
LES ENRÉSINEMENTS RISQUENT-ILS DE DIMINUER LA FERTILITÉ DES SOLS ?

M. BONNEAU

Class. Oxford 114.58 : 174.7

On accuse souvent les cultures forestières d'une essence unique, surtout résineuse de dégrader les sols. La question est d'importance puisque la forêt devrait occuper, dans l'avenir, une proportion croissante des surfaces rurales européennes : l'agriculture doit abandonner les terres marginales, l'accroissement des rendements sur l'espace maintenu en culture compensant largement sa réduction de surface ; en même temps, le déficit en bois, bois d'industrie surtout, va en augmentant. On doit donc logiquement réserver à la forêt les terres que les agriculteurs n'utilisent plus dans de bonnes conditions de rentabilité, tandis que des forêts mélangées, encore proches de leur composition naturelle, seront gérées en vue d'une production accrue, modification qui tend souvent à la monoculture résineuse.

LES RISQUES DE DEGRADATION DES SOLS

D'abord, que faut-il entendre par dégradation ? Le mot peut être pris dans deux sens assez différents.

● *Dégradation au sens pédogénétique*, c'est-à-dire évolution du sol au-delà du climax, déclenchement d'un nouveau processus évolutif tendant à mettre le sol en nouvel état d'équilibre avec la nouvelle végétation imposée par l'homme. Cette évolution se traduit par un changement de l'humus, une modification de la morphologie du profil et de ses propriétés physico-chimiques.

● *Diminution irréversible de la fertilité*, phénomène que n'implique pas forcément la dégradation au sens précédent et qui correspondrait à 3 processus :

- diminution importante du stock de minéraux altérables, donc des réserves d'éléments nutritifs à long terme ;
- altération irréversible des propriétés physiques : par exemple imperméabilisation, destruction de la structure ou induration d'un horizon du profil ;
- abaissement de la teneur en argile diminuant la capacité totale d'échange, donc les possibilités de stockage des éléments assimilables.

Comment peut-on avoir une idée de ces dégradations ?

Données de la pédologie fondamentale

Sur le plan de l'exportation de matière minérale par le bois produit, les futaies résineuses ne sont pas plus dangereuses pour le sol que les futaies feuillues. Denayer, Desmet et Duvigneaud ont chiffré en Belgique les immobilisations annuelles dans le bois, l'écorce et les branches pour une hêtraie de 130 ans (23 kg de N, 3 kg de P, 8 kg de K, 11 kg de Ca) et pour une pessière de 55 ans (respectivement 29, 7, 17 et 14 kg) : si la pessière immobilise une quantité un peu plus importante de certains éléments comparativement à la hêtraie, c'est uniquement à cause d'une production plus forte. De toute façon, ces chiffres sont très faibles et ne représentent guère que le dixième des exportations d'une culture agricole. On peut d'ailleurs très facilement, comme en agriculture, compenser ces exportations par une fertilisation minérale. Ce n'est pas sur ce plan qu'il faut chercher un éventuel effet nocif des résineux.

La dégradation des sols en climat tempéré est due principalement à l'influence de l'humus. Une partie plus ou moins importante des matières organiques hydrosolubles contenues dans les litières ou des acides fulviques qui prennent naissance lors de leur décomposition, peuvent migrer à travers le profil provoquant, par mobilisation du fer et de l'aluminium fixés sur le complexe absorbant, ou du fer des hydroxydes, une destruction des structures qui aboutit à un tassement du sol. En même temps, les cations, notamment le calcium, sont entraînés. L'altération des minéraux est accélérée et même, dans les cas graves, les argiles sont altérées ou détruites. Ces processus sont d'autant plus accusés que la quantité de matière organique soluble qui percole à travers le profil est plus importante. Or, dans les humus de type mor, ces matières hydrosolubles, produites de manière continue, ne sont pas, ou très lentement, dégradées.

D'après Bruckert et Jacquin, la quantité d'acide citrique, le plus actif des agents qui percolent à travers le profil, est 140 fois plus grande sous un mor typique de Pin sylvestre que sous un mull de forêt feuillue. Dans ce dernier type d'humus, en effet, dans les sols bruns lessivés par exemple, les substances hydrosolubles sont dégradées ou polymérisées dès l'horizon A₁.

