



HAL
open science

L'importance des propriétés physiques du sol dans la production fores-tière

Maurice Bonneau

► **To cite this version:**

Maurice Bonneau. L'importance des propriétés physiques du sol dans la production fores-tière. Revue forestière française, 1963, 1, pp.19-31. 10.4267/2042/24490 . hal-03386170

HAL Id: hal-03386170

<https://hal.science/hal-03386170v1>

Submitted on 19 Oct 2021

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.

L'IMPORTANCE DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL DANS LA PRODUCTION FORESTIÈRE*

PAR

M. BONNEAU

Ingénieur des Eaux et Forêts
à la Station de Recherches de Nancy (5^e Section)

INTRODUCTION

Un arbre a essentiellement besoin pour sa croissance, en plus de lumière et de chaleur, d'eau, d'air et de substances minérales. L'abondance des éléments minéraux mis à sa disposition est essentiellement fonction des propriétés chimiques des sols. L'eau utilisable est également puisée dans le sol. Quant à l'air, les végétaux trouvent évidemment dans l'atmosphère l'oxygène nécessaire à la respiration des organes aériens et le gaz carbonique indispensable à la fonction chlorophyllienne. Mais on pense moins souvent que les racines ont également des fonctions respiratoires et que la plupart des essences ont tout aussi besoin d'un sol aéré que d'un sol bien pourvu en eau.

En ce qui concerne les éléments minéraux et l'eau, il faut toujours avoir présent à l'esprit le fait que l'alimentation des arbres dépend non seulement de la teneur du sol en substances utiles, mais également du volume prospecté par les racines. Or, l'enracinement des arbres est sous la dépendance des propriétés physiques du sol. Celles-ci se trouvent donc intervenir dans la vie des arbres à la fois directement, en mettant à leur disposition une certaine quantité d'air et d'eau par unité de volume, et indirectement en permettant un enracinement plus ou moins profond.

* Conférence prononcée à l'Ecole Forestière des Barres, à l'occasion du stage d'information pour les propriétaires forestiers.

Il est donc logique d'examiner d'abord les principales caractéristiques physiques prises en elles-mêmes, puis d'essayer de voir dans quelle mesure elles influencent le développement racinaire.

I. — LES PRINCIPALES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL

1° La texture

Une roche subit, avant de devenir un sol proprement dit, des processus d'altération physique et chimique qui ont pour effet, d'une part de la fragmenter et d'autre part de faire apparaître des minéraux nouveaux, essentiellement des argiles. La partie minérale d'un sol est donc formée de fragments plus ou moins gros de roche-mère et de minéraux de néoformation généralement très fins. La fraction des particules minérales du sol de dimensions supérieures à 2 mm forme le *squelette* du sol, graviers et cailloux, le reste formant la *terre fine*. C'est surtout à propos de cette terre fine qu'on parle de la texture, qui est le mode de distribution des particules du sol entre différentes classes de dimensions.

On groupe généralement les particules en trois fractions :

- les argiles, qui ont moins de 2 millièmes de mm (2μ) et qui se distinguent non seulement par leur petite taille, mais par le fait qu'elles possèdent des charges électriques négatives qui leur permettent de fixer les atomes de métaux libres dans le sol (les cations qui eux ont des charges positives).
- les limons compris entre 2 millièmes et 5 centièmes de mm (2μ à 50μ), qui sont souvent responsables du colmatage et de la « battance » des sols.

Ils sont subdivisés en :

- limons fins : 2/1000 à 2/100 mm
- limons grossiers : 2/100 à 5/100 mm.
- les sables : 5/100 à 2 mm, subdivisés en :
 - sables fins : 5/100 à 2/10 mm
 - sables grossiers : 2/10 à 2 mm.

Ces classes de dimensions sont souvent représentées graphiquement dans un diagramme triangulaire, où l'on porte sur un côté l'argile, sur l'autre les limons, sur le troisième les sables. Chaque point est représentatif d'une texture donnée et l'ensemble du triangle est découpé en diverses « classes de texture » ; à titre d'exemple, le triangle adopté par Ph. DUCHAUFOUR, dans son « Précis de Pédologie ». Les textures les plus favorables sont celles qui appartiennent aux classes limon, limon sableux, limon argilo-sableux, car elles comportent un équilibre convenable entre particules fines et particules grossières. L'équilibre le plus favorable n'est pas

réalisé lorsqu'il y a égalité des trois constituants, mais lorsque les sables occupent plus de 50 % du sol et que les limons ne sont pas en nette prédominance sur l'argile (p. ex.: 60 % de sable, 20 % d'argile, 20 % de limons).

