

1. Cette troisième sous-partie explique comment décrire les formes d'humus et les horizons du profil de sol qui constituent les principaux critères de la qualité des sols forestiers. Ces critères seront décrits et montrés dans différentes vidéos.
2. La forme d'humus se détermine en étudiant les couches de litières holorganiques, c'est-à-dire composées exclusivement de débris organiques, nommées horizons O. Ces couches organiques se trouvent à la surface du sol. La détermination de la forme d'humus nécessite également l'étude de la structure du premier horizon du sol qui est souvent organo-minéral dans le cas d'un mélange de matière organique et de matière minérale, nommé horizon A, ou qui est purement minéral s'il n'y a pas de brassage et d'incorporation de matière organique dans le sol. Nous utilisons la clé de détermination du référentiel pédologique de 2008 simplifiée. La forme d'humus dépend de la richesse nutritive des sols, des propriétés physiques et chimiques des feuilles ou aiguilles qui se décomposent, et du climat.
3. La forme d'humus indique le type d'activité biologique du sol et notamment la vitesse et le degré de décomposition et d'incorporation des éléments organiques dans le sol car les organismes qui décomposent les litières sont fortement influencés par la disponibilité en éléments nutritifs, l'aération, la température et la disponibilité en eau du sol. Dans les formes d'humus de type mull, l'activité des vers de terre est forte. En association avec un cortège complet allant des bactéries aux acariens, les vers de terre jouent un rôle déterminant dans la décomposition rapide des litières et l'incorporation rapide et stable des matières organiques dans l'horizon minéral. Dans les formes d'humus de type moder et mor, l'activité des vers de terre est limitée, la décomposition des litières et l'incorporation des matières organiques dans le sol minéral sont faibles. La forme d'humus indique également la vitesse de libération des éléments nutritifs pour les peuplements, avec un cycle très conservateur dès que la forme d'humus est de type moder ou mor et un cycle plus luxueux dès que la forme d'humus est de type mull. Le choix des essences possibles sera plus large pour les formes d'humus de type mull en lien avec une richesse nutritive plus forte que pour les formes d'humus de type moder ou mor. Il vous sera proposé de regarder une vidéo consacrée à la détermination de l'humus dans la partie 3, en lien avec le diagnostic de sensibilité à l'export des menus bois.
4. Le premier critère qui saute aux yeux quand on décrit un sol est sa couleur voire souvent la variété de couleurs qui le compose. Ce critère est observable sur un sondage tarière et sur une fosse. Un changement de couleur indique un changement de propriétés, mais la couleur dépend de l'humidité du sol et de la luminosité au moment de la description, et bien sûr de l'œil de l'opérateur. Même s'il n'est pas simple d'harmoniser la détermination de la couleur, ce critère est très intéressant car révélateur - de la quantité de fer et de son état avec des couleurs brunes à gris bleuté en passant par ocre et rouge, - de la quantité de matière organique, plus il y en a dans

le sol, plus la couleur tend vers le noir, et - de la composition du matériau parental. La couleur indique certains processus d'évolution des sols comme l'acidification ou la stagnation de l'eau. Pour harmoniser les observations collectées par différents opérateurs, on utilise le code munsell qui est un code couleur international. Lors de la description, on compare la couleur de notre échantillon de sol avec celles du code Munsell et on retient la couleur. La couleur est associée à un nom qui se décline en trois composantes: - la teinte qui donne le niveau de mélange entre les teintes primaires que sont le rouge, le jaune et le bleu, - la clarté de la couleur, nommée la valeur et - l'intensité de la couleur, nommée le chroma.

