



HAL
open science

Les Excès d'eau : influence sur la croissance des chênes.

Gérard Lévy, Yves Lefèvre, Michel Becker, Henri Frochot, Jean-François Picard, Pierre-André Wagner

► **To cite this version:**

Gérard Lévy, Yves Lefèvre, Michel Becker, Henri Frochot, Jean-François Picard, et al.. Les Excès d'eau : influence sur la croissance des chênes.. *Revue forestière française*, 1999, 51 (2), pp.151-161. 10.4267/2042/5427 . hal-03443506

HAL Id: hal-03443506

<https://hal.science/hal-03443506>

Submitted on 23 Nov 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.

LES EXCÈS D'EAU : INFLUENCE SUR LA CROISSANCE DES CHÊNES

G. LÉVY - Y. LEFÈVRE - M. BECKER
H. FROCHOT - J.-F. PICARD - P.A. WAGNER

La présence d'une nappe dans le sol pose des problèmes importants de gestion essentielle-ment lorsqu'elle ne subsiste pas toute l'année. En effet, les sols à nappe temporaire présentent des conditions de milieu beaucoup plus défavorables aux arbres que les sols à nappe permanente ; par ailleurs, ils couvrent en France des surfaces forestières considérablement plus importantes.

Les Chênes pédonculé et sessile constituent le plus souvent la base des peuplements sur sol à nappe temporaire. Aussi est-il primordial de connaître leur comportement, en particulier leur potentialité de croissance, sur les différents types de sol concernés. D'autres espèces de Chêne pourraient aussi *a priori* permettre la mise en valeur de ces sols, notamment le Chêne rouge d'Amérique ; leur comportement mérite donc également d'être étudié.

Un sol à nappe temporaire est un sol dans lequel se trouve, à une certaine profondeur, un horizon plus ou moins imperméable. À diverses périodes de l'année, essentiellement en hiver et au printemps, il arrive plus d'eau de pluie à la partie supérieure de cet horizon qu'il ne peut s'en infiltrer en profondeur, s'en écouler latéralement et s'en évapotranspirer. Une nappe "perchée" se forme alors sur cet horizon, qu'on appelle le "plancher" de la nappe. Cette nappe remonte plus ou moins près de la surface du sol, puis fluctue, avant de disparaître provisoirement ou définitivement jusqu'à la fin de la saison de végétation. Une partie, ou même parfois la totalité, du système racinaire des arbres se trouve ainsi ennoyée pendant une durée variable. Le sol est par contre totalement dépourvu de nappe à d'autres périodes ; la présence d'une nappe est ainsi généralement peu fréquente entre les mois de juin et de décembre.

À quelles contraintes les Chênes sont-ils soumis sur ces sols ? Leurs racines, comme tous les organes vivants, ont besoin d'oxygène pour vivre, se développer et absorber les éléments nutritifs et l'eau (Lévy et Toutain, 1994). En présence d'une nappe, même si elle est relativement aérée, le renouvellement de l'oxygène au contact des racines qui le consomment est extrêmement lent. Le système racinaire des arbres subit alors une contrainte "**hypoxie**" (déficit en oxygène), dont l'intensité et les effets dépendent de la période et de la durée de présence de la nappe dans le sol, ainsi que du niveau qu'elle atteint. Cette nappe est d'autant plus défavorable qu'elle se rapproche plus de la surface du sol et qu'elle y demeure plus longtemps.

Par ailleurs, les arbres sont généralement plus sensibles à la sécheresse climatique estivale sur sols à nappe temporaire que sur les autres types de sol. En effet, la réserve en eau utili-

sable de ces sols est souvent faible : d'une part, parce que la nappe a précédemment limité l'extension du système racinaire ; d'autre part, en raison de la texture grossière ou de la faible épaisseur de l'horizon de fluctuation de la nappe et/ou du caractère peu prospectable du plancher.

Finalement, il apparaît que les Chênes sont soumis, sur sols à nappe temporaire, à deux contraintes successives au cours de l'année : hypoxie, au printemps, et déficit hydrique, en été.

Un programme de recherches a été mis en place depuis longtemps par l'INRA en vue de la mise en valeur de ces sols par les Chênes. Deux types d'études ont été menés : d'une part, celles réalisées en conditions contrôlées, afin d'analyser la réponse des arbres aux deux contraintes ; d'autre part et surtout, les travaux menés en forêt, destinés à étudier et comparer le comportement des espèces de Chêne sur les différents types de sol concernés et à examiner l'intérêt d'une intervention en vue d'améliorer la production. Nous présenterons dans cet article essentiellement, et très synthétiquement, les résultats les plus récents ou ceux non encore publiés.

ÉTUDES EN CONDITIONS CONTRÔLÉES

Le travail le plus récent a été réalisé en grandes cuves de végétation sur des plants de quatre ans de Chêne pédonculé et sessile (Wagner, 1996). Des plants ont été soumis, soit à l'une seulement des deux contraintes, soit successivement aux deux contraintes.

