Bernard Roman-Amat et Bernard Jabiol

2.05

en ligne 02/2024

Les sols forestiers : supports physiques ou écosystèmes vivants ?

Les arbres ne sont que très rarement enracinés directement dans la roche. Leurs racines sont général installées dans des couches de matériaux issus de l'altération de cette roche sous l'effet de processus physiques, chimiques et biologiques. L'ensemble de ces couches forme ce que l'on appelle le sol. La limite entre le sol et l'atmosphère est claire. A l'inverse, la frontière entre le sol et la roche mère est parfois imprécise. Bien sûr, les caractéristiques physiques et chimiques de la roche mère influencent fortement celles du sol. Quelles relations les forêts entretiennent-elles avec leurs sols, et quelle est l'importance de ces relations ?

Comment décrit-on un sol ?

Une observation attentive du sol (photo 1) livre beaucoup d'informations sur :

- **sa profondeur** : sous climat tempéré, elle peut varier de quelques centimètres à 1,5m voire plus ; les sols peu épais sont moins favorables à la forêt que les sols épais ;
- **les différentes couches** (on parle d' « horizons ») qu
sont riches en matière organique (litière, humus), de cou
être appauvris ou enrichis en matière organique ou en é
leur couleur ;
- **sa texture**, qui correspond aux proportions de parti
constituée d'argiles (< 2 microns), de limons (de 2 à
éléments grossiers ont plus de 2 mm : graviers, caill
éléments fins, argiles et limons, retiennent l'eau et les él
- **sa porosité**, (volume et taille des vides contenant, air e
des différents constituants dans l'espace, par exemple
différentes formes (grumeaux, polyèdres ; les sols peu p
circulent mal, sont difficilement colonisables par les r
d'une forte teneur en sable ou éléments grossiers, retier

Figure 1. Sur ce profil de sol, on distingue nettement de haut en bas : un horizon noir de matière organique mal décomposée, un horizon blanc de sable très pauvre, une roche mère en blocs, colonisée par les racines des arbres.
Photo : B. Jabiol

Fiche consultable sur https://www.academie-agriculture.fr/
- onglet "*Publications*", puis "*Encyclopédie de l'Académie*".

Quelles relations entre les arbres forestiers et le sol des forêts ? D'abord une affaire de physique …

- Ancré au sol, le système racinaire assure la stabilité mécanique de l'arbre

L'ancrage des racines dans le sol permet à l'arbre de résister au vent et, en montagne, au poids de la neige. L'architecture du système racinaire varie d'une espèce à l'autre et on distingue :

- les systèmes étalés en surface (dits « traçants ») : épicéa commun, hêtre, tilleul à feuilles en cœur, bouleaux, frêne (voir fig. 2)
- les systèmes pivotants : chênes, cèdre de l'Atl
- les systèmes mixtes : douglas.

Mais en réalité, la profondeur prospectée par les ol
(texture, porosité). Les racines, qui respirent, ont l es
excès d'eau et le tassement. Lorsque le sol ne per it
pour des raisons mécaniques (horizons du sol ou r es
(déficit en oxygène), les arbres ne possédant que c es
vents violents : on parle de « chablis ». Dans les l a
montré que les pins maritimes enracinés à moins d .

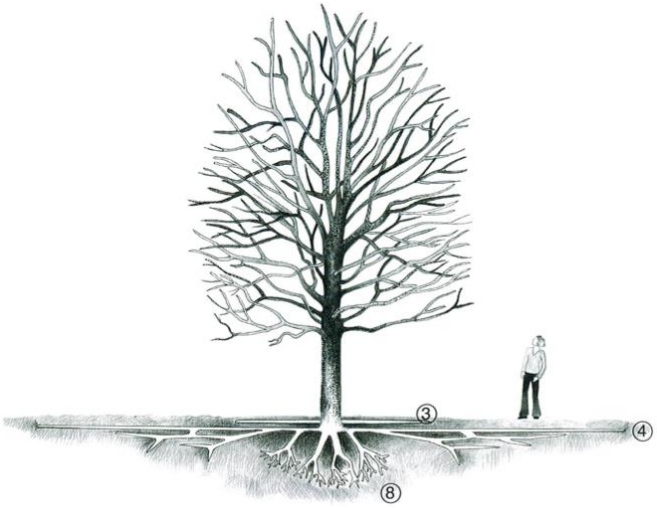

Figure 2. Exemple de système racinaire traçant : le hêtre. Les racines sont principalement superficielles : (3) et (4) ; les racines plongeantes sont minoritaires et courtes : (8). Source : C Drenou, IDF.

