



Institut pour le développement  
forestier / Centre national de la  
propriété forestière  
23, av. Bosquet, 75007 Paris  
Tél. 01 40 62 22 80  
foretentreprise@cnpff.fr

Directeur de la publication  
Alain de Montgascon  
Directeur de la rédaction  
Thomas Formery

Rédactrice  
Nathalie Maréchal

Conception graphique  
Jean-Éric Ridonat (High'com)

Maquettiste  
Sophie Saint-Jore

Responsable Édition-Diffusion  
Samuel Six

Diffusion — abonnements  
François Kuczynski

Publicité  
Helium Régie

22, rue Drouot — 75009 Paris  
Tél. 01 48 01 86 86  
Fax. 01 48 01 86 82

Impression  
Centre Impression  
BP 218 — 87220 Feytiat  
Tél. 05 55 71 39 29

Numéro d'imprimeur 00110

Tous droits de reproduction ou de  
traduction réservés pour tous pays,  
sauf autorisation de l'éditeur.

Périodicité : 6 numéros par an  
Abonnement 2010  
France : 48 € — étranger : 62 €  
édité par le CNPF

Commission paritaire des publi-  
cations et agences de presse :  
n° 1014 B 08072  
ISSN : 0752-5974  
Siret : 180 092 355 00015

Les études présentées dans Forêt-  
entreprise ne donnent que des indi-  
cations générales. Nous attirons l'at-  
tention du lecteur sur la nécessité  
d'un avis ou d'une étude émanant  
d'une personne ou d'un organisme  
compétent avant toute application à  
son cas particulier. En aucun cas  
l'IDF ne pourrait être tenu responsa-  
ble des conséquences — quelles  
qu'elles soient — résultant de l'utili-  
sation des méthodes ou matériels  
préconisés.

Cette publication peut être utilisée dans  
le cadre de la formation permanente.

Dépôt légal : Mars 2010



# sommaire

# 13

## 2

### actualité

## 3

### éditorial

## 4

### carnet

## 7

### sylviculture

*La régénération naturelle  
du douglas : une expé-  
rience à acquérir en  
Normandie*

C. Paploray

**Photo de couverture :**

*Peupleraie de 18 ans en  
Gironde.*

© E. Paillassa



# dossier

## *Qualités du bois de peuplier*

## 44

### chêne

*Extrait du guide technique  
« Le chêne autrement »*

J. Lemaire

## 48

### gestion

*De nouvelles orientations sylvi-  
coles pour le douglas en forêt  
privée de Bourgogne*

M.-C. Deconninck

## 50

### changement climatique

*Les chênaies atlantiques face  
aux changements climati-  
ques globaux : comprendre  
et agir*

J. Lemaire, Y. Lacouture,  
M. Soleau, C. Weben,  
M. Mounier et A. Guyon

## 54

### cetef

*Intercetef 2009 en Auvergne :  
diagnostiquer les risques,  
pour mieux les prévenir*

A. Colinot, N. Maréchal

## 58

### biodiversité

*Agricultures d'hier et forêts  
d'aujourd'hui*

C. Gauberville, J.-L. Dupouey  
et Étienne Dambrine

## 58

### informatique

*Cegeb.com : 10 ans d'infor-  
matique forestière*

H. Couvelard, J.-M. Peneau

## 64

### parutions

## XIII<sup>e</sup> Congrès forestier mondial



Le thème « Le développement forestier : un équilibre vital » a rassemblé 7 000 participants de 160 pays au XIII<sup>e</sup> Congrès forestier mondial qui s'est déroulé à Buenos Aires (Argentine) du 18 au 23 octobre 2009. Comment les forêts peuvent-elles contribuer à la réduction de la pauvreté et à la sauvegarde de la biodiversité tout en fournissant une vaste gamme de produits et services aux générations actuelles et futures ?

Sur le changement climatique, le message final souligne : « Le maintien de stocks élevés de carbone en réduisant la déforestation et la dégradation des forêts et la promotion de la gestion durable de tous les types de forêt, y compris la conservation de la biodiversité et la protection et la restauration des forêts, devraient être les plus grandes priorités mondiales pour le secteur forestier ».

Une délégation d'environ 30 personnes représentait la France. Laurent Larrieu (CRPF Midi-Pyrénées) a présenté un nouvel outil pratique pour le gestionnaire forestier, l'Indice de biodiversité potentielle, IBP, (voir article de Larrieu et Gonin, FE 190 p. 52), par une communication orale dans la session « Situation des forêts et techniques d'évaluation ». Cette présentation a suscité des échanges directs avec le secrétaire de la CBD (Commission de la diversité biologique), ainsi qu'avec des forestiers du Sri Lanka, du Chili et du Québec.

*(FAO décembre 2009)*

## Création du Fonds stratégique du bois (FSB)

Bruno Le Maire, ministre de l'Agriculture et Christian Estrosi, ministre chargé de l'Industrie ont annoncé la création du Fonds stratégique du bois. Participer au développement et à la consolidation des entreprises de la filière bois, via une dotation initiale de 20 M d'euros, est la mission de ce Fonds, géré par la Caisse des dépôts et consignations. Une cinquantaine de dossiers a été reçue avec un montant d'apport en fonds propres d'environ 1 M d'euros. Le premier investissement interviendra au 1<sup>er</sup> trimestre 2010.

*(ministère de l'Agriculture, 25/09/2009)*



## Rapport Puech

Jean Puech, ancien ministre chargé de mission « forêt-bois », est mandaté pour le suivi des mesures annoncées par le président de la République à Urmatt en mai 2009. Dans le cadre des « rencontres » du conseil général de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Espaces ruraux, Jean Puech et Jean-Marie Ballu (président de la section « Nature, forêt, paysages » du CGAAER) ont réuni les représentants de la filière bois. De nombreux débats abordèrent les différents enjeux en détaillant les points à améliorer : les freins à la mobilisation, le développement de la demande de bois, les normes dans la construction, la taxe carbone, etc... Les différentes propositions ou besoins des professionnels sont ainsi entendus et seront mieux relayés dans les réunions interministérielles à venir.



## 100 constructions publiques en bois local

La Fédération des communes forestières s'engage sur un nouveau programme de promotion de 100 bâtiments publics en cohérence avec la charte bois-construction-environnement. Selon Jean-Claude Monin, président de la Fédération : « Bâtir ces 100 vitrines expérimentales et démonstratives nécessitera des investissements sur cinq à dix ans en pariant sur l'innovation, en confortant des PME et donc en acceptant des surcoûts inévitables ». Ce programme vient en complément du précédent « 1 000 chaufferies bois en milieu rural » et s'appuie sur un plan d'approvisionnement territorial. L'interprofession nationale « France Bois Forêt » soutient ce projet en cohérence avec son objectif de développer l'emploi du bois de nos massifs.

*(Communes forestières 4e trimestre 2009)*



## Cycle de conférences Bois & Cité

La campagne 2009 « Le bois, c'est essentiel ! » cible les élus locaux, décideurs, architectes, maîtres d'œuvre... pour faire connaître tous les avantages du bois dans la construction publique et collective par de nombreux exemples de réalisations. 17 conférences eurent lieu dans toute la France sur la construction bois publique et collective. Tant économique qu'innovante, la construction bois correspond aux normes futures de bâtiment économe. Des témoignages d'élus locaux ayant l'expérience de la construction bois, des visites de chantiers ou de réalisations récentes viennent compléter les exposés plus techniques ou réglementaires sur les multiples aspects ou possibilités qu'offre le bois.

Informations sur le site :  
[www.bois.com/cycle-conférence](http://www.bois.com/cycle-conférence)

# éditorial

*Pour le forestier, le mot « changement » devient courant, qu'il soit climatique (le réchauffement), économique (crise et baisse des cours), d'organisation (RGPP), etc. D'une part, par nature, la production de bois est longue, contrairement aux raisonnements économiques actuels : l'un parle de mois, voire d'années, nous de décennies, voire de siècles. D'autre part, après l'outil puis la machine, aujourd'hui l'ordinateur et Internet changent complètement nos méthodes de travail et de communication. Nous sommes encore au début de ces évolutions.*

## Alors, où allons-nous ?

*La forêt a un atout fondamental : la nature. On peut en parler, y réfléchir, la critiquer ou la porter aux nues, tout cela ne sert à rien car ce ne sont que des paroles et du vent. Mais savoir la comprendre, la connaître et travailler avec elle, sont et seront les fondements de notre adéquation avec le changement. En fait, sans s'en rendre compte, nous avons une longueur d'avance sur le monde de demain. Certains pensent encore que la nature est abondante et généreuse et qu'il suffit d'y récolter ce que bon nous semble sans se soucier de demain. Cette pratique, qui existe encore dans de nombreuses régions du monde, conduit à des catastrophes écologiques ou autres. D'autres prétendent lui imposer des pratiques brutales ; les résultats sont le plus souvent économiquement désastreux,*

*chassez le naturel, il revient au galop !*

*C'est pourquoi il faut une politique volontariste pour redonner à la forêt et aux hommes qui la gèrent, une mission et des objectifs. Nous, forestiers privés, mais aussi ingénieurs, techniciens, chercheurs, voulons une politique ayant des ambitions et des raisonnements pour demain. Oui, les changements sont continuels, c'est notre raison de vivre, notre émulation. En matière forestière, des évolutions considérables nous attendent : la connaissance des qualités technologiques, chimiques, et autres, des bois que nous produisons s'affine, l'industrie le demande (voir le dossier sur la qualité du bois de peuplier). Dès maintenant, il faut repenser nos méthodes d'exploitation qui trop souvent tassent les sols, et laissent un champ de bataille après une coupe. Demain, donc maintenant déjà, il faut adapter les essences et leur sylviculture en fonction des changements climatiques. Il faudra également nous perfectionner dans la gestion durable, la recherche de la biodiversité, la protection des eaux, le captage du carbone, l'équilibre sylvo-cynégétique, etc. Bref, les sujets d'amélioration ne manquent pas. Alors l'IDF avec d'autres organismes et tous les forestiers ont un énorme travail en perspective. Tout cela n'est-il pas enthousiasmant ! Sachons proposer et évoluer avant que d'autres le fassent pour nous et à notre insu.*

**Alain de Montgascon**

*L'IDF vient de perdre un de ses membres les plus éminents, notamment le groupe de travail « Fruitières forestiers » au regard de sa passion pour le merisier.*

*Gilles Poulain, membre du groupe de travail, CRPF Nord – Pas-de-Calais – Picardie et Thomas Queiroz, directeur de la Cofnor, lui rendent un hommage appuyé.*

*François Louvegnies, collaborateur de Maître Gillet au quotidien pendant 35 ans apporte également son témoignage de gestionnaire (page 6).*



© DR

## Au revoir Maître Gillet et merci ...

Ses nombreux amis ont rendu le 9 janvier à Maubeuge, un dernier hommage à Maître Francis Gillet, pour lui témoigner ainsi qu'à son épouse, ses enfants et toute sa famille, leur affection, leur respect et leur admiration pour un homme d'une rare compétence et profondément humaniste.

Compétent tout au long de sa carrière professionnelle de notaire, débutée au milieu des années 1950 après des études de droit et la volonté, déjà, d'être capable de se regrouper pour gagner en compétence et mieux servir ses clients.

Ses qualités de rigueur et de visionnaire, reconnues de ses pairs dans l'activité notariale, comme dans bien d'autres, l'amènèrent à créer les « notaires associés » et à assumer des responsabilités et de nombreux mandats départementaux et régionaux au sein de cette profession. Mais Maître Gillet n'était pas homme à se laisser griser par le succès et encore moins à en oublier les valeurs de sa famille et de ses six enfants en compagnie de sa dévouée épouse.

Il entreprit donc, en 1966, d'installer ses premières racines en forêt, grâce à l'acquisition, de son propre aveu, d'un modeste bois. La passion pour la sylviculture et tout ce qui entoure les valeurs de la forêt le saisit lui et son épouse, « l'amateur éclairé » mena alors de front une seconde carrière, bénévole et remarquable sans faire grand bruit... du moins au tout début !

Les essences rares et précieuses avaient déjà sa faveur et il ne tarda pas à comprendre que planter n'était pas le plus difficile pour mettre en œuvre la gestion en bon père de famille à laquelle il a aspirée toute sa vie.

Sa soif d'entreprendre doublée d'une curiosité naturelle, l'amena à rencontrer en 1975, le jeune ingénieur forestier du département du Nord. Une amitié et une confiance indéfectible étaient nées, miracle de la symbiose entre les hommes, comme en témoigne François Louvegnies. La forêt de la Grande Villette allait devenir en une trentaine d'années, le laboratoire et la vitrine d'un véritable « plan Marshall » appliqué sans faiblir, puisque pas moins d'une soixantaine d'hectares durent dans un premier temps être reconstitués et entretenus. La capacité d'écoute et de synthèse des conseils reçus, la volonté d'appliquer son plan simple de gestion, n'étaient pas une des moindres qualités de Maître Gillet. Ainsi, il approuva le choix de limiter, mais juste un petit peu ! le recours au merisier, pour installer des relais de production en particulier en douglas, avec pour objectif de préparer un jour, des recettes pour ses enfants. Il mit un point d'honneur à éclaircir et à élaguer les arbres d'avenir.

Avec une telle ambition, il fallait des moyens et Maître Gillet n'hésita pas à utiliser les services d'un ouvrier forestier et d'une Cuma à partir de 1985, à installer ses premiers cloisonnements vers 1990 puis douze ans plus tard à financer une route forestière et des places de dépôt.

Il savait en effet mieux que quiconque, que l'économie est le moteur de l'entreprise avec la conscience d'un acteur économique et le souci d'une adaptation aux besoins de la filière bois.

Précurseur, il n'hésita donc pas à commercialiser avec la Cofnor (coopérative forestière) des lots d'essences pures, ni à éclaircir précocement ses jeunes peuplements feuillus.

Administrateur du CRPF pendant trois mandats, vice-président de l'Union régionale Nord Picardie des Syndicats de propriétaires forestiers et représentant du CRPF à la Chambre régionale d'agriculture, il était unanimement apprécié pour sa courtoisie, son savoir-faire mais aussi sa détermination.

La collaboration avec les organismes de développement, CRPF et IDF était pour lui une évidence tant il aimait accueillir les placettes expérimentales et partager les résultats.

Il aimait également répéter qu'il n'y a pas d'écologie sans économie, mais il avait aussi très vite compris que l'écologie appliquée, au sens noble du terme, était source de découvertes insoupçonnées et de progrès compatibles avec sa vision patrimoniale.

Monsieur et Madame Gillet se passionnèrent donc pour la réalisation en 2001 d'un catalogue des stations forestières, l'écologie des essences, qu'il s'agisse du merisier de ses débuts mais aussi du hêtre et du chêne sessile dont la puissance des racines et la majesté de la cime ont été évoquées lors de son adieu.

Fin pédagogue, il aimait faire partager ses connaissances, le plus naturellement possible et sans préjugés.

Maitre Gillet fit merveille en tant que président du Cetef mais aussi comme fondateur du Fogefor du Nord pendant 20 ans et président en exercice en 2009.

Pour convaincre le plus grand nombre que la forêt, même modeste, mérite l'attention de son propriétaire, il a été à l'initiative de la création du journal d'information « Bois du Nord »

La dimension patrimoniale du sylviculteur était une évidence et les nombreux visiteurs, jeunes ou plus âgés, de la Grande Villette allaient découvrir, parfois médusés et pendant deux décennies, l'aisance et la capacité de Maître Gillet à expliquer, sans note, les aspects technico-économiques, juridiques ou certains indicateurs jugés pertinents de la gestion durable. Ces sujets qui le passionnaient, devinrent pour lui une évidence, lorsque à l'aube de la retraite, il fut nommé notaire honoraire et plus que jamais sylviculteur !

Il avait pris part depuis longtemps déjà, aux travaux du groupe de travail merisier puis fruitiers forestiers de l'IDF dont il était un membre assidu et avait intégré le comité de relecture de Forêt-entreprise. Nul doute que sa culture et son goût pour les exigences de la langue française y furent appréciés. La forêt de la grande Villette restera encore longtemps, le témoin de cette vision du temps qui passe et de l'évolution de la gestion durable qui lui a été appliquée, ou les peuplements mono spécifiques réguliers ont évolué vers des mélanges d'essences ou des structures plus irrégulières à la condition que cela soit utile et possible.

Malheureusement, Maître Gillet, n'échappa pas à la dure réalité des chablis, heureusement limités, et trouva la force morale après chaque épisode de s'adapter aux circonstances économiques et techniques de l'époque.

Président de la CTUR (Commission technique de l'union régionale) depuis quelques années, il souhaitait orienter les réflexions vers la mise au point d'une sylviculture plus économe de moyens sans toutefois remettre en cause la production de bois d'œuvre de qualité, véritable fil conducteur de sa passion pour la sylviculture.

N'en déplaise à sa modestie, Maître Gillet était Chevalier du mérite agricole. Il aimait à répéter à ses collaborateurs et amis forestiers « qu'il n'y a de richesse que d'hommes... »

Cette vérité s'impose à lui et nous savons tous, nous qui avons eu la grande chance de côtoyer cet homme si attachant dont le titre n'était pas usurpé, ce que nous lui devons pour le présent et pour le futur.

*Gilles Poulain, Thomas Queiroz*

## Henry de Kersaint nous a quittés...



© S. Six, IDF

*Henry de Kersaint au micro dans sa forêt (Oise).*

Henry de Kersaint nous a quittés après plusieurs années de lutte courageuse et digne contre la maladie, le 29 décembre 2009.

Nous tenons à saluer ici, le sylviculteur averti et passionné, très engagé dans les organismes professionnels départementaux et régionaux.

Président du Cetef de l'Oise depuis décembre 2001, il était aussi administrateur du syndicat des propriétaires forestiers de l'Oise, de la coopérative Bois Forêt et du CRPF Nord Pas-de-Calais Picardie.

Toujours curieux de mettre en application de nouvelles pratiques sylvicoles, il participait à de nombreuses formations et essayait toujours de les mettre en application dans sa forêt. Sa propriété de 90 ha s'avère être ainsi un « melting pot » de toutes les préconisations de gestion données par les structures de développement depuis 30 ans (plantation à faible espacement, plantation mélangée...). Désireux de transmettre ses connaissances et sa passion, il accueillait avec plaisir tous les groupes de sylviculteurs de Picardie et d'ailleurs. Lors des réunions organisées dans son bois, il aimait présenter ses « essais » et argumentait avec enthousiasme sur ses choix sylvicoles. Présidents et animateurs de Cetef se souviendront du plaisir avec lequel il les avait accueillis en octobre 2006 lors de l'Intercetef dans l'Oise.

Henry de Kersaint avait des qualités humaines hors du commun. Son attention aux autres était constante et quelles que soient les circonstances, il leur manifestait toujours un intérêt. Ceci explique son implication dans de nombreux dossiers. Il était apprécié non seulement du monde forestier, mais aussi de nos partenaires. Ainsi, pendant de nombreuses années, il fut le représentant des forestiers au sein des commissions d'attribution de plans de chasse. Bien que ces réunions fussent souvent source de tension, Henry de Kersaint y était très écouté et apprécié pour son côté posé et réfléchi.

L'ensemble de la profession ne peut que regretter son départ trop précoce qui laisse un grand vide dans l'Oise et en Picardie.

Nous avons une pensée affectueuse pour Madame de Kersaint qui a accompagné son époux dans ses tournées forestières, mais aussi durant sa longue maladie.

*Denis Harlé d'Ophove, Président du syndicat forestier de l'Oise,  
Marie Pillon, Ingénieur forestier, animatrice du Cetef*

**M**aître Gillet est entré en forêt comme on entre en religion, pleinement sans détour parce que l'arbre le passionnait, la plantation le passionnait. Ce besoin de vie naturelle permettait de renforcer son activité de notaire, lui permettait d'exceller dans ses jugements et ses décisions professionnelles.

Notre rencontre de forestiers passionnés qui nous lia définitivement eu lieu le 31 décembre 1975 sous un blizzard et une tempête de neige.

Accompagné de son épouse, il souhaitait connaître mon avis sur l'investissement forestier qu'ils comptaient faire. Dans sa fougue, il était heureux de me montrer des frênes qu'il avait plantés peu avant alors qu'il n'était pas propriétaire!

Mon jugement fut sans appel, c'était non. Je les ai alors emmenés dans une autre propriété qui était à vendre, mes explications les ont conquis : la Grande Villette était née.

Cette forêt, vitrine du savoir-faire d'un forestier hors classe, comportait un énorme potentiel de vie, on sentait la force des arbres pour y croître, on sentait le champ d'expérience où le libre cours de la pensée pouvait s'exercer.

Nous en étions aux balbutiements de la sylviculture des feuillus divers et spécialement des feuillus précieux, un arbre le fascinait c'était le merisier.

La chance voulue que le sol de la Grande Villette permette sa culture et comporte aussi quelques spécimens de grand cru.

Mais c'était surtout l'alliance, la vie des arbres, leur histoire dans les forêts de l'Avesnois qui l'interpellaient.

Obligé de reboiser les parcelles exploitées par les anciens propriétaires, les premières années furent consacrées au reboisement et à leur suivi. Mais ces méthodes brutales ne correspondaient pas à son tempérament et dès 1980, nous nous sommes posé la question de l'avenir de ces « anciens taillis sous futaie », comment intervenir ?

Dans la Grande Villette, la parcelle K est devenue un véritable laboratoire de la gestion près de la nature, qui valorisait chaque arbre, chaque semis qui demandait d'intervenir par élagage sur un baliveau isolé, mais qui nous apportait le réconfort de se sentir proche de la vérité.

À partir de là, Maître Gillet, toujours appuyé par son épouse qui, avec son intuition féminine, allait parfois au-delà de son action, a défini les règles d'intervention dans nos forêts du Nord et a su définir les préceptes d'une sylviculture près de la nature, respectueuse du milieu, par des actions et non par des théories.

Il ne pouvait pas rester enfermé dans les limites de sa propriété, il devait faire connaître ses convictions aux autres propriétaires et surtout les transmettre. Ce fut son action à la tête du Syndicat des propriétaires forestiers pendant 12 années, puis durant 20 ans à la tête du Cetef et du Fogefor.

Certes, chacun est intéressé par sa forêt mais n'a pas cette finesse dans la réflexion pour le développement de la nature et des paysages. Chacun n'a pas le souci du bel arbre, ni toujours le souci de l'harmonie des peuplements comme l'avait Maître Gillet.

Il a su par son exemple motiver et convaincre un grand nombre de propriétaires de ne pas bouleverser leur peuplement mais d'en tirer parti en aidant au développement du moindre baliveau, et surtout de tailler, élaguer, défoucher pour obtenir des arbres d'avenir.

Comme responsable des organismes forestiers, il a toujours accompagné, soutenu, conforté les techniciens que nous sommes. Il nous a toujours fait confiance et surtout nous a toujours appuyés dans nos actions et nos réflexions en nous encourageant et en demandant d'être simple mais innovant.

Durant les années de président du Syndicat, nous nous réservions une soirée par mois pour régler les problèmes administratifs, les orientations à prendre, mais très vite nous abordions les problèmes techniques, pour une forêt bien avant l'heure, tant respectueuse de la nature que de l'économie. Nous avons échafaudé bien des théories mais en définitive il fallait que ce soit pragmatique et surtout transmissible au plus grand nombre de propriétaires forestiers.

Son credo « Pas d'écologie, ni de gestion durable, sans économie solide »<sup>(1)</sup>, a souvent ponctué ses remarques dans les réunions Natura 2000 ou tout simplement dans les réunions du Cetef et de Fogefor.

Conscient qu'en termes de forêt, une génération ne suffit pas, loin s'en faut, il a toujours eu le souci de pérenniser la gestion en formant ses enfants et petits-enfants par le Fogefor en tout premier lieu puis ensuite en permettant une transition en douceur et une aide à la décision par la souscription d'un contrat de gestion.

Nos réflexions ont abouti à la création de Bois du Nord, il souhaitait un organe de liaison pratique entre tous les propriétaires et le syndicat pour montrer que la Forêt privée avançait, avait le sens des responsabilités et ne restait pas recroquevillée sur elle-même.

Ce qui m'a frappé dans son action, c'est le tandem qu'il a toujours fait avec son épouse qui, avec subtilité, parfois avec un petit sourire dubitatif ou narquois, le confortait dans les décisions à prendre et surtout l'encourageait...

Il nous a laissé en guise de testament le grand livre ouvert qu'est la Grande Villette où maintes et maintes fois nous nous sommes retrouvés, sachons en profiter, usons et abusons sans limite de ses conseils.

*François Louvegnies, ancien directeur de la Cofnor et gestionnaire de la forêt de la Grande Villette.*

(1) F. Gillet, 2004. *La biodiversité, ce que j'en pense*. Forêt-entreprise n° 155, février 2004, p. 40-41.

# La régénération naturelle du douglas : une expérience à acquérir en Normandie

Caroline Paploray, ingénieur au CRPF de Normandie

*Le Cetef de l'Orne et le CRPF de Normandie ont mis en place une expérimentation de régénération naturelle de douglas. La mise en place et les premiers constats après 4 ans de suivis sont exposés pour les quatre parcelles observées.*

## D'importantes surfaces à renouveler dans les prochaines années

Selon la dernière étude régionale de la ressource forestière menée par le CRPF de Normandie et l'Inventaire forestier national (2008), **le douglas couvre en Normandie plus de 15 000 hectares de futaie régulière**, dont 12 700 en forêt privée<sup>(1)</sup>.

Si le pin sylvestre lui est très légèrement supérieur en terme de surface, **le douglas est la première essence résineuse normande en volume sur pied** (2,7 millions de m<sup>3</sup>). **Sa production courante est estimée à 16 m<sup>3</sup>/ha/an** : il est seulement devancé par les résineux blancs (épicéa de Sitka et grandis), mais l'avenir de ces essences est limité, au moins géographiquement, puisqu'elles sont désormais cantonnées aux secteurs les plus humides de la région.

L'analyse des classes d'âge des futaies de douglas en Normandie (cf. graphi-

que 1) amène un constat simple : les premiers peuplements plantés après guerre avec l'aide du FFN arrivent à maturité ou sont déjà reboisés (le plus souvent à l'identique, sauf dans les stations plus sèches du sud de l'Eure par exemple où le pin Laricio est alors préféré au douglas) et ces surfaces à renouveler ne vont cesser d'augmenter. Si la plantation de douglas et son suivi reposent sur des techniques bien connues, les expériences de régénération naturelle sont presque inexistantes en Normandie, hormis les régénérations fortuites et souvent partielles (après tempête de 1999). Pourtant quand les semenciers présentent des qualités (branchaison fine, vigueur, rectitude), c'est une option qui peut être tentante.

Comme à lui seul **le département de l'Orne compte un tiers des dougla-**

**saies normandes**, le Cetef de l'Orne a tout naturellement souhaité se doter d'un terrain d'expérimentation et de démonstration sur la régénération naturelle du douglas et s'est appuyé sur le CRPF de Normandie pour l'élaboration et la mise en oeuvre d'un protocole de suivi.

## Un premier constat établi après la tempête de 1999

Le CRPF de Normandie a réalisé en 2003 des observations sur la régénération naturelle du douglas dans des futaies partiellement sinistrées en décembre 1999. Il s'agissait de profiter de ces peuplements ouverts accidentellement pour mieux connaître la capacité de régénération de cette essence et pour cerner **les conditions favorisant ou non la venue et le développement des semis.**

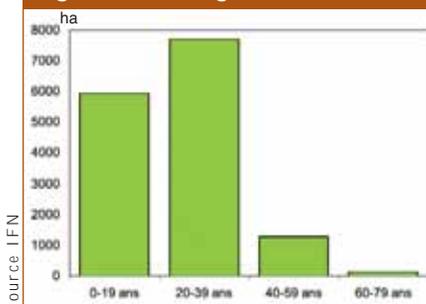
### Ce qu'on sait de la graine du douglas

Avant 20 ans, les graines produites par les douglas sont le plus souvent stériles. La fertilité augmente progressivement et c'est à partir de 40 ans que le douglas donne une quantité importante de graines fertiles.

Cependant, la fructification du douglas peut être assez irrégulière. La formation de la graine du douglas s'étale sur 2 ans et dépend des conditions climatiques de ces années : il semblerait qu'une succession des mois de mars et avril humides et peu ensoleillés la première année du cycle (pour l'initiation des bourgeons), et des mois de mars à juin chauds et ensoleillés sans périodes froides la seconde année (pour la pollinisation et la fécondation) soit un facteur favorable à la production de graines.

Enfin, un insecte difficilement repérable, *Megastigmus spermotrophus*, peut parasiter les graines de douglas (sa larve s'y développe) ; des méthodes de lutte biologique ont même été mises au point pour traiter les vergers à graines.

Graphique 1 : Répartition par classe d'âge des surfaces de futaie régulière de douglas en Normandie



Source IFN

Un des objectifs initiaux de l'étude était ainsi de **rechercher le niveau de surface terrière permettant l'installation et le développement des semis naturels**, sans envahissement du sol par la végétation concurrente. Si l'étude a montré l'indéniable capacité du douglas à se régénérer, elle n'a pas permis de mettre en évidence un lien entre la surface terrière et l'importance de la régénération. En effet, dans ces peuplements irrégulièrement « clairiés » par la tempête, même si la surface terrière pouvait localement dépasser les 30 m<sup>2</sup>/ha, l'ensemble du terrain bénéficiait d'un éclaircissement direct ou latéral permettant à la régénération de se développer... sauf s'il existait un autre obstacle à sa venue (végétation concurrente dense ou rémanents d'exploitation).

D'où l'intérêt de prolonger ce travail sur des peuplements fermés pour apporter des éléments de réponse aux interrogations des sylviculteurs normands souhaitant faire, dans le cadre d'une gestion « normale », c'est-à-dire hors tempête, une coupe d'ensemencement pour entamer une régénération de sa futaie de douglas.

## Les essais mis en place et suivis par le Cetef de l'Orne et le CRPF de Normandie

### Les atouts du site d'expérimentation

Le but de l'expérimentation est d'étudier et de comparer l'installation et le développement de la régénération naturelle de douglas, après différents types de coupes d'ensemencement.

Situé en Forêt de Gouffern, près d'Argentan, le site mis à la disposition du Cetef et du CRPF présente de nombreux avantages :

- une importante surface à renouveler d'un seul tenant (plus de 20 hectares) permettant de tester **quatre modalités de coupes d'ensemencement**,
- la possibilité de réaliser ces différentes **coupes sur 2 ans** seulement,
- des **conditions stationnelles homogènes** : en situation de plateau, les sols, présentant un humus de type moder, sont à dominante limoneuse sur au moins 40 cm (avec une pierrosité notable) et reposent sur des argiles à silex,
- des **peuplements semenciers également homogènes** (historique identique pour les différentes parcelles : plantation à la densité de 2000 tiges par ha après une coupe rase d'un mauvais taillis de bois blancs, il y a environ 45 ans et quatre éclaircies avant la coupe d'ensemencement), **fructifères** et de **qualité**,
- et bien sûr, un **sylviculteur** motivé et volontaire !

### Les coupes d'ensemencement

Les observations de terrain montrent que le douglas se régénère facilement par « effet de lisière » (semis en bordure de chemin, de trouée, etc.).

Des **coupes d'ensemencement par bande** d'environ 20 m de large ont été réalisées sur 2 des parcelles, en faisant varier du simple (1b) au double (1a) la largeur de la bande de peuplement conservé. L'impact visuel de ces cou-

pes par bande est important et peut rebuter les propriétaires forestiers.

Sur les deux autres parcelles, des **coupes d'ensemencement en plein**, plus classiques et discrètes, ont été réalisées, en faisant cette fois varier la surface terrière objectif qui résulte de la coupe (*modalités 2a et 2b*).

Sur l'une des parcelles (*cf. fiche 2a p.11*), un problème de transmission des consignes au chauffeur d'abatteuse a conduit celui-ci à exploiter 3 lignes sur 6, indépendamment de cloisonnements d'exploitation déjà existants, ce qui donne un résultat intermédiaire entre une ouverture de bandes et une coupe en plein. L'intérêt de ce « malentendu » est de tester ainsi la modalité de coupe d'ensemencement qui, d'après le conducteur de l'abatteuse, permettra, lors de la coupe définitive, une exploitation facile et peu dommageable aux semis.

La récolte des semenciers, en un seul passage (sans coupes secondaires), cinq ans après la coupe d'ensemencement, était envisagée. Etant donné les résultats des inventaires de la régénération de douglas, c'est toujours l'hypothèse privilégiée.

### Le protocole de suivi

Des inventaires en plein des peuplements avant et après coupe d'ensemencement ont été réalisés sur les 4 parcelles concernées.

Puis, sur chaque parcelle a été installée une placette de 1 hectare constituée d'un ensemble de 20 placeaux circulaires de 25 m<sup>2</sup> (dont le centre a

Tableau 1 : Les différentes modalités de coupes d'ensemencement testées.

Modalités	Type	Sous-type	Année de la coupe	Nombre d'années de suivi
1a	Coupe par bande	largeur de bande ouverte ≈ 20 m largeur de bande conservée ≈ 40 m	2006	3
1b		largeur de bande ouverte ≈ 20 m largeur de bande conservée ≈ 20 m	2005	4
2a	Coupe en plein	surface terrière après coupe ≈ 19 m <sup>2</sup> /ha (cf. remarque sur cette modalité)	2006	3
2b		surface terrière après coupe ≈ 16 m <sup>2</sup> /ha	2005	4

*Dans les 2 types de coupes, le sous-type a est celui qui conserve le plus de capital sur pied après la coupe d'ensemencement.*



© C. Papioray

Semis enneigé en janvier 2009.

