



HAL
open science

Le Chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

Louis Lanier, René Keller, Antoine Kremer

► **To cite this version:**

Louis Lanier, René Keller, Antoine Kremer. Le Chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France. *Revue forestière française*, 1980, 32 (5), pp.419-451. 10.4267/2042/21428 . hal-02731874

HAL Id: hal-02731874

<https://hal.inrae.fr/hal-02731874>

Submitted on 29 Nov 2022

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.



LE CHÊNE ROUGE (QUERCUS RUBRA L.) EN FRANCE

L. LANIER - R. KELLER - A. KREMER

Extrait de « The Silva of north America »
Ch. SARGENT - U.S.A. - 1898

N.D.L.R.

Il n'est pas question ici de redécouvrir le Chêne rouge d'Amérique (Quercus rubra L.), déjà connu de nos lecteurs et dont la vogue actuelle compense une longue période pendant laquelle il a été négligé, sinon dédaigné ou méprisé.

Bien que les travaux en cours soient loin d'être achevés, il nous a semblé utile de proposer à ceux qui s'intéressent à cette essence, une revue de quelques progrès récents de nos connaissances sur sa sylviculture, les qualités de son bois et le programme lancé d'amélioration. Ce rassemblement de points de vue de trois auteurs, même s'il constitue un article un peu long, n'est pas une synthèse — ce qui serait prématuré — mais constituera certainement un ensemble précieux d'informations pour tous ceux qui s'intéressent au Chêne rouge.

Avec la collaboration de MM. Dumont (Centre technique du Génie rural, des Eaux et des Forêts des Barres), Mosnier (Laboratoire de Recherches sur les Produits forestiers, Centre National de Recherches Forestières), Pinon (Centre national de Recherches forestières de Champenoux), Rolin (Technicien supérieur, stagiaire à l'Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts).

Depuis quelques années surtout, pratiquement depuis les premières circulaires émanant du Fonds forestier national étendant à certains feuillus les aides financières au reboisement, de nombreux praticiens espéraient que le Chêne rouge finirait par bénéficier lui aussi de ces aides et que sa culture serait ainsi encouragée sur une vaste échelle. C'est chose faite depuis 1978.

Aujourd'hui, grâce à quelques pionniers belges et allemands en particulier, judicieusement relayés en France par les organismes de développement et de vulgarisation, le Chêne rouge est l'objet d'un certain engouement.

Les publications le concernant, même en français, sont nombreuses (voir bibliographie).

Les raisons de ce succès sont multiples :

Raisons pratiques et techniques

Il s'agit d'une essence présentant un certain nombre de remarquables qualités : grand arbre, frugal, à croissance rapide, se régénérant facilement, ayant une bonne aptitude à rejeter de souches, peu parasité, il présente aux plans pratique et technique les avantages d'un résineux joints à ceux d'un feuillu.

Son aire d'origine, vaste, recouvre et dépasse l'amplitude écologique de nos régions. On peut en dire, comme du Douglas, qu'il est peu de régions de l'Ouest européen où il ne puisse être introduit avec succès. Certains le considèrent comme l'*homologue feuillu du Douglas*.

Raisons psychologiques et esthétiques

On connaît les vifs reproches qu'ont encouru, souvent à tort, les reboiseurs français qui, depuis 1947, ont consacré l'essentiel de leurs efforts aux extensions de boisement résineux. Justifié dans de nombreux cas, ce recours aux résineux était parfois ressenti comme un pis-aller, notamment lorsque les stations convenaient bien aux feuillus. C'est que, pour la plupart des essences feuillues, la plantation est toujours coûteuse, parfois aléatoire et conduit à des peuplements qui ne sont pas sans de nombreux défauts, dans la forme des arbres en particulier, sauf à consentir de ruineuses tailles de formation, ou des densités initiales financièrement prohibitives. Or, le Chêne rouge peut être une bonne solution « feuillue » dans d'assez nombreux cas.

Au plan esthétique, le Chêne rouge offre à l'automne des paysages d'« été indien », depuis longtemps appréciés dans les parcs.

Raisons économiques et financières

L'oiseau rare, parmi les essences de reboisement, réaliserait donc une synthèse entre un relativement faible prix de revient à l'installation, une croissance initiale rapide, une adaptation aisée à des sols de qualités très diverses et une bonne qualité des produits obtenus aussi rapidement que possible.

Il semble bien que le Chêne rouge réponde à ces exigences quelque peu contradictoires.

Il ne faudrait pas toutefois que l'engouement actuel reste une mode passagère et pour cela, il nous est apparu nécessaire de faire le point sur les connaissances acquises relatives au Chêne

rouge, en insistant sur trois thèmes particuliers, qui, à l'analyse de la littérature, semblent ceux sur lesquels les lacunes dans les connaissances sont encore nombreuses, ou les informations elles-mêmes dispersées.

Ce sont :

— les connaissances sur les caractéristiques botaniques des chênes rouges et en particulier leur variabilité génétique,

— les données de base sur la sylviculture et en particulier les normes de densité aux âges successifs ou la conduite des peuplements, qu'ils soient issus de régénération naturelle ou assez densément complantés,

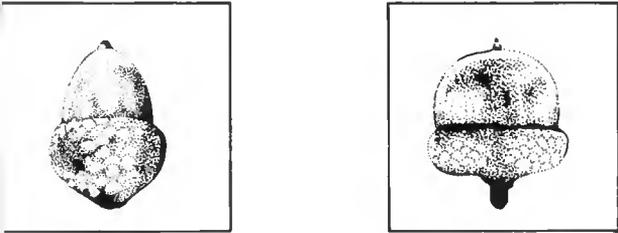
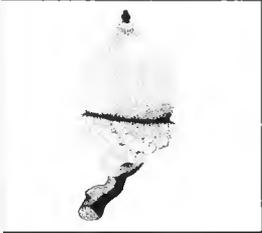
— les données relatives aux usages du bois de Chêne rouge, si tant est que la mauvaise connaissance qu'avaient les scieurs de ses qualités technologiques était un frein à l'extension de l'essence. Il n'en est plus rien aujourd'hui.

RAPPEL BOTANIQUE

Dans la classification de Rehder (1947), le Chêne rouge d'Amérique appartient au sous-genre *Erythrobalanus*, qui ne comprend que des espèces originaires d'Amérique du Nord. Jusqu'à une date récente encore, on distinguait l'espèce *Quercus borealis* (Michx.) avec une variété: *Quercus borealis* var. *maxima* (Marsh.). L'espèce occupe surtout la partie septentrionale de l'aire naturelle et se différencie de la variété par une cupule plus arrondie et moins large en diamètre, qui confère au gland des dimensions plus réduites. En fait, ces caractéristiques morphologiques ne correspondent pas à une distinction sûre de l'espèce et de la variété : leurs variations sont continues et seules les formes extrêmes sont reconnaissables (Palmer, 1942). A l'heure actuelle, la distinction est abandonnée et le Chêne rouge d'Amérique (northern red oak) est désigné sous le nom de *Quercus rubra* L. ou *Quercus borealis* (Michx.). *Quercus rubra* L. est le nom le plus généralement employé.

Le sous-genre *Erythrobalanus* comprend plusieurs espèces communément appelées « chênes rouges » (red oak) ou « chênes noirs » (black oak) par opposition à ceux du sous-genre *Lepidobalanus*, appelés chênes blancs. La plupart des « chênes rouges » sont diversement représentés en France : *Q. ilicifolia*, *Q. velutina*, *Q. phellos*, *Q. coccinea*, *Q. palustris*, *Q. rubra*, *Q. shumardii*, etc. D'après Palmer (1948), toutes ces espèces s'hybrident facilement et naturellement entre elles. Dans la plupart des cas, l'hybride est aussi fertile que les parents, même si à l'état naturel il est moins représenté que les espèces parentales. Sans doute, les pressions de sélection naturelles s'exerçant au stade juvénile lui sont-elles fatales (Palmer, 1948). Il n'existe pas d'hybrides naturels entre chênes de sous-genres ou de sections différentes. La barrière est liée aux délais de maturation du fruit qui est de deux ans chez les chênes du sous-genre *Erythrobalanus* et d'un an chez les autres. En effet, chez le Chêne rouge, le tube pollinique arrête sa croissance dès qu'il atteint le style, au printemps de l'année n. Il reste à l'état dormant pendant un an avant de féconder l'ovule au printemps de l'année (n + 1). Enfin, le nombre de chromosomes est de 24 (n = 12). Si *Quercus ilicifolia*, compte tenu de sa taille, et *Quercus phellos*, compte tenu de la forme lancéolée des feuilles, ne présentent pas de risques de confusion avec *Quercus rubra*, il n'en va pas de même avec les autres espèces. En guise de clé de détermination, les caractéristiques sont décrites (voir tableau) inspirées de Palmer (1942).

ESPÈCE	FEUILLES
<p>QUERCUS RUBRA L.</p>	<div data-bbox="557 170 994 654" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1028 537 1344 654">Feuilles sans touffes de poils bien visibles à la face inférieure. La profondeur des sinus est intermédiaire entre le <i>coccinea</i> et le <i>velutina</i>.</p>
<p>QUERCUS VELUTINA Lam.</p>	<p data-bbox="557 887 873 1003">Présence de touffes de poils couleur rouille aux aisselles des nervures. Pétiole souvent jaune. Sinus des feuilles peu profonds, moins que ceux de <i>Quercus rubra</i>.</p> <div data-bbox="887 680 1344 994" data-label="Image"> </div>
<p>QUERCUS PALUSTRIS Muenchh.</p>	<div data-bbox="557 1021 813 1335" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="826 1227 1344 1344">Petites feuilles aux sinus perpendiculaires à la nervure médiane et profonds, atteignant le niveau de celle-ci. Feuilles décurrentes avec présence de touffes de poils blancs au niveau de l'insertion des nervures ou le long de la nervure médiane sur la face inférieure de la feuille.</p>
<p>QUERCUS COCCINEA Muenchh.</p>	<p data-bbox="557 1397 1344 1469">Feuilles découpées par de larges sinus dont la profondeur est intermédiaire entre <i>rubra</i> et le <i>palustris</i>. Présence de poils roux au niveau de l'aisselle des nervures à la face inférieure.</p>
<p>QUERCUS SHUMARDII Buckl.</p>	<p data-bbox="557 1550 1344 1603">Feuilles glabres sur les deux faces avec présence de poils au niveau de l'insertion des nervures. Les nervures sont pâles, voire blanches.</p>

GLANDS	BOURGEONS	OBSERVATIONS
<p>Glands grands à cupule aplatie du tiers au cinquième dans la cupule.</p> 	<p>Bourgeons rouge foncé, glabres, légèrement coniques et pointus au niveau de l'apex.</p>	
<p>Glands courtement pédonculés inclus pour moitié dans la cupule. Cupules aux écailles rousses et pubescentes qui se détachent facilement.</p> 	<p>Gros bourgeons aux écailles grisâtres et pubescentes.</p>	<p>Liber jaune brillant.</p>
 <p>Glands petits et courts inclus pour un tiers dans la cupule aplatie aux écailles très petites.</p>	<p>Bourgeons glabres et pointus.</p>	<p>Le tronc est couvert de branches mortes et de gourmands avec présence d'épines à leurs extrémités (« spurlike »).</p>
<p>Gland faiblement pédonculé, inclus du tiers à la moitié dans la cupule profonde.</p>	<p>Bourgeons arrondis au niveau de l'apex. Ecailles supérieures pubescentes sur leur bord.</p>	
<p>Gland renfermé du quart au tiers dans la cupule aplatie aux écailles inférieures très épaisses.</p>	<p>Bourgeons glabres avec les écailles supérieures pubescentes et ciliées au niveau de l'apex.</p>	

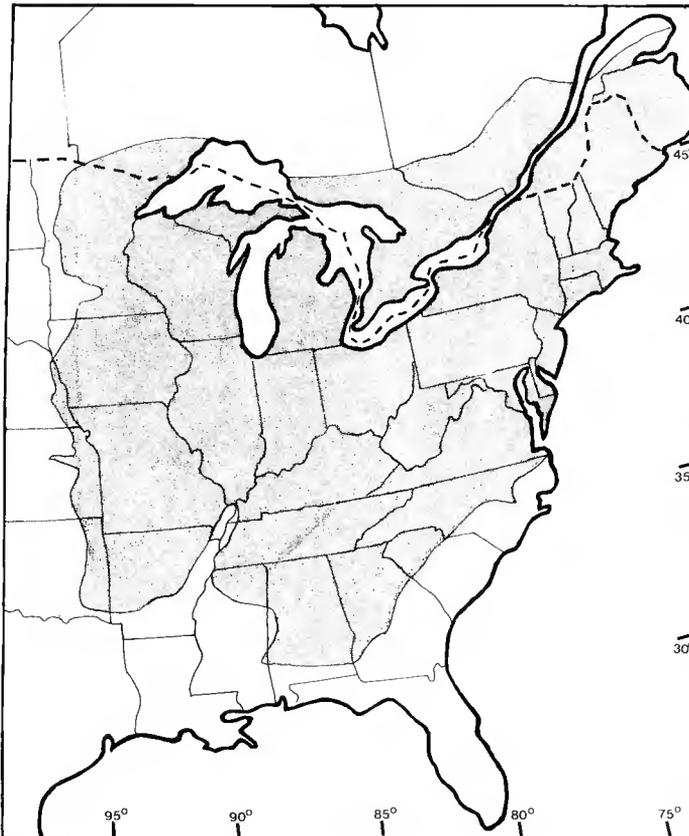
DISTRIBUTION DE L'ESPÈCE

Aire naturelle

L'aire naturelle du Chêne rouge s'étend dans la moitié Est de l'Amérique du Nord, entre le 32° et le 47° parallèle de latitude nord.

