



HAL
open science

Rapport d'activité 1997-1998 - Centre technique du bois et de l'ameublement

Centre Technique Du Bois Et de L'Ameublement (ctba)

► To cite this version:

Centre Technique Du Bois Et de L'Ameublement (ctba). Rapport d'activité 1997-1998 - Centre technique du bois et de l'ameublement. 1999. hal-01573176

HAL Id: hal-01573176

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01573176>

Submitted on 8 Aug 2017

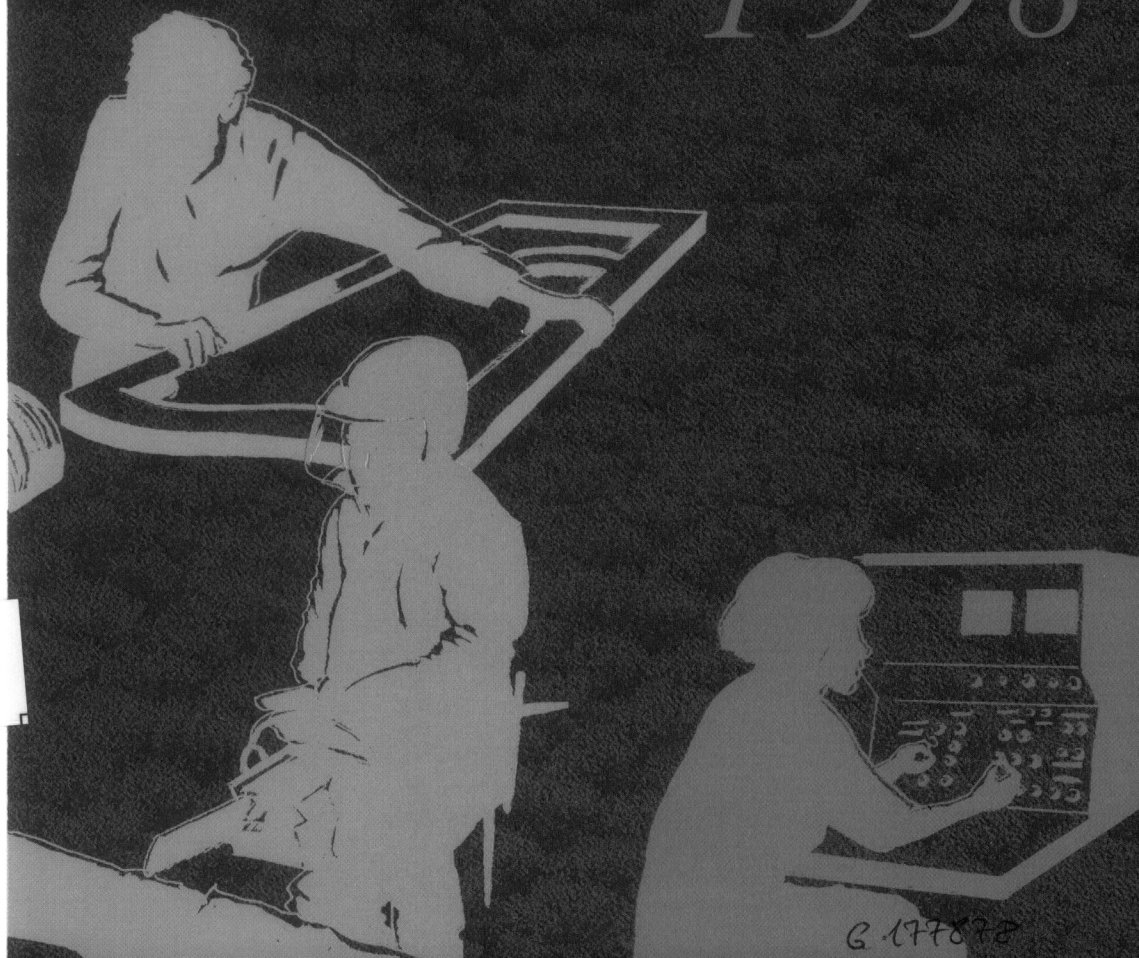
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



RP 14822

1997
Rapport scientifique
1998



G 177878

DIRECTION GÉNÉRALE
 Directeur Général : *Daniel GUINARD*
 Adjoint au Directeur Général : *Anne BOSSY*
 Conseiller Stratégie et Développement : *Jean-Pierre VERGNAUD*

DIRECTION SCIENTIFIQUE

Michel VERNOIS

Coordination
Études et Recherches

Ann HUGUET

BUREAU DE NORMALISATION BOIS ET AMEUBLEMENT

Alain DEMANGE

Bois et Bâtiment

Christine COTTENET
Catherine SHEAHAN

Ameublement

Brigitte CRUCHET

MISSION QUALITÉ

Patrice GARNIER

Certification

Patrice GARNIER

Assurance Qualité

Alain HOCQUET

RESSOURCES HUMAINES

Béatrice PIN-JOUEUNE

FINANCES ET GESTION

Didier DUFRESNE

LOGISTIQUE

Guy BASCLE

JURIDIQUE

Marie-Christine FAVA

MARKETING COMMUNICATION INFORMATION

Marketing et développement
Agnès ROY

Communication
Fabienne GROSSMANN

Eurodoc
Veille technologique
Valérie BLANC-GOURVÈS

Édition
Didier LURO
Françoise VIGIER

RECHERCHES ET SCIENCES

Nicolas de MENTHIÈRE

Développement
Philippe FERRO

Classement des sciages
André HOCQUET

Exploitation forestière
Jean-Louis BONNET

Conseil scierie
M. X

Séchage
Daniel ALÉON

Produits et commercialisation
Patrice CHANRION

Certification
Philippe FERRO

PÔLE CONSTRUCTION

Georges-Henri FLORENTIN

Développement
Pierre BONFILS

Certification
Pierre PONCELET

Environnement Biotec
Gérard DEROUBAIX

Études et Recherches
Frédéric ROUGER

Conseil Innovation
Appuis techniques
Denis BAJOLET

Établissement de Bordeaux

Laboratoires d'essais
M. X

- *Caractérisation des bois*
Jean-Denis LANVIN

- *Chimie*
Michèle VIDAKOR

- *Biologie*
Marc JEQUEL

- *Mécanique*
Mohamed KHÉBIBÈCHE

- *Physique*
Bernard FALANDRIN

PÔLE AMÉNAGEMENT

Pierre PARISOT

Développement
Jean-Claude PETIT

Conception
Produits nouveaux
Essais feu-textile
Jean-Marc BARBIER

Essais meubles-sièges
litterie-composants
Jean-Baptiste GAULT

Finition
Yves-Noël HACQ

Gestion et techniques
industrielles
Jacques JUAN

Gestion qualité
Stéphane JAGU

Certification
Jean-Claude PETIT

PÔLE PRODUCTIQUE

Jean-Pierre VERGNAUD

Responsable
Commercial et Développement
Régis BUSSY

Études et réalisations
Industrielles

Responsable Technique
Robert GOLJA

Établissement
de Pont-à-Mousson

1997-98 Rapport Scientifique

Sommaire

Éditorial	3
Organigramme du CTBA	4
Le CTBA	5
Études et Recherches en 1997	7
Résultats des Études et Recherches	11
■ Exploiter	12
■ Sécher	16
■ Détecter	20
■ Qualifier	23
■ Usiner	26
■ Préserver	28
■ Revêtir	31
■ Coller	36
■ Construire-Assembler	39
■ Élaborer	44
■ Concevoir en Ameublement	47
■ Environnement	50
Liste des sigles et abréviations.....	57



L

es Études et Recherches conduites en 1997 se situent dans le droit fil des grandes orientations prises antérieurement, avec une attention particulièrement soutenue en matière de préoccupations environnementales.

Cette thématique environnement, gage de pérennité pour l'industrie du bois et de l'ameublement, sous-tend désormais nombre de nos recherches, tant dans la conception initiale des produits que dans leur recyclage ou leur devenir ultime.

A l'appréhension de nature physico-mécanique du comportement des ouvrages, qui reste toujours un thème majeur d'actualité, il y a lieu désormais d'y adjoindre des notions de confort physique des locaux par la prise en compte des aspects acoustique, thermique et qualité de l'air. Cette démarche, initiée en 1997, sera poursuivie et intensifiée.

Des impératifs d'ordre technique et économique nous amènent tout naturellement à travailler sur le comportement prédictif des produits en service. Il en est ainsi du développement de modèles de simulation de contraintes d'utilisation, qui fait l'objet de recherches tant dans le secteur constructif que dans celui de l'ameublement.

Les efforts consacrés à l'élaboration de matériels innovants de contrôle non destructif des propriétés physico-mécaniques permettent d'offrir une palette de solutions technologiques fondées sur l'analyse d'images. La dernière en date - qui fait appel à l'imagerie à rayons X - s'avère particulièrement porteuse d'avenir dans un contexte industriel.

L'année 1997 a enfin été marquée par le transfert temporaire de l'activité Pôle Construction de Bordeaux dans des locaux provisoires, pour permettre d'ériger les nouveaux bâtiments.

Le déménagement de l'ensemble du Pôle Construction à Bordeaux courant 1998 et les contraintes qui s'y attachent, auront nécessairement des répercussions que nous nous efforçons de minimiser sur l'activité de recherche.

La disponibilité, dans un futur proche, de laboratoires particulièrement performants est un atout incontestable pour le devenir du secteur constructif bois.

*Michel Vernois
Directeur Scientifique*

DIRECTION GÉNÉRALE
 Directeur Général : *Daniel GUINARD*
 Adjoint au Directeur Général : *Anne BOSSY*
 Conseiller Stratégie et Développement : *Jean-Pierre VERGNAUD*

DIRECTION SCIENTIFIQUE
 Michel VERNOIS
 Coordination
 Études et Recherches
 Ann HUGUET

BUREAU DE NORMALISATION BOIS ET AMEUBLEMENT
 Alain DEMANGE
 Bois et Bâtiment
 Christine COTTENET
 Catherine SHEAHAN
 Ameublement
 Brigitte CRUCHET

MISSION QUALITÉ
 Patrice GARNIER
 Certification
 Patrice GARNIER
 Assurance Qualité
 Alain HOCQUET

RESSOURCES HUMAINES
 Béatrice PIN-JOUEUNE
 FINANCES ET GESTION
 Didier DUFRESNE
 LOGISTIQUE
 Guy BASCLE
 JURIDIQUE
 Marie-Christine FAVA

MARKETING COMMUNICATION INFORMATION
 Marketing et développement
 Agnès ROY
 Communication
 Fabienne GROSSMANN
 Eurodoc
 Veille technologique
 Valérie BLANC-GOURVÈS
 Édition
 Didier LURO
 Françoise VICIER

Nicolas de MENTHIÈRE
 Développement
 Philippe FERRO
 Classement des sciages
 André HOCQUET
 Exploitation forestière
 Jean-Louis BONNET
 Conseil scierie
 M. X
 Séchage
 Daniel ALÉON
 Produits et commercialisation
 Patrice CHANRION
 Certification
 Philippe FERRO

PÔLE CONSTRUCTION
 Georges-Henri FLORENTIN
 Développement
 Pierre BONFILS
 Certification
 Pierre PONCELET
 Environnement Biotec
 Gérard DEROUBAIX
 Michel RAYZAL
 Études et Recherches
 Frédéric ROUGER
 Conseil Innovation
 Appuis techniques
 Denis BAJOLET
 Laboratoires d'essais
 M. X
 - Caractérisation des bois
 Jean-Denis LANVIN
 - Chimie
 Michèle VIDAKOR
 - Biologie
 Danièle DIROL
 - Mécanique
 Mohamed KHÉBIBÈCHE
 - Physique
 Bernard FALANDRIN
 Établissement de Bordeaux

PÔLE AMEUBLEMENT
 Pierre PARISOT
 Développement
 Jean-Claude PETIT
 Conception
 Produits nouveaux
 Essais feu-textile
 Jean-Marc BARBIER
 Essais meubles-sièges
 literie-composants
 Jean-Baptiste GAULT
 Finition
 Yves-Noël HACQ
 Gestion et techniques
 industrielles
 Jacques JUAN
 Gestion qualité
 Stéphane JAGU
 Certification
 Jean-Claude PETIT

PÔLE PRODUCTIQUE
 Jean-Pierre VERGNAUD
 Responsable
 Régis BUSSY
 Études et réalisations
 Industrielles
 Responsable Technique
 Robert GOLJA
 Établissement
 de Pont-à-Mousson

Le CTBA des activités diversifiées pour faire face à l'avenir

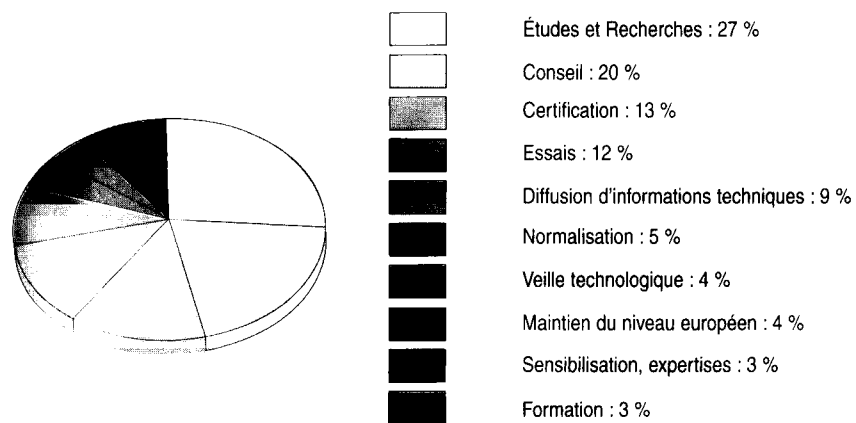
L

Le CTBA - Centre Technique du Bois et de l'Ameublement - déploie ses actions autour de trois lignes directrices :

- mettre son savoir-faire et ses compétences à la disposition des entreprises : Études et Recherches, développement, faisabilité, conseil et appui technique, essais, formation, édition, communication ;
- aider la profession à occuper une place de leader sur la scène européenne : normalisation, qualité, technologies de pointe ;
- acquérir, centraliser, gérer et diffuser l'information scientifique et technique : Études et Recherches, veille technologique, documentation.

