

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

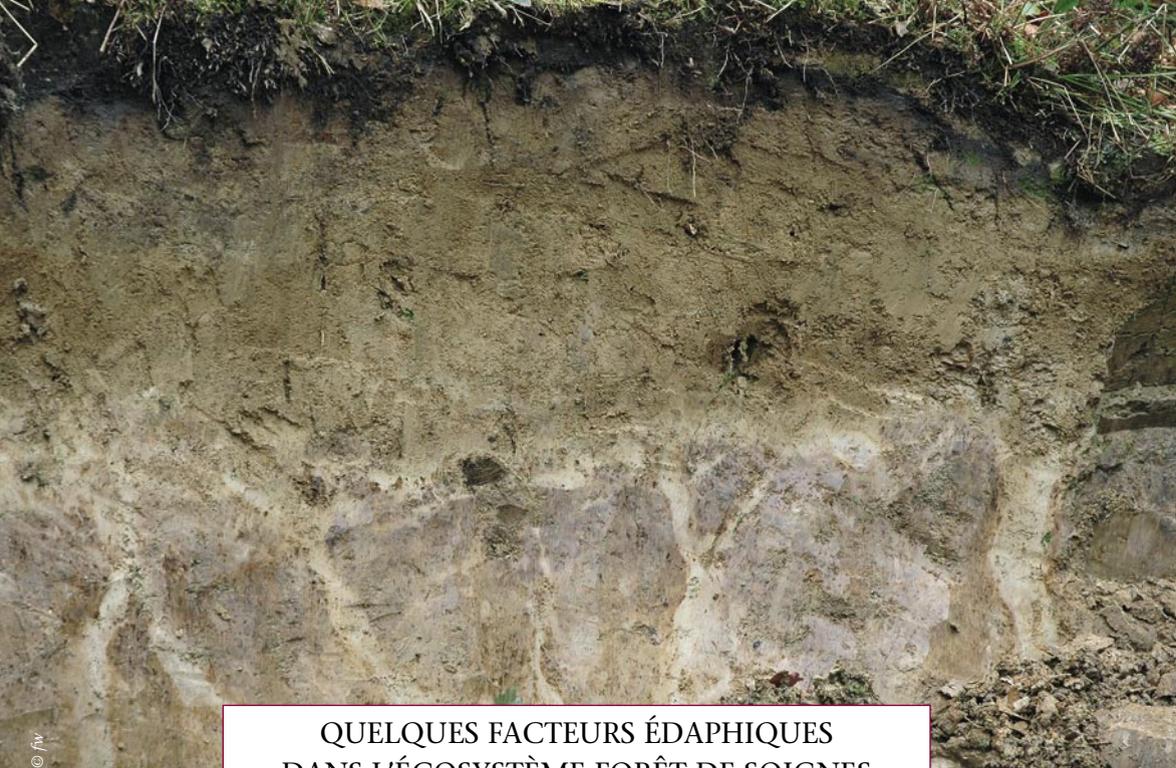
foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**



© fiv

QUELQUES FACTEURS ÉDAPHIQUES DANS L'ÉCOSYSTÈME FORÊT DE SOIGNES

ROGER LANGOHR

La forêt de Soignes est une des plus emblématiques de Belgique. Elle est exceptionnelle sous bien des aspects mais sa localisation en Région limoneuse lui donne des caractéristiques uniques d'un point de vue pédologique que nous vous proposons de découvrir.

De nombreux sites forestiers actuels ont connu dans le passé des activités agricoles. La forêt de Meerdaal, de nombreuses forêts en Campine et sur le plateau ardennais en sont des exemples. Ces activités, dont certaines peuvent remonter à l'époque romaine, ont souvent laissé des traces dans le sol et se répercutent au niveau de la végétation.

Dans ce cadre, la forêt de Soignes, située au milieu de la région limoneuse réputée pour ses sols très fertiles, avec une agriculture intensive très répandue depuis des

siècles, est un témoin unique. En effet, la majorité des sols de cette forêt n'ont jamais subi de pratiques agricoles. Même le pâturage y a été minime. Nous proposons de regarder de plus près les principaux sols de cet écosystème forestier et en particulier les caractéristiques liées, ou attribuées à la croissance des végétaux.