Excepté *Quercus macrocarpa*, c'est le chêne américain qui s'étend le plus au nord. La limite d'extension au nord atteint une ligne allant de l'embouchure du Saint-Laurent jusqu'à la frontière entre le Minnesota et l'Ontario. A l'ouest, elle longe les parties orientales des États du Nebraska, Kansas, Oklahoma. A l'est de cette frontière nord-sud, elle s'étend sur tout le territoire des États-Unis, excepté la Louisiane, le Mississippi et les parties orientales de la Géorgie, de la Caroline du Sud et du Nord (voir carte I).

A cette aire correspond une grande amplitude climatique. D'une manière générale, le climat de l'Est américain est tempéré, à tendance continentale, aux amplitudes thermiques accentuées. Les températures moyennes annuelles varient respectivement entre 4 °C et 15°5 C, entre la Nouvelle-Angleterre et la Caroline du Nord, avec des amplitudes plus accusées dans le Nord (– 9 °C en janvier, 18°5C en juillet) que dans le sud (3°4 à 22 °C respectivement). D'autre part, les jours de gel varient de 80-100 jours sur la Côte Atlantique à 120-150 dans la région des Grands Lacs (cf. carte II a et b).



◀ Carte I
Aire naturelle du Chêne rouge

▶ Carte IIa
Températures moyennes
du mois de janvier (en °C)

▶ Carte IIb
Températures moyennes
du mois de juillet (en °C)

▶ Carte IIc
Précipitations annuelles (en mm)

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

La pluviosité est élevée (sauf ouest : Arkansas, Missouri...) et bien répartie dans l'année avec un maximum en été. Elle est importante dans le sud de l'aire, dans les Appalaches (2 000 mm), qui forment une barrière aux nuages issus du Golfe du Mexique (cf. carte II c).

Sur l'ensemble de l'aire naturelle, le Chêne rouge est très rarement en peuplements purs. Ces derniers sont situés sur les flancs de la chaîne des Appalaches dans le Tennessee et la Caroline du Nord. Dans ces montagnes, le Tulipier de Virginie est souvent présent dans le fond des thalwegs et le bas des versants, alors que les chênes se trouvent surtout à flanc de montagne et sur les hauteurs.

D'une manière générale, il est surtout mélangé aux autres chênes rouges, aux chênes blancs, aux tulipiers et, dans certaines régions (Grands Lacs, Est des U.S.A.), aux tilleuls, frênes et ormes.

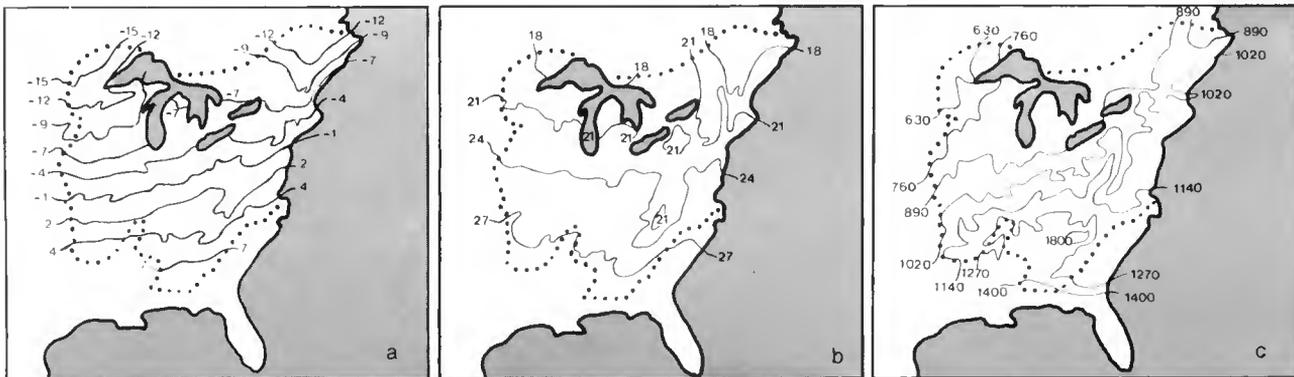
Par ailleurs, le Chêne rouge (*Q. rubra*) occupe généralement les meilleurs sols. Dans les conditions plus hydromorphes, on trouve *Quercus shumardii* ou *Quercus palustris*; par contre, sur des sols plus filtrants, on trouve surtout le Chêne blanc (*Quercus alba*). Enfin, il n'y a aucune référence à la présence de Chêne rouge sur des sols calcaires : quand les formations calcaires sont présentes, elles se situent à un niveau assez profond et les formations superficielles sont très rarement carbonatées et ne comportent jamais de calcaire actif.

Aire artificielle européenne

Le Chêne rouge a été introduit en Europe dès le XVIII^e siècle. D'abord installé dans les parcs, il fut ensuite utilisé à une plus grande échelle pour le reboisement, surtout par les Allemands et les Hollandais. A l'heure actuelle, on le trouve dans l'ensemble de l'Europe, à l'exception des régions méditerranéennes bien que certains peuplements, près de Naples, dans la plaine de Roumanie et en Ukraine, aient été signalés.

En France, son introduction pour le reboisement remonte au début de ce siècle. Les plus grandes surfaces se trouvent dans le Sud-Ouest (Pays Basque, vallée de l'Adour), le Nord-Est (Franche-Comté, Alsace). Ces quelques peuplements, dont certains sont remarquables, témoignent de la plasticité et des potentialités d'introduction de l'espèce. En particulier, on peut citer :

- les sols à pseudogley de la forêt de Chaux (Jura),
- les sols sableux podzolisés de la forêt de Vouzeron (Cher),
- les sols à argile de décalcification de la forêt de la Hardt, (Haut-Rhin),
- les sols bruns à horizon marmorisé de la forêt de Vic-en-Bigorre (Hautes-Pyrénées).



CONNAISSANCES ACTUELLES DE LA VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE DU CHÊNE ROUGE

A partir de plantations comparatives de provenances et de descendance, quelques informations ont été acquises sur les lois de variation de caractères adaptatifs ou de vigueur. Elles émanent d'expérimentations installées dans l'aire naturelle et d'essais réalisés en Europe à partir de provenances artificielles d'origines inconnues.

Expérimentation américaine (Kriebel et al., 1976, Schlarbaum et Bagley, 1976)

Il s'agit d'une plantation multistationnelle comprenant 31 provenances issues de l'ensemble de l'aire naturelle.

Au plan de l'adaptation, on observe certaines différenciations des populations naturelles dont les principaux aspects sont les suivants :

- meilleure résistance à la sécheresse des provenances issues de la partie occidentale de l'aire (à la frontière du Kansas),
- meilleure résistance au froid des provenances issues de la partie septentrionale de l'aire. Par contre, la résistance n'est pas corrélée avec l'altitude (Flint, 1972).

La variabilité génétique des caractères phénologiques liés au rythme de croissance est continue. Elle est parallèle à un axe nord-ouest/sud-est en ce qui concerne la tardiveté du débourrement. De même, les provenances septentrionales arrêtent leur saison de végétation avant les provenances méridionales.

Tout à l'opposé, la vigueur n'obéit pas à une loi de variation continue ; la variabilité génétique (infraspécifique) ne suit pas un gradient écologique. A un stade très juvénile, cette variabilité de type mosaïque s'explique pour une bonne part par l'importance de facteurs non génétiques intervenant dans le déterminisme de la croissance en hauteur (effet grosseur des glands...). Néanmoins, la discontinuité de la variabilité géographique se maintient encore jusqu'à l'âge de 14 ans, comme en témoignent les essais les plus âgés.

Enfin, une étude très intéressante de Maeglin (1976), résumé d'une thèse du même auteur parue en 1974, révèle la variabilité géographique des proportions des tissus du bois. Aucune indication n'est donnée sur les lois de cette variabilité. Par contre, la proportion de vaisseaux, de parenchyme axial et de rayons sont corrélés négativement avec les « site index » alors que la proportion de fibre l'est positivement.

Le second résultat intéressant se dégageant des premières expérimentations est l'importance de la variabilité individuelle : elle est tout aussi élevée sinon plus que la variabilité géographique, selon la portion de l'aire naturelle prise en compte dans l'étude.

Expérimentation allemande (J. Krahl - Urban, 1966)

Cette plantation apporte d'intéressantes informations sur les potentialités des populations de Chêne rouge, acclimatées depuis une ou plusieurs générations en Allemagne. Malheureusement, elle n'inclut pas de témoin américain. Installée en 1956 dans deux stations différentes de Basse-Saxe, elle comprend 17 provenances allemandes. Il apparaît nettement, eu égard aux caractères de vigueur, d'adaptation et de phénologie, que les provenances artificielles allemandes sont issues d'origines diverses de l'aire naturelle. En effet, il existe une grande variabilité interprovenances pour la hauteur totale, le débournement et la longueur de la saison de végétation. Cependant, l'information la plus intéressante, qui n'était pas fournie par les études américaines, est sans doute la grande diversité de formes des troncs (fourchaison, insertion des branches) observée entre les provenances, ce qui justifie les précautions à prendre pour les nouvelles plantations.

AIRE POTENTIELLE ET UTILISATIONS POSSIBLES

Comme en témoignent les études génécologiques portant sur le Chêne rouge, la variabilité infraspécifique est à la taille de l'immensité de l'aire naturelle, dont l'amplitude écologique s'étend au-delà des frontières du territoire français. A la limite, la notion d'auto-écologie peut être infirmée par la grande plasticité de l'espèce. Hormis les régions où les facteurs limitants dont on soit sûr (calcaire actif et hydromorphie permanente), interdisent son implantation, le développement du Chêne rouge en France peut concerner la plus grande partie du territoire national.

Ses utilisations potentielles sont multiples :

— remplacement des chênes indigènes dans les zones les plus marginales des grandes futaies feuillues lorsque la régénération naturelle est très difficile à obtenir ou que les conditions écologiques trop défavorables les rendent économiquement improductifs. Cette solution permet notamment de limiter l'enrésinement des massifs feuillus existants ;

— remplacement des taillis de Châtaignier des bordures méridionales du Massif Central, menacés par l'extension de la maladie de l'encre, ou simplement improductifs. Plus généralement, le Chêne rouge peut contribuer à l'amélioration des taillis simples ou des taillis-sous-futaie dégradés ou trop vieillis ;

— création d'une ligniculture feuillue dans les sols limoneux les plus fertiles, permettant, grâce à la sélection, de produire à courte révolution (50 - 60 ans) et à moindre coût des bois de qualité pour l'industrie de l'ameublement.

Outre ces vocations économiques prépondérantes, on peut aussi envisager de l'utiliser pour la diversification ponctuelle du massif forestier landais, le mélange cultural en forêt résineuse artificielle, la prévention des incendies et la valorisation économique des thalwegs et des versants nord de la zone méditerranéenne siliceuse. A moyenne altitude, il n'est pas exclu qu'il puisse localement remplacer le Hêtre lorsque son bois est nerveux et qu'il se régénère mal, sur le grès vosgien notamment. Accessoirement, le Chêne rouge peut être une espèce intéressante pour les aménagements cynégétiques grâce à sa fructification importante. Enfin, il pourrait jouer un rôle dans les forêts suburbaines en tant que feuillu à croissance rapide doté d'une valeur décorative certaine.

PROGRAMME D'AMÉLIORATION

Les schémas de sélection génétique ne peuvent être séparés des méthodes culturales appliquées. Une production de masse et à grande échelle est compatible avec généralement une valeur génétique moyenne des graines utilisées : le sylviculteur avec son marteau effectuera les sélections ultérieures. Au contraire, une sylviculture au niveau de l'arbre exigera une valeur génétique élevée du matériel végétal utilisé (exemple : peuplier).

Dans le cas particulier où l'utilisation potentielle du Chêne rouge peut se résumer en deux grandes voies (reboisement extensif et sylviculture intensive au niveau de l'arbre), l'amélioration génétique se fixe comme objectif de fournir un matériel végétal approprié à chaque type d'utilisation.

— Variété issue des meilleurs peuplements porte-graines dans un premier temps, puis variété synthétique issue des meilleurs génotypes des meilleures provenances.

— Variété multiclonale, issue dans un premier temps d'arbres sélectionnés phénotypiquement en forêt sur la base de caractères héréditaires en forêt (qualités de forme du tronc, qualités du bois), puis des meilleurs clones sélectionnés en test clonal.

Le premier schéma, programme à long terme, s'attache à améliorer la valeur moyenne des populations et à obtenir ainsi un progrès génétique par unité de temps relativement faible, mais qui cumulé sur plusieurs générations aboutit à un gain conséquent.

Le second se propose d'appliquer un taux de sélection drastique en forêt et permet d'espérer un gain génétique élevé à très court terme. Ainsi, loin de s'exclure, ces deux programmes se complètent en échelonnant dans le temps la valeur génétique du matériel végétal.

Programme à long terme

Après la mise en place de plantations comparatives de provenances et de descendances, ce programme se fixe pour objectifs :

- dans un premier temps, de définir les meilleurs peuplements porte-graines (utilisation de la variabilité géographique),
- dans un second temps, à très long terme, de sélectionner les individus des meilleurs provenances qui représenteraient la base d'un programme de sélection de type récurrent (utilisation de la variabilité individuelle).