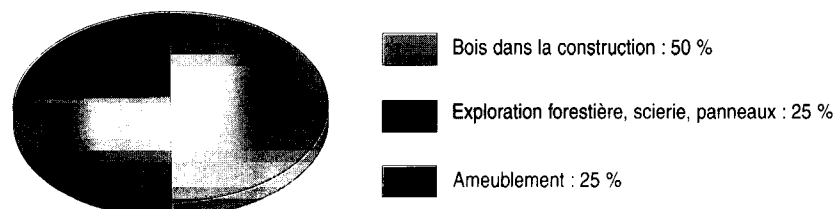
Le CTBA est ainsi le partenaire de toutes les entreprises de la filière bois et ameublement. Il est à l'écoute de leur environnement technique, économique, réglementaire et normatif pour les aider à intégrer les innovations technologiques et à s'adapter à l'évolution rapide des marchés.

Répartition des activités scientifiques et techniques du CTBA



Le choix des programmes d'actions et l'évaluation des résultats sont soumis à des commissions professionnelles ou interprofessionnelles composées de chefs d'entreprises des secteurs concernés, de spécialistes du CTBA et de commissaires du gouvernement.

Répartition des activités du CTBA par secteur professionnel



Pour les Études et Recherches, un Comité technique de la recherche contrôle l'état d'avancement des travaux, évalue les résultats et apporte son avis sur la pertinence des orientations de la recherche. Ce comité comprend des présidents de commissions professionnelles, des représentants du Conseil d'administration, des personnalités scientifiques externes et des chercheurs et la direction du CTBA.

Financement

Des ressources collectives et des ressources propres assurent le financement du CTBA. Les actions d'Études & Recherches, de veille technologique, de normalisation, d'information, ainsi que les actions d'intérêt collectif constituant des thèmes fédérateurs pour chaque secteur de la filière bois et ameublement, sont financées par deux taxes : le FFN, Fonds forestier national et le CODIFA, Comité de développement des industries françaises de l'ameublement. En 1997, l'ensemble des ressources collectives a représenté 44 % de la totalité du budget.

Le produit des prestations de service du CTBA auprès des entreprises, constituant ses ressources propres, a contribué pour 56 % à l'ensemble du budget 1997.

Il est à noter que l'année passée a vu l'application d'un nouveau régime fiscal, rendant moins aisée l'intercomparaison avec les années antérieures.

Investissements

Le CTBA s'inscrit dans une politique d'investissements en moyens humains et technologiques, en adéquation avec les missions qui sont les siennes auprès du monde industriel.

Du fait d'une conjoncture économique difficile, de surcoûts fiscaux et de la délocalisation, ces investissements ont décliné en 1997 de 4,3 %, mais devraient tout naturellement remonter en 1998 avec l'implantation du Pôle Construction à Bordeaux.

Les partenariats nationaux et européens

Sur le plan national, le CTBA a intensifié sa collaboration avec les dix-huit centres techniques industriels membres du réseau CTI, Daniel Guinard - Directeur Général du CTBA - en assurant actuellement la présidence. Ce réseau regroupe 39 établissements et laboratoires et emploie 4000 personnes au service de multiples secteurs industriels.

Il constitue une réponse originale quant aux moyens à mettre en oeuvre pour aider les PMI françaises à intégrer les mutations technologiques indispensables au maintien de leur compétitivité.

En complément des activités de recherche menées conjointement par des centres techniques, le Club d'Experts Europe du réseau CTI constitue un riche forum d'échanges sur les programmes de recherche européens et leur fonctionnement, en particulier en cette période d'élaboration d'un nouveau programme cadre de la recherche européenne. Ce club d'experts est co-animé par Ann Huguet, Responsable coordination Études et Recherches du CTBA.

Dans le cadre des Études & Recherches, le CTBA intensifie ses actions de partenariat avec les institutions de recherche telles que le CNRS et l'INRA, des universités, des grandes écoles, les associant étroitement aux thèmes majeurs justifiant un effort coopératif de recherche.

Au travers des multiples contrats de R&D européens, le CTBA a su tisser des liens fédérateurs, tant avec des organismes de recherche qu'avec des industriels de secteurs variés, qui sont autant de points d'ancrage pour un travail en réseau à l'échelle européenne.

Le réseau Eurowood, regroupant une trentaine d'organismes de recherche européens sur le bois, est un lieu d'échanges sur des sujets pertinents pour l'industrie européenne du bois et propre à assurer son développement ; recherche & développement, normalisation, essais, diffusion de connaissances, qualité, conseil. Eurowood, dont Daniel Guinard a assuré la présidence entre 1992 et 1995, a désormais acquis une notoriété qui lui permet d'être pleinement associé aux processus de décision sur des sujets ayant trait à la problématique bois.

L'événement Eurowood de l'année 1997 a été le 4^e symposium Eurowood sur le bois en tant que matériau écologique, réunissant de nombreux chercheurs et industriels européens pour la première fois autour ce thème.

Le « Research Working Group » d'Eurowood est actuellement dans une phase de réflexion stratégique vis-à-vis de l'élaboration du 5^e programme cadre de R&D de l'Union européenne, afin de préparer l'avenir de la recherche bois en Europe en regard des priorités industrielles. La présidence de ce groupe de travail est actuellement assurée par Ann Huguet.

Le CTBA est également un des membres fondateurs d'Eurifi, l'association européenne des instituts de recherche sur le meuble, créée en 1992. Son objectif est de promouvoir la recherche et l'assistance technique auprès des entreprises de l'ameublement. Eurifi conduit actuellement des travaux dans le domaine des finitions et en matière d'environnement. Un système de communication en réseau est opérationnel depuis 1997. Eurifi a été approchée par l'UEA - Union européenne de l'ameublement - en vue de la constitution d'une base de données sur la performance des produits ameublement vis-à-vis du feu.

Études et Recherches en 1997

L

l'activité Études et Recherches sert deux missions essentielles :

- développer les emplois du bois et des matériaux dérivés,
- améliorer la compétitivité des entreprises de la filière bois et ameublement.

Pour accomplir ses missions, le CTBA vise les objectifs suivants :

- améliorer la fiabilité du bois, des matériaux dérivés et des produits résultants,
- accélérer la mise au point de produits innovants,
- contribuer à la compétitivité du matériau et des entreprises par l'amélioration des procédés de transformation,
- développer l'ensemble de ces actions dans le respect de l'environnement en concentrant les efforts sur le développement de produits et procédés à faible impact environnemental, tant au stade de la fabrication, qu'en service et en fin de vie,
- apporter des solutions aux problèmes de recyclage et de gestion/élimination des déchets, en intégrant cette problématique dès la conception du produit.

En 1997, les Études et Recherches ont représenté 27 % de l'activité technique globale du CTBA, tous secteurs confondus, mobilisant de l'ordre de 40 équivalents temps plein chercheurs et techniciens.

S'y ajoute un potentiel de recherche complémentaire encadré et financé par le CTBA, localisé en-dehors du Centre, tout particulièrement sous forme de travaux de doctorat (voir ci-après).

La majeure partie des Études et Recherches est conduite dans le cadre de l'exécution de contrats associant, outre des partenaires financiers publics, des industriels et des laboratoires tiers.

Au plan national, ces projets sont essentiellement soutenus par la DERE, l'ADEME et le ministère de l'Industrie dans le cadre des actions menées sous l'égide du Réseau CTI ou de projets «Partenaires pour l'Europe». Le CTBA était ainsi en 1997 partie prenante dans six contrats de recherche menés conjointement avec d'autres centres techniques industriels de secteurs aussi variés que : le textile, la construction métallique, le béton, les tuiles et briques, l'aérialique et le thermique, l'habillement. La coopération avec le CEA - qui bénéficie d'un statut particulier de coopération par rapport au réseau CTI - a également été poursuivie.

Simultanément, le CTBA a continué à travailler étroitement avec les principaux acteurs de recherche de la filière bois tels que le réseau de laboratoires Génie Civil Bois, le CIRAD-Forêt, l'INRA et le LRBB¹, au travers d'une participation active au Programme Concerté Bois-matériaux, co-financé par l'ADEME et le ministère de l'Agriculture. La coopération avec l'ENSTIB a été poursuivie, et un nouveau partenariat avec l'ENSAM Cluny a été développé.

Les contrats européens

Pour l'année 1997, les contrats européens représentent 30 % des projets exécutés et correspondent à 39 % du budget de recherche. Sur ces travaux, le CTBA est étroitement associé à d'autres centres de recherche européens, ainsi qu'à des industriels français et de pays membres de l'Union européenne.

¹ Frédéric Rouger, Responsable des Études & Recherches au Pôle Construction du CTBA, est Directeur de recherche associé CNRS au sein du LRBB

Il est à noter que la recherche normative occupe une part non négligeable de l'activité Études et Recherches. Elle contribue à la mise au point des méthodes d'essais et à la détermination de valeurs de référence.

Nombre de contrats de recherche en 1997 par type de programme européen

AIR/FAIR :	8
Normes, Mesures & Essais :	4
CRAFT :	9 (dont 2 en étape 1)
TIM/Brite-Euram :	2 (dont 1 réseau thématique et 1 «targeted research action»)
Copernicus	1
LIFE	1
Eurêka	1
COST	4
Info-2000	1
Total	31

Le passage du 4^e au 5^e programme cadre de recherche et développement technologique de l'Union européenne induit pour le CTBA - comme pour l'ensemble des acteurs de la recherche européenne - une baisse temporaire du volume global de contrats de recherche. En effet, pendant au moins une année (mi-1998 à mi-1999), il y aura absence d'appels à propositions et, de ce fait, non engagement de nouvelles thématiques de recherche sur le plan européen.

Les soutiens financiers nationaux ne sauront compenser à eux seuls cet état de fait ; les effets positifs de ce futur programme cadre ne se feront sentir qu'à partir de 1999.

COST

La Coopération Européenne dans le domaine de la Recherche Scientifique et Technique - COST - constitue un réseau d'échanges en matière de R&D, créé il y a bientôt trente ans.

Il regroupe 25 pays européens, dépassant ainsi largement l'Union européenne par la participation de pays d'Europe de l'Est, de l'Islande, la Norvège, la Suisse et la Turquie. La Commission européenne y agit en tant que financeur et coordinateur.

COST comprend 18 comités techniques, dont le comité Forêts/Bois/Papier dans lequel le CTBA est principalement impliqué.

En effet, Michel Vernois - Directeur Scientifique du CTBA - est le représentant français du groupe sectoriel sur les technologies du bois. Au sein de ce groupe, les chercheurs du CTBA participent à plusieurs actions COST :

- Action E2 - Développement de l'utilisation du bois européen grâce à l'amélioration de sa durabilité ; plusieurs participants du CTBA (voir fonction Préserver),
- Action E10 - Propriétés du bois pour une utilisation industrielle ; Jean-Denis Lanvin, Pôle Construction (cette action débute en 1998),
- Action E13 - Adhésion du bois et produits collés ; Calixte Blanchard, Pôle Construction (action débutant en 1998).

Au sein du même comité technique, une action horizontale a été engagée fin 1997 :

- Action E9 - Analyse de cycle de vie Forêts/Bois/Papier ; Gérard Deroubaix, Pôle Construction (voir fonction Environnement).

Une autre Action COST sur le contrôle du comportement semi-rigide des assemblages structuraux, appartenant au comité technique génie civil, est indirectement suivi par Georges Adjanohoun du Pôle Construction.

Les groupes se réunissent à intervalle régulier, 2 à 3 fois par an, pour partager les expériences de recherche et fixer des priorités thématiques pour l'avenir.

COST n'a pas pour objectif de mener directement des travaux de recherche, mais contribue à l'émergence de nouveaux projets européens, soutenus par le programme cadre de recherche et développement de l'UE.

Évaluation des Études et Recherches

À la demande du Comité technique de la recherche du CTBA, un système d'évaluation de l'activité Études & Recherches a été mis en place depuis deux ans.

De par la nécessaire optimisation des ressources allouées à la R&D, la pertinence des sujets de recherche et l'efficacité de la conduite des programmes doivent être assurées, tout en tenant compte des spécificités inhérentes à ce type d'activité ; gestion du risque d'échec intrinsèquement lié à toute recherche, possibilité de réorientation en cours de travaux, etc.

L'évaluation concerne chaque année quatre fonctions de recherche, selon un cycle de trois ans :

1996/97 : Sécher, Usiner, Préserver, Revêtir,
1997/98 : Détecter, Qualifier, Coller, Construire-Assembler.

L'évaluation est assurée en deux étapes, interne et externe, suivies par une restitution lors de la réunion annuelle du Comité technique de la recherche.

L'évaluation est fondée sur des critères scientifiques, techniques, mais également économiques et de gestion de projet.

Les résultats de recherche sont replacés dans une perspective d'apport global aux secteurs industriels concernés. Cette démarche contribue également à identifier les futures voies de recherche.

Thèses de doctorat

De par l'état de l'art, certaines thématiques de recherche nécessitent l'acquisition de nouvelles connaissances et exigent de ce fait des études à caractère plus fondamental qui s'inscrivent dans le long terme. Ces travaux font l'objet de thèses de doctorat.

Selon le cas, l'étudiant en thèse est intégré à un laboratoire du CTBA ou dans un laboratoire universitaire.

Il est à noter que Frédéric Rouger, Responsable des Études & Recherches au Pôle Construction du CTBA, est habilité à diriger des recherches.

Ci-dessous, neuf thèses de doctorat sont répertoriées. On trouvera des informations complémentaires au sein des différentes fonctions de recherche, détaillées plus loin dans ce document.