5. Nous vous invitons maintenant à regarder la vidéo 7 sur la détermination des couleurs à l'aide d'un code Munsell.
6. La structure du sol est la façon selon laquelle sont agencées les particules solides inférieures ou égales à 2 mm (sables, limons, argiles, matières organiques ou débris végétaux) en formant des volumes élémentaires macroscopiques appelés agrégats. Ce critère n'est pas observable sur un sondage réalisé à la tarière. A l'aide d'une clé de détermination, on détermine le type de structure principal de l'horizon. En général, il s'agit du type de structure visible sur la face verticale de la fosse ou sur le prélèvement à la bêche, sans manipuler l'échantillon de terre. En effet, dans le sol plusieurs types de structure, plus ou moins stables, coexistent à différentes échelles. La structure la plus stable est celle qui s'exprime sans que nous ayons à manipuler l'échantillon, la structure la moins stable est celle qui s'exprime après avoir cassé l'échantillon de terre entre nos doigts. Plus les agrégats sont stables, moins ils sont sensibles à la destruction (par l'eau notamment).
7. Pour chaque horizon, il est important de noter la structure la plus limitante, c'est-à-dire la structure qui contraint le drainage et l'aération du sol ou l'activité de la faune du sol. Ici de gauche à droite la circulation de l'eau et des gaz est de plus en plus difficile. Plus les agrégats sont gros, moins l'air et l'eau circulent vite dans le sol. Les deux cas extrêmes où la circulation des fluides est la plus freinée sont les structures - lamellaires où les agrégats sont orientés horizontalement au lieu de verticalement et - massive où les agrégats ne sont pas visibles, l'horizon a un aspect de motte de beurre. La structure grumeleuse indique la présence de vers de terre anéciques capables d'ingérer des matières organiques et minérales, leurs déjections prennent alors la forme de turricules à la surface du sol ou de grumeaux au sein de l'horizon. Dans les horizons très argileux ces grumeaux présentent des arêtes bien anguleuses. La structure grumeleuse est particulièrement stable et favorable à la prospection des racines, à la circulation et la rétention de l'eau et à la circulation de l'air. La structure particulaire, spécifique aux sols très sableux où les grains de sable sont juxtaposés sans lien entre eux, favorise le drainage, l'aération et la prospection racinaire mais possède une faible capacité de rétention en eau. De plus, cette structure ne témoigne pas de la présence de vers de terre anéciques. Enfin la structure microgrenue, composée d'agrégats arrondis d'une taille inférieure à 1 mm, c'est-à-dire composée de quelques particules solides liées entre elles, témoigne d'une forte acidité et de l'absence de vers de terre anéciques.

8. Nous vous invitons maintenant à regarder la vidéo 8 qui montre quelques uns des exemples cités précédemment.
9. La détermination de la classe de texture d'un horizon correspond à l'appréciation globale des propriétés mécaniques du sol à partir des sensations tactiles. Il s'agit d'une estimation de la composition granulométrique de l'horizon c'est-à-dire la taille des particules solides inférieures ou égales à 2 mm et leur répartition. La classe de texture, déterminable sur sondage tarière et sur fosse, est utilisée dans de nombreux diagnostics de qualité des sols forestiers. En effet, la présence en grande quantité d'argiles, particules solides d'un diamètre inférieur à 2 micromètres, est contraignante pour les transferts d'eau, d'air et la pénétration des racines. Par contre, les argiles confèrent au sol une capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs élevée. Les sables dont la taille est comprise entre 50 micromètres et 2 mm, retiennent peu l'eau et les éléments nutritifs mais ils ne contraignent pas la pénétration des racines, ainsi que les transferts d'eau et d'air. Enfin, les limons, dont la taille est comprise entre 2 et 50 micromètres, retiennent très bien l'eau, peu les éléments minéraux, ils sont peu contraignants pour la pénétration des racines et les transferts d'eau et d'air). Cependant des sols majoritairement composés de limons présenteront une structure très instable avec une sensibilité forte à la compaction et à la battance, c'est-à-dire à la désagrégation sous l'impact des gouttes d'eau.
10. Pour déterminer la classe de texture d'un horizon de sol, on utilise une clé de détermination associée à un triangle. Attention il existe de nombreux triangles de texture. Nous ne présenterons ici que le triangle à 5 classes issues de la fusion entre le triangle à 15 classes de l'Aisne ou de Jamagne et le triangle européen à 5 classes sur lequel est basé l'estimation de la rétention en eau des sols forestiers français. L'utilisation du triangle à 5 classes réduit l'erreur de détermination sur le terrain, qui est de 75% avec le triangle à 15 classes contre 50% avec celui à 5 classes. Ce triangle à 5 classes permet une bonne prédiction de la capacité de rétention d'eau et en éléments nutritifs. La démarche pour déterminer la classe de texture à partir d'un échantillon de sol est la suivante :
- Écraser l'échantillon entre le pouce et l'index, est-il dur à écraser? est-ce qu'il crisse (son/toucher)?
  - humidifier un petit peu l'échantillon
  - est-ce que l'échantillon s'humidifie facilement ? Est-ce que son comportement change lors de l'humidification?
  - continuer à humidifier l'échantillon. Est-ce qu'il est possible de créer un boudin allongé ? Attention le boudin ne peut être réalisé qu'avec un échantillon parfaitement humidifié à cœur.
  - écraser le boudin entre le pouce et l'index, offre-t-il de la résistance ? est il possible de former une pellicule lisse ?
11. Pour observer la manière de déterminer la classe de texture sur le terrain, nous vous laissons regarder la vidéo 9.
12. Un élément grossier est une particule minérale solide de taille supérieure à 2 mm. Même s'il a perdu partiellement ou totalement la structure du matériau parental par