Les résultats issus de plantations américaines montrent que chez le Chêne rouge, la variabilité individuelle est presque aussi importante que la variabilité géographique. En effet, du fait d'une distance moyenne de dissémination des graines beaucoup plus réduite que chez les conifères, des cercles de consanguinité se sont progressivement créés au cours des générations, favorisant ainsi le développement d'une hétérogénéité génétique dans les peuplements naturels. Cela signifie que, dans les dispositifs expérimentaux, on veillera autant que possible à maintenir des descendances individualisées à l'intérieur de toutes les provenances.

Quel sera le matériel utilisé dans les plantations comparatives ? Pour cerner la variabilité géographique maximum et pour disposer d'un pool génétique aussi complet que possible, le matériel issu de l'ensemble de l'aire naturelle est de première importance.

Néanmoins, les peuplements français et européens, malgré leurs origines inconnues, jouissent de certains avantages :

- avantages *génétiques*, du fait de la rupture des cercles de consanguinité initiaux dans les peuplements de l'aire naturelle et du jeu de la sélection naturelle qui s'est déjà exercée pendant au moins une génération,
- avantages *pratiques et techniques*, compte tenu des difficultés de tous ordres (fructification, transport, traitement phytosanitaire) dont souffrirait le matériel américain au cas où il devrait pourvoir régulièrement au reboisement français.

Un tel programme implique des recherches d'amont ayant trait aux manipulations du matériel végétal (biologie florale, greffage...) et suppose l'emploi d'une méthodologie devenue classique dans les schémas de sélection (estimation des paramètres génétiques, sélection multicaactères...).

A l'heure actuelle, après le recensement des peuplements français et la prise de contact avec les responsables américains, la moitié des provenances et des descendances a été récoltée en vue de la mise en place des plantations comparatives. Celles-ci seront multistations et seront installées dans trois zones différentes (Sud-Ouest, Centre, Nord-Est).

Programme à plus court terme

L'utilisation de la multiplication végétative permet de reproduire dans leur intégralité les génotypes. Si une sélection efficace peut être effectuée en forêt, la multiplication par bouturage des meilleurs individus permettra d'obtenir rapidement un matériel performant et homogène.

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

Ce programme repose sur une hypothèse capitale qui est l'héritabilité en forêt de caractères intéressants et suppose maîtrisée la technique de bouturage.

C'est à ces deux aspects que sont consacrés les travaux actuels.

— D'une manière générale — c'est le cas chez la plupart des essences forestières — la sélection pour la vigueur est inefficace en forêt. Par contre, les caractéristiques de forme (présence de gourmands, élagage naturel, fourchaison) et les caractères technologiques du bois obéissent à un déterminisme génétique plus strict. Ce résultat pourrait être vérifié *a priori* par les méthodes d'estimation directe de l'héritabilité en forêt (méthode de Sakai, Hatakeyama, 1963) et *a posteriori* dans des tests clonaux de boutures.

— Les résultats obtenus dans les expériences de bouturage des chênes indigènes permettent d'espérer des résultats identiques chez le Chêne rouge. Ces expériences sont en cours actuellement.

Ultérieurement, les sélections de clones pourraient être faites dans les tests clonaux multistationnels qui permettraient de mieux appréhender le génotype de chaque clone, notamment sa plasticité.

Comme précédemment, le matériel de production fourni dans un tel schéma bénéficie d'une augmentation de sa valeur génétique à mesure que le programme se développe :

- clones issus des meilleurs individus sélectionnés en forêt,
- clones issus des meilleurs individus sélectionnés en test clonal.

Enfin, parallèlement à ces programmes, il est envisagé d'installer un réseau de petites expérimentations ayant pour objectif de définir l'écologie d'introduction du Chêne rouge. Le nombre de provenances dans chaque plantation sera faible et elles seront choisies *a priori*, compte tenu de leur origine, en fonction de la vocation attribuée au Chêne rouge localement. A titre d'exemple en zone méditerranéenne siliceuse, on choisira sans doute les provenances issues de la partie occidentale de l'aire naturelle. A moyenne altitude, le choix se portera sur la partie septentrionale de l'aire.

SYLVICULTURE

La conduite des peuplements de Chêne rouge sera bien différente, surtout durant les premières phases de leur vie, selon leur origine, les conditions écologiques et surtout l'objectif visé. La souplesse du Chêne rouge est évidemment un obstacle à la définition de règles rigides et de tables de production fixant *ne varietur* le nombre de tiges à chaque âge, et déterminant le volume produit.

Tout au plus peut-on indiquer, en complément du paragraphe ci-dessus relatif aux utilisations possibles, celles qui, compte tenu de l'expérience actuelle, paraissent les plus intéressantes.

Dans le vaste théâtre des opérations forestières, le Chêne rouge (ou plutôt les provenances de Chêne rouge compte tenu de leur grande variabilité encore inexplorée) n'a pas encore trouvé son rôle. On lui assigne pour l'instant un rôle de doublure, talentueuse certes, mais à la recherche de la pièce écrite pour elle, où elle pourra véritablement prendre la vedette.

Pour notre part, nous pensons que c'est pour l'instant dans les **enrichissements** de taillis ou taillis-sous-futaie dégradés que le Chêne rouge peut le mieux faire ses preuves. Sa frugalité et sa souplesse écologique conviennent bien à l'étendue et à la variabilité des conditions de stations offertes. Mieux que d'autres feuillus, grâce à sa vitesse de croissance initiale élevée et à condition

d'être largement dégagé, il sera à même de lutter contre l'étouffement par les rejets de taillis. Bien mieux, ces rejets pourront l'engainer et concourir à l'élagage des plus belles tiges.

Dans ce cas précis, le seul problème sérieux est celui du gibier, chevreuil en particulier, qui s'en prend avec prédilection aux plants et aux rejets de Chêne rouge.

Fréquemment, le Chêne rouge a été utilisé (torêt de Chaux par exemple) en complément de régénérations de chênes indigènes, lorsque les échecs répétés de celles-ci, pour les raisons les plus diverses, rendent aléatoires et très coûteuses les plantations de chênes indigènes dans des sols envahis par des morts-bois ou l'herbe concurrente.

Le danger vient parfois de la réussite du Chêne rouge qui, introduit sous forme de plants assez forts, vient rapidement en concurrence avec les taches de chênes indigènes. La conduite future de tels peuplements sera difficile, sinon impossible. D'autant que l'âge d'exploitabilité différent posera des problèmes insolubles au moment des régénérations à entreprendre.

Le Chêne rouge trouve également d'utiles emplois en pare-feux, ainsi qu'en mélange avec d'autres essences à couvert diffus (pins). Dans son pays d'origine, les mélanges de diverses essences feuillues (hêtre et frêne américains, tulipier, liquidambar, cerisiers, caryas, noyers, peupliers) ou résineuses (pins, tsuga) préfigurent des peuplements composés, à base de chêne rouge en association avec diverses essences, indigènes ou introduites.

Nous nous contenterons ici d'analyser les données d'un certain nombre de peuplements de chênes rouges, pratiquement à l'état pur et suivis quant à leurs caractéristiques dendrométriques depuis suffisamment longtemps pour qu'on puisse avoir une idée convenable de leur évolution. Evidemment, la gamme des peuplements ainsi suivis est loin de représenter celle des potentialités réelles de l'essence. Raison de plus pour multiplier les essais et noter ce qui peut présenter le plus d'intérêt pour l'avenir : origine des graines, densités de plantation au départ, opérations de dégagement, de nettoyage, d'éclaircie, d'élagage ou tailles de formation, d'apports de fertilisants...

La vogue actuelle du Chêne rouge rend le moment particulièrement bien choisi pour établir un réseau de peuplements qui permettront dans quelques années de répondre aux questions que l'on se pose aujourd'hui.

Nous analyserons ensuite, essentiellement sous forme graphique, les données des tables hollandaises, établies à partir d'une quarantaine de placettes inventoriées. On peut provisoirement les utiliser en attendant des analyses détaillées portant sur des peuplements français suffisamment anciens, étendus et homogènes, **ayant bénéficié d'une sylviculture adaptée.**

Dans la plupart de nos peuplements actuels en effet, une sylviculture beaucoup trop timide a été adoptée et des densités bien trop fortes maintenues.

Nous tenterons, en utilisant certaines données américaines récentes, recueillies dans les peuplements d'origine du Chêne rouge (le plus souvent mélangés comme nous l'avons noté), de définir des règles de culture applicables en France.

Analyse de quelques peuplements en France

Nous en avons retenu trois, dont deux situés dans l'Est de la France, parce qu'ils étaient d'âges voisins, et parce que nous pensons que le Chêne rouge y aura un rôle important à jouer, dans le cadre des améliorations urgentes à apporter aux taillis-sous-futaie encore très étendus.

L'aptitude à coloniser les sols à pseudogley — le comportement remarquable du Chêne rouge dans les conditions édaphiques relativement défavorables d'Amance (Meurthe-et-Moselle) est un encouragement en ce sens — est à notre avis une précieuse indication pour l'avenir.

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

Le troisième peuplement, issu d'une régénération naturelle, est la fameuse placette des Barres, dite de la « Glandée d'Amérique », pour laquelle de précieux et récents renseignements nous ont été communiqués par Dumont.

La Chapelle aux Bois (Vosges). Figure 1

Origine du peuplement : semis (en 1919) de graines d'origine inconnue (commerce ?) sur une zone déboisée à proximité d'une ancienne scierie en bordure de la RN 64 Bains-les-Bains - Luxeuil, à environ 2 km de Bains-les-Bains.

Substrat : grès vosgien.

Age : 60 ans.

Nettoiements réguliers suivis d'éclaircies prudentes.

Figure 1

La Chapelle-aux-Bois

Chêne rouge

Evolution du nombre de tiges en fonction de l'âge

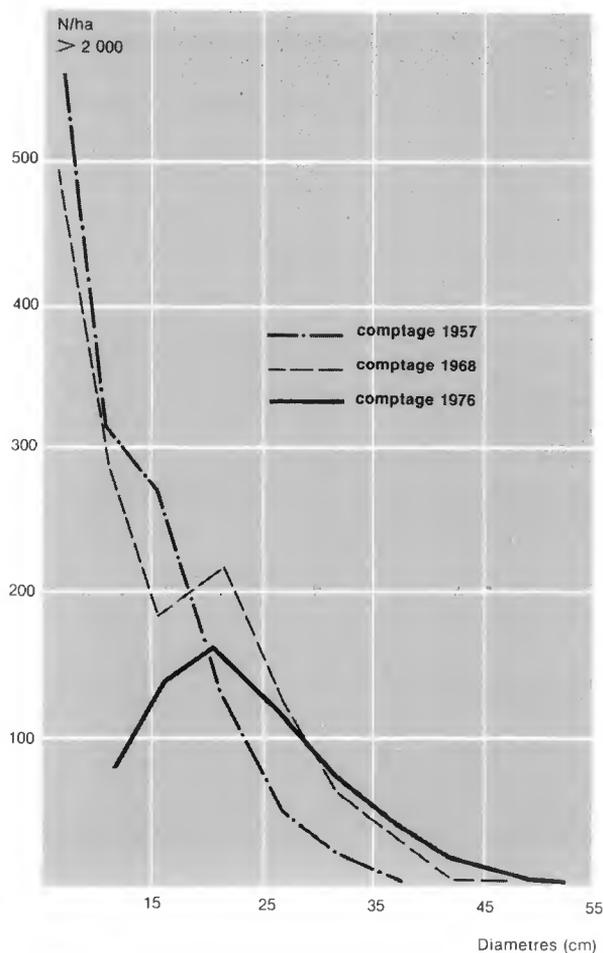


Photo L. LANIER

En 1968, l'éclaircie a porté sur une cinquantaine de chênes rouges à l'hectare, soit moins de 10 % des arbres de 20 cm de diamètre et plus. Trois comptages en plein ont été effectués en 1957, 1968 et 1976 dont les résultats sont résumés sur le tableau suivant, où l'on a regroupé les arbres (mesurés au centimètre près sur le diamètre) en catégories classiques de 5 cm et 5 cm.

Les chiffres sont ramenés à l'hectare.

Diamètre (en cm)	Chênes rouges			Bouleaux			Hêtres		
	1957	1968	1976	1957	1968	1976	1957	1968	1976
moins de 10	2 190	483	a	92	20	b	191	28	c
10 - 15	308	272	71	48	28		8	33	
15 - 20	267	177	137	16	15		2	2	
20 - 25	136	210	151		3				
25 - 30	45	127	114						
30 - 35	18	59	66						
35 - 40	2	29	36						
40 - 45		2	16						
45 - 50		2	2						
50 et plus			1						
Total			594			105			85

Les brins de moins de 10 ont été regroupés au comptage 1976 : $a + b + c + \text{divers} = 288$ par hectare.

En 1976, les comptages (sur Chêne rouge) ont été affinés en plaçant les 594 tiges à l'hectare dans les différentes catégories suivantes :

	N/ha	Ø moyen
1 A Dominants - belle qualité, forme satisfaisante	23	31,56
1 B Codominants - qualité convenable, gênés latéralement	57	24,35
1 C Dominants et codominants de mauvaise forme, élagage défec- tueux, défauts, « Loups »	133	31,44
2 Codominants fortement déprimés par la concurrence	83	21,79
3 Dominés	175	15,73
4 Brins	123	—
	594	

L'effet de la concurrence, à laquelle le Chêne rouge se montre très sensible dès son jeune âge, apparaît clairement, en particulier sur les graphiques qui montrent l'affaiblissement des catégories 20-25 et 25-30 et la difficulté des gros diamètres à s'accroître (dissymétrie à gauche de la « courbe en cloche »).