Fonction Exploiter

■ Mise au point d'un système d'appréciation objective de classification de la qualité des arbres sur pied

Partenariat : CTBA, CEMAGREF, ENGREF, CIRAD Forêt, Université de Montpellier, AFOCEL

Étudiant en thèse : Rémi Thomas

Laboratoire d'accueil : CEMAGREF Montpellier

Directeur de thèse : Dr Meriem Fournier, ENGREF

Financement : ADEME - Bourse de thèse

Durée : 3 ans (1995-98)

Chef de projet CTBA : Nicolas de Menthière, Département Bois et Sciage

Fonction Sécher

■ Analyse et modélisation du séchage sous vide avec vapeur d'eau surchauffée ; application au bois de chêne

Partenariat : CTBA, LEPT, ENSAM

Étudiant en thèse : Christine Guilmain

Laboratoire d'accueil : LEPT-ENSAM

Directeur de thèse : Dr Wabbi Jomaa

Financement : ANRT - Bourse CIFRE

Durée : 3 ans (1994-1997)

Chef de projet CTBA : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage

■ Interaction mécanique eau/bois et application à l'étude du collapse du chêne

Partenariat : CTBA, LRBB

Étudiant en thèse : Amélie Demanet

Laboratoire d'accueil : LRBB

Directeur de thèse : Pr Pierre Morlier

Financement : LRBB, CTBA

Durée : 3,5 ans (1994-1998)

Chef de projet CTBA : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage

Fonction Détecter

■ Caractérisation temps réel de l'état de surface de pièces de bois

Partenariat : CTBA, CRAN Nancy

Étudiant en thèse : Laurent Marcellin

Laboratoire d'accueil : ENSEM

Directeur de thèse : Pr René Husson et Pr Didier Wolff

Financement : ANRT - Bourse CIFRE

Durée : 3 ans (1994-97)

Chef de projet CTBA : Raphaël Vogrig, Pôle Productique

■ Fusion d'images multi-sources appliquées à la détection et à l'identification de défauts sur le matériau bois

Partenariat : CTBA, CRAN Nancy

Étudiant en thèse : Jean-Christophe Joly-Vuillemin

Laboratoire d'accueil : ENSEM

Directeur de thèse : Pr René Husson et Pr Didier Wolff

Financement : ANRT - Bourse CIFRE

Durée : 3 ans (1996-99)

Chef de projet CTBA : Robert Golja, Pôle Productique

Fonction Construire - Assembler

■ Modélisation du comportement mécanique des connecteurs métalliques à dents

Partenariat : CTBA, UTC Compiègne

Étudiant en thèse : Nabil Talbi

Laboratoire d'accueil : UTC Compiègne

Directeur de thèse : Pr Gilbert Touzot et Dr Frédéric Rouger

Financement : Auto-financement CTBA

Durée : 5 ans (1991-96)

Chef de projet CTBA : Frédéric Rouger, Pôle Construction

■ Modélisation du comportement mécanique de pièces de bois en dimensions d'emploi

Partenariat : CTBA, ENS-Cachan

Étudiant en thèse : Philippe Renaudin

Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Mécanique et de Technologie Cachan

Directeur de thèse : Pr Denys Bresse

Durée : 3 ans (1995-98)

Chef de projet CTBA : Frédéric Rouger, Pôle Construction

■ **Comportements acoustique et thermique de complexes
multimatériaux intégrant du bois :
influences sur les aspects constructifs dans le bâtiment**

Partenariat : CTBA, Laboratoire Génie Civil et Habitat de l'ESIGEC

Étudiant en thèse : Jean-Luc Koyoumji

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Génie Civil et Habitat de
l'ESIGEC

Directeur de thèse : Pr Gilbert Hachard

Financement : ANRT - Bourse CIFRE

Durée : 3 ans (1997-2000)

Chef de projet CTBA : Georges Adjanooun, Pôle Construction

■ **Développement d'un outil d'aide au choix de solutions
constructives bois en phase précoce de construction**

Partenariat : CTBA, Laboratoire Génie Civil et Habitat de l'ESIGEC

Étudiant en thèse : Ludivine Mussier

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Génie Civil et Habitat de
l'ESIGEC

Directeur de thèse : Pr Jean-Claude Mangin

Financement : ANRT - Bourse CIFRE

Durée : 3 ans (1994-97)

Chef de projet CTBA : Frédéric Rouger, Pôle Construction

Résultats des Études et Recherches

L

L'activité Études & Recherches du CTBA est structurée autour de douze fonctions de recherche pour lesquelles les résultats sont présentés ci-après.

Il s'agit non seulement d'Études & Recherches conduites durant l'année 1997 - terminées ou en cours - mais également de travaux achevés en 1996 non encore diffusés à ce jour dans un rapport scientifique.

- **Exploiter** : techniques d'exploitation forestière, interactions sylviculture - exploitation forestière - environnement
- **Sécher** : qualification et technologies du séchage
- **Détecter** : détection de singularités sur bois massif et produits plats et optimisation de procédés
- **Qualifier** : qualification du bois massif et des matériaux à base de bois
- **Usiner** : qualité des surfaces usinées, durée de vie des outils de coupe, performances des matériels d'usinage
- **Préserver** : durabilité naturelle et conférée du matériau bois, lutte antitermites
- **Revêtir** : finitions extérieures et intérieures
- **Coller** : optimisation produits et surfaces, collage multimatériaux, procédés de collage
- **Construire-Assembler** : mécanique assemblages, mécanique structures, thermique - acoustique - feu, aspects technico-économiques de la construction
- **Élaborer** : amélioration des propriétés intrinsèques du matériau bois, élaboration de produits/matériaux à haute valeur ajoutée à base de bois et dérivés
- **Concevoir en Ameublement** : conception/design, ergonomie, caractérisation matériaux et produits
- **Environnement** : ressource, transformation, produits en service, produits en fin de vie, analyse du cycle de vie

La fonction de recherche *Exploiter* concerne les opérations d'exploitation forestière, de la récolte des bois à l'approvisionnement des industries de transformation. Elle se décompose en deux axes de recherche :

Rationalisation des techniques d'exploitation forestière

Il s'agit d'étudier :

- les performances de l'exploitation forestière, afin d'identifier notamment les gains de productivité potentiels, les améliorations qualitatives,...
- les aspects technico-économiques et qualitatifs liés à l'approvisionnement des centres de transformation,
- les possibilités d'évolution des méthodes de vente,
- les aspects socio-professionnels de la filière mobilisation.

Interactions sylviculture - exploitation forestière - environnement

Ces études visent à établir les meilleurs compromis possibles entre les intérêts environnementaux et/ou sylvicoles et les aspects technico-économiques de la mobilisation du bois dans le respect du rôle multi-fonctionnel des forêts.

Les moyens humains consacrés à cette fonction en 1997 sont de 3,8 équivalents temps plein (5700 heures de chercheurs et techniciens).

Rationalisation des techniques d'exploitation forestière

■ Influence de la longueur des bois ronds sur la productivité, les coûts d'exploitation et les rendements en scierie

Partenariat : ARMEF (coordinateur), CTBA

Financement : Ministère de l'Agriculture/DERF

Durée : 1 an (1996-97)

Chef de projet CTBA : Pierre Vautherin, Département Bois et Sciage

Rapport disponible sur demande

Le but de cette étude était de comparer les trois méthodes suivantes :

- abattage et mise à longueur sur les lieux de récolte en dimensions directement utilisables en scierie,
- abattage et mise à longueur sur les lieux de récolte en multiples de dimensions directement utilisables en scierie, puis tronçonnage sur les parcs à bois des usines utilisatrices,

- abattage et façonnage en toutes longueurs sur les lieux de récolte, puis mise à longueur en dimensions directement utilisables sur les parcs à grumes des scieries.

L'opération de mise en longueurs directement utilisables par les scieries ne peut être réalisée que dans un nombre limité de cas. Le billonnage sur parc à grumes permet une augmentation du rendement matière d'environ 6 %.

La chute de productivité moyenne des bûcherons lorsque les bois sont préparés sur le lieu de récolte en longueurs directement utilisables par les scieries, est d'environ 30 %. Financièrement, le billonnage sur parc à grumes dégage une marge supérieure à celle des deux autres méthodes.

■ Méthode de réception de bois de qualité secondaire par pesée

Partenariat : CTBA

Financement : Ministère de l'Agriculture/DERF

Durée : 1 an (1995-96)

Chef de projet CTBA : Pierre Vautherin, Département Bois et Sciage

Rapport disponible sur demande

La réception des bois ronds de second choix se fait principalement par la mesure du volume de chaque pièce [m³], ce qui représente un coût non négligeable.

L'objectif de cette étude était de permettre l'utilisation de la pesée comme mode de réception pour les bois d'œuvre, afin de réduire le coût de cette opération. Pour cela, des relevés ont été réalisés sur le terrain à diverses périodes de l'année, pour tenir compte de l'humidité initiale et finale des bois ronds.

Le résultat se présente sous forme de coefficients de conversion volume / poids pour le pin sylvestre, en fonction du diamètre des billons, de la largeur des cernes et de la période d'abattage.

■ Détermination du taux d'écorce du hêtre

Partenariat : CTBA

Financement : Ministère de l'Agriculture/DERF

Durée : 1 an (1995-96)

Chef de projet CTBA : Pierre Vautherin, Département Bois et Sciage

Rapport disponible sur demande

■ Détermination du taux d'écorce du peuplier

Partenariat : CTBA

Financement : Ministère de l'Agriculture/DERF

Durée : 1 an (1996-97)

Chef de projet CTBA : Pierre Vautherin, Département Bois et Sciage

Rapport disponible sur demande

Cette étude porte sur les possibilités techniques et économiques de la traction animale pour le débardage des bois et fait un état comparatif des dégâts occasionnés lors du débardage, selon les principales méthodes employées (traction mécanique et traction animale).

Interactions sylviculture - exploitation forestière - environnement

■ Harmonisation des recherches et optimisation des méthodes d'exploitation forestière, notamment en zone sensible - montagne (Action Concertée)

Partenariat : CTBA (coordinateur), FVA BW (DE), FVARP (DE), IF (AT), UPM (ES), ITL (IT), UT (IT), CBE (PT), NISK (NO), WSL (CH)

Financement : CE - AIR

Durée : 3 ans (1994-97)

Chef de projet CTBA : Didier Pischedda, Département Bois et Sciage

Rapport disponible sur demande

À l'heure européenne, les échanges entre les différents organismes de recherche sont amenés à se développer. Cependant, pour permettre une bonne lisibilité des études, il convient d'établir un langage commun pour s'assurer d'une interprétation cohérente des résultats.

Cette action concertée, destinée à faciliter les rencontres entre chercheurs européens, avait pour objectifs :

- de coordonner les recherches en cours dans le domaine de l'exploitation forestière,
- de proposer des méthodes d'exploitation optimales au regard des contraintes de l'environnement et de l'économie, en particulier en zones sensibles (montagne,...).

Les principaux résultats de cette action concertée sont :

- une description des études en cours dans chaque pays partenaire dans le domaine de l'exploitation forestière,
- un protocole harmonisé pour l'analyse des opérations de l'exploitation forestière,
- un séminaire international (voir rubrique Communications) sur le thème *Pratiques de l'exploitation forestière considérant les contraintes environnementales et économiques* regroupant des participants institutionnels, administratifs, des gestionnaires forestiers publics et privés, entrepreneurs, exploitants et industriels. Les actes du séminaire international sont diffusés par les partenaires dans leurs pays respectifs.

■ Interactions structures des peuplements - exploitation forestière ; cas des peuplements résineux en futaie régulière et jardinée (Franche-Comté)

Partenariat : CTBA

Financement : Ministère de l'Agriculture/DERF

Durée : 1 an (1995-96)

Chef de projet CTBA : Eric Constantin, Département Bois et Sciage

Rapport disponible sur demande

L'objectif de cette étude était de mieux cerner les relations entre l'exploitation forestière et la structure de peuplement jar-

dinée des résineux de Franche-Comté, la futaie régulière étant utilisée comme référence. Les conclusions de ce travail concernent trois points principaux :

- les types de coupe représentatifs d'une structure du peuplement,
- les performances de l'exploitation forestière selon les types de coupe,
- le choix du mode de traitement sylvicole.

La notion de structure de peuplement est purement schématique ; il existe en fait plusieurs types de structures, tant réguliers que jardinés. Cependant, il est possible d'associer un type moyen d'opération sylvicole à chacune de ces structures ; deux classes de coupes en futaie jardinée et trois en futaie régulière ont ainsi été individualisées.

Le suivi de chantiers représentatifs des structures de peuplement a permis de collecter des données, source d'une modélisation des performances de l'exploitation forestière. Les calculs correspondent à des conditions moyennes sur la zone et nécessitent parfois un ajustement selon les particularités de certaines coupes.

Le principal facteur de la structure du peuplement influant sur les coûts de l'exploitation forestière est la répartition des diamètres - donc des volumes - coupés. Interviennent en second lieu la branchaison et la densité de prélèvement à l'hectare.

Les dommages colatéraux provoqués par l'exploitation forestière ne semblent pas, sur l'une ou l'autre structure de peuplement, engendrer de conséquences nuisibles à la pérennité du peuplement.

Du point de vue purement économique, la futaie jardinée, sur les massifs sélectionnés, connaît une rentabilité légèrement supérieure à celle de la futaie régulière.

Néanmoins, chaque mode de traitement a son rôle à jouer dans la diversité des paysages, des habitats de la faune et de la flore et dans la production de bois. De plus, ces deux systèmes de production ne sont pas antagonistes, mais représentent toute une continuité des structures de peuplement.

L'apport de l'aspect économique résultant de cette étude, permet de guider le gestionnaire dans le choix entre les deux modes de traitement, lorsque le peuplement le permet et dans des conditions similaires à celles de l'étude.

■ Évaluation des impacts des opérations de récolte sur les sols forestiers

Partenariat : CTBA

Financement : ONF

Durée : 6 mois (1997)

Chef de projet CTBA : Eric Constantin, Département Bois et Sciage

Rapport disponible sur demande

L'objet de cette pré-étude était de tester les méthodes de recueil des données à partir de l'étude d'un cas concret et significatif. L'objectif final est la rédaction d'un document pratique à destination du gestionnaire et des opérateurs de la récolte, leur permettant de diagnostiquer une situation et de mettre en œuvre des mesures de prévention pertinentes.