2° La structure et la porosité

Les particules minérales du sol ne sont pas libres les unes par rapport aux autres, mais plus ou moins adhérentes entre elles grâce à la présence dans le sol de « ciments » formés par l'humus et par les oxydes de fer; elles se trouvent ainsi groupées en agrégats de formes et de dimensions diverses suivant les types de sol.

Il est important de distinguer les *agrégats construits* dus au mélange intime de particules minérales et d'humus par la microfaune du sol et qui traduisent donc un sol en bon état biologique, et les *agrégats de fragmentation* nés seulement de la fissuration de la masse du sol sous l'action du dessèchement ou du gel. Les premiers sont le plus souvent des grumeaux de forme arrondie et irrégulière, fréquents surtout dans les horizons supérieurs du sol riches en humus, et correspondent à la meilleure structure; les seconds ont au contraire des formes plus ou moins géométriques et anguleuses; ils sont généralement plus gros que les premiers et caractérisent les horizons riches en argile; ce type de structure est nettement moins favorable que la structure grumeleuse.

La structure est, dans une certaine mesure, dépendante de la texture: les sols très sableux sont meubles sans agrégation, les sols très argileux ou très limoneux forment souvent une masse non structurée.

Il faut enfin ajouter à ces deux types essentiels les *structures concrétionnées*, où les particules sont très fortement liées par un ciment très dur (oxydes de fer, matières humiques très polymérisées).

Une des conséquences de l'arrangement des particules en agrégats est de laisser dans le sol une certaine proportion de vides. C'est le rapport $\frac{\text{volume des vides}}{\text{volume total}}$ en % qu'on appelle *porosité totale*.

Cette porosité est essentielle, car c'est elle qui permet l'aération du sol et la perméabilité. Elle est d'autant plus élevée que la structure est meilleure. On admet que, pour un bon sol, elle est de l'ordre de 50 % à 70 %. Dès qu'elle tombe à 40 %, on peut estimer qu'on a affaire à un sol tassé.

Il ne faut pas s'imaginer la porosité comme uniquement formée d'espaces vides entre des agrégats. Les canaux creusés par les vers de terre et les larves d'insectes, les petits rongeurs, contribuent activement à cette porosité. Il arrive ainsi que des sols mal structu-

rés soient relativement poreux ; il existe même un type de structure dite « en mie de pain », où une masse peu structurée est percée de nombreuses cavités et très poreuse.

L'enracinement des arbres est un facteur essentiel d'amélioration de la structure et de la porosité. Les racines mortes, en pourrissant, laissent de nombreux canaux dans le sol et surtout donnent naissance à de la matière organique qui est un agent essentiel de structuration en grumeaux, donc de porosité. Un enracinement profond et abondant contribue donc activement à maintenir, ou même créer sur une grande épaisseur, des propriétés physiques favorables.

3°. La capacité de rétention en eau

Une partie de l'eau de pluie qui a pénétré dans le sol s'écoule dans les pores les plus grossiers du sol et s'infiltré ainsi profondément. Une autre partie reste emprisonnée dans des pores fins (diamètre $< 8 \mu$), retenue par les forces capillaires. La quantité d'eau retenue par unité de poids ou de volume de sol, après que celui-ci a été complètement saturé par l'eau et s'est convenablement drainé pendant quelques jours, s'appelle la *capacité de rétention (au champ)*. Cette caractéristique du sol est intéressante à deux points de vue :