été piqueté) disposés selon un maillage rectangulaire (20 m x 25 m). Les relevés effectués sur ces 20 placeaux permettent d'échantillonner 5 % de la surface de la placette.

Sont relevés les éléments suivants :

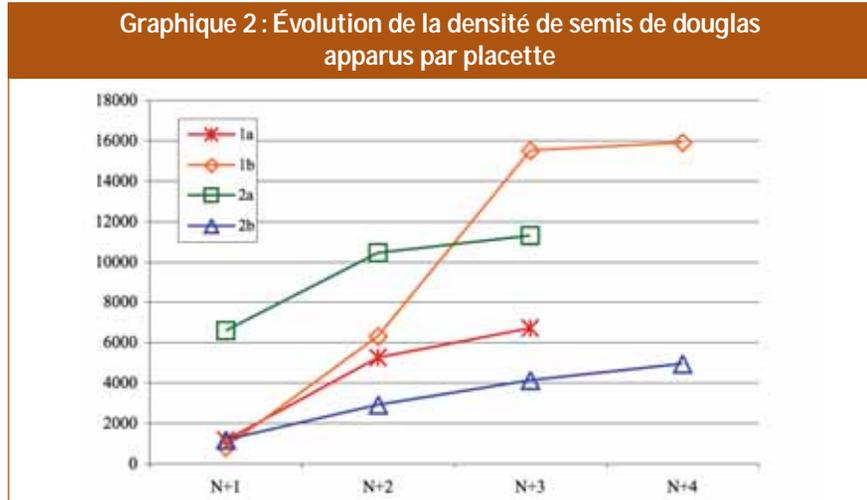
- **lors de l'installation du dispositif de suivi** : l'encombrement du sol par les rémanents d'exploitation<sup>(2)</sup>, le nombre de semis pré-existants et la surface considérée comme « libre »<sup>(3)</sup>, c'est-à-dire là où le sol semblait accessible aux graines ;
- **chaque année, en juillet** : le recouvrement des 3 principales espèces herbacées ou semi-ligneuses (végétation concurrente)<sup>(4)</sup> et la surface « libre » ;
- **chaque année, en octobre** : le nombre de semis de douglas et d'autres essences, par stade de développement<sup>(5)</sup>, ainsi que l'impact du gibier sur ces semis.

Les principaux résultats du suivi (sur 3 ou 4 ans selon les cas) de ces placettes sont exposés dans les fiches pages 10 et 11.

### Quelques commentaires sur ces premières années de suivi

Difficile à ce stade de recommander l'une ou l'autre méthode, mais on voit se dégager **quelques atouts et contraintes de chacune** :

- sans qu'on explique bien pourquoi, la placette 2a présentait des densi-



Remarque : on note en 2009 un infléchissement de cette évolution (dernier segment de chaque courbe), peut-être dû aux conditions de sécheresse de la fin de l'été 2009 (d'après MétéoFrance, en septembre 2009, 19 mm de précipitations à Alençon pour une normale trentenaire de 66 mm).

tés de semis de douglas nettement plus fortes que les autres pendant les deux premières années du suivi (cf graphique 2). À terme, l'exploitation de la coupe définitive sera l'occasion de valider la décision prise par le chauffeur d'abatteuse lors de la coupe d'ensemencement et, s'il y a effectivement peu de dégâts sur la régénération naturelle, la technique pourrait être recommandée, pour sa **simplicité de mise en oeuvre**.

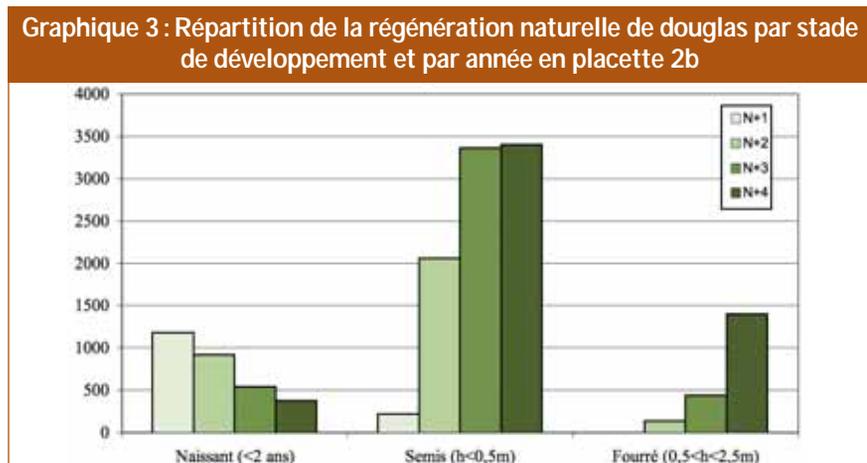
- la coupe en plein en placette 2b donne le moins bon ensemencement, avec environ 5 000 semis/ha quatre ans après la coupe (ce qui est bien suffisant pour renouveler le peuplement) et **une diminution progressive du nombre de semis**

**naissants** inventoriés (cf graphique 3) : va-t-on bientôt atteindre un « plafond » ?

Par rapport aux coupes par bande, elle présente **pourtant des intérêts majeurs** :

- **la végétation concurrente n'explose pas** car l'arrivée de lumière n'est pas trop forte, mais tout de même suffisante pour permettre l'installation et le développement de la régénération naturelle ;
- esthétiquement, **l'impact visuel** de la coupe d'ensemencement est faible ;
- en cas d'échec de la mise en régénération, il est encore possible de poursuivre un schéma plus classique d'éclaircies avant une coupe rase

→ suite p.12



## Placette 1a

**Coupe par bande - largeur de peuplement conservé = environ 2 largeurs de bandes ouvertes, soit environ 40 m.**

*Peuplement initial :*

- Hauteur  $\approx$  31,3 m
- Densité  $\approx$  250 tiges/ha
- Diamètre moyen  $\approx$  42,5 cm
- Surface terrière  $\approx$  36,5 m<sup>2</sup>/ha.

*État des lieux après coupe d'ensemencement :*

- Surface terrière  $\approx$  30 m<sup>2</sup>/ha (en théorie, 2/3 surface terrière avant coupe, mais parcelle triangulaire...)
- Rémanents : moins de 2/10<sup>e</sup> dans les bandes conservées et près de 6/10<sup>e</sup> dans la bande exploitée
- Végétation concurrente : quasi absente
- Surface "libre" : plus de 7/10<sup>e</sup> en moyenne
- Semis pré-existants : 700 semis/ha (concentrés en lisière Sud, en bordure d'une ancienne coupe rase).

**Résultats à N+3 :**

Semis de douglas	<b>7 420</b> semis/ha (depuis N+3, densité légèrement plus forte dans la bande fermée qui continue de s'ensemencer progressivement)
Semis d'autres essences	<b>3 100</b> semis/ha (plus des 2/3 de bouleau)
Végétation concurrente	8/10 <sup>e</sup> dans la bande ouverte, à peine 2,5/10 <sup>e</sup> sous le peuplement .



Après la coupe d'ensemencement réalisée en octobre 2006 (N=2006).



N (janvier 2007)  
Vue perpendiculaire à la bande ouverte.



N+3 (juillet 2009)  
Développement de la végétation dans la bande ouverte.

## Placette 1b

**Coupe par bande - largeur de peuplement conservé = environ une largeur de bande ouverte, soit 20 m.**

*Peuplement initial :*

- Hauteur  $\approx$  30,8 m
- Densité  $\approx$  340 tiges/ha
- Diamètre moyen  $\approx$  36,7 cm
- Surface terrière  $\approx$  38 m<sup>2</sup>/ha.

*État des lieux après coupe d'ensemencement :*

- Surface terrière  $\approx$  19 m<sup>2</sup>/ha
- Rémanents : plus de 5/10<sup>e</sup> sans différence notable entre bandes ouvertes et fermées
- Végétation concurrente : quasi absente (moins de 1/10<sup>e</sup>)
- Surface "libre" : moins de 5/10<sup>e</sup> en moyenne
- Semis pré-existants : 20 semis/ha.

**Résultats à N+4 :**

Semis de douglas	<b>15 920</b> semis/ha (jusqu'à 22 250 semis/ha dans les bandes fermées, qui comptent près de 15 000 semis de moins de 2 ans/ha)
Semis d'autres essences	<b>environ 6 000</b> semis/ha ( $\approx$ 95% de bouleau, tremble, saule)
Végétation concurrente	7/10 <sup>e</sup> dans les bandes ouvertes ; quasi absente dans les bandes fermées.



Après la coupe d'ensemencement réalisée en avril 2006 (N=2005).



N+1 (juillet 2006).



N+4 (juillet 2009)  
Envahissement par la fougère aigle.

## Placette 2a

### Coupe en plein - surface terrière objectif après coupe de 20 à 25 m<sup>2</sup>/ha

La coupe prévue consistait en l'abattage d'une ligne sur trois. Finalement, trois lignes sur six ont été exploitées, indépendamment des cloisonnements existants, ce qui donne une alternance d'ouvertures d'une dizaine de mètres de large et de 3 lignes de douglas parfois séparées par un ancien cloisonnement : le résultat visuel de cette coupe est intermédiaire entre une coupe en plein et une coupe par bande.

#### Peuplement initial :

- Hauteur ≈ 30,7 m
- Densité ≈ 325 tiges/ha
- Diamètre moyen ≈ 36,5 cm
- Surface terrière ≈ 37,4 m<sup>2</sup>/ha.

#### État des lieux après coupe d'ensemencement :

- Surface terrière ≈ 18,7 m<sup>2</sup>/ha
- Rémanents : moins de 6/10<sup>e</sup>
- Végétation concurrente : quasi absente
- Surface "libre" : plus de 4/10<sup>e</sup> en moyenne
- Semis pré-existants : aucun.

#### Résultats à N+3 :

Semis de douglas	<b>11 300</b> semis/ha (modalité donnant le meilleur résultat à ce stade)
Semis d'autres essences	<b>27 000</b> semis/ha (95 % de bouleau, tremble, saule)
Végétation concurrente	3,8/10 <sup>e</sup>



Après la coupe d'ensemencement réalisée en octobre 2006 (N=2006).



N (janvier 2007).



N+3 (juillet 2009).

## Placette 2b

### Coupe en plein - surface terrière objectif après coupe de 15 à 20 m<sup>2</sup>/ha

#### Peuplement initial :

- Hauteur ≈ 31,3 m
  - Diamètre moyen ≈ 44,8 cm
  - Surface terrière calculée\* ≈ 39 m<sup>2</sup>/ha
- (\* inventaire + données fournies par l'exploitant)

#### État des lieux après coupe d'ensemencement :

- Surface terrière ≈ 16 m<sup>2</sup>/ha
- Densité ≈ 115 tiges/ha
- Rémanents : épars, moins de 5/10<sup>e</sup>
- Végétation concurrente : absente sauf sur 1 plateau déjà en lumière
- Surface "libre" : plus de 5/10<sup>e</sup> en moyenne
- Semis pré-existants : 220 semis/ha.

#### Résultats à N+4 :

Semis de douglas	<b>5 180</b> semis/ha
Semis d'autres essences	<b>10 100</b> semis/ha (93 % de bouleau, tremble, saule)
Végétation concurrente	près de 4/10 <sup>e</sup>



Après la coupe d'ensemencement réalisée fin 2005 (N=2005).

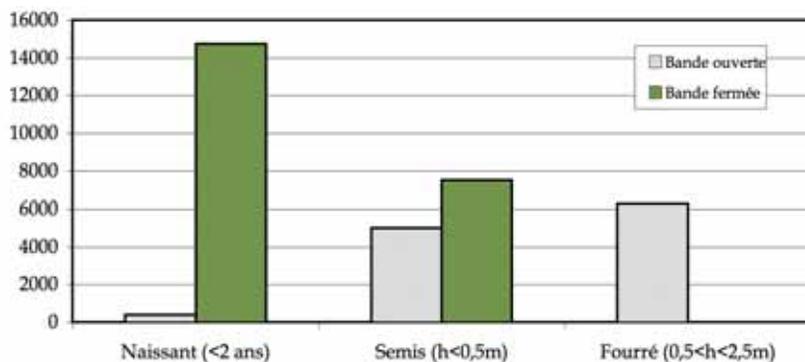


N + 1 (juillet 2006).



N+4 (juillet 2009).

Graphique 4 : Répartition de la régénération naturelle de douglas par stade de développement dans les bandes ouvertes et fermées en placette 1b à N+4



suivie d'un reboisement (**choix de gestion réversible**);

- si les marchés sont défavorables, il est moins problématique de **différer de quelques années une coupe**, que dans le cas d'une coupe par bande : en effet, les arbres dans les bandes conservées ont peu bénéficié d'un « effet éclaircie » lors de la coupe d'ensemencement et leur rapport hauteur/diamètre continue d'augmenter, ce qui les fragilise face aux vents.

→ Les placettes installées dans les coupes par bande montrent toutes deux des densités de semis importantes, mais la modalité 1b, **conservant des bandes de peuplements de 20 m de large seulement**, donnent les meilleurs résultats de l'ensemble du dispositif. En effet, avant que la végétation concurrente ne se développe trop, les bandes ouvertes se sont ensemencées ; avec un décalage de deux années environ, et grâce à l'effet de lisière créé par la coupe, le sol situé sous les bandes de peuplement conservé s'est **couvert progressivement de semis, sans pour autant se salir**. De ce fait, la régénération continue de s'installer dans les bandes fermées, alors qu'elle est désormais empêchée par la fougère aigle et diverses graminées et éricacées dans la bande ouverte. (cf. graphique 4).

Compte tenu du développement de la fougère aigle, il a été décidé de réaliser un **traitement chimique** en fin d'été 2009 sur cette placette, non pour chercher à avoir une densité encore plus importante de semis (elle est amplement suffisante) mais pour éviter que la fougère aigle étouffe les semis en se couchant chaque hiver. Ce traitement devrait permettre de ralentir pendant 1 ou 2 ans la dynamique de la fougère, laissant le temps aux semis de la dépasser en hauteur. Notons que c'est **pour le moment** la seule dépense effectuée pour le renouvellement de ces futaies de douglas.

**L'impact du gibier**, inquiétant à N + 2, est aujourd'hui quasi inexistant sur les semis de douglas. On observe par contre les séquelles des abrouissements passés, avec de nombreuses fourches sur les semis de douglas au stade fourré. Aujourd'hui, le recru feuillu est bien installé et la dent du gibier s'est reportée sur le bouleau et le tremble.

### Encore beaucoup d'enseignements à tirer

- La gestion de la **végétation concurrente** sur les placettes les plus problématiques (coupes en bande),  
 - **l'exploitation des coupes définitives**, probablement à N + 5 quand la plupart des semis sont encore as-

sez souples pour se redresser en cas d'écrasement lors de l'abattage et du débardage des bois,

- ou encore **l'entretien de la régénération** (modalités de réalisation des dépressages et coûts afférents en particulier) sont autant de points sur lesquels les connaissances des sylviculteurs normands sont à acquérir : c'est tout l'enjeu d'un suivi à plus long terme de ce site d'expérimentation. ■

### Un site d'expérimentation et de démonstration visité

Depuis la mise en place des premières modalités en 2006, plusieurs groupes ont été accueillis par le CRPF de Normandie : sylviculteurs normands bien sûr, mais aussi élèves de formations forestières (de niveaux bac pro, BTS, ingénieurs), Cetef de la Mayenne, etc. Des réunions toujours sources d'échanges techniques enrichissants.

(1) Précisons pour mémoire que l'IFN estime également à 1500 hectares les surfaces en mélange de futaie de douglas et de taillis. Ces peuplements sont évidemment bien moins productifs.

(2) En dixièmes de recouvrement.

(3), (4) Idem.

(5) On distingue les stades naissant (semis de moins de 2 ans), semis (hauteur inférieure à 50 cm) et fourré (hauteur supérieure à 50 cm).

Le CRPF de Normandie et le Cetef de l'Orne remercient vivement le propriétaire forestier qui a accepté de mettre à leur disposition ses parcelles dans le cadre de cette étude. Béatrice Lacoste, technicienne en charge du département de l'Orne au CRPF de Normandie assure le suivi de cet essai.

### Résumé

Le Cetef de l'Orne et le CRPF de Normandie suivent ensemble un essai sur la régénération naturelle du douglas. Quatre modalités de coupes d'ensemencement, en plein ou par bande, font l'objet d'un suivi depuis 3 ou 4 ans. Les observations et les enseignements acquis bénéficient largement aux sylviculteurs normands.

**Mots-clés :** régénération naturelle, douglas, coupe d'ensemencement.

## dossier

*Qualités du bois  
de peuplier*Dossier coordonné  
par Éric Paillassa**14** Un référentiel qualités du bois peuplier : pourquoi ?  
Comment ?

E. Paillassa

**18** Quelles sont les exigences qualité du bois des industriels du peuplier pour leurs produits ?

E. Paillassa

**22** Caractéristiques générales du bois et des fibres

A. Berthelot, P. Maine, A. Bouvet, D. Da Silva Perez

**27** Effets cultivars et stations sur la déroulabilité du peuplier et la qualité des produits issus du déroulage

H. El Haouzali, R. Marchal, L. Bleron, J.-C. Butaud

**33** Comportement au séchage et rétractibilité de peuplier

D. Aléon, A. Bouvet

**37** Caractéristiques anatomiques des *Populus sp.* et cultivars

N. Passadat

**39** Les cultivars de peuplier  
Caractéristiques mécaniques du bois

D. Reuling, J.-D. Lanvin, A. Bouvet, É. Proust



le Référentiel « Qualités du bois des cultivars de peuplier » est à télécharger sur

[www.foretpriveefrancaise.com/peuplier/](http://www.foretpriveefrancaise.com/peuplier/)  
<<http://www.foretpriveefrancaise.com/peuplier/>>

# Un référentiel qualités du bois peuplier : pourquoi ? Comment ?

Eric Paillassa, ingénieur à l'IDF

*Depuis 30 ans, la production de bois de peuplier subit une évolution importante du fait des progrès dans l'amélioration génétique qui a permis d'améliorer la productivité tout en tentant de faire face aux risques sanitaire. Ce changement dans la production a un impact sur la qualité de la ressource qu'il a été nécessaire d'évaluer. C'est l'objet de ce référentiel qualités du bois des cultivars de peuplier présenté dans ce dossier.*

## Une diversification inévitable

La production de bois de peuplier s'appuie aujourd'hui sur l'utilisation d'un grand nombre de cultivars<sup>(1)</sup> différents.

L'intérêt d'utiliser des cultivars pour un producteur est l'homogénéité de la croissance et donc de production entre les différents arbres d'une même parcelle. Cette homogénéité satisfait aussi les industriels qui bénéficient alors d'une matière première homogène leur permettant d'obtenir une qualité de produit maîtrisée, normalisée et conforme.

Cet avantage certain du cultivar a un inconvénient majeur : son homogénéité de réponse face aux risques (sanitaires ou climatiques). Ainsi, quand une attaque parasitaire intervient toute la peupleraie est touchée avec la même intensité. Cet inconvénient oblige donc le producteur à diversifier le risque en diversifiant les cultivars qu'il utilise.

L'intérêt de cette diversification est donc de limiter les risques phytosanitaires issus de l'utilisation de cultivars, mais permet aussi d'optimiser la production en fonction des conditions stationnelles variées (climat et sol).

Ces différences de comportement face aux maladies et aux stations s'expriment aussi pour la qualité du bois.

Ces différences sont issues du fait que

ces cultivars sont issus d'espèces différentes ou d'hybrides entre ces espèces (*Populus deltoïdes*, *Populus trichocarpa*, *Populus nigra*, hybrides *P. deltoïdes x P. nigra*, *Populus deltoïdes x P. trichocarpa*).

Enfin, il semble que la qualité du bois des peupliers peut présenter aussi des variations importantes dues à leurs conditions de croissance.

L'ensemble de ces variations peut induire des capacités d'utilisation industrielles différentes et/ou des limites d'utilisation.

## Une ressource en évolution

La conséquence de ces actions de diversification des cultivars plantés est une évolution forte de la composition de la ressource peuplier.

Ainsi, la matière première peuplier arrivant sur le marché du bois actuellement est différente de celle existante auparavant. Nous sommes passés d'une peupleraie de Robusta, I 214, divers régénérés à une peupleraie avec des euraméricains (I 214, Dorskamp, I 45/51, Flevo, Ghoy, Blanc du Poitou, Robusta...), des interaméricains (Beaupré, Raspalje,...), et des *P. trichocarpa* (Fritzi Pauley,...).

Cette évolution vers une ressource diversifiée en peuplier est une situation qui va perdurer à l'avenir et peut être s'intensifier.

Le problème est que ces cultivars arrivant sur le marché du bois sont souvent peu ou mal connus des industriels, même s'ils sont largement cultivés depuis 20 ans : ce fait illustre le décalage dans le temps qui existe entre plantation et récolte. L'adéquation entre la qualité du bois de ces nouveaux cultivars et les qualités requises pour l'élaboration des différents produits peuplier (contre-plaqué, emballage,...) demeure imprécise.

En effet la qualité du bois de ces cultivars est relativement peu connue malgré quelques études ponctuelles, qui permettent cependant d'avoir des informations fragmentaires. Ces études, souvent liées à des opportunités de récoltes de parcelles expérimentales, ont rencontré des problèmes de représentativité de l'échantillon pour définir de façon fiable la qualité du bois de ces cultivars au niveau national.

## Une évaluation nécessaire

Face à ces évolutions de la ressource mais aussi à la connaissance fragmentaire sur la qualité du bois de ces cultivars, il est apparu essentiel qu'une évaluation de la « qualité du bois » complète de ces cultivars soit faite.

Ainsi, le projet de réalisation d'un « Référentiel sur la qualité du bois de

Tableau 1 : Liste des cultivars

Cultivar	Raisons du choix
I 214	Qualité du bois bien connu des industriels Référence actuelle pour une qualité « 1 <sup>er</sup> choix » Cultivar encore présent pour de nombreuses années sur le marché du bois Un des cultivars les plus plantés ces dernières années
Dorskamp	Qualités du bois encore insuffisamment connus et précises Encore peu utilisé par les industriels Cultivar en forte progression De gros volumes vont arriver sur le marché du bois d'ici quelques années Un des cultivars les plus plantés ces dernières années
Beaupré	Cultivar dont la qualité du bois est une référence « 1 <sup>er</sup> choix » pour ceux qui l'ont déjà utilisé Bien que quasiment plus planté aujourd'hui, de gros volumes de bois vont bientôt être disponibles Il reste cependant encore méconnus de certains industriels et ses qualités du bois nécessitent d'être précisées Il pourrait être une référence pour le groupe des interaméricains
Blanc du Poitou	Cultivar dont la qualité du bois est bien connue de quelques industriels régionaux Volumes sur le marché du bois peu important Cependant, des développements futurs peuvent toujours intervenir pour ce cultivar ancien
Robusta	Référence actuelle pour une qualité « 2 <sup>e</sup> choix » Cultivar de moins en moins présent sur le marché du bois, mais référence technique bien connue des industriels.
I 45/51	Cultivar dont les qualités du bois demeurent peu connues Cultivar largement planté en zone méridionale et volume de bois à venir de plus en plus important Peu connu des industriels - Un des cultivars les plus plantés ces dernières années
Ghoy	Cultivar dont les qualités du bois demeurent peu connues Cultivar largement planté en zone nordique et volume de bois à venir de plus en plus important Peu connu des industriels Un des cultivars les plus plantés ces dernières années
Flevo	Cultivar dont les qualités du bois demeurent peu connues Cultivar planté partout en France et volume de bois à venir encore peu important Peu connu des industriels Il pourrait être une référence « 1 <sup>er</sup> choix » pour le groupe des euraméricains Cultivar en progression ces dernières années
Raspalje	Cultivar dont les qualités du bois nécessitent d'être précisées de façon objective Cultivar planté partout en France et volume de bois à venir encore peu important Peu connu des industriels Cultivar en progression ces dernières années
Fritzi Pauley	Cultivar dont les qualités du bois demeurent mal connues Cultivar planté surtout en zone nordique et volume de bois à venir peu important Cultivar qui a un intérêt en enrichissement Cultivar en progression faible ces dernières années Peut être une référence qualités du bois pour le groupe des <i>P. trichocarpa</i>

cultivars de peuplier » a été décidé sachant que ce projet intéresse la totalité de la filière peuplier :

- le producteur de bois de peuplier : son rôle est de produire une matière première dont la qualité répondra aux exigences des futurs acheteurs dans les 15 à 20 ans. Donc, toutes informations sur les qualités du bois des cultivars plantés sont autant d'indications positives ou négatives sur les potentialités de commercialisation à terme.

- les industriels (de l'emballage léger, du contreplaqué, de la palette,...) : il s'agit pour eux de connaître les caractéristiques techniques précises de la matière première qu'ils utilisent ou qu'ils utiliseront. La production de bois

de peuplier fondée sur une diversification des cultivars utilisés apporte une complexité nouvelle dans le choix des matières premières peuplier. Ainsi, la disparition de certains cultivars (Robusta,...) et l'arrivée de nouveaux obligent les industriels à s'adapter. Des références techniques précises sur la qualité du bois sont autant de points de repère permettant cette adaptation.

#### Quatre objectifs

À partir de ce contexte, quatre objectifs principaux ont été identifiés :

**1** évaluer les qualités intrinsèques des cultivars de peuplier (qualité de la grume, caractéristiques du bois, caractéristiques

mécaniques des sciages, séchage, déroulage, qualités papetières) afin de définir la qualité du bois des principaux cultivars utilisés actuellement en France et de réaliser un référentiel « qualité du bois peuplier »,

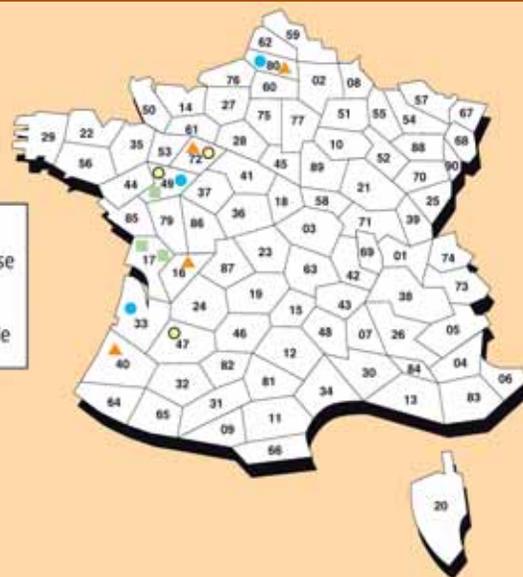
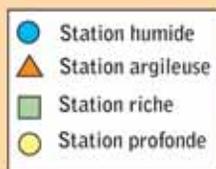
**2** évaluer l'effet station (variations ou non des qualités intrinsèques en fonction des stations),

**3** identifier des critères discriminants simples à mesurer (physiques, mécaniques ou anatomiques) permettant de définir des groupes au sein de ce référentiel et de qualifier les cultivars à venir par rapport à ce référentiel,

**4** Identifier les « qualités du bois » nécessaires aux produits réalisés par

Tableau 2 : Liste des 16 sites

Station	Site/Commune	Dépt
Humide	Pont Noyelle	80
Humide	Saint Sauveur	33
Humide	Chalonnès sur Loire	49
Argileuse	Begaar	40
Argileuse	Taizé Aizie	16
Argileuse	Monchy Lagache	80
Argileuse	Courtilliers	72
Riche	Chatelais	49
Riche	Blanzay sur Boutonne	17
Riche	Migron	17
Profonde	Le Mans	72
Profonde	Sérignac sur Garonne	47
Profonde	Cheffes	49



les industriels, et évaluer l'adaptation des différents cultivars à ces produits afin de connaître leur adaptation à la production des différents produits.

### 10 cultivars et 4 stations

Les cultivars concernés sont les cultivars présents actuellement sur le marché du bois ou arrivant bientôt sur le marché avec des volumes conséquents. Il s'agit de : I 214, Dorskamp, Beaupré, Blanc du Poitou, Robusta, I 45/51, Ghoj, Flevo, Raspalje, Fritz Pauley. Le tableau 1 reprend les raisons du choix. Cette liste est une liste de référence, car elle représente les cultivars dont les bois vont constituer l'essentiel du bois de peuplier qui sera utilisé dans les 10 ans à venir. Cette liste intéresse surtout les popuicul-teurs ayant des peupliers mûrs à vendre, et les industriels.

La qualité du bois pouvant varier suivant la qualité de la station forestière, il a été décidé d'évaluer l'effet de la station. Pour se faire, quatre stations forestières bien différenciés ont été retenues, correspondant aux stations popu-licoles classiques :

- station humide (nappe à environ 50 - 60 cm), sol superficiel, non tour-beuse,

- station à dominante argileuse, hu-mide (nappe entre 50 et 100 cm),
- station riche à texture équilibrée, bien alimentée en eau, profondeur de sol satisfaisante (entre 1 et 2 m),
- station profonde, à dominante limo-neuse ou sableuse, sol filtrant, pro-fondeur prospectable importante (> 2 m).

Au total, 40 cas de figure (10 cultivars x 4 stations) ont été étudiés.

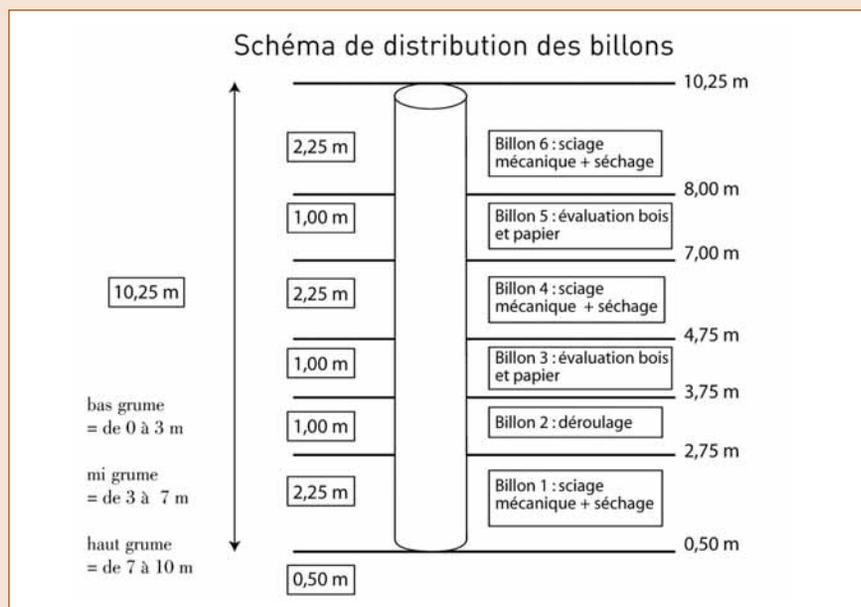
### Des arbres matures

Afin d'être dans les conditions réél-les d'utilisation, les arbres étudiés ont

entre 15 et 25 ans et des diamètres de 35 à 45 cm à 1,30 m. Ces arbres pro-venaient d'essais de comparaison de cultivars. Par cultivar et par station, 3 arbres sont échantillonnés. Au total, 120 arbres ont été étudiés.

Les dix cultivars n'étant jamais présent conjointement sur une même parcelle, caractéristique d'un type de station, il a été nécessaire, pour une même qua-lité stationnelle, de trouver les 10 cul-tivars sur plusieurs sites.

Le tableau 2 présente les 16 sites où ont été prélevés les arbres.



## Sept évaluations

La qualité du bois a été appréciée à partir de sept évaluations :

- évaluation de la qualité des grumes sur parc : classement,
- évaluation des caractéristiques du bois : bois de tension, taux de faux-cœur, infradensité, couleur,
- évaluation des propriétés mécaniques des sciages : nodosité maximale, largeur de cernes, masse volumique, module d'élasticité, contrainte de rupture, essais de clouage et d'agrafage en traction radiale et tangentielle, prédiction mécanique par densitométrie,
- évaluation des qualités de séchage des sciages : durée de séchage, homogénéité du séchage, fentes de surface et internes, collapse, poches d'eau, point de saturation des fibres et rétractabilité linéique,
- évaluation de la déroulabilité des grumes : micro-déroulages, déroulages semi-industriels, déroulages industriels,
- évaluation des caractéristiques technologiques des matériaux dérivés : contreplaqué, LVL,
- évaluation des qualités papetières : micro-cuissons kraft (rendement et couleur de la pâte), analyse morphologique des fibres (longueur, largeur, masse linéique).

Pour réaliser chacune des sept évaluations, chacun des 120 arbres a subi le même billonnage et chaque évaluation a été faite avec les mêmes billons situées aux mêmes hauteurs. (voir schéma de distribution p.16).

## Deux laboratoires

Les sept évaluations ont été réalisées par deux organismes de recherche : l'Institut technologique FCBA qui a mené les évaluations sur la qualité des grumes, les caractéristiques du bois, les propriétés mécaniques des sciages, la qualité de séchage des scia-



Grume échantillon de Beaupré sur le site de Sérignac/Garonne (47).

ges, et les qualités papetières ; - l'ENSAM de Cluny (Art et Métier ParisTech Cluny) qui a mené les évaluations de la déroulabilité des grumes et les caractéristiques technologiques des matériaux dérivés.

L'ensemble de l'étude a été coordonné par l'Institut pour le développement forestier.

Les articles de ce dossier expliquent les résultats de ces sept évaluations.