Certains résineux, Pin et Epicéa surtout, ont tendance à produire des mois et non des mulls. Bauzon, Beck, Dommergue ont montré que l'activité biologique des litières de résineux, Sapin, Epicéa ou Pin sylvestre, était très inférieure à celle observée sous des forêts feuillues situées sur des sols comparables. Cette différence se traduit clairement dans l'indice respirométrique et l'activité deshydrogénasique ainsi que dans l'inhibition de cultures microbiennes par des extraits aqueux de litière. Cette inhibition est d'ailleurs bien plus nette sur les sols acides que sur les sols bien pourvus en calcium, ces derniers présentant une « inertie biologique » très grande. Dans les sols hydromorphes, la population des vers de terre se raréfie sous résineux (Schlenker).

On peut donc s'attendre, sur les sols acides et sous les résineux, à une évolution du profil par désaturation, acidification et destruction des structures. Mais toutes les forêts résineuses n'ont pas des humus de type mor. Les effets qu'elles exercent sur le sol peuvent donc, suivant les espèces et les roches-mères, être d'une amplitude très différente.

C'est pourquoi une étude in situ des influences réelles exercées par les plantations résineuses, dans diverses situations, est un complément indispensable aux apports de la pédologie fondamentale.

Etude du sol sous des plantations artificielles

Il s'agit ici de comparer les sols de plantations artificielles, aussi âgées que possible, aux sols homologues, supposés identiques au départ, sous forêt feuillue.

Citons d'abord les quelques dégradations extrêmes qui peuvent être facilement observées. Sur les sables à silex très pauvres de la Sologne du Sud, une plantation de



Pin sylvestre de 40 ans a totalement déferrié la partie supérieure du sol sur une vingtaine de centimètres. Le sol était à l'origine un sol de culture ; parallèlement, la végétation s'est modifiée profondément et n'est plus composée que de mousses. Sur une parcelle voisine ayant subi le même traitement antérieur, le Pin Laricio a eu en effet moindre, probablement à cause de sa densité plus faible qui a permis à un tapis de graminées de couvrir le sol. En forêt de Leria, au Portugal, sur des sables très pauvres, des podzols « en coquetier » coïncident exactement avec l'emplacement des vieux pins maritimes. Ces deux exemples montrent que l'on peut assister, sous certains résineux et sur certaines roches-mères sableuses particulièrement pauvres, à une dégradation rapide, irréversible, due sans conteste à l'essence introduite.

Ces cas restent cependant rares et les évolutions constatées sont la plupart du temps beaucoup plus discrètes. Genssler, comparant les sols de peuplements d'Epicéa de 2^e et 3^e génération à ceux de forêts feuillues sur des couvertures de solifluxion dans le Harz, n'a constaté aucune modification importante de la morphologie du profil, mais seulement une augmentation de 3 cm de l'horizon A₀, une diminution du pH des horizons humifères de 4 à 3,6, une élévation du rapport C/N de 18 à 25 et un abaissement du taux de saturation de 12 à 8 %. Le sol reste un sol brun acide comme celui de la hêtraie naturelle, avec une simple tendance superficielle à la podzolisation.

Dans le Morvan, par comparaison avec la Hêtraie, il semble que la culture de l'Epicéa ait notablement diminué le taux de calcium complexé par la matière organique (Brette, travail non publié). Il avait déjà été remarqué en forêt de Haye (Duchaufour, Bonneau), sous Douglas d'une trentaine d'années, un abaissement du taux de calcium échangeable.

Werner a étudié, sur les couvertures de loehm de Haute-Souabe, les modifications entraînées par la monoculture de deux ou trois révolutions d'Epicéa sur des pseudogleys secondaires, en prenant comme point de comparaison une chênaie voisine. Il n'observe pas de modification importante de la morphologie générale du profil, ni de sa couleur, mais constate cependant un tassement des horizons supérieurs jusqu'à 40 cm de profondeur, avec édification d'un humus brut et acidification. Sa conclusion est que le sol, malgré la faible modification de son aspect, s'est nettement engagé dans une dynamique différente de celle de son homologue de forêt feuillue, avec tendance à la podzolisation et à l'asphyxie.