■ Techniques pour une gestion multifonctionnelle durable de la forêt de montagne

Partenariat : CEMAGREF Grenoble (coordinateur), ONF (FR), ITL (IT), IRL (IT), CTBA

Financement : CE - LIFE

Durée : 3,5 ans (1994-98)

Chef de projet CTBA : Didier Pischedda, Département Bois et Sciage

Ce projet de démonstration a pour but d'identifier les conséquences techniques et économiques de l'intégration effective de l'ensemble des fonctions de la forêt de montagne dans le cadre d'une gestion globale. En effet, compte tenu des contraintes physiques et économiques, la forêt de montagne fait de plus en plus l'objet d'une gestion extensive au risque de perturber la réalisation de l'ensemble de ses fonctions (protection, sociales, production, paysage,...).

Sur des sites pilotes situés dans les Alpes françaises et italiennes, les conditions d'une gestion optimale - dont l'exploitation forestière fait partie intégrante - ont été établies par une prise en compte interactive de tous les rôles habituellement dévolus à la forêt de montagne.

Les trois sites choisis ont été exploités entre l'automne 1996 et la fin 1997. Les suivis de chantiers et les analyses qui en découlent sont réalisés par le CTBA. Un volet communication et diffusion des résultats fait partie intégrante du programme LIFE. Des articles ont paru dans la presse spécialisée et des sessions de formation ont été organisées.

Il s'agissait donc d'expérimenter, d'une part par un raisonnement visant à l'identification d'une situation problématique et par la mise en place d'un système de récolte *a priori* adapté, d'autre part, par la confirmation du bien-fondé des solutions mises en œuvre par des mesures scientifiques liées à l'évolution du sol au sens physique et pédologique.

Le système mis en place est intéressant même si des évolutions restent possibles ; il est régulièrement utilisé en Champagne-Ardennes, et potentiellement reproductible dans les autres régions.

Pour la suite, considérant la bibliographie internationale qui ne permet pas de dégager de véritables certitudes, deux pistes peuvent être envisagées :

- l'étude de cas : diagnostics des situations notoirement problématiques ; cette piste peut permettre de répondre à des préoccupations spécifiques, cependant, elle ne permet pas d'avancer véritablement dans cette problématique,
- l'étude lourde : classification des sols forestiers en fonction de leur portance et réaction aux circulations d'engins forestiers.

Il est effectivement nécessaire de définir plus avant la « portance » d'un sol forestier pour identifier objectivement - scientifiquement - les classes de sensibilité d'un sol. Un tel travail est un préalable indispensable à l'établissement d'un guide pratique à l'usage des opérateurs forestiers.

Parallèlement à ce travail de fond, des réflexions pourraient être engagées entre les différents partenaires de la filière pour inventorier les initiatives locales par rapport à ce problème et identifier les vraies questions.

Techniques pour une gestion multifonctionnelle durable de la forêt de montagne.



Fonction sécher

Animateur : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage

Le séchage représente une activité importante dans la transformation du bois car il est devenu une des conditions indispensables à la commercialisation de la plupart des sciages. Il a pour objectif d'amener le taux de siccité du matériau à l'humidité d'équilibre correspondant aux conditions de sa mise en œuvre.

La conduite d'un séchage de qualité consiste à combiner un ensemble d'opérations élémentaires, pour ajuster les moyens aux objectifs de l'entreprise.

Le séchage peut évoluer pour devenir prévisible, mesurable et reproductible, sachant que :

- la variabilité du matériau est un fait incontournable,
- les transferts de masse et de chaleur répondent à des règles connues,
- les séchoirs ont des possibilités inégales liées au procédé utilisé et à la conception même du matériel,
- les références pour qualifier les résultats obtenus sont maintenant validées et reconnues par la plupart des opérateurs.

Les actions du CTBA dans ce domaine portent principalement sur deux axes :

- qualification du séchage et outils de métrologie,
- développement des technologies de séchage.

Les moyens humains consacrés à cette fonction en 1997 sont de 3,9 équivalents temps plein (5900 heures de chercheurs et techniciens).

Qualification du séchage et outils de métrologie

- Amélioration des systèmes de mesure et d'essai d'humidité pour le contrôle du process et de la qualité du bois séché - « IMCOPCO »

Partenariat : BFH (DE) (coordinateur), DTI (DK), NTI (NO), Trätekt (SE), VTT (FI), TNO (NL), Boku (AT), Brookhuis (NL), CTBA

Financement : CE - Normes, Mesures et Essais

Durée : 4 ans (1996-99)

Chef de projet CTBA : Daniel Aléon, Département Bois et Sciage

Les objectifs de ces travaux sont d'analyser les exigences des industriels européens en matière de qualité de séchage, de tester et d'améliorer les systèmes de mesure de l'humidité du bois, et de concevoir des méthodes pratiques pour l'estimation de la qualité du séchage.

Les normes existantes relatives à la qualité du séchage et aux exigences en matière d'humidité ont été identifiées pour les différentes branches de transformation du bois. Deux tests pratiques d'estimation de la qualité du séchage en site industriel ont également été réalisés. Pour déterminer la qualité d'un lot, les critères de qualité préconisés par le *European Drying Group* ont été retenus. La méthode d'échantillonnage a été celle définie dans le projet de norme européenne CEN pr EN 12169 *Criteria for assessment of conformity of a lot of sawn timber*.

- Influence de la sylviculture intensive du chêne sur ses propriétés mécaniques et physiques ; comportement au séchage - « OAKKEY »

Partenariat : INRA Nancy (FR) (coordinateur), Forestry Commission (GB), Université de Reims (FR), ENGREF Nancy (FR), CIRAD (FR), ONF (FR), Tecebois (FR), Freiburg Universität (DE), Institut für Forstbenutzung (DE), Göttingen Universität (DE), Danzer Furnierwerke (DE), Wien Universität (AT), CTBA

Financement : CE - FAIR

Durée : 4 ans (1996-99)

Chef de projet CTBA : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage

Cette recherche a pour objectif de déterminer l'influence du type de sylviculture du chêne sur ses propriétés mécaniques et physiques.

Un suivi en site industriel d'un séchage de chêne de 54 mm d'épaisseur de deux provenances différentes (Allemagne) a été effectué, ainsi qu'un suivi en séchoir expérimental de deux séchages dissymétriques de sciages de chêne de 13 mm d'épaisseur des mêmes provenances.

Il résulte de ces différentes expérimentations une moindre aptitude au séchage pour les bois à forte largeur de cernes.

- Modélisation du comportement du bois à haute température - « THERMO »

Partenariat : Université Montpellier LMGC (coordinateur), ENGREF, LRBB, CTBA

Financement : ADEME (Programme Concerté Bois)

Durée : 1,5 ans (1997-98)

Chef de projet CTBA : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage

Ces travaux de recherche portent sur l'étude du comportement mécanique - notamment mécanosorptif - du bois à haute température. Deux domaines d'application sont prévus, correspondant aux deux aspects des conditions non standard dans le bois : les hautes températures et/ou les grandes déformations.

Une étude bibliographique sur le comportement du bois à haute température a été réalisée par le CTBA :

- l'influence de la température sur le comportement différé (ou viscoélastique « pur », c'est-à-dire à humidité constante) du bois est décrite avec un rappel des principales transitions dans le bois et le principe d'équivalence temps/température,
- l'influence de l'humidité est ensuite décrite au moyen de « diagrammes transitionnels », (diagrammes donnant la fréquence en fonction de $1/T$) en précisant la position d'un essai de fluage dans ce type de représentation,
- les principales caractéristiques et le mode de représentation du comportement mécanosorptif sont rappelés, notamment l'indépendance temporelle de la déformation mécanosorptive, la linéarité avec la charge, la problématique de l'état limite et de l'état transitoire,
- les mécanismes physiques pouvant être mis en jeu sont rappelés, en distinguant les déformations produites par des interactions entre les polymères constitutifs du bois et l'eau (effet du matériau) et des déformations propres à l'anatomie du bois (effet de structure) ; la possible influence du changement de température du matériau associé à la sorption est enfin évoquée.

Des essais préliminaires ont été engagés. Des essais de fluage en flexion seront effectués sur des éprouvettes dites « isocontraintes », chaque essai étant mené en deux phases : taux d'humidité constant de 15 %, puis cycles mécanosorptifs 10 - 15 %.

■ Séchage des petits bois de pin maritime

Partenariat : CTBA (coordinateur), LRBB, Escobois

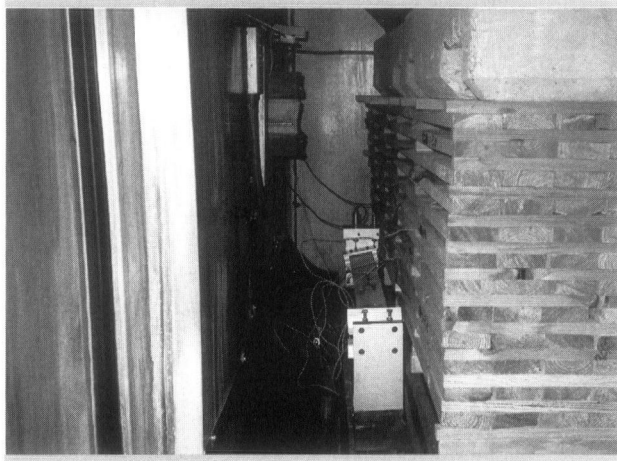
Financement : Etat et FEDER/DRAF Aquitaine - Industriel

Durée : 6 mois (1997)

Chef de projet CTBA : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage
Synthèse disponible sur demande

Le principal obstacle rencontré dans la valorisation des petits bois est la déformation importante des sciages après séchage. Le gauchissement génère environ 16 % de rebut dans les applications parquet-lambris. La modification empirique des tables de séchage standard appliquées sur des séchoirs industriels à moyenne et haute température ne donne pas de résultats significativement meilleurs et reproductibles d'un cycle à l'autre. Afin d'aboutir à des solutions

Séchage de sciages issus de petits bois de pin maritime ; mesures des déformations.



industrielles viables, il est nécessaire d'étudier de façon objective et mesurable l'influence du mode de séchage des petits bois sur leurs déformations. Les dimensions des sciages incriminés sont les suivantes : épaisseur 27 mm, largeur 85 mm, longueur 2 m.

La contribution de l'anatomie du matériau au gauchissement des sciages est importante lorsque le coeur de la grume est présent dans le sciage. Cette configuration est souvent rencontrée sur des sciages orientés sur faux-quartier et sur quartier. D'autres paramètres tels que la densité, les nœuds, la fibre torse ou la largeur de cerne ne sont pas significativement responsables du gauchissement des sciages.

Diverses conditions de séchage sont expérimentées sur des sciages de longueur commerciale ($l=2m$) pour minimiser l'importance du phénomène de gauchissement :

- des conditions de séchage, dites conventionnelles, qui consistent à « durcir » les conditions de l'air au fur et à mesure que l'humidité du bois diminue, à moyenne température ($T=60^{\circ}C$) et à haute température ($T>120^{\circ}C$),
- des conditions de séchage qui alternent des phases de séchage et d'humidification,
- des conditions de séchage qui débutent par une phase à humidité saturante simulant une période d'étuvage.

Les résultats montrent que les conditions de séchage ne modifient pas sensiblement la distribution du gauchissement compte tenu de la variabilité du matériau. Quel que soit le traitement de séchage appliqué, la proportion de sciages présentant le plus de gauchissement ($GAUCH > 15 mm$) reste inchangée, de l'ordre de 20 % des sciages.

L'augmentation de la température est, en revanche, très favorable pour diminuer la flèche de face. Cependant, les conditions de séchage ne modifient pas l'aptitude à la déformation des sciages en flèche de chant. Des chargements mécaniques limitent le gauchissement des sciages de façon significative.

Les conditions de séchage n'apparaissant pas comme un moyen pour s'affranchir du gauchissement des sciages de pin maritime issus de petits bois, il faut envisager d'autres pistes de recherches. A défaut de pouvoir supprimer les vrillages, il est possible de les limiter en définissant des conditions souhaitables pour le processus.

Développement des technologies de séchage

■ Séchage du chêne à l'état vert sous vide partiel en vapeur surchauffée pour éviter les discolorations - « DRAKUM »

Partenariat :

Consortium d'industriels : Tarteret (FR), S.R.C. (FR), Reinlein (DE), Chapar (ES), APECF (FR), EDF (FR)

Fournisseurs R&D : CTBA (coordinateur), IWT (DK), LRBB (FR), LEPT (FR)

Financement : CE - Brite-Euram/CRAFT, consortium d'industriels
Durée : 2,5 ans (1994-96)

Chef de projet CTBA : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage
Synthèse disponible sur demande

La finalité de cette étude était de mettre au point un procédé de séchage du chêne permettant d'éviter discolorations et dégradations mécaniques.

Les conditions de séchage ont été optimisées grâce à des simulations numériques. Après des suivis de séchage dans un prototype industriel, les performances technico-économiques du séchage sous vide d'air en vapeur surchauffée ont été comparées à celles du séchage « conventionnel ».

Les discolorations sont minimisées dans ce procédé de séchage. Le principal risque de dégradations mécaniques est le collapse. Celui-ci a été évité par une alternance de très forte humidité relative (HR = 97 %) et d'une humidité relative un peu plus faible (HR = 90 %) jusqu'à ce que le bois atteigne le point de saturation des fibres (30 % d'humidité). Pour des bois d'épaisseur supérieure à 50 mm, des fentes et des déformations ne peuvent être évitées que si le bois subit préalablement au séchage artificiel un ressuyage jusqu'à 40 - 50 % d'humidité et, dans ce cas, le risque de discolorations existe si le ressuyage à l'air libre est effectué en période chaude.

Sur le plan économique, ce procédé de séchage est compétitif vis-à-vis des procédés de séchage à pression atmosphérique pour des bois à l'état vert de 27 mm d'épaisseur et pour un volume annuel de bois séchés supérieur à environ 1500 m³.