SÉDIMENTS ET CLIMAT

Environ 90 % des sols de la forêt de Soignes, qui couvre à peu près 43 km², sont

développés dans des dépôts de lœss, une poussière apportée par le vent au cours de la dernière glaciation. La majorité des particules de lœss sont de la taille des limons dont le diamètre va de 0,002 à 0,05 mm. Les derniers dépôts de lœss remontent à quelque 15 000 ans alors que la glaciation s'est terminée vers 10 000 ans. Ce lœss était composé d'environ 10 % de calcaire, 15 % de minéraux argileux et pour le reste principalement de quartz. Son épaisseur finale dépasse en général plusieurs mètres. La région où ces dépôts de lœss sont quasiment continus, est appelée la « Région limoneuse » de la Moyenne Belgique.

Quelque 10 % des sols du site sont développés dans des dépôts sableux. Toutefois, nous nous bornerons dans cet article à l'étude des sols limoneux.

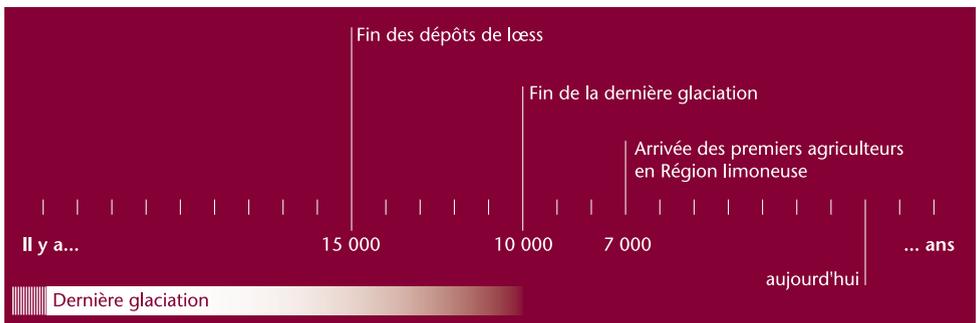
On peut considérer que le climat de la région, depuis la fin du dépôt de lœss, a présenté pour la majeure partie, un excès de précipitations par rapport à l'évapotranspiration. En pédologie anglo-saxonne cela correspond à un climat « lessivant ». Aujourd'hui, on mesure une précipitation moyenne de 820 mm dont quelque

550 mm part dans l'atmosphère par évapotranspiration. Il reste donc un excès de précipitation de plus de 200 mm. Cette fraction de la pluie percole à travers le sol et entraîne les éléments nutritifs solubles qui s'y trouvent. D'où un appauvrissement et une acidification graduelle des sols qui a déjà commencé il y a 15 000 ans.

LE PAYSAGE PÉDOLOGIQUE DE LA FORÊT DE SOIGNES D'APRÈS LA CARTE DES SOLS DE LA BELGIQUE

La carte des sols indique, pour la majorité des sols limoneux de Soignes, un drainage « favorable », sans excès d'eau. Cette absence de nappe phréatique dans les sols est liée au substrat sableux sous les limons d'où également l'absence de ruisseaux dans la plupart des vallons.

D'après la carte, les sols limoneux présentent une morphologie bien particulière. Entre 30/40 et 100/120 cm de profondeur (horizon 4 sur la figure 1) s'observent des taches plus claires, moins argileuses et souvent avec la présence de racines vivantes ou anciennes. Cet horizon est



appelé « fortement tacheté » dans la légende de la carte et ne s'observe pas dans les sols limoneux soumis depuis longtemps à l'agriculture (figure 7). Cette caractéristique était considérée comme une « dégradation » du sol et à été attribuée à la présence des racines des arbres. Puisqu'elle est particulièrement bien présente en forêt de Soignes, on a rapidement fait le lien avec la monoculture du hêtre⁵⁻⁷. L'interprétation d'un lien entre la présence de la hêtraie et cette « dégradation », ainsi qu'une forte acidité et une compaction des sols limoneux en Soignes, a connu une certaine apogée au cours des années 1970, en particulier avec un article de ROCHE⁶, botaniste, attaquant de façon virulente la monoculture du hêtre. La parution de commentaires sur ce sujet dans la presse a forcé les forestiers à éditer un « Livre blanc sur la gestion de la Forêt domaniale de Soignes »⁴. L'origine et l'évolution de toute cette polémique a été discutée en détails dans un article de l'auteur³ (disponible sur demande).