Le choix de 100 tiges à l'hectare et la mise à distance convenable, en choisissant dans les catégories 1 A, 1 B et 2 (soit 163 tiges en tout) paraît très difficile.

Aussi, semble-t-il souhaitable de faire ce choix **avant 40 ans** et d'éclaircir fortement autour des belles tiges désignées.



Photo L. LANIER

Amance (Meurthe-et-Moselle). Figure 2.

Les données de la placette expérimentale de l'étang de Brin en forêt domaniale d'Amance, gérée par le C.N.R.F. (1) confirment les précédents résultats.

Les principaux chiffres relatifs à cette placette sont résumés sur le tableau suivant (afin que ces données soient comparables avec celles des autres dispositifs expérimentaux, tous les chiffres sont rapportés à l'hectare) :

Age	Peuplement avant éclaircie			Eclaircie			Peuplement après éclaircie			
	N	G _{m2}	V _{m3} *	N	G _{m2}	V _{m3}	N	G _{m2}	V _{m3}	
29	2 233	24,48	146,5	721	4,32	26,5	1 512	20,16	120	
34	1 512	23,65	177,6	360	3,38	23,1	1 152	20,27	154,5	
42	1 152	29,36	236,2	390	6,27	47,2	762	23,09	189	
50	762	30,41	297,7	285	8,67	79,7	477	21,74	218	
62	477	34,02	365,9	41	1,61	15,5	436	32,41	350,4	
en 1978	78	436	50,66	534,9	113	8,39	82,4	323	42,27	452,5

* V = volume bois fort tige.

(1) Nous remercions vivement M. Pardé, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production du Centre national de Recherches forestières d'avoir bien voulu nous communiquer les derniers résultats des observations et notations effectuées par ses services.

La hauteur dominante en 1978 était de 28,10 m.

La circonférence moyenne des plus gros arbres était de 151 cm.

La figure 2 résume les données du nombre de tiges avant et après chaque éclaircie, ainsi que l'évolution dans le temps des accroissements moyens annuels et accroissements courants entre deux éclaircies.

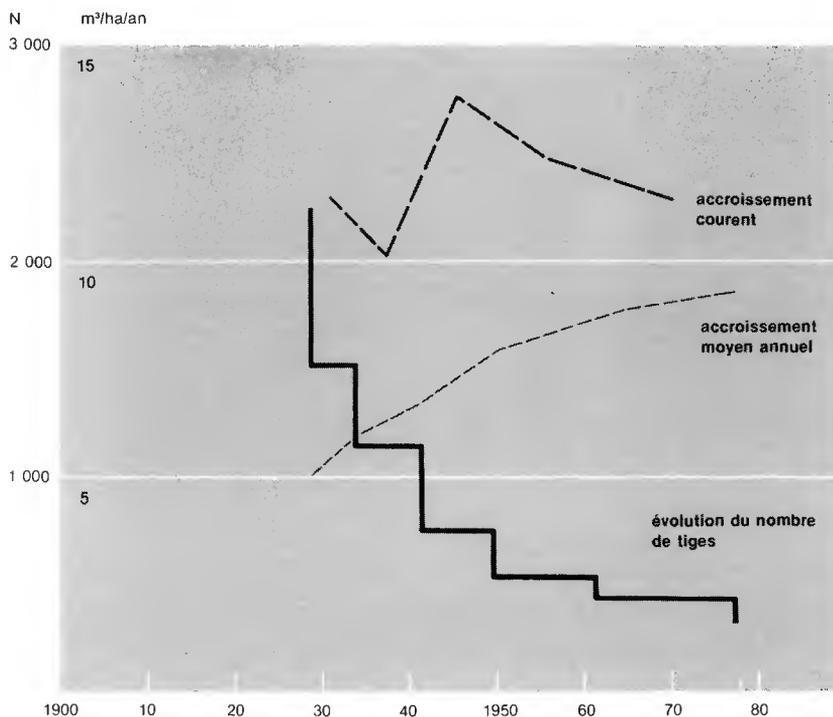


Figure 2
Placette Chêne rouge
C.N.R.F. Amance
Etang de Brin

A noter que l'accroissement moyen annuel depuis l'origine jusqu'à 78 ans se situe à 9,32 m^3 , ce qui est remarquable avec une sylviculture somme toute prudente (323 tiges à 78 ans).

J. Pardé note (communication personnelle) que dans la même station et au même âge, des données relatives aux chênes indigènes indiquent des accroissements moyens annuels de l'ordre de 5 $m^3/ha/an$ au mieux.

Les Barres (Loiret). Figures 3 et 4.

Nous disposons également de précieux renseignements sur le traitement suivi et les caractéristiques actuelles de la parcelle de Chêne rouge dite de la « Glandée d'Amérique » située dans le domaine des Barres (photo ci-contre).

Ces données sont résumées ci-dessous.

Peuplement issu d'une régénération naturelle, sur une ou deux glandées importantes des années 1924-1928, glandées produites par un peuplement installé une centaine d'années plus tôt dont on ignore l'origine.



La méthode des coupes progressives, assises sur des semis acquis, conduites rapidement (coupe d'ensemencement 1924-1925 enlevant près de 50 % du peuplement, une coupe secondaire l'année suivante, 40 % du peuplement restant et coupe définitive deux ans plus tard) a conduit à un peuplement pratiquement pur de chênes rouges.

En 1928, la régénération était complète et vigoureuse. Les dégagements ont porté sur les chênes indigènes nés en mélange, sur des drageons de trembles et quelques pins venant des peuplements voisins.

Les semis semblaient peu attaqués par le lapin (si abondant aux Barres) et **pas du tout par l'oïdium**, fréquent dans cette région sur les semis de chênes indigènes.

En 1940, quelques exploitations abusives ont été faites par les troupes allemandes, sans doute exploitations peu soucieuses de l'amélioration du peuplement.

Nettoisement en 1943.

En 1949, le peuplement est décrit par Rol et Pourtet comme un beau gaulis, dense, passant au bas-perchis.

Aucune éclaircie n'a eu lieu jusqu'en 1974.

En 1974, il a été procédé à une désignation « d'arbres de place » et à une éclaircie, préférentiellement effectuée à leur profit. 103 arbres de place (sur 0,8 ha) ont pu ainsi être désignés (100 chênes rouges et 3 rouvres), soit l'équivalent de 129 tiges d'élite par ha.

L'éclaircie a enlevé environ deux arbres par arbre désigné ainsi que de **très nombreux dominés en voie de disparition**.

En 1974, le peuplement, outre les 103 désignés, comportait 1 147 tiges d'accompagnement, essentiellement chênes rouges : 90 %, (chênes rouvres 8 % et divers 2 %).

Depuis cette date (1974), deux campagnes de mensurations, en 1976 et 1978, ont été effectuées ; leurs résultats sont consignés sur les tableaux suivants (toujours dans le même souci comparatif que précédemment, tous les chiffres indiqués ont été rapportés à l'hectare).

Peuplement de bourrage (peuplement moins arbres de place).

Age		N		Gm2		\bar{C}	
		Chêne rouge	Total	Chêne rouge	Total	Chêne rouge	Total
1975-76	51	1 266	1 434	20,99	22,99	42,89	42,01
1977-78	53	1 260	1 394	24,02	25,85	46,36	45,52

\bar{C} : circonférence moyenne

Des mesures particulières ont porté sur les arbres de place.

Age	N		Gm2		\bar{C}	
	Chêne rouge	Chêne rouvre	Chêne rouge	Chêne rouvre	Chêne rouge	Chêne rouvre
51	125	4	2,83	0,06	58,55	50,33
53	125	4	3,84	0,08	61,14	51,31

L'éclaircie de l'hiver 77-78 a été effectuée encore au profit préférentiel des arbres de place et a enlevé 236 tiges par hectare pour 5,71 m² de surface terrière, soit une circonférence moyenne des arbres enlevés de 53,6 cm (éclaircie presque neutre, légèrement par le bas).

L'évolution de la circonférence des arbres de place a été suivie en détails entre 1975 et 1979. Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

	Effectifs	Moyennes (cm)	Ecart-type des observations	Ecart-type de la moyenne (cm)
Janvier 75. . . .	103	57,32	11,17	1,1
Janvier 76. . . .	103	58,30	11,18	1,1
Janvier 77. . . .	103	59,33	11,31	1,11
Janvier 78. . . .	103	60,70	11,32	1,12
Janvier 79. . . .	103	62,94	11,56	1,14

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

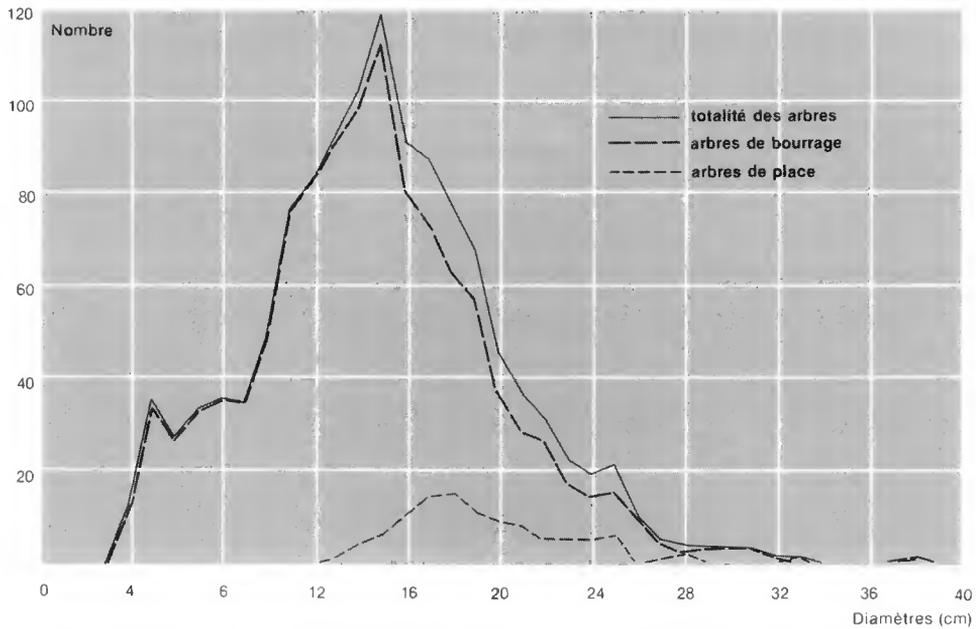


Figure 3 Chênes rouges de la glandée d'Amérique Inventaire de l'hiver 1977-78. Inventaire avant éclaircie

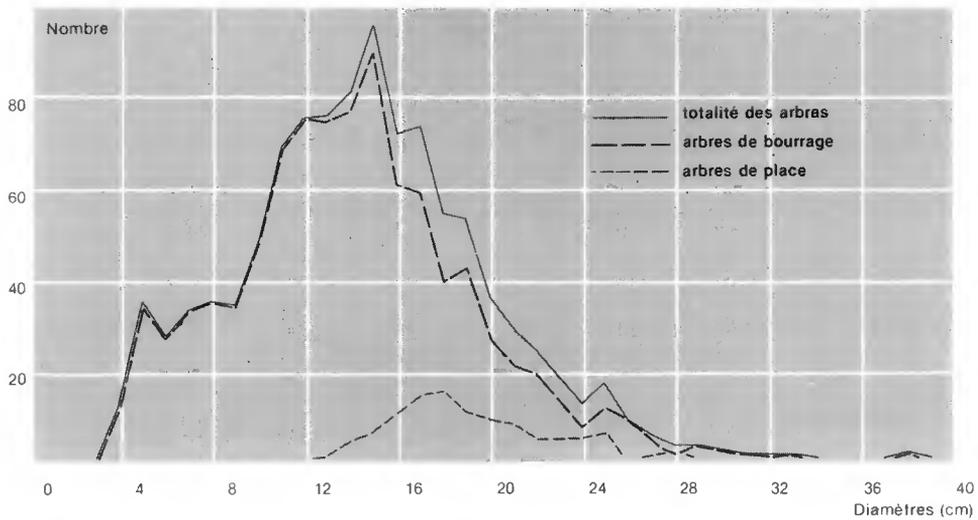


Figure 4 Chênes rouges de la glandée d'Amérique Inventaire de l'hiver 1977-78. Inventaire après éclaircie

On note une bonne homogénéité des arbres de place choisis, et une assez bonne aptitude à réagir aux éclaircies, même tardives. La hauteur dominante, en 1978, a été estimée être de l'ordre de 20 m.

Les figures 3 et 4 donnent une idée de la structure du peuplement, avant et après éclaircie. On notera, comme à la lecture d'histogrammes homologues pris dans divers peuplements d'âge moyen, que les classes les plus riches en arbres de diamètre moyen apparaissent clairement (de

l'ordre de 14 à 18 cm de diamètre aux Barres, **ce qui est peu à 53 ans**), ainsi qu'une difficulté à acquérir de forts diamètres et une bosse de l'histogramme vers la gauche indiquant une concurrence contraignante, renforcée par une exploitation sélective en 1975-76, s'effectuant au détriment des perches de 7 à 10 cm de diamètre, et respectant le sous-étage.