Par ailleurs, une plaquette intitulée « Référentiel qualités du bois des cultivars de peuplier » a été réalisée et présente les dix fiches complètes par cultivar et une comparaison des résultats entre les dix cultivars. ■

(1) cultivar : variété, terme désignant un individu sélectionné d'une espèce végétale multiplié ensuite par une technique de reproduction végétative comme le bouturage.

### Résumé

Le nouveau référentiel « qualité du bois peuplier » évalue les qualités intrinsèques du bois des dix principaux cultivars de peuplier (qualité de la grume, caractéristiques du bois, caractéristiques mécaniques des sciages, séchage, déroulage, qualités papetières) utilisés actuellement en France. Sept critères d'évaluation identifient quelle « qualité du bois » est nécessaire aux produits réalisés par les industriels et l'adaptation des différents cultivars à ces produits.

**Mots-clés :** qualité du bois de peuplier, référentiel.

# Quelles sont les exigences qualité du bois des industriels du peuplier pour leurs produits ?

Éric Paillassa, ingénieur à l'IDF

*Afin de mieux connaître les qualités du bois que recherchent les industriels du peuplier une enquête auprès de ces derniers a été réalisée. Cette enquête avait aussi pour objectif d'évaluer les adéquations qualité du bois/produit et de préciser les procédés industriels actuels*

**U**n questionnaire de 63 questions, élaboré avec la participation d'industriels du secteur de l'emballage léger, du contreplaqué et du sciage, a été envoyé par courrier à 125 industriels de la filière peuplier. Ces questions abordaient les sujets suivants : la qualité des grumes, la réalisation du sciage, du séchage et du déroulage, la fabrication des palettes, des emballages et des panneaux. Les défauts des grumes, mais aussi ceux issus du séchage des sciages et du déroulage ont aussi été abordés.

45 réponses ont été enregistrées, soit un taux de retour de 36 % : 22 entreprises de l'emballage léger, 19 scieurs et 4 entreprises du contreplaqué.

Les principaux résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

## élagués, droit, sans noeuds secs...

Huit critères pour qualifier les grumes ont été évalués. Il s'agissait des critères de forme ou des défauts suivants : la sinuosité, le méplat, la présence de noeuds secs, la présence de fentes à la culée, la longueur interverticille, le volume moyen, l'importance de la branchaison du verticille et la hauteur élaguée.

Parmi les critères les plus importants, il est ressorti :

- le critère **hauteur élaguée**, qui est important pour 75 % des industriels, toutes productions confondues. Le bois sans noeuds reste donc bien une priorité,
- le critère **présence de fentes à la culée**, qui est un défaut important pour 69 % des industriels, en particulier pour l'emballage léger et le contreplaqué,
- le critère **volume moyen**, qui est important pour 68 % des industriels, toutes productions confondues. Il justifie donc de commercialiser des bois de dimensions homogènes pour probablement une bonne productivité des procédés de fabrication,
- le critère **présence de noeuds secs**, qui est un défaut important à moyennement important pour 83 % des industriels, toutes productions confondues. Il justifie donc la nécessité de réaliser des **élagages soignés**,
- le critère **sinuosité**, qui est un défaut important pour 54 % des industriels, en particulier pour le sciage et le contreplaqué. Ce défaut devrait être satisfait dans l'avenir étant donné la rectitude des nouveaux cultivars qui arrivent sur le marché.

Parmi les critères les moins importants, il est ressorti :

- le critère **méplat**, qui n'apparaît pas comme un défaut majeur, mais simplement comme un défaut secon-

daire,

- le critère **longueur inter verticille**, qui est un critère de forme moyennement important, en particulier pour l'emballage léger et le contreplaqué. L'existence d'interverticilles longs chez un cultivar serait un élément positif pour les industriels,
- le critère **importance de la branchaison du verticille**, qui est un critère de forme moyennement important, en particulier pour l'emballage léger et le contreplaqué.

## Pas de bois tension, ni de peluche

À la question « Le bois de tension est-il un problème pour votre production ? », 76 % des industriels ont répondu qu'il s'agissait d'un problème important. De la même façon, au sujet du bois pelucheux, nous obtenons un taux de 80 %. Ces deux réponses permettent de dire que le bois pelucheux et le bois de tension sont des défauts majeurs pour les grumes de peuplier auxquels il faudra, à l'avenir, apporter des réponses claires, tant sur l'origine et que sur les moyens de les limiter.

## Des bois de densité moyenne

À la question, « La masse volumique grume est-elle importante pour votre production ? », il apparaît que la masse volumique est importante pour

un industriel sur deux. Pour 56 % de ces industriels, ce sont plutôt les bois de densité moyenne (de 750 à 850 kg/m<sup>3</sup>) qui sont adaptés à leur production, et pour 30 % d'entre eux, ce sont les bois de densité élevée (+ de 850 kg/m<sup>3</sup>). Les bois légers (- de 750 kg/m<sup>3</sup>), quant à eux, ne semblent intéresser que 13 % de ces industriels.

Finalement, le critère densité du bois ressort comme moyennement important pour les industriels peuplier, et leurs exigences correspondraient aux disponibilités de la ressource actuelle.

### Des bois assez clairs pour l'emballage

Les questions sur la couleur du bois (comme importance de la couleur, couleur de l'aubier, taux de faux cœur) ont montré que la couleur de l'aubier n'est pas importante pour 60 % des industriels. Par contre, l'industrie de l'emballage léger apparaît comme la plus exigeante sur la couleur de l'aubier. S'agissant du faux cœur, nous obtenons le même résultat : tolérance pour 65 % des industriels, mais à réduire au maximum pour les industriels de l'emballage.

Pour les industriels qui accordent une importance à la teinte de l'aubier, l'exigence est raisonnable car ils recherchent des teintes plutôt assez claires que très claires. Cette exigence se justifie essentiellement par leur besoin de réaliser des marquages ou des impressions sur leurs emballages.

Il reste cependant le cas particulier des fabricants de contreplaqués qui recherchent, pour les faces des contreplaqués tout peuplier, des bois très clairs.

### Les pratiques du sciage

Les questions relatives aux process du sciage ont donné les informations suivantes.

Parmi les répondants à l'enquête, les scieurs se répartissaient en fabricants



*Des arbres droits élagués, sans nœud sec.*

© E. Paillassa

de palettes (44 %), d'emballages (22 %), de menuiseries (28 %) et de sciages pour l'ameublement (9 %).

Le classement des sciages (par un classement interne) est réalisé par 32 % des scieurs. Ces classements sont généralement faits avant séchage. La qualité des sciages serait principalement fonction de la taille des nœuds, de la présence de peluche ou de bois de tension, mais aussi de la présence de dégâts de champignons ou d'insectes.

Pour un scieur sur deux, le choix du cultivar est sans importance. Parmi les cultivars utilisés, le I 214, le Robusta et le Beaupré (Unal) seraient plutôt appréciés tandis que le Fritz Pauley le serait moins. Pour Blanc du Poitou et I 45/51, les avis divergent. Pour 90 % des scieurs, aucune adap-

tation des machines ne se fait en fonction des saisons. De même, chez 78 % des répondants, les mêmes réglages sont appliqués aux différents cultivars. Un contrôle des assemblages (palette, cagette) n'est réalisé que chez 1 industriel sur 5.

À la question sur le niveau d'exigence au clouage et à l'agrafage des assemblages, les exigences sont fortes à moyennes dans 79 % des cas pour la traction et pour les risques de fentes. Cela indique que la tenue des assemblages est bien évidemment essentielle.

### La pratique du séchage

Les questions relatives aux procédés de séchage des sciages ont donné les informations suivantes.

La pratique du séchage artificiel (44 %

des réponses) est moins utilisée que le séchage à l'air ou pas de séchage (53 %) et cela quel que soit le type d'utilisation du sciage (structurelle ou non structurelle).

Un séchage des assemblages est généralement prévu, au moins en partie, chez plus de 57 % des répondants, Enfin, le séchage des assemblages est généralement artificiel pour 57 % des répondants.

### Les défauts du séchage

Huit critères pour qualifier le séchage ont été évalués. Il s'agissait des caractéristiques et défauts suivants : la durée du séchage, l'homogénéité de l'humidité finale d'un sciage à l'autre, le gradient de l'humidité finale dans l'épaisseur, les déformations, les fentes internes, le collapse, les poches d'eau et la rétractibilité.

Parmi les critères les plus importants, il est ressorti, quel que soit le type d'utilisation du sciage (structurelle ou non structurelle) :

- les déformations, qui sont des défauts importants pour 91 % des répondants,
- l'homogénéité de l'humidité finale, qui est importante pour 74 % des répondants,
- la durée du séchage, qui est importante à moyennement importante pour 63 % des répondants,
- les fentes internes, qui sont des défauts importants à moyennement importantes pour 77 % des répondants.

Parmi les critères les moins importants, il est ressorti, quel que soit le type d'utilisation du sciage (structurelle ou non structurelle) :

- le gradient d'humidité finale dans l'épaisseur, qui est moyennement important à important pour 61 % des répondants,
- le collapse, qui n'apparaît pas comme un défaut important pour 43 %

des répondants,

- les poches d'eau, qui ne sont pas importantes pour 36 % des répondants,
- la rétractibilité qui est moyennement importante à importante pour 58 % des répondants.

### Les pratiques du déroulage

Les questions relatives aux process du déroulage ont donné les informations suivantes.

À la question « Accordez-vous une importance au choix des cultivars à dérouler? », 78 % des répondants disent que le choix du cultivar à dérouler est important, et cela quel que soit le type d'utilisation (contreplaqué ou emballage).

Au sujet des cultivars utilisés, le I 214, le Robusta, le Blanc du Poitou et le Beaupré seraient plutôt appréciés tandis que le Fritz Pauley, le I 45/51 et le Dorskamp le seraient moins. Il existe cependant clairement des avis divergents.

Pour 66 % des répondants, aucune adaptation des machines ne se fait en fonction des saisons. De même, aucune adaptation des machines ne se fait en fonction des cultivars pour 59 % des répondants.

L'épaisseur de déroulage la plus courante serait le 3 mm, le minimum moyen serait de 1,5 mm et le maximum moyen serait entre 4 et 5 mm.

Enfin, la fréquence de changement de lame est très variable, mais se situe en majorité entre 4 et 8 heures. De même, la fréquence de changement de la barre de pression est très variable : entre 35 et 150 heures.

### Qualité des placages

Sept critères pour qualifier les placages ont été évalués. Il s'agissait des caractéristiques et défauts suivants : la présence de nœuds, le tuilage, l'aspect pelucheux, les irrégularités d'épaisseur, la rugosité, la fissuration,

et la déformation après séchage.

Parmi les critères les plus importants, il est ressorti :

- la **présence de nœuds**, qui est un défaut important pour 72 % des industriels. Cela justifie donc la nécessité de réaliser des élagages soignés.
- le **tuilage** (ondulation du placage), qui est un défaut important à moyennement important pour 81 % des répondants.
- l'**aspect pelucheux**, qui est un défaut important pour les industriels du contreplaqué et mais qui n'est pas toujours gênant pour les industriels de l'emballage. Ce défaut, outre le problème d'aspect, pose aussi des problèmes de distribution des feuilles de déroulage sur les machines de production (bourrage) et une mauvaise qualité d'impression ou de marquage.
- l'irrégularité d'épaisseur, qui est un défaut important pour les industriels du contreplaqué, mais qui n'est pas toujours gênant pour les industriels de l'emballage.
- la fissuration, qui est un défaut important pour 76 % des répondants.
- la déformation au séchage, qui est un défaut important pour 90 % des répondants.

Parmi les critères les moins importants, il est ressorti :

- la rugosité, qui est un défaut moyennement important pour les industriels du contreplaqué, et peu gênant pour les industriels de l'emballage.

D'autres défauts ont été signalés comme le retrait au séchage (variable selon les cultivars), la couleur, et l'odeur.

### Réalisation des panneaux

Les questions relatives aux procédés de réalisation des panneaux ont donné les informations suivantes.

Pour la majorité des répondants (50 %) la variation maximale d'épaisseur des



*Pas de bois pelucheux.*

feuilles de déroulage tolérée est +/- 5 %. De même, les épaisseurs supérieures à 20/10<sup>e</sup> seraient les plus soumises à des irrégularités d'épaisseur. Pour la majorité des répondants (50 %) le tri des cultivars est fait pour des applications spécifiques comme la réalisation de faces pour le contreplaqué ou pour des contraintes mécaniques particulières pour les emballages.

Le contrôle qualité sur les panneaux est quasi permanent. Ces contrôles sont soit internes, soit selon des normes (EN 13986, ISO 9000). Enfin, les essais de cisaillement et de flexion, les mesures de variations dimensionnelles et le contrôle visuel sont les contrôles qualité les plus réalisés par les répondants.

### Conclusion

Cette enquête a fait apparaître des exigences convergentes et des exigences divergentes sur les besoins en qualité du bois en fonction des produits et des procédés de fabrication. Si le besoin en peupliers droits, bien élagués, sans bois de tension ni bois pelucheux est commun aux utilisateurs, les exigences sur la densité du bois et la couleur peuvent varier de façon importantes entre les scieurs, les fabricants d'emballage et les fabricants de contreplaqué.



*Des arbres sans bois de tension.*

Enfin, si pour certains, le choix du cultivar est important, voir essentiel, pour d'autres, cela revêt une importance très relative. Aussi, il est intéressant de constater que pour une même utilisation, l'appréciation d'un cultivar peut être très variable d'un industriel à un autre. Cela justifie bien la nécessité de disposer d'une information objective pour qualifier les cultivars, les fiches rédigées dans le cadre de ce projet y contribuent largement en constituant un véritable référentiel. ■

(1) Eric PAILLASSA  
IDF - Service Expérimentations,  
6 parvis des Chartrons,  
33075 Bordeaux cedex.

### Résumé

Huit critères pour qualifier les grumes ont été évalués : la hauteur élaguée, la présence de fentes à la culée, le volume moyen, la présence de nœuds secs sont des critères importants pour les industriels ; la sinuosité, le méplat, la longueur interverticille, l'importance de la branchaison du verticille et la hauteur élaguée sont considérés comme des défauts moins importants. Le bois pelucheux et le bois de tension sont des défauts majeurs, plus importants que la couleur ou la densité du bois.

**Mots-clés :** critères de qualité des grumes de peuplier, référentiel.

# Caractéristiques générales du bois et des fibres

Alain Berthelot\*, Patrice Maine\*, Alain Bouvet\*\*, Denilson Da Silva Perez\*\*\* (1)

*Les caractéristiques générales du bois présentées ici illustrent quelques propriétés importantes du matériau. L'effet cultivar est toujours très important, de même que l'effet parcelle (site). Les cultivars les plus anciens et les plus largement utilisés (Robusta et I 214) confirment leurs positions extrêmes et antagonistes sur beaucoup des propriétés mesurées.*

**L**es résultats présentés ici illustrent quelques caractéristiques appréciées sur le billon n° 3 (schéma page 16 du dossier), situé approximativement au milieu de la grume. L'effet cultivar et l'effet parcelle sont toujours significatifs. En revanche, nous n'avons pas pu mettre en évidence un effet « type de station ». Certaines caractéristiques sont influencées par la position dans la grume (infradensité, taux de faux-cœur, siccité et proportion de bois de tension). Certaines variables mesurées semblent corrélées entre elles. En premier lieu, la vitesse de croissance influence la plupart des variables mesurées parfois négativement (infradensité, siccité, % bois de tension et % faux-cœur), parfois positivement (clarté du bois). Une corrélation intéressante concerne la clarté du bois. Selon notre échantillon, plus l'aubier est clair, plus le faux-cœur est, lui aussi, clair et peu abondant. Les résultats plus détaillés figurent dans les fiches de vulgarisation.

## Siccité, masse volumique et infradensité

Au moment de la réception du billon et du découpage des différents disques nécessaires aux analyses, nous avons pu mesurer la siccité <sup>(2)</sup> du billon (masse sèche/masse humide), la

masse volumique (masse humide/volume) ainsi que l'infradensité (masse anhydre/volume saturé). L'infradensité est une caractéristique majeure du bois, elle est notamment très liée aux propriétés mécaniques. Le peuplier est une essence possédant plutôt une faible infradensité, mais il existe une grande variabilité entre les cultivars. Les résultats moyens par cultivar figurent dans le tableau 1.

La siccité mesurée sur l'échantillon n'est fournie qu'à titre indicatif, car il s'agit d'une donnée extrêmement variable selon la saison, le site, le cultivar, la position dans la tige, et, bien sûr, les conditions climatiques à partir du moment de l'abattage de l'arbre et des conditions de séchage. Pour notre étude, aucun effet du délai compris entre la coupe des arbres et le billonnage (Etablissements Migeon)

Figure 1 : Masse volumique fraîche du bois (kg/m<sup>3</sup>)

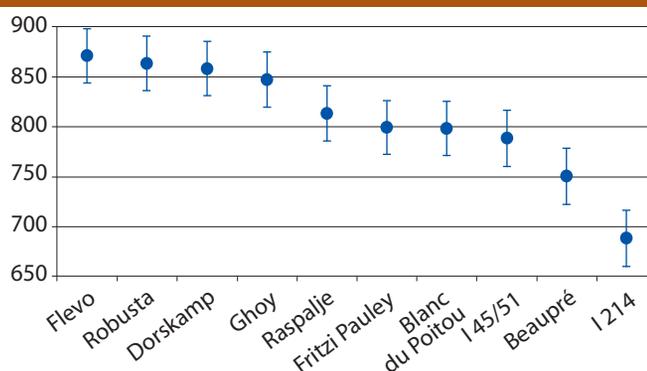
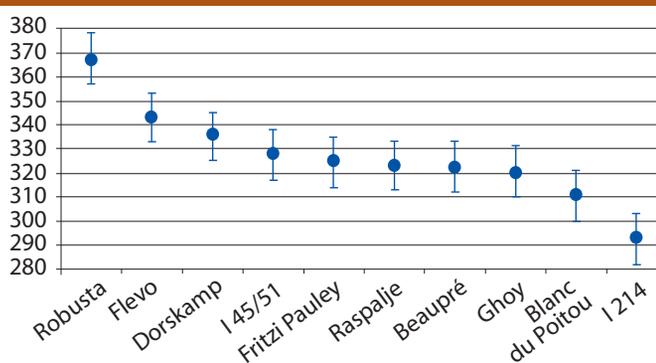


Figure 2 : Infradensité du bois (kg/m<sup>3</sup>)



n'a pu être mis en évidence, y compris pour les tiges ayant été abattues en septembre 2007 et traitées en janvier 2008. La siccité augmente avec le niveau dans l'arbre.

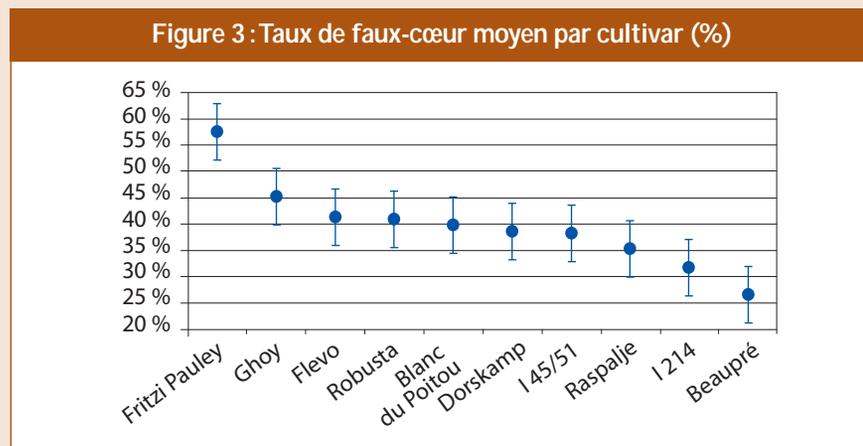
La masse volumique (*fig. 1*) varie de moins de 700 kg/m<sup>3</sup> (I 214) à environ 870 kg/m<sup>3</sup> (Flevo et Robusta). Nous pouvons noter que la siccité et l'infradensité variant dans le même sens dans la grume, il n'y a pas d'effet hauteur pour la masse volumique. L'infradensité est plus faible au pied de la grume, mais ce phénomène est compensé par une plus faible siccité (ou une plus forte humidité), ce qui conduit à une masse volumique fraîche à peu près équivalente.

L'infradensité (*fig. 2*) varie entre moins de 300 kg/m<sup>3</sup> pour I 214 à près de 370 kg/m<sup>3</sup> pour Robusta, ce qui confirme le bon caractère « témoin » de ces deux cultivars. À noter qu'il n'y a pas, dans notre échantillon, de cultivars aussi légers que I 214, ni aussi lourds que Robusta. L'infradensité augmente avec le niveau dans l'arbre, d'environ 10 à 15 kg/m<sup>3</sup> lorsque l'on passe du niveau 4 m à 8 m.

### Le taux de bois de tension

Le bois de tension présente des fibres différentes du bois normal (parois plus épaisses et plus riches en cellulose). Ce bois de réaction est considéré comme un défaut majeur du bois de peuplier, qui entraîne des déformations ou des aspects de surface pelucheux. Ce phénomène apparaît sous contrôle génétique (effet cultivar) mais aussi sous l'effet de contraintes de croissance dues au milieu (vent, phototropisme). Le bois de tension est révélé ici sous l'action d'un réactif coloré appliqué sur un disque prélevé au milieu du billon.

L'apparition du bois de tension reste assez difficile à prédire sur la base de résultats moyens sur des arbres « normaux ». Les arbres de notre échantil-



lon contiennent assez peu de bois de tension mais il est vrai que nous avons choisi des arbres a priori sans défauts extérieurs, susceptibles d'induire des contraintes de croissance (arbres de bordure, penchés ou fourchus, etc.). Des variations importantes sont toutefois observées entre les cultivars (*tableau 1, page 25*). Ainsi Robusta et I 45/51 sont les cultivars qui présentent les proportions de bois de tension les plus élevées (> 20 %), tandis que I 214, Dorskamp et Raspalje sont les moins tendus (< 6 %), (*fig. 3*).

Ces observations doivent être relativisées car certains cultivars, fabriquant normalement peu de bois de tension, peuvent être amenés à en fabriquer en grande quantité (I 214, dans certaines stations tourbeuses, par exemple), ce qui peut aller jusqu'à la fente des grumes à l'abattage. À noter, un effet significatif de la hauteur dans l'arbre avec une proportion de bois de tension plus élevée lorsqu'on s'élève dans la tige.

### Le taux de faux-cœur et la clarté du bois

Chez le peuplier, le faux-cœur n'est pas un véritable duramen, il ne diffère de l'aubier que par sa coloration et son pourcentage d'humidité (plus élevée dans le faux-cœur que dans l'aubier). Une forte proportion de cœur coloré est évidemment un défaut dont l'importance varie selon les usages du

bois. Il existe un effet clonal et un effet parcelle, mais la proportion de faux-cœur est aussi liée à l'âge des arbres. Le % de faux-cœur est apprécié sur la même rondelle que celle destinée au bois de tension, en rapportant la surface du faux-cœur à la surface totale du disque.

**La proportion de faux-cœur** est généralement comprise entre 35 et 40 % pour la plupart des cultivars. Beaupré et I 214 présentent les proportions les plus faibles tandis que Ghoy et surtout Fritzi-Pauley, présentent les proportions les plus élevées. À noter toutefois que Fritzi-Pauley est très fortement pénalisé par deux sites (Courtilier et Le Mans), où il est à chaque fois le seul cultivar prélevé, et présentant des taux de faux-cœur supérieurs à 60 %. Il est vraisemblable que l'effet site est largement prépondérant par rapport au seul effet cultivar.

Le taux de faux-cœur étant corrélé négativement avec la clarté du bois (aubier et faux-cœur), nous avons tout intérêt à rechercher des cultivars présentant peu de faux-cœur car ils posséderont également du bois plus clair. Assez logiquement la proportion de faux-cœur diminue significativement lorsque l'on s'élève dans la tige (bois plus jeune).

La couleur du bois a été mesurée par un spectrophotomètre sur une barrette diamétrale découpée sur un disque au milieu du billon. La couleur a été

mesurée séparément entre aubier et faux-cœur. Elle est exprimée dans le système CIE Lab par 3 paramètres :

- la clarté (L\*) qui varie de 0 (noir) à 100 (blanc)
- la composante a\* qui représente l'axe rouge (valeur positive) à vert (valeur négative)
- la composante b\* qui représente l'axe jaune (valeur positive) à bleu (valeur négative).

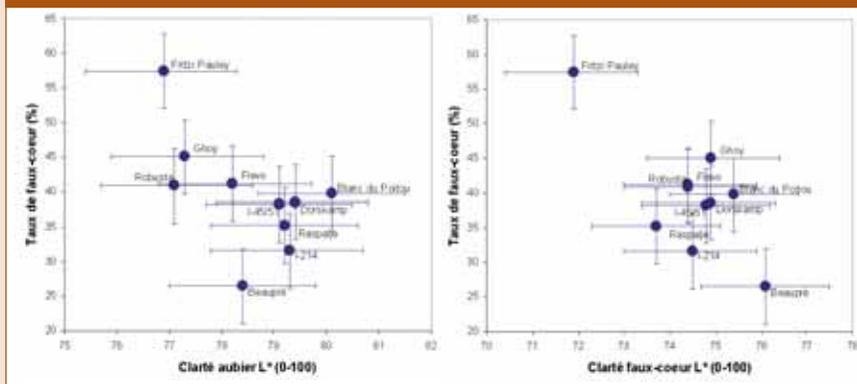
Seuls les résultats de clarté sont présentés ici car il s'agit de la variable pour laquelle la différence entre cultivar est la plus marquée. C'est également le critère le plus important pour certains usages où sont recherchés des bois les plus clairs possibles (faces de contreplaqués, emballages légers).

**La clarté (L\*)** varie d'environ 3 points pour l'aubier et 4 points pour le faux-cœur entre le meilleur cultivar et le moins bon (fig. 4). Les variations peuvent être nettement plus importantes pour certains sites et même entre les arbres pour un même site.

L'écart entre la clarté de l'aubier et du faux-cœur est d'environ 4 à 5 points. Ghoy, Robusta et Fritzi-Pauley sont les cultivars ayant un aubier le plus sombre, tandis que I 45/51, Raspalje, I 214, Dorskamp et Blanc du Poitou présentent l'aubier le plus clair.

La figure 5 illustre la relation qui existe entre la clarté du bois (aubier et faux-cœur) et le taux de faux-cœur. Les cultivars présentant l'aubier le plus clair sont généralement ceux qui possèdent

Figure 5 : Relation entre clarté du bois et taux de faux-Coeur pour l'aubier (à gauche) et le faux-cœur (à droite)



Quelques illustrations des taux de bois de tension (surfaces colorées) et de taux de faux-cœur (trait noir)

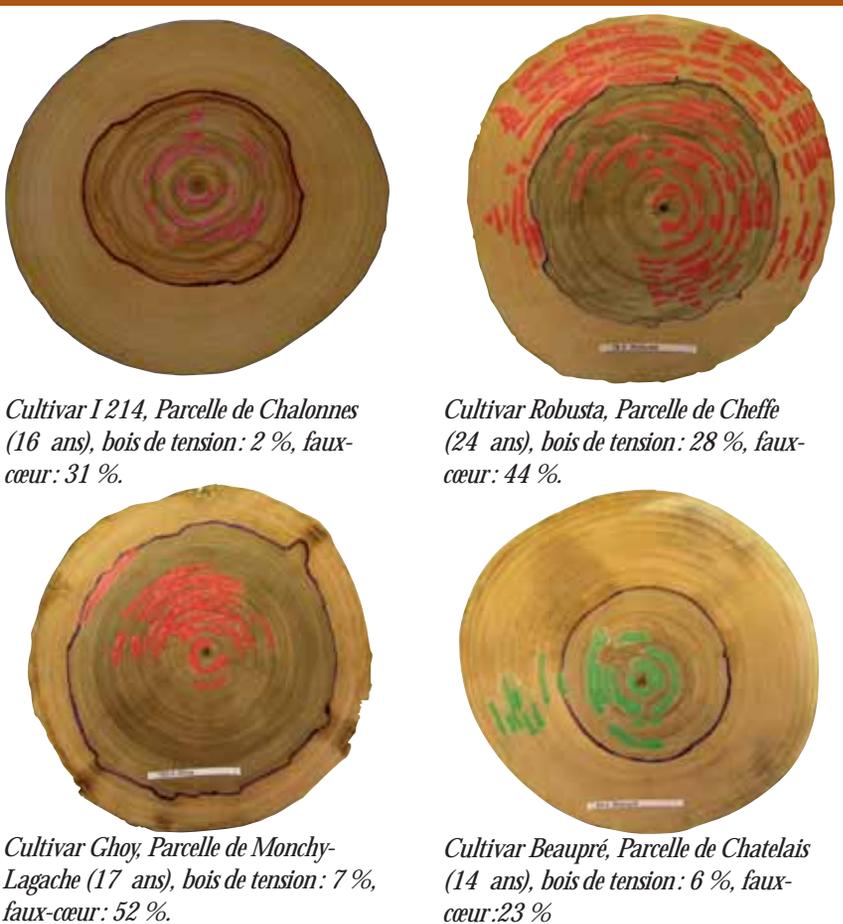
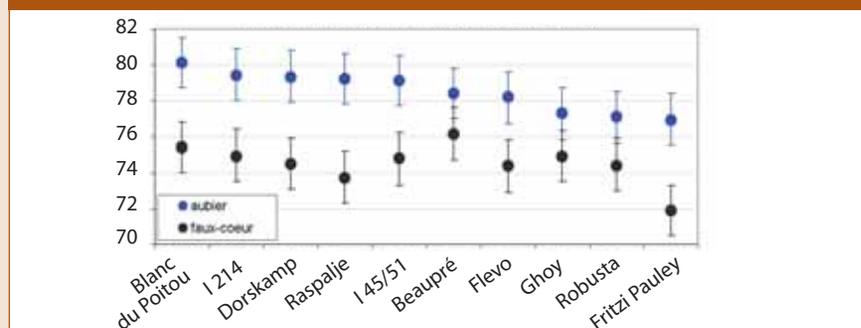


Figure 4 : Clarté (L\*) de l'aubier et du faux-cœur par cultivar (0-100)



le moins de faux-cœur. Pour notre échantillon, la clarté du bois ne varie pas selon le niveau dans l'arbre.

### La mise en pâte et la forme des fibres

Le rendement kraft a été apprécié à l'issue des microcuissons par le ratio quantité de pâte/quantité de bois initiale. La morphologie des fibres

Figure 6 : Rendement kraft moyen par cultivar (%)

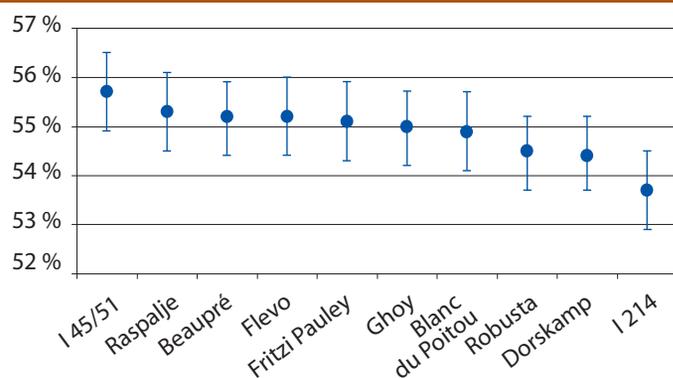
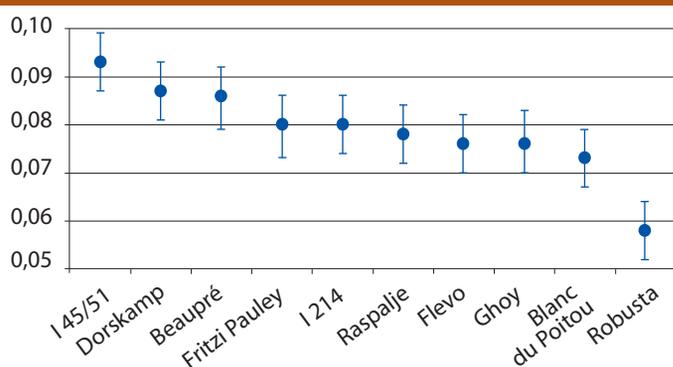


Figure 7 : Masse linéique moyenne par cultivar (mg/m)



(longueur, largeur, masse linéique) a été mesurée par analyse d'image. La longueur des fibres est directement ou indirectement associée à la majorité des propriétés physiques du papier (telles que la résistance à la traction, au déchirement et à l'éclatement de la feuille de papier). Comme tous les feuillus, le peuplier possède des fibres plutôt courtes. La masse linéique représente la masse d'un mètre de fibre mises bout à bout. Elle traduit surtout

l'épaisseur des parois des fibres et est principalement corrélée avec la « main » de la feuille de papier, c'est-à-dire son épaisseur par rapport à son grammage. Certaines applications papetières recherchent une main élevée (tissu), d'autres, au contraire une main faible (impression/écriture). Le rendement moyen s'établit à environ 55 % (tableau 2, page 26), avec une variation d'environ deux points entre le meilleur cultivar (I 45/51) et

le moins bon (I 214), (fig. 6). Les différences de rendement en pâte sont moins importantes que celles observées lors d'une étude précédente (Da Silva Perez et al., 2008) où des différences de quatre points ont été observées. L'ordre des cultivars est essentiellement respecté, sauf pour le cultivar Robusta qui avait donné les meilleurs résultats. Ce rendement reste très supérieur à la plupart des essences feuillues françaises. Il n'y a pas, sur cet échantillon, d'effet station ou d'effet du niveau de prélèvement dans l'arbre sur le rendement.