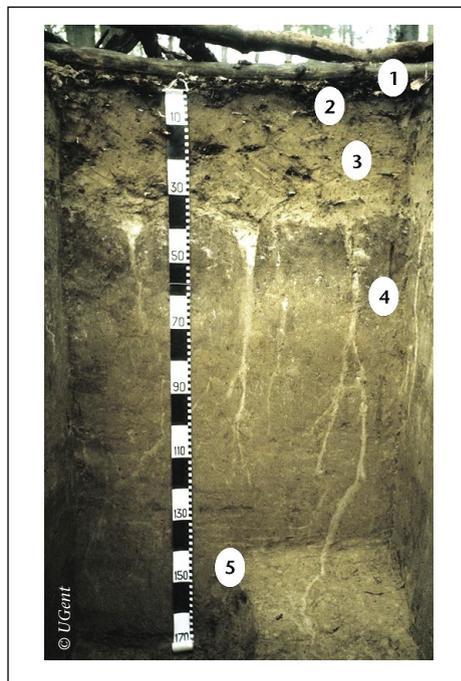
**LES SOLS LIMONEUX
DE LA FORÊT
D'APRÈS DES RECHERCHES
PLUS RÉCENTES**

Nous nous bornerons à résumer quelques résultats de recherches que nous avons menées depuis fin des années '70, en priorité sur les sols limoneux de Soignes. Ces données se basent sur une quinzaine de thèses de Master en Pédologie et de plusieurs projets de prospection concernant la (micro)topographie, la géomorphologie, la végétation et les traces de l'homme.

Il s'avère que l'évolution des sols limoneux de la forêt de Soignes a commencé

il y a quelque 15 000 ans, à un moment où les premières périodes à climat plus doux ont alterné avec des phases encore très froides. Au début, les sols étaient très fertiles car le sédiment contenait du calcaire. Depuis lors, ils ont évolué, et présentent aujourd'hui une succession de six horizons majeurs (figures 1 à 4) dont les cinq premiers ne contiennent plus de calcaire. Ce sol est décrit ici en partant de la surface ; les numéros dans le texte se réfèrent aux horizons indiqués dans les figures 1 à 4.

Figure 1 – Coupe verticale d'un profil de sol limoneux, typique pour la forêt de Soignes. Les numéros se réfèrent aux horizons pédologiques décrits dans le texte. Anciennement, les langues plus claires et assez pauvres en argile au niveau de l'horizon 4, étaient considérées comme une preuve de la « dégradation » du sol à ce niveau.



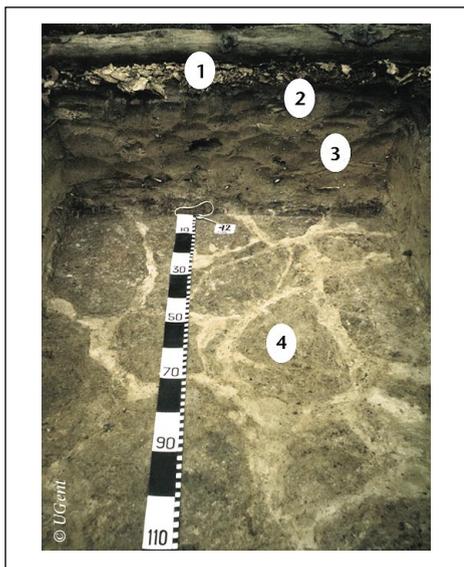


Figure 2 – Coupe horizontale effectuée lors du creusement du profil de la figure 1. Les langues verticales de la figure 1 s'avèrent correspondre à une série de veines qui suivent un réseau polygonal. Toutes les racines actuelles et anciennes se trouvent dans ce réseau de veines. Il est clair que ce ne sont pas les racines qui créent un tel réseau, mais elles le suivent. Au niveau de l'horizon 4 on peut estimer que 80 à 90 % du volume du sol ne peut-être exploré par les racines.