Examinons déjà les effets de **l'hypoxie seule** (causée par l'excès d'eau). Une nappe maintenue pendant un mois à - 7 cm affecte beaucoup, durant la période d'engorgement, la croissance en hauteur des plants chez le sessile (environ - 40 % par rapport au témoin), mais pratiquement pas chez le pédonculé (- 3 %). D'autre part, après un mois d'engorgement à - 7 cm, l'hypoxie a tué quatre fois plus de racines fines chez le sessile que chez le pédonculé (respectivement 32 % et 8 % de l'ensemble des racines fines). Une nappe maintenue pendant un mois en surface affecte la croissance en hauteur du sessile (- 40 %) plus que celle du pédonculé (- 12 %). Chez le sessile, cet engorgement diminue également le pourcentage de plants ayant réalisé une pousse après ressuyage.

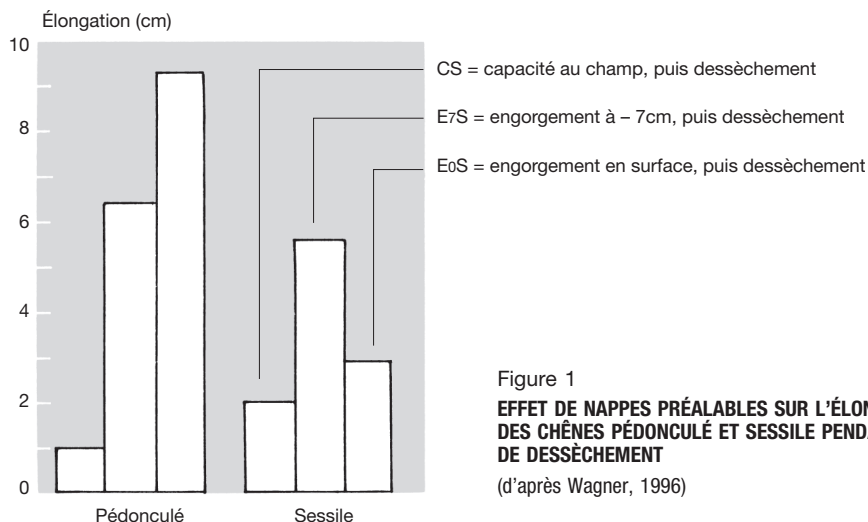
On voit donc que l'hypoxie est nettement plus défavorable pour le sessile que pour le pédonculé. À la suite également d'expériences réalisées précédemment (Belgrand, 1983 ; Lévy *et al.*, 1986), on peut représenter schématiquement ainsi l'ordre des résistances des différentes espèces de Chêne à l'hypoxie :

Chêne pédonculé > Chêne sessile >> Chêne rouge d'Amérique

On avait par ailleurs mis en évidence que la réponse respective de ces espèces était liée au développement d'adaptations racinaires à cette contrainte, qui se traduit par l'élaboration d'un système racinaire plus ou moins dense et plus ou moins profond (Belgrand, 1983).

En ce qui concerne **la contrainte "déficit hydrique estival"**, des plants ont été soumis dans ce même dispositif à un dessèchement du sol pendant un mois, le potentiel hydrique du sol descendant jusqu'aux environs de - 2,5 MPa (mégapascal). Sur la figure 1 (p. 153), la première colonne de chacun des deux groupes représente l'élongation des plants en période de dessèchement sans qu'il y ait eu présence d'une nappe préalablement. On voit que la contrainte "déficit hydrique" est beaucoup plus défavorable au pédonculé qu'au sessile. Ce résultat est inverse de celui, présenté précédemment, obtenu en appliquant la contrainte "hypoxie" seule.

Les excès d'eau



Voyons maintenant l'effet, toujours sur la croissance en période de sécheresse, d'un **dessèchement du sol précédé d'une période d'hypoxie** (nappe maintenue à - 7 cm ou en surface pendant un mois) (figure 1). On remarque en premier lieu que cette nappe préalable favorise la croissance, par rapport à un sol qui avait été maintenu à la capacité au champ. En effet, la présence préalable d'une nappe permet au sol d'être plus humide lorsque débute la période de dessèchement : dans les conditions de l'expérimentation, les effets positifs de cette plus grande humidité du sol prennent le pas sur les effets négatifs de la réduction, par l'hypoxie préalable, du volume de sol prospecté en été par le système racinaire des plants (ce phénomène se produit parfois aussi en forêt mais, dans la plupart des cas, on constate le contraire). Mais on remarque aussi et surtout que la présence de cette nappe préalable entraîne, dans les conditions de l'expérimentation, une inversion de la croissance relative des deux espèces pendant la période de dessèchement ; cette inversion est la plus marquée dans le cas d'une nappe en surface. En effet, la réduction de l'enracinement estival par la nappe préalable a été plus marquée pour le sessile que pour le pédonculé, et cela principalement lorsque cette nappe était la plus superficielle.

Les contraintes appliquées dans ce dispositif étaient particulièrement fortes. D'autres niveaux de contrainte auraient pu fournir des résultats moins spectaculaires, voire différents. Cependant, sur un plan général, cette expérimentation montre qu'une nappe préalable modifie la réponse des Chênes au dessèchement ultérieur du sol, et cela différemment selon l'espèce.

ÉTUDES EN FORÊT

Les différents types de sol à nappe temporaire

Ces sols ne sont susceptibles de poser des problèmes importants que lorsque la nappe remonte à certaines périodes de l'année jusqu'à proximité de la surface. On distingue, sur le plan pratique, cinq types de sol présentant cette caractéristique. On les classe essentiellement en fonction de la texture de l'horizon de fluctuation de la nappe et de celle du plancher, et secondairement en fonction de l'épaisseur de l'horizon de fluctuation : l'intensité des deux contraintes dépend en effet de ces variables. C'est ainsi que l'on distingue les types de sol suivants, classés du plus sableux au plus argileux, la contrainte "hypoxie" augmentant, en moyenne, du premier au cinquième.