a) *Alimentation en eau des arbres.*

L'eau retenue à la capacité de rétention constitue, en l'absence d'une nappe permanente, la réserve à laquelle puisent les arbres au cours de leur période de végétation. Plus cette réserve sera importante dans le volume prospecté par les racines, plus les arbres auront des chances de survivre ou de ne pas ralentir leur croissance pendant les périodes sèches de l'été. Il faut en réalité diminuer cette réserve d'une certaine quantité d'eau qui n'est pas assimilable par les plantes, parce que trop fortement retenue dans les capillaires du sol. On appelle cette quantité « *point de flétrissement* », car lorsque tout le reste a été consommé les plantes meurent. Seule est donc utilisable par les arbres la différence entre la capacité de rétention et le point de flétrissement : on l'appelle l'*eau utile*. En réalité les arbres, suivant leur tempérament, commencent à réduire leur consommation en eau en période sèche plus ou moins longtemps avant que le point de flétrissement ne soit atteint. Ceux qui la limitent très tôt sont économes d'eau et ont des chances de résister longtemps : ce sont les essences xérophiles. Ceux qui la limitent trop tard s'exposent à mourir par manque d'eau dans des délais assez brefs : ce sont généralement les essences exigeantes en eau (Frêne, Peuplier...).

L'étude du comportement de l'eau dans le sol a permis de montrer que l'eau stockée au-dessous de la zone d'enracinement ne peut servir que dans une faible mesure à l'alimentation des arbres, à moins qu'il ne s'agisse d'une nappe permanente. La réserve d'eau est donc pratiquement limitée à l'eau utile contenue dans les horizons du sol prospectés par les racines.

Diverses mesures de laboratoire permettent d'évaluer approximativement l'eau utile par unité de volume. On peut l'estimer à :

- dans les sables : 7 %, soit 70 mm/mètre
- dans les sables limoneux : 12 %, soit 120 mm/mètre
- dans les limons : 20 %, soit 200 mm/mètre
- dans les argiles : 15 %, soit 150 mm/mètre.

b) *Aération.*

Nous avons vu que seuls les pores les plus fins du sol (= microporosité) sont saturés par l'eau de la capacité de rétention après une pluie. Les pores et cavités de diamètre plus grand (= macroporosité) restent occupés par l'air, dans le cas au moins où le drainage est libre. On peut ainsi écrire : *microporosité* + *macroporosité* = *porosité totale*. C'est donc grâce à ces pores grossiers que l'air peut continuer à circuler dans le sol lorsque la réserve en eau de celui-ci est à son maximum, et ceci est essentiel pour la croissance et la vie des racines. S'il est nécessaire qu'un bon sol possède une forte porosité, il est donc important en outre que la répartition entre microporosité et macroporosité soit convenable : on estime qu'elles doivent être à peu près égales.

4° **Les nappes permanentes**

L'eau infiltrée finit généralement par trouver à une profondeur plus ou moins grande un niveau imperméable au delà duquel elle ne peut plus descendre. Elle constitue alors une nappe phréatique, qui accumule de grandes réserves d'eau et qui peut dans certains cas être assez proche de la surface pour que les racines des arbres aillent directement y puiser l'eau qui leur est nécessaire.

La partie supérieure d'une nappe phréatique n'est pas une limite absolument définie. Tout d'abord à partir de la zone où l'eau sature tous les espaces libres du sol, celle-ci peut remonter dans les pores les plus fins, attirée par les forces capillaires : c'est le phénomène de la *remontée capillaire*, qui détermine au-dessus de la nappe proprement dite une *frange capillaire* ; c'est à celle-ci en réalité que s'alimentent les arbres. L'épaisseur de cette frange capillaire dépend essentiellement de la texture du sol : dans un sol argileux

1,50 à 2 m ; dans un sol limoneux 1 m ; dans un sol sableux 0,40 m. Dans ce cas, la texture du sol prend donc une signification tout particulièrement importante.

De plus, au cours de l'été, le niveau des nappes baisse, soit par le seul jeu de l'évaporation de la végétation, soit parce que les écoulements latéraux ne sont plus compensés par des infiltrations suffisantes. Cette variation de niveau est variable suivant les cas particuliers : le niveau le plus haut et le niveau le plus bas atteints par la nappe sont également des caractéristiques physiques importantes du sol.

II. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET ENRACINEMENT

1° Intérêt de la connaissance de l'enracinement

Il a déjà été dit un mot, dans l'introduction, de l'importance du volume prospecté par les racines pour l'alimentation des arbres. Elle est primordiale en particulier en ce qui concerne l'eau.