Il est évident que, **surtout dans une régénération naturelle**, des dégagements intensifs, ainsi qu'une sylviculture volontariste, voire brutale entre 25 et 40 ans aurait, sinon facilité le choix des arbres d'avenir, du moins largement augmenté le diamètre moyen du peuplement principal.

Analyse des tables de production hollandaises

La Bastide et Faber ont publié en 1972 deux documents extrêmement précieux pour le sylviculteur s'intéressant au Chêne rouge. Ces tables (concernant en dehors du Chêne rouge, le Pin laricio de Corse, le Pin noir d'Autriche, le Douglas et le Mélèze du Japon) dérivent classiquement, et par une méthode d'analyse détaillée dans le préambule de l'article, de peuplements réels dont les courbes d'accroissement sont ensuite lissées à l'aide d'un passage des données en ordinateur (le programme FORTRAN utilisé est fourni).

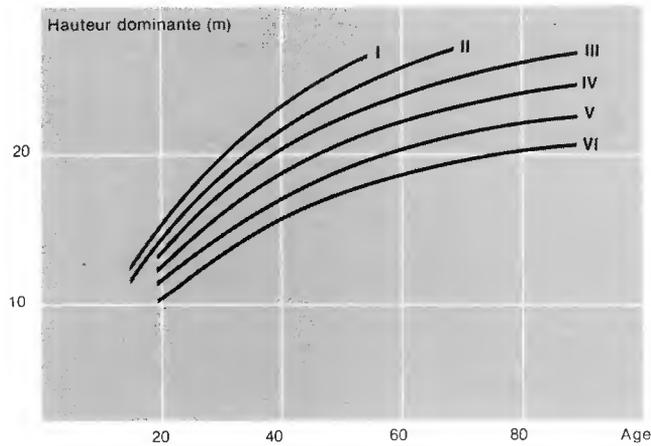
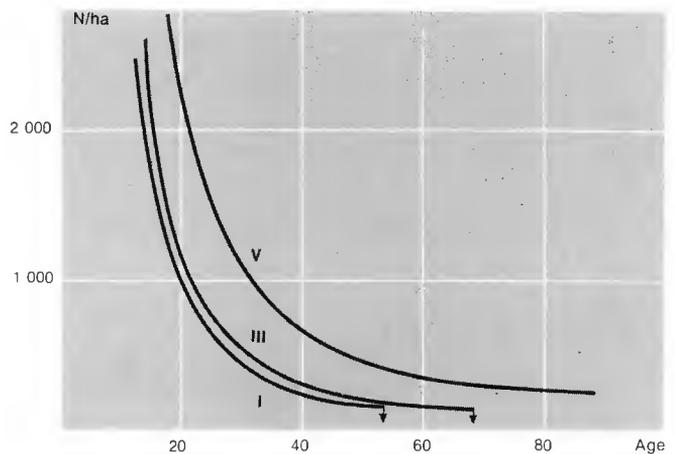


Figure 5
Tables hollandaises.
Courbes des hauteurs dominantes en fonction de l'âge pour six classes de fertilité (I à VI)

Figure 6
Tables hollandaises.
Courbes d'évolution du nombre de tiges en fonction de l'âge pour trois classes de fertilité (I, III, V)



Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

Les tableaux de chiffres seraient moins parlants pour le lecteur que les courbes ci-dessous, qui dérivent directement des tables (figures 5 à 8) et qui expriment, selon les cas et pour différentes classes de fertilité (définies par les hauteurs dominantes atteintes à un âge donné) les accroissements en hauteur, l'évolution souhaitable du nombre de tiges et l'allure des relevés de formation du volume, éclaircies déduites. L'accroissement moyen est également figuré pour deux classes de fertilité (six classes en tout sont définies, en fonction des hauteurs et rapportées à cinq indices de station, « site index », l'ensemble permettant d'entrer dans les tables en connaissant par exemple l'âge et la hauteur dominante d'un peuplement).

Nous noterons la prudence des auteurs des tables — ne serait-ce que par conscience du relatif petit nombre des peuplements analysés — qui signalent l'incertitude quant au comportement précis de chaque peuplement en fonction des conditions globales de station et en fonction de la sylviculture pratiquée, qui semble, en Hollande également, avoir été dans les peuplements-témoins relativement prudente.

L'arrêt des tables à 55 ans en classe de fertilité I (avec néanmoins 118 tiges cubant un peu plus de 2 m³ en moyenne) indique également les limites actuelles des connaissances. Il est fort probable,

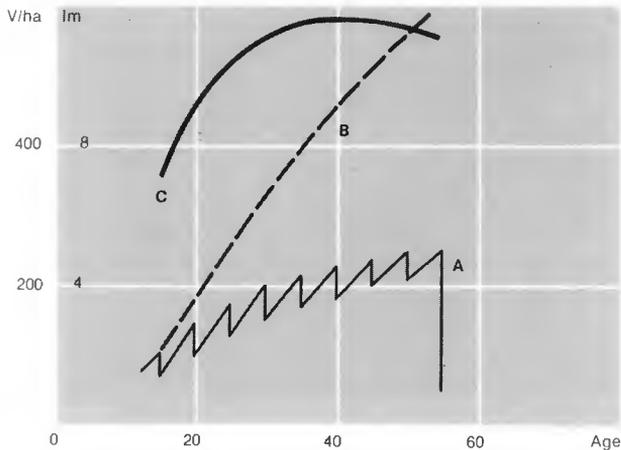
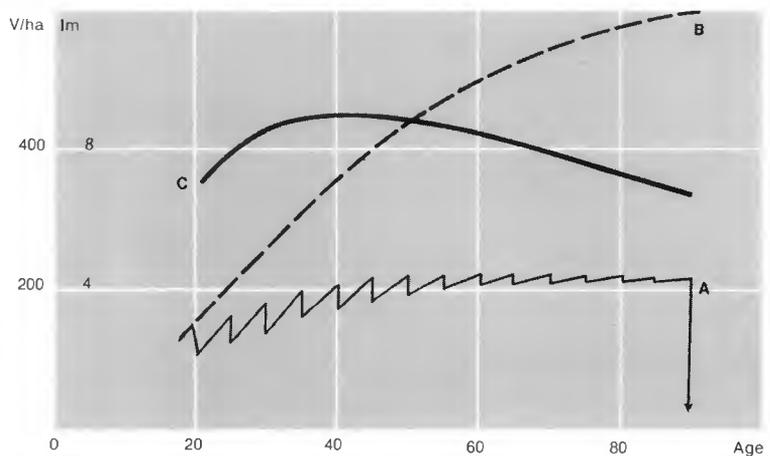


Figure 7
Tables hollandaises.
Courbes de la formation du volume, éclaircies déduites (Courbe A) volume total produit (Courbe B) et accroissement moyen depuis l'origine (Courbe C). Classe I de fertilité

Figure 8
Tables hollandaises.
Courbes de la formation du volume, éclaircies déduites (Courbe A) volume total produit (Courbe B) et accroissement moyen depuis l'origine (Courbe C). Classe III de fertilité



ainsi que l'indiquent les données d'Amance pour une classe de fertilité un peu inférieure (28 m de hauteur dominante à 78 ans mais avec encore plus de 300 tiges), que l'on devrait pouvoir obtenir vers 80 ans quelque 200 tiges de près de 2 m³ aménagement, ce qui serait remarquable.

Analyse des travaux américains

On pourrait s'attendre à trouver, grâce aux travaux des chercheurs américains et à l'école dynamique de sylviculture de l'Est des États-Unis des données sur le Chêne rouge extrapolables avec prudence dans les conditions des stations comparables où il est introduit.

Or, si l'on relève fréquemment dans la littérature américaine des articles sur l'intérêt économique, les maladies, la fertilisation et le devenir probable des peuplements mélangés de Chêne rouge, il est plus rare de voir traiter ceux-ci selon des méthodes d'aménagement de type européen et de ce fait, il faudra bâtir nous-mêmes nos propres conceptions sylvicoles.

Toutefois, nous noterons de précieux renseignements issus d'un Symposium de 1971 consacré au Chêne et nous nous référerons à quelques analyses récentes.

Gingrich, 1971, fournit à partir de données recueillies dans des peuplements équiennes appartenant, comme il le rappelle, aux 40 millions d'hectares de l'immense forêt à chênes et à hickory de l'Est américain, un schéma maintenant classique pour l'aide chiffrée au traitement des principales essences. Les données relatives à la surface terrière, au nombre de tiges à l'unité de surface, au diamètre de l'arbre moyen et à l'« occupation de l'espace par les peuplements » sont aisément liées de manière graphique et permettent de savoir jusqu'où « on peut aller trop loin ».

Le schéma de Gingrich est reproduit ci-contre (figure 9) et les échelles converties en mesures métriques. Ces chiffres sont évidemment un peu artificiels, dans la mesure où ils correspondent à des stations et des peuplements « moyens » pour la zone américaine du Chêne rouge. En particulier, tous les problèmes des provenances, des aspects climatiques, altitudinaux... sont négligés.

La « plage de manœuvre » entre les courbes A et B est suffisamment vaste pour que le sylviculteur puisse rapidement, à partir de deux données simples (nombre de tiges à l'hectare et surface terrière) se rendre compte dans quelle portion de l'espace entre courbes se situe son peuplement, si celui-ci est trop serré ou au contraire déjà lâche, si le diamètre moyen est vraiment trop petit ou s'il est proche d'un point d'une courbe idéale qui devrait le conduire à un optimum souhaité à un âge donné.

Pour montrer l'usage qui peut être fait de ces schémas, nous avons positionné les trois peuplements français décrits au début de ce chapitre. Aucun ne peut se situer dans la plage acceptable (entre les courbes A et B) des normes américaines : Amance par excès de surface terrière, Les Barres par excès du nombre de tiges (2). A quoi cela tient-il ?

On peut suggérer deux explications complémentaires : une première provient de la construction même et de l'origine du graphique de Gingrich, très probablement issu d'analyses de peuplements mélangés, dans lesquels seules les surfaces terrières et les nombres de tiges relatifs aux chênes rouges ont été comptabilisés.

La seconde tient à coup sûr — et la connaissance visuelle des peuplements européens le confirme — à la réelle hyperdensité, aggravée par la grande pureté de nos peuplements de chêne rouge.

Les schémas que nous proposons à la fin de ce chapitre visent à corriger cette grave erreur, trop généralement répandue.

(2) Seul La Chapelle-aux-Bois, en ne prenant en compte que la surface terrière des chênes rouges dominants et co-dominants (sans les divers, donc, ni les brins) se situe à la limite du peuplement hyperdense.

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

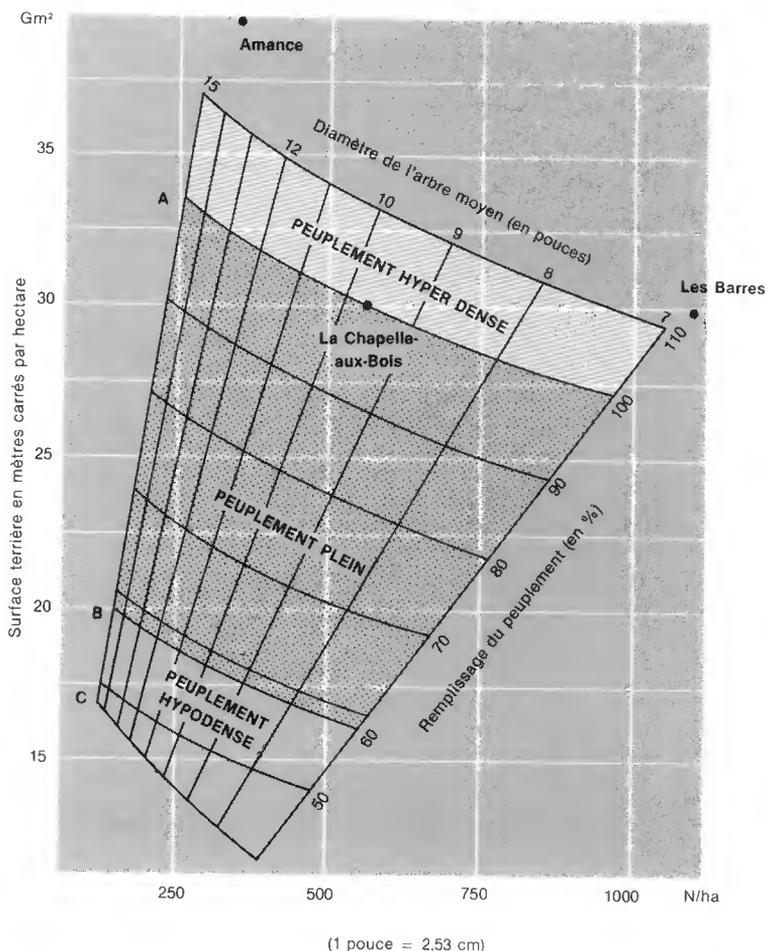


Figure 9
Extrait de
« Oak Symposium Proceeding »
1971 (modifié) et
Stocking, growth and
Yield of oak stands (p. 66)

Une conduite possible des peuplements

A partir de ces différentes données, on peut maintenant tenter une synthèse présentant une conduite possible d'un peuplement de Chêne rouge en France.

D'abord bien définir ses *objectifs* : il paraît raisonnable d'espérer obtenir **rapidement** (70 ans), à condition que la station, par sa fertilité, le permette, des billes de grosseur appréciable (50-55 cm).