Dans la même région, une équipe de chercheurs forestiers de Stuttgart, sous la direction de G. Schlenker, a entrepris un travail analogue sur des sols allant du sol brun lessivé au pseudogley, sur des limons surmontant les argiles de la Lettenkohle, mais en se limitant à des peuplements d'Epicéa de 1^{ère} génération. Ce sont aussi uniquement les horizons supérieurs qui présentent des signes nets de dégradation : évolution de l'humus vers un moder, acidification, tassement reconnaissable à la structure en plaquettes, augmentation des taches d'oxydoréduction en A₂. Les mesures de l'humidité du sol montrent que l'Epicéa prospecte moins bien les horizons profonds des pseudogleys que la forêt feuillue. La dégradation physique des horizons supérieurs serait due à la fois à l'action de l'humus et à l'effet de malaxage du sol, lorsqu'il est mouillé, par les racines des épicéas ébranlés par le vent. Enfin, les progrès des phénomènes d'hydromorphie se marquent particulièrement au moment des coupes à blanc qui sont presque obligatoires dans la culture de cette essence (notons qu'il en est d'ailleurs de même dans les forêts feuillues, en chênaie notamment).

Baisse de fertilité de génération en génération

Une autre méthode d'évaluation de la baisse de fertilité sous les forêts résineuses consiste à comparer, sur des stations identiques, la production de peuplements de 3^e génération à celle des 2^e et 1^{ère} générations. De telles recherches ont été menées au Danemark par Holmsgaard dans l'île de Seeland. Il conclut à une production

aussi bonne en 3^e génération. Genssler arrive en Allemagne à la même conclusion. Par contre, Blanckmeister estime que la productivité a baissé après la culture de plusieurs générations d'Epicéa et de Pins sylvestres en Saxe. De même Keeves, en Australie, Stone et Will en Nouvelle-Zélande pensent que la 2^e génération de Pinus radiata est moins productive que la première (en partie par insuffisance de la nutrition azotée).

Examen des sols des vieux massifs forestiers

La comparaison de plantations résineuses artificielles et de forêts feuillues, sur des stations identiques à l'origine, est très rigoureuse sur le plan scientifique. Son interprétation est cependant difficile car les conifères n'ont exercé leur action sur le sol que pendant quelques dizaines d'années, un ou deux siècles au maximum, et il est délicat d'en déduire quel sera l'état d'équilibre final ; on peut aussi bien, de bonne foi, exagérer que minimiser l'écart possible à très long terme avec le climax feuillu et la baisse de fertilité.

L'examen de très vieux massifs naturels ou artificiels peut nous fournir de précieux renseignements. Il est bien connu que les sols forestiers sont en moyenne plus évolués, plus désaturés que les sols agricoles formés sur les mêmes unités géomorphologiques et que les sols des forêts résineuses sont également plus évolués que leurs homologues des forêts feuillues. Ainsi, dans les moyennes montagnes cristallines, Vosges et Massif Central par exemple, les sols de prairie ou de culture sont souvent des sols bruns acides, la plupart du temps réapprovisionnés en bases échangeables par les engrais et les amendements, alors que les sols de hêtraie ou de sapinière présentent une évolution podzolique plus ou moins avancée. Cette dégradation n'atteint cependant pas systématiquement un degré inquiétant : elle s'arrête la plupart du temps au stade cryptopodzolique (à peine discernable du sol brun acide à moder) ou ocre-podzolique, caractérisés par un humus de type moder, une libération de fer et d'aluminium et une acidification, mais ni la capacité d'échange, ni la structure ne sont fortement diminuées. Les minéraux argileux restent stables ou subissent des transformations limitées (illite en chlorite, par exemple).