A. Sur substrat acide :

1 - Pseudogley podzolique (Rédoxisol-Podzisol, Planosol sédimorphe ou pédomorphe). Horizon de fluctuation formé essentiellement de sables grossiers. Déficit hydrique souvent très fort.

2 - Pseudogley acide (Rédoxisol-Néoluvisol, Rédoxisol-Luvisol dégradé, Planosol pédomorphe ou sédimorphe). Horizon de fluctuation limoneux ou limono-sableux. Déficit hydrique fort.

B. Sur substrat formé d'argile du Secondaire ou du Tertiaire, recouverte (ou non) de limons :

3 - Pseudogley mésotrophe (Rédoxisol pélosolique). Couche de limons de plus de 30 cm d'épaisseur. Déficit hydrique faible.

4 - Pélosol-pseudogley (Pélosol différencié-Rédoxisol, Planosol sédimorphe). Couche de limons de moins de 30 cm d'épaisseur. Déficit hydrique fort.

5 - Pélosol hydromorphe (Pélosol-Rédoxisol). Argile non recouverte d'une couche de limons. Déficit hydrique souvent fort.

Chacun de ces types de sol comporte des variantes se distinguant par l'intensité de l'engorgement, qui est fonction en grande partie de la position topographique.

Nous allons examiner le comportement des Chênes sur ceux de ces types de sol qui à la fois posent le plus de problèmes et sont très répandus.

Les pseudogley podzoliques

Chacun se souvient du spectaculaire dépérissement du Chêne pédonculé au début des années 1980. Ce dépérissement s'est manifesté de manière particulièrement importante sur pseudogley podzolique (Becker et Lévy, 1983). Le facteur déclenchant a été la sécheresse de 1976, le facteur prédisposant étant la texture de ce sol qui favorise une forte contrainte "déficit hydrique". Cette contrainte a été spécialement accentuée au cours de l'été 1976 car, outre le manque de précipitations durant cette période, l'absence de nappe printanière n'a pas permis de débiter l'été avec un sol relativement humide.

Il apparaît donc que le Chêne pédonculé n'est pas du tout adapté aux pseudogley podzoliques, plus particulièrement lorsqu'il est traité en futaie régulière (besoins en eau très élevés). Par contre, le Chêne sessile n'a pas été victime du dépérissement ; de plus, sa croissance est satisfaisante sur ce type de sol. Il en est de même pour le Chêne rouge d'Amérique (Belgrand, 1983).

Les pseudogley acides

Le comportement des Chênes sur pseudogley acide est présenté ici à la lumière de quelques expérimentations.

- *Plantation expérimentale de Chêne sur pseudogley acide modérément engorgé. Réponse à l'assainissement (forêt communale de Charmes, Vosges)*

Cette plantation, qui date de 1972, est composée essentiellement de Chêne pédonculé, avec une certaine proportion de Chêne sessile en mélange. Il s'agissait de suivre la croissance des arbres sur ce type de sol et d'examiner l'effet de différentes modalités d'assainissement sur cette croissance.

Les résultats les plus récents (relevés fin 1996, à 25 ans) montrent une assez bonne croissance des arbres non assainis chez les deux espèces. La hauteur dominante est à peu près la même, alors que le sessile a une circonférence "dominante" supérieure de 11 % à celle du pédonculé. Le drainage par fossés ne présente aucune efficacité sur la croissance des arbres.

Par contre, le billonnage du sol améliore la croissance chez les deux espèces ; il ne s'agit cependant pas là des conséquences de l'assainissement du sol, mais de celles d'une amélioration des propriétés physiques des premiers horizons et de la nutrition minérale des arbres.

Les travaux que nous allons présenter maintenant concernent des pseudogley acides à engorgement nettement plus marqué.

- *La croissance radiale des Chênes pédonculé et sessile.*

Réponses à divers types d'intervention (forêt domaniale de Mondon, Meurthe-et-Moselle)

Dans ce dispositif, le sol est couvert de Molinie et le peuplement est clair. La croissance radiale moyenne du sessile est supérieure de 27 % à celle du pédonculé. De plus, le drainage (par fossés à écartement de 15 m en moyenne) améliore la croissance du sessile de 20 % (Becker et Lévy, 1986).

En ce qui concerne le Chêne pédonculé au contraire, le drainage n'améliore pas sa croissance (figure 2a, p. 156), car les effets de la diminution de la contrainte "hypoxie" sont compensés, pour cette espèce, par une augmentation de la sécheresse édaphique estivale. Le désherbage n'a non plus aucune efficacité, au contraire (figure 2b, p. 156), car il entraîne une remontée supplémentaire des nappes dans un sol déjà fortement engorgé (Becker *et al.*, 1997). Par contre, la combinaison de ces deux interventions, drainage et désherbage, entraîne une augmentation de croissance, de 20 % en moyenne, chez le pédonculé (figure 2c, p. 156) ; en effet, l'élimination de la Molinie supprime la forte concurrence exercée par cette espèce vis-à-vis du Chêne pédonculé ; cela compense l'augmentation du dessèchement du sol provoquée par le drainage, dont les effets bénéfiques peuvent alors se manifester.