L'effet cultivar est particulièrement important sur les **caractéristiques morphologiques des fibres** puisque les écarts atteignent 25 % entre les cultivars extrêmes (longueur et largeur), voire 40 % pour la masse linéique (fig. 7). Les écarts étant marqués entre clones, il est possible de préférer tel ou tel cultivar pour des usages papetiers particuliers.

Il n'y a pas d'effet du niveau de prélèvement dans l'arbre sur la longueur des fibres ou la masse linéique. Ce n'est pas le cas pour la largeur des fibres qui diminue lorsqu'on s'élève dans la tige. À noter que la largeur des fibres semble liée à la vitesse de croissance de l'arbre (corrélation positive entre largeur de cerne/largeur des fibres). ■

Tableau 1 : Résultats moyen pour quelques caractéristiques du bois

Cultivar	Siccité (%)	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Infradensité (kg/m <sup>3</sup> )	Bois de tension (%)	Faux-Cœur (%)	Clarté aubier (0-100)	Clarté Faux-Cœur (0-100)
Beaupré	43,1	750	322	10,0	27	78,4	76,1
Blanc du Poitou	39,0	798	311	14,1	40	80,1	75,4
Dorskamp	39,2	858	336	6,1	39	79,4	74,9
Flevo	39,4	871	343	9,3	41	78,2	74,4
Fritzi Pauley	40,8	799	325	11,3	58	76,9	71,9
Ghoy	37,8	847	320	11,5	45	77,3	74,9
I 214	42,7	688	293	5,7	32	79,3	74,5
I 45/51	41,7	788	328	23,6	38	79,1	74,8
Raspalje	39,8	813	323	5,0	35	79,2	73,7
Robusta	42,6	863	367	20,1	41	77,1	74,4

Tableau 2 : Résultats moyens pour quelques caractéristiques papetières

Cultivar	Rendement kraft (%)	Longueur des fibres (µm)	Largeur des fibres (µm)	Masse linéique (mg/m)
Beaupré	55,2	802	25,6	0,086
Blanc du Poitou	54,9	859	25,2	0,073
Dorskamp	54,4	874	25,5	0,087
Flevo	55,2	840	23,7	0,076
Fritzi Pauley	55,1	780	25,1	0,080
Ghoy	55,0	837	24,5	0,076
I 214	53,7	855	26,5	0,080
I 45/51	55,7	972	25,9	0,093
Raspalje	55,3	907	23,9	0,078
Robusta	54,5	945	20,7	0,058

(1)\* FCBA station Nord-Est, 60 route de Bonnencontre, 21170 Charrey-sur-Saône

\*\* FCBA Direction des Recherches, 10 av. de Saint Mandé, 75012 Paris

\*\*\* FCBA Pôle Nouveaux Matériaux, Intechfibres, Domaine Universitaire, BP 251, 38044 Grenoble Cedex 9.

(2) *siccité*: taux de matière sèche, apprécié par le rapport masse sèche (après séchage à 103°C jusqu'à masse constante)/masse humide

(3) *infradensité*: rapport entre la masse sèche (anhydre) du bois et son volume humide (saturé d'eau).

(4) *rendement kraft*: le rendement en pâte chimique (méthode kraft) est estimé en faisant le rapport entre la masse de pâte obtenue/masse de bois.

L'AFOCEL (Association Forêt Cellulose), au service des entreprises de la forêt et de la pâte à papier et le CTBA (Centre Technique du Bois et de l'Ameublement) ont fusionné le 1<sup>er</sup> juin 2007 pour donner naissance à **FCBA, l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement**.

## Bibliographie

■ **Chantre (G.), 1995.** *Variabilité clonale des caractéristiques technologiques chez le peuplier. Etat et perspectives de la populiculture.* Comptes-Rendus de l'académie d'agriculture de France, vol. 81, n° 3, 207-223.

■ **Da Silva Perez (D.), Berthelot (A.), Lecourt (M.), Guillemain (A.), Nougier (P.), Petit-Conil (M.), 2008.** *Performance of selected poplar cultivars for chemical and thermomechanical pulping.* Revue ATP vol. 6 n° 5, 6-13.

## Résumé

Les propriétés du bois et des fibres de peuplier sont influencées principalement par le cultivar et la parcelle. Quelques caractéristiques générales du bois sont étudiées sur un billon situé à mi-grume : la siccité, la masse volumique, l'infradensité, le taux de bois de tension, le taux de faux-cœur et la couleur du bois. Les caractéristiques des fibres sont également abordées.

**Mots-clés** : caractéristiques du bois et des fibres, peuplier.



*Chantier de billonnage à la scierie Migeon (79).*

# Effets cultivars et stations sur la déroulabilité du peuplier et la qualité des produits issus du déroulage

Hafida El Haouzali, Rémy Marchal, Laurent Bleron, Jean-Claude Butaud (1)

*Les disparités entre cultivars et effets stations ne sont pas significatives. En revanche, la déroulabilité du peuplier est facilitée par son taux d'humidité élevé, la qualité des produits de placage obtenue est globalement satisfaisante. 80 billons ont été testés en laboratoire par une équipe des Arts et métiers ParisTech de Cluny, voici leurs analyses*

**L** Le déroulage est le mode de transformation le plus répandu et le plus valorisant du bois de peuplier. Cette production s'appuie sur un nombre croissant de cultivars dont la qualité du bois et l'aptitude au déroulage ne sont pas toujours bien connues. Dans le cadre de l'établissement du référentiel qualité du bois de peuplier, nous avons conduit une recherche spécifique permettant de juger de la déroulabilité des différents cultivars et de l'aptitude des produits obtenus à des emplois tant conventionnels (emballages légers, contreplaqués) qu'innovants (poutres LVL - *Laminated Veneer Lumber* - lamellés-collés de placage dédiés à la construction).

Ainsi, un billon par arbre pour chacun des 120 arbres de l'étude globale (10 cultivars x 4 stations x 3 répétitions) était dédié à cette étude. Il est à noter que les 4 stations forestières (stations argileuse, profonde, humide, riche) étaient représentées par 13 sites différents.

Sur les 120 billons collectés, 80 ont fait l'objet d'essais de déroulage en laboratoire (40 billons déroulés en 1,4 mm, épaisseur usuelle dans l'in-

dustrie de l'emballage léger; 40 billons déroulés en 3 mm, épaisseur usuelle pour le contreplaqué), les 40 billons restants ayant été déroulés en entreprise. La qualité des cultivars a été évaluée à travers trois aspects :

- l'aptitude au déroulage,
- la qualité des placages, produits de base de l'industrie de l'emballage léger et du contreplaqué,
- la qualité mécanique des panneaux contreplaqués et des poutres LVL.

## Aptitude au déroulage

L'aptitude au déroulage a été appréciée en mesurant le taux d'humidité de 80 billons avant le déroulage et les efforts de coupe au cours du déroulage.

## Cartographie d'humidité

Dans cette problématique, il importe d'estimer la quantité d'eau dans le billon vert car :

- si l'humidité est trop faible, la déformabilité du bois sera insuffisante pour permettre la production de placages de qualité ;
- si l'humidité est trop forte, la grande quantité d'eau libre peut entraîner

des surpressions locales dans les vaisseaux lors du déroulage générant des arrachements de fibres qui peuvent participer au phénomène de peluchage. Il convient alors de ménager un temps de ressuyage avant déroulage. Cependant, une humidité très importante peut aussi se transformer en avantage, le billon disposant d'un stock en eau lui permettant de supporter un stockage de quelques semaines en parc à grume avant déroulage.

Ainsi, la répartition en eau et le taux d'humidité moyen ont été mesurés sur 80 disques de 2 cm d'épaisseur prélevés au cœur des billons dédiés au déroulage. Ces disques ont été débités en cubes de 4 cm de côté. Chaque cube a subi une double pesée : une à l'état vert et l'autre à l'état anhydre. Ainsi nous avons pu établir une cartographie transversale d'humidité pour chaque billon. L'ensemble des cartographies obtenues (*voir l'exemple en figure 1, p.28*) montrent que la répartition de l'eau n'est pas homogène dans les billons, le faux-cœur étant toujours plus humide que l'aubier. Tous les billons présentent un taux d'humidité moyen très élevé, (162 % pour

l'ensemble de l'échantillon). Cependant cette teneur varie significativement d'un cultivar à l'autre (figure 2) : le Dorskamp, le Flevo et le Blanc du Poitou sont les plus humides avec un taux de l'ordre de 170 %, tandis que le Beaupré est le moins humide avec un taux de 140 %.

Figure 1 : Cartographie d'humidité d'une rondelle de Raspalje

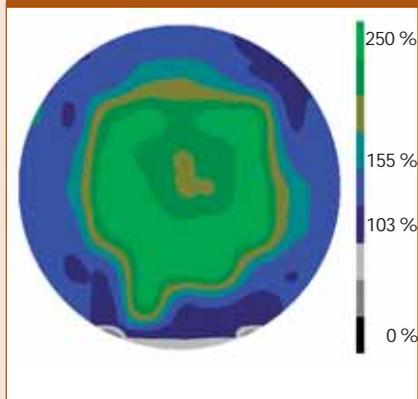
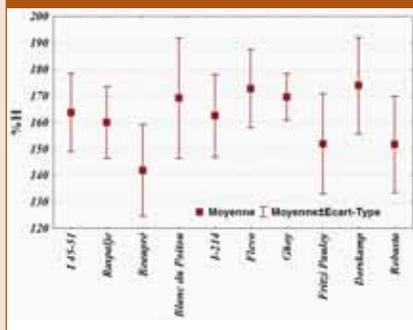


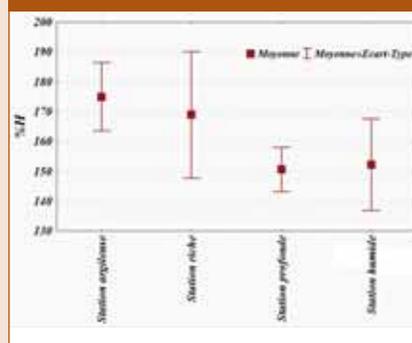
Figure 2 : Variation du taux d'humidité moyen suivant les cultivars



Notons aussi que le taux d'humidité varie suivant les stations (figure 3), la station argileuse affichant le taux le plus élevé 175 %. Toutefois cet effet station doit être considéré avec prudence car rappelons qu'il a fallu prélever les arbres dans 13 sites pour constituer le dispositif complet à 4 stations. Tous les sites ne contenant pas tous les mêmes cultivars, il était impossible de mener une analyse spécifique permettant de révéler d'éventuels effets site. Enfin, les arbres n'ayant pas tous été abattus pendant la même saison, cela rend encore plus

difficile la mise en évidence d'effets station pertinents.

Figure 3 : Variation du taux d'humidité moyen suivant le type de station forestière.



Pour résumer, aucun des cultivars n'est apparu remarquable du point de vue de son humidité (valeur moyenne et répartition). Tous les cultivars étudiés renferment une grande quantité d'eau permettant de rendre leur bois apte au déroulable sur une longue période après abattage.

Pour les raisons évoquées plus haut, nous n'avons pu révéler aucun effet station sur aucun des différents critères analysés par la suite dans cette étude. C'est pourquoi nous ne discuterons plus cet aspect dans la suite de cet article.

### Efforts de déroulage

80 billons de 60 cm de long ont été déroulés sur la dérouleuse industrielle du laboratoire LaBoMaP (Arts & Métiers ParisTech, Cluny). Cet équipement est instrumenté avec des capteurs piézo-électriques permettant la mesure des composantes orthogonales des efforts exercés sur l'outil et sur la barre de pression pendant le déroulage. Pour chaque cultivar et chaque station, un billon a été déroulé en 1,4 mm et l'autre en 3 mm en faisant pénétrer la barre de pression de 10 % de l'épaisseur du placage dans le bois. Pour chaque billon, les valeurs des efforts obtenues sont très peu dispersées, ce qui est tout à fait typique d'un bois homogène dont la densité varie

peu avec le rayon de déroulage. Les valeurs moyennes sont également très faibles par rapport aux autres essences déroulées couramment, et ce quel que soit le cultivar. Ces valeurs, rapportées à la longueur d'arête du couteau et de la barre de pression, sont en moyenne :

- Respectivement de 4 et 6 N/mm en déroulage de 1,4 mm ;
- Respectivement de 5 et 15 N/mm en déroulage de 3 mm.

Aucun effet cultivar n'ayant été mis en évidence, il apparaît clairement qu'il n'y a pas lieu d'appliquer des réglages spécifiques pour chaque cultivar.

### Qualité des placages

L'évaluation de la qualité de placage en laboratoire a été faite sur placages humides, immédiatement après le déroulage des 80 billons et a porté sur 4 critères.

### Tendance au tuilage

Chez un certain nombre d'essences, le placage présente en fin de déroulage une tendance à s'auto-enrouler du fait de l'apparition d'un tuilage important du placage. Ce phénomène est à l'origine d'importantes pertes de matière, le massicotage du ruban de placage ne pouvant plus s'effectuer dans de bonnes conditions en sortie de dérouleuse. Pour quantifier ce défaut, nous avons mesuré sur les 10 derniers mètres du placage obtenu (photo p.29) les fréquences et amplitudes de ses ondulations.

### Peluchage

Le peluchage est un défaut de surface caractérisé par la présence de fibres roulantes sur la face fermée du placage. Ce défaut dégrade l'aptitude du placage à recevoir des impressions (application en emballage léger) et participe à encrasser les encolleuses lors de la fabrication des contreplaqués.

Pour quantifier ce défaut, les 80 rubans de placage ont été massicotés en feuilles de 50 cm de largeur, chaque feuille ayant ensuite été triée en deux classes suivant qu'elle présentait une zone avec de la peluche ou non. Nous en avons déduit un pourcentage de placages pelucheux pour chaque billon déroulé.

### Uniformité de l'épaisseur

Un placage doit présenter une épaisseur la moins variable possible pour éviter des défauts de collage à l'issue du pressage lors de la fabrication de contreplaqué ou de LVL (bois lamifié). Ainsi, à l'aide d'un micromètre, nous avons mesuré l'épaisseur de chaque placage de 50 cm de cotés en 8 points différents.



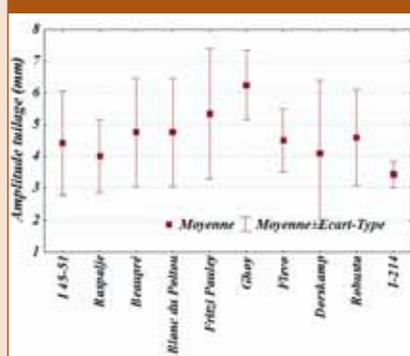
Ruban de placage après déroulage.

### Rugosité et fissuration

La rugosité de la surface des placages doit être minimisée car elle joue fortement sur la consommation de colle lors de la fabrication du contreplaqué ou du LVL. Elle a été ici mesurée en utilisant un « fuitomètre » dont le principe repose sur une mesure de fuite d'air à travers les aspérités du placage testé : plus la fuite est importante, plus

la surface présente des aspérités. Les mesures directes répétées en 4 points sur les deux faces de chaque placage de 50 cm ont permis une approximation de la valeur moyenne de l'état de surface. La différence entre la rugosité de la face supérieure et de la face inférieure du placage a permis le calcul d'un critère lié au taux de fissuration de la face ouverte du placage.

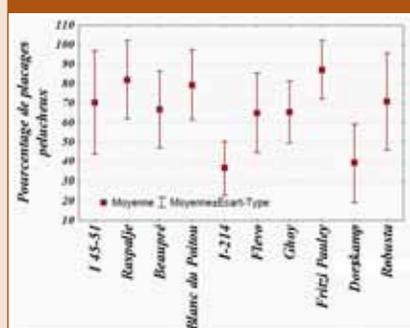
Figure 4 : Variation de l'amplitude moyenne du tuilage suivant les cultivars



Les résultats issus de toutes ces mesures montrent que les 10 cultivars présentent tous une tendance très faible au tuilage (figure 4). Ce phénomène est donc à négliger dans le cas des peupliers.

Cependant les placages sont globalement assez pelucheux : le pourcentage moyen de placage pelucheux est de 65 % mais ce taux élevé est en partie dû à la méthode de mesure qui évalue ce critère par excès, un placage présentant une faible proportion de peluche étant classé à l'identique d'un

Figure 5 : Variation du pourcentage de placages pelucheux suivant les cultivars



placage pelucheux sur toute sa surface. Bien que l'effet cultivar ne soit pas ici significatif, nous pouvons noter que le I 214 et le Dorskamp sont les plus intéressants pour ce critère (figure 5).

Les variations d'épaisseurs quant à elles sont très faibles, la valeur du coefficient de variation de l'épaisseur (rapport entre la valeur moyenne de l'épaisseur et son écart-type) étant de l'ordre de 2,5 % et ne variant pas considérablement suivant les cultivars. La rugosité ne varie pas significativement non plus suivant les cultivars et les placages présentent tous une faible rugosité moyenne et une faible dispersion. Cela est très lié à la structure homogène du bois de peuplier et à la petite taille des vaisseaux, quels que soient les cultivars.

Globalement, les placages sont très peu fissurés, les indices de fissuration relevés étant toujours proches de zéro, et ce qui confirme des mesures optiques directes sur les placages de 1,4 et, dans une moindre mesure sur les placages de 3 mm.

### Déroulage en entreprise

Dans le but de comparer les résultats obtenus en laboratoire aux appréciations des praticiens industriels, nous avons déroulé les 40 billons de 1 m restant, (3<sup>e</sup> arbre de chaque couple cultivar/station) dans l'une des unités du groupe Lacroix spécialisée dans le déroulage du peuplier pour la fabrication de boîtes à fromages, fabrication particulièrement exigeante en qualité du bois et du déroulage. Pendant le déroulage l'opérateur ventilait les placages suivant 3 classes :

- la classe I accordée aux placages sans aucun défaut de peluche, de couleur ou lié à la nodosité destinés à la production de targe ;
- la classe II, regroupant tous les placages qui peuvent présenter tous les défauts hormis les nœuds ;

- la classe III, représentée par les placages dont tous les défauts, cités précédemment, sont tolérés. Les classes II et III sont réservées à la production de contreplaqués pour le fond des boîtes. Le rendement et le pourcentage de placages par classe de qualité ont été estimés pour chacun des 40 billons déroulés.

Ces essais ont révélé que les rendements quantitatifs sont élevés pour tous les cultivars et varient de 70 à 95 %, l'échantillonnage ayant été fait sur un critère de diamètre et de forme identique pour tous les cultivars. Les billons déroulés ici sont plus aptes à l'utilisation dans la fabrication du contreplaqué qu'à l'utilisation en targe. En effet, seules le Ghoy et le I214 présentent de la première qualité mais toutefois avec des rendements très faibles (respectivement 16 et 4 %). Il est à noter cependant que cette campagne et ses résultats ont été largement faussés par des altérations de couleurs des bois liées à leur stockage long dans l'eau.

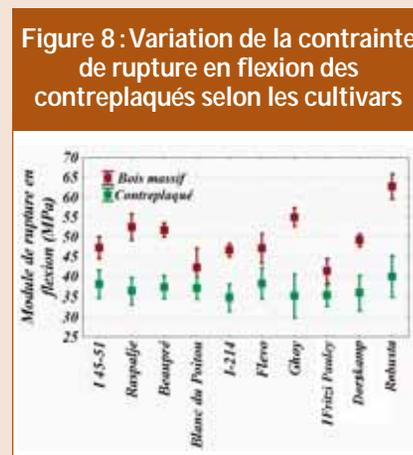
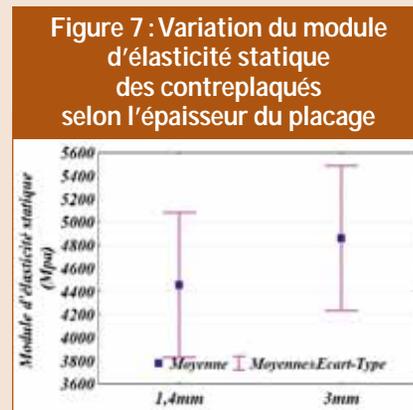
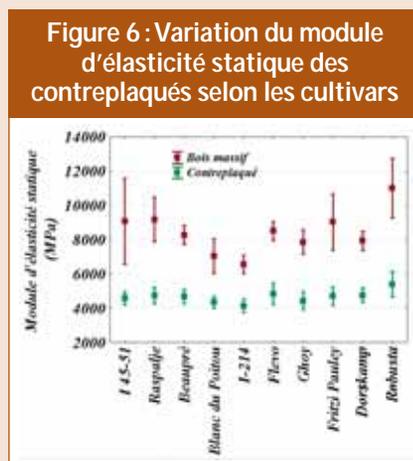
### Qualité mécanique des panneaux

Les placages issus du déroulage des 80 billons ont été séchés puis collés en utilisant deux types de colle : une PVAC (colle vinylique pour un usage en intérieur) et une MUF (colle mélamine urée formol plus polyvalente pour des usages en structure). Au total nous avons fabriqué 10 (cultivars) x 4 (stations) x 2 (épaisseurs de déroulage) x 2 (colles) x 2 (contreplaqué et LVL) = 320 panneaux contreplaqué et LVL de 500 x 500 x 21 mm<sup>3</sup> en 7 plis (placages de 3 mm) ou en 15 plis (placages de 1,4 mm). Chaque panneau a été découpé en éprouvettes standardisées de section 21 mm x 21 mm qui ont fait l'objet de caractérisations mécaniques d'abord non destructives (analyse vibratoire par la

méthode BING développée par le Cirad (centre de recherche français) pour la détermination du module d'élasticité dynamique), puis destructives par des essais de flexion quatre points (module d'élasticité statique, contrainte de rupture) et des essais de cisaillement (résistance des joints de colle). Les contreplaqués étant généralement utilisés en plaques, les éprouvettes ont été sollicitées à plat (perpendiculairement aux joints de colle) contrairement aux LVL généralement sollicités sur chant (parallèlement aux joints de colle).

### Les contreplaqués

La rigidité des 10 cultivars varie entre 4 100 MPa (1 mégapascal = 1 N/mm<sup>2</sup>) et 5 400 MPa (figure 6). Le Robusta donne la meilleure rigidité suivi par le Flevo. Le Blanc du Poitou, le Ghoy et le I 214 apparaissent comme les moins rigides leurs modules étant compris entre 4100 et 4400 MPa. Bien que non significative statistiquement, la variabilité inter-cultivar serait essentiellement le reflet des différences de densité entre les cultivars. Les classements suivant les types de station et les cultivars sont tout à fait superposables à ceux obtenus sur bois massif <sup>(2)</sup> (figure 6). Le module d'élasticité statique des panneaux contreplaqué collés avec la MUF a tendance à être supérieur au module obtenu dans le cas des panneaux collés avec



la PVAC, la colle MUF étant plus rigide que la colle PVAC.

Toutefois la rigidité des panneaux contreplaqués semble s'améliorer avec l'augmentation de l'épaisseur du placage (figure 7), la proportion en bois orienté longitudinalement étant, à section égale, plus forte lors de l'utilisation de placages épais. Cependant la différence est statistiquement non significative.

À l'instar du module statique, le module d'élasticité dynamique varie peu d'un cultivar à l'autre. Cependant le module dynamique est constamment supérieur de 30 % par rapport au module statique ce qui est un résultat classique sur les matériaux visco-élastiques car plus la sollicitation est rapide et plus le matériau a un comportement rigide.

La résistance en flexion est peu variable d'un cultivar à l'autre : ceux-ci présentent tous des résistances qui s'échelonnent entre 35 et 40 MPa

(figure 8). En flexion, le Robusta est le plus résistant (40 MPa) et le I 214 (35 MPa) le moins résistant. L'effet de la colle est ici plus prononcé que dans le cas du module d'élasticité, l'emploi d'une colle MUF augmentant la résistance (41 MPa en moyenne contre 32 MPa avec l'emploi d'une PVAC). Par ailleurs, l'épaisseur du placage n'a aucun effet significatif sur la contrainte de rupture en flexion.

La contrainte de rupture en cisaillement de l'ensemble des contreplaqués est très faible, peu dispersée et peu variable d'un cultivar à l'autre. Cette résistance en cisaillement dépend assez sensiblement du type de colle et de l'épaisseur du placage. En effet, la qualité du collage s'améliore dans le cas de la MUF et de l'épaisseur 1,4 mm. Cet effet significatif s'explique par la nature de la colle MUF et de la fissuration qui dans cet essai a des conséquences plus perceptibles qu'en flexion car elle altère l'épaisseur du joint de colle en augmentant la quantité de colle « bue » par la face fissurée. En résumé, on ne note pas d'effet cultivar sur les propriétés mécaniques des contreplaqués de peuplier qui sont assez modestes en comparaison avec les autres essences tempérées.

Cependant, si l'on fait le ratio entre ces valeurs et la densité du matériau (performances mécaniques spécifiques), le bilan est très nettement plus favorable, par rapport à d'autres essences.

### Les Laminated Veneer Lumber (LVL)

Les placages sont dans ce matériau tous collés fil parallèle afin de conserver les propriétés mécaniques avantageuses du bois massif dans le sens longitudinal tout en réduisant la variabilité de ces propriétés comparée à celle du bois massif par le jeu de la lamellation.

Le module d'élasticité statique des LVL varie peu ici aussi selon les cultivars, la plage de valeurs allant de 6 500 MPa

et à 8 700 MPa (figure 9).

Les valeurs de module d'élasticité légèrement plus faibles sur LVL que sur bois massif sont atypiques et imputables à un biais expérimental, la flexion 4 points n'ayant pas été réalisée dans des conditions rigoureusement identiques sur les éprouvettes massives (FCBA) et sur les éprouvettes de LVL (Arts & Métiers ParisTech). Cependant, le Robusta se détache avec la meilleure rigidité (8 700 MPa), suivi du Fritzi Pauley (7 700 MPa). Le Ghoy, le Dorskamp et le Blanc du Poitou ont des modules variant entre 6 900 et 7 400 MPa. Les panneaux du I 214 apparaissent comme les moins rigides (6 500 MPa). Le module d'élasticité statique des panneaux LVL collés avec la MUF tend à être supérieur au module obtenu dans le cas des panneaux collés avec la PVAC mais contrairement à ce que nous avons constaté pour les contreplaqués, la rigidité des panneaux LVL s'améliore légèrement avec la diminution de l'épaisseur du placage (figure 10). En effet le module d'élasticité passe de 7 560 MPa dans le cas de l'épaisseur 1,4 mm à 7 350 MPa dans le cas de l'épaisseur 3 mm. Ce résultat peut être dû à l'augmentation de la fissuration du placage avec son épaisseur, cet effet se faisant ici d'avantage sentir que dans le cas du contreplaqué, les LVL étant sollicités sur chant ce qui fait que le bois est ici plus sollicité que les joints de colle.

Les 10 cultivars présentent des résistances en flexion qui s'échelonnent entre 60 et 80 MPa (figure 11). Le Robusta est le plus résistant en flexion, alors que le I-214, le Blanc du Poitou et le Fritzi Pauley sont les moins résistants. La résistance des autres cultivars est moyenne et varie entre 65 et 68 MPa. La résistance des LVL est supérieure à celle du bois massif avec un écart moyen de 33 % qui est statistiquement invariable. Ce résultat classique est dû à la lamellation qui

Figure 9 : Variation du module d'élasticité statique des LVL selon les cultivars

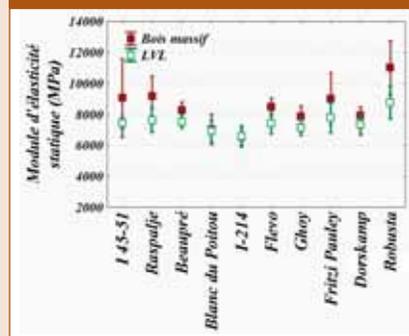


Figure 10 : Variation du module d'élasticité statique des LVL selon l'épaisseur du placage.

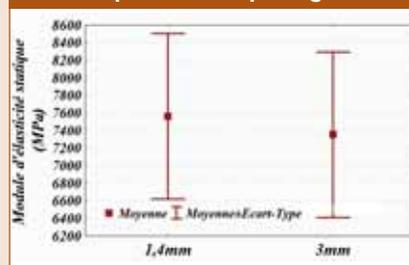
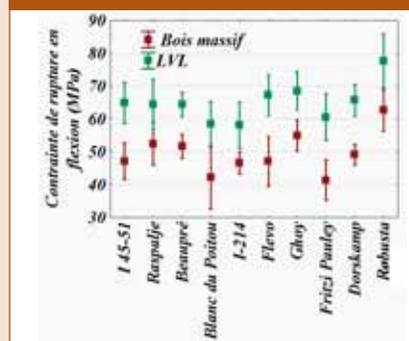


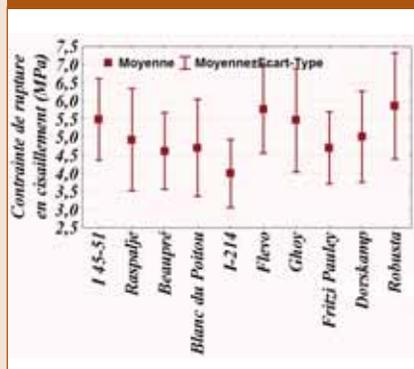
Figure 11 : Variation de la contrainte de rupture en flexion des LVL selon les cultivars.



augmente la résistance car elle distribue de manière aléatoire les défauts dans le panneau. Comme pour les contreplaqués, la résistance en flexion des LVL s'améliore avec l'emploi de la colle MUF (67 MPa).

La résistance en cisaillement des 10 cultivars oscille entre 4 et 6 MPa (figure 12, p.32). S'il n'est pas possible de classer les cultivars et les stations, néanmoins nous retrouvons toujours les mêmes tendances : le Robusta est le plus résistant et le I-214 présente la plus faible résistance.

Figure 12 : Variation de la contrainte de rupture en cisaillement des LVL selon les cultivars



Les performances des LVL de peupliers sont donc globalement assez peu variables d'un cultivar à l'autre et les valeurs assez modestes, pour ce qui est de la rigidité (module d'élasticité) notamment. Mais comme pour le contreplaqué, le ratio valeurs mécaniques/densité du matériau améliore fortement le classement du peuplier par rapport à d'autres essences. Enfin, que ce soit pour le bois massif, le contreplaqué ou le LVL, le Robusta se détache du lot pour ses performances mécaniques. Ce cultivar poussant moins vigoureusement que les autres et tous les cultivars ayant été récoltés à un diamètre équivalent, il est fort probable que les Robusta de notre échantillonnage renferment une part de bois adulte qui fasse probablement totalement défaut dans les autres arbres.

### Conclusion

Quel que soit le cultivar ou le type de station, le peuplier reste une essence exceptionnellement facile à dérouler. La qualité des placages produits est globalement satisfaisante. Sur le plan mécanique, il s'avère que les panneaux contreplaqués et LVL du peuplier ne présentent pas des propriétés exceptionnelles par rapport aux autres essences. Ceci est vrai pour tous les cultivars étudiés quelle que soit leur station d'origine. L'analyse statistique n'a révélée, sur la plupart de ces ca-

Tableau 1 : Récapitulatif multi-critères des caractéristiques des différents cultivars (1 = meilleures qualités/10 = moins bonnes qualités – Les essais en industrie sont entachés d'un biais lié à des discolorations des bois dues au stockage long dans l'eau)

	Aptitude au déroulage	Qualité des placages	Déroulage en industrie	Qualité mécanique panneaux
1	Flevo	Flevo	I 214	Robusta
2	Raspalje	I 45/51	Ghoy	Flevo
3	I 45/51	Dorskamp	Beaupré	Dorskamp
4	I 214	Ghoy	Raspalje	Fritzi P.
5	Ghoy	Raspalje	I 45/51	Ghoy
6	Dorskamp	I 214	Dorskamp	Beaupré
7	Fritzi P.	Blanc du P.	Blanc du P.	Raspalje
8	Blanc du P.	Fritzi P.	Robusta	I 214
9	Robusta	Robusta	Fritzi P.	Blanc du P.
10	Beaupré	Beaupré	Flevo	I 45/51

ractéristiques, aucun effet significatif du cultivar ou de la station. De ce fait il est difficile de distinguer des cultivars plus ou moins performants que d'autres et les classements synthétisés dans le tableau 1 n'indiquent que des tendances. Seul le Robusta apparaît se distinguer des autres cultivars du fait d'une probable présence de bois adulte. Si on veut donc diversifier les emplois du bois de peuplier en envisageant son utilisation accrue en construction, cette dernière observation conduit à réfléchir soit sur un changement du régime populicole en adoptant des révolutions plus longues, ce qui est contraire aux tendances généralement constatées en populiculture, soit en sélectionnant des cultivars pour lesquels la transition bois juvénile/bois adulte se fait très précoce-ment. ■

(1) Arts & Métiers ParisTech, LaBoMaP, rue Porte de Paris, 71 250 Cluny

(2) Planches issues des mêmes arbres échantillonnés et testées en flexion 4 points par FCBA.