Supposons par exemple qu'un peuplement résineux soit installé dans une région où il a besoin pour sa croissance optima, pendant la période de végétation, d'une certaine quantité d'eau, exprimée généralement en mm de pluie et appelée Evapotranspiration potentielle (ETP), qui comprend également l'eau évaporée directement par le sol. En l'absence d'une nappe permanente, ces besoins seront satisfaits d'une part, nous l'avons vu, par la réserve R d'eau utile dans les couches de sol prospectées par les racines, et d'autre part par la pluviométrie de la période de végétation P. La valeur moyenne de cette pluviométrie est généralement connue avec assez de précision, mais il faut la diminuer de l'interception des cimes (I) qui correspond à l'eau directement réévaporée dans l'atmosphère avant même d'être arrivée au sol. E-T-P peut être estimée grâce à des formules climatiques plus ou moins compliquées.

Pour que le peuplement n'ait pas à souffrir de manque d'eau, il faudra que $R + P - I \geq E T P$.

Supposons par exemple $E-T-P = 350$ mm

$P = 350$ mm (montagne)

$I = 150$ mm.

Il faudra donc que R soit au moins égal à 150 mm ; autrement dit, dans un sol sableux le peuplement devra pouvoir s'enraciner jusqu'à plus de 2 mètres, tandis que dans un sol limoneux il lui suffira de 75 cm.

En réalité cet exemple est très théorique, car nos connaissances dans ce domaine sont encore rudimentaires. En premier lieu, l'évapotranspiration des peuplements forestiers est mal connue. De plus,

en matière de pluviométrie estivale on ne connaît que des moyennes : or, la profondeur nécessaire d'enracinement ainsi calculée n'est qu'un minimum indispensable, car il est bien probable que la pluviométrie réelle sera moins bien répartie que la pluviométrie moyenne calculée sur 30 ans et que l'arbre aura à faire face à des périodes plus ou moins longues de sécheresse. Le calcul pourrait d'ailleurs parfaitement se faire à partir des données de l'année la plus défavorable. Enfin, on suppose implicitement qu'on a affaire à un peuplement adulte ; les peuplements jeunes sont généralement plus défavorisés encore, car leur enracinement n'a atteint ni son volume, ni son intensité maxima. Pour théorique qu'il soit, cet exemple n'en souligne pas moins l'importance qu'il y a à avoir des peuplements bien enracinés et à savoir prévoir la profondeur maxima qui pourra être atteinte par les racines. Il est d'ailleurs vraisemblable que, dans quelques années, nous disposerons de données plus précises en cette matière et que des calculs de ce genre pourront réellement être effectués.

Il est bien évident que lorsqu'il existe une nappe phréatique utilisable par les arbres, un calcul comme le précédent n'a plus sa raison d'être. Mais connaissant le niveau estival le plus bas atteint par la nappe, ou tout au moins par la frange capillaire qui la surmonte, il faut encore vérifier, pour que les arbres puissent s'y alimenter, que leurs racines sont capables d'atteindre ce niveau, c'est-à-dire qu'il n'existe pas d'obstacle infranchissable à un niveau supérieur (un lit graveleux ou un alios par exemple, ou simplement un niveau tassé). Avec des données différentes, on retombe donc, dans ce cas aussi, sur le problème de l'enracinement.

2° Facteurs qui déterminent l'enracinement

L'enracinement d'une essence est fonction à la fois d'une tendance spécifique générale et des qualités physiques du sol.

a) *Influence des propriétés physiques du sol sur l'enracinement.*

Deux facteurs surtout peuvent limiter l'extension des racines en profondeur : la résistance mécanique et le manque d'aération. Les deux sont d'ailleurs souvent liés.

Résistance mécanique.

Elle dépend dans une certaine mesure de la texture et du squelette. L'abondance de gros cailloux, les lits très graveleux, a fortiori la présence d'une dalle rocheuse, limitent à peu près totalement l'enfoncement des racines. De même les horizons d'alios, caractérisés par un concrétionnement très accentué, forment un obstacle quasi infranchissable ; c'est là un des inconvénients de la dégradation des sols par podzolisation.