Le Chêne rouge étant caractérisé par un développement initial rapide, un tempérament marqué d'essence de lumière, un maximum d'accroissement annuel en hauteur vers 15-20 ans et un maximum d'accroissement annuel en circonférence vers 50-60 ans, il est souhaitable de lui appliquer une sylviculture volontariste, énergique lors des nettoiemnts précoces (15 ans, 9 m de hauteur dominante) portant sur les plus vilaines tiges — et il y en a en général beaucoup — et celles s'élaquant naturellement le plus mal.

Les *éclaircies* ultérieures seront fortes, mixtes et surtout par le haut pour repousser aussi loin que possible dans le temps la chute inéluctable de production en volume.

Les *arbres d'élite* seront désignés le plus rapidement possible (vers 30-35 ans) et largement favorisés (100 à 120 par hectare paraît un chiffre suffisant). Un élagage artificiel accompagnant la désignation pourra s'avérer nécessaire, ainsi qu'un apport d'engrais, le phosphore ayant fréquemment « marqué » et de façon durable, d'après des résultats américains récents.

La figure 10 ci-contre, issue de données diverses et en particulier de peuplements analysés dans la présente étude, propose en traits appuyés un régime d'éclaircies envisageable. On notera que pendant les trente dernières années de la vie du peuplement, on se bornera à laisser grossir. La récolte pourra intervenir en fonction des conditions du marché, d'une régénération qui devrait s'installer facilement ou d'un relais à attendre par une essence d'accompagnement, ayant pu être installée en sous-étage des 100 à 120 chênes positionnés vers 50 ans.

Seuls des essais en vraie grandeur pourront bien entendu étayer ou nuancer cette **proposition**.

A titre indicatif, on pourra s'appuyer utilement, pour juger des distances « optimales » à ménager entre tiges aux différents âges — correspondant aux diamètres successivement atteints — sur les corrélations (figure 11) établies d'après des observations dans des peuplements naturels nord-américains.

Compte tenu de ces différentes données et en fonction des six classes de fertilité qui ont été antérieurement définies, les productions en volume (bois-forêt tige en m³/ha/an) que l'on peut raisonnablement espérer figurent sur le tableau suivant, extrait d'une récente communication de Boudru, (1978), appuyée sur des travaux de qualité en Belgique (cf. bibliographie Boudru, Roisin, Thill).

Age	Belgique													
	CLASSES													
	0	I		II		III		IV		V		VI		
↓	H 100	Δ C	H 100	Δ C	H 100	Δ C	H 100	Δ C	H 100	Δ C	H 100	Δ C		
20	16	15	—	14	—	13	—	12	—	11	—	10	—	
30	—	—	2,27	—	1,97	—	1,66	—	1,47	—	1,26	—	1,06	
40	—	22,9	—	21,4	—	19,9	—	18,4	—	16,8	—	15,3	—	
55	—	26,4	—	24,6	—	22,9	—	21,1	—	19,4	—	17,6	—	
60	—	—	2,76	—	2,40	—	1,95	—	1,65	—	1,35	—	1,10	
70	—	—	—	—	2,40	—	1,93	—	1,61	—	1,33	—	1,07	
80	—	29,7	—	27,7	—	25,7	1,88	23,7	1,56	21,7	1,27	21,7	1,02	

H 100 : cm ; Δ C : accroissement annuel s/circonférence.

Classes \ Années	15/20	20/30	30/40	40/50	50/60	60/70	70/80	80/90
	I	16,0	15,2	12,9	10,5	8,6	—	—
II	14,0	13,5	11,5	9,2	7,3	5,6	—	—
III	—	(11,8)	10,1	8,2	6,4	4,9	3,8	(2,8)
IV	—	10,3	8,7	7,2	5,5	4,3	3,3	2,5
V	—	8,8	7,5	6,1	4,8	3,7	2,8	2,2
VI	—	7,3	6,4	5,1	4,1	3,1	2,4	1,8

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

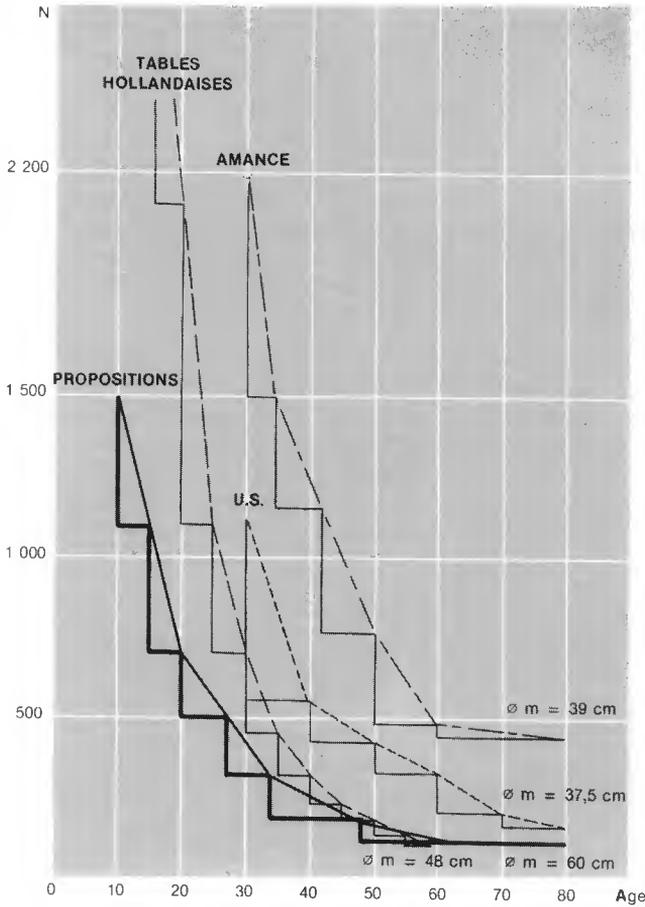
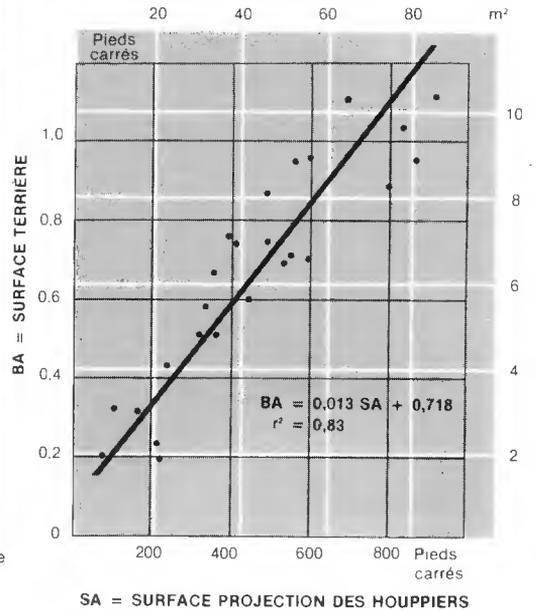


Figure 10
Une sylviculture possible
pour le Chêne rouge

Figure 11
Relation surface terrière-projection des houppiers
(Extrait de Chadwick, Dearing, Oliver, 1978)



Parasites du Chêne rouge

Les maladies du Chêne rouge ont été peu étudiées en Europe où cette essence, encore disséminée, ne pose guère de problème sérieux. Nous dresserons un tableau sommaire des affections les plus fréquentes, en nous inspirant de la synthèse d'Hepting (1971).

Plusieurs parasites peuvent infecter le Chêne rouge des deux côtés de l'Atlantique. Ce sont d'abord les agents d'oïdium : oïdium du Chêne (*Microsphaera alphitoides* Grif. et Maubl) auquel il résiste assez bien et parfois des espèces polyphages (*Microsphaera alni* (Wallr.) Wint. et *Phyllactinia guttata* (Fr.) Lév.). Des cas de rouille foliaire (*Uredo quercus* Brond.) ont été cités en zone méditerranéenne mais paraissent peu dommageables. Feuilles et jeunes rameaux sont aussi sujets à l'antracnose (*Gnomonia errabunda* Auersw.). Divers *Nectria* provoquent des chancres de tige, comme chez la plupart des feuillus (Moreau, 1950). Seuls les parasites racinaires paraissent capables d'un processus mortel : l'armillaire en conditions défavorables et le *Phytophthora cinnamomi* Rands qui provoque un chancre au pied, accompagné d'un suintement noirâtre (Moreau, 1951), qui fait penser à la maladie de l'encre du Châtaignier, sans en avoir la gravité. Enfin, nous citerons, pour mémoire, les polypores et, en particulier, les *Stereum* qui colonisent volontiers les blessures du tronc, celles d'élagage n'échappant pas à cette règle.

Dans son aire d'origine, le Chêne rouge subit plusieurs affections non connues en Europe : le chancre à *Strumella coryneoidea* Sacc. et Wint., la rouille foliaire à *Cronartium fusiforme* Hedg. et Hunt (dommageable pour son hôte alternant, le Pin) et surtout le flétrissement à *Ceratocystis fagacearum* (Bretz.) Hunt. Le champignon parasite le xylème fonctionnel dont les vaisseaux lui permettent une progression rapide dans l'hôte et la diffusion de ses toxines. Il en résulte, deux mois après la contamination, un flétrissement généralisé et fatal que précède le développement d'une couleur bronzée du limbe foliaire. Le parasite se dissémine par voie souterraine (contacts racinaires) et par voie aérienne (insectes vecteurs). Aux États-Unis, la maladie se traduit par des taches de mortalité mais n'a jamais pris l'allure épidémique que nous venons de connaître pour l'orme (*Ceratocystis ulmi* (Buism.) C. Moreau) du fait de la moindre efficacité des insectes vecteurs. En milieu forestier, la lutte est difficile sinon illusoire.

Nous insisterons sur deux faits : le *C. fagacearum* n'est connu à ce jour qu'aux États-Unis et les chênes blancs américains (botaniquement proches du rouvre et du pédonculé) y présentent une moindre sensibilité. Il serait donc déraisonnable de penser qu'une nouvelle menace pèse sur le Chêne en Europe. Néanmoins, face au développement de l'importation des grumes américaines en Europe, le ministère de l'Agriculture a demandé un renforcement de la législation phytosanitaire européenne. De nouvelles mesures de protection entreront donc bientôt en vigueur, concernant les diverses phases de l'importation, de l'abattage aux États-Unis à l'arrivée dans les usines européennes. Il convient de demeurer vigilant en surveillant l'état sanitaire des chênes rouges en France et en s'adressant aux services d'identification.

Divers insectes s'en prennent également au Chêne rouge ; *Hyphantria cunea*, d'origine américaine, aurait été introduit en Hongrie à la fin de la dernière guerre et aurait gagné la Yougoslavie.

Operophtera brumata serait présent un peu partout en France.

Lymantria dispar et *Euproctis chrysochrysa*, classiques sur les chênes indigènes où ils sont plus ou moins dommageables selon les années, s'adaptent (mais mal, semble-t-il) au chêne rouge.

Les *Balaninus* spp. consomment les glands, mais en faible quantité (rarement plus de 5 %).

Les scolytes, nombreux chez les chênes indigènes, s'en prennent aux Chênes rouges dépéris-sants.

Mais toute cette liste, impressionnante peut-être en nombre d'espèces, ne doit pas nous masquer le fait fondamental qui est que le Chêne rouge est actuellement particulièrement vigoureux et sain dans sa zone d'introduction. En serait-il de même sur des peuplements étendus, monospécifiques, en conditions difficiles ? Nul ne peut le dire. Une précaution, classique en matière d'introduction d'essences nouvelles, s'impose donc : rechercher des conditions écologiques bien adaptées et éviter les extensions massives de reboisements homogènes.

QUALITÉS TECHNOLOGIQUES ET USAGES DU BOIS

Les qualités technologiques du Chêne rouge sont peu connues en France, et font même l'objet d'une certaine méfiance dont l'origine et les raisons sont difficiles à déterminer.

Il est probable qu'au manque d'informations au sujet de cette essence, assez peu répandue dans notre pays et donc peu susceptible d'utilisation régulière et importante, sont venues s'ajouter des confusions entre *Quercus rubra*, objet de cette étude, et les autres chênes voisins mais aux propriétés différentes, *Quercus palustris*, etc.

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

Pourtant la littérature étrangère et quelques indications recueillies auprès de scieurs utilisant effectivement *Q. rubra*, montrent que ce Chêne a de nombreuses qualités qui en font une essence de reboisement d'un grand intérêt.

Les propriétés technologiques dont nous allons parler ont été estimées objectivement par un certain nombre de mesures physiques et mécaniques sur des éprouvettes normalisées débitées à cet effet, ainsi que par des essais moins classiques sur des feuilles de placages. Les chiffres obtenus proviennent de chênes rouges de trois forêts françaises : Seillan près de Bourg-en-Bresse, Chaux et Montech, essayés à la Station de recherches sur la qualité des bois du Centre national de Recherches forestières. Les billons correspondants nous ont été fournis par les centres de l'Office national des forêts de Bourg-en-Bresse, Dôle et Toulouse.

A titre de comparaison, les mêmes mesures ont été faites sur des échantillons de Chêne pédonculé de très bonne qualité, provenant de la forêt de Cîteaux et qui nous ont été procurés par le Centre de l'Office national des forêts de Beaune (Keller, Perrin, Thiercelin, 1980).