### Bibliographie

- Bao (E. C.), Jiang (Z. H.), Jiang (X. M.), Lu (X. X.), Luo (X. Q.), Zhang (S. Y.), 2001. Differences in wood properties between juvenile wood and mature wood in 10 species grown in China. Wood Science & Technology, Vol. 35 No. 4, 363-375.
- Bao (E. C.), Liu (S. Q.), 2001. Modeling the relationships between wood properties and quality of veneer and plywood of Chinese plantation poplars. Wood and Fiber Science, 33, 2, 264-274.
- Chantre (G.), 1996. Aptitude au déroulage de 7 clones de peuplier cultivés en forêt domaniale de Chautagne. ONF/AFOCEL, rapport final, 50 p.
- Grulois (C.), Fignon (G.), 1996. Suitability of six new poplar cultivars for wood processing: a peeling trial. Bulletin Trimestriel - Centre de Populiculture du Hainaut, Cahiers Techniques de l'Objectif 1, 2, 26-30.
- El Haouzali (H.), 2009. Déroulage du peuplier: effets cultivars et stations sur la qualité des produits dérivés. Thèse de doctorat d'Arts & Métiers ParisTech, Spécialité « Procédés de Fabrication », 163 pages, 8 annexes.
- Ye Kelin, Winandy (J. E.), Wellwood (R. W.), Hiziroglu (S.), 2005. Wood composite made of Populus plantation material in China. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, USA, General Technical Report - Forest Products Laboratory, USDA Forest Service, FPL-GTR-163, 37-41.
- Zu Buosun, 2000. Foreign studies on wet heartwood of poplars. Scientia Silvae Sinicae, Vol. 36 No. 5 pp. 85-91.

### Résumé

Le déroulage est facile quel que soit le cultivar. La qualité des placages obtenus est satisfaisante. Les propriétés mécaniques des contreplaqués de peuplier sont assez modestes en comparaison avec les autres essences tempérées.

**Mots-clés :** déroulage, placage, qualité du bois, peuplier.

# Comportement au séchage et rétractibilité de peuplier

Daniel Aléon\*, Alain Bouvet\*\* (1)

*Dans le cadre de l'étude consacrée au Référentiel sur les qualités du bois de cultivar de peuplier le comportement au séchage et la rétractibilité des 10 cultivars de peuplier ont été évalués.*

## Comportement au séchage

Le comportement au séchage a été caractérisé par l'homogénéité de l'humidité finale, le gradient de l'humidité finale dans l'épaisseur des sciages, les déformations, l'apparition de fentes et de collapse<sup>(2)</sup> au cours du séchage et la présence de poches d'eau en fin de séchage. Afin de limiter le nombre de cycles de séchage, les cultivars ont été répartis en 2 catégories : les cultivars « légers » et les cultivars « lourds ». Les cultivars légers comprennent le Blanc du Poitou, le Fritzi Pauley, le Ghoy, le I 214 et le Raspalje. Les cultivars lourds comprennent le Beaupré, le Dorskamp, le Flevo, le I 45/51 et le Robusta.

Six cycles de séchage à 80 °C ont été réalisés sur l'ensemble des cultivars. Deux cycles de séchage à 60 °C ont été effectués sur une partie des cultivars. Les dimensions des sciages étaient de 2,25 m x 120 mm x 60 mm.

Humidité du bois H (%)	Température ts (°C)	Humidité relative de l'air HR (%)
Vert	80	90
35	80	85
30	80	80
25	80	75
20	80	58
15	80	40

Les principaux résultats obtenus lors des séchages à 80 °C sont présentés ici. La table de séchage suivie à 80 °C est présentée dans le tableau 1.

Afin de préserver la qualité, le séchage a été conduit en prenant en compte, parmi les témoins permettant de piloter l'opération, l'humidité de la catégorie la plus humide (cultivar et station). L'humidité finale visée était de 15 % pour cette catégorie de sciages.

Pour chaque cultivar, il a été calculé, pour l'humidité finale atteinte et les

déformations, un intervalle de confiance à 95 % en prenant en compte un écart-type global sur l'ensemble des cultivars, pour éviter que, en ce qui concerne la variabilité, l'effet site masque l'effet cultivar. En revanche, pour le gradient de l'humidité finale dans l'épaisseur, la variabilité retenue a été celle par cultivar pour qu'il soit tenu compte de l'humidité finale, variable suivant les cultivars, qui a une influence sur le gradient.

Les valeurs obtenues sont résumées dans les figures suivantes.

Figure 1 : Humidité moyenne et gradient d'humidité dans l'épaisseur (%)

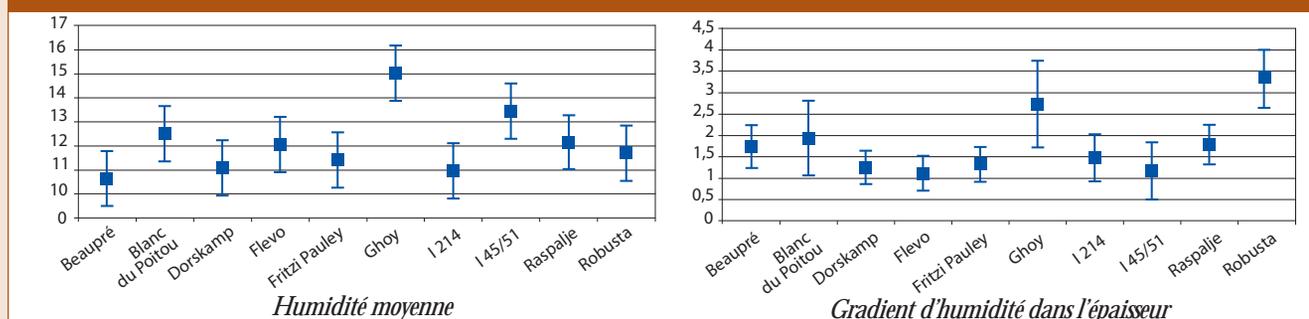


Figure 2 : Déformations

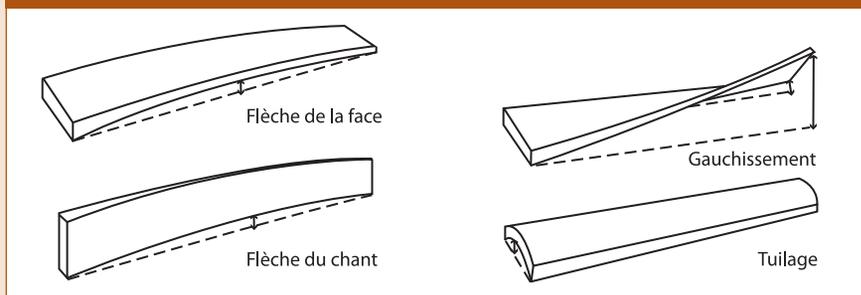


Tableau 2 : Déformation finale globale

Cultivar	Déformation globale
Raspalje	6
Fritzi Pauley	7
Beaupré	8
Ghoy	8
I 214	8
I 45/51	9
Dorskamp	12
Robusta	14
Flevo	15
Blanc du Poitou	17

### Homogénéité de l'humidité finale et gradient de l'humidité finale dans l'épaisseur

Le premier graphique (figure 1) indique la dispersion de l'humidité finale suivant les différents cultivars. Tous les sciages étaient à l'état vert en début de séchage. Le deuxième graphique montre, si on le compare au premier, que le gradient d'humidité dans l'épaisseur n'est pas corrélé, pour les différents cultivars, à leur humidité finale.

### Déformations

Les déformations mesurées en début et en fin de séchage sont la flèche face, la flèche chant, le tuilage et le gauchissement. Ces déformations sont représentées sur la figure 2.

Les déformations des échantillons de chaque cultivar, mesurées en fin de séchage, sont représentées avec l'intervalle de confiance à 95 % dans les figures 3 à 6.

Afin de classer les cultivars les uns par rapport aux autres sur l'ensemble des déformations, pour chaque type de déformation les valeurs obtenues ont été réparties dans cinq intervalles d'égale étendue et référencés de 1 à 5, la valeur 1 correspondant aux déformations les plus faibles et la valeur 5 aux plus fortes. Pour chaque cultivar, la valeur attribuée pour l'ensemble des déformations est égale à la somme des valeurs correspondant à chacune d'entre elles. Ainsi, pour l'ensemble des déformations, « globalement », le cultivar le plus déformé lors du sé-

chage (blanc du Poitou) correspond à la valeur la plus élevée, et inversement, celui présentant la valeur la plus faible (Raspalje) est le moins déformé. La valeur de déformation « globale » obtenue est fournie dans le tableau 2.

Figure 3 : Flèche face finale (mm)

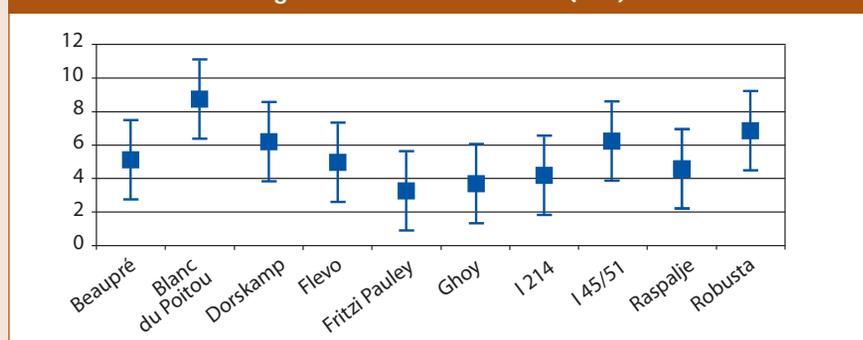


Figure 4 : Flèche chant finale (mm)

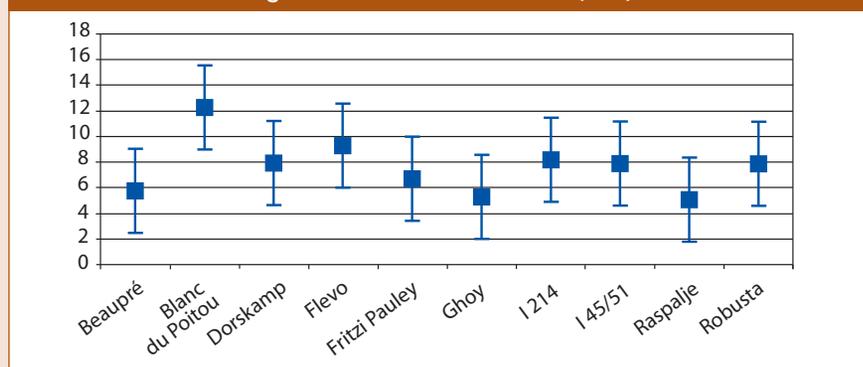


Figure 5 : Tuilage final (mm)

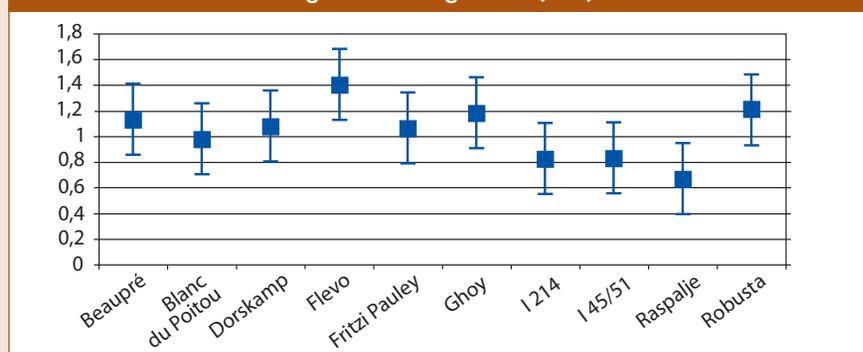


Figure 6 : Gauchissement final (mm)

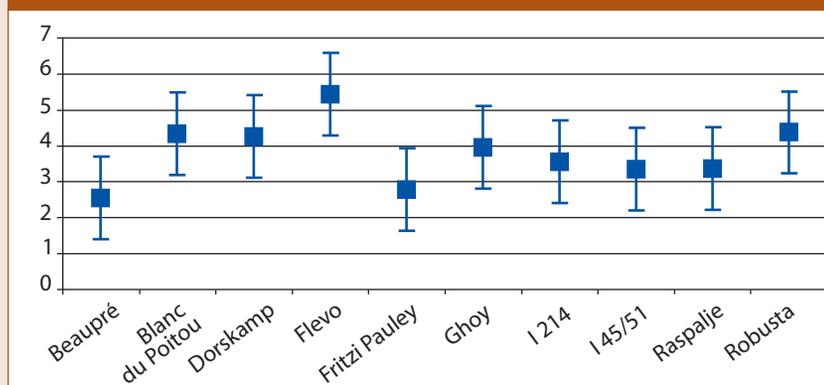


Tableau 3 : Défauts de séchage

Cultivar	Collapse (%)	Fentes de surface (%)	Fentes internes (%)	Poches d'eau (%)
Beaupré	17,5	0	0	0
Blanc du Poitou	42,5	0	12,5	20
Dorskamp	69,4	0	13,9	0
Flevo	23,7	3,6	0	0
Fritzi Pauley	10,7	0	2,6	0
Ghoy	26,8	0	2,4	22
I 214	0	0	0	0
I 45/51	74,3	8,6	17,2	0
Raspalje	91,7	0	27	0
Robusta	47,5	0	5	2,5

### Collapse, fentes et poches d'eau

Le pourcentage d'échantillons sur lesquels sont apparus au cours du séchage du collapse, des fentes de surface, des fentes internes et des poches d'eau est donné dans le tableau 3.

### Rétractibilité

Les retraits radial et tangentiel ont été mesurés sur des plaquettes en bois de bout carrées de 50 mm de côté et de 10 mm d'épaisseur. Sur la section transversale les cernes d'accroissement sont disposés de telle façon qu'une largeur de la plaquette corresponde à la direction tangentielle et l'autre à la direction radiale. Pour chaque cultivar, 10 plaquettes ont été débitées dans une barrette provenant de chaque station.

Après avoir été immergées dans l'eau les plaquettes ont été stabilisées en pièces climatisées à 23 °C-85 % HR,

puis 20 °C-65 % HR, puis 23 °C-30 % HR et enfin déshydratées à 103 °C  $\pm$  2 °C.

Les largeurs dans le sens tangentiel et le sens radial ont été mesurées après immersion, à chaque stabilisation et à l'état anhydre.

Le Point de Saturation des Fibres, PSE, est l'humidité du bois en dessous de laquelle les variations d'humidité sont accompagnées de variations dimensionnelles, et dans ce domaine hygroscopique les variations dimensionnelles sont directement proportionnelles aux variations d'humidité du bois. Pour chaque plaquette les variations dimensionnelles entre l'état vert et chaque stabilisation ont permis de calculer l'équation de la droite correspondante et donc d'en déduire le Point de Saturation des Fibres.

Pour chaque cultivar les retraits totaux (entre l'état saturé et l'état anhydre), tangentiel et radial, et le point de saturation des fibres, sont donnés dans les figures 7 et 8 avec l'intervalle de confiance à 95 % en prenant en compte un écart-type global sur l'ensemble des cultivars.

Figure 7 : retrait total tangentiel et radial (%)

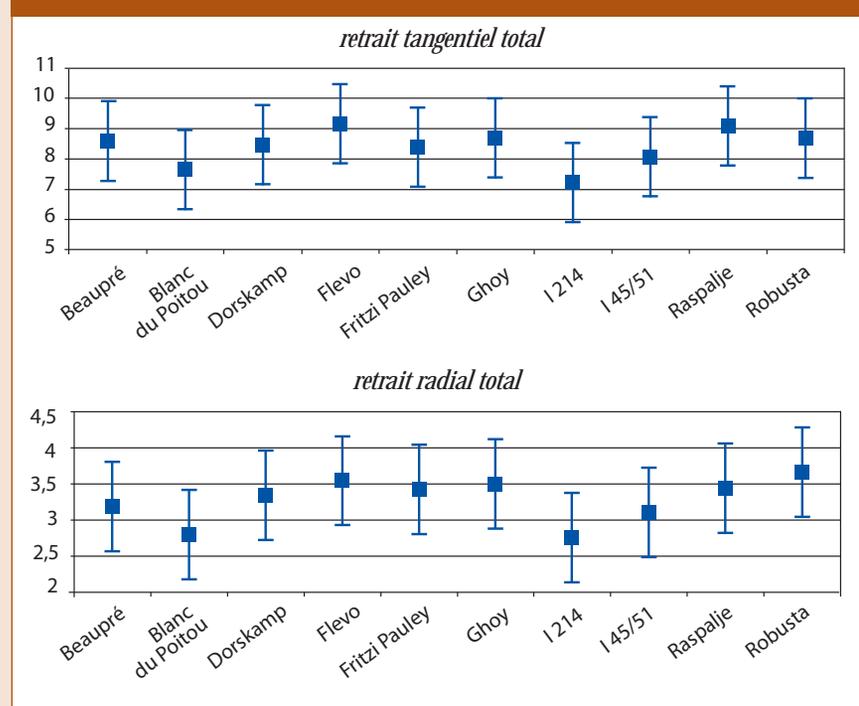
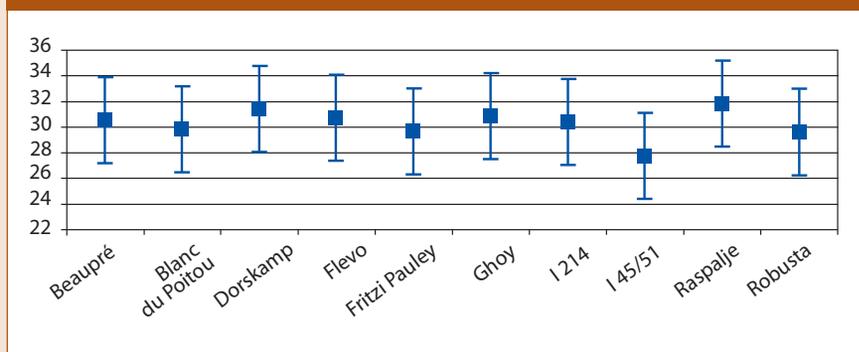


Figure 8 : Point de Saturation des Fibres (%)



### Conclusion

Cette étude a permis de déterminer le comportement au séchage et les caractéristiques de rétractibilité de 10 cultivars de peuplier. Elle a montré des différences sensibles entre certains cultivars notamment en ce qui concerne les déformations et certains défauts : collapse, fentes internes et poches d'eau, apparus au cours du séchage. Des différences sur le retrait linéique<sup>(3)</sup> sont également sensibles entre les cul-

tivars. Par contre le point de saturation des fibres varie peu entre les cultivars.

(1) \* FCBA Pôle Première Transformation Approvisionnement, 10 av. de Saint Mandé, 75012 Paris

\*\* FCBA Direction Innovation, 10 av. de Saint Mandé, 75012 Paris

(2) Le collapse est un effondrement de certaines cellules du bois provoquant une ondulation de la surface du sciage.

(3) Le retrait linéique est un retrait suivant une direction déterminée du bois.

### Résumé

Le comportement au séchage et les caractéristiques de rétractibilité de 10 cultivars de peuplier ont été comparés : l'homogénéité de l'humidité finale, le gradient de l'humidité finale dans l'épaisseur des sciages, les déformations, l'apparition de fentes et de collapse au cours du séchage et la présence de poches d'eau en fin de séchage. Des différences sensibles apparaissent entre les cultivars, cependant le point de saturation des fibres varie peu entre les cultivars.

**Mots-clés :** séchage, rétractibilité, bois de peuplier.

*Sciage de l'échantillonnage de peuplier.*



# Caractéristiques anatomiques des *Populus sp.* et cultivars

Nathalie Passadat (1)

**Sous le terme peuplier nous avons des peuplements naturels (à base d'espèces pures) et des peuplements cultivés (à base d'hybrides). Ces hybrides peuvent être d'origine naturelle ou depuis récemment créés par croisement. Il existe des hybrides issus d'une même espèce pure et des hybrides issus du croisement de deux espèces pures.**

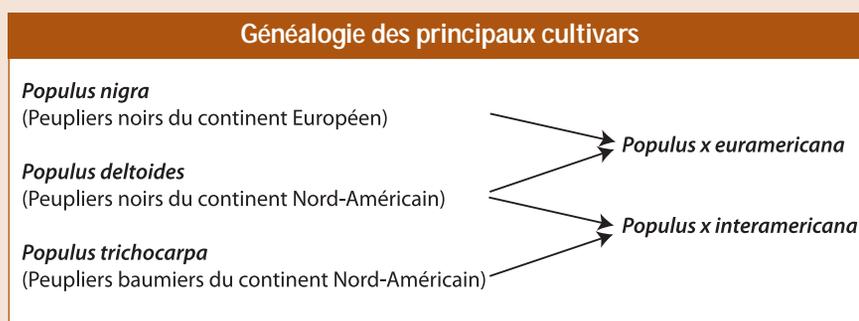
**Famille :** SALICACEA  
(fleurs simples réunies en chatons)

**Nom commercial :**  
Peuplier (FR)

Le genre *Populus* comprend 29 espèces spontanées regroupées en 5 sections auxquelles il faut rajouter un groupe d'hybrides interspécifiques (notés : x, traités comme des espèces pures) et de nombreux cultivars (notés c.v.).

L'homogénéité remarquable des espèces du genre *Populus* permet de dégager un grand nombre de caractères communs présentés ci-dessous. Aujourd'hui nous sommes dans l'incapacité de différencier de façon microscopique les cultivars des espèces spontanées, seules les mesures de longueur et de largeur des fibres pourraient permettre de différencier les cultivars entre eux.

Classification des principales espèces spontanées de peupliers		
Section	Appellation courante	Principales espèces spontanées (nom commercial) et localisation géographique
LEUCE	Peupliers blancs	- Peupliers d'Europe : Trembles, <i>Populus tremula</i> et les Peupliers blancs, <i>Populus alba</i> - Peupliers d'Amérique du Nord, Tremble américain (= Aspens), <i>Populus tremuloïdes</i> et Bigtooth aspen, <i>Populus grandidentata</i>
AIGEIROS	Peupliers noirs	- Peupliers noirs d'Europe, <i>Populus nigra</i> - Peupliers d'Amérique du nord, <i>Populus deltoides</i>
TACAMAHACA	Peupliers baumiers	- Peupliers d'Amérique du nord (= Cottonwoods), <i>Populus trichocarpa</i> , <i>Populus balsamifera</i> - Peupliers d'Asie <i>Populus ciliata</i> , <i>Populus tomentosa</i> , <i>Populus yunnanensis</i> ...
TURANGA	Peuplier de l'Euphrate	Bassin oriental de la Méditerranée jusqu'à l'Asie centrale, <i>Populus euphratica</i>
LEUCOIDE	Peupliers Leucoïdes	Sud des Etats-Unis et Extrême Orient, <i>Populus lasiocarpa</i>



Classification des cultivars étudiés	
Cultivar	Hybridation
Blanc du Poitou	Populus x euramericana
Robusta	
Dorskamp	
Flevo	
Ghoy	
I 214	
I 45/51	Populus x interamericana
Raspalje	
Beaupré	Populus trichocarpa
Fritzi Pauley	



© FCBA

*Vue sens longitudinal.*

### Caractères macroscopiques

Limites de cernes peu apparentes (limités par de fines lignes de parenchyme axial terminal).

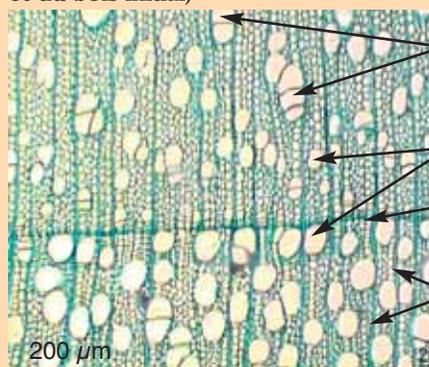
Le bois est blanc ou grisâtre très clair avec un duramen non ou peu différencié. Cependant les peupliers peuvent présenter un faux-cœur (coloration brune à gris verdâtre avec des veines noirâtres) marqué à l'état frais.

Sa surface peut être pelucheuse. Le peuplier avec sa structure homogène, son fil généralement droit, son grain fin est un bois léger et tendre.

### Caractères microscopiques

#### Coupe selon le plan transversal<sup>(1)</sup>

**Bois à pores diffus** (pas différence de taille entre les vaisseaux du bois final et du bois initial)



Vaisseaux accolés radialement par 2 ou 3.

Vaisseaux isolés.

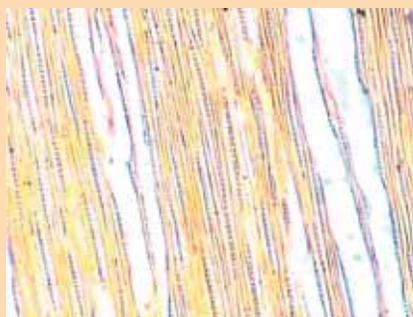
Ligne de parenchyme (tissu de cellules végétales).

Rayons unisériés

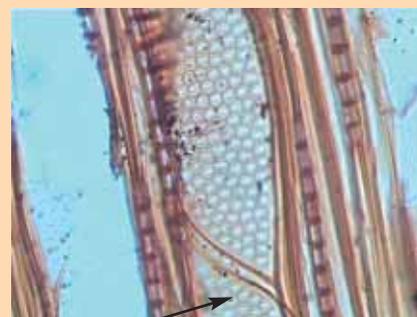
200 µm  
objectif microscope x 4

#### Coupes selon le plan tangentiel<sup>(2)</sup>

**Rayons exclusivement unisériés** (5 à 30 cellules de haut)

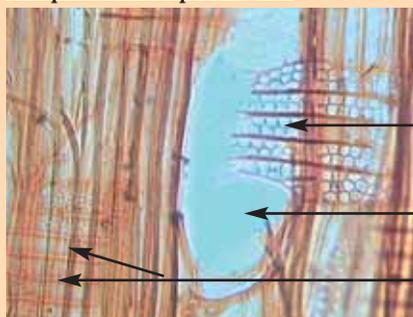


objectif microscope x 4



objectif microscope x 20  
Ponctuations intervasculaires grandes et en quinconce

#### Coupe selon le plan radial<sup>(3)</sup>



objectif microscope x 4

**Ponctuations de champ de croisement grandes ovales serrées en 2 à 4 rangs**

Perforation simple des vaisseaux

Rayon homocellulaire, cellules à parois épaisses et ponctuées.

#### Caractères microscopiques non illustrés par les photographies :

Thylles à parois minces parfois présents dans les pores

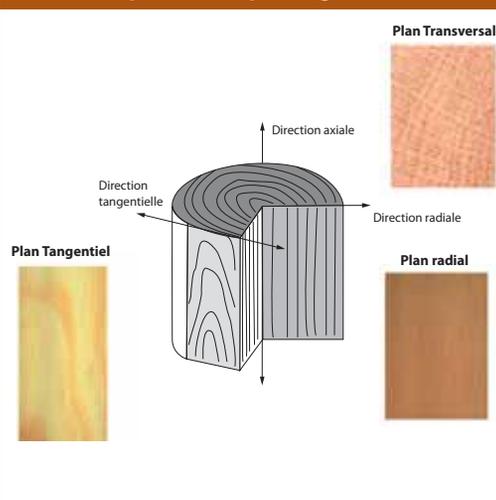
Fibres à parois minces et longues (220 à 2100 µm).

(1) la section transversale (bois de bout) est obtenue par tronçonnage du tronc de l'arbre perpendiculairement à l'axe du tronc.

(2) la section tangentielle (coupe sur dosse) est parallèle à l'axe du tronc et tangentielle aux cernes annuels.

(3) la section radiale (coupe sur quartier) est perpendiculaire aux cernes annuels et se fait suivant le rayon de la section.

#### Schéma explicatif de plan ligneux d'un bois



(1) FCBA B.P. 227 - 33028 Bordeaux Cedex

# Les cultivars de peuplier

## Caractéristiques mécaniques du bois

Didier Reuling, Jean Denis Lanvin, Alain Bouvet, Édouard Proust (1)

*Cette étude permet de préciser quelles sont les caractéristiques de bois pour chaque cultivar de peuplier. Ainsi, tous les cultivars ne sont pas aptes à toutes les utilisations structurelles. Il convient de noter que les propriétés du bois varient selon la hauteur dans la grume.*

**E**ssence à la frontière du monde agricole et forestier, du fait de son mode de culture, le peuplier a depuis longtemps fait l'objet de programmes d'amélioration et de sélection au niveau de sa production. Un moment oublié en raison de la concurrence des résineux, le peuplier cherche aujourd'hui sa place dans le marché du sciage. Ce marché est en perpétuelle quête de produits innovants depuis le regain d'intérêt constaté sur le bois durant ces dernières années. La particularité du peuplier est de posséder un nombre important de cultivars qui potentiellement peuvent avoir des qualités très différentes. À cette variabilité inter-cultivars, s'ajoute des hétérogénéités entre sites, voire même individuelles.

Le projet référentiel qualités du bois de dix cultivars peupliers a permis de faire un état des lieux sur ces différences de qualités en fonction du cultivar et des hétérogénéités inter et intra arbres.

Cet article a pour but de faire le point sur les performances mécaniques des dix cultivars étudiés lors de ce projet (I 214, Dorskamp, Beaupré, Robusta, I 45/51, Flevo, Ghoy, Raspalje, Blanc du Poitou, Fritz Pauley). Les caractéristiques mécaniques et physiques ont été mesurées sur des échantillons aux dimensions commerciales. Un premier

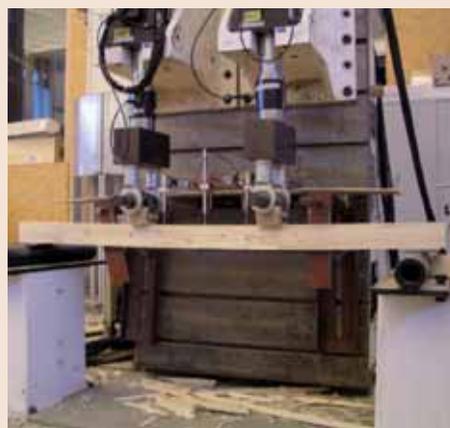
test de flexion 4 points a permis de comparer les caractéristiques mécaniques des dix cultivars et d'établir, grâce à la traçabilité, les différences pouvant exister entre les différents niveaux de prélèvement des planches dans l'arbre. Un deuxième test d'arrachage en traction sur des assemblages de type palettes a permis de distinguer les performances entre les dix cultivars pour une application emballage.

Cette caractérisation mécanique, tâche du projet « référentiel qualités du bois des cultivars peupliers » a permis d'identifier les cultivars potentiellement intéressants sur des utilisations de type structurelles (construction, palettes,...).

### Réalisation des essais de flexion

Ces essais ont été réalisés sur des éprouvettes à un taux moyen d'humidité

relative de 12 %. Selon la norme EN 408, l'éprouvette a été chargée symétriquement en flexion en deux points sur une portée égale à 18 fois la hauteur, (photos 1 et 2). De plus l'éprouvette a été supportée sur deux appuis simples. Une force a été appliquée à vitesse constante qui ne dépasse pas 0,003 mm/s jusqu'à la rupture de la pièce (Fmax). La flèche a été mesurée au centre de la rive de compression de l'éprouvette entre 0 et 40 % de la force maximale. Ainsi nous obtenons un module global d'élasticité (=MOE) en flexion quatre points, qui est le rapport entre l'accroissement de force en newtons et l'accroissement de flèche en millimètre. L'essai porte jusqu'à la destruction mesurée grâce aux capteurs, nous donnant ainsi, pour les 1 300 éprouvettes testées une contrainte à la rupture (=MOR) moyenne par cultivars.



1: Début de l'essai de flexion 4 points.



2: Fin de l'essai, destruction de la planche.

Tableau 1 : Analyse de variance des propriétés mécaniques

	Masse volumique		Module d'élasticité		Contrainte à la rupture	
	Test de Fisher	Probabilité	Test de Fisher	Probabilité	Test de Fisher	Probabilité
Station	2,13	Ns	0,64	Ns	1,89	Ns
Site	20,66	***	20,70	***	2,72	***
Cultivar	198,00	***	86,56	***	21,46	***
H. billon	391,76	***	39,42	***	89,27	***

Ns = non significatif

\* = significatif au seuil de probabilité de 5 %

\*\*\* = significatif au seuil de probabilité de 1 %.

Test de Fisher : méthode statistique.

Tableau 2 : Valeurs caractéristiques par classe mécanique

Classes	Contrainte à la rupture (fractile à 5 %) en MPa	Module d'élasticité (moyen) en GPa	Masse volumique à 12 % (fractile à 5 %) en kg/m <sup>3</sup>
C 24	24	11	350
C 18	18	9	320

### Identification des sources de variabilité

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressés aux effets des différents facteurs sur les trois variables mesurées lors des tests mécaniques : la masse volumique (MV), le module d'élasticité (MOE) et la contrainte à la rupture (MOR).

Nous avons donc fait des analyses de variance pour tester les facteurs identifiés lors du projet (tableau 1) :

- stations (4 modalités) : argileuse, humide, profonde ou riche,
- sites (13 sites),
- cultivars (10 cultivars),
- hauteur du billon dans l'arbre (3 niveaux différents).

Les effets station et site sont difficiles à apprécier car il n'y a pas tous les cultivars sur tous les sites, et sur certains sites, seuls un ou deux cultivars ont été prélevés. Ce qui est certain, c'est qu'il n'y a pas de tendance générale en fonction de la station.

