ed. D.K. McE. Kevan.- London: Butterworths, 1955.- pp. 73-82 + 2 planches hors-texte.

LEMÉE (G.).- Recherches sur l'histoire forestière post-glaciaire de la Basse-Normandie et du Perche. *Bulletin de la Société Linéenne de Normandie, 9ème série*, vol. 1, 1939.- pp. 94-145.

MANGENOT (F.).- Les litières forestières. Signification écologique et pédologique. *Revue Forestière Française*, vol. 32, 1980.- pp. 339-355.

MANIL (G.).- Aspects pédologiques du problème de la classification des sols forestiers.- *Pédologie*, vol. 9, 1959.- pp. 214-226.

- MANIL (G.), DELECOUR (F.), FORGET (G.), EL ATTAR (A.).- L'humus, facteur de station dans les hêtraies acidophiles de Belgique.- *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux*, vol. 31, 1963.- pp. 1-114.
- MÉNILLET (F.), LEBRET (P.), BÉGUIN (P.), CHARNET (F.), HÉRARD (B.), LEMOINE (B.), PERRON (C.).- Notice explicative. Carte géologique de la France (1:50 000), feuille L'Aigle (214).- Orléans: BRGM, 1998.- 114 p.
- MÜLLER (P.E.).- Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation et le sol.- *Annales de la Science Agronomique Française et Étrangère*, vol. 6, 1889.- pp. 85-423 + 7 planches hors-texte.
- MURPHY (P.W.).- Ecology of the fauna of forest soils. In: *Soil zoology* / ed. D.K. McE. Kevan.- London: Butterworths, 1955.- pp. 99-124.
- PÉDELABORDE (P.).- Le climat du Bassin parisien.- Paris: Génin, 1957.- 539 p. + 116 planches hors-texte.
- PONGE (J.F.).- Ecological study of a forest humus by observing a small volume. I. Penetration of pine litter by mycorrhizal fungi.- *European Journal of Forest Pathology*, vol. 20, 1990.- pp. 290-303.
- PONGE (J.F.), ARPIN (P.), SONDAG (F.), DELECOUR (F.).- Soil fauna and site assessment in beech stands of the Belgian Ardennes.- *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 27, 1997.- pp. 2053-2064.
- ROMELL (L.G.), HEIBERG (S.O.).- Types of humus layer in the forests of Northeastern United States.- *Ecology*, vol. 12, 1931.- pp. 567-608.
- SPRINGETT (J.A.), BRITAIN (J.E.), SPRINGETT (B.P.).- Vertical movements of Enchytraeidae (Oligochaeta) in moorland soils.- *Oikos*, vol. 21, 1970.- pp. 16-21.

STAAF (H.), BERG (B.).- Accumulation and release of plant nutrients in decomposing Scots pine litter. Long-term decomposition in a Scots pine forest II.- *Canadian Journal of Botany*, vol. 60, 1982.- pp. 1561-1568.

VAN DER DRIFT (J.).- The soil animals in an oak-wood with different types of humus formation. In: Progress in soil zoology / ed. P.W. Murphy.- London: Butterworths, 1962.- pp. 343-347.

WILDE (S.A.).- Forest humus: its genetic classification.- *Transactions of the Wisconsin Academy of Arts, Sciences and Letters*, vol. 43, 1954.- pp. 137-163.

WILDE (S.A.).- Forest humus: its classification on a genetic basis.- *Soil Science*, vol. 111, 1971.- pp. 1-12.