- *Autres travaux sur pseudogley acide*

Une plantation expérimentale relativement récente (les Blâches, Isère) confirme le comportement initial un peu meilleur du Chêne sessile par rapport au pédonculé. Mais surtout, elle montre que le Chêne rouge d'Amérique n'est guère adapté à ce sol, tant en ce qui concerne le taux de survie que la croissance juvénile, contrairement au Chêne des marais, dont le comportement est jusqu'à présent remarquable.

D'autres études, si elles confirment que l'hypoxie régnant dans les pseudogley acides est rédhibitoire pour le Chêne rouge, montrent aussi que l'assainissement du sol (par billons ou fossés) améliore beaucoup le comportement de cette essence et qu'il devient alors possible de l'introduire : enquête sur le Chêne rouge adulte (Belgrand, 1983), plantation expérimentale en forêt de Mondon (Meurthe-et-Moselle).

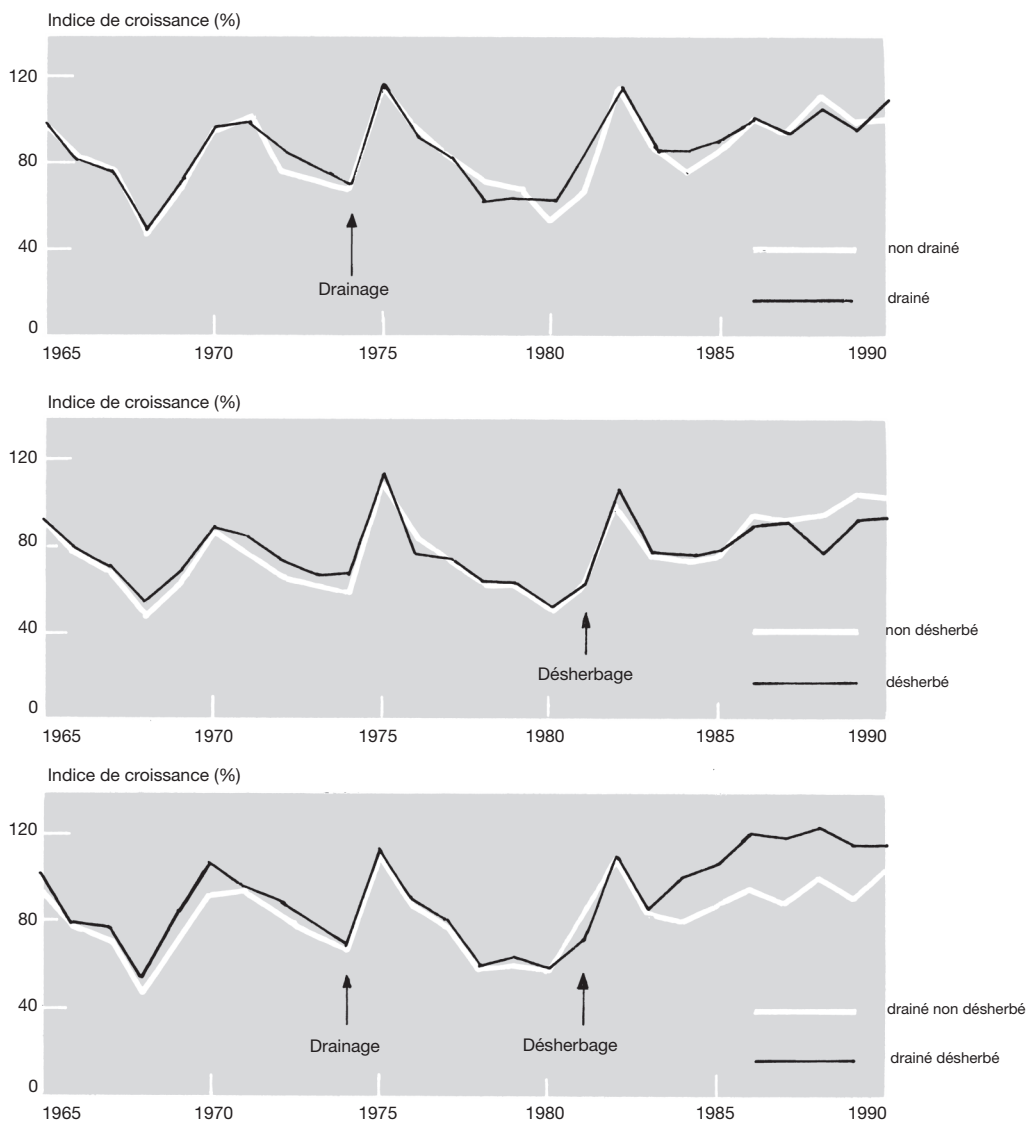
Sols formés sur argile recouverte (ou non) de limons

Lorsque la couche de limons présente une épaisseur supérieure à 30 cm, le sol hydromorphe est de type **pseudogley mésotrophe**. La croissance des deux espèces de Chênes indigènes est généralement satisfaisante, bien que la hauteur du sessile soit sensiblement supérieure à celle du pédonculé (Lévy *et al.*, 1993).