■ Choix de la nature et la géométrie des baguettes - conséquences sur la qualité des sciages séchés

Partenariat : CTBA

Financement : ADEME, Région Picardie, Industriels

Durée : 1,5 ans (1995-96)

Chef de projet CTBA : Patrick Joyet, Département Bois et Sciage

Synthèse disponible sur demande

Le hêtre est très apprécié pour sa couleur claire et uniforme. Cependant, c'est aussi une essence sensible aux colorations, notamment aux taches de baguettes pour des sciages blancs.

Une enquête réalisée en Europe par le CTBA, montre que cette dégradation affecte 12 % des sciages de hêtre, soit un volume estimé en France à 86000 m³ par an. Avec une hypothèse de prix de vente moyen du hêtre à 2 000 FF/m³, la perte annuelle à l'échelle nationale serait de 33 MF. La perte annuelle par entreprise serait d'environ 335 KF.

Faute de solutions reconnues pour résoudre ce problème, 11 essences et 19 sections différentes sont utilisées pour la fabrication des baguettes en bois. Les essences les plus employées pour réaliser les baguettes sont le sapin/épicéa, le hêtre et le peuplier avec respectivement 27 %, 21 % et 13 % de parts sur l'ensemble des baguettes en bois. Les sections les plus employées sont le 27x27mm et 20x20mm.

Les expériences acquises dans les scieries et dans les laboratoires du CTBA sont instructives pour énoncer des lois générales sur les conditions d'apparition des taches sur le hêtre. La réduction du risque de taches de baguettes sur les sciages de hêtre au stade industriel passe actuellement par :

- des tables de séchage douces (durée de cycle majorée),
- un dimensionnement précis du séchoir pour satisfaire les conditions de séchage demandées,
- le ressuyage accéléré des sciages,
- l'utilisation de baguettes en bois blancs secs.

La forme de la baguette est un paramètre secondaire dans l'apparition des taches.

■ Optimisation du séchage des palettes et qualification de leur taux d'humidité - « PALSEC »

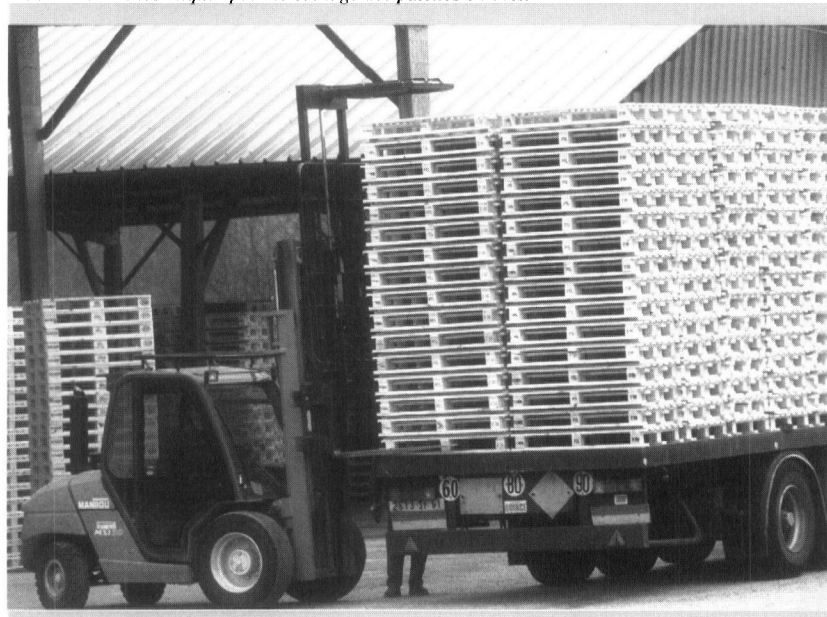
Partenariat :

Consortium d'industriels : TECHNIPAL (FR) et 12 autres industriels français, allemands, anglais, belges, espagnols, irlandais, portugais, SYPAL (FR), EDF (FR) ;

Fournisseurs R&D : CTBA (coordinateur), ITIME (PT), NARDI (I)

Financement : CE - TIM-Brite-Euram/CRAFT, consortium d'industriels

Le projet Palsec a réuni de nombreux partenaires européens et permis de proposer aux industriels des solutions techniques pour le séchage des palettes en bois.



Durée : 2 ans (1996-98)

Chef de projet CTBA : Patrice Chanrion, Département Bois et Sciage

Publication CTBA : « Séchage et qualification de l'humidité des palettes en bois » (Librairie du CTBA)

Les fabricants de palettes, les scieries productrices de sciages à palettes, et même les réparateurs doivent satisfaire les exigences croissantes de leurs clients en termes de qualité. A ce titre, en quelques années, le séchage des palettes est devenu une préoccupation forte dans la plupart des pays européens producteurs de palettes. Il convenait donc de progresser rapidement sur ce thème et plus particulièrement :

- d'analyser les besoins réels des utilisateurs en termes d'humidité,
- de qualifier l'humidité d'une palette et d'un lot de palettes,
- de définir les caractéristiques des procédés de séchage adaptés aux palettes.

Quel que soit le secteur utilisateur - industrie pharmaceutique, agro-alimentaire, grande distribution, etc. - les exigences en termes d'humidité apparaissent dès lors que les produits ou leur conditionnement présentent un caractère hydrophile. Il s'agit alors de préserver le contenu et le contenant. Cependant, les exigences sont très variables d'un secteur à l'autre, voire au sein d'un même secteur. Dans la majorité des cas, les utilisateurs de palettes « sèches » expriment plutôt des exigences de résul-

tats que de moyens. Mais la pratique des flux tendus, qui impose des délais de livraison très courts et des taux d'humidité relativement bas (parfois en-dessous de 20 %), favorise le développement du séchage artificiel. En ce qui concerne les normes et spécifications européennes, aucun document n'est à ce jour consacré uniquement à l'humidité des palettes en bois.

L'ensemble des travaux qui ont été effectués a permis d'obtenir de multiples résultats techniques, entre autres :

- la définition de l'humidité d'une palette en bois et l'élaboration d'une méthode pratique et rapide d'estimation de l'humidité d'une palette EUR 800 x 1200 mm et d'un lot de palettes ;
- l'identification des facteurs influençant le séchage naturel et l'élaboration d'un logiciel permettant de déterminer les temps de séchage ainsi que les coûts de revient correspondants ;
- la définition des conditions optimales pour le séchage des palettes, des domaines préférentiels d'utilisation des procédés de séchage existants, la mise au point d'un nouveau procédé de séchage : le séchoir en continu (réservé aux grosses productions).

Pour les fabricants européens de palettes, ces résultats constituent une aide pour la préparation d'un projet d'investissement de séchoir, et fournissent des éléments facilitant le dialogue avec les constructeurs pour sécher au moindre coût.

Fonction Détecter

Animateur : Robert Golja, Pôle Productique

La fonction de recherche *Détecter* concerne la conception et le développement de systèmes de détection de défauts et de singularités du bois massif et des matériaux à base de bois. Les objectifs visent à automatiser le classement des produits, optimiser le rendement matière et améliorer la rentabilité.

Depuis dix ans, le Pôle Productique du CTBA a mis au point de nombreuses applications fondées sur la vision industrielle, en particulier pour détecter et reconnaître automatiquement les singularités du bois. Scanwood, produit de référence du CTBA Pôle Productique, est, à ce jour, commercialisé à plus de 30 exemplaires et ce, dans une douzaine de pays différents.

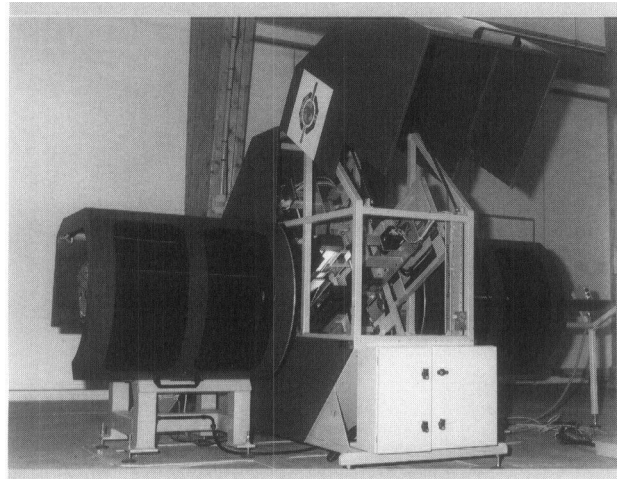
Pour la fonction détecter, la R & D s'organise autour des moyens humains suivants :

- des thésards, effectuant des recherches de fond, notamment en ce qui concerne la mise au point de nouveaux types d'algorithmes de traitement d'images,
- des ingénieurs de développement, chargés de réaliser et d'industrialiser les nouvelles générations de scanners (Qualiscan, Scanwood LCS).

Cette activité de recherche et développement vise quatre objectifs :

- améliorer les produits existants en termes de capacité de détection et de discrimination des singularités,
- accroître les performances des produits (nombre de pièces analysées par minute), afin d'être en adéquation avec les capacités toujours croissantes des lignes de production,
- faciliter l'utilisation des systèmes par une meilleure ergonomie,
- répondre à de nouveaux besoins clients par la création de nouveaux produits.

Scanwood LCS, version tronçonnage.



- Deux voies de recherche sont menées en parallèle :
- amélioration des algorithmes de traitement d'images,
 - multiplicité des sources d'information (capteurs).

L'expérience acquise au cours de ces 10 années de R & D montre que l'utilisation simultanée de plusieurs types de capteurs permet d'améliorer significativement les performances de ces machines.

Ce concept multicapteur exploite aujourd'hui les technologies suivantes :

- vision linéaire couleur,
- imagerie laser.

Par ailleurs, l'imagerie à base de rayons X semble prometteuse. Par son principe même, cette technologie est insensible à l'état de surface du matériau bois, et complète donc l'information fournie par les caméras.

Les moyens humains consacrés à cette fonction en 1997 sont de 6,1 équivalents temps plein (9100 heures de chercheurs et techniciens).

Détection de singularités sur bois massif

■ Application d'un système de profilométrie laser - « PROFILASER II »

Partenariat : CTBA

Financement : Auto-financement CTBA

Durée : 1 an (1997-98)

Chef de projet CTBA : Robert Golja, Pôle Productique

La version de base de Scanwood est un scanner couleur capable de détecter automatiquement les défauts d'aspects sur les quatre faces d'une pièce de bois (nœuds, fentes, flaches, colorations diverses, poches de résine, moelle, etc.). Les applications sont multiples : tronçonnage, délignage ou classement automatisé de pièces.

Sur la base des développements réalisés en 1996 dans le cadre du projet de recherche Profilaser, le Pôle Productique a développé en 1997 un capteur additionnel permettant :

- le contrôle de la géométrie de la pièce au défilé, par une technique de profilométrie laser consistant à projeter sur la pièce analysée un plan laser dont on observe les déformations à l'aide d'une caméra matricielle ; ceci assure la détection automatique de manques de matière (éclats, ...),
- une meilleure détection des nœuds sains clairs : la détection de ce type de défaut étant rendue difficile par son faible contraste par rapport au bois sain, l'illumination de la pièce à l'aide de laser infrarouge renforce ce contraste et met ainsi en évidence les nœuds sains clairs.

Ce capteur exploite une caméra dite « intelligente », intégrant une capacité de traitement embarquée. Présenté en

avant-première à la LIGNA de Hanovre en 1997, ce capteur positionne le CTBA comme un acteur majeur de ce secteur et lui ouvre de nouveaux marchés.

Deux SCANWOOD LCS ont été livrés en 1997 respectivement aux États-Unis et au Québec. Trois autres scanners sont en commande à destination du Canada (Colombie Britannique) et du Danemark.

■ Etude, réalisation et test d'un scanner d'analyse de sciages permettant de piloter des trieurs de haute production - « QUALISCAN »

Partenariat : CTBA (coordinateur), GEC Alstom (AU), SIAT (FR), Schweighofer (AU)

Financement : Eurêka / ANVAR

Durée : 4,5 ans (1994-98)

Chef de projet CTBA : Frédéric Gardeux, Pôle Productique

Le programme Qualiscan consiste à étudier, réaliser et industrialiser un scanner permettant de piloter des trieurs en scierie. Il s'agit de trier :

- des pièces de résineux (sapin, pin, épicéa) en sortie scierie (bois vert),
- des pièces dont les dimensions sont variables (2-6 m x 60-300 mm x 12-140 mm),
- à une cadence de 60 à 180 produits / minute.

Cette dernière année de recherche a permis des améliorations techniques, en termes qualitatifs et en termes de performance d'analyse :

- un système d'éclairage spécifique révèle de façon fiable les flaches,
- des algorithmes adaptatifs de traitement d'images améliorent la qualité de détection des défauts présentant des couleurs similaires au bois sain, et rendent le scanner moins sensible aux variations d'épaisseur des bois,
- la cadence d'analyse des pièces est actuellement la suivante :

Longueur	Largeur		
	120 mm	200 mm	300 mm
3 m	140 prod/min	120 prod/min	90 prod/min
4 m	120 prod/min	100 prod/min	80 prod/min
5 m	100 prod/min	90 prod/min	80 prod/min

L'intégration de l'INP1000 (voir l'étude sur les algorithmes de traitement d'images) permettra d'améliorer ces performances.

La recherche de solutions pour rendre compatibles, les matériels avec une ambiance industrielle difficile est également un travail permanent :

- coffrets climatisés pour les caméras,
- stabilisation des dérives d'éclairage liées à des variations de température importantes (-5° C à +30° C),
- isolation des composants pour atténuer les perturbations électromagnétiques.

Les tests se poursuivent sur le site pilote de la scierie SIAT. Le scanner est désormais couplé à la ligne de tri et permet d'effectuer des essais comparatifs entre le tri automatique et le tri manuel réalisé par l'opérateur.

Un système sera prochainement installé dans la scierie Schweighofer.