Largeur des cernes

Les arbres étudiés étaient âgés, selon les forêts, de 45 à 60 ans et les largeurs des cernes des éprouvettes essayées étaient comprises entre 2,4 et 5,3 mm. Nous ne donnerons ici que les résultats relatifs à des arbres dominants.

Densité du bois

Exprimée en infradensité, elle varie entre 568 g/dm³ et 584 g/dm³, qui sont des valeurs assez élevées, tout à fait comparables à celles qui sont citées dans la littérature : 570 g/dm³ pour des chênes rouges ayant poussé en Allemagne ou en Grande-Bretagne.

Dans le cas du Chêne rouge, il ne semble pas qu'il existe de liaison entre largeur de cerne et densité du bois au contraire de ce que l'on peut observer généralement chez les Chênes rouvre et pédonculé.

Résistance mécanique

Les résultats des essais mécaniques font apparaître des propriétés de résistance élevées. Les chiffres indiqués ont été mesurés à une humidité moyenne de 10 %.

Les contraintes de rupture en flexion statique sont comprises entre 1 350 et 1 480 daN/cm² (3) ; ces valeurs sont du même ordre de grandeur ou même un peu plus élevées que ce que l'on peut trouver dans d'autres travaux : 1 180 à 1 275 daN/cm² en Allemagne, 1 230 daN/cm² en Grande-Bretagne. Elles témoignent d'une excellente résistance mécanique.

Le module d'élasticité apparent en flexion statique est compris entre 132 000 et 141 000 daN/cm², ces valeurs élevées indiquent qu'il faut appliquer des forces importantes pour déformer le bois du Chêne rouge, ce qui le fait ressembler de ce point de vue au Chêne pédonculé et au Frêne. Les chiffres indiqués par les laboratoires étrangers sont de 125 000 daN/cm² à 130 000 daN/cm² en Allemagne et 125 000 daN/cm² en Angleterre.

La cote de raideur maximum pour les Chênes rouges des trois forêts étudiées est d'environ 26, ce qui fait classer les échantillons essayés dans la catégorie des bois élastiques.

En compression axiale, le Chêne rouge donne des performances élevées ou très élevées puisqu'on a trouvé de 621 à 698 daN/cm², le plaçant à un niveau comparable voire supérieur aux chiffres allemands, 600 à 632 daN/cm² ou anglais, 563 daN/cm².

(3) Rappelons que 1 daN = 1,02 kg.

La dureté mesurée sur la face radiale des échantillons, est élevée. Nous avons vérifié qu'elle pouvait être notablement supérieure à celle du Chêne pédonculé, retrouvant là aussi une bonne concordance avec les renseignements donnés par d'autres laboratoires. Selon certains auteurs, elle ne dépendrait pas de la largeur des accroissements, à l'inverse de ce que l'on observe généralement chez les Chênes rouvre et pédonculé, et elle pourrait être plus faible chez des arbres de stations chaudes.

La résistance en flexion dynamique, ou résilience, est une des propriétés mécaniques les plus remarquables du Chêne rouge qui surpasse toutes les autres essences indigènes courantes. Les Chênes rouges d'origine française ont donné de 1,1 à 1,5 kgm/cm², à comparer aux chiffres allemands qui sont d'environ 1,4 kgm/cm².

Variations dimensionnelles en fonction de la teneur en eau

Généralement, on considère que le Chêne rouge a pour défaut principal une forte rétractibilité, qui est supérieure, en moyenne, à celle des Chênes rouvre et pédonculé.

Les mesures effectuées sur les arbres provenant des trois forêts citées ont montré, d'une façon assez surprenante, que cette essence pouvait avoir des valeurs de rétractibilité inférieures à celles qui sont généralement données par la littérature, que cette variable soit mesurée entre l'état vert et 10 % d'humidité ou entre l'état vert et l'état anhydre.

Rétractibilité. Nous ne citerons que les chiffres de rétractibilité volumétrique entre ces deux derniers états qui peut, en première approximation être considérée comme la somme des rétractibilités radiale, axiale et tangentielle. Les valeurs sont comprises en moyenne entre 13,3 % et 15,6 % et sont inférieures aux valeurs trouvées en Allemagne qui vont de 16,3 % à 20,1 %.

Dans les mêmes conditions, le Chêne pédonculé qui nous a servi de point de comparaison, a présenté une rétractibilité de 16,3 %, donc plus élevée que celle des Chênes rouges et par conséquent moins favorable du point de vue de la qualité.

Anisotropie de la rétractibilité. C'est un indice intéressant de la qualité ; elle est mesurée par le rapport entre la rétractibilité tangentielle et la rétractibilité radiale. Plus ce rapport est voisin de 1, meilleure est la qualité du bois.

Entre l'état vert et l'état anhydre, nous avons trouvé des rapports de 1,81 à 2,31. Le premier chiffre est particulièrement faible pour le Chêne rouge qui donne, selon les auteurs allemands des valeurs allant de 2,23 à 2,65.

Le Chêne pédonculé de référence a donné un rapport de 2,04 ; les billons de Chêne rouge provenant de Bourg-en-Bresse dont le rapport n'atteint que 1,81, se classent donc mieux que lui.

Ces deux résultats relatifs à la rétractibilité et à son anisotropie prouvent que certains Chênes rouges peuvent se classer mieux que certains Chênes pédonculés.

La « renommée » de forte rétractibilité du Chêne rouge n'a peut-être été fondée qu'à partir de cas particuliers.

Une étude tout à fait indépendante de celle-ci (Mourey, 1979), effectuée sur les Chênes de la vallée de l'Ognon, où, à côté des Chênes indigènes, existent quelques peuplements de Chêne rouge, a montré également que le retrait des Chênes rouges pouvait être faible et même inférieur à celui des Chênes indigènes.

Il convient d'insister sur ces observations, car la production de bois à faible rétractibilité doit être un objectif à atteindre pour obtenir un produit de qualité ; d'autre part, elles contribuent à détruire une réputation défavorable, résultant sans doute d'observations trop peu nombreuses.

Mesures de l'état de surface sur des tranchages de Chêne rouge

Des mesures de variabilité de l'état de surface (rugosité ou ondulations de faible amplitude et déformations ou ondulations de grande amplitude) ont été faites sur des échantillons tranchés sur dosses par le Lycée technique du Bois de Mouchard.

Elles ont montré que les Chênes rouges d'origine française présentaient des déformations un peu plus importantes, à l'état libre, que celles du Chêne pédonculé de référence ; si par un moyen quelconque, pressage par exemple, on élimine les déformations de grande amplitude, l'état de surface des Chênes rouges devient presque identique à celui du Chêne pédonculé pris comme témoin dans l'expérimentation (il a même été trouvé meilleur pour une des origines étudiées, Bourg-en-Bresse, qui se révèle donc être une excellente source pour cette essence en France).

Usages du bois de Chêne rouge

En raison de ses bonnes propriétés technologiques, le Chêne rouge peut trouver un grand nombre d'emplois, comparables à ceux des Chênes indigènes.

Par rapport à ces derniers, il présente la particularité d'être moins durable naturellement et de ne pas former de thylles dans les vaisseaux du bois de cœur lors de la duraminisation, sauf dans les parties les plus basses du tronc, au voisinage de la souche.

Il est en revanche au moins aussi résistant mécaniquement et présente une résilience extraordinaire.

Les usages en menuiserie intérieure pour portes, escaliers, ou en parquetterie (excellente résistance à l'abrasion) sont très courants aux États-Unis. Lorsqu'il est traité, il peut être utilisé en extérieur à de nombreux usages.

En Allemagne, le Chêne rouge, d'origine locale ou encore importé des États-Unis sert à faire des meubles rustiques massifs, des moulures, des parquets. De l'avis de scieurs l'utilisant, il donne un bon rendement au sciage du fait de la cylindricité des grumes ; son bois est d'une qualité qui le ferait classer juste après les Chênes indigènes et le Frêne. Son prix, dans les qualités autres que tranchage, atteint environ les 2/3 de celui des chênes indigènes des mêmes régions.

En France, certains scieurs l'ont utilisé et cette essence leur a donné pleine satisfaction : le travail du bois, son corroyage, ne présentent pas de difficultés ; le retrait n'est pas particulièrement important. L'aspect du bois est seulement différent de celui des Chênes indigènes à cause de la largeur des cernes, de la maillure qui serait moins accentuée et de la couleur rosâtre qui s'estompe à la lumière.

Il est largement utilisé aux États-Unis pour la fabrication de placages, par tranchage, destinés à l'ameublement et à la décoration intérieure. Il peut être également déroulé, à condition d'être suffisamment étuvé pour conserver une teinte uniforme dans toute sa masse.

Dans les qualités ou dimensions inférieures, le bois de Chêne rouge peut être employé en traverses de chemin de fer (son imprégnation, nécessaire, est facile), en bois de mine d'excellente réputation (Venet, 1958), ou en poteaux. Il sert aux États-Unis à la fabrication de papiers et cartons par le procédé au sulfate et peut fournir des fibres pour la fabrication de panneaux. Il est susceptible également d'être utilisé sous la forme de panneaux de particules.

Sa résilience et son élasticité en font un excellent bois pour les manches d'outil et il peut être façonné en bois courbé.

C'est aussi un bois de feu à fort pouvoir calorifique.

L'ensemble de ces propriétés en font donc un bois de bonne qualité, aux usages multiples et capable de s'adapter à des besoins divers et changeants.

Les échantillons de Bourg-en-Bresse qui, tout en ayant des cernes larges, présentent des propriétés mécaniques convenables, un faible retrait et produisent du placage de bonne qualité, sont un exemple d'une bonne origine de Chêne rouge en France.

Si l'on ajoute que cette essence semble posséder une grande variabilité, en particulier pour ses caractéristiques anatomiques (proportions et dimensions des divers types de cellules de son plan ligneux), une étude en vue d'une amélioration de la qualité de son bois pourrait être tout à fait prometteuse (Maeglin, 1976 et Kremer, 1978).

*
* *

En conclusion, nous ne saurions trop encourager la poursuite des études et expérimentations relatives au Chêne rouge. Il est certain que seule l'installation de nombreux dispositifs et de nombreuses plantations à objectif de production dans les conditions les plus variées permettra de se faire une idée précise à l'échelle de notre pays.

Dans l'instant, les données résumées aux chapitres précédents devraient éviter des introductions trop hasardeuses et devraient permettre, avec une approximation acceptable, de savoir ce que l'on peut espérer de cette très intéressante essence.

Les études conduites en diverses régions de France, et en particulier en Lorraine, en Alsace (Zahnd 1980), dans la région Rhône-Alpes, en Franche-Comté, dans le Forez, en Picardie, dans le Sud-Ouest, sur le comportement des peuplements existants, montrent dès à présent l'intérêt du Chêne rouge.

Dans la majorité des cas malheureusement, l'origine des semences des plus beaux peuplements est inconnue. Ils ne permettent donc de se faire une idée que sur leur adaptation édaphique et climatique.

C'est pourquoi il apparaît que dans l'ordre d'urgence, les recherches à conduire en priorité concernent les provenances de Chêne rouge. Parallèlement et en attendant les résultats de ces travaux, les récoltes sur ces peuplements classés et l'utilisation de ces sources de graines dans la même région semblent la solution la plus sage.

Louis LANIER	René KELLER
Professeur	Professeur
ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE RURAL DES EAUX ET DES FORÊTS	
14, rue Girardet 54042 NANCY CEDEX	

André KREMER
Assistant de recherches
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
Domaine de l'Hermitage 33610 GAZINET