Les **pélosol-pseudogley** posent par contre d'importants problèmes au forestier en raison de l'importance des surfaces concernées, en particulier dans le quart Nord-Est de la France, et de l'intensité des contraintes auxquelles les Chênes sont soumis sur ces sols ; la croissance juvénile et la productivité sont en effet généralement faibles. Trois plantations expérimentales de Chênes indigènes ont été installées sur ce type de sol. L'objectif est de déterminer laquelle des deux espèces, pédonculé ou sessile, est la plus adaptée à chaque situation et de proposer des interventions permettant de favoriser la croissance, en particulier au stade juvénile.

Figure 2

PSEUDOGLEY ACIDE (STATION À MOLINIE) : EFFETS DU DRAINAGE, DU DÉSHÉRBAGE ET DE LA COMBINAISON DRAINAGE + DÉSHÉRBAGE sur la croissance radiale du Chêne pédonculé âgé de moins de 110 ans (F.D. de Mondon)
(d'après Becker *et al.*, 1997)

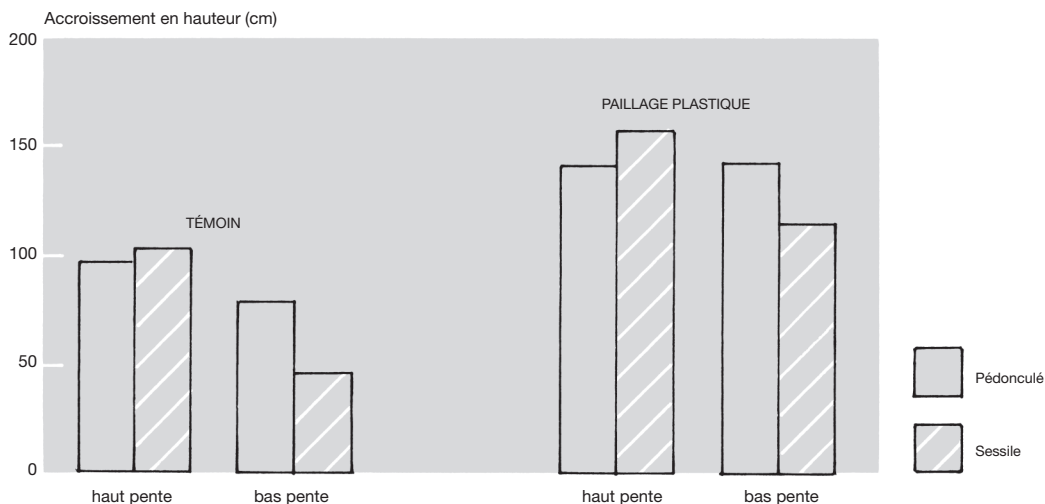


• *Plantation expérimentale en forêt domaniale de Sierck-les-Bains (Moselle). Réponses à diverses interventions*

Cette plantation, installée sur pélosol-pseudogley en 1990, permet de comparer les deux espèces de Chêne en fonction de l'intensité de la contrainte "hypoxie", qui varie en liaison avec la situation topographique. Elle a également pour objectif d'étudier les effets de deux

types d'interventions destinées à réduire la forte contrainte "déficit hydrique estival" à laquelle sont soumis les plants : le paillage plastique et le désherbage chimique (Wagner, 1996).

Figure 3 **PÉLOSOL-PSEUDOGLEY : ACCROISSEMENTS MOYENS CUMULÉS EN HAUTEUR DES CHÊNES PÉDONCULÉ ET SESSILE DE LA 2^e À LA 6^e ANNÉE (F.D. de Sierck-les-Bains)**
(d'après Wagner, 1996)



En haut de pente, la croissance juvénile en hauteur des deux espèces est comparable (léger avantage au sessile) (figure 3, ci-dessus). Par contre, en bas de pente où il y a accumulation d'eau, si la croissance du pédonculé est un peu plus faible qu'en haut de pente, celle du sessile est très nettement inférieure.

L'application d'un paillage plastique entraîne dans tous les cas une forte augmentation de la croissance. L'effet est d'autant plus marqué que la croissance des plants était plus faible en l'absence de paillage. La croissance du sessile reste cependant supérieure à celle du pédonculé en haut de pente, alors que celle du pédonculé demeure nettement meilleure que celle du sessile en bas de pente.

Le désherbage fournit des résultats assez comparables à ceux du paillage plastique. L'ensemble des résultats reste valable si l'on considère les accroissements radiaux.

• *Plantation expérimentale en forêt communale de Damas-aux-Bois (Vosges).*

Réponse à l'assainissement

Cette plantation a été installée en 1972 sur un pélosol-pseudogley en pente. Elle est composée surtout de Chêne pédonculé, avec une certaine proportion de Chêne sessile en mélange.

À la fin de 1996, à 25 ans, la croissance du pédonculé, en hauteur comme en diamètre, est légèrement supérieure à celle du sessile sur sol non assaini. Les billons, et encore plus les fossés à écartement de 10 m, sont efficaces : avec ce dernier traitement, les hauteurs dominantes sont augmentées de 16 % chez le pédonculé et de 33 % chez le sessile ; les circonférences "dominantes" sont supérieures de 19 % et 60 % au témoin non assaini respectivement pour ces deux mêmes espèces. Le sessile présente alors, par rapport au pédonculé, une hauteur dominante supérieure de 9 % et une circonférence dominante supérieure de 25 %.