Ces obstacles ne sont pas les seuls. Certains auteurs estiment que les jeunes racines ne peuvent pénétrer que dans des pores d'au moins 200 μ de diamètre, qu'elles agrandissent ensuite progressivement. Ici intervient donc la porosité totale, ou plus exactement la dimension des pores et la structure. Ainsi si un horizon très argileux ou très limoneux, dont les éléments sont très fins, n'a pas une structure convenable qui compense sa texture défavorable, ou n'est pas abondamment pénétré par les vers de terre, par de vieilles racines, il y a des chances que même du strict point de vue mécanique il offre un obstacle à l'enracinement.

Manque d'aération.

Les racines ont toujours besoin d'oxygène. Cette exigence varie avec les espèces (le Peuplier par exemple est très exigeant). Cet oxygène ne peut se trouver que dans l'atmosphère du sol qui circule, nous l'avons dit, dans les pores les plus gros. Les sols à macroporosité nulle ou trop faible ne seront donc pas, en général, prospectés par les racines. C'est le cas notamment des sols limoneux ou argileux mal structurés formant l'horizon Bg des pseudogley, complètement saturé d'eau au printemps au moment de la phase de développement actif des racines. Des études d'enracinement ont même montré que des racines qui pouvaient s'y être développées pendant une année sèche mouraient rapidement par la suite. Sur de tels sol, l'enracinement des essences sensibles ne peut être que très superficiel.

Présence d'une nappe permanente.

Les nappes permanentes étant généralement insuffisamment riches en oxygène dissous, les racines ne peuvent s'y développer. Une nappe constitue donc aussi un obstacle à l'enracinement. A la différence des précédents, c'est un obstacle à niveau variable et les essences les plus dynamiques arrivent à développer leurs racines en profondeur à mesure que la nappe descend pendant l'été.

Il peut paraître de pure forme de mentionner ici cette limite à l'enracinement, puisqu'elle ne saurait avoir pour conséquence une mauvaise alimentation en eau. Mais n'oublions pas que les arbres ont besoin de nombreux éléments minéraux et qu'ils ne peuvent en général se les procurer en abondance que dans un volume de sol important. La présence d'une nappe trop superficielle, si elle favorise l'alimentation en eau, peut donc entraîner un manque de nutrition de l'arbre : ainsi les sols de Sologne les plus productifs ne sont ni les sols très secs, sans nappe, ni les sols à nappe superficielle, mais les sols à nappe moyennement profonde (1,50 m en été).

b) *Tendance spécifique générale.*

En réalité toutes les essences n'ont pas un comportement identique. Il existe d'abord, dans le jeune âge et en l'absence de tout obstacle, une forme d'enracinement caractéristique de l'espèce: ainsi le Sapin pectiné a un pivot très vigoureux du collet duquel partent des racines horizontales superficielles.

Par la suite les obstacles rencontrés dans le sol vont obliger les essences à modifier leur enracinement si bien, qu'à l'âge adulte, celui-ci est autant le reflet des qualités physiques du sol que celui du tempérament de l'essence. De nombreuses observations montrent par exemple que l'Epicéa, dans un sol sain et meuble, a un enracinement bien développé en profondeur; ce n'est que sur les sols tassés et asphyxiants qu'il prend l'allure très superficielle qu'on lui prête généralement.

Cependant chaque essence possède, plus ou moins, la faculté de surmonter les obstacles rencontrés. Une intéressante étude a été faite à ce sujet en Allemagne sur des sols à pseudogley (KREUTZER, 1961). Elle a montré que certaines essences, feuillues ou résineuses, arrivent à s'enraciner profondément dans ces sols très défavorables. Parmi les feuillues, l'Aune glutineux vient de très loin en tête: il arrive à enfoncer ses racines à plus de 1,50 m, là où un Epicéa limiterait son enracinement à 20 ou 30 cm; et à 90 cm de profondeur il a encore plus de 200 racines de plus de 2 mm de diamètre par m² de sol. Les Trembles et les Chênes, rouvre et pédonculé, présentent aussi, mais à un moindre degré, la possibilité de coloniser les horizons très asphyxiants. Le Charme se comporte assez bien aussi, tandis que le Hêtre, le Bouleau, l'Aulne blanc s'enracinent assez difficilement. Parmi les résineux, le Sapin pectiné arrive à pénétrer aussi les pseudogley par son pivot très puissant, mais dans les espaces qui séparent les troncs, le sol est moins profondément occupé. Le Pin sylvestre s'enracine peut-être moins profondément, mais plus régulièrement que le Sapin. Cependant l'un et l'autre, ainsi que le Mélèze d'Europe, sont considérés comme de bons colonisateurs des pseudogley, tandis que l'Epicéa, le Pin Weymouth, le Douglas ne s'enracinent que dans les horizons très superficiels. Pour fixer les idées, citons quelques chiffres: à 70 cm de profondeur, dans la partie supérieure de l'horizon Bg, l'Aulne glutineux a encore 240 racines de plus de 2 mm par m², le Tremble et le Sapin 18, le Pin sylvestre 15, le Chêne 10, mais le Hêtre et le Douglas n'en ont plus que 2 et l'Epicéa plus du tout.