- Le réservoir du sol alimente l'arbre en eau

L'arbre puise l'eau dans le sol et la transpire par ses feuilles ur la
profondeur prospectée ou sur une profondeur d'un mètre (ur la
végétation à plus grande profondeur), et est exprimée dans le mm.
L'encadré ci-contre présente les différentes quantités d'eau pour
les plantes, RU, varie fortement d'un sol à l'autre : entre 2 mm
environ. Cette réserve est mobilisée quand l'évapo-transpi t de
printemps, le plus souvent RER = 1 ; pendant la saison de vé ment
la réserve utile du sol, en commençant par les horizons tière
organique peut retenir jusqu'à 90 % de son poids d'eau.

Réserve en eau du sol (calculée en général sur une profondeur d'un mètre)

- REM : Réserve maximale : quantité maximale d'eau qui peut être contenue dans le sol ;
- REm : Quantité d'eau fortement fixée par le sol et donc inutilisable par les plantes (elles commencent à flétrir);
- Réserve utile : RU = REM-REm ;
- Réserve courante : RE : quantité d'eau effectivement contenue dans le sol à un moment donné ;
- Réserve en eau relative : RER = (RE – REm)/(RU), comprise entre 0 et 1.

En été, seules les racines profondes ont encore accès à l'eau. Quand RER descend en-dessous de 0,4, la croissance des arbres s'arrête : sans transpiration, pas de photosynthèse. A l'automne, le « réservoir » sol se remplit à nouveau.

… puis une affaire de chimie : l'arbre trouve dans le sol les minéraux dont il a besoin …

On trouve des forêts sur tous types de sols, mais beaucoup sont sur des sols trop pauvres pour l'agriculture. Plusieurs paramètres permettent d'apprécier la richesse d'un sol en éléments minéraux : voir encadré ci-contre.

Le rapport C/N est directement lié à la vitesse de décompositio indicateur clé de la dynamique de l'azote, élément essentiellemen C/N de 15 traduit une dégradation rapide, conduisant à la libér minérale (en particulier de nitrates), seule forme assimilable par indique que la dégradation est très lente, la matière organique tend disponible ; dans ce cas, les plantes peuvent être en « faim d'azot

Les argiles et la matière organique comportent des sites chargés n chargés positivement (cations): on parle de « complexe adsorban rôle majeur dans la nutrition des plantes (calcium, magnésium, (hydrogène, aluminium surtout). La capacité d'échange cationiq argiles et en matière organique. L'acidité, la CEC et le taux de s voisin de 7, le taux de saturation atteint 100%, la totalité du com cations nutritifs. Quand le pH diminue (acidité), le taux de l'aluminium prédominent sur les cations nutritifs. Du point de vue donc à un appauvrissement chimique du sol. Le phosphore, é nutrition des plantes, est en général très énergiquement fixé au s sur les carbonates à pH élevé (alcalin). Lorsque l'aération du so d'oxygène diminue, le fer, le manganèse et certains composés orga être toxiques pour les racines.

Paramètres liés à la richesse chimique du sol

- rapport Carbone/Azote (« C/N) des horizons de surface ; plus le C/N est élevé, moins la dégradation de la matière organique est rapide ;
- pH, indicateur d'acidité (lié à la concentration en ions H+) ; un sol à pH inférieur à 5 est considéré comme acide, peu acide à neutre entre 5 et 7 ; un pH supérieur à 7 est basique;
- Capacité d'échange cationique (CEC) : quantité de cations que peut fixer le sol ; La CEC est jugée faible en-dessous de 9 meq/100g, moyenne entre 9 et 15, élevée au-dessus de 15 ;
- Taux de saturation (S/T) : proportion des cations « nutritifs » Ca, Mg, K, auxquels on ajoute Na, parmi l'ensemble des cations de la CEC…. » .

…et aussi une affaire de biologie

En forêt tempérée, une quantité importante de matière végétale re 8 à 12 tonnes par ha et par an de litière (feuilles, brindilles, fruits qui meurent aussi en fin de saison. Le sol reçoit aussi, en moindr d'origine animale et microbienne. Cette matière organique vivants comme indiqué dans l'encadré ci-contre.