■ Recherche et développement d'algorithmes de traitement d'images pour le contrôle de qualité dans l'industrie du bois

Partenariat : CTBA, CRAN Nancy

Etudiant en thèse : Laurent Marcellin

Laboratoire d'accueil : ENSEM

Directeur de thèse : Pr René Husson et Pr Didier Wolff

Financement : ANRT - Bourse CIFRE

Durée : 3 ans (1994-97)

Chef de projet CTBA : Raphaël Vogrig, Pôle Productique

Mémoire de thèse

Cette étude porte sur l'élaboration d'algorithmes de détection des singularités du bois, difficiles à déceler par des approches classiques.

La première phase consiste à évaluer des approches multi-résolutions, de type pyramide d'images et ondelettes :

- l'approche hiérarchique, ou pyramide d'image, a pour but d'analyser simultanément l'image avec différents niveaux de résolution (taille des pixels) selon les défauts à détecter ; la méthode se rapproche du comportement visuel humain,
- les ondelettes permettent de compresser l'image sans perdre l'information pertinente ; clairement, il s'agit de diminuer le quantitatif au profit du qualitatif. Cette réduction d'informations permet d'effectuer des traitements plus rapides pour une puissance de calcul donnée (ainsi, un filtre ondelette à quatre coefficients réduit l'information image d'un facteur 4).

La seconde phase de l'étude est axée sur la mise en œuvre de ces algorithmes en intégrant les contraintes temps réel. En collaboration avec le CEA, un circuit électronique rapide a été

Scanner d'analyse de sciages pour pilotage de trieurs de haute production.



mis au point. Il est compatible avec l'architecture informatique utilisée actuellement pour les produits Scanwood et Qualiscan. L'apport essentiel de ce module est sa capacité à traiter au défilé et en deux dimensions les données images provenant des caméras. Ce composant est par exemple capable d'effectuer une moyenne 63x63 pixels à 13 mégapixels par seconde, ou une ouverture morphologique d'une taille 31x31 à la même cadence.

La dernière phase a pour objet la recherche des paramètres les plus caractéristiques afin de qualifier les singularités du bois (nœuds sains, nœuds cernés, etc.). L'utilisation de différents espaces de représentation des images a permis d'extraire 154 paramètres par objet. L'intégration de ces paramètres au sein d'un processus statistique (ACP) conduit à éliminer les redondances entre paramètres, et à n'en retenir qu'une quinzaine.

Ces travaux ouvrent de nouvelles voies pour l'amélioration des systèmes et se poursuivent dans le cadre de l'étude sur la fusion de données multisources (voir ci-après).

■ Fusion de données multisources appliquée à la détection et l'identification de défauts sur le matériau bois

Partenariat : CTBA, CRAN Nancy

Étudiant en thèse : Jean-Christophe Joly-Vuillemin

Laboratoire d'accueil : ENSEM

Directeur de thèse : Pr René Husson et Pr Didier Wolff

Financement : ANRT - Bourse CIFRE

Durée : 3 ans (1996-99)

Chef de projet CTBA : Robert Golja, Pôle Productique

Ces recherches sont orientées sur le développement d'algorithmes de fusion de données destinés à combiner les informations produites par les systèmes de vision multicateurs

(Scanwood LCS). L'étude reprend les travaux effectués sur le développement d'algorithmes de traitement d'images.

La première phase consiste à définir les différentes sources d'information. Le choix de ces sources est primordial. Celles-ci doivent remplir deux conditions : la redondance permettant de pallier la défaillance d'un capteur et la complémentarité permettant de tendre vers l'exhaustivité de l'ensemble des singularités identifiables. Les sources d'information peuvent être qualitatives ou quantitatives. Des informations qualitatives relatives à la connaissance a priori du matériau bois et aussi à la connaissance à un instant donné de l'état des différents capteurs sont introduites dans le processus d'analyse. Par exemple, dans le cas d'un lot de bois qui semble très sale ou d'un capteur qui n'est plus relié au système, il est important de prendre en compte cette information afin d'éviter des fausses détections.

La deuxième phase a pour objet la mise en œuvre des algorithmes classiques de fusion de données en intégrant les contraintes temps réel. Deux principes de fusion ont été choisis afin de répondre au problème : la théorie probabiliste et la théorie de Dempster-Shafer ou théorie des croyances.

Ces deux méthodes mettent à disposition des stratégies permettant de fusionner des données issues de différentes sources d'information et permettent de modéliser la connaissance concernant un événement. En particulier, la théorie des croyances prend en compte ce qui reste inconnu et représente parfaitement ce qui est déjà connu. À ce titre, elle est qualifiée de science cognitive par rapport à la théorie des probabilités qui, elle, est qualifiée de science décisionnelle.

En conclusion, ces travaux doivent accroître la fiabilité de la détection par une approche multisources, que celle-ci soit quantitative ou qualitative.

La fonction *Qualifier* couvre l'étude du comportement mécanique du bois massif et des matériaux dérivés à base de bois.

Le comportement mécanique du bois massif est étudié sous les deux aspects suivants :

- interactions entre la sylviculture et les propriétés mécaniques du matériau,
- améliorations des méthodes de classement pour une utilisation du bois en structure.

Dans le cas des matériaux composites à base de bois (contre-plaqués), l'approche mécanique consiste à :

- développer les méthodes de caractérisation du comportement physique,
- améliorer les performances du matériau.

Les travaux de la fonction s'orientent vers les trois objectifs suivants :

- Généralisation de l'étude du comportement des matériaux bois et dérivés dans les domaines : mécanique, acoustique, aspect et texture, thermique. L'acquisition de ces données est fondamentale pour les autres fonctions de recherche du CTBA.
- Développement des matériels de mesure de ces propriétés et mise en place de pilotes industriels (classement mécanique par machine des avivés).
- Interprétation des résultats expérimentaux au moyen de logiciels d'intelligence artificielle.

Les moyens humains consacrés à cette fonction en 1997 sont de 5,3 équivalents temps plein (8000 heures de chercheurs et techniciens).

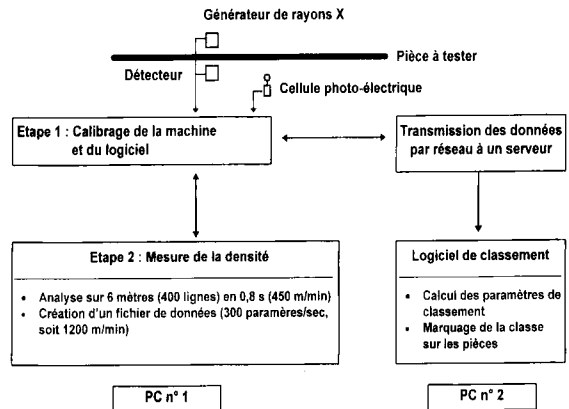
Qualifier le bois massif

■ **Amélioration des méthodes de classement pour le bois de structure par des techniques non destructives - « TIMGRAD »**

Partenariat :

Consortium d'industriels : Ets Robert Weisrock, Tanguy, Paul Gauthier, CMBP, Eurolamelle, James, Mathis, Barlet Frères, (FR), Swedish Wood Exporters Assn., JK Trä, Anderssons Sågverk, Ingarp's Trävaror, Limmareds Skogar, Erson Engineering, (SE), Forestry Commission, James Jones & Sons, BSW, Measuring Process Control, Temach, (GB) ;

Chaîne de classement basée sur la mesure de la densité en continu avec un densimètre à rayons X.



Fournisseurs R&D : CTBA (coordinateur), BRE (GB), SNRTI (SE)
Financement : CE - Brite-Euram/CRAFT, consortium d'industriels

Durée : 2,5 ans (1995-97)

Chef de projet CTBA : Jean-Denis Lanvin, Pôle Construction

Rapport disponible sur demande

L'objectif de cette étude était de :

- fiabiliser les méthodes de classement « machine » en mesurant les propriétés biologiques du bois par des moyens de contrôle non destructif,
- solliciter les poutres jusqu'à la rupture,
- développer des techniques d'analyse plus élaborées afin de déterminer avec fiabilité la classe de résistance du matériau.

À l'issue des travaux, la performance de la technologie des rayons X pour le classement mécanique a été mise en évidence. Sur l'échantillonnage testé, on a su en effet démontrer qu'un tel classement permet de multiplier par cinq le rendement en classe supérieure.

Compte tenu de ces résultats, le CTBA s'est engagé avec plusieurs partenaires industriels dans le développement d'une machine industrielle qui devrait être commercialisée avant la fin de l'année 1998.

■ **Qualification de la ressource nationale : pin sylvestre**

Partenariat : CTBA (coordinateur), ONF, CRPF, Régions

Financement : Ministère de l'Agriculture, DERF, Régions

Durée : 4 ans (1994-98)

Chef de projet CTBA : Rémy Cholat, Pôle Construction

Rapports disponibles sur demande

Les campagnes nationales de qualification de la ressource forestière française en vue de son utilisation en structure ont été poursuivies avec le pin sylvestre. L'échantillonnage concerne

cette fois cinq régions : Limousin, Alsace, Auvergne, PACA, Centre. La connaissance des propriétés mécaniques du pin sylvestre valorise l'utilisation de la ressource française par rapport aux importations.

Des tests physiques et mécaniques - nodosité, densité, traction, flexion - portant sur 2000 pièces en dimensions commerciales permettront d'établir les niveaux moyens et extrêmes de résistance.

Les résultats ont été intégrés dans la norme française NF B 52-001 en conformité avec les normes de classement européennes. La parution de la nouvelle version de cette norme est prévue pour fin 1998.

Les travaux concernant les régions Limousin, Auvergne, PACA et Alsace sont terminés. La sélection des arbres, le débit des éprouvettes et les essais seront réalisés en 1998 pour la région Centre.

■ Comportement mécanique en structure des bois ronds de petit diamètre

Partenariat : VTT (FI) (coordinateur), Agricultural Research Centre (FI), TU Delft (NL), University of Surrey (GB), Universität für Bodenkultur (AT), CTBA

Financement : CE - FAIR

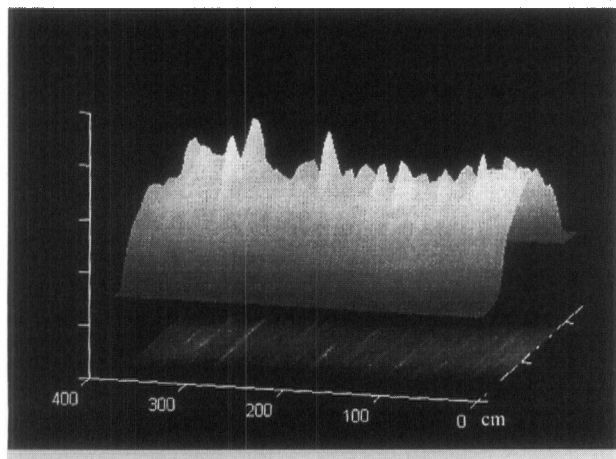
Durée : 2 ans (1997-98)

Chef de projet CTBA : Georges Adjanohoun, Pôle Construction

L'objectif majeur de ce programme est de développer des systèmes constructifs utilisant les bois ronds de petit diamètre. Ceux-ci étant actuellement dédiés principalement à la trituration, une valorisation en structure pourrait être possible. En effet, les bois ronds sont disponibles en quantité à un faible coût, ce qui rend leur utilisation intéressante du point de vue de la valeur ajoutée potentielle.

Le CTBA intervient dans la qualification de bois ronds en Douglas et développe les techniques de mesures non destructives, de manière à proposer les classements optimaux de la ressource, ainsi que dans la promotion des systèmes constructifs.

Densité point par point du billon : en bas, cartographie générée par les rayons X ; en haut, représentation en volume de la cartographie.



Cette recherche a permis une sensibilisation des industriels à la problématique des bois ronds utilisables en structure, via une étude de marché et la présentation des résultats d'essais (flexion, traction, compression) pour les codes de calculs.

■ Développement de l'utilisation de l'épicéa commun ; amélioration des logiciels de simulation des caractéristiques physiques et mécaniques

Partenariat : SLU (SE) (coordinateur), CTH (SE), INRA (FR), VTT (FI), LUTH (SE), LTH (SE), SÖDRA (SE), ENGREF (FR), BRE (GB), ALUFR (DE), CIRAD (FR), BRAUN (FR), SILPRO (FI), TRÅTEK (SE), CTBA

Financement : CE - FAIR

Durée : 3 ans (1997-99)

Chef de projet CTBA : Rémy Cholat, Pôle Construction

Les résultats attendus de cette étude s'articulent autour de la prédiction de la qualité des bois au travers des modèles statistiques mettant en relation les caractéristiques de l'arbre sur pied et sa structure interne. Il s'agit de prédire, à partir des caractéristiques de l'arbre sur pied (âge, hauteur, diamètre), la qualité d'une ressource en bois en termes de propriétés physico-mécaniques. Cela permettrait d'optimiser les approvisionnements des scieries par rapport à la nature des commandes.

La contribution du CTBA est focalisée sur la caractérisation (masse volumique, nodosité, module d'élasticité, contrainte à la rupture), puis sur le classement structure de deux lots d'épicéa, échantillonnés en France par l'INRA.

Un stage de DEA a permis la validation partielle des logiciels¹ de simulation de la croissance et de la qualité développés par l'INRA, destinés à l'optimisation de la gestion sylvicole. Un premier lot de 376 pièces a été testé au dernier trimestre 1997. En 1998, le deuxième lot sera testé, les essais destructifs de l'ensemble des pièces auront lieu en fin d'étude.

■ Qualification de la ressource épicéa de sitka de Bretagne

Partenariat : CTBA (coordinateur), ABIBOIS, CRPF Bretagne

Financement : ABIBOIS

Durée : 2 ans (1996-98)

Chef de projet CTBA : Rémy Cholat, Pôle Construction

Les campagnes nationales de qualification de la ressource forestière française en vue de son utilisation en structure ont été poursuivies avec le sitka ; l'échantillonnage concerne ici la région Bretagne. L'étude doit permettre la valorisation de l'essence en proposant des méthodes de classement visuel et par machine.