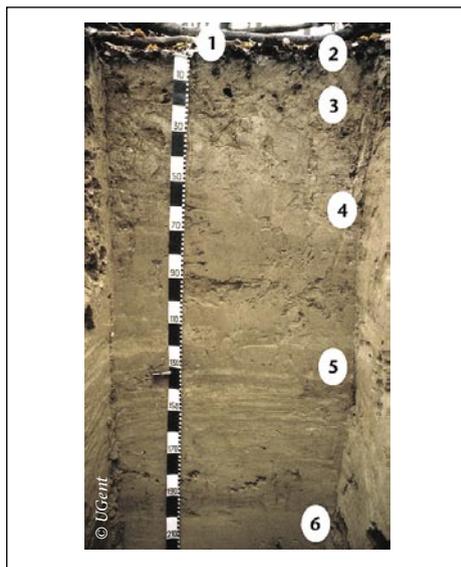
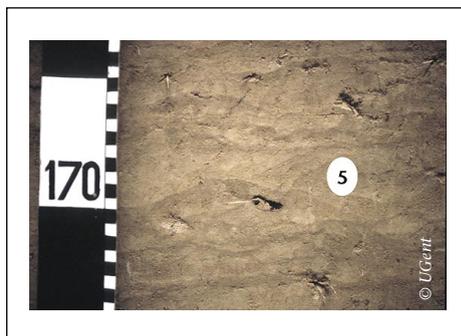


Figure 3 – Coupe verticale dans un sol limoneux de Soignes. Les veines verticales au niveau de l'horizon 4 sont peu visibles ici. Par contre on observe bien l'horizon 5 où les racines se développent normalement et avec une forte concentration vers le bas (détail en figure 4) où se trouve la limite avec le limon encore calcaire (6). Cette limite, située vers 3,5 mètres en position de plateau, se rencontre ici à 2 mètres à cause de la pente de quelque 20 % et son orientation vers le nord (position à l'abri des vents dominants).

Il y a d'abord une litière de feuilles (1) de quelques centimètres d'épaisseur, suivie d'un mince horizon noir (2), enrichi en humus. La faible épaisseur de ce dernier reflète l'absence de brassage du sol par la faune comme les vers de terre et les taupes. L'ensemble de ces deux horizons est caractéristique d'un humus du type « dysmoder »¹.

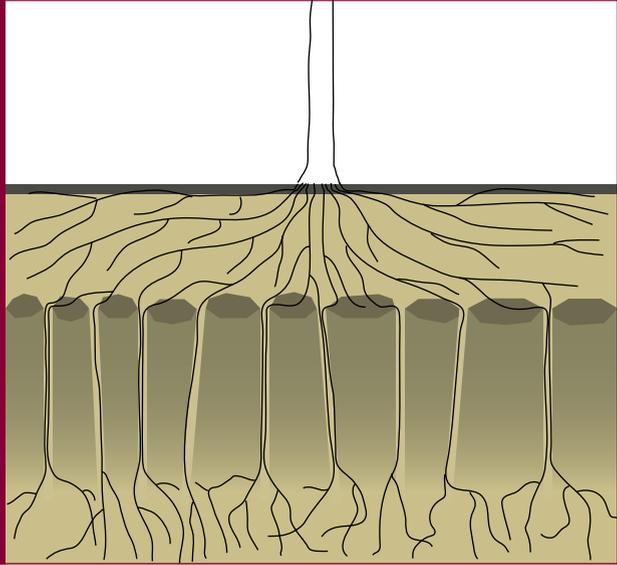
Plus bas, on remarque une limite nette vers 30/40 cm. Au dessus, il y a une forte concentration de racines dans une zone (3) que nous appelons, d'un

Figure 4 – Détail du profil précédent au niveau de l'horizon 5. Présence de nombreuses racines dans la zone située près du limon calcaire (horizon 6) sous-jacent.



Le fragipan correspond à un réseau de prismes dans lesquels les racines ne peuvent pénétrer et où même l'eau percole principalement le long du réseau polygonal.

Les animaux qui creusent des galeries tels que les taupes et certaines vers de terre et scarabées sont capables de détruire ce système de boîtes fermées. Cette faune est toutefois largement absente des sols de la forêt de Soignes et cela depuis 10 000 ans. Ce sont ces animaux qui ont largement contribué à la disparition du fragipan dans les sols soumis depuis longtemps à l'agriculture (figures 7 et 8).



point de vue écologique, « l'horizon biologiquement actif ». Il est important de noter que la faible épaisseur de ces trois premiers horizons n'est pas due à une érosion des sols. En effet, la majorité des sols de Soignes, jamais cultivés, n'ont pas connu de processus d'érosion depuis le début de leur pédogenèse, il y a quelque 15 000 ans. La surface du sol est donc la même que celle parcourue par les rennes à cette époque.