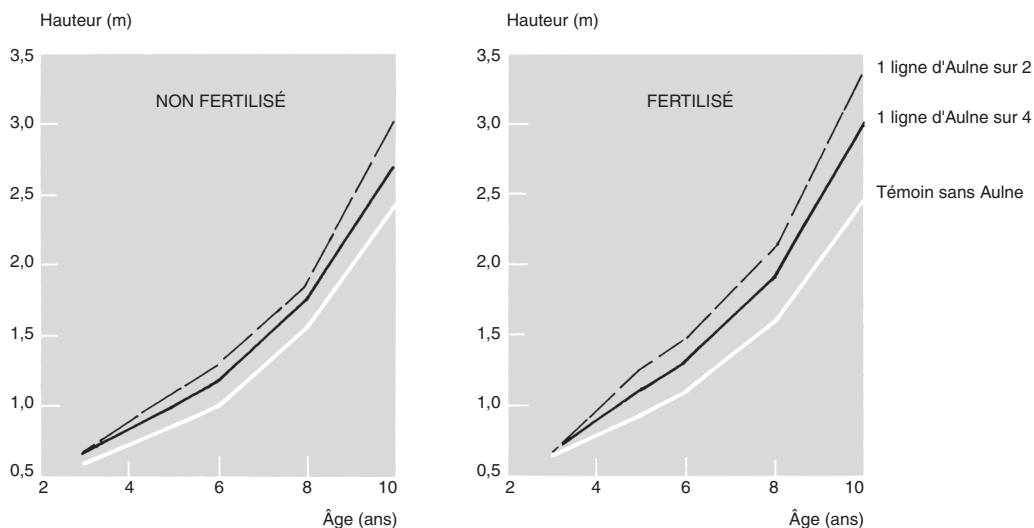
- *L'assainissement biologique en plantation expérimentale de Chêne pédonculé (forêt communale de Charmes, Vosges)*

Il était connu que l'Aulne glutineux s'enracinait remarquablement bien dans les "planchers" des pseudogley. Une expérimentation, réalisée en conditions contrôlées dans de grands bacs, a permis, dans un premier temps, d'étudier les effets de cette espèce en sol à nappe superficielle (en mélange à de l'Épicéa commun) (Lévy, 1982). Il apparaît que l'Aulne abaisse au printemps la nappe de façon très efficace. Ce phénomène est d'autant plus intéressant sur le plan pratique que le débourrement intervient assez précocement chez cette espèce.

Il convenait donc de tester l'efficacité pratique d'un mélange d'Aulne à une essence plus intéressante, en sol à nappe temporaire. C'est ce qui a été fait sur pélosol-pseudogley, en utilisant le Chêne pédonculé. Le mélange le plus efficace (une ligne d'Aulne pour une ligne de Chêne) se traduit à 10 ans par une augmentation de 30 % de la hauteur moyenne du Chêne par rapport à un peuplement de Chêne pur (figure 4, ci-dessous) ; l'efficacité du mélange d'Aulne s'explique essentiellement par une meilleure prospection racinaire du Chêne à la suite de l'abaissement de la nappe, mais aussi en partie par une amélioration de la nutrition azotée de cette essence. Avec fertilisation, cet accroissement passe à 49 %. Le phosphore constitue l'élément efficace ; en effet, le mélange d'Aulne entraîne une dilution de cet élément dans une biomasse plus importante et sa teneur foliaire tombe alors souvent en dessous du seuil de carence.

Figure 4

PÉLOSOL-PSEUDOGLEY : EFFETS D'UN MÉLANGE D'AULNE GLUTINEUX SUR LA CROISSANCE DU CHÊNE PÉDONCULÉ (F.C. de Charmes)



- *Le Chêne rouge sur pélosol-pseudogley*

Une plantation expérimentale de Chêne rouge sur ce type de sol montre un fort taux de mortalité et une croissance initiale extrêmement faible (forêt domaniale de Ternes, Vosges). Avec assainissement du sol (billons), la mortalité est plus réduite et la croissance améliorée ; néanmoins, les performances de cette espèce, 15 ans après la plantation, restent médiocres.

CONCLUSIONS

Les arbres sont soumis, sur les sols à nappe temporaire, à deux contraintes successives au cours de chaque saison de végétation : hypoxie au printemps en présence et du fait de la nappe, puis déficit hydrique estival accentué par une prospection racinaire affectée précédemment par l'hypoxie. Le Chêne sessile est plus sensible que le Chêne pédonculé à la première de ces contraintes, alors que c'est généralement le contraire pour le déficit hydrique. Quant au Chêne rouge d'Amérique, s'il est plutôt résistant à la sécheresse, il est nettement plus sensible à l'hypoxie que les deux espèces de Chênes indigènes. Les performances de ces espèces sur les différents types de sol à nappe temporaire découlent de ces caractéristiques.