LEGENDES DES FIGURES

Planche I. Profils et détail de la composition des horizons de surface dans les humus de forme mor (placettes 1 et 2)

Planche II. Profils et détail de la composition des horizons de surface dans les humus de forme dysmoder (placettes 3, 4 et 5)

Résumé:

Les difficultés rencontrées sur le terrain pour distinguer les humus de forme mor et dysmoder proviennent en grande partie d'une confusion entre les processus d'accumulation organique provenant de l'activité défécatoire de la petite faune (dépôts de boulettes fécales au sein des horizons OF, s'accumulant pour former les horizons OH) et ceux produits par une évolution lente de la litière sans intervention notable de la faune (horizon OM). L'observation des formes d'humus présentes en forêt de Perche-Trappe (Orne) a permis de clarifier la distinction entre ces deux formes d'humus à forte accumulation de matière organique. Des critères morphologiques observables sur le terrain sont corrélés aux caractéristiques chimiques et micromorphologiques des horizons de surface. L'absence de matière organique fine (boulettes fécales de microarthropodes et d'enchytréides) au sein de la litière fragmentée et la transition brutale entre la litière et l'horizon minéral sous-jacent caractérisent les humus de forme mor par rapport aux moders (dysmoder inclus), indépendamment de l'épaisseur de la couche organique accumulée qui ne peut en aucun cas constituer un critère séparatif.

DISTINGUISHING A DYSMODER FROM A MOR. THE EXAMPLE OF THE PERCHE-TRAPPE (ORNE) STATE FOREST (Abstract)

Difficulties encountered in the field in distinguishing mor from dysmoder humus are largely due to the inability to differentiate between the processes of organic accumulation arising from the excretory behaviour of small animals (deposition of faecal pellets on the OF horizons, that accumulate to form OH horizons) and those of gradual transformation of the litter without any significant contribution from the fauna (OM horizon). Observations of forms of humus present in the Perche-Trappe forest (Orne) have shed light on the distinction between these formations involving high levels of organic accumulation. Morphological criteria that can be observed in the field are correlated with the chemical and micro-morphological features of the surface horizons. Absence of fine organic material (micro-arthropod and enchytreid faecal pellets) in the fragmented litter and a sudden transition between the litter and the underlying mineral horizon are characteristic of the mor form of humus in contrast with the moder forms (including dysmoder), regardless of the thickness of the accumulated organic layer which cannot in itself constitute the distinguishing characteristic.

Tableau I Caractères stationnels des sites étudiés en forêt de perche-Trappe (Orne)