Par contre, sous certaines essences, notamment le Pin sylvestre, le Pin maritime, on peut atteindre le stade du podzol sur les roches-mères acides à texture grossière, telles que les sables de Sologne ou des Landes, les diluviums glaciaires de l'Europe du Nord, les grès du Bundsandstein inférieur, certains granites ou porphyres très quartzeux des Vosges ou de Bohême. De même, en Scandinavie, sous l'influence du climat froid, le sol est souvent fortement podzolisé. Le sol est alors beaucoup plus dégradé, les argiles sont partiellement ou totalement détruites en surface ; par contre, l'altération de la roche-mère est moindre, en profondeur, que dans les sols bruns ; la précipitation des hydrates de fer, d'aluminium et de la matière organique autour des particules minérales semble les protéger contre l'altération (Souchier, 1971).

Un autre type de dégradation semble fréquent : l'accentuation des phénomènes d'hydromorphie sous l'Epicéa lorsque le sol originel présente déjà un drainage insuffisant. Ainsi, dans les hautes-chaînes jurassiennes au climat particulièrement pluvieux, les vieilles pessières ont dégradé les marnes jusqu'au stade du stagnogley (évolution podzolique combinée à une forte imperméabilisation du profil). En Souabe, beaucoup de vieux peuplements artificiels reposent sur des pseudogleys très superficiels.

La fertilité réelle de ces sols pédogénétiquement dégradés n'est d'ailleurs pas mauvaise. La sapinière vosgienne sur les sols ocre-podzoliques ou même podzoliques des Basses-Vosges ne donne nullement l'impression d'une forêt ruinée. Elle reste encore d'une production honorable sur les quelques vrais podzols que l'on peut trouver sur les granites leucocrates des Hautes-Vosges. Et qui contesterait que la forêt landaise, pourvu qu'on la cultive avec des méthodes modernes, est une des plus rentables de France ?



Podzol humo-ferrugineux des Basses-Vosges sur grès, sous végétation de Pin sylvestre et de callune (Taintrux-Vosges)
Photo BONNEAU

Prise en considération de l'histoire des sols et des phénomènes paléopédologiques.

Les conclusions précédentes doivent d'ailleurs être nuancées et révisées au fur et à mesure que progresse notre connaissance de l'histoire, quelquefois très longue, des sols. Dans le sud-ouest de la France, il est bien évident que le Pin maritime n'est pas responsable de la formation des podzols qui existent même dans des stations enrésinées depuis quelques années seulement. Récemment, il a été montré (Guillet, 1972), à partir des données de la palynologie, que les podzols des pineraies sur grès vosgien s'étaient développés lors d'une très ancienne phase d'envahissement par la callune, pendant laquelle le Pin sylvestre était absent ou peu abondant. D'après les études allemandes, en Souabe, les pseudogleys secondaires les plus nets et les plus superficiels sont de vieux sols antérieurs à la glaciation würmienne ; les sols plus jeunes sont moins évolués. Ainsi, en-dessous de tumulus préhistoriques édifiés bien avant que l'homme n'introduise l'Épicéa dans la région, on trouve des pseudogleys anciens très typiques. Il faut en conclure que la culture massive de l'Épicéa a été pratiquée là où le sol était déjà tellement dégradé par des causes naturelles que la forêt feuillue avait beaucoup de mal à être maintenue ; l'enrésinement a donc été la conséquence et non la cause de la dégradation du sol.

Sous forêt feuillue, il existe d'ailleurs, dans certaines conditions, des sols très évolués : beaucoup de nos forêts de chêne ou de nos taillis sous futaie sont sur de vrais pseudogleys. Sur la gaize d'Argonne, la micropodzolisation de surface est fréquente sous la hêtraie et il existe même de véritables podzols. Les pédologues belges et hollandais

ont mis en évidence des podzols formés il y a très longtemps sous des chênaies en sol sableux. Rappelons enfin que, selon Becker, le très classique régime du taillis-sous-futaie feuillu est responsable d'une accentuation de l'hydromorphie sur certains sols de l'Est, qui va jusqu'à la disparition de l'état boisé.

Sur certaines roches-mères des conditions anciennes ont donc amorcé de profondes dégradations pédologiques. Elles ont pu avoir pour conséquence des difficultés réelles de maintien des feuillus nobles et le forestier a été obligé de les remplacer par des résineux plus rustiques. Attribuer à ces essences une dégradation qui souvent existait avant elles est donc, dans bien des cas, erroné : elles n'ont fait souvent qu'entretenir le processus sans beaucoup l'accroître.