3° Conséquences pratiques :

l'examen des sols et le choix des essences

On en arrive ainsi à l'idée qu'une investigation soignée des divers horizons d'un sol, liée à une meilleure connaissance physio-

logique de l'enracinement de nos grandes essences forestières, pourrait permettre de prévoir, dans chaque cas particulier, la limite inférieure qu'atteindra l'enracinement de telle ou telle espèce. Cette prévision permettrait alors un choix plus judicieux des essences à cultiver. Il est certain que, pour arriver à une prévision exacte, il faudrait procéder à de nombreuses mesures de laboratoire. Toutes les considérations qui précèdent ne sont-elles alors que de la théorie pure, ou réservées à des cas très particuliers? Non, car en réalité, un examen attentif de profil de sol, effectué par un observateur un peu entraîné, peut déjà donner de précieux renseignements.

La texture est une notion relativement aisée à apprécier : un sol sableux gratte les doigts, un sol très argileux est très plastique lorsqu'il est mouillé, un sol limoneux, quoique d'aspect aussi fin, est cependant moins plastique.

La structure peut s'observer directement pour peu qu'on prenne soin de dégager les éléments structuraux avec la pointe d'un couteau et que le profil ne soit pas trop mouillé. La macroporosité apparaît assez facilement lors d'un examen attentif : les canaux de vieilles racines, les galeries de vers, les inclusions de matière organique toujours favorables, sont parfaitement visibles.

Enfin l'absence de macroporosité détermine dans les sols une pédogénèse particulière dite « marmorisation », qui consiste essentiellement en un déplacement latéral à petite distance des sels de fer et à leur concentration en des points particuliers sous forme d'oxydes. Il en résulte une bigarrure gris-blanc et rouille tout à fait caractéristique, et la présence de concrétions noires isolées de quelques millimètres de diamètre. On a alors affaire à un sol marmorisé ou, si le phénomène est très accentué, à un pseudogley. On peut être sûr que seules les essences dont l'enracinement est le plus robuste prospecteront ces horizons, alors que les essences les plus sensibles ne s'enracineront que dans les horizons supérieurs et risqueront fort de manquer d'eau en été.

En réalité, la bigarrure est d'interprétation délicate, car elle se développe aussi dans la zone de fluctuation des nappes permanentes. On ne sait pas toujours, à première vue, si l'on est en présence d'un pseudogley ou d'un sol à nappe. Pour le savoir, il faut examiner les horizons plus profonds : dans les sols à nappe, on rencontre alors souvent un horizon gris-vert caractéristique (zone complètement réduite ou Gley) ou au moins une zone où l'humidité devient manifestement de plus en plus forte. Mais un tel examen n'est vraiment probant qu'en été.

Enfin, si le sol examiné porte déjà des arbres, ou des arbustes, l'examen de leurs racines sur les côtés de la fosse pédologique est toujours une indication précieuse : là où un Chêne n'enfoncé plus ses racines par exemple, il est bien improbable qu'un Epicéa ou un Douglas consentent à le faire. La réciprocité sans doute n'est pas

vraie et de la présence de racines de Chêne on ne peut déduire que des essences moins robustes s'enracineront aussi. Mais, même dans ce cas, l'essence la plus robuste prospecte souvent moins activement les horizons les moins favorables ; ses racines ont souvent tendance à se diriger horizontalement aux niveaux où elles rencontrent un obstacle, même si finalement quelques-unes d'entre elles arrivent à le franchir. L'examen d'un système racinaire existant, de la manière dont varient en profondeur son intensité et sa direction, fournit donc presque toujours de bons renseignements.