En dessous (4), par contre, toutes les racines vivantes ou traces de racines anciennes, se retrouvent uniquement dans une série de veines verticales, de coloration plus claire et assez pauvre en argile. La coupe horizontale (figure 2), montre que ces veines correspondent à un système de fissures remplies de terre suivant un réseau polygonal délimitant une structure en prismes. Les premiers centimè-

tres le long des parois des prismes, sont tellement comprimés, que les racines ne peuvent pénétrer. Même l'eau percole principalement à travers les veines, sans entrer dans les prismes. Cet ensemble est caractéristique d'une dessiccation extrême du sol, avec développement de fissures de rétrécissement, au début ouvertes, et allant jusqu'à une profondeur de plus d'un mètre. Le climat des derniers 10 000 ans n'a pas connu une telle période sèche. Il faut retourner encore plus loin, au niveau de la dernière glaciation pour trouver entre 10 000 et 15 000 ans des périodes très froides et très sèches qui puissent expliquer cette morphologie. Les changements de volume de la glace présente dans les fissures, ouvertes à l'époque, explique la compression de la paroi des prismes. Cette pédogenèse a aujourd'hui encore un impact important sur le développement des racines. Témoin



Figure 5 – Un chablis de hêtre. Entre 40 et 120 cm de profondeur les racines suivent clairement un réseau polygonal.

de ce problème, leur morphologie, aplatie, comme si la croissance se faisait dans les fissures d'une roche (figures 5 et 6). À noter également, l'absence totale de traces de galeries de vers de terre ou de taupes à cette profondeur (figure 7), au contraire d'un sol cultivé (figure 8). Ce sont ces veines ou « langues », plus claires, qui ont été décrites dans le passé comme une « dégradation » du sol due à la croissance des racines. Or, en réalité, ce ne sont pas les racines qui peuvent créer un tel réseau, mais elles sont bien obligées de le suivre. En pédologie, l'ensemble de cet

horizon, avec un réseau de prismes dans lesquels les racines ne peuvent pénétrer et où même l'eau percole principalement le long du réseau polygonal a reçu le nom de « fragipan ».

Vers 120 cm de profondeur, le réseau de veines disparaît (5) et les racines qui ont réussi à pénétrer jusqu'à ce niveau, commencent à se ramifier et descendent sans difficulté jusqu'à 2 à 4 mètres où elles atteignent une limite très nette avec du limon qui contient encore environ 10 % de calcaire (6, figure 3). Nous nous trou-

vons ici en présence de la poussière de lœss originelle non altérée. La profondeur de la décarbonatation totale est fonction de la position topographique. En forêt de Soignes elle est de 3 à 3,5 mètres en position de plateau ou pente douce ; sur les pentes exposées au sud, sud-ouest et ouest, elle peut descendre à 4 mètres et sur les pentes exposées au nord, nord-est et est, à l'abri des vents dominants, elle peut déjà se rencontrer vers 2 mètres (figure 3) et parfois moins.

LE FACTEUR ÉDAPHIQUE DANS L'ÉCOLOGIE FORESTIÈRE EN SOIGNES

Cinq propriétés des sols sont importantes pour la croissance des racines et le développement des végétaux : l'approvisionnement en éléments nutritifs, en eau, en oxygène, une température qui convient et une porosité qui permet aux racines de se développer.

Du point de vue de l'alimentation minérale, les sols limoneux, dominants dans cet écosystème, présentent un contraste très prononcé.

Dans les premiers 30/40 cm, avec une grande concentration de racines, le sol est très acide et pauvre en éléments nutritifs. Le pH-eau y est de 3,6 à 4,5, la saturation en bases disponibles (ions Ca, Mg, K et Na) en dessous de 10 %. Le rapport C/N y est supérieur à 15 et dépasse même souvent 20, typique pour un humus du type dysmoder. Cet ensemble explique la présence d'une végétation herbacée indicatrice pour ces conditions édaphiques. Parmi ces plantes, dont l'enracinement est limité par le fragipan, on note, par

exemple, la grande luzule (*Luzula sylvatica*), la fougère aigle (*Pteridium aquilinum*) et localement la myrtille commune (*Vaccinium myrtillus*). Sur des pentes exposées au sud et bien dégagées on peut même observer le développement de la callune (*Calluna vulgaris*).