Des tests physiques et mécaniques (nodosité, densité, flexion) portant sur 500 pièces en dimensions commerciales permettront d'établir les niveaux moyens et extrêmes de résistance. L'ensemble des essais a été réalisé. Environ 500 pièces réparties en trois sections (40x100, 50x150, 65x200) ont été testées.

¹ EPIFN, SIMQUA, CEP

Les résultats de cette étude seront intégrés dans la norme d'utilisation des bois dans la construction (NF B 52-001) en 1998.

Qualifier les composites à base de bois

■ Caractérisation, évaluation et développement d'essais de performances de panneaux à base de bois pour emploi structural et non structural

Contact CTBA : Michel Vernois, Direction Scientifique

Constituant une suite au contrat européen AIR réalisé 1993-96², des travaux complémentaires ont été réalisés en 1997 au laboratoire de mécanique du CTBA.

Ceux-ci ont permis de faire ressortir, dans des cas précis, les difficultés de mise en œuvre de la norme EN 789 selon les procédures spécifiées, voire son inadaptation à la mesure de certaines caractéristiques.

Ces études devraient conduire, à terme, à une révision de cette norme, pour tenir compte de ces nouveaux éléments.

² Voir Rapport Scientifique CTBA 1995

■ Modélisation bois lamellé-collé en flexion

Partenariat : LRBB (coordinateur), CUST, CEBTP, LMT, CTBA

Financement : Ministère de la Recherche

Durée : 2 ans (1997-98)

Chef de projet CTBA : Georges Adjanooun, Pôle Construction

L'étude consiste à modéliser le comportement mécanique des poutres droites et courbes en bois lamellé-collé (BLC) par une approche déterministe et/ou probabiliste. Il est prévu de développer des modèles de poutres droites (par le LRBB et le LMT) et de poutres courbes (par le CUST). L'intérêt de ce programme est de confronter les modèles avec les résultats expérimentaux. Pour ce faire, le CTBA contribue au classement par machine des avivés qui vont servir à la réalisation des poutres et fournit aux partenaires les valeurs des mesures non destructives permettant la calibration des modèles.

La simulation numérique du comportement à la rupture du bois lamellé-collé est, à ce jour, réalisée au travers de deux thèses (Renaudin & Faye). Un travail de transfert sous logiciel CASTEM 2000 reste à effectuer. Les essais sur poutre en grandeur réelle et la validation du logiciel sont prévus pour l'année 1998.

Deux approches numériques en liaison avec les contrôles non destructifs vont être élaborées et validées.

■ Utilisation du bambou et de ses composites dans la construction

Partenariat : COBELGAL (coordinateur), OPRINS, dix autres partenaires d'Espagne, Portugal, Belgique, Allemagne, France, CTBA

Financement : CE - FAIR

Durée : 3 ans (1996-99)

Chef de projet CTBA : Jean-Denis Lanvin, Pôle Construction

Le consortium travaille sur les problématiques en vue d'introduire le bambou en Europe :

- augmenter de la production annuelle,
- automatiser la récolte du bambou,
- transformer le bambou en produit de construction,
- identifier les pistes de marché (ameublement, construction,...).

Le CTBA intervient en tant que centre technique certificateur de produits de construction. Le Pôle Construction testera les produits bambou et ses composites dans la construction (comme les panneaux et parquets) en termes de résistance mécanique et acoustique. Il préconisera l'utilisation de ces produits en proposant une approche marché.

Publications

Rouger F.

A new statistical method for the establishment of machine setting
CIB W18, Vancouver, Canada, 1997

Lanvin J.D., Nasri N., Chambellan., Pascal G.

Classement des bois de structure au moyen d'un densimètre à rayons X
2^{ème} Colloque Rayons X. ENSAIS Strasbourg, France, octobre 1997
Publié par les Editions de la Physique en 1998

Fonction *Usiner*

Animateur : Robert Collet, Département Bois et Sciage

La fonction transversale *Usiner* concerne tous les métiers de la transformation du bois et de ses dérivés. Elle prend d'autant plus d'importance que les produits fabriqués sont techniquement évolués, que la diversité des matériaux de base est grande et la qualité finale du produit fortement dépendante de la qualité des états de surface.

Le développement des techniques d'Assurance Qualité, les exigences croissantes des clients, la nécessité de réduire les pertes - matière, temps, rebuts - et la recherche de performances expliquent l'intérêt grandissant que portent les industriels aux travaux sur l'usinage.

Les travaux concernent principalement :

- l'amélioration de la qualité des surfaces usinées,
- l'augmentation de la durée de vie des outils de coupe,
- l'amélioration des performances des matériels d'usinage.

Les moyens humains consacrés à cette fonction en 1997 sont de 0,3 équivalent temps plein (400 heures de chercheurs et techniciens).

■ Mise au point d'un système laser intelligent pour l'optimisation et la découpe de pièces en bois droites et courbes - « LASSY »

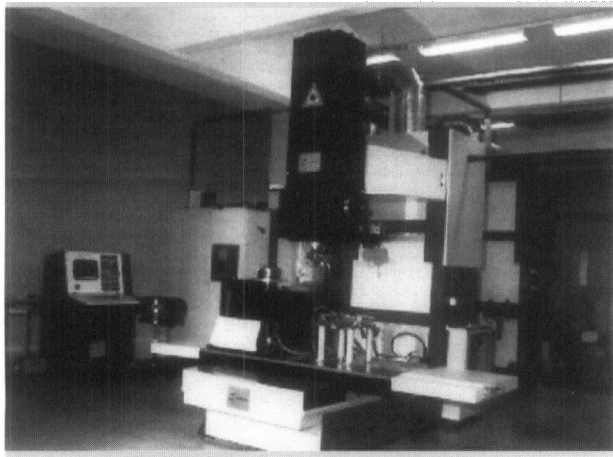
Partenariat :

Consortium d'industriels : RYE (GB), LEFEBVRE (FR), PETIT (FR), JOSE ERENO (ES), VALSAIN (ES), MADERAS VITORES (ES), AJ WAY (GB), BLYDE BARTON (GB) ;

Fournisseurs R&D : SERAM (FR)(coordinateur), FIRA (GB), CIDEMCO (ES), MAUCHAMP (FR), CTBA

Financement : CE - Brite-Euram/CRAFT, consortium d'industriels

Laser CO₂ 1.5 et 7.5 kW (ENSAM, CER de Cluny).



Durée : 2 ans (1998-2000)

Chef de projet CTBA : Robert Collet, Département Bois et Sciage

L'objectif de cette recherche est de mettre au point une installation complète de découpe de plateaux de hêtre, afin d'améliorer le rendement matière. Le procédé consiste à découper les plateaux en pièces rectangulaires ou de formes complexes, en optimisant le rendement.

La première partie des travaux concerne l'adaptation de la découpe laser au cas des bois massifs feuillus. Une deuxième partie vise le développement d'une station de détection, et d'un logiciel pour optimiser le placement des débits.

Cette technologie intéresse les entreprises qui transforment de l'ordre de 6000 m³/an de grumes.

■ Amélioration de la qualité des rubans de scie grâce à un revêtement de carbure de tungstène appliqué par méthode thermique de projection - « HVOF »

Partenariat :

Consortium d'industriels : MFLS (FR), Holzwerke Ziegler (DE), DUCERF (FR), SEYNA (BE), HH Boogaerd (NL), FIRST (IT), FIP (IT), Bauwens Gaston (BE) ;

Fournisseurs R&D : CEA/CEREM (FR)(coordinateur), IATF/UNIFI (IT), CTBA

Financement : CE - Brite-Euram/CRAFT, consortium d'industriels

Durée : 2 ans (1998-2000)

Chef de projet CTBA : Georges Auger, Département Bois et Sciage

Les performances des lames de scie à ruban sont fortement dépendantes de la qualité de l'arête de coupe pendant la durée de service de la lame entre affûtages.

Sur le marché des lames de scie à ruban pour les scieries cohabitent deux technologies concernant la pointe de la dent : les lames écrasées et les lames stellites.

Ces technologies traditionnelles demandent de fréquents changements de lame et conduisent à une altération significative des performances pendant la durée de service. Compte tenu des contraintes spécifiques engendrées par la flexion alternée autour des volants, les évolutions techniques récentes (pastilles de carbures, outils diamant, etc.) ne sont pas applicables.

L'objectif de ces travaux est de rechercher - à partir des nouvelles techniques de projection - de nouveaux matériaux utilisables, et de caractériser les performances de ces dépôts, suivi par des essais dans plusieurs scieries sur différentes essences de bois.

Les techniques de projection ont été choisies en fonction de leur possibilité de mise en œuvre et avec l'exigence d'un faible échauffement au niveau du substrat.

Les performances des dépôts seront évaluées, en particulier du point de vue de :

- la résistance aux chocs et de l'accrochage du matériau sur le substrat,
- la résistance à l'abrasion,
- l'affûtage et le tranchant de l'arête à l'état initial,
- la résistance à la corrosion,
- le coefficient de friction et la conservation des propriétés avec élévation de température alternée,
- l'état de surface du dépôt, pour limiter l'encrassement de la lame.

La première phase de travail consiste en la sélection de matériaux, en fonction des attentes exprimées par le consortium d'industriels à partir de tests en laboratoire. Dans un deuxième temps, il est prévu de réaliser des essais sur une machine à une dent pour valider les essais en laboratoire. Enfin, l'évaluation et l'optimisation des performances seront réalisées par des campagnes d'essais en scierie.

■ Mise au point d'une machine à lames multiples permettant le sciage selon la courbure des grumes - « CURVSAW »

Partenariat :

Consortium d'industriels : MEM (FR), Gravouil (FR), TECHNIPAL (FR), ECC (IE), Gaspar (PT) ;

Fournisseurs R&D : CTBA (coordinateur), CTIMM (PT)

Financement : CE - Brite-Euram/CRAFT, consortium d'industriels

Durée : 2 ans (1994-96)

Chef de projet CTBA : Philippe Fénart, Département Bois et Sciage

Certains conifères, tels le pin maritime ou le sitka, présentent des défauts de croissance juvéniles entraînant des courbures relativement importantes des billes de pied. Ces dernières décennies, ces essences ont été plantées à grande échelle. La forêt française de pin maritime couvre à elle seule 1,4 million hectares et produit 5 millions de m³ par an de grumes pour une production de sciages de 2 millions de m³ (le tiers de la production française de sciages résineux). La plupart des autres essences (épicéa, pin sylvestre,...), tout en présentant des courbures du tronc de moindre importance, peuvent être mieux valorisées par un mode de débit adapté. Quelle que soit la situation précédemment évoquée, le sciage selon la courbure des grumes améliore le rendement matière et permet d'obtenir une proportion plus élevée de pièces de grande longueur.

L'étude avait pour objectif la conception et la mise au point d'une scie multilames permettant de scier des noyaux préalablement dressés sur deux faces parallèles en suivant la courbure naturelle du tronc.

Les bénéfices attendus étaient :

- une amélioration du rendement matière de l'ordre de 2 à 5 %,
- une diminution de la proportion de produits secondaires difficiles à valoriser,
- une diminution des déformations au séchage, grâce à la production de sciages de droit fil.

Pour atteindre cet objectif, il était nécessaire de bien comprendre et maîtriser le comportement des scies circulaires, notamment sous l'effet d'efforts transversaux considérablement accentués par le sciage courbe.

Du fait de certains imprévus au cours de ces travaux, le programme de travail n'a pas pu être entièrement réalisé. Néanmoins, l'étude a permis :

- de caractériser et d'évaluer les courbures des billons sciés par les industriels du projet,
- de réaliser une synthèse des recherches menées à ce jour sur le comportement statique et dynamique de la lame de scie circulaire,
- de modéliser, à l'aide du logiciel CASTEM 2000, la déformation de la scie circulaire en rotation, en utilisant la théorie des plaques (disques minces élastiques),
- de valider et de connaître les limites, en sciage rectiligne, des modèles mis au point à partir de tests sur un banc d'expérimentation dont l'instrumentation a été mise au point dans le cadre de ce projet.

Enfin, l'innovation du projet résidait dans la possibilité de scier des billons courts avec une seule machine dont la rotation de l'arbre porteur des lames aurait été pilotée par une commande numérique. Ce saut technologique important n'a pu être réalisé dans le cadre de ce projet, néanmoins la technologie du sciage courbe a été mise en place industriellement avec succès dans plusieurs pays.

■ Partenariat déroulage

Partenariat : CTBA - ENSAM Cluny

Financement : Autofinancement CTBA et ENSAM

Chef de projet CTBA : Robert Collet, Département Bois et Sciage

Depuis novembre 1996 le CTBA et l'ENSAM ont regroupé à Cluny leurs équipements pour constituer une Halle Tranchage et Déroulage commune.

Les principaux thèmes d'études et recherches en cours sont :

- l'aptitude à l'usinage des LVL de chêne,
- l'étude de déroulabilité de résineux à croissance rapide, du Douglas en particulier,
- la chauffe du bois par les nouvelles techniques HF et UHF,
- les modifications de la surface du couteau et de la barre de pression en vue d'améliorer la qualité de coupe et la durée de vie des outils,
- l'étude d'une commande adaptative de dérouleuse pour optimiser les paramètres de coupe en cours de déroulage.

Microdérouleuse du LaBoMap (ENSAM, CER de Cluny).



Fonction préserver

Animateur : Isabelle Le Bayon, Pôle Construction

La fonction *Préserver* concerne l'amélioration de la résistance biologique du bois et des matériaux dérivés en réduisant l'impact environnemental des produits de traitement, ainsi que celui des techniques de préservation.

La fonction couvre ainsi trois axes :

- méthodes de préservation à faible impact environnemental,
- méthodes de lutte antitermite,
- recherche pré-normative préservation - environnement.

Il est à noter que les thématiques liées à la préservation, ayant pour objectif principal de résoudre un problème environnemental, sont présentées dans la fonction Environnement.

Les moyens humains consacrés à cette fonction en 1997 sont de 3,1 équivalents temps plein (4600 heures de chercheurs et techniciens).