En conclusion, il semble que, dans la majorité des cas, les enrésinements ne puissent engendrer que des baisses de fertilité assez limitées, qu'il ne faut pas nier systématiquement, mais dont il faut se garder d'exagérer les conséquences.

Sur les sols bien drainés, même acides, issus de roches-mères cristallines, la culture des résineux, même de l'Epicéa, ne risque pas de provoquer de très graves détériorations. Il peut se produire une baisse de pH limitée, une perte de cations, qui ne sont pas irrémédiables. Mais les propriétés physiques du sol, élément essentiel de sa fertilité, restent intactes. Souchier a d'ailleurs montré que les roches-mères cristallines riches en fer, résistaient bien à la podzolisation, du fait justement que la structure superficielle, maintenue en bon état par l'abondance de ce cation qui favorise la polymérisation de la matière organique et ses liaisons avec l'argile, permet une bonne aération et une vie biologique active, et favorise l'évolution de l'humus vers un mull. Dans les plantations d'Epicéa du plateau de Millevaches, vieilles de plusieurs dizaines d'années, même très denses, la couche de litière ne dépasse pas 3 cm. Le Haut-Beaujolais, activement enrésiné depuis un siècle, ne donne nullement l'impression d'une nature ruinée.

Sur les sols à texture fine, mais bien drainés et assez riches en calcium comme les argiles de décalcification ou les loehms peu décalcifiés, les risques sont à peu près nuls.

Par contre, les roches-mères très pauvres en fer, telles que certains granites leucocrates, les sables, peuvent subir, sous une monoculture résineuse, une évolution podzolique assez rapide.

Sur les sols à texture fine, pauvres en calcium et présentant déjà, sous forêt feuillue, une tendance à l'hydromorphie, la culture de l'Epicéa peut provoquer à la longue une destruction des structures et une accentuation de l'hydromorphie superficielle correspondant à une baisse réelle de fertilité. Ces deux derniers types de stations ne doivent pas être enrésinés sans discernement.

LES PRÉCAUTIONS A PRENDRE

Les risques que l'on a essayé de définir ci-dessus, plus ou moins graves, selon les stations, ne doivent pas, semble-t-il, conduire à renoncer à l'amélioration par enrésinement des forêts feuillues peu productives. Il existe en effet des possibilités de réduire très notablement les dégradations prévisibles.

La fertilisation minérale, surtout calcique et azotée, mais éventuellement complétée par d'autres éléments, est un frein efficace à l'édification des humus bruts sous résineux. De plus, elle concourt souvent à l'augmentation de la production.

Toutes les essences résineuses ne sont pas équivalentes : les litières du Douglas, du Sapin, sont beaucoup plus facilement décomposables que celles de l'Epicéa ou du Pin sylvestre. Un mélange du peuplement résineux avec des feuillus bien choisis à litière facilement minéralisable, tels que tilleul, tremble, aulne, sycomore, bouleau, peut contribuer puissamment à un bon entretien de l'humus.

Enfin, les techniques sylvicoles, notamment des éclaircies énergiques, en laissant arriver au sol le maximum de chaleur, favorisent la décomposition des litières forestières et permettent l'installation en abondance d'une flore variée (graminées, morts bois) ; celle-ci contribue à améliorer l'humus. Elle prospère plus facilement sur les sols fertilisés.

La prévention contre la dégradation peut être nuancée selon les types de station :

● **Sols calcaires ou argiles de décalcification bien drainées et encore riche en calcium**

L'enrésinement est possible sans précaution spéciale. Sur sols calcaires, l'effet décarbonatant de la litière résineuse pourrait même, à la longue, avoir un effet bénéfique.

● **Sols bien drainés sur roches cristallines acides ou sur limons acides**

L'enrésinement est possible avec toutes les essences mais il est prudent de prévoir une fertilisation calcique de base (avec apport éventuel d'autres éléments suivant la station) et un mélange d'essences feuillues.