C'est ainsi que sur **pseudogley podzolique**, où le déficit hydrique estival est souvent très prononcé, contrairement à la contrainte "hypoxie", le Chêne pédonculé est très sensible aux sécheresses climatiques, alors que les deux autres espèces ont un comportement satisfaisant. Sur **pseudogley acide**, les deux Chênes indigènes présentent sans assainissement une bonne croissance lorsque la nappe n'est que rarement proche de la surface du sol, avec un léger avantage au sessile. Dans les stations où l'engorgement est au contraire marqué, l'avantage du sessile devient plus prononcé, bien que la nappe affecte sa croissance. Par ailleurs, le Chêne rouge n'est guère adapté à ce sol, alors qu'au contraire le Chêne des marais fait preuve d'un comportement remarquable, au moins au stade juvénile ; cette espèce pose cependant de gros problèmes d'élagage naturel. Sur **pélosol-pseudogley**, sol où les deux contraintes sont fortement marquées, la croissance juvénile des deux Chênes indigènes est faible, nettement inférieure à ce qu'elle est sur pseudogley acide modérément engorgé ; ainsi, sur pente, la hauteur dominante des arbres à 25 ans est inférieure d'une valeur comprise entre 20 et 30 % selon l'espèce. La croissance du sessile est encore bien plus nettement affectée en bas de pente, en situation d'accumulation d'eau : elle est très nettement plus faible que celle du pédonculé dans cette position topographique. Quant au Chêne rouge, il n'est pas du tout adapté à ce sol.

L'assainissement du sol agit plus efficacement sur le Chêne sessile que sur le pédonculé, car cette intervention diminue la contrainte "hypoxie", à laquelle le sessile est moins résistant, alors qu'elle tend à accroître le dessèchement estival du sol, auquel le pédonculé est plus sensible. C'est ainsi que, sur pseudogley acide fortement engorgé, le drainage améliore nettement la croissance du sessile, alors qu'il n'est efficace pour le pédonculé que s'il est accompagné d'un désherbage, opération qui permet d'éliminer la concurrence estivale pour l'eau. Sur pélosol-pseudogley de pente, l'assainissement, même s'il est efficace également pour le pédonculé, permet au sessile d'atteindre des dimensions sensiblement supérieures à cette dernière espèce. Sur ce type de sol, en position de pente, des fossés rapprochés peu profonds constituent une méthode d'assainissement efficace. Il en est de même pour le drainage biologique, qui consiste à introduire de l'Aulne glutineux en mélange dans le peuplement. Quant au Chêne rouge, l'assainissement par fossés ou billons peut permettre de l'introduire sur pseudogley acide, alors que les résultats demeurent bien insuffisants sur pélosol-pseudogley.

Les interventions permettant de réduire le déficit hydrique estival, **paillage plastique et désherbage chimique**, s'avèrent très efficaces pour la croissance juvénile des Chênes pédonculé et sessile, notamment sur pélosol-pseudogley, où cette contrainte est forte.

La **fertilisation** est très souvent bénéfique à la croissance des Chênes sur sols à nappe temporaire. D'une part en effet, ces sols sont souvent pauvres sur le plan chimique. D'autre part, la présence d'une nappe en période d'activité induit des déficits minéraux, souvent en azote, mais également en phosphore. Enfin, une augmentation de la croissance des arbres à la suite

d'une intervention qui diminue l'intensité de l'une des deux contraintes ("hypoxie" et déficit hydrique) peut être à l'origine de déficits minéraux par effet de dilution dans une biomasse plus importante. L'élément le plus intéressant à apporter sera le plus souvent le phosphore, mais des apports d'azote et secondairement de magnésium pourront également être efficaces. Un diagnostic foliaire est souhaitable avant toute fertilisation.

Enfin, lors du choix entre pédonculé et sessile pour la mise en valeur des sols à nappe temporaire, il conviendrait sans doute de tenir compte du fait que le comportement relatif des deux espèces est susceptible d'**évoluer avec le temps**. La fermeture du peuplement et l'augmentation des besoins en eau avec l'âge ont en effet en principe pour conséquences une atténuation de la contrainte "hypoxie" (par abaissement de la nappe) et une aggravation de la contrainte "déficit hydrique estival" (par augmentation de la transpiration du peuplement). Cette évolution est favorable au sessile. C'est ainsi qu'en jeune plantation sur pélosol-pseudogley de pente (Sierck-les-Bains, Damas-aux-Bois), il y a peu de différence de croissance entre les deux espèces, alors que des études effectuées sur adultes dans des stations comparables montrent un net avantage en faveur du sessile (par exemple, placettes de la forêt de Vitrimont, Meurthe-et-Moselle). Le maintien d'une densité de peuplement trop élevée contribue à cette dégradation de la croissance du pédonculé avec l'âge sur des sols où la réserve maximum en eau utilisable est critique, ce qui est le cas de beaucoup de sols à nappe temporaire.

G. LÉVY - Y. LEFÈVRE - M. BECKER
J.-F. PICARD - P.A. WAGNER
Unité Écophysiologie forestière
INRA - Centre de Recherches de Nancy
F-54280 CHAMPENOUX