Schématiquement, la décomposition de la matière organique commence par sa fragmentation physique, assurée par des animaux, arthropodes ou vers. Suivent des phases de « digestion » chimique qui sont aussi l'œuvre des champignons et bactéries.

Ordres de grandeur de la biomasse vivante du sol, en grammes/m²

Bactéries :	2 à 200
Protozoaires :	30 à 40
Champignons :	100 à 150
Algues :	5 à 20
Animaux :	50 à 500

Schématiquement, la décomposition de la matière organique commence par sa fragmentation physique, assurée par des animaux, arthropodes ou vers. Suivent des phases de « digestion » chimique qui sont aussi l'œuvre des champignons et bactéries. Les constituants de la matière végétale, cellulose et lignine en majorité, sont transformés en molécules plus petites. Les produits ultimes de cette décomposition sont des molécules simples: CO_2, NH_4^+, NO_3^- (carbone et azote minéralisés) qui quittent le sol rapidement mais aussi les éléments majeurs Ca, Mg et K qui alimentent le stock de nutriments disponibles pour les plante. La décomposition produit aussi des molécules organiques complexes qui vont rester longtemps dans le sol (acides humiques, humine). Cette matière organique associée aux composants minéraux du sol, en particulier par les lombrics, forme ce qu'on appelle le complexe argilo-humique.

L'essentiel des éléments nutritifs absorbés par les arbres (azote, cations) proviennent des horizons de surface riches en matière organique, décrits en tant que « formes d'humus ». Chaque année, les retours d'éléments dans la litière compensent de 70 à 90 % des prélèvements effectués par les arbres. Les reste est fourni par les apports atmosphériques et par la décomposition de la roche. *On parle de cycle biogéochimique*, dont le fonctionnement est essentiel à l'écosystème forestier tout entier, sol et peuplement.

Les organismes du sol sont aussi dépendants les uns des autres au sein de longues chaînes alimentaires. Bien sûr, les communautés de décomposeurs dépendent étroitement du climat (régimes des températures et des pluies), de la roche mère (acidité) et de la végétation. Ainsi, la communauté de décomposeurs dépend du rapport C/N de la litière, lui-même très lié au rapport C/N des feuilles des arbres, et on ne trouvera pas de lombrics dans les sols nettement acides. A chaque forme d'humus correspond une communauté d'espèces qui lui est propre. Il faut aussi souligner l'importance des champignons mycorhiziens qui vivent en symbiose avec les racines des arbres et les aident à absorber eau et éléments minéraux. Le sol constitue ainsi un compartiment essentiel de l'écosystème forestier.

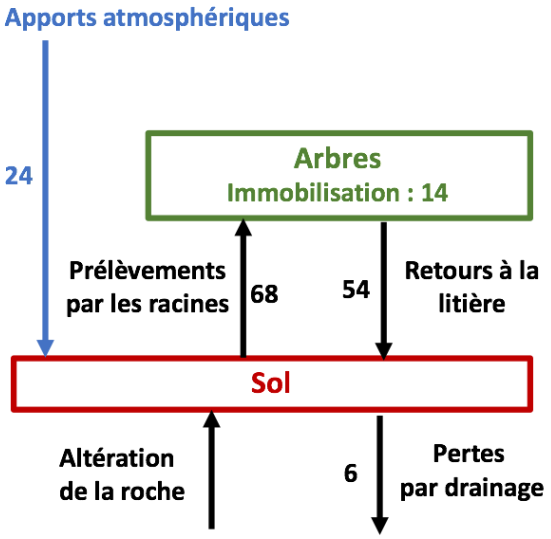

Figure 3 : schéma du cycle biogéochimique de l'azote dans une hêtraie de 120 ans. Les chiffres indiquent les flux annuels en kg/ha. D'après Ulrich, 1973 . 15 % seulement de l'azote en circulation est immobilisé par les arbres.

Ce qu'il faut retenir

- **L'ancrage en profondeur des arbres doit être favorisé.**
- **La réserve en eau et la richesse chimique du sol sont des déterminants essentiels de la vie et la croissance des arbres forestiers.**
- **La matière organique du sol forestier est à la fois une conséquence et un facteur de l'existence et de la croissance du peuplement forestier.**
- **Une gestion forestière durable évite le tassement des sols et préserve leurs horizons organiques et leur richesse en nutriments.**