En revanche des différences significatives entre sites sont observées. Nous constatons cependant que **les effets cultivars et hauteur dans l'arbre sont nettement plus importants que les effets sites.**

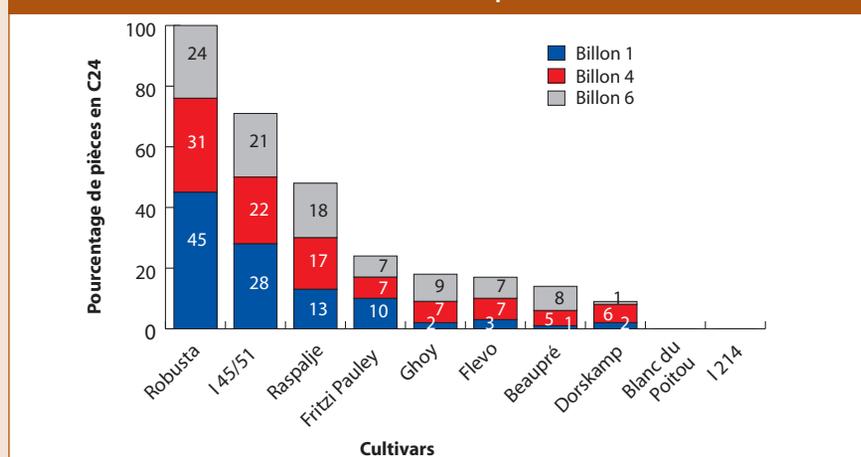
### Impact de la hauteur dans l'arbre sur l'utilisation en structure des cultivars

À partir des propriétés mécaniques des dix cultivars de peuplier décrites précédemment, il importe de savoir dans quelle mesure ces cultivars peuvent être au mieux valorisés pour une utilisation structurelle. Ainsi nous avons réalisé un classement structure à partir des résultats d'essais de flexion 4 points en définissant des classes de plus ou moins grandes performances mécaniques. Ces classes sont destinées aux bureaux d'étude, qui ne se soucient ni de l'essence ni de la méthode de classement quand ils effec-

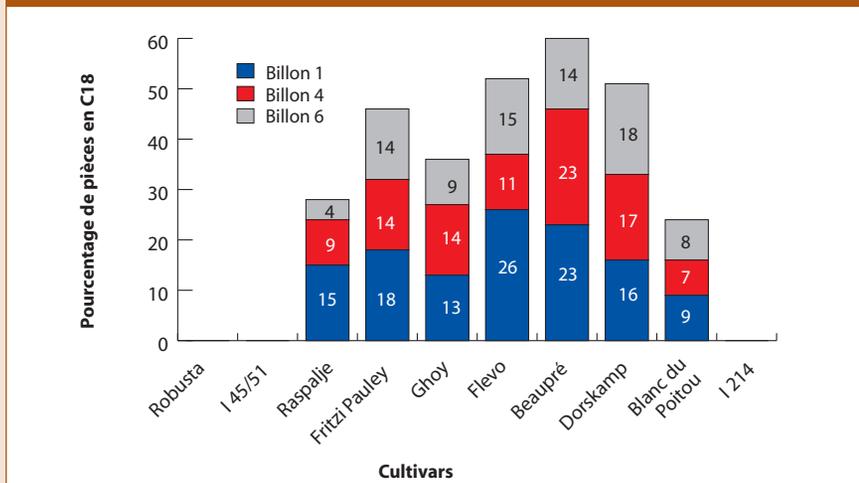
tuent leurs dimensionnements. Nous avons choisi deux classes de résistance couramment employées dans des produits à destination de la structure pour comparer les performances en termes de rendement de pièces classées pour les différents cultivars. Les deux classes de performances mécaniques choisies C 24 et C 18 sont définies dans la norme EN 338. Le tableau 2 rappelle les exigences de performances pour ces deux classes.

Les graphiques 1 et 2 représentent le pourcentage de pièces classées dans les deux classes choisies par cultivar et niveau de hauteur de prélèvement dans l'arbre. Le niveau de hauteur tient compte de la décroissance métrique de l'arbre et permet d'avoir un nombre de planches proportionnel à la hauteur de prélèvement (45 % des sciages sont dans le premier billon, 31 % dans le billon 4 et 24 % dans le billon 2). L'interprétation d'un cultivar peut se faire comme suit : sur une base de 100 planches, le I 45/51 possède 21 planches dans le billon 6 classées en C 24, puis 22 dans le billon 4, et enfin 28 dans le billon 1. Les 29 planches restantes sont hors classement mécanique tous billons confondus. Le Robusta donnerait quant à lui 100 % de ses planches en C 24 au contraire du I 214 qui n'a pas de planches en C 24, ni en C 18.

Graphique 1 : Histogramme des planches en C24 en fonction du billon par cultivar



Graphique 2 : Histogramme des planches en C18 en fonction du billon par cultivar



Ainsi, il apparaît que les cultivars Robusta, I 45/51, Raspalje sont les plus intéressants en terme d'utilisation structurelle (majorité des pièces en classe C 24 et minimum de pièces en hors classe). Le Beaupré, Dorskamp, Flevo, Fritzi Pauley et Ghoy sont potentiellement utilisables sur des produits structurels à condition de rester dans une classe mécanique C 18. Le Blanc du Poitou et le I 214 seraient à exclure pour toute utilisation structurelle.

### Essais de clouage et d'arrachement en traction sur éléments de palette

Il a été effectué des essais d'arrachement en traction sur des assemblages de type palettes (*photo 3*) selon une adaptation de la norme EN ISO 12777-3, afin de mesurer la performance des 10 cultivars, et pour déterminer lesquels sont les plus adaptés à une utilisation en palette par exemple. Le montage a consisté à pointer deux clous torsadés (de diamètre 3 mm et d'une longueur de 60 mm) sur une planche reliée à un chevron. Chaque montage était constitué d'un même cultivar. Un nombre de 10 montages par cultivars a été réalisé soit une réalisation de 100 assemblages. Le montage a été réalisé chez un fabricant de

palettes sur leur chaîne de montage (pression clouage de 7 bars).

L'essai d'arrachement a consisté à l'aide d'un étrier (*photo 4*) à appliquer une force suffisante pour désassembler le montage (le chevron étant maintenu par deux serre-joints de part et d'autre (*photo 4*)). L'essai est terminé lorsque la force appliquée, après avoir augmenté, diminue brutalement (force max). Après essai nous pouvons voir (*photo 5*) le déplacement de la planche avec les clous.

Les mesures d'arrachement en traction sur les 10 maquettes de palettes par cultivar nous donnent les résultats statistiques élémentaires suivants (*tableau 3*).



3 : Assemblage de type palette.



4 : Assemblage sollicité pour l'arrachement.



5 : Assemblage après essai.

Tableau 3 : Caractéristiques de la force maximum à l'arrachement/cultivar

Cultivars	Force maximum à l'arrachement (en N)				
	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Quartile 25 %
Beaupré	1827	300	1456	2462	1535
Blanc du Poitou	1893	396	1380	2543	1612
Dorskamp	2511	323	2009	2820	2112
Flevo	2723	333	2152	3211	2474
Fritzi Pauley	1813	325	1440	2505	1553
Ghoy	1977	385	1427	2679	1677
I 214	1838	313	1474	2366	1554
I 45/51	1585	500	972	2295	1158
Raspalje	2261	317	1907	2804	1934
Robusta	3462	446	2766	4092	3088
Total	2189	646	972	4092	1706

Le seuil limite de 2000 N pour 75 % des assemblages testés est à ce jour non normalisé mais il représente un bon compromis de la limite inférieure à ne pas franchir pour le peuplier par rapport aux seuils définis dans les normes EN 13698 -1 et EN 13698 -2.

Le graphique 3 nous montre qu'il y a une corrélation forte ( $r = 0,79$ ) entre la masse volumique et la force maximum à laquelle les clous ne résistent plus à l'arrachement. En effet plus la masse volumique est élevée plus la résistance est forte.

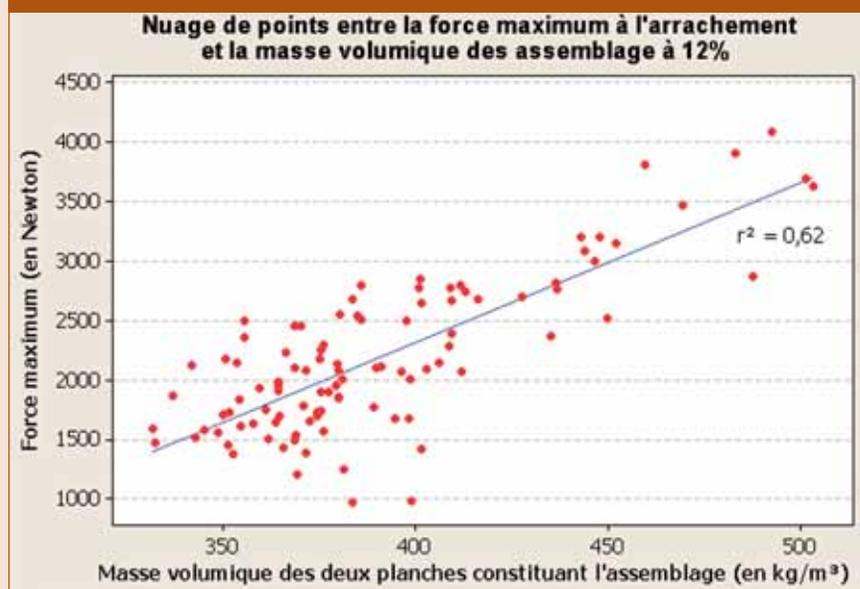
Les cultivars de masse volumique élevée sont donc les plus adaptés à une utilisation en palette car ils combinent les deux critères importants : la résistance à l'arrachement des clous et un module d'élasticité élevé (donc une déformation minimum des planches constituant le plancher de la palette). L'exclusion du billon de pied pour certains cultivars permettrait d'obtenir des planches de plus forte masse volumique et de dépasser le seuil des 2 000 N.

### En conclusion

Les différents tests effectués lors de ce projet ont apporté des éléments incontestables sur les caractéristiques physiques et mécaniques des cultivars de peuplier. L'ensemble des informations collectées a permis de mettre en évidence l'importance de l'effet cultivar et hauteur dans l'arbre sur les caractéristiques mécaniques des avivés peuplier par rapport aux effets stationnels.

Nous avons pu également identifier les cultivars les plus adaptés pour une utilisation structurelle et les classes mécaniques accessibles au peuplier : Les cultivars Robusta, Raspalje sont les plus intéressants en terme d'utilisation structurelle (majorité des pièces en classe C 24 et minimum de pièces en hors classe). Le Beaupré, Dorskamp,

Graphique 3 : Relation force maximum à l'arrachement et masse volumique



Flevo, Fritzi Pauley et Ghoy sont potentiellement utilisables sur des produits structurels à condition de rester dans une classe mécanique C 18. Le Blanc du Poitou et le I 214 seraient à exclure pour toute utilisation structurelle.

L'utilisation du peuplier en palette reste conditionnée à la masse volumique de celui-ci. Ainsi, il faudra privilégier les cultivars les plus denses pour cette application.

Lors du projet, nous avons pu aussi prélever des carottes de sondage à différentes hauteurs de l'arbre que nous avons radiographié afin d'obtenir des profils radiaux densitométriques. À partir de ces profils, nous avons construit un modèle prédictif basé sur les 2 premiers mètres de la grume capable de classer un nouveau cultivar parmi les dix cultivars de référence. Dans l'avenir, nous serons donc capable de qualifier la valeur mécanique d'un nouveau cultivar sans être obligé de mener une campagne lourde de tests sur des planches en dimensions d'emploi. Ce modèle reste cependant perfectible et pourrait être associé à d'autres technologies de contrôle non destructif pour améliorer la prédiction des caractéristiques mécaniques à par-

tir de mesures d'arbres sur pied.

Ci-dessous le tableau 3 récapitule les utilisations conseillées pour chaque cultivar :

Tableau 3 : Classement des cultivars en fonction des utilisations

Cultivar	Structure	Palette
Beaupré	Orange	Orange
Blanc du Poitou	Rouge	Rouge
Dorskamp	Orange	Vert
Flevo	Orange	Vert
Fritzi Pauley	Orange	Rouge
Ghoy	Orange	Rouge
I 214	Rouge	Rouge
I 45/51	Vert	Rouge
Raspalje	Vert	Orange
Robusta	Vert	Vert

- cultivar pouvant être utilisé sans problème.
- cultivar utilisable avec des précautions préalables : tri sélectif ou classement visuel des grumes/billons ou adaptation du process industriel.
- cultivar à éviter pour l'utilisation donnée.

L'ensemble des résultats de cette évaluation des propriétés mécaniques est repris dans la publication de 10 fiches techniques incluses dans un document de comparaison des cultivars pour leurs différentes utilisations potentielles. ■

(1) FCBA B.P. 227 33028 Bordeaux Cedex

### Lexique et Bibliographie

**Billon 1 :** Hauteur de prélèvement dans l'arbre de 0,5 à 2,75 m.

**Billon 4 :** Hauteur de prélèvement dans l'arbre de 4,75 à 7,00 m.

**Billon 6 :** Hauteur de prélèvement dans l'arbre de 8,00 à 10,25 m.

**C 24 ou C 18 :** Classes de résistance d'usage général dans le cadre des codes de structure. Ces classes s'appliquent à tous les bois résineux et au peuplier destinés à la construction. Les valeurs caractéristiques de la résistance, de la rigidité et de la masse volumique sont données dans la norme EN 338. Plus le chiffre suivant le C est élevé plus les performances du bois sont importantes.

**Contrainte à la rupture en flexion (MOR) :** Traduit la capacité d'une poutre à résister à un effort dans le plan perpendiculaire aux fibres conduisant à la ruine de la poutre.

**Fractile :** Valeur caractérisant la limite d'une fraction d'un ensemble ordonné. Pour les contraintes à la rupture nous parlons de fractile à 5 %.

**Module d'élasticité en flexion :** Définit la force nécessaire à déformer une poutre pour une sollicitation dans le plan perpendiculaire aux fibres. Le module peut être local (flèche de l'arc central mesurée entre les appuis de chargement) ou global (flèche de l'arc mesuré entre les appuis externes). Plus la poutre résiste à la déformation, plus le module est élevé. Le module d'élasticité local ainsi que la contrainte à la rupture et la masse volumique sont les trois critères retenus pour effectuer le classement structure (EN338).

**Norme NF EN 338 « Bois de structure – Classes de résistance » :** Celle-ci donne des classes de résistance pour des avivés, définissant un ensemble de grandeurs mécaniques à utiliser dans le calcul (MOR et MOE). Par contre, elle ne spécifie pas la méthode de classement permettant d'obtenir ces valeurs. L'objectif de cette norme est de faciliter le travail du calculateur, qui peut utiliser une classe de résistance sans avoir à se préoccuper de la façon dont elle a été produite. De ce point de vue, le bois est maintenant comparable à l'acier.

**Norme NF EN 384 « Détermination des valeurs caractéristiques des propriétés mécaniques et de la masse volumique » :** Celle-ci indique la méthode pour déterminer les valeurs caractéristiques des propriétés mécaniques et de la masse volumique, pour des populations de bois définies, classées visuellement et/ou mécaniquement.

**Norme NF EN 408 « Bois massif et bois lamellé collé :** Détermination de certaines propriétés physiques et mécaniques » : Celle-ci décrit les méthodes d'essai utilisées pour déterminer les propriétés du bois en dimensions d'emploi.

### Résumé

L'importance du cultivar et de la hauteur dans l'arbre sur les caractéristiques mécaniques des avivés peuplier est supérieure à l'importance de la station. Les cultivars Robusta, Raspalje sont les plus intéressants en terme d'utilisation structurelle. Le Beaupré, Dorskamp, Flevo, Fritz Pauley et Ghoys sont potentiellement utilisables sur des produits structurels à condition de rester dans une classe mécanique C 18. Le Blanc du Poitou et le I 214 seraient à exclure pour toute utilisation structurelle.

**Mots-clés :** test mécanique et physique, bois de peuplier, référentiel.

### Partenaires financiers



Association Peuplier du Centre Val de Loire

Association Peuplier de Loire

Union régionale de la Région Centre

Union régionale de Nord Pas-de-Calais Picardie

Cetef Garonnais

Syndicats forestiers de la Région Centre

**Le chêne autrement (176 p., 20 €) vient de paraître.  
Renseignement : idf-librairie@cnppf.fr, tél. : 01 40 62 22 81.**

Jean Lemaire - Institut pour le développement forestier

## Extraits du guide technique Le chêne autrement



### Chêne sessile et pédonculé : si semblables en apparence et pourtant si différents

Les chênes sessile et pédonculé n'ont pas la même écologie. Il est indispensable d'apprendre à les distinguer. L'ensemble des critères nécessaires à cette distinction sont repris à la page 10 du guide technique.



### Sylviculture dynamique : produire du chêne de qualité en moins de 100 ans n'est pas un mythe

La **sylviculture dynamique** (partie III du guide technique) a pour objectif de **produire du chêne de qualité en moins de 100 ans** (cycle de production court) pour les meilleures fertilités, voire en moins de 120 ans pour les fertilités moyennes. La sylviculture dynamique est applicable dans les **chênaies régulières de moins de 14 m de hauteur dominante (20 à 40 ans)**. Pour les futaies de chênes plus âgées et non éclaircies, le cycle de production long (> 120 ans) est alors inévitable. La gestion de tels peuplements nécessite un itinéraire de **rattrapage** pour éviter un cycle de production très long, supérieur à 180 ans.

	Sylviculture dynamique	Rattrapage	Pas de sylviculture à objectif bois d'œuvre
	Cycle court	Peuplement en retard d'éclaircie Cycle long	
<b>INDICE DE FERTILITÉ*</b> <small>* Les indices de fertilité sont définis à la page 51 du guide technique</small>	Fertilité de la station bonne (indice de fertilité 1) à moyenne (indices de fertilité 2 et 3)		Fertilité de la station faible (indice de fertilité > 3)
<b>Objectif</b>	Grumes de qualité de 6 à 10 m de longueur		Station de trop faible fertilité pour produire un minimum rentable de bois d'œuvre de qualité
<b>Temps de production</b>	90 à 120 ans	120 à 180 ans	
<b>Diamètre à l'exploitation</b>	60 à 80 cm	60 à 80 cm	
<b>Largeur du cerne</b>	2,5 à 4 mm	1,7 à 3 mm	

### La sylviculture dynamique : tout se joue avant 20 ans



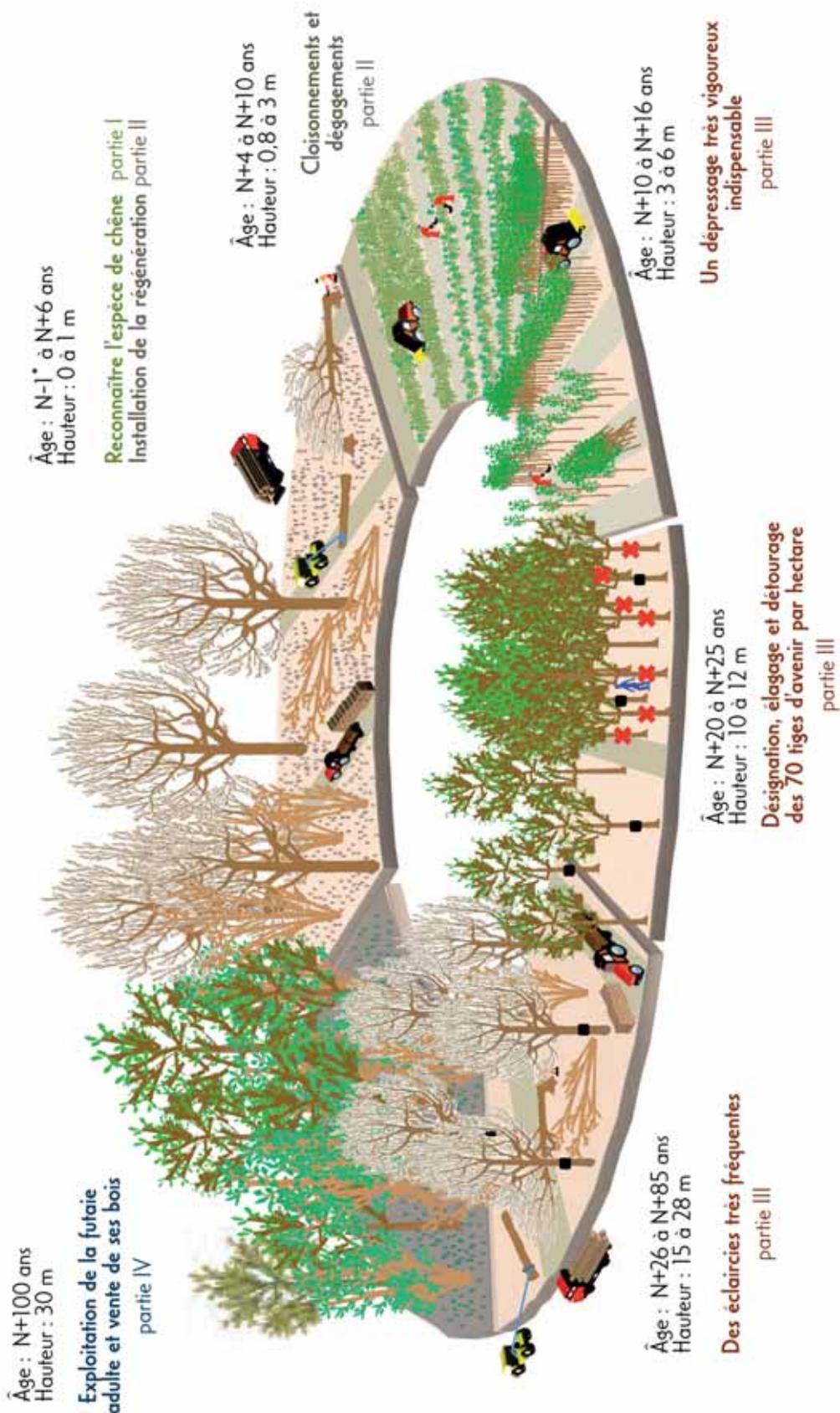
Cette **régénération naturelle** atteint **10 m de hauteur dominante et n'a pas été dépressée**. Le détournement des tiges d'avenir devient urgent tant la compétition entre les tiges est exacerbée. Ce détournement n'étant pas commercialisable, le gestionnaire risque de retarder l'intervention et d'attendre l'éclaircie pour que les bois atteignent la dimension bois de chauffage.



Ce serait un **mauvais choix** car cette stratégie amènerait à intervenir quand le peuplement aura 14 m à 16 m de hauteur (30 à 50 ans), alors que tout est joué et que les **chênes comprimés** sont **déséquilibrés** avec un houppier étriqué. Du coup, le sylviculteur, toujours aussi prudent, refusera d'intervenir trop brutalement par crainte de **développement des gourmands** et le **cycle long de production** s'amorcera alors inexorablement...

L'éclaircie en faveur d'un arbre d'avenir longtempo comprimé favorise le développement des branches gourmandes.

**La sylviculture dynamique : c'est facile !**



\* N correspond à l'année de la levée du semis. Ainsi N-1 est l'année précédant la levée du semis. N+6 équivaut à un semis âgé de 6 ans.

## Désignation, élagage et détourage : trois étapes indissociables de la sylviculture dynamique

**OUI** 70 tiges d'avenir/ha désignées



La désignation consiste à repérer 70 tiges d'avenir par hectare (anneau blanc sur la photo), à l'aide d'un anneau de peinture. Cette désignation est effectuée lorsque le peuplement atteint 10 à 12 m de hauteur dominante. Après la désignation, un détourage est marqué en faveur de ces tiges d'avenir.

**NON** 280 tiges d'avenir/ha désignées, c'est trop !



Erreur fréquente : le gestionnaire a désigné trop de tiges d'avenir.

Sur cet exemple, 280 tiges ont été désignées par hectare (une tige tous les 6 m), soit 4 fois la densité requise (70 tiges/ha). Le détourage est alors irréalisable.



Si aucun dépressage n'a été effectué en régénération naturelle ou en semis artificiel avant 6 m de hauteur, un dépressage de rattrapage est réalisé entre 6 et 10 m de hauteur dominante. Pour limiter les coûts, ce dépressage est localisé (= détourage) en faveur des tiges d'avenir désignées tous les 8 à 12 m.

Sur la photo ci-dessus, le chêne ceinturé d'un anneau orange est la tige d'avenir en faveur de laquelle les arbres marqués d'une croix bleue sont ôtés en détourage.

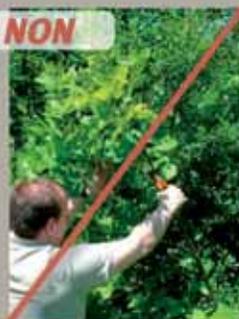
**OUI**



9 à 12 m de hauteur :  
**ÉLAGAGE INDISPENSABLE**  
des tiges d'avenir.

La taille de formation n'est pas nécessaire dans les plantations boisées à des densités classiques en forêt comme en boisement de terre agricole (page 96 du guide technique). L'élagage artificiel est souvent indispensable en sylviculture dynamique surtout en plantation.

**NON**



0 à 6 m de hauteur :  
**PAS de TAILLE.**

### Le rayon de détourage pour marquer un détourage efficace

Le **détourage** est un dépressage ou une éclaircie réalisé, avant 16 m de hauteur, en faveur des tiges d'avenir. Il vise à ôter la concurrence exercée par les tiges voisines sur la tige d'avenir. Le détourage assure ainsi une croissance soutenue et régulière en diamètre (largeur de cerne > 4 mm) de la tige d'avenir. L'intensité de cette intervention est définie par le **rayon de détourage**, c'est-à-dire l'espace qu'il faut « libérer » autour des houppiers des tiges d'avenir pour assurer la croissance libre des houppiers jusqu'à la prochaine éclaircie programmée tous les 6 ans à ce stade.



Le gestionnaire sous-estime souvent le potentiel de réaction au détourage des arbres d'avenir. Pour être efficace, le détourage doit être très fort et libérer au minimum 2 à 3 m d'espace autour de la couronne des chênes !

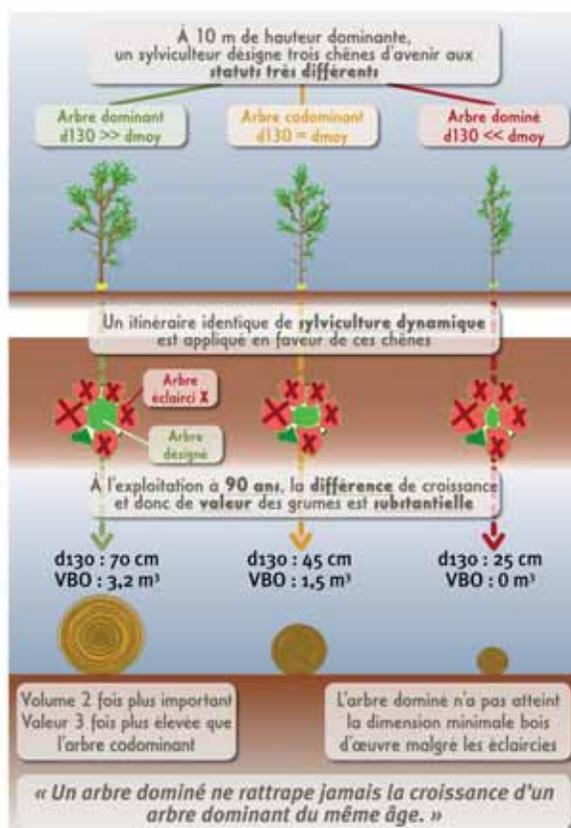
Sur la photo, les 80 cm d'espace libéré par le détourage autour du houppier de cette tige d'avenir seront comblés en deux, voire trois ans maximum. L'efficacité de ce léger détourage est très limitée.

Le mode d'emploi du rayon de détourage est présenté à la page 73 du guide technique.

## Désigner des tiges dominantes permet de multiplier par trois ses revenus

La sélection des arbres d'avenir est l'étape clé de la sylviculture dynamique. La vigueur de l'arbre doit être le premier critère de choix des arbres d'avenir !

Si lors de la désignation, les tiges les plus vigoureuses ont un potentiel de plus de 5 m de hauteur de grume, le sylviculteur sera gagnant en les désignant : « Il vaut mieux choisir des grands trapus que des grands maigres ». Les critères nécessaires pour réussir la désignation des tiges d'avenir sont repris à la page 68 du guide technique.



d<sub>130</sub> : diamètre à 1,30 m du sol ; VBO : volume bois d'œuvre.

## Après le détourage, des éclaircies fréquentes pour maintenir une croissance régulière et soutenue

Le gestionnaire est amené à réaliser un, voire deux détourages avant 16 m de hauteur dominante. Au-delà de cette hauteur, il est indispensable de marquer les éclaircies en plein. 5 m<sup>2</sup>/ha de surface terrière sont prélevés en moyenne à chaque passage en éclaircie (page 108 du guide technique).

- Un passage en éclaircie est programmé tous les :
- 6 ans avant 16 m de hauteur dominante;
  - 8 ans entre 16 et 22 m de hauteur dominante;
  - 12 ans entre 22 et 26 m de hauteur dominante;
  - 15 ans ensuite.



Le chêne est un feuillu à « croissance rapide » qui nécessite une gestion dynamique.



Le prélèvement des éclaircies en plein, 5 m<sup>2</sup>/ha de surface terrière et par éclaircie, est contrôlé à l'aide de la chaînette relascope (voir page 114).

## De nouvelles orientations sylvicoles pour le douglas en forêt privée de Bourgogne

Marie-Cécile Deconninck, CRPF de Bourgogne (1)

*La production potentielle de douglas attire de nouveaux scieurs. Les enjeux de récolte sont importants : économique, environnemental et social. Comment récolter plus en préservant mieux ? Le CRPF de Bourgogne propose de nouvelles orientations.*

### Le douglas : une richesse pour la Bourgogne

Le douglas couvre 64 000 ha en Bourgogne (environ 10 % de la surface de la forêt privée). Il a été planté principalement en forêt privée à compter de 1975 dans le Morvan, le Beaujolais et le Plateau Autunois en majorité sur des terres issues de la déprise agricole. Sa croissance rapide, – en moyenne 15 m<sup>3</sup>/ha/an, – les qualités particulières de son bois – une résistance mécanique supérieure à celle d'autres résineux (sapin, épicéa) – et la possibilité d'utilisation en extérieur du bois de cœur grâce à sa résistance aux intempéries, ses qualités esthétiques en font une essence très appréciée.

La ressource importante en Bourgogne : plus de 14 millions de m<sup>3</sup> sur pied, une récolte s'élevant à 700 000 m<sup>3</sup>/an qui devrait monter en puissance jusqu'à 1 500 000 m<sup>3</sup>/an en 2030 a favorisé l'implantation de scieries et suscite d'autres investissements en projet ou en cours de réalisation. Le développement des bois collés aboutés accroît encore la demande des industriels locaux pour des bois de petit ou moyen diamètre.

La gestion, l'exploitation et la première transformation de cette ressource sont sources d'emplois en milieu rural.

### Des enjeux considérables

Les plantations de douglas vont arriver à maturité dans les 20 à 30 ans à venir.

Après la phase d'investissement en plantation et dégagements, vient la phase de récolte qui présente des enjeux importants :

- assurer la pérennité de la ressource pour le maintien du patrimoine forestier, l'emploi local et l'approvisionnement des scieries,
- préparer la forêt de demain aux changements climatiques,
- maintenir ou augmenter la biodiversité et prendre en compte l'impact paysager des coupes,
- préserver les sols forestiers qui constituent un capital fragile et intégrer l'impact du transport des bois sur les réseaux routiers.

### Des réponses multiples par des sylvicultures novatrices

La constitution des peuplements de douglas a été réalisée à l'aide de plantations d'une seule essence. La sylviculture couramment pratiquée consiste en éclaircies à partir de 15-20 ans en vue de coupes rases lorsque les douglas ont atteint 35 à 55 cm de diamètre suivies souvent d'une mise en andins des rémanents en vue d'une replantation.

Une partie importante de la douglasaie bourguignonne se situe dans le Parc naturel régional du Morvan où les préoccupations environnementales et sociétales sont omniprésentes. Il y a en particulier une demande forte pour orienter la gestion des peuplements résineux vers une sylviculture prenant

mieux en compte les enjeux paysagers, intégrant le mélange d'essences et favorisant la biodiversité.

Pour répondre à ces multiples souhaits, le CRPF propose, à côté de la sylviculture actuelle aux propriétaires d'autres alternatives :

### → la récolte des peuplements adultes de façon progressive plutôt que par coupe en une seule fois pour favoriser :

- la régénération naturelle issue des graines de semenciers en place, si leur qualité le permet. Cette technique limite l'impact paysager des coupes de récolte, favorise la constitution des peuplements mélangés et mieux étagés.
- le mélange des essences (résineux - feuillus) favorable aux sols forestiers réduit les risques sanitaires (attaques d'insectes, dommages dus aux champignons, ...)
- l'étagement des peuplements (présence de semis, de petits bois, de bois adultes côte à côte) limite l'évaporation et transpiration, permet une meilleure résistance aux sécheresses. En cas de tempêtes, si les gros bois sont arrachés, il reste des semis pour reconstituer la forêt (résilience améliorée).
- la production de gros ou très gros bois de qualité lorsque le peuplement et la station le permettent et que le propriétaire choisit cette option. Elle est plus favorable à la

biodiversité et au paysage. Elle permet d'éviter le risque d'épuisement des sols en cas de rotation courte. Elle présente cependant une certaine sensibilité en cas de forte tempête, même si d'autres facteurs entrent en ligne de compte (sol, sylviculture, exposition). Cette production de gros bois sur une partie des peuplements permettra de mieux étaler la récolte de douglas. Si une proportion importante des peuplements était exploitée entre 35 et 45 cm de diamètre, dans 20 à 30 ans, le volume mis en marché chuterait fortement ce qui risquerait de mettre en difficulté la filière douglas bourguignonne <sup>(2)</sup>.