altération, il n'a pas acquis de structure pédologique. Le taux d'éléments grossiers se détermine sur fosse grâce à des chartes graphiques. Sur sondage tarière, sa détermination est beaucoup moins précise. Les éléments grossiers peuvent être des réservoirs d'éléments nutritifs qui sont libérés par altération. Ils augmentent la capacité de drainage du sol, la résistance du sol à la déformation (par tassement) et à l'arrachement (par érosion). Par contre, ils peuvent représenter une contrainte plus ou moins forte à l'enracinement en fonction de leur proportion, de leur taille et de leur répartition et orientation. De plus, ils retiennent beaucoup moins d'eau que la terre fine. Lors d'un diagnostic, nous considérerons qu'ils n'en retiennent pas même si en fonction de leur nature c'est plus ou moins vrai.

13. Pour détecter la présence de carbonates de calcium, c'est-à-dire de calcaire, on applique de l'acide chlorhydrique dilué à 10 % sur un élément minéral. En effet, les carbonates de calcium sont dissous au contact de l'acide chlorhydrique, générant l'émission de CO<sub>2</sub>, visible sous forme de fines bulles à la surface du substrat. L'effervescence de la terre fine permet ainsi d'identifier la présence de carbonates dans la fraction de sol inférieure à 2 mm et ainsi de séparer les sols carbonatés et décarbonatés (dont les carbonates ont été complètement dissous durant la pédogénèse). La présence de carbonates confère aux sols des fonctionnements différents avec des effets notables sur la végétation et les organismes. Quand l'effervescence de la terre fine n'est pas homogène sur l'échantillon de sol et n'est localisée qu'au niveau de certains éléments nommés squelette, la contrainte est moindre pour certaines essences. L'effervescence des éléments grossiers, supérieur à 2 mm, renseigne sur leur composition.
14. L'observation de l'enracinement ne peut se faire que sur une fosse. La qualité de l'observation dépend toutefois de la distance entre la fosse et les arbres les plus proches. Observer la présence et l'abondance des racines permet d'identifier les principales contraintes à l'enracinement, critère fondamental du choix des essences adaptées au type de sol étudié. Parmi les principales contraintes à l'enracinement, nous retiendrons l'apparition d'une dalle non fracturée, d'éléments grossiers contraignants, d'un horizon compact ou induré, d'un engorgement temporaire ou d'un engorgement permanent. Attention l'enracinement est très variable suivant l'essence. De plus, si l'essence en place n'est pas adaptée au type de sol, l'enracinement observé sera moins profond que pour une essence adaptée.
15. L'observation de la compacité d'un horizon ne peut se faire que sur fosse et ce, après que le profil ait été rafraîchi. Pour cela, on enfonce la lame d'un couteau ou d'une truelle horizontalement de manière aléatoire au sein de l'horizon, en appliquant toujours la même force. Cette opération permet de vérifier l'homogénéité latérale de l'horizon et de détecter des horizons compacts ou très compacts, défavorables à l'enracinement, à la circulation de l'eau, de l'air et à l'activité biologique.