BIBLIOGRAPHIE

- AMBERG (R.). — Die Roteiche (Eine Buchbesprechung). — *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 72, Jahrgang, Heft 11/12, 1953, pp. 335-346.
- Anonyme. — Chêne rouge et Peuplier « Dorskamp ». — *Forêts de France et Action forestière*, n° 218, 1978, pp. 21-23.
- Anonyme. — Journée d'information sur le Chêne rouge en Allemagne. — *Forêts de France et Action forestière*, n° 217, 1978, pp. 55-56.
- Von ALTHEN (F.W.). — Stockage, planting method and weed control in Red Oak afforestation. — *Forestry Chronicle*, vol. 48, n° 1, 1972.
- BADEN-WURTEMBERG. Landesforstverwaltung. — Hilfstabellen für die Forsteinrichtung. Stuttgart : Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, 1966. — 2 vol.
- BARRIETY (L.). — La maladie de l'encre du Chêne rouge. — *Revue Pathologie végétale et Entomologie agricole de France*, tome XXX, n° 4, 1952, pp. 253-262.
- BAUER (F.). — Die Roteiche. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen. J.D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt a.m., 1953, 108 pp.
- BAUER (F.) — Zur Rassenfrage der Roteiche (Contribution à l'étude des races de Chêne rouge). — *Allgemeine Forstzeitschrift*, n° 43, 27 octobre 1954, pp. 470-474. In. R.d.R., janvier 1955, p. 64.
- BONAC (T.). — Measuring of wood surface texture by the pneumatic method. — *Paperi ja puu*, n° 4, 1975, pp. 309-326.
- BOUDRU (M.). — L'accroissement du Chêne rouge d'Amérique dans le bois de Courrières à Mignault. — *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, tome 80, n° 2, 1973, pp. 49-57. Note technique n° 13 du Centre d'Écologie forestière, 1970, 9 p.
- BOUDRU (M.), ROISIN (P.), THILL (A.). — L'accroissement du Chêne rouge d'Amérique à Halma-Neupont. — *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, tome 82, n° 1, janvier 1975, pp. 32-51. Note technique n° 18 du Centre d'Écologie forestière, 1974, 34 p.
- BOUDRU (M.). — Le Chêne rouge d'Amérique en Haute-Belgique, étude de parcelles en voie de nettoiement, premiers résultats. — *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, tome 82, n° 1, janvier-février 1975, pp. 13-31. Note technique n° 17 du Centre d'Écologie forestière, 1974, 29 p.
- BOUDRU (M.), THILL (A.). — Le Chêne rouge d'Amérique (*Quercus borealis* Michx) en moyenne Belgique. — *Bulletin de la société royale forestière de Belgique*, tome 82, n° 5, septembre-octobre 1975, pp. 248-273.
- BOUDRU (M.), THILL (A.). — Le Chêne rouge d'Amérique en Haute-Belgique. Étude des parcelles en voie de nettoiement. Résultats complémentaires. — Note technique n° 29 du Centre d'Écologie forestière, 1976, 37 p.
- BOUDRU (M.). — Études sur les glands et semis de Chêne rouge d'Amérique. Première note : les glands. — Note technique n° 30 du Centre d'Écologie forestière, 1976, 21 p.
- BOUDRU (M.), THILL (A.). — Le Chêne rouge d'Amérique en Haute-Belgique. — *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, tome 84, n° 5, 1977, pp. 241-269.
- BOUDRU (M.). — La culture du Chêne rouge d'Amérique en Belgique. — Communication Congrès I.U.F.R.O., Champenoux, 1978, 7 p.
- CENTRE RÉGIONAL DE LA PROPRIÉTÉ FORESTIÈRE. Rhône-Alpes. — Le Chêne rouge d'Amérique. Compte rendu de tournées. — Maison de l'Agriculture, 4 avenue du Champ de Foire, 01300 Bourg-en-Bresse.
- CLARK (F.B.). — Mesures necessary for natural regeneration of oaks, yellow poplar, sweet gum and black walnut. — St-Paul, Minnesota, U.S.A.
- DÄSSLER (H.G.), THANH (T.K.), THINH (D.D.), WEINHAUS (O.), FIEHN (G.), HEDLER (R.). — Über die Eignung des Holzes der Roteiche (*Quercus borealis*) als Faserrohstoff für die Zellstoff - und Papier-industrie. — *Zellstoff und Papier*, vol. 22, n° 4, 1973, pp. 100-108.
- DELAITTE (L.). — Le Chêne rouge d'Amérique en Ardennes. — *Annales de Gembloux*, nos 1 et 2, 1959, pp. 14-43 ; 83-99.
- DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE du Haut-Rhin (Colmar). — Le Chêne rouge d'Amérique.
- FLINT (H.L.). — Cold hardiness of twigs of *Quercus rubra* L. as a function of geographic origin. *Ecology*, 53, 1972, pp. 1163-1170.
- FORÊTS DE FRANCE. — N° 216 (p. 57), n° 217 (p. 55), n° 218 (p. 26, p. 32) n° 219 (p. 3), n° 226 (p. 47).
- GALOUX (D.). — Qualité des grumes de Chêne rouge d'Amérique. — *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, n° 5, 1978, pp. 209-210.
- Mac GEE (C.E.), HOOPER (R.M.). — Regeneration trends 10 years after clearcutting of an Appalachian hardwood stand. — *Research Note SE 227*, décembre 1975.

- GINGRICH (S.). — Stocking, growth and yield of oak stands in « oak symposium proceedings (Morgantown WV, 1971) ». Northeastern forest experiment station. — *Forest Service U.S.D.A.*, Upper Darby PA, 1971.
- GODMAN (R.M.), MATTSON (G.A.). — Seed crops and regeneration problems of 19 species in Northeastern Wisconsin. — *Research Paper NC 123*, 1976.
- GÖHRE (K.), WAGENKNECHT (E.). — Die Roteiche und ihr Holz. Institut für Waldbau der Forstwirtschaftlichen Fakultät in Eberswalde. Institut für physikalische Holztechnologie Forstwirtschaftlichen Fakultät in Eberswalde. — Deutscher Bauernverlag, Berlin, 1955, 300 p., 131 réf.
- GROUPEMENT DE DÉVELOPPEMENT FORESTIER du Bas-Rhin (Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin, Colmar) — « Utilisation des feuillus : érable sycomore, frêne, merisier, chêne rouge, dans les reboisements ».
- HEPTING (G.H.). — Diseases of forest and shade trees of the United States. — *U.S.D.A., Forest Service*, Handbook, n° 386, 1971, 658 p.
- JACQUIOT (Cl.). — Le Chêne rouge d'Amérique. — *Revue du bois et de ses applications*, n° 7-8, 1948, pp. 11-12.
- KELLER (R.), PERRIN (J.R.), THIERCELIN (F.). — Qualité du bois de chêne rouge (*Quercus borealis* Michaux) de quelques peuplements français. — I.N.R.A.-C.N.R.F.— Station de recherches sur la qualité des bois, 1980, Document n° 1980/1, 44 p.
- KLEIBER (H.). — Roteiche und Kalk (le Chêne rouge et le calcaire). — *Allgemeine Forstzeitschrift*, n° 33/34, 25 août 1954, pp. 353-354. In R.d.R., nov. 1954, pp. 689-690.
- KRAHL-URBAN (J.). — Vorläufige Ergebnisse eines Roteichen Provenienzversuchs. — *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*, 137 Jahrg. 1966, pp. 91-99.
- KREMER (A.). — Propositions pour l'amélioration génétique du Chêne rouge d'Amérique (*Quercus borealis* Michx) (*Quercus rubra* L.). — Cestas, Institut national de la recherche agronomique, Amélioration des arbres forestiers, 1978, 27 p.
- KRIEBEL (H.B.), BAGLEY (W.T.), DENEKE (F.J.), FUNSCH (R.W.), ROTH (P.), JOKELA (J.J.), MERRITT (C.), WRIGHT (J.W.), WILLIAMS (R.D.). — Geographic variation in *Quercus rubra* in North Central United-States plantations. *Silvae genetica*, 25. 3-4. 1976, pp. 118-122.
- KRIEBEL (H.B.), THIELGES (B.A.). — Research on genetic improvement of *Quercus rubra* L. in the north central region of the U.S.A. — Second World Consultation on Forest Tree Breeding. Washington D.C. 1969, pp. 989-996. Publication de la F.A.O.
- LA BASTIDE et FABER, — Revised yield Tables for six tree species Stichting Bosbouwproefstation « De Dorskamp ». Wageningen, 1972.
- LAMSON (N.I.). — Fertilization increases growth of sawlog-size yellow poplar and red oak in West Virginia. — *U.S.D.A. Forest Service. Forest Service Paper*, N-E 403, 1978, 6 p., 5 réf. bibli.
- LANIER (L.). — Le Chêne rouge. Formation continue, feuillus divers. — E.N.G.R.E.F. Doc. ronéo, 1979, 10 p.
- LAVERS (G.M.). — The strength properties of timbers. — *Forest Products Research*. Bulletin n° 50 (Second edition metric units), London, H.M. Stationery Office, 1969.
- LOFTIS (D.L.). — Preharvest herbicide control of undesirable vegetation in Southern Appalachian hardwoods. — Extrait de *Southern Journal of Applied Forestry*, mai 1978.
- MAEGLIN (R.R.). — The effect of site factors and growth rate on the anatomical proportions of northern red oak (*Quercus rubra* L.) wood. — Ph. D. Dissertation, The University of Michigan, 1974, 156 p.
- MAEGLIN (R.R.). — Natural variation of tissue proportions and vessel and fiber length in mature northern red oak. *Silvae genetica*, 25 (3-4), pp. 122-126.
- MALASSE (F.). — Note sur la gélivure du Chêne rouge d'Amérique en Campine. — *Bulletin de la Société royale forestière de Belgique*, octobre 1957, pp. 439-461.
- FRANCE - Agriculture (Ministère). — Circulaires n° SF 3014 (22.05.75), SF 3024 (13.07.78), SF 3039 (17.07.79), SF 3042 (19.07.79).
- MITSCHERLICH. — Die Roteichversuchs-flächen der Badischen forstlichen Versuchsanstalt. — *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*. Frankfurt-am-Main, n° 1, 1957, pp. 1-12. Analyse *Revue forestière française*, juin 1957, p. 503.
- MOREAU (M.). — Note préliminaire sur une maladie chancreuse du Chêne rouge dans le sud-ouest de la France. *Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France*, 36, 7, 255-256.
- MOREAU (M.), C. — Une grave affection nouvelle de la forêt française : la maladie de l'encre du chêne. *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 232, 24, 1951 2252-2253.
- ONODERA (S.), TAKAHASHI (M.), KAWAGUCHI (N.). — Quality examination of planted tree grown in Hokkaido. I. Red oak (*Quercus rubra* L.). Report of the Hokkaido Forest Products Research Institute, n° 66, 1977. pp. 1 à 31, Résumé en anglais.
- PALMER (E.J.). — The red oak complex in the United States. *The American midland naturalist*, 27, 3, 1942, pp. 732-740.
- PALMER (E.J.). — Hybrid oaks of north America. *Journal of the Arnold Arboretum*, 24, 1, 1948, pp. 1-48.

Le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) en France

- PANSHIN (A.J.), de ZEEUW (C.), BROWN (H.P.). — Textbook of wood technology. Second Edition. Mc Graw-Hill, Book Company, Inc. New-York, 1964.
- PARDÉ (L.). — La régénération du Chêne rouge d'Amérique dans le domaine des Barres. *Revue des Eaux et Forêts*, septembre 1928, pp. 567-570.
- Von PECHMANN (H.). — Holzuntersuchungen an Roteiche und Traubeneiche aus den Versuchsflächen der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt bei Baden-Baden. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 128. Jahrgang, Heft 1, 13-18.
- PLAISANCE (G.). — A propos du Chêne rouge d'Amérique en forêt de Chaux. *Bulletin de la Société forestière de Franche-Comté et Territoire de Belfort*. 3^e trimestre 1956, tome XXVII, p. 167.
- PLAISANCE (G.). — Le Chêne rouge d'Amérique. *Bulletin de la vulgarisation forestière*, n° 112, janvier-février 1978, pp. 23-31.
- PLAISANCE (G.). — Dossier sur le Chêne rouge. Institut pour le Développement forestier (diffusion sur demande).
- POLGE (H.). — Contribution à l'étude de la qualité du bois des principales essences résineuses exotiques utilisées dans les reboisements français. *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences*, tome XX, 1963, fascicule 3, pp. 403-467.
- POLGE (H.). — Les chênes rouges. Étude de caractère exploratoire sur la valeur technologique. C.N.R.F.-I.N.R.A. *Le Bois, l'Officiel du Bois*, n° 9, 15 mai 1973.
- REHDER (A.). — Manual of cultivated trees and shrubs. — New-York, The Mac Millan Co. — 1947.
- ROL (R.). — Le chancre du Chêne rouge d'Amérique. *Revue forestière française*, 1951, n° 11, p. 704-707.
- SAKAI (K.I.), HATAKEYAMA (S.). — Estimating of genetic parameters in forest trees without raising progeny. *Silvae genetica*, 12, 1963, pp. 152-157.
- SANDER (J.L.). — Managers handbook for oaks in the North central States. General technical report NC 37. North Central forest experiment Station. U.S.D.A. Forest Service, Columbia, Missouri, U.S.A.
- SCHLARBAUM (S.E.), BAGLEY (W.T.). — Genetic variation in *Quercus rubra*. A Nebraska provenance test report. *Proceedings of the 10th Central States Forest Tree Improvement Conference*, 1976, pp. 157-165.
- SIMMONDS (F.A.), HYTTINEN (A.). — Strength of some hardwood pulps and their fiber fractions. U.S.D.A. Forest Service. U.S. Forest Service Research Note, FPL-023, 1964.
- SMITH (H.C.), ROSIER (R.L.), HAMMACK (K.P.). — Reproduction 12 years after Seed-tree harvest cutting in Appalachian hardwoods. U.S.D.A. Forest Service Research Paper, NE 350, 1976, 11 p.
- SMITH (H.C.). — Height of tallest saplings in 10 year-old Appalachian hardwood clearcuts. *Research Paper* NE 381, 1977.
- STEINMETZ (P.E.). — Producing hardboards from red oak. U.S.D.A. Forest Service Research Paper, FPL-219, 1973, 14 p.
- THILL (A.). — Étude dendrométrique du Chêne rouge. Note technique n° 20 du Centre d'Écologie forestière de Gembloux, 1974, 45 p.
- TRIMBLE (G.R.). — Response to crop-tree release by 7 year-old stems of red maple stump sprouts and northern red oak advance reproduction. *Research Paper*, NE 303, 1974.
- USENIUS (A.). — Surface smoothness measurement of sawn timber. *Paperi ja puu*, n° 12, 1975, pp. 871-875.
- VENET (J.). — Étude de la résistance mécanique des bois de mine en fonction des facteurs de la production forestière. *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts*, tome XVI, 1958, 338 p.
- WENDEL (G.W.). — Stump sprout growth and quality of several Appalachian hardwood species after clear-cutting. U.S.D.A. Forest Service Research Paper, NE-329, 1975, 9 p.
- ZAHND (E.). — Étude des exigences stationnelles, des performances de croissance et de la qualité du bois de Chêne rouge d'Amérique et de l'Érable sycomore en Alsace. — Mémoire de 3^e année d'E.N.I.T.E.F., 1980, 188 p.