Au niveau du fragipan (30/40 à 100/120 cm), il existe un contraste prononcé entre les veines verticales, où les racines sont confinées, avec un sol encore très acide et pauvre en bases, par rapport à l'intérieur des prismes, dépourvu de racines, avec un pH légèrement plus haut et une saturation en bases plus élevée.

Figure 6 – Chablis de chêne. Détail des racines aplaties qui suivent le réseau de fissures polygonales dans l'horizon 4 (profondeur de la coupe entre 50 et 90 cm).

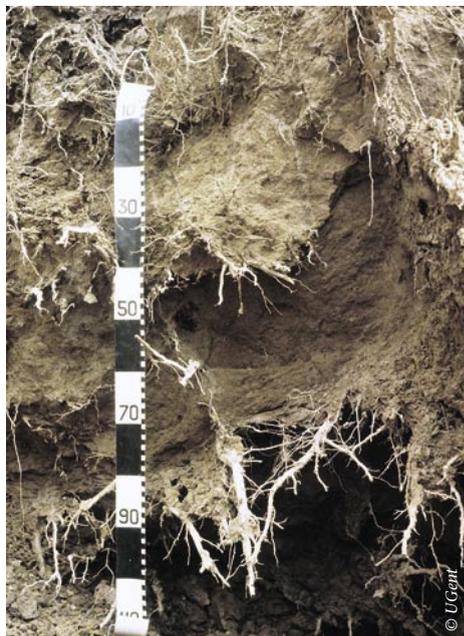




Figure 7 – Un sol de la région limoneuse sous agriculture depuis des siècles. Ce sol a une morphologie très homogène suite à l'activité des vers de terre et des taupes. Cette population, absente en forêt de Soignes, s'accroît énormément suite à l'application de fumier et du chaulage au cours des siècles.

Figure 8 – Section horizontale à 50 cm de profondeur dans le sol de la figure 7. Les traces des galeries de vers de terre sont bien visibles (estimation : entre 800 et 900 par mètre carré). De telles galeries sont totalement absentes en Soignes (figure 2).



Dans l'horizon 5, les racines des arbres se distribuent plus régulièrement et on note même une concentration dans les derniers 50 cm au dessus du contact avec le limon calcaire (figure 4), même quand cette limite se situe vers 3,5 mètres de profondeur. Cela est également valable pour les hêtres, souvent décrits avec un enrachement peu profond. À ce niveau le pH-eau du sol est proche de la neutralité et la saturation en bases se rapproche de 100 %. Il est évident que c'est ici que les arbres peuvent puiser une importante fraction de leur alimentation minérale. Ceci explique la production remarquable du hêtre, tournant autour des 10 m³/ha/an de bois fort, et ce quelque soit le type d'éclaircie².

Il est important de noter ici que ce n'est pas la monoculture du hêtre qui est responsable de la forte acidité et de la pauvreté des horizons supérieurs des sols. On note les mêmes conditions sous d'autres feuillus, comme le chêne, pour autant évidemment qu'ils ne poussent pas à un endroit où les sols ont été améliorés par des cultures ou du pâturage dans le passé, ce qui est souvent le cas. Cela s'observe également dans des zones, limitées, en Soignes.

Des recherches pédologiques sur des sites archéologiques ont d'ailleurs montré qu'il y a plus de 7 000 ans, quand les premiers agriculteurs s'installaient dans la région limoneuse de la Belgique, les sols y étaient quasiment identiques à ceux qu'on observe actuellement en forêt de Soignes.

Du point de vue de l'eau potentiellement disponible pour les plantes, les sols avec une granulométrie limoneuse sont plus favorables que ceux qui sont argileux ou

sableux. On peut estimer que, toute autre chose restant égale, les premiers peuvent avoir une réserve de quelque 200 litres d'eau disponible par mètre cube, alors que ces chiffres se situent vers 150 litres et quelques dizaines de litres pour les suivants.