H. FROCHOT
Unité Croissance, Production et Qualité des Bois
INRA - Centre de Recherches de Nancy
F-54280 CHAMPENOUX

BIBLIOGRAPHIE

- BECKER (M.), LÉVY (G.). — Le Dépérissement du Chêne. Les causes écologiques. — *Revue forestière française*, vol. XXXV, n° 5, 1983, pp. 341-356.
- BECKER (M.), LÉVY (G.). — Croissance radiale comparée de Chênes adultes (*Quercus robur* L. et *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) sur sol hydromorphe acide : effet du drainage. — *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum*, 7 (21), n° 2, 1986, pp. 121-143.
- BECKER (M.), LÉVY (G.), LEFÈVRE (Y.). — Effet du drainage, de la fertilisation et du désherbage sur la croissance en diamètre de chênes adultes. — *Revue forestière française*, vol. XLIX, n° 2, 1997, pp. 103-114.
- BELGRAND (M.). — Comportement de jeunes plants feuillus (Chêne pédonculé, Chêne rouge, Chêne sessile, Hêtre) sur substrat ennoyé. Adaptations racinaires. Application à la mise en valeur forestière des pseudogleys. — Champenoux : INRA ; INA Paris-Grignon, 1983. — 188 p. (Thèse de docteur-ingénieur).
- LÉVY (G.). — Estimation de l'utilité d'une introduction d'Aulne glutineux en mélange à de jeunes plants d'Épicéa commun sur sol à hydromorphie temporaire superficielle. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 39, n° 1, 1982, pp. 33-40.
- LÉVY (G.), BECKER (M.), GARREAU (B.). — Comportement expérimental de semis de Chêne pédonculé, Chêne sessile et Hêtre en présence d'une nappe d'eau dans le sol. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 43, n° 2, 1986, pp. 131-146.

Les excès d'eau

- LÉVY (G.), LE GOFF (N.), GIRARD (S.), LEFÈVRE (Y.). — Potentialités de l'Alisier torminal sur sols à hydromorphie temporaire : comparaison avec les Chênes pédonculé et sessile. — *Revue forestière française*, vol. XLV, n° 3, 1993, pp. 243-252.
- LÉVY (G.), TOUTAIN (F.). — Aération et phénomènes d'oxydo-réduction dans le sol. *In* : Pédologie. 2. Constituants et propriétés du sol. — 2^e édition. — Paris : Masson, 1994. — pp. 467-478.
- WAGNER (P.). — Écophysiologie comparée de plants de Chêne pédonculé et de Chêne sessile soumis à deux contraintes racinaires successives : hypoxie et sécheresse. Application à la mise en valeur des pelosol-pseudogleys. — Nancy : Université Henri-Poincaré Nancy I ; Champenoux : INRA, 1996. — 108 p. (Thèse).

LES EXCÈS D'EAU : INFLUENCE SUR LA CROISSANCE DES CHÊNES (Résumé)

Les arbres sont soumis sur sol à nappe temporaire à deux contraintes successives au cours de chaque saison de végétation : hypoxie (déficit en oxygène) au printemps, durant la période de présence de la nappe ; déficit hydrique en été, car la nappe a réduit le volume de sol prospecté par les racines. Le Chêne pédonculé est plus résistant que le sessile à l'hypoxie ; c'est l'inverse pour le déficit hydrique, sauf lorsque l'engorgement préalable du sol était très intense. Le Chêne rouge d'Amérique est encore nettement plus sensible à l'hypoxie que le sessile.

Sur **pseudogley podzolique**, sol sableux souvent très sec en été, le pédonculé est très sensible aux sécheresses climatiques et risque même de dépérir, ce qui n'est le cas ni du sessile, ni du Chêne rouge. Sur **pseudogley acide**, sol dont la texture est moins grossière que le précédent, on peut classer les Chênes de la manière suivante pour leur comportement : Chêne des marais > Chêne sessile > Chêne pédonculé > Chêne rouge ; le drainage est efficace sur la croissance des Chênes sessile et rouge. Sur **pelosol-pseudogley** (argiles recouvertes de moins de 30 cm de limons), sol où les deux contraintes sont prononcées, la croissance des Chênes est médiocre ; l'assainissement, notamment par fossés à faible écartement ou par mélange d'Aulne glutineux, est efficace sur la croissance du Chêne pédonculé et encore plus sur celle du Chêne sessile, mais guère sur celle du Chêne rouge. Le désherbage chimique et le paillage plastique, opérations qui réduisent la contrainte "déficit hydrique estival", donnent des résultats spectaculaires sur la croissance juvénile des deux Chênes indigènes sur ce type de sol.

Une fertilisation est très souvent bénéfique à la croissance des Chênes sur sol à nappe temporaire.

EXCESS WATER : EFFECTS ON GROWTH OF THE OAK TREE (Abstract)

Trees that grow in soil subjected to temporary ground water undergo two successive stresses during the growing season - hypoxia (oxygen deficiency) in spring, when the ground water is present ; water deficit in summer when the ground water has reduced the volume of soil penetrated by roots. The pedunculate oak is more resistant to hypoxia than the sessile oak whereas the opposite is true for water deficits except in the case of intense prior water-logging. The American red oak is significantly even more sensitive to hypoxia than the sessile oak.

On **podzolic pseudogley**, which is sandy and often very dry in summer, the pedunculate oak is highly sensitive to drought and may even decay whereas this does not occur with either the sessile or red oaks. On **acid pseudogley**, whose texture is not as coarse as the previous soil, oaks can be classified as follows in terms of their response - pin oak > sessile oak > pedunculate oak > red oak. Drainage has a positive influence on the growth of sessile and red oaks. On **pelosol-pseudogley** (clays lying beneath at least 30 cm of loam), in which both stresses are marked, growth of oaks is poor. Drainage, in particular using closely aligned ditches, or by planting oaks in combination with black alders, has a positive effect on growth of the pedunculate oak and even more so on the sessile oak, but nearly none on the red oak. Chemical weed control and plastic film mulching, which alleviate the "summer water deficit" constraint, yield spectacular results on juvenile growth of the two oaks that are indigenous to this type of soil.

Fertilization is often beneficial to growth of oaks on soils subject to temporary ground water.