### → de développer la gestion des peuplements de douglas en futaie irrégulière :

Ce type de gestion permet aux bois de toute dimension (des très gros bois aux semis) de croître sur une même parcelle. Il améliore la résistance aux vents, aux pathogènes. Il favorise la biodiversité en facilitant le mélange d'essences. Il permet des récoltes régulières tout en limitant les investissements et répond aux contraintes paysagères. Quelques douglasaies sont déjà gérées en irrégulier.

Ce mode de gestion bénéficie d'aides privilégiées dans le Morvan au travers du Contrat forêt, l'une des actions de la seconde Charte forestière de territoire.

En signant un contrat forêt, le propriétaire s'engage pour 5 ans à appliquer des pratiques de gestion durable :

- pratiquer une sylviculture dynamique avec des éclaircies régulières qui assure une bonne stabilité des peuplements,
- rechercher la production de bois de qualité en développant l'élagage,
- favoriser le mélange des essences,
- examiner les possibilités de mise en valeur des peuplements existants avant toute transformation,

- rechercher un renouvellement progressif des futaies résineuses,
- ne recourir aux coupes rases qu'après avoir examiné les autres solutions (régénération naturelle, irrégularisation, amélioration),
- bien équiper sa forêt en dessertes et places de dépôt et faciliter l'évacuation des bois,
- garantir les bonnes conditions d'exploitation de sa forêt en privilégiant les entrepreneurs signataires de la charte Quali-TF,
- mettre en œuvre des pratiques respectueuses des enjeux environnementaux et paysagers...

Il bénéficie alors d'aides spécifiques du Conseil régional pour l'irrégularisation des peuplements résineux, la régénération naturelle des peuplements de douglas arrivés à maturité, la conversion feuillue des taillis et taillis sous futaie... Charles de Ganay, président du CRPF, gestionnaire d'un massif forestier de 230 ha près de Lucenay l'Evêque dans le Morvan, convaincu de l'intérêt de ce dispositif pour la mise en œuvre d'une gestion durable, a signé le premier contrat forêt en forêt privée avec le Parc naturel régional du Morvan.

### Des programmes concertés

Par ailleurs, le CRPF conduit et participe à plusieurs programmes consacrés à la sylviculture et au rôle du douglas en Bourgogne :

Une plaquette sur le diamètre d'exploitabilité du douglas : avantages et inconvénients de produire des gros bois ou de se limiter aux bois moyens est en cours d'élaboration. Elle sera éditée avec l'aide financière du Conseil régional de Bourgogne.

#### Résumé

Le CRPF de Bourgogne promeut de nouvelles orientations sylvicoles pour le douglas, notamment dans le Parc naturel régional du Morvan, en prenant en compte les préoccupations de gestion durable.

**Mots-clés :** sylviculture, douglas, Bourgogne.

Un programme de développement des traitements irréguliers résineux et des mélanges feuillus-résineux a été proposé au Conseil régional et aux Conseils généraux. Il s'agit de mettre au point divers itinéraires sylvicoles et des outils de formations à destination des propriétaires et gestionnaires (plaquette, parcelles de démonstration, marteloscopes...).

Le CRPF participe au programme Dryade avec l'Inra et l'IDF visant à :

- déterminer les facteurs de vulnérabilité du douglas aux changements climatiques pour pouvoir éclairer les conseillers de gestion et les propriétaires avec comme échéance 2010.
- tester des nouvelles provenances de douglas adaptées aux conditions climatiques (provenances plus méridionales aux États Unis) : 3 plantations de dix provenances ont été réalisées en avril 2009 en Bourgogne dans le cadre d'un programme national.

L'ensemble de ces actions met en œuvre le « Produire plus en préservant mieux la biodiversité dans le cadre de démarches territoriales », du Grenelle de l'environnement en intégrant la problématique changements climatiques.

Il a pour objectifs d'accompagner le développement harmonieux des douglasaies et d'assurer la pérennité de la ressource pour assurer un approvisionnement régulier de la filière douglas bourguignonne. ■

(1) CRPF de Bourgogne - 18 boulevard E. Spüller - 21000 Dijon

(2) La pérennité de la ressource en douglas implique également que les propriétaires reconstituent les peuplements par plantation ou régénération naturelle.

## Les chênaies atlantiques face aux changements climatiques globaux : comprendre et agir

Jean Lemaire\*, Yves Lacouture\*\*, Maël Soleau et Christian Weben\*\*\*, Marc Mounier et Arnaud Guyon \*\*\*\*(1)

*Les CRPF de la façade atlantique constatent des dépérissements dans les chênaies de leurs régions depuis plusieurs années. Conscients que les changements climatiques risquent d'être un défi majeur pour la filière bois et les chênaies en particulier, les CRPF Normandie, Bretagne, Pays de la Loire, Ile de France-Centre, Poitou-Charentes, Aquitaine et Midi-Pyrénées se sont réunis, avec l'Institut pour le développement forestier, dès la fin 2007 pour bâtir un projet ambitieux.*

**C**e projet vise à mieux connaître et détecter les facteurs de dépérissement des chênes pédonculé et sessile en zone atlantique et à examiner le potentiel du chêne pubescent face aux changements climatiques globaux.

Ce projet bénéficie de l'appui technique du Département santé des forêts et de l'Inra.

Un projet sur 4 années :  
2009-2012

Des **objectifs multiples** pour aider les forestiers à :

- **comprendre,**

→ en **améliorant le diagnostic visuel** du potentiel de réaction des chênes face au stress.

→ en **déterminant le seuil** du bilan hydrique à partir duquel les chênes sessile et pédonculé dépérissent sous l'effet d'un stress hydrique.

- **agir,**

→ en **formant les forestiers aux techniques de diagnostic et proposer des recommandations sylvicoles** pour prévenir et limiter les risques de dépérissements.

- **prévoir,**

→ en **étudiant les caractéristiques technologiques de transformation du chêne pubescent** pour étudier ses possibilités de développement en boisements ou en régénérations naturelles.

- **communiquer**

→ en **diffusant l'information** aux propriétaires, gestionnaires, décideurs, mais également en informant le grand public via les médias.

### Des premiers résultats riches de renseignements

Durant la saison de végétation 2009, **184 peuplements de chênes** (sessile, pédonculé ou en mélange avec du pubescent notamment) ont été observés dans les forêts privées des régions **Pays de la Loire et Poitou-Charentes** (figures 1 et 2, p. 51). Le niveau de dépérissement des chênes de chaque placette a été évalué en employant le protocole DEPEFEU (protocole de mesure du dépérissement des feuillus) du Département santé des forêts. L'espèce chêne identifiée, de multiples mesures dendrométriques (cir-



Aire de la zone d'étude

Ce projet bénéficie de financements de l'État et des régions concernées.

conférence, diamètre de houppier, hauteur dominante, surface terrière,...) ont été effectuées. Un relevé phytocologique (sol, flore, topographie, pH) a également été réalisé sur chaque placette. Chaque placette a ensuite été localisée avec le GPS. Leurs données climatiques (normale climatique trentenaire 1961 - 1990) ont ensuite été collectées.

Cette étude a également bénéficié de l'apport de l'étude de Catherine Mercadier (DRAAF Poitou-Charentes 1997) « Étude des dépérissements de chênes dans les Deux-Sèvres et dans la Vienne ». 56 peuplements dépérissants de chênes y ont été décrits.

Figure 1 : Distribution des peuplements de chênes inventoriés en 2009 en Pays de la Loire et en Poitou-Charentes.



Figure 2 : Le taux de dépérissement de la placette est estimé à l'aide du protocole DEPEFEU du Département santé des forêts.

**Ce qu'il faut retenir des premiers résultats sur les régions Poitou-Charentes et Pays de la Loire :**

- 1. surcapitalisation des chênaies :** surface terrière totale supérieure à 25m<sup>2</sup>/ha,
- 2. dépérissement inquiétant des pédonculés en Poitou-Charentes :** 1 peuplement de pédonculés sur 4 y est dépérissant,
- 3. très faibles dépérissements des chênes sessiles,**
- 4. identification de quelques facteurs explicatifs** possibles de l'augmentation du taux de dépérissement des pédonculés :
  - a. réserve utile insuffisante si la profondeur de sol < 70 cm,
  - b. température maximale moyenne des mois de juin à août inclus > 19°C,
  - c. précipitation annuelle < 840 mm en Poitou-Charentes,
- 5. l'indice de Martonne** est un indice climatique qui **synthétise** quasi parfaitement **la demande du climat en eau** (P-ETP sur la période de végétation).

Des peuplements à dominance de chênes pédonculés en Poitou-Charentes et à majorité de sessiles en Pays de la Loire  
 En Poitou-Charentes, 55 % des peuplements mesurés sont à dominance de pédonculé (Tableau 1). Cette distribution est inversée en Pays de la Loire où 51 % des peuplements sont à dominance de sessile.  
 42 % des peuplements en moyenne comprennent au moins deux ou trois

Tableau 1 : Distribution des peuplements par essence dominante

Région	Peuplement à dominance* de		
	Sessile	Mélangé	Pédonculé
Poitou-Charentes	32 %	13 %	55 %
Pays de Loire	51 %	11 %	28 %
Global	41 %	12 %	46 %

\* un peuplement est classé à dominance d'une espèce de chêne lorsque la surface terrière de cette espèce représente au moins 75 % de la surface terrière totale de la futaie. Dans le cas contraire, le peuplement est classé comme mélangé.

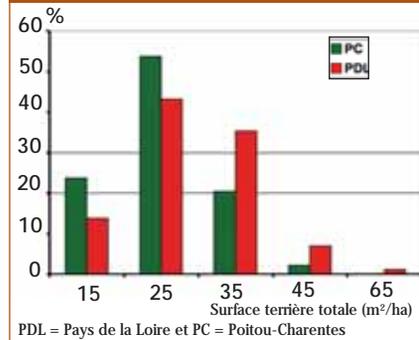
espèces de chênes (tableau 2). La présence du chêne pubescent est d'ailleurs importante en Poitou-Charentes. 23 % des chênaies étudiées sont en mélange avec du pubescent. Mélange qui est systématiquement avec du chêne pédonculé. Le chêne pubescent est à l'inverse peu présent en Pays de

Tableau 2 : Distribution des peuplements par présence absence des espèces de chênes

Région	Peuplement					
	Pur** : 58 %		Mélange** : 42 %			
	Sessile	Pédonculé	Sessile et pédonculé	pédonculé et pubescent	sessile et pubescent	sessile pédonculé et pubescent
Poitou-Charentes	22 %	35 %	20 %	14 %	0 %	9 %
Pays de Loire	36 %	23 %	40 %	1 %	0 %	0 %

\*\* Un peuplement est classé comme pur s'il ne comprend qu'une espèce de chêne, mélangé dans les autres cas.

Figure 3 : Surface terrière totale des chênaies (futaie + taillis) par région



la Loire.

Des peuplements très denses, beaucoup trop denses !

**La surface terrière totale des peuplements dépasse en moyenne les 25 m<sup>2</sup>/ha (Figure 3).** L'état de déséquilibre des chênaies devient inquiétant. Cette surcapitalisation n'est en effet pas sans risque sur l'état sanitaire des chênaies. À l'optimal la surface terrière ne devrait pas dépasser 18 à 20 m<sup>2</sup>/ha. Un effort particulier doit donc être engagé pour promouvoir l'éclaircie des chênaies dans ces deux régions, quand elle est encore possible.

**Le chêne pédonculé : un état de dépérissement inquiétant en Poitou-Charentes**

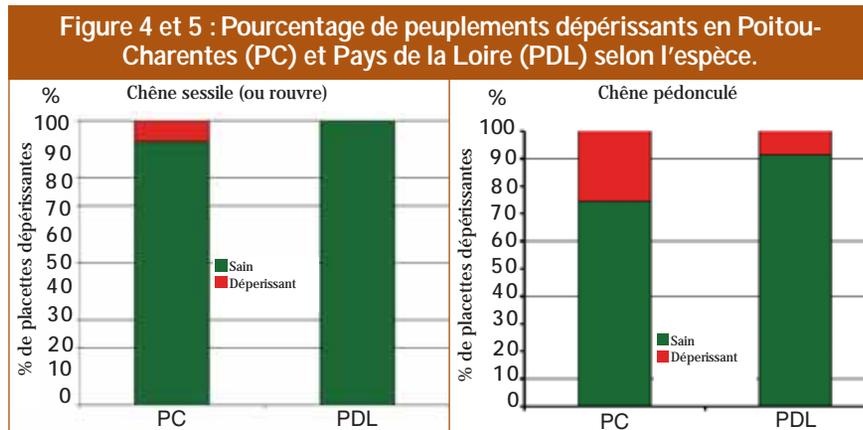
**Le taux de dépérissement des chênes pédonculés est en moyenne 4 fois plus élevé que le chêne sessile.** 4 % des 688 chênes sessiles examinés sur les deux régions ont été classés comme dépérissants (note DEPEFEU

# changement climatique

≥ 3) contre 13 % des 859 pédonculés. **un peuplement sur 4 de chênes pédonculés a été jugé dépérissant en Poitou-Charentes.** Ce niveau est jugé comme préoccupant. Les peuplements de chênes sessiles sont rarement dépérissants (Figure 4 et 5).

## Dépérissement du chêne pédonculé : premières explications

Outre le fait que les chênaies sont en surdensité quasi systématique, les analyses statistiques ont démontré l'influence de variables stationnelles intervenant dans le bilan hydrique sur le taux de dépérissement du chêne pédonculé. Parmi ces variables, la réserve utile estimée à la tarière, les précipitations annuelles en Poitou-Charentes et la température de végétation sont apparues comme des variables explicatives possibles du phénomène de dépérissement (Figures 6 à 9). **Parmi**



Une placette a été jugée comme dépérissante si au moins 30 % des tiges sont notées en classe 3 ou 4 du protocole DEPEFEU.

**les indices climatiques étudiés, l'indice d'aridité de de Martonne s'est avéré discriminant pour distinguer les parcelles non dépérissantes et dépérissantes.**

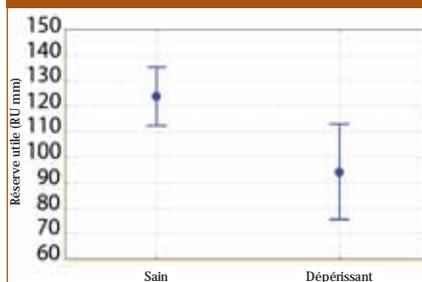
## Premiers bilans

Les premiers résultats obtenus dans le cadre du projet chênaie atlantique démontrent l'importance de travailler sur

des territoires vastes délimités par des gradients climatiques marqués. Le chêne sessile étant peu concerné par les phénomènes de dépérissement, les prochains modules de ce projet seront exclusivement consacré au chêne pédonculé plus sensibles au déficit hydrique et donc aux risques induits par les changements climatiques.

En 2010 et 2011, nous étendrons cette étude à l'ensemble des régions concernées par le projet en continuant nos travaux en Poitou-Charentes et Pays de la Loire. Nous essaierons de valider ainsi un protocole (protocole ARCHI) permettant de repérer les chênes d'un peuplement mieux à même de réagir à un stress. Nous tenterons de valider la clef de détermination des stations à risque pour le chêne pédonculé. Les premiers résultats obtenus sont en ce sens particulièrement encourageants. ■

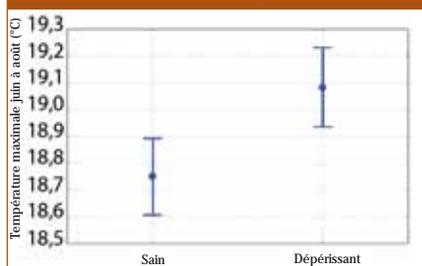
**Figure 6 : Réserve utile (RU), estimée à la tarière, des peuplements de chêne pédonculé sains et dépérissants.** 120 mm de réserve utile une valeur seuil (différence significative au seuil de 1 %). Elle correspond à des sols de 70 cm de profondeur en moyenne.



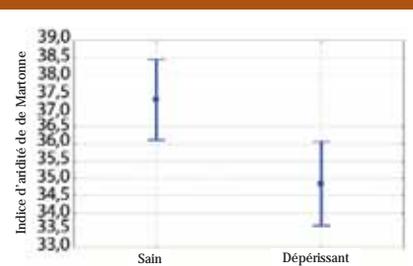
**Figure 7 : Pluviométrie moyenne annuelle des peuplements de chêne pédonculé sains et dépérissants.** 800 mm de pluviométrie annuelle une valeur seuil en Poitou-Charentes (différence significative au seuil de 1 %).



**Figure 8 : Température maximale (moyenne) de juin à août des peuplements de chêne pédonculé sains et dépérissants.** 19 °C de température (moyenne) maximale de juin à août semble être une valeur seuil sur la zone d'étude (différence significative au seuil de 1 %).



**Figure 9 : Indice d'aridité de de Martonne annuel des peuplements de chêne pédonculé sains et dépérissants.** Un indice annuel d'aridité de de Martonne de 37 semble être une valeur seuil sur la zone d'étude (différence significative au seuil de 1 %).



(1)\*IDF - Orléans

\*\*Cetef de la Charente

\*\*\*CRPF Pays de la Loire

\*\*\*\*CRPF Poitou-charentes.



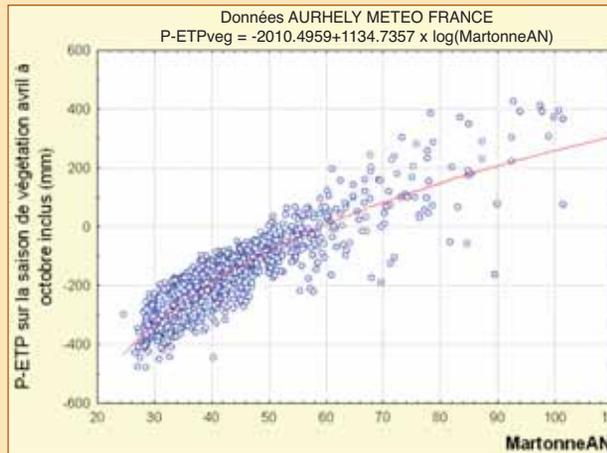
Retrouvez plus d'infos en ligne sur la sylviculture des chênes dans le nouveau dossier sur [www.foretpriveefrancaise.com/chene/](http://www.foretpriveefrancaise.com/chene/) <<http://www.foretpriveefrancaise.com/chene/>>

**Une clef de détermination des stations à risques** pour le chêne pédonculé a été établie à partir de ces quatre critères stationnelles. Elle est en cours de validation dans la suite du projet chênaie atlantique.

## Indice d'aridité de de Martonne : un indice simple et performant !

Il existe, d'après le graphique ci-dessous, une relation fiable ( $r^2 = 0,81$ ) entre l'indice d'aridité de **de Martonne annuel** et la demande climatique en eau exprimée par la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle durant la période de végétation (P-ETPveg avril à octobre inclus). **Il est donc facile d'estimer le P-ETPveg durant la période de végétation à l'aide de l'indice de de Martonne annuel.**

### Relation entre la demande climatique en eau (P-ETPveg) et l'indice de de Martonne annuelle (MartonneAn)



Graphique établi à partir des données Aurhely Météo France et valable sur l'ensemble de la France hors climat méditerranéen.



### Indice d'aridité de de Martonne

MartonneAN = 0	
Régions hyperarides Déserts absolus	Atacama (Chili) Région du Tanezrout (Sahara) Vallée de la mort
MartonneAN = 5	
Régions arides Régions désertiques	Sahara Les déserts d'Arizona et de Sonora Dasht-e kavir, Désespoir (Iran) Désert du thar (Inde) Désert de Tabernas (près d'Almería)
MartonneAN = 10	
Régions semi-arides	Sahel Kalahari Chaco (Argentine) Nordeste (Brésil)
MartonneAN = 20	
Régions semi-humides	
MartonneAN = 30	
Régions humides	
MartonneAN = 55	



Emmanuel de Martonne, né à Chabris (Indre) le 1<sup>er</sup> avril 1873 et mort à Sceaux le 24 juillet 1955, est un géographe français.

#### Indice d'aridité annuel = $P / (T+10)$

P = hauteur annuelle des précipitations (en mm)

T = température moyenne annuelle (en °C).

#### La même formule pour l'indice d'aridité mensuel = $(12 \times P) / (T+10)$

P = hauteur mensuelle des précipitations (en mm)

T = température moyenne mensuelle (en °C).

**Exemple :** La température annuelle moyenne est de 12 °C, les précipitations annuelles de 800 mm, le P-ETPveg sur la période de végétation est donc de

**Indice d'aridité annuelle** =  $800 / (12+10) = 36,4$

P-ETP sur la période de végétation =  $-2010 + 1135 \times \log_{10}(36,4) = -238$  mm

fonction log dans le logiciel EXCEL® et pas ln

En conclusion, **l'indice d'aridité de de Martonne a donc un sens biologique.** Il est une bonne représentation du bilan P-ETPveg intervenant directement dans le calcul des bilans hydriques des écosystèmes forestiers.

# Intercetef 2009 en Auvergne : diagnostiquer les risques, pour mieux les prévenir

Alain Colinot, Nathalie Maréchal (1)

*La gestion des peuplements vulnérables ou en crise et l'anticipation des risques furent le thème des rencontres Intercetef d'octobre 2009 en Auvergne. Plusieurs exemples de peuplements résineux illustrèrent diverses facettes du risque, des façons de le prendre en compte et des pistes pour le prévenir.*

**L**es deux journées Intercetef ont rassemblé dans la belle région des monts du Livradois une centaine de participants : présidents, membres sylviculteurs, conseillers techniques des organismes de développement, gestionnaires, chercheurs et représentants de l'Administration.

Les préoccupations des gestionnaires trouvent écho dans les recherches en cours. L'ensemble des organismes de la forêt privée se mobilise pour apporter des améliorations de diagnostic et des recommandations préventives. Anticiper les risques et agir pour les limiter sont les devoirs du gestionnaire.

## Une région très forestière

Régionalement, la forêt est considérée comme une ressource économique importante. Une part significative du volume récolté est transformée sur place dans de nombreuses petites unités. Dans le département du Puy de Dôme, 79 scieries produisent annuellement plus de 300 000 m<sup>3</sup> de sciages. Le terroir est réputé : autrefois, les sapins du Livradois fournissaient les mâts de marine et les radeaux de troncs de sapin -une sapinière- descendaient (ou flottaient) jusqu'à Nantes par la Loire. La forêt, 28 % du territoire, et le bois, font travailler 10 000 personnes.

En Auvergne, la forêt est essentiellement privée (85 %) et très morcelée avec 210 000 propriétaires pour 600 000 ha. La propriété moyenne s'établit à 2,85 ha par propriétaire, en 5 parcelles cadastrales non contiguës (la parcelle moyenne fait environ 50 ares). Une famille sur six possède des bois. Moins de 10 % de la surface forestière est concernée par un PSG. Malgré cela, elle mobilise annuellement plus de 1,6 millions m<sup>3</sup>, mais 40 % à peine de l'accroissement biologique.

La surface forestière est passée de 5 % à 28 % du territoire en deux siècles. La première déprise agricole, fin 19<sup>ème</sup>, introduisit le pin sylvestre et les premiers épicéas. Après la première guerre mondiale, des reboisements plus importants en épicéa, pins sylvestre, et douglas (les premiers d'une longue série) furent réalisés. À compter des années 1960 et avec le FFN, sur un foncier fortement atomisé, la région sera boisée principalement en douglas, sapin pectiné, grandis, et plus récemment en mélèze. Actuellement, le flux et reflux forestier dépendent essentiellement des primes agricoles. Récemment, le défrichage dans le Cantal, à cause de la prime « montagne », a réduit la surface forestière de 10 000 ha.

## Diagnostiquer les origines du risque

Depuis toujours la forêt est soumise à des aléas de natures diverses : incendies, tempêtes, changement climatique, mais également mévente du bois, attaques parasitaires ; il est donc indispensable de bien identifier les causes de fragilité de ses peuplements et d'essayer d'y remédier dans sa gestion. Un ou plusieurs facteurs combinés peuvent constituer un risque pour un peuplement. Le diagnostic peut s'établir selon le classement utilisé pour la santé des forêts : facteurs prédisposants, facteurs déclenchants, facteurs aggravants.

Les aléas climatiques extrêmes (sécheresses prolongées, canicules,...) sont généralement des phénomènes déclenchants. Ainsi, le douglas est sensible à l'évapotranspiration, et la sécheresse peut générer le développement du fomes, un pathogène racinaire entraînant la pourriture du cœur, jusqu'à une mortalité diffuse.

La mauvaise adéquation « station-essence », la gestion discontinuë, le retard ou l'absence de sylviculture,..., sont autant de facteurs prédisposants ou aggravants interchangeables selon les situations.

À un niveau plus fin, d'autres facteurs de fragilité peuvent intervenir tels que :



*La croissance du gui est très lente, environ 2 cm par an.*

© J. Degeneve, CRPF Rhône-Alpes

déséquilibre marqué de structure (entre PB, BM, GB) en traitement irrégulier, pureté des peuplements, surcapitalisation, arbres surannés, rapport hauteur/diamètre excessif, ..., autant de paramètres que le sylviculteur doit s'efforcer de contrôler pour limiter les risques.

### Cas du dépérissement de sapinières

Une étude, menée par le CRPF, sur la sapinière du Livradois-Forez a déterminé de multiples facteurs expliquant les dépérissements observés dans ce secteur.

La combinaison de facteurs pré-disposants comme la station, la profondeur du sol, l'altitude, l'exposition, l'âge du peuplement en serait à l'origine. En revanche, l'étude montre que la présence abondante du gui, le suspect n° 1 qui a déclenché l'étude, n'était que peu corrélée aux dépérissements constatés.

L'incidence de la sylviculture – une surface terrière supérieure à 50 m<sup>2</sup>/ha, l'âge globalement élevé du peuplement – s'ajoutent à d'autres facteurs aggravants tels qu'une station particulièrement sèche, une exposition

chaude, un déficit hydrique. Cette étude met ainsi en évidence la superficie importante de sapinière en limite stationnelle (< 900 m), d'où la nécessité d'adapter les essences à l'altitude. Une gestion plus dynamique avec des arbres plus jeunes donc plus vigoureux, l'extraction des arbres surannés, ceux là même qui sont contaminés par le gui, l'enrichissement et la diversification des peuplements avec des essences moins exigeantes que le sapin, sont les principales recommandations. Cela a pu être observé par les participants dans la sapinière du « Bois du Marquis », gérée en futaie jardinée depuis des décennies.

Un outil de description des peuplements résineux auvergnats, édité par le CRPF, assiste les propriétaires dans leurs choix de gestion.

### Cas des peuplements en retard de sylviculture

Pour des raisons multiples (culturelles, pas de marché du bois d'industrie, morcellement de la propriété), la majorité des plantations d'épicéas, réalisées entre 1950 et 1970, sont devenues très vulnérables et n'offrent qu'une alternative :

- soit la coupe à blanc immédiate suivie d'une plantation,
- soit une tentative de rattrapage avec

une ou plusieurs éclaircies spécifiques. Ces deux situations étaient très bien illustrées au Col de Toutée (*voir photo*). Quatre plans de développement de massif forestier (PDM) sont en cours dans le Puy de dôme avec l'aide du conseil régional, l'État et l'Europe. Au total 26 PDM ont été réalisés en Auvergne. La deuxième tranche du PDM du haut Livradois concerne environ 6 000 ha de futaies régulières résineuses (le plus souvent des épicéas), âgées de plus de 40 ans, qui n'ont jamais été éclaircies. Le technicien du CRPF œuvre en coordination avec les différents acteurs régionaux pour motiver les propriétaires à rétablir une sylviculture normale au travers d'actions de regroupements aidées.

Le plus souvent, les arbres, très élancés, de petits diamètres, en peuplements trop denses sont des victimes toutes désignées des aléas climatiques (coups de vent, neiges lourdes, sécheresses) et des agents pathogènes (insectes, champignons). De plus en plus de propriétaires, sensibilisés dans le cadre du PDM, n'hésitent plus à récolter ces peuplements trop fragiles.

La réalisation d'éclaircies de rattrapage est plus délicate à conduire. Elle peut générer des chablis ultérieurement, sans compter le risque d'absence de réaction de croissance du peuplement.



*Quel devenir pour les nombreux boisements FFN des années 1950-70 ? L'exemple au col de Toutée, (63).*

© P. Rey, CRPF Aquitaine

Mieux vaut donc, pour qui veut s'affranchir de tout risque, une récolte prématurée, suivie d'un reboisement avec une essence mieux adaptée et plus productive, qu'une tentative de rattrapage.

Dans tous les cas de figure, il importe d'éviter les fausses pistes comme « rien faire »..., une négligence qui ne fait qu'augmenter encore plus les risques pesant sur sa parcelle et celle(s) de ses voisins. La concertation entre propriétaires et l'élargissement des exploitations aux parcelles sensibles proches permettent aussi de réduire les risques sur une plus grande surface.

Dans les exemples de reboisements réalisés, le risque de gelées précoces ou tardives nécessite d'adapter l'origine des plants. Le traitement contre les fréquentes attaques d'hylobe (charançon) et la protection contre le gibier restent des opérations coûteuses mais indispensables.

### Cas des peuplements âgés, en instance de renouvellement

Dans la propriété du Gan-Groupama, le « Bois de Mauchet », à environ 1 000 mètres d'altitude, plusieurs exemples de régénération naturelle de douglas par la méthode des coupes progressives, ou par coupes jardinatoires, alimentèrent les échanges et les débats

sur la gestion régulière et irrégulière, la production de gros bois, l'utilité économique de l'élagage, l'amélioration génétique avec des nouvelles provenances de douglas.

Ce massif est en effet constitué pour sa majeure partie, de peuplements âgés, plus ou moins mélangés de sapin, épicéa et douglas, devant être renouvelés. En appliquant les traitements régulier ou irrégulier en fonction de la composition des peuplements et de leur charge en matériel, les experts, gestionnaires de cette forêt, assurent le renouvellement du massif à un rythme soutenu, sans dommage pour l'équilibre de gestion durable et la santé de la forêt. La récolte annuelle de 2 000 à 4 000 m<sup>3</sup> par an, pour 203 ha correspond à l'accroissement annuel, générant un revenu de 500 €/ha/an net (la chasse n'est pas louée).

Un réseau de desserte dense et régulièrement entretenu (chemins porteurs, cloisonnements d'exploitation systématique, etc.) permet une mécanisation des exploitations et des interventions par parquets pour préparer ou accompagner la régénération (crochetage du sol, peignage des ronces, gestion fine de la végétation concurrente avec conservation d'un couvert pour protéger les jeunes perches,...).

### Prévenir comment ?

Plusieurs recommandations ou indications peuvent être tirées des débats suscités par ces visites. Certaines méritent d'être encore approfondies par des études et des expérimentations. Lors du renouvellement du peuplement, il est impératif de bien adapter l'essence à son environnement, en veillant à ce qu'elle soit à son optimum stationnel. Le cas des sapins situés à trop basse altitude ou sur station trop séchante, comme au Bois du Marquis, est symptomatique à cet égard. Dans le même esprit, il convient d'éviter les renouvellements en plein sur de grandes surfaces.

Dans certains cas, il est préférable de valoriser l'existant, y compris parfois des peuplements « mités » par des accidents climatiques ou des attaques parasitaires, d'utiliser le recru comme protection ou accompagnement, de diversifier par des mélanges judicieux d'essences. Au Bois du Marquis toujours, le gestionnaire réalise avec succès des enrichissements en feuillus précieux dans les trouées (frênes, érables sycomore, sorbiers,...).

L'exposition de la parcelle doit être prise en compte dans les choix de gestion. Dans l'optique d'une réduction des révolutions, les peuplements exposés aux vents violents sont à conduire de façon plus dynamique. À l'inverse, pour produire des gros bois de qualité, sur des révolutions plus longues, des interventions fréquentes de plus faible intensité limiteront progressivement le capital sur pied. Imposer des cloisonnements d'exploitation pour limiter et prévenir le tassement des sols et les dégâts aux arbres est indispensable et à marteler auprès de tous les intervenants forestiers.

Surveiller les attaques parasitaires (scolytes, fomes,...) doit être une attention constante reliée en région par les nombreux correspondants observateurs du Département de la santé



*Renouvellement d'une futaie résineuse par régénération naturelle de douglas dans le bois de Mauchet.*

© J. Degeneve, CRPF Rhône-Alpes

Tableau d'aide à la décision sur le devenir d'une plantation d'épicéas en retard de sylviculture

Caractéristiques	Critères favorables à l'éclaircie de rattrapage	Critères défavorables à l'éclaircie de rattrapage
Coefficient de stabilité H/D (rapport de la hauteur totale des arbres sur le diamètre à 1,30 m)	Inférieur à 75	Supérieur à 80
Hauteur dominante (hauteur des 5 ou 6 plus gros arbres de la plantation)	Inférieure à 20 / 22 m	Supérieure à 25 m
Pourcentage de cime vivante	Plus de 25 %	Moins de 20 %
Environnement immédiat	Peuplements forestiers	Milieux ouverts (coupes rases, terres, prairies,...)
Situation topographique	Plateaux, vallées	Situation de crête - Vallée encaissée
Aspects sanitaires	Absences de scolytes et de « fomes » (cœur rouge)	Présence abondante d'arbres dépérissants. Traces de « fomes » sur les souches
Sols	Profonds, sains (sans discontinuité de texture)	Superficiels, Hydromorphes
Mécanisation des travaux d'exploitation	Sans difficulté	Difficile (pente forte)
Distance de débardage	Inférieure à 500 m	Supérieure à 1000 m
Age de la plantation	Inférieur à 35 ans	Supérieur à 45 ans
Essence	Adaptée à la station	Hors ou en limite de station

© Source CRPF Auvergne



Coupe à blanc conseillée !