Reste le problème du climat qui, en Moyenne Belgique, présente un déficit de précipitations de mai à septembre. La capacité du sol à retenir une bonne réserve en eau disponible est dès lors très importante. La granulométrie limoneuse des sols de la forêt de Soignes est donc également importante. Malheureusement, les racines ont des difficultés à pénétrer dans le sol à cause du fragipan qui débute

vers 30/40 cm de profondeur et qui correspond à la limite inférieure de l'horizon biologiquement actif. Ici on voit l'importance de l'épaisseur de ce dernier.

Au niveau de l'aération des sols, deux problèmes se posent.

Il y a d'abord le fragipan où les racines passent à travers un système de fissures, avec comme résultat une morphologie aplatie, à comparer à une main étendue (figures 5 et 6). Au cours de leur croissance les racines vont graduellement colmater ce système de fissures, ce qui rend la pénétration de l'air difficile à ce niveau du sol. Ceci explique que les racines du hêtre, une essence qui est sensible à l'ana-

Figure 9 – Zone de la forêt où le sol est tellement compressé que l'eau stagne en surface après une forte pluie.



érobie, risquent de dépérir en profondeur une fois que l'arbre atteint un âge qu'on peut estimer à 80-100 ans. L'observation de nombreux chablis de hêtres de cet âge ou plus, montre en effet des racines mortes au niveau du fragipan. Cela se voit beaucoup moins au niveau du chêne (le chêne en figure 6 a été poussé par la chute d'un hêtre).

Un deuxième problème d'aération des sols est lié à la compression du sol de surface par le trafic en forêt, principalement lié au passage des chevaux d'agrément et des engins de débardage. Cette compaction peut être telle que l'eau de pluie stagne en surface (figure 9) et, dans

les cas les plus graves, tout l'horizon originellement biologiquement actif (horizon 3 sur les figures 1, 2, 3) est tellement compressé que toutes les racines y sont asphyxiées (figure 10). Une conséquence est la présence d'un cortège de plantes pouvant pousser dans un sol gorgé d'eau, très peu profond et supportant une dessiccation estivale. La renouée poiivre d'eau (*Polygonum hydropiper*), le jonc épars (*Juncus effusus*), la balsamine à petites fleurs (*Impatiens parviflora*) et la laïche espacée (*Carex remota*) sont d'excellents indicateurs de cette dégradation du sol. À notre avis celle-ci couvre aujourd'hui au moins 20 % des sols sur plateau et pentes douces. Ce type de sols se trouve

Figure 10 – Sur la moitié droite, le sol est fortement compressé sur 10 cm de profondeur ce qui se reflète dans une migration du fer (zone plus claire) suite à des conditions d'anaérobie. Entre 10 et 30 cm on observe ce qui reste de l'horizon biologiquement actif avec quelques racines vivantes.

Sur la moitié gauche, le sol est compressé jusqu'au niveau du fragipan (limite supérieure vers 30 cm). La zone de réduction du fer s'étend sur toute l'épaisseur de l'horizon biologiquement actif originel et il n'y a plus de racines vivantes entre 5 et 30 cm de profondeur.



principalement sous hêtraie mais, encore une fois, ce n'est pas l'essence qui est responsable, mais bien le comportement de l'homme qui étend beaucoup plus ses passages sous la hêtraie équienne bien dégagée, que sous la chênaie, présentant plus souvent un sous-bois. À noter également que l'absence de faune pour creuser les sols, comme les lombrics et les taupes, ne permet pas un rétablissement rapide des sols. Le type d'humus joue également un rôle ici, et la litière du hêtre, avec sa décomposition très lente, est certainement un facteur défavorable.

Pour ce qui est de la température du sol, il n'y a rien de bien particulier à noter pour la forêt de Soignes.

Le régime des températures du sol ne s'y distinguent pas de celui des autres sites forestiers de Moyenne Belgique. Pendant 5 à 6 mois la température du sol est trop basse pour permettre une croissance des végétaux.

Quand à la porosité du sol, et en particulier celle qui permet une bonne croissance des racines, il a été exposé le long des paragraphes précédents que la situation est bien particulière dans les sols limoneux de Soignes.