Enfin, la flore naturelle fournit de précieuses indications, grâce à la présence de certaines plantes dites indicatrices : Molinie sur les pseudogley, Canche cespiteuse sur les sols tassés, Viorne obier dans les sols calcaires mal drainés, etc...

Une fois estimés les avantages et les inconvénients d'un sol, reste à faire le choix de l'essence, ou de l'association d'essences la plus intéressante à cultiver. La solution qui consiste à installer sur les sols qui n'offrent que quelques décimètres d'horizons favorables des essences qui s'accommodent bien d'un enracinement superficiel n'est pas toujours la plus judicieuse. Ce sera bien sûr la seule possible si l'obstacle rencontré (dalle, alios, nappe permanente très superficielle en toute saison) est absolument insurmontable. Mais des mesures de préparation du sol appropriées peuvent remédier à cette situation (sous-solage, drainage...). La plupart du temps, notamment sur les sols qui comportent un horizon tassé ou marmorisé, il est possible d'introduire soit des essences à enracinement superficiel, soit des essences à enracinement profond. Or, les premières sont souvent plus intéressantes économiquement ; c'est le cas, par exemple, du Douglas et de l'Epicéa qui, même avec un enracinement peu profond, assurent souvent une production plus importante et de plus grande valeur technologique que les secondes, Pins ou Chênes par exemple. Mais ces dernières ont l'avantage, par leur enracinement profond, de jouir d'une meilleure sécurité en année sèche, d'avoir à leur disposition une plus grande quantité d'éléments minéraux. Enfin, en colonisant par leurs racines des horizons profonds, en y creusant des canaux, en y introduisant de la matière organique, en y prélevant l'eau qui colmate les pores, elles contribuent puissamment à les structurer et à les aérer, créant progressivement des conditions plus favorables pour des essences plus délicates, ainsi qu'un milieu plus propice à la vie d'une faune active qui est elle aussi un puissant agent d'amélioration. Sous une essence à enracinement superficiel, les horizons profonds au contraire ne feront que continuer à se dégrader. Ce risque ne doit pas être sous-estimé, au moins si l'on vise à créer une forêt pérenne ; le problème se poserait en termes un peu différents si l'on envisageait par exemple une rotation rapide boisement-agriculture.

On a donc ainsi très souvent une option à faire entre un pro-

fit meilleur et plus rapide, mais qui est exposé à certains dangers et qui s'accompagne d'une dégradation progressive du capital-sol, et un profit moindre qui correspond à la fois à une plus grande sécurité et au sacrifice d'une partie du revenu pour la conservation et l'amélioration du sol. Mon propos n'est pas de donner des conseils, mais simplement de faire prendre conscience du choix à faire et de dégager objectivement les inconvénients et les avantages des solutions possibles.

Les préoccupations de profit, de sécurité et de conservation du sol ne sont d'ailleurs pas toujours inconciliables. Chaque fois que les conditions climatiques s'y prêtent, le Sapin pectiné allie aux avantages de sa production importante et précieuse ceux d'une bonne prospection du sol. Il serait intéressant de vérifier s'il en est de même du Sapin de Nordmann, dont les possibilités d'emploi sont beaucoup plus étendues. De même, le Pin maritime qui s'enracine bien sur les pseudogley constitué dans le Sud-Ouest une solution très employée. Les Pins laricio de Corse et de Calabre sont également des essences très intéressantes à ce point de vue, et présentent l'avantage de pouvoir être employées dans une gamme de climats plus étendue et de supporter une certaine dose de calcaire dans le sol. On doit cependant faire une restriction à l'égard des pins, à cause de l'influence très défavorable de leur humus sur l'évolution du sol, et ils ne doivent être employés qu'avec certaines précautions sylvicoles (éclaircies suffisantes, mélange de feuillus, etc...).