Méthodes de préservation à faible impact environnemental

■ Optimisation des traitements préventifs et curatifs mettant en œuvre des implants boraciques

Partenariat : CTBA

Financement : ADEME

Durée : 2 ans (1994-96)

Chef de projet CTBA : Danièle Dirol, Pôle Construction

Rapport disponible sur demande

Cette étude a permis d'évaluer la capacité de diffusion des produits solides ou des pâtes boraciques actuellement sur le marché ou en développement. Parallèlement, l'efficacité des produits vis-à-vis des champignons lignivores a pu être appréciée.

La diffusion a été testée sur le bois massif - pour le traitement de fenêtres en bois résineux au niveau des assemblages - et sur des éléments de lamellé-collé. Pour tous les produits testés, la diffusion est en relation avec l'humidification du bois. Dans l'ensemble, des taux d'humidité finaux supérieurs à 25 % (taux d'humidité pour lequel la diffusion est permise) ont été obtenus par la technique d'enfouissement dans la vermiculite. Cependant, des taux d'humidité voisins de 32 %, cas fréquent pour des ouvrages de classe de risque 3, ont permis une diffusion de 36 % de la surface totale de la pièce de bois en pin sylvestre, pour les bâtonnets avec une diffusion transversale importante. Pour l'une des pâtes, une diffusion de l'ordre de 35 à 40 % a pu être obtenue avec une humidité finale du bois de l'ordre de 35 %. L'analyse de la rétention de matière active dans les zones de diffusion a montré que, dans tous les cas, la dose efficace correspondant au seuil d'efficacité préventive du bore est atteinte (1,5 kg/m³).

Des essais de délavabilité ont mis en évidence que ces produits se délavèrent peu, comparativement aux produits de préservation « liquides » connus. De ce fait, le faible lessivage n'entraîne pas de préjudice à l'environnement et à la santé humaine (tests daphnies), d'autant plus que les données tox-écotoxicologiques relevées dans la littérature indiquent une très faible toxicité.

L'étude de la diffusion des produits boraciques à travers les plans de colle a montré que celle-ci était plus faible dans le pin sylvestre que dans l'épicéa ; toutefois dans la quasi-totalité des cas, elle existe dans cette essence. La propagation à partir d'une implantation¹ à 45° donne une diffusion dans tous les cas, du fait que plusieurs plans de collage sont traversés. Il a été démontré que la diffusion sur chant était facile ; dans ce cas aussi, plusieurs plans de colle sont traversés.

D'une manière générale, l'emploi des produits solides reste préférable. Bien qu'étant capables de diffuser dans du bois moins humide, les pâtes - de par leur viscosité - restent de manipulation difficile et un doute subsiste toujours quant à la quantité effectivement introduite.

Il est souhaitable que les résultats obtenus dans cette étude sur ce type de produit permettent son développement en France alors qu'il est utilisé de manière restrictive dans le traitement curatif du lamellé-collé. Il faut savoir que les produits solides boraciques sont depuis quelques années très répandus en Europe du Nord, tout particulièrement pour le traitement préventif et curatif des menuiseries en résineux. Les produits boraciques solides sont très attractifs de par leur efficacité et leur faible innocuité ; dans ce contexte favorable à l'environnement, ils peuvent donc intervenir largement dans les procédés de traitement de bois dans le bâtiment .

■ Action COST² E2 : Développement de l'utilisation du bois européen grâce à l'amélioration de sa durabilité en intégrant des aspects du marché et de l'environnement

Partenariat : Instituts de recherche des 18 pays adhérents au COST

Financement : CE DG XII - COST

Durée : 3 ans (1995-98)

Chef de projet CTBA : Gilles Labat, Pôle Construction

L'objectif de cette action COST est de faire partager les expériences de chaque pays sur plusieurs aspects afin de promouvoir le matériau bois, et ce au travers de trois groupes de travail, se réunissant trois fois par an :

¹ Technique actuelle pour les traitements curatifs du lamellé-collé - voir prescriptions à l'usage des applicateurs de traitements CTB-A+

² COST - Coopération Européenne dans le domaine de la Recherche Scientifique et Technique

- groupe de travail 1 : biologie,
- groupe de travail 2 : modification du bois,
- groupe de travail 3 : aspects environnementaux (animateur CTBA).

■ IRG groupe de recherche sur la préservation du bois

Partenariat : Un large nombre de participants internationaux
Membres IRG du CTBA : Danièle Dirol, Gilles Labat, Gérard Deroubaix, Philippe Marchal, Isabelle Le Bayon, Françoise Thomassin, Pôle Construction

Le but de cette action permanente IRG est de diffuser chaque année l'état des connaissances des pays membres sur le matériau bois. Cinq groupes de travail sont constitués : 1) biologie, 2) tests d'évaluation et mise au point, 3) produits de préservation, 4) procédés et 5) aspects environnementaux.

Méthodes de lutte antitermite

■ Lutte biologique antitermite par la mise en œuvre de champignons entomopathogènes

Partenariat : CTBA
Financement : ADEME
Durée : 2 ans (1997-99)
Chef de projet CTBA : Isabelle Le Bayon, Pôle Construction

Il s'agit de lutter de façon ciblée contre les termites dans la construction, via des champignons spécifiquement pathogènes envers les termites. La mise au point d'un appât est envisagée dans cette étude.

■ « INADEC » - système de détection d'attaques d'insectes par méthode acoustique

Contact CTBA : Ivan Paulmier, Pôle Construction

Ce développement industriel fait suite à un contrat européen Brite-Euram/CRAFT réalisé à la demande d'un consortium d'industriels (voir Rapport Scientifique CTBA 1995).

Un détecteur prototype a été mis au point. Il est capable de diagnostiquer sur site la présence de capricornes et de termites, dès les premières phases de l'infestation, alors même qu'aucune trace d'activité n'est encore visible. Basé sur des techniques de contrôle non destructif, le système capte les ondes acoustiques transmises par les fibres du bois lorsque les insectes sont en activité. Un module électronique assure l'amplification et le filtrage du signal délivré par les capteurs piézo-électriques, signal qui est ensuite numérisé et transmis à un processeur de calcul. Le diagnostic et l'identification automatique des insectes font appel à un traitement logiciel de type neuro-flou. Il exploite les capacités d'apprentissage des réseaux de neurones pour mémoriser les signatures des insectes dûment identifiées par un expert. Cette connaissance, une fois traduite en logique floue, est exploitée pour analyser en temps réel tout signal entrant et diagnostiquer automatiquement l'état d'infestation.

L'utilisation du détecteur sur site a montré qu'il était robuste et fiable. Il permet de déceler la présence effective des insectes lorsqu'aucune dégradation n'est visible et il est capable de différencier les sons émis par les insectes xylophages de ceux émis par l'environnement de l'enregistrement tels que craquements du bois, grignotements de rongeur, etc.

Les expériences menées au laboratoire ont montré que l'appareil permet une localisation très précise de l'activité et une détection jusqu'à une distance de 2 mètres sur une même pièce de bois. Un système de broches permet également d'atteindre les pièces de bois dissimulées par une couche phoniquement isolante telle que le plâtre.

Après une phase d'optimisation du prototype, un appareil a été mis au point et est actuellement commercialisé avec succès.

Le diagnostic d'un autre insecte - la vrillette - est envisagé.

Recherche pré-normative préservation - environnement

■ Étude des facteurs déterminant les performances des produits de préservation anti-bleuissement sur des sciages frais, en vue d'établir des normes européennes

Partenariat : Imperial College (GB) (coordinateur), TNO (NL), SUAS (SE), Forest Authority Alice Holt Lodge (GB), LNEC (PT), BFH (DE), INIA (ES), CTBA
Financement : CE - FAIR
Durée : 3 ans (1994-97)
Chef de projet CTBA : Françoise Thomassin, Pôle Construction
Rapport disponible sur demande

Définir les limites d'une éventuelle norme d'essai destinée à évaluer l'action préventive des traitements anti-bleuissement en Europe et d'établir les bases scientifiques pour la préparation d'une telle norme, telle a été la finalité de ce projet. Les trois principales tâches avaient pour but d'établir des limites quant aux méthodes et de démontrer les relations existant entre un test de laboratoire, un essai de champs et la réalité en service. Les variables qui existent dans l'Union européenne ont été mises en évidence ; elles concernent le climat, les essences de bois, les pratiques en scieries et les organismes responsables.

Essai de terrain dans les Landes sur pin maritime.



La première tâche a été d'étudier la relation entre l'essence de bois et le groupe de champignons isolés par les participants des différents pays européens. Bien que certaines souches soient spécifiques, il a paru possible d'établir une procédure de laboratoire qui puisse utiliser une série de souches de moisissures et d'agents de bleuissement communs, pouvant donner des résultats reproductibles sur le pin sylvestre et le pin laricio traités ; le protocole peut également être appliqué sur d'autres essences européennes.

Dans un second temps, plusieurs essais de champs sur site, effectués sur le pin sylvestre à travers l'Europe, ont permis l'élaboration d'un protocole d'essai de champs. Les éléments essentiels de la méthode intègrent l'utilisation d'un « contrôle positif » interne avec un produit de préservation de référence, afin d'évaluer le risque réel du site. Il en résulte un critère de validation obtenu avec ce produit de référence de même que sur des éprouvettes non traitées sur un site donné. Les résultats de laboratoire et sur site ont montré que les comparaisons sont acceptables. Il en va de même avec les résultats en pratique. L'étude de l'absorption de produit a montré de grandes variabilités qui ne semblent pas avoir d'influence sur les résultats finaux. En revanche, l'empilage des bois traités est important ; il doit se limiter à une seule couche. Les résultats des tests issus de cette étude vont permettre de donner des recommandations à la normalisation (CEN TC 38) pour l'élaboration d'une norme applicable à toutes les essences de pin.

■ Amélioration des normes CEN par le développement de méthodes rapides de mesure de durabilité naturelle, et de l'aptitude au traitement de bois massif et de panneaux à base de bois

Partenariat : BFH (DE) (coordinateur), BAM (DE), BRE (GB), Imperial College (GB), Université de Gand (BE), SHR (NL), Université de Wageningen (NL), CTBA

Financement : CE - Normes, Mesures et Essais

Durée : 3 ans (1995-98)

Chef de projet CTBA : Isabelle Le Bayon, Pôle Construction

Cette étude vise à améliorer les normes d'évaluation de la durabilité naturelle des bois envers les champignons lignivores, et à définir des classes d'imprégnabilité du bois par les produits de préservation. La totalité des résultats a été obtenue en 1997 concernant les normes EN113, ENV807, EN350.1. La phase finale du projet - l'amélioration de ces normes - est actuellement abordée.

De plus, la connaissance précise de la durabilité naturelle du bois et de son aptitude au traitement permettra d'optimiser les traitements du bois.

■ Recherche co-normative sur des essais de champ hors contact du sol de produits de préservation du bois, en relation avec des méthodes de préconditionnement des éprouvettes d'essai

Partenariat : ICSTM (GB) (coordinateur), BRE (GB), TNO (NL), BAM (DE), Université de Gand (BE), SLU (SE), Borax (GB), ÖHFI (AT), VTT (FI), Wolman (DE), EMPA (CH), BFH (DE), SHR (NL), CTBA

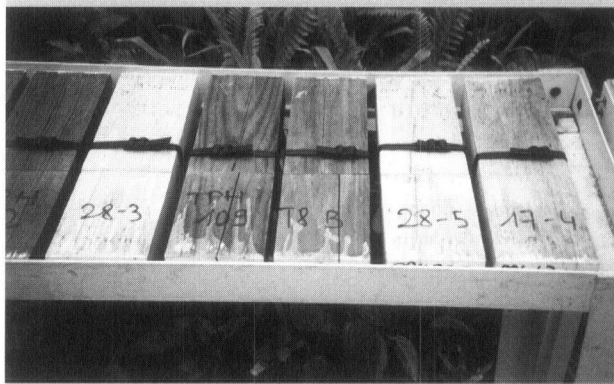
Financement : CE - Normes, Mesures et Essais

Durée : 3 ans (1997-2000)

Chef de projet CTBA : Françoise Thomassin, Pôle Construction

Il s'agit d'identifier et de quantifier le rôle du délavage, de la photolyse, de l'hydrolyse et de la dégradation par les agents biologiques dans la performance à long terme des produits de préservation du bois ; ces facteurs sont étudiés par rapport aux classes de risques européennes.

Essais hors contact du sol sur terrain en climat tropical ; état des « lap-joints » après 6 mois.



Les facteurs les plus importants seront reliés directement au comportement des produits lors d'essais de champ, ainsi qu'aux méthodes existantes de préconditionnement avant essais de laboratoire, applicables à chacune des classes de risques.

Par la suite, vont être élaborées de nouvelles méthodes de vieillissement accéléré, capables de simuler l'action des facteurs cités, en liaison avec des essais de champ, pour les classes de risques 1, 2 et 3.

L'objectif final est d'établir la pertinence des essais de champs pour la classe 3, et de proposer à la normalisation (CEN TC 38) des méthodes de préconditionnement pour les classes de risques 1, 2, 3 et 4.

Publications

Ritschkoff A.C., Rättö M., Thomassin F.
Influence of the nutritional elements on pigmentation and production of biomass of bluestain fungus Aureobasidium pullulans
Proceedings IRG 28th Symposium, mai 1997

Paulmier I., Vauchot B., Pruvost A.M., Lohou C., Tussac M., Jequel M., Leca J.L., Clement J.L.
Evaluation of two populations of Reticulitermes santonensis De Feytaud (Isoptera) by triple mark recapture procedure
Proceedings IRG 28th Symposium, mai 1997

Communications

Paulmier I., Vauchot B., Pruvost A.M., Lohou C., Tussac M., Jequel M., Leca J.L., Clement J.L.
Evaluation of two populations of Reticulitermes santonensis De Feytaud (Isoptera) by triple mark recapture procedure
IRG 28th Symposium on Wood preservation, Whistler, Canada, mai 1997