● **Sols à texture grossière, pauvres en calcium et en fer : affleurements sableux, gréseux, roches cristallines leucocrates.**

Ces sols sont plus fragiles que les précédents. Outre les précautions ci-dessus, il faut éviter les essences les plus dégradantes, Epicéa et Pin sylvestre. On leur préférera les Sapins, le Douglas ou le Mélèze ; on augmentera le mélange de feuillus et on intensifiera les éclaircies permettant le développement d'une flore herbacée. La fertilisation initiale devra être plus faible que dans le cas précédent, mais renouvelée périodiquement en raison de la faible capacité d'échange du sol.

● **Sols à hydromorphie temporaire accentuée (pseudogleys, pelosols-pseudogleys, sols lessivés à pseudogley).**

Ils posent probablement le problème le plus délicat ; l'hydromorphie s'accompagne d'une acidification et d'une fragilité de structure, déjà même sous forêt feuillue. Le choix des essences est plus difficile car elles doivent supporter la nappe perchée en hiver et au printemps, et parfois une certaine sécheresse d'été. Les essences qui s'adaptent le mieux à ces conditions, l'Epicéa, le Pin sylvestre et le Pin maritime, sont précisément des espèces à litière difficilement décomposable.

Le mélange de feuillus est encore plus nécessaire qu'ailleurs ; on recherchera de préférence des feuillus à enracinement dynamique, capables de coloniser les horizons profonds imperméables et d'améliorer leur structure, par exemple l'Aulne glutineux et le Tremble.

Parmi les résineux, les sapins à enracinement pivotant et à litière assez facilement décomposable, seraient préférables aux autres essences. Leur caractère d'essences d'ombre permet d'envisager une régénération progressive, évitant les coupes brutales qui entraînent un renforcement de l'hydromorphie.

On peut imaginer une forêt productive, à base de sapins mélangés de trembles ou d'aulnes, éventuellement un boisement en Epicéa ou Pin sylvestre auxquels on associerait 50 % de feuillus.

Pour l'installation de ces essences, la fertilisation est souvent utile. On pourra aussi améliorer leur démarrage par un drainage peu profond mais à faible écartement (25 m), ou par un façonnage du sol en billons (Levy, 1972). Des opérations expérimentales de ce type ont été effectuées sur une assez large échelle en Allemagne de l'Est et de l'Ouest.

Si on veut travailler le sol, on veillera spécialement à le faire lorsqu'il est bien ressuyé ; sinon, les façons culturales peuvent entraîner des destructions de structure et des tassements très nuisibles. Ceci est d'ailleurs vrai, quoique dans une moindre mesure, pour les autres types de station.

On doit noter que sur ces types de sols la culture d'un résineux à feuillage dense, mais à litière assez favorable (Sapin par exemple), peut avoir sur le sol un effet améliorant : la plus forte consommation d'eau, liée à l'interception des cimes et à la présence permanente du feuillage, a en effet tendance à raccourcir les périodes d'existence de la rappe perchée (Levy).

Le Chêne s'adapte bien à ces types de sols et peut constituer une excellente solution ; mais sa régénération par coupes brutales est un inconvénient qu'il faut pallier par un drainage, au moins pendant les périodes de régénération. Cette solution n'est cependant pas valable pour tous les propriétaires.

CONCLUSION

On doit retenir qu'une certaine dégradation du sol par la culture des résineux, prouvée si on l'entend au sens de la pédogénèse (nouvelle évolution à partir du climax) n'est pas forcément synonyme d'une perte de fertilité irrémédiable. Il existe du reste des moyens de limiter considérablement les inconvénients possibles sans pour autant laisser sous-productif un capital utile à l'économie et à la civilisation. Ces moyens impliquent cependant, il faut en avoir conscience, une augmentation des frais de culture et peut-être, dans certains cas, une certaine limitation de la production.

Par ailleurs, la recherche d'essences feuillues productives et utiles à l'industrie, même à courte révolution, si possible de feuillus s'accommodant d'une régénération progressive, voire d'un traitement en futaie jardinée, une mise au point de techniques facilitant leur installation ou leur sylviculture, à l'état pur ou en mélange avec d'autres feuillus, ou résineux, constituent probablement à long terme des voies intéressantes pour la mise en valeur sans nocivité des stations les plus fragiles (pseudogleys, sols sableux très pauvres).