Enfin, on peut penser que certaines essences feuillues pourraient avantageusement remplacer les essences résineuses dans les reboisements ou les améliorations de forêt sur pseudogley : le Tremble, dont nous avons vu qu'il est un bon colonisateur de ces sols et qui peut assurer une production papetière intéressante, serait probablement dans bien des cas plus économique et plus sûr que l'Épicéa ; il aurait en outre l'avantage d'améliorer le sol et de constituer un boisement pérenne. L'Aulne glutineux, dans les pseudogley les plus humides, devrait également être employé plus souvent. Il n'est d'ailleurs pas impossible d'envisager une association feuillu-résineux, par exemple Tremble-Épicéa, le premier assurant l'amélioration du sol en même temps qu'une partie de la production, le second fournissant un complément de revenu : c'est d'ailleurs une association naturelle de certaines forêts nordiques (Nord de la Russie d'Europe). Notons toutefois, en ce qui concerne le Tremble, que son emploi courant reste pour le moment subordonné à l'aboutissement des travaux entrepris sur la production des plants et les techniques d'installation.

CONCLUSION

Les préoccupations actuelles de la sylviculture moderne nous entraînent fréquemment sur la voie des interventions énergiques et

souvent coûteuses (travaux mécaniques, phytocides, fertilisation): elles permettent d'ailleurs des réalisations remarquables. Elles auraient cependant tendance à nous faire croire que tout est possible partout. Pourtant il est essentiel de ne pas oublier que la nature nous impose un certain nombre de conditions très difficiles à changer. Les propriétés physiques du sol en font partie et il faut absolument se persuader qu'elles sont l'élément principal de la fertilité des stations. S'il est relativement facile d'améliorer chimiquement un sol, les propriétés physiques ne peuvent évoluer que lentement dans un sens favorable; par contre elles se dégradent très vite. Leur examen objectif et attentif, le souci de leur maintien et de leur amélioration, doit être une des premières préoccupations du sylviculteur: lui-même, et plus encore ses successeurs, en tireront presque toujours un profit.

BIBLIOGRAPHIE

- BONNEAU (M.). — Evaluation au laboratoire de la capacité au champ en fonction de la texture. *Bull. A.F.E.S.*, n° spécial (8), août 1961, p. 16-26.
- DUCHAUFOUR (Ph.). — Culture du Peuplier et pédologie. *6^e Congrès intern. Peuplier, France. Rapp. et Communications franç.*, avril 1957, p. 33-44.
- DUCHAUFOUR (Ph.). — Précis de Pédologie. *Masson et Cie, Edit.*, Paris, 1960, 438 p.
- GUPTA (M.-P.). — Kritische Diskussion der Methoden zur Erkundung der Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt und ihre Anwendbarkeit in Indian. *Mitt. d. Bundesforschungsanstalt f. Forst- u. Holzwirtschaft*, Hamburg (52), mai 1961, p. 1-169.
- HALLAIRE (M.). — Diffusion capillaire de l'eau dans le sol et répartition de l'humidité en profondeur sous sols nus et cultivés. *Ann. Agr.*, série A, mars-avril 1953, p. 143-244.
- HENIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.) et MONNIER (G.). — Le profil cultural. Principes de physique du sol. *Soc. d'Éditions des Ing. Agric.*, Paris, 1960, 320 p.
- HOLSTENER-JORGENSEN (H.). — Physical soil-investigations in danish Beechstands. *Det forst. Forsogsvaesen i Danmark*, **25**, 1958, p. 93-223.
- KÖSTLER (J.-N.). — Untersuchungen zur Wurzelbildung. *Allgemeine Forstzeitsch.* (28), juil. 1962, p. 413-417.
- KREUTZER (K.). — Wurzelbildung junger Waldbäume auf Pseudogleyböden. *Forstw. Centralblatt*, **80**, (11/12), nov.-déc. 1961, p. 356-392.
- POURTET (J.). — Les repeuplements artificiels. *Ed. Ecole Nat. Eaux et Forêts*, 2^e éd., Nancy, 1951, 242 p.
- TURC (L.). — Evaluation des besoins en eau d'irrigation. Evapotranspiration potentielle. *Ann. Agr.*, **12** (1), 1961, p. 13-49.
- WILLIAMS (R.J.B.) et COOKE (G.W.). — Some effects of farmyard manure and of grass residues on soil structure. *Soil Sci.*, **92** (1), juil. 1961, p. 30-39.
- WITTICH (W.). — Die Verbesserung des Wasserhaushaltes durch Forstkulturmaßnahmen. *Allgemeine Forstzeitsch.*, (10), mars 1959 (n° spécial), p. 201-205.