SITES	1	2	3	4	5
N° de parcelle (*)	15	108	24	158	159
Coordonnées Lambert II étendues	X = 470,8 Y = 2405,7	X = 473,3 Y = 2402,9	X = 471,0 Y = 2406,4	X = 477,0 Y = 2404,4	X = 477,8 Y = 2404,7
Espèces indicatrices	Houx, Myrtille, Callune, Fougère aigle, Canche flexueuse, <i>Dicranum scoparium</i>	Myrtille, Fougère aigle, Bouleau, Sénéçon	Tapis de mousses (<i>Hypnum cupressiforme</i> , <i>Scleropodium purum</i> , ...)	Bourdaine, Fougère aigle, Jonc diffus, Molinie, Potentille tormentille, Agrostide des chiens, Succise)	Hêtre, Canche flexueuse, Mélampyre, <i>Leucobryum glaucum</i> , <i>Dicranum scoparium</i>
Peuplement	Futaie de Pin sylvestre	Futaie de Pin sylvestre	Futaie de Sapin pectiné	Futaie d'Epicéa de Sitka	Chênaie-Hêtraie
Age(ans)/Hauteur(m)	140/27	125/33	43/18	47/23	100/22
Type d'humus observé	MOR <u>OM</u> //Eh	MOR → DYSMODER OM/Ah/E	DYSMODER OL/OF/OH/Ah	MODER → MOR <u>OF</u> /(OH)//A	DYSMODER OL/OF/OH/A
Type morphogénétique de sol	Podzol humique complexe	Sol podzoloïque polyphasé	Planosol-Pseudogley lithomorphe	Planosol-Pseudogley lithomorphe	Planosol-Pseudogley lithomorphe, micropodzoloïque
Profil	A/Eh/Bh/2C	A/E/B ₁ /h/2B ₂ /h/3Bt/3C	A/(Bh)/E ₁ /g/E ₂ /g/2BCg/2Cg	Ap/E ₁ (g)/E ₂ /g/2BCg/2Cg	A/(Bh)/E ₁ /Cg/2BCg/2Cg
Economie en eau	Infiltration rapide	Infiltration rapide puis engorgement temporaire à moyenne profondeur (2Bt)	Engorgement temporaire dès la surface	Écoulements hypodermiques temporaires entre 60 et 80 cm de profondeur (sous-tirage latéral)	
Lithologie	Colluvion polygénique à silex de versant sur Sables du Perche à 60-80 cm		Bief à silex ("Limon à silex") sur résidu argileux à silex vers 80 cm de profondeur		
Topographie	Versant long, à mi-pente	Haut de versant long	Dépression sur plateau	Bordure de dépression sur plateau	
Pente	15%, à l'ouest	10%, au sud-ouest	Pente quasi-nulle	Pente faible (< 2%)	
Altitude	265 m	290 m	281 m	272 m	
Histoire du peuplement	Futaie assez claire avec sous-étage feuillu incomplet, rotation 12 ans	Jusqu'à 1993, futaie complète avec sous-étage feuillu présent et rotation 12 ans. Depuis 5 ans, ouvert par coupes progressives afin d'y obtenir un ensemencement naturel à base de pin sylvestre mais aussi de feuillus (chêne sessile, hêtre, bouleau, sorbier des oiseleurs). Rechargement calcique par apport de 2000 unités de CaO étés 1995 et 1997	Plantation de sapin après coupe à blanc d'un jeune recru feuillu à base de bois blancs et de chêne apparu après incendie en 1934. Aujourd'hui pas de sous-étage feuillu	Plantation d'épicéa après coupe définitive (autour de 1930) sur une régénération naturelle de chêne trop incomplète et envahie de bois blancs, de plus prédation du lapin à cette époque. La litière actuelle repose donc sur un passé uniquement feuillu	Belle futaie de chêne sessile avec sous-étage de hêtre, issue de régénération naturelle entamée au 19e siècle. Quatre passages en coupe depuis 1970. Désignée en 1981

(*) Parcellaire de 1998

Tableau II Caractères physico-chimiques des horizons de surface

	Horizons (type)	Texture	MO(%) = Cx2	C org. (‰)	N org. (‰)	C/N	pH eau	pH KCl	En milliequivalents pour 100g de terre fine							S/T sol (%)	Tmo (meq)	
									CEC (*)	H ⁺ éch.	Al ³⁺ éch.	Ca	Mg	K	Na			S
1	OM		89	444	16.8	27			25.2			13.05	3.77	1.35	0.5	18.67	74	28
1	Eh	SG	32	164	4.8	34	3.7	2.8	12.8	5.62	1.86	3.26	0.93	0.23	0.22	4.64	36	40
2	OM		89	446	15.6	29			36.5			16.81	8.6	1.17	0.8	27.38	75	41
2	A	SG	24	119	4.1	29	3.9	2.7	8.6	4.83	1.88	0.44	1.05	0.2	0.17	1.86	22	36
2	E	SG	1.3	7	0.3	22	4.9	3.7	1.6	0.27	0.28	0.28	0.05	0.04	0.01	0.38	24	
3	OH		74	371	15.5	24			25			6.14	4.2	1.06	0.38	11.74	47	34
3	A	LM	21	109	5.5	20	3.8	2.9	10.2	2.82	5.66	0.47	0.55	0.26	0.1	1.38	14	49
4	OF		80	398	17.5	23			25.2			3.31	1.79	0.48	0.44	6.02	24	32
4	A	LM	14	71	3.7	19	4.3	3.4	7.9	0.88	5.89	0.37	0.32	0.13	0.11	0.93	12	57
5	OH		81	400	19.1	21	4.1	3.2	24.6			7.3	4.46	1.58	0.31	13.65	55	30
5	A	LM	21	105	4.9	21	4	3.1	9.3	1.66	5.21	0.33	0.49	0.41	0.07	1.3	14	44