ATTENTION : La réalisation d'une **éclaircie de rattrapage** est une opération délicate, **toujours susceptible de générer des chablis**, notamment lors de coups de vent violents y compris lorsque les critères favorables sont nombreux. Le prélèvement sera en tous cas faible (environ 15 à 20 % du nombre de tiges). Quelle que soit la décision prise, toujours prendre en compte les contraintes réglementaires (Code forestier, urbanisme, etc...), paysagères (sites) et environnementales (Natura 2000, ...).

des forêts.

Il ressort au final que, pour prévenir et anticiper efficacement les risques, le sylviculteur se doit de rester en alerte par :

- une observation régulière des arbres,
- des rencontres et échanges avec ses pairs via son Cetef ou son GDF,
- la formation continue,
- le recours aux guides ou cahiers des charges de bonnes pratiques, etc.

### Regrouper les compétences face au risque du changement climatique

En réponse aux nombreuses questions des gestionnaires sur le risque du changement climatique, le réseau mixte technologique Aforce (Adaptation des forêts au changement climatique) a vu le jour en mars 2009. Il rassemble douze partenaires (organismes de recherche, de développement, de gestion, et de formation). Son objectif est de mettre à disposition des gestionnaires, des outils

d'aide à la décision opérationnels et directement utilisables par les sylviculteurs. Le deuxième appel à projet, émis fin 2009, porte sur cinq thèmes de travail : les stations forestières, la vulnérabilité des peuplements, les ressources génétiques, la croissance et la sylviculture, l'économie. Une restitution des résultats des premiers projets est prévue en 2010.

L'accueil très chaleureux des membres du Cetef du Puy de dôme et particulièrement de son président Monsieur Henry et la parfaite organisation contribuèrent à l'excellence de ces journées d'échanges dans une région magnifique baignée de soleil. Comme l'expliquait le directeur du

CRPF Auvergne, Jean-Louis Guérin, l'humilité a la même racine étymologique que le mot humus : un amoncellement d'expériences, de questionnements, de confrontations permet au final au gestionnaire de prendre une décision, d'établir un itinéraire réfléchi de production. Les progrès en recherche (connaissance, innovation technique) apportent une amélioration constante de la sylviculture privée. ■

(1) - Alain Colinot - Ingénieur Certification et Développement Forestier - Centre National de la Propriété Forestière - 13, avenue des Droits de l'Homme - 45921 Orléans Cedex 9 - [alain.colinot@cnppf.fr](mailto:alain.colinot@cnppf.fr) ; - [nathalie.marechal@cnppf.fr](mailto:nathalie.marechal@cnppf.fr), IDF Paris

### Résumé

En Auvergne, les rencontres Intercetef 2009 eurent pour thème la gestion des peuplements à risque. Les échanges nombreux éclairèrent les membres de Cetef : quel diagnostic, quelle prévention et comment anticiper face aux divers facteurs de risque ? Les forestiers se concertent pour des interventions plus adaptées et durables.

**Mots-clés :** Intercetef, Auvergne, gestion des peuplements à risque.

## Agricultures d'hier et forêts d'aujourd'hui

Christian Gauberville, Jean-Luc Dupouey et Étienne Dambrine

*Deux programmes de recherche financés par BGF (Biodiversité et gestion forestière) ont permis aux équipes de J.-L. Dupouey et E. Dambrine de l'Inra de Nancy de se pencher sur les incidences des pratiques agricoles anciennes sur la diversité et la fertilité des forêts actuelles.*

*Les résultats de leurs investigations sont inattendus et entraînent à un nouveau regard sur la composition floristique des forêts françaises.*



© DR

*Le muguet, une espèce qui n'a pas encore réussi à reconquérir les forêts récentes, sur les territoires agricoles abandonnés.*

Un passé culturel encore nettement visible après presque deux millénaires

Dans un premier travail deux sites ont été étudiés :

- un dans les Vosges sur terrain acide concernant 16 fermes abandonnées entre 1898 et 1920 où trois situations ont été observées : transformation de la hêtraie en pessière, transformation de charmaies en pessières et maintien de la hêtraie-sapinière,

- un en Lorraine sur calcaire concernant deux parcelles gallo-romaines abandonnées depuis le III<sup>e</sup> siècle après J.-C. et non réoccupé depuis pour l'un d'entre eux (Forêt de Saint-Amond) où 5 situations ont été distinguées : zones d'habitation, enclos proches des habitations, terrasses proches ou éloignées, et zones sans murs, ni levées, probablement anciennement forestières.

Les relevés effectués dans ces différentes situations montrent des différences nettes de composition floristique entre parcelles et ce, aussi bien pour les Vosges où les usages

agricoles remontent à une centaine d'années, que pour les sites gallo-romains où il s'agit de près de 1 700 ans ! Globalement la végétation des jardins, anciennes terres agricoles, prés vosgiens et habitations, enclos et terrasses proches des sites gallo-romains est systématiquement plus nitrophile et neutrophile que celle des forêts anciennes, plus acidiphile.

Les différences sont dans les deux cas dues à la présence d'espèces à tendances rudérales (nitrophiles ou simplement neutrophiles) dans les zones enrichies par l'agriculture.

En contexte acide (Vosges), ces espèces rudérales s'ajoutent aux espèces de forêts anciennes dont le cortège reste complet alors qu'en Lorraine, sur plateau calcaire, l'arrivée des espèces neutrophiles s'accompagne d'une raréfaction des espèces de forêts anciennes.

Un travail ultérieur en forêt de Tronçais, siège de nombreuses implantations gallo-romaines, a montré que la surexploitation intense de l'époque médiévale n'a pas gommé les traces de ces occupations initiales.

Quelles sont les causes de cette étonnante rémanence du passé ?

On observe que les pratiques agricoles ont modifié les sols, souvent drastiquement. Au plan physique, le labour (déjà utilisé à l'époque gallo-romaine) a approfondi les sols, fragmenté les

éléments grossiers, tandis que le chaulage (pratiqué depuis l'époque gallo-romaine), ou encore la fertilisation apportée par les lisiers ou le fumier ont modifié la chimie des sols et le pH.

Les chercheurs de l'Inra de Nancy ont ainsi mis en évidence des teneurs en phosphore plus élevées dans les zones anciennement cultivées, ainsi qu'une plus forte abondance d'un isotope de l'azote (<sup>15</sup>N).

L'abondance de <sup>15</sup>N et le taux de phosphore révèlent tous deux les anciens apports de lisier ou de fumier. Le phosphore, peu mobile dans l'écosystème, est resté fixé depuis son épandage. La persistance du signal <sup>15</sup>N, lié à la vitesse de minéralisation des humus, suggère que les communautés microbiennes actuelles diffèrent entre sols anciennement amendés ou non. Ces deux concentrations sont ainsi des marqueurs assez fidèles des anciens usages agricoles.

Quelles conséquences ?

Les sols sont fondamentalement et durablement modifiés et l'on peut penser que le phénomène puisse être même, parfois, irréversible.

Les teneurs en nutriments, notamment en acide phosphorique, restent après deux millénaires plus importants dans les anciennes terres agricoles. D'autres investigations plus poussées montrent également que le cycle de l'azote en quelque sorte « boosté » à cette épo-

que lointaine, s'est depuis comme auto-entretenu dans les anciennes parcelles. En effet, la densité et la composition des communautés bactériennes dans l'environnement racinaire des espèces étudiées sont significativement modifiées dans les milieux anciennement cultivés ce qui suggère que le phénomène déclenché par l'activité humaine initiale a été entretenu par les espèces végétales elles-mêmes. Corrélativement ces modifications stationnelles ont entraîné des modifications de la flore qui, perdurant aujourd'hui, deviennent ainsi un indicateur du phénomène.

### Une flore différenciée des forêts anciennes et des forêts récentes

Ces investigations ont amené à se pencher sur les caractéristiques des flores des différentes forêts étudiées, certaines étant perturbées de longue date, d'autres pouvant être qualifiées de forêts anciennes (à longue continuité historique). Les types biologiques apparaissent nettement différenciés, les forêts anciennes comportant plus de plantes à bulbes (ail des ours) ou à rhizomes (muguet, anémone des bois) et d'espèces dont la dispersion est assurée par les fourmis (violettes).

On observe que ces espèces sont peu compétitrices (par rapport à des espèces nitrophiles par exemple) mais surtout qu'elles ont un pouvoir de dispersion extrêmement faible (quelques mètres de colonisation par siècle)... Et c'est pour cette raison qu'on les retrouve plus rarement dans les forêts récentes, en plus des contraintes de sol évoquées précédemment!

Ces résultats sont en phase avec ceux, obtenus antérieurement, dans d'autres pays de l'Europe de l'ouest.

On a pu ainsi dégager une liste des espèces de forêts anciennes (voir tableau p. 60), adaptée aux forêts des plaines médio-européennes.

### Quelles conséquences en terme de gestion ?

On peut les percevoir à trois niveaux : - en ce qui concerne la fertilité des stations, les taux de phosphore et la minéralisation de l'azote sont plus élevés dans les parcelles qui ont un passé agricole et elles sont, de fait, plus intéressantes pour la croissance des grandes essences forestières. Pour l'époque gallo-romaine par exemple, l'analyse foliaire des chênes sur anciennes cultures montre des niveaux de nutrition en phosphore satisfaisants alors qu'ils sont déficitaires dans les forêts non perturbées.

Dans le cadre de l'étude des fermes vosgiennes, la fertilité est nettement supérieure dans les zones anciennement cultivées, comme l'ont montrées les mesures de hauteur dominante effectuées concomitamment lors de ces travaux ; cela ouvre la voie à une diversification des essences, les zones anciennement cultivées pouvant sans doute porter des essences plus exigeantes que l'Épicéa commun, comme par exemple un certain nombre de feuillus précieux.

Au niveau de la qualité du bois, on note que l'Épicéa commun est plus touché par la pourriture du cœur due à *Fomes annosus* sur les anciennes cultures.

En ce qui concerne la diversité floristique, la connaissance de la répartition des occupations anciennes permet une meilleure prise en compte du patrimoine végétal puisque la continuité de l'état boisé a permis le maintien d'une flore qui n'existe plus dans les forêts récentes. *A contrario* les espèces liées à la présence d'occupations agricoles anciennes sont d'authentiques bioindicateurs aptes à aider l'historien ou l'archéologue dans ses recherches des traces des peuplements humains en forêt.

Sur le plan de la connaissance des stations forestières, ces résultats appa-

raissent comme un outil supplémentaire pour préciser le déterminisme écologique de la présence des espèces constituant le tapis végétal de nos forêts, base de la construction des catalogues de station. Ce déterminisme peut, dans certains cas, n'être qu'historique, sans lien avec les contraintes stationnelles climatiques ou pédologiques. ■



En forêt de Haye, le laser aéroporté permet de révéler un grand parcellaire agricole gallo-romain superposé aux layons actuels.

© DRAC Lorraine ONF

### Qu'appelle-t-on forêt ancienne ?

Il s'agit de massifs boisés qui n'ont pas connu de défrichement depuis une date qu'il faut préciser et justifier par une analyse historique rétrospective. Le plus facile consiste à étudier de manière rigoureuse les documents cartographiques existants ; on comprend ainsi que la définition peut varier d'un pays à l'autre.

En France, la carte de Cassini (1749-1790) n'a pas la précision suffisante pour positionner correctement les lisières et ce n'est qu'à partir du cadastre napoléonien (1807-1850) que les limites commencent à être mieux connues ; cependant ce cadastre est difficile à étudier sur de grandes surfaces. C'est la carte d'État-Major (1818-1866) qui permet l'accès le plus aisé et rapide à l'usage des sols pour le début de la période contemporaine. Mais ce document ne permet de caractériser l'ancienneté de l'état boisé que pour les deux derniers siècles.

D'autres pays possèdent des cartographies plus anciennes, la Belgique avec la carte du comte de Ferraris établie à partir de 1778, ou encore l'Angleterre qui possède une carte des forêts antérieures à 1600 pour l'ensemble de son territoire.

## Liste synthétique des espèces les plus fréquemment liées à l'ancienneté de l'état boisé dans les forêts de l'Europe de l'Ouest

<i>Acer campestre</i>	Érable champêtre		<i>Hyacinthoides non-scripta</i>	Jacinthe des bois	G
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Érable sycomore		<i>Hypericum hirsutum</i>	Millepertuis velu	
<i>Actaea spicata</i>	Actée en épi	G		Millepertuis élégant	
<i>Adoxa moschatellina</i>	Adoxe musquée	G	<i>Lamium galeobdolon</i>	Lamier jaune	m
<i>Ajuga reptans</i>	Bugle rampante	m	<i>Lathraea squamaria</i>	Lathrée écailleuse	Gm
<i>Allium ursinum</i>	Ail des ours		<i>Lathyrus montanus</i>	Gesse des montagnes	G
<i>Anemone nemorosa</i>	Anémone des bois	G	<i>Lathyrus vernus</i>	Gesse printanière	G
<i>Anemone ranunculoides</i>	Anémone fausse renoncule	Gm	<i>Lilium martagon</i>	Lis martagon	Gm
<i>Arum maculatum</i>	Gouet tacheté	Gm	<i>Listera ovata</i>	Listère ovale	G
<i>Asarum europaeum</i>	Asaret d'Europe		<i>Luzula luzuloides</i>	Luzule blanchâtre	m
<i>Athyrium filix-femina</i>	Fougère femelle		<i>Luzula sylvatica</i>	Luzule des bois	m
<i>Berberis vulgaris</i>	Épine-vinette		<i>Lysimachia nemorum</i>	Lysimaque des bois	m
<i>Bromus benekenii</i>	Brome de Beneken		<i>Maianthemum bifolium</i>	Maiantheme à deux feuilles	G
<i>Calamagrostis epigeios</i>	Calamagrostide épigéios		<i>Melampyrum nemorosum</i>	Mélampyre des bois	m
<i>Campanula latifolia</i>	Campanule à feuilles larges		<i>Melampyrum pratense</i>	Mélampyre des prés	m
<i>Campanula trachelium</i>	Campanule gantelée		<i>Melica nutans</i>	Mélique penchée	m
<i>Carex digitata</i>	Laîche digitée	m	<i>Melica uniflora</i>	Mélique uniflore	m
<i>Carex pallescens</i>	Laîche pâle		<i>Mellitis melissophyllum</i>	Mélitte à feuilles de mélisse	
<i>Carex pendula</i>	Laîche à épis pendants		<i>Mercurialis perennis</i>	Mercuriale pérenne	Gm
<i>Carex remota</i>	Laîche à épis espacés		<i>Milium effusum</i>	Milliet diffus	
<i>Carex strigosa</i>	Laîche maigre		<i>Narcissus pseudonarcissus</i>	Jonquille	G
<i>Carex sylvatica</i>	Laîche des bois	m	<i>Neottia nidus-avis</i>	Néottie nid-d'oiseau	G
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	Dorine à feuilles alternes		<i>Orchis mascula</i>	Orchis mâle	G
<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>	Dorine à feuilles opposées		<i>Oxalis acetosella</i>	Oxalide petite oseille	
<i>Circea alpina</i>	Circée des Alpes	G	<i>Paris quadrifolia</i>	Parisette	G
<i>Circea lutetiana</i>	Circée de Paris	G	<i>Phyteuma spicatum</i>	Raiponse en épi	
<i>Conopodium majus</i>	Conopode dénudé	Gm	<i>Platantera chlorantha</i>	Platantere à feuilles verdâtres	G
<i>Convalaria majalis</i>	Muguet	G	<i>Poa nemoralis</i>	Pâture des bois	
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier		<i>Polygonatum multiflorum</i>	Sceau de Salomon multiflore	G
<i>Crataegus laevigata</i>	Aubépine épineuse		<i>Polystichum aculeatum</i>	Polystich à aiguillons	
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	Orchis de Fuchs	G	<i>Potentilla sterilis</i>	Potentille stérile	
<i>Daphne mezereum</i>	Bois joli		<i>Primula elatior</i>	Primevère élevée	
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Fougère mâle		<i>Primula vulgaris</i>	Primevère acaule	m
<i>Elymus caninus</i>	Chiendent des chiens		<i>Pteridium aquilinum</i>	Fougère aigle	G
<i>Epilobium montanum</i>	Épilobe des montagnes		<i>Pulmonaria obscura</i>	Pulmonaire sombre	m
<i>Epipactis purpurata</i>	Épipactis pourpre	G	<i>Pulmonaria officinalis</i>	Pulmonaire officinale	m
<i>Equisetum sylvaticum</i>	Prêle des bois	G	<i>Pyrus pyraeaster</i>	Poirier commun	
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	Euphorbe faux amandier	m	<i>Ranunculus auricomus</i>	Renoncule à tête d'or	m
<i>Euphorbia dulcis</i>	Euphorbe douce	m	<i>Ranunculus lanuginosus</i>	Renoncule laineuse	
<i>Festuca altissima</i>	Grande fétuque		<i>Rhamnus cathartica</i>	Nerprun purgatif	
<i>Festuca gigantea</i>	Fétuque géante		<i>Sanicula europaea</i>	Sanicle d'Europe	
<i>Festuca heterophylla</i>	Fétuque à feuille de deux sortes		<i>Scrophularia nodosa</i>	Scrophulaire noueuse	
<i>Fragaria vesca</i>	fraisier des bois		<i>Solidago virgaurea</i>	Solidage verge d'or	
<i>Gagea lutea</i>	Gagée jaune	Gm	<i>Sorbus torminalis</i>	Alisier torminal	
<i>Gagea spathacea</i>	Gagée à spathe	Gm	<i>Succisa pratensis</i>	Succise des prés	
<i>Galium odoratum</i>	Aspérule odorante	G	<i>Tilia cordata</i>	Tilleul à petites feuilles	
<i>Geum rivale</i>	Benoîte des rives		<i>Vaccinium myrtillus</i>	Myrtille	
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Gymnocarpium dryoptère	G	<i>Veronica montana</i>	Véronique des montagnes	m
<i>Hepatica nobilis</i>	Anémone hépatique	m	<i>Vicia sepium</i>	Vesce des haies	
<i>Hieracium sabaudum</i>	Épervière de savoie		<i>Vinca minor</i>	Petite pervenche	m
<i>Hordelymus europaeus</i>	Orge d'Europe		<i>Viola reichenbachiana</i>	Violette de Reichenbach	m
			<i>Viola riviniana</i>	Violette de Rivin	m

Légende du tableau : G : géophyte,  
m : myrmécochore (graines dispersées par les fourmis).

Article rédigé à partir des rapports finaux de deux travaux de recherches effectués dans le cadre du programme « Biodiversité et gestion forestière ».

## Bibliographie

■ **Dambrine E., Dupouey J.-L., (2000).** Influences des pratiques agricoles passées sur la biodiversité spécifique en milieu forestier dans l'est de la France. Inra Nancy.

■ **Dupouey J.-L., Dambrine E., (2004).** Importance spatiale et mécanismes de maintien des variations de biodiversité forestière résultant des pratiques agricoles passées. Inra Nancy.

(1) Christian Gauberville – 13 av. des droits de l'homme, 45921 Orléans Cedex 9 • Jean-Luc Dupouey – Inra- UMR Écologie et Écophysiologie forestières – 54280 Champenoux • Étienne Dambrine – Inra-U. B. E. F., 54280 Champenoux.

# Cegeb.com : 10 ans d'informatique forestière

Hervé Couvelard, Jean-Marc Peneau (1)

*L'outil informatique facilite grandement le travail des professionnels forestiers. Cegeb.com est le fruit d'exigences et compétences permettant autonomie et évolution continue du matériel au service de la gestion.*

**C**egeb.com est né de la rencontre d'un cabinet d'expertises forestières et d'un passionné d'informatique. Des besoins spécifiques d'un côté et une méthodologie sans concession de l'autre ont permis une collaboration créatrice !

Au départ, il fallait ordonner les informations en utilisant les logiciels Access et Word pour obtenir des documents utilisables. Suite à l'évolution du logiciel Word (97 à 2000), certaines applications du logiciel Access ne fonctionnaient plus nécessitant un nouveau travail de réécriture.

Parallèlement, le cabinet d'expertises avait déjà subi deux générations de logiciels de cubage ou forestiers abandonnés.

Pour ne plus dépendre d'un logiciel tiers, la solution envisagée s'est orientée vers l'autonomie et la compatibilité pérenne ascendante. Le choix de maîtriser son environnement matériel et logiciel a été au cœur de la problématique : pouvoir choisir quand et comment évoluer corrigeant les « bugs » rencontrés.

## Internet et les logiciels libres

L'option prise fut d'utiliser Internet et des logiciels libres. L'hébergement sur nos serveurs, gérés physiquement par des professionnels, dans d'autres locaux que les nôtres, permet de se li-

bérer d'une gestion matérielle délicate et sécurise les données dans une machine protégée. Internet offre la possibilité de donner des accès, suivant des règles strictes et fines, aux différents intervenants.

Ainsi nos clients (particuliers et collectivités), les prestataires forestiers, les intervenants dans les parcelles peuvent, au sein d'une même base, partager des informations. Par exemple, les acheteurs de bois accèdent aux inventaires des lots, réimpriment des affiches de coupe. Les résultats de la vente sont consultables moins de deux heures après la fin de celle-ci. Il est également possible d'insérer des descriptions de parcelles (datées par saison et classées par intervenant) afin de juger de l'évolution d'un peuplement au fil du temps.

Lors de rédaction de PSG, nous disposons une « base documentaire » permettant, en plus de la description courante, l'archivage des évolutions au cours du temps. Il est tout à fait possible de se servir de cette fonctionnalité pour suivre les lots de bois mobilisables (affectés à des parcelles) et d'éditer des « états » tenant compte des proximités géographiques dans l'objectif d'adapter les cahiers de ventes aux cours des bois.

L'information est ainsi regroupée et conservée dans cette banque de don-

nées. La planification et la réflexion sont ainsi facilitées permettant de travailler à l'échelle de l'arbre, pied à pied.

## Une intégration logicielle complète

Vu qu'il semble illusoire de vouloir travailler de manière séquentielle, tous les domaines d'interventions sont liés les uns aux autres. Les descriptions, les inventaires, les travaux sont attachés à des parcelles ou des points GPS, le logiciel se chargeant de les convertir en un format agréable à lire et facilement utilisable en gestion. Un historique (du réalisé ou non) est gardé avec des justifications et des notes.

Cette volonté de travailler autour de la relation de l'information avec son environnement (plutôt qu'une projection de son utilisation) permet de structurer ses données de manière cohérente, réutilisable et pérenne. Ce choix de conception ouvre la possibilité de fabriquer automatiquement des cartes avec les éléments des bases de données. Une cartographie est intégrée, en logiciel libre, avec l'aide de la société Géoforest de Francois Legron, spécialiste en cartographie et description de peuplements.

L'édition de cartes est directement possible à partir de nos bases de données (par exemple carte d'inventaires,



cartes des travaux à faire...) ainsi que l'intégration des informations depuis notre logiciel de cartographie. Compatibles directement en import et en export avec nos GPS, la cartographie d'une coupe de bois permet de valider la répartition géographique des prélèvements et/ou permettre aux acheteurs de retrouver plus facilement les tiges d'une coupe.

Le logiciel est chargé de trier et hiérarchiser le maximum d'informations saisies suivant les tâches spécifiques. Avec l'amélioration des techniques de traitement de données, nous thésaurisons de l'information structurée qui permet (et demain plus encore) de travailler finement. Des formats libres et ouverts permettent de pouvoir réutiliser nos informations sans devoir les ressaisir ou perdre des données. Cela implique une maîtrise totale des logiciels utilisés.

Au niveau bureautique, l'utilisation du logiciel OpenOffice.org permet d'automatiser certaines tâches par programmation : impressions des répertoires sous différentes formes, af-



Copies d'écran du site cegeb.com

fiches de coupe, fiches d'inventaire, listes de travaux à réaliser, essences disponibles, volumes. Cela revient à comparer un jeu de « légo » et une fabrication maison avec usinage des pièces. Si on reproche au « légo » son caractère « enfantin » (par rapport à la pièce faite sur mesure que l'on assemble aux autres comme on peut), il permet de réutiliser tout le temps les briques de base sans perdre de temps et d'informations. Pour toutes nos applications, l'ajout d'un nouvel outil, est directement compatible avec le reste, sans devoir fabriquer un pont avec l'existant.

## Évolution au fil du temps

**1998** : Une mini-application Access et un environnement bureautique.

**2008** : Un environnement intégré avec un ensemble complet de matériels permettant de traiter des problématiques particulières.

**2018** : Une connectivité permanente en temps réel, même sur le terrain, avec notre applicatif et visualisation instantanée de la projection des décisions prises.

## Une gestion des autorisations très fine

Pour des raisons de confidentialité, une gestion très fine des autorisations d'accès est nécessaire. Chaque personne n'a accès qu'aux informations qui lui sont nécessaires. Cela permet de faire facilement travailler plusieurs personnes sur les mêmes documents (un prestataire externe, une secrétaire, un stagiaire,...) sans souci de confidentialité ou de malveillance : chacun n'accède qu'à ce qu'il utilise. L'information est décryptée en tenant compte de celui qui l'apporte. Le choix d'internet permet également de protéger ses

données en évitant l'accès physique à la machine (vol, destruction, démarrage sur un cd, démontage du disque dur pour l'intégrer dans une autre machine, ...).

Tous les intervenants, dans le monde entier, peuvent travailler sur un même document d'une simple borne internet, en toute confidentialité. Cette centralisation dans une base de données bien construite permet de hiérarchiser, d'automatiser certaines tâches (statistiques, croissances des arbres, suivi des évolutions avec photos géoréférencées, ...) et surtout de travailler dans la durée. Toutes ces informations peuvent être obtenues et retouchées avec des outils courants, mais la synergie de l'ensemble fait la différence.

### Une maîtrise totale du matériel

L'ajout d'un PDA (assistant numérique personnel) dans notre environnement de travail permettra de coupler les informations prises sur le terrain (inventaire, relevé GPS, agenda, répertoire, compte-rendus, photos géoéférencées) directement avec l'application, sans ressaisie. N'utiliser qu'un seul outil (disponible facilement dans le commerce pour moins de 500 euros) qui remplace tous les autres est appréciable. S'il ne se compare pas avec les modèles haut de gamme de ceux qu'il remplace (GPS, appareil photo, PDA, cubeur, borne internet), il correspond à nos besoins (précision, rendu, fonctionnalité) sans superflu et surtout complètement adaptable, même au niveau logiciel. Aujourd'hui c'est un Nokia N810, mais demain ce pourra être un Freerunner, un Open Pandora...

Les logiciels libres utilisés actuellement sur ces PDA pourront être repris en l'état. Ce qui a été écrit depuis 10 ans est toujours utilisable aujourd'hui. Nous ne sommes pas obligés de changer de matériel ou d'en garder certain en vie à cause de nos logiciels.

### Un regard tourné vers l'avenir

Initialement trop timorés dans notre démarche, la migration vers la 2<sup>e</sup> version de cegeb.com intégrera plus de fonctionnalités afin de récupérer automatiquement par client, par forêt, par parcelle, par essence, les volumes de ventes (moyenne et valeur, par année). Ceci permet de vérifier que les coupes que nous réalisons correspondent bien à l'accroissement et que nous ne décapitalisons pas. Même si un bon professionnel est capable de juger à l'œil, cela engendre toujours des biais. Une présentation de « preuve » par les chiffres est toujours rassurante pour nos clients (ou pour nous même). Intégré dans le flux normal de travail cela ne prend pas plus de temps.

Notre besoin d'informations dépasse de loin ce que nous avons prévu lors de notre première approche. Savoir qu'il est possible d'obtenir facilement des informations pertinentes augmente notre ambition. Notre souhait serait d'obtenir, pour la même somme de travail, le temps passé sur chaque dossier (journées bureau, terrain, déplacement, frais, suivi des demandes aux prestataires extérieurs...) soit groupé par forêt, propriétaire mais aussi avec une granulométrie plus fine : par projet.

En 2008, une comptabilité financière et analytique aux normes actuelles est mise en place pour bénéficier et faire bénéficier nos clients d'une synergie maximale et ainsi accroître la pertinence des informations et des processus métiers.

Cet ajout intègre cegeb.com dans un ensemble plus vaste qui permet à chacun de pouvoir disposer des informations qui lui semblent importantes. Ces fonctionnalités offrent à nos clients particuliers, collectivités et institutionnels une présentation souvent réservée au monde de la finance.

Par exemple, depuis six ans nous gérons un ensemble de données de trésorerie, financières et techniques, issu de trois gestionnaires locaux pour des forêts localisées sur cinq départements. Il permet au tuteur et au conseil de famille de consulter des informations « en direct » sur le suivi du patrimoine.

La pertinence de l'outil informatique permet aujourd'hui de gérer aussi bien un parc avec quelques arbres remarquables qu'un patrimoine arboré de plusieurs milliers d'hectares, répartis dans plusieurs pays. L'adaptation permanente à nos besoins est précieuse et offre de nouveaux développements, comme une application et visualisation instantanée des choix de gestion. ■

(1) Hervé Couvelard, chef de projet –  
Jean-Marc Peneau, expert forestier  
68, rue du Centre  
60350 Berneuil sur Aisne  
Courriel : herve.couvelard@viva-vous.net  
jean-marc.peneau@wanadoo.fr

### Résumé

Ne dépendant d'aucun logiciel tiers, Cegeb.com a été créé conjointement par des forestiers et un informaticien. De nombreuses fonctionnalités interdépendantes sont accessibles : inventaire, programmation des travaux, coupes, évaluation financière. La méthodologie employée a permis la conservation et la réutilisation des données existantes depuis une dizaine d'années, sur un serveur Internet indépendant. Le schéma directeur choisi offre la possibilité d'une précision de travail de l'arbre pied à pied à une gestion pluri-spatiale de forêts, ainsi qu'une utilisation par plusieurs opérateurs, selon leurs compétences ou droits d'accès.

**Mots-clés :** logiciel informatique, fonctionnalités, évolution.

## Le guide Prosol



Pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt :

Le sol est la clé de l'écosystème forestier : l'importance de sa structure, son aération, son humidité, la matière organique, c'est un capital à protéger. La mécanisation forestière se développe avec parfois des conséquences : comment prévenir et réduire les dégâts et le tassement des sols ?

Ce guide, ouvrage collectif, permet un diagnostic de sensibilité du sol, propose des techniques de cloisonnements, des indications d'améliorations d'exploitation forestière.

Format 25 x 16,4 cm, 110 pages couleurs, disponible auprès de la librairie FCBA, 28 € frais d'envoi compris.

Librairie FCBA, 10 avenue de Saint Mandé, 75012 Paris. Téléphone : 01 40 19 49 06 ou via le site internet [www.fcba.fr](http://www.fcba.fr), rubrique publication.

Les pépinières Robin renouvellent leur site internet, et inaugurent une boutique de vente en ligne : une commande en ligne des plants truffiers® Robin et des plants champignons® est possible grâce à une présentation complète des espèces de truffes et des essences hôtes.

Information sur le site : [www.robinpepinieres.com](http://www.robinpepinieres.com) ou par téléphone au 04 92 50 43 16.



## Au cœur de la forêt et du bois

Un magazine, édité par Nathan et l'interprofession nationale « France Bois Forêt », est destiné aux collégiens, afin de promouvoir les forêts françaises et le matériau bois. Des témoignages de professionnels et de nombreuses fiches métiers informent les jeunes sur les multiples possibilités de la filière. Des questions-réponses sur la forêt et le bois sont présentées de façon attractive et vivante.

Supplément au JDI de novembre 2009 (ne peut être vendu) – Édition Nathan, 25 avenue P. de Coubertin, 75013 Paris.



## Index phytosanitaire Acta 2010

La totalité des substances actives homologuées et commercialisées en France et les grands principes de protection des plantes sont repris dans cet ouvrage de référence. L'outil indispensable pour le choix et l'utilisation des produits phytopharmaceutiques dans le cadre d'une agriculture durable et du plan Ecophyto 2018, un CD-Rom facilite les recherches de produits.

Index phytosanitaire Acta 2010, 752 pages, format 15,5 x 24 cm, 39 € + 7 € de frais d'envoi à commander à Acta, BP 90006, 59718 Lille cedex 9 ou sur le site : [www.acta.asso.fr](http://www.acta.asso.fr), tél : 01 40 04 50 46.



## Forêts de protection contre les aléas naturels. Diagnostics et stratégies

Ce guide propose des méthodologies appliquées aux Alpes du Sud françaises. L'érosion superficielle, les glissements de terrain, chutes de blocs et d'avalanches sont les principaux aléas concernés. Ces aménagements sont transposables à d'autres régions. Ce guide s'adresse aux gestionnaires de forêts de protection contre les aléas naturels et aux aménageurs des différents peuplements forestiers.

Format 14 x 24,5 cm, 112 pages, 29 € + 5 € frais d'envoi, éditions Quae, Inra RD 10, 78026 Versailles cedex.



## Sentez la santé des arbres

Ce 4<sup>e</sup> cahier est édité dans le cadre de la campagne en faveur des arbres des villes et des villages « Aux arbres, citoyens ! » par la FCPN (fédération des clubs Connaitre et protéger la nature). Cet ouvrage pédagogique explique aux enfants comment les arbres peuvent se défendre contre leurs attaquants, et comment les aider à prendre soin d'eux. Le livret se termine par un guide pratique de plantation. Format 15 x 21 cm, 64 pages, 5 € + 1,70 € de frais d'envoi à commander à La maison des CPN, 08240 Boulton-aux-bois. Informations sur le site : [www.fcpcn.org](http://www.fcpcn.org)