Il y a d'abord le fragipan qui, entre 30/40 et 100/120 cm, par son système de prismes à paroi fermée, limite l'enracinement à ce niveau aux quelques 5 à 10 % du volume du sol correspondant aux veines délimitant les prismes. C'est une contrainte naturelle très forte pour la fertilité physique du sol. À noter que ce type d'horizon est également présent dans la plupart des sols sur le plateau ardennais. Toutefois sa limite supérieure s'y trouve

en général vers 60 à 80 cm de profondeur. L'horizon biologiquement actif y est donc plus épais.

La deuxième contrainte limitant sévèrement l'enracinement est liée au trafic des hommes dans la forêt. Ce sont d'abord les pores les plus grands, essentiels pour une bonne croissance des racines, qui vont disparaître. À ce moment, l'eau de pluie peut encore s'infiltrer dans le sol, mais les pores assez grands pour permettre aux racines des plantules de se développer, font déjà défaut. C'est là une des causes importantes du déficit de régénération de la hêtraie en Soignes, et c'est ce qui explique la présence de hêtraies et de chênaies « nues », sans végétation herbacée.

QUELQUES CONCLUSIONS

Les racines des arbres, y compris celles du hêtre pénètrent à plusieurs mètres de profondeur où elles atteignent des niveaux de sol très fertile. Ceci se reflète dans l'excellente croissance des arbres, avec des rendements particulièrement élevés.

Par contre, la végétation herbacée, avec un enracinement limité à 30/40 cm, affronte un sol qui est très peu fertile et dès lors la lutte pour les éléments nutritifs et pour l'eau est très grande. D'où la présence d'un cortège de plantes typiques pour des sols pauvres et la disparition de la couverture herbacée quand la strate arborée est bien développée (les hêtraies et les chênaies « nues »).

La différence entre les sols sous forêt ou sous agriculture est due à l'homme. Ce n'est pas la forêt qui est responsable de

l'appauvrissement des sols, ils étaient déjà pauvres il y a plus de 7 000 ans. C'est l'homme qui a directement et indirectement augmenté la fertilité des sols de la région limoneuse qui se trouvent depuis des siècles sous agriculture.

Le hêtre n'est responsable, ni de la forte acidité de la partie supérieure de ces sols, ni de la présence d'un niveau à basse fertilité physique à partir de 30/40 cm de profondeur, ni de la compression du sol de surface.

Ces sols limoneux sont très sensibles à la compaction. Le passage d'engins lourds ou de nombreux chevaux entraînent un résultat désastreux : sur de larges surfaces de sols compressés, la régénération naturelle des essences forestières est limitée et parfois nulle. Il faudra des siècles avant que ce tassement disparaisse de façon naturelle. Quand il n'est que légèrement développé, ce processus contribue à la présence de parcelles sans végétation herbacée. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ DELCOUR F. [1990]. Identification pratique des humus forestiers. *Forêt Wallonne* 8 : 22-26.
- ² DELVAUX J. [1964]. À propos de l'éclaircie des hêtraies en forêt de Soignes. Station de recherches des Eaux et Forêts, Travaux – v série B, n° 30, 70 p.
- ³ LANGOHR R., SANDERS J. [1987]. Les sols dégradés en Forêt de Soignes un héritage autrichien ? In : *La Forêt de Soignes, Art et Histoire des origines au XVIII^e siècle*. Ed. K. De Mulder, Royale Belge, p. 99-103.
- ⁴ LIENARD G. [1975]. Livre blanc de la gestion de la forêt domaniale de Soignes. *Bull. Ligue*

des Amis de la forêt de Soignes, Numéro Spécial, 80 p.

- ⁵ LOUIS A. [1955]. Waarnemingen betrefende de degradatie der bosprofielen in het Zoniënwoud. *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift* 37 : 113-118.
- ⁶ ROCHE E. [1973]. Soignes, la plus belle hêtraie d'Europe ? *Les Naturalistes Belges* 54(2) : 57-87.
- ⁷ TAVERNIER R., LOUIS A. [1971]. La dégradation des sols limoneux sous monoculture de hêtres de la forêt de Soignes (Belgique). *An. Int. St. Cerc. Pedol.* 38 : 165-191.

ROGER LANGOHR

Roger.langohr@skynet.be

Université de Gand, Laboratoire des Sols
Association pour la Diffusion
des Sciences (ASDIS) asbl
Avenue des Tourterelles, 20 A
B-1150-Bruxelles