(*) La capacité d'échange a été obtenue (INRA-Arras) avec une extraction au chlorure de cobaltihexamine (Cieselski et Sterckemann, 1997). Contrairement à la méthode de Metson (tampon acétate d'ammonium à pH 7), elle ne développe pas de charges variables et donne donc une valeur de la CEC plus représentative de la réalité du terrain en sols acides, et voisine de celle obtenue avec la méthode d'extraction au chlorure de baryum

Tableau III Principaux caractères distinctifs des humus de forme mor et dysmoder

	DYSMODER	MOR
Transition O/E	Progressive (A présent)	Brutale (A absent)
Litière fragmentée	Matière organique fine présente (boulettes fécales d'enchytréides) = Horizon OF	Absence ou rareté de la matière organique fine = Horizon OM
Horizon d'accumulation de la matière organique	OH	OM

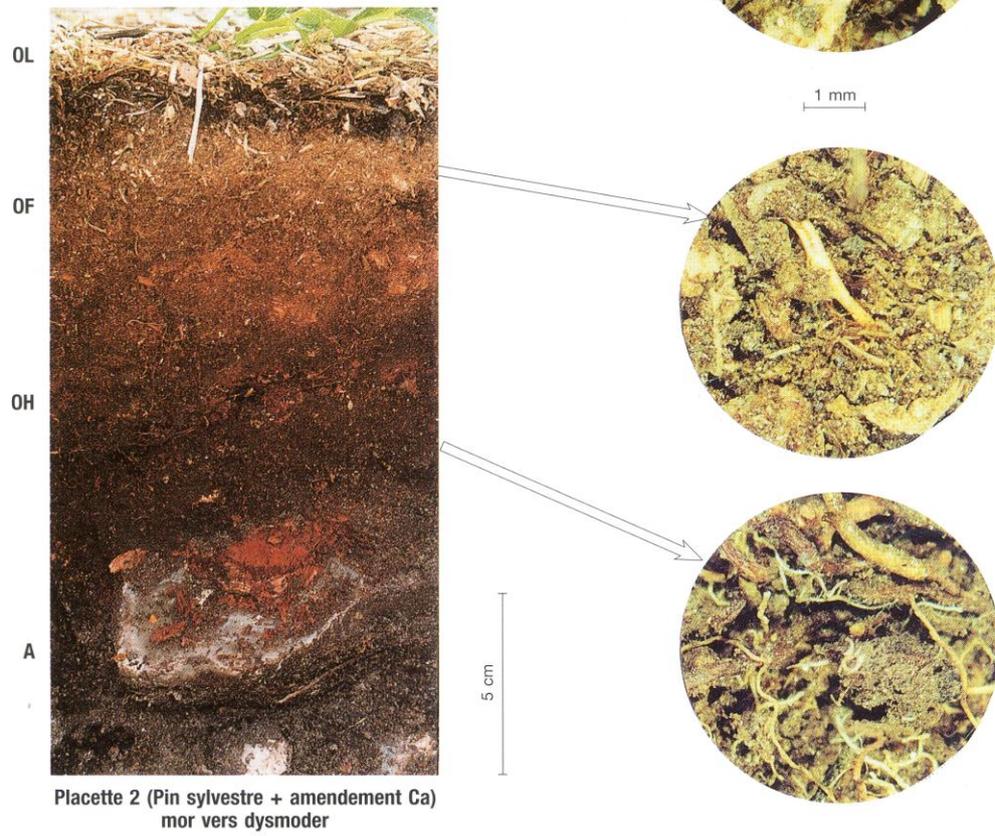


Planche I

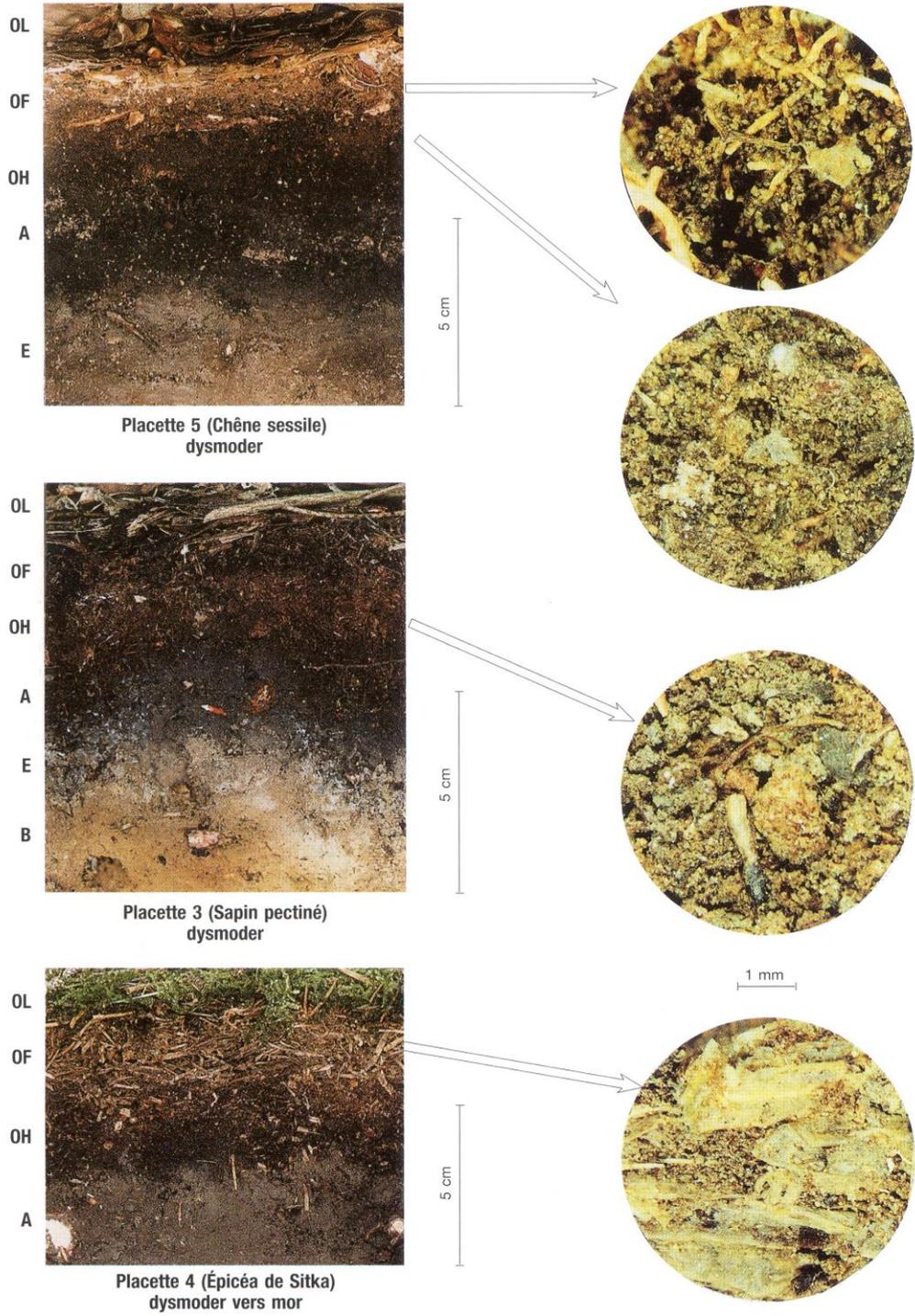


Planche II