Il est également nécessaire qu'un effort soit fait pour évaluer précisément, sous forme de bilans quantitatifs d'éléments nutritifs, les effets des cultures résineuses.

Tous ces problèmes sont importants et méritent d'être réfléchis, mis à l'étude et résolus ; leur solution permet certainement la conciliation des deux préoccupations également dignes d'intérêt mais trop souvent passionnellement opposées, de production accrue et de conservation de la nature ; chacun doit avoir pleine conscience que les nécessités de la production d'aujourd'hui doivent éventuellement s'accommoder de sacrifices ou de limitations pour sauvegarder celle de demain et que souci de conserver n'est pas synonyme d'immobilisme.

Maurice BONNEAU

Ingénieur en chef du G.R.E.F.

Directeur de la Station de recherches
sur les sols forestiers et la fertilisation

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES
FORESTIÈRES (I.N.R.A.)

Champenoux
54370 EINVILLE

BIBLIOGRAPHIE

- BECKER (M.). – Etude des relations sol-végétation en conditions d'hydromorphie, dans une forêt de la plaine lorraine. – Thèse. Sciences naturelles. Nancy, décembre 1971.
- BLANCKMEISTER (S.). – Die Problematik der Ertragssteigerung in der Forstwirtschaft in Vergleich zur Landwirtschaft. *Sitzungsberichte der Deutschen Akademie*, vol. 9, 1960.
- DEMAEYER (S.), DUVIGNEAUD (A.). – Comparaison du cycle des polyéléments biogènes dans une hêtraie et une pessière établies sur même roche-mère à Mirwart (Ardenne luxembourgeoise). *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, n° 1, janvier 1972.
- GENSSLER (H.). – Veränderungen von Boden und Vegetation nach generationsweisen Fichtenanbau. – Thèse. Hann-Münden. 1959.
- GUILLET (B.). – Relation entre l'histoire de la végétation et la podzolisation dans les Vosges. – Thèse de doctorat. Université de Nancy. Sciences naturelles. 1972.
- HOLMSGAARD (F.). – Ertragskundliche Untersuchungen in Fichten-beständen erster und zweiter Generation im dänischen Jungmoränengebiet. *Tagungsberichte der Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften in Berlin*, n° 84, 1968.
- KEEVES (A.). – Some evidence of loss of productivity with successive rotations of *Pinus radiata* in the South-East of South Australia. *Australian forestry*, vol. 30, n° 1, 1966.
- LEVY (G.). – Premiers résultats d'étude comparée de la nappe temporaire des pseudogleys sous résineux et sous feuillus. *Annales des sciences forestières*, vol. 26, n° 1, 1969.
- LEVY (G.). – Résultats initiaux de deux expériences d'assainissement du sol sur plantation de résineux. *Annales des sciences forestières*, vol. 29, n° 3, 1972.
- SCHLENKER (G.). – Die Auswirkungen der Laubholz - bzw - Fichtenbestockung auf den Regenwurmbesatz in Parabraunerden und Pseudogleye des Neckarlandes. *Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung*, n° 20, 1971.
- SCHLENKER, BABEL, BENECKE... – Untersuchungen über Auswirkungen des Fichtenreinanbau auf Parabraunerden und Pseudogleye des Neckarlandes. *Mitteilungen des Vereins für forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung*, n° 19, 1969.
- SOUCHIER (B.). – Evolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard (Vosges). – Thèse de doctorat. Université Louis-Pasteur. Strasbourg. 1971.
- STONE, WILL (G.-M.). – Nitrogen deficiency of second generation radiata Pine in New Zealand. – Corvallis (Orégon), Forest-Soils Relationships in North America, Oregon University Press, 1965.
- WERNER (J.). – Zur Frage der Wirkung von Fichtenmonokulturen auf Staunässe empfindliche Böden. Standort. *Wald und Forstwirtschaft in Oberschwaben*, 1964.