

**PROFIL DES PRODUITS FORESTIERS  
DEUXIÈME TRANSFORMATION**

*BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE*

Rapport présenté au  
ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP)  
par le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)

Novembre 2003

## NOTE AU LECTEUR

L'information contenue dans ce document est fournie à titre indicatif seulement et n'engage aucunement la responsabilité du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs (MRNFP) (gouvernement du Québec).

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) et plus particulièrement M<sup>me</sup> Ginette Douville, M. Michel Bouchard et M. Vincent Vallée de la Direction de l'information. Nous remercions également M. Steve Huppé, M. Clément Turcotte et M<sup>me</sup> Réjeanne Pouliot du Service du développement technologique et industriel de la Direction du développement de l'industrie des produits forestiers du MRNFP pour leurs suggestions et commentaires ainsi que M<sup>me</sup> Line Blouin pour la mise en page du document.

## DIFFUSION

Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs  
Direction du développement de l'industrie des produits forestiers  
880, chemin Sainte-Foy, bureau 6.50  
Québec (Québec) G1S 4X4  
CANADA  
Téléphone : (418) 627-8644, poste 4106 ou 4111  
Télécopieur : (418) 643-9534

Nous vous invitons à visiter le site Internet du Ministère à l'adresse suivante :

<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca>

© Gouvernement du Québec  
Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, 2004  
Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec, 2004

**Code de diffusion : 2004-3508**

Cette publication, préparée pour une impression recto verso, est disponible dans Internet à l'adresse suivante :  
<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/BoistraitteHautetemp.pdf>

## TABLE DES MATIERES

	<b>PAGE</b>
<b>VOLUME 1</b>	
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>V</b>
<b>Liste des graphiques.....</b>	<b>V</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>VI</b>
<b>Liste des photos.....</b>	<b>VI</b>
<b>Liste des annexes.....</b>	<b>VII</b>
<b>Rapport sommaire.....</b>	<b>1</b>
<b>1.0 Description du produit.....</b>	<b>7</b>
1.1 Historique.....	7
1.2 Définition.....	7
<b>2.0 Matière première.....</b>	<b>9</b>
<b>3.0 Technologies.....</b>	<b>11</b>
3.1 Technologies pour la production de bois traité à haute température.....	11
3.1.1 Procédé ThermoWood® (VTT, Finlande).....	11
3.1.2 Procédé Perdure® (PCI Industries inc., Québec).....	21
3.1.3 Procédé de réification® (New Option Wood SA, France).....	25
3.1.4 Procédé PLATO® (Plato International BV, Pays-Bas).....	30
3.1.5 Procédé OHT (Oil Heat Treatment) (Menz Holz GmbH, Allemagne).....	35
3.1.6 Procédé Thermoholz Austria (THA).....	39
3.1.7 Procédé Intemporis® (In Wood International SA, Suisse).....	42
3.1.8 Procédé Iwotech (Iwotech Ltd, Danemark).....	45
3.1.9 Procédé de « friturage » (CIRAD-FORÊT, France).....	45
3.1.10 Autres traitements thermiques.....	47
3.2 Capacité de production versus production réelle.....	48
3.3 Tableau synthèse.....	49
3.4 Coût du traitement.....	51
<b>4.0 Propriétés du bois traité à haute température.....</b>	<b>53</b>
4.1 Modifications chimiques.....	53
4.2 Propriétés physiques du matériau.....	54
4.3 Propriétés mécaniques.....	55
4.4 Effets sur la durabilité.....	56

<b>5.0</b>	<b>Préparation du bois traité à haute température.....</b>	<b>57</b>
5.1	Usinage .....	57
5.2	Collage .....	57
5.3	Finition.....	57
5.4	Méthode d'assemblage.....	58
<b>6.0</b>	<b>Applications et marché .....</b>	<b>59</b>
6.1	Applications des bois traités à haute température.....	59
6.2	Réalisations en bois traité à haute température .....	61
6.3	Matériaux concurrents .....	63
6.3.1	Bois traités chimiquement.....	63
6.3.2	Essences forestières naturellement durables.....	63
6.3.3	Matières plastiques.....	63
6.3.4	Produits composites bois-plastique.....	64
6.3.5	Métaux.....	64
6.3.6	Bois issus de procédés émergents visant à améliorer les propriétés du bois .....	64
<b>7.0</b>	<b>Certification des produits .....</b>	<b>65</b>
<b>8.0</b>	<b>Facteurs de succès .....</b>	<b>67</b>
<b>9.0</b>	<b>Défis de l'industrie.....</b>	<b>69</b>
9.1	Défis de nature technique .....	69
9.2	Défis de nature commerciale, concurrentielle et réglementaire.....	69
9.3	Défis de nature économique .....	70
<b>10.0</b>	<b>Choix d'une technologie .....</b>	<b>71</b>
<b>11.0</b>	<b>Intervenants des différentes filières.....</b>	<b>73</b>
<b>12.0</b>	<b>Associations et centres de recherche.....</b>	<b>79</b>
12.1	Québec et Canada .....	79
12.2	États-Unis.....	81
12.3	Europe.....	82
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>85</b>

## LISTE DES TABLEAUX

	<b>PAGE</b>
Tableau 1 : Effets du procédé <i>ThermoWood</i> <sup>®</sup> sur les propriétés du bois et exemple d'application .....	14
Tableau 2 : Caractéristiques des unités de traitement PC5 et PC6 de PCI industries inc. ....	23
Tableau 3 : Caractéristiques de différents réacteurs électriques de <i>réтификаtion</i> <sup>®</sup> .....	27
Tableau 4 : Étapes de traitement selon le procédé <i>PLATO</i> <sup>®</sup> .....	31
Tableau 5 : Tableau synthèse .....	50
Tableau 6 : Liste d'applications pour les bois traités à haute température .....	60

## LISTE DES GRAPHIQUES

	<b>PAGE</b>
Graphique 1 : Courbe typique du procédé <i>ThermoWood</i> <sup>®</sup> .....	13
Graphique 2 : Courbe de température de l'huile et du bois lors de la montée en température (cycle de 220 °C pour des pièces de 90 × 90 mm) ..	37
Graphique 3 : Différentes phases du procédé typique THA.....	40
Graphique 4 : Différentes phases du procédé <i>intemporis</i> <sup>®</sup> .....	43
Graphique 5 : Courbes d'hystérésis du bois non traité et du bois <i>Plato</i> <sup>®</sup> .....	54

## LISTE DES FIGURES

	<b>PAGE</b>
Figure 1 : Cellule compacte (1 porte).....	16
Figure 2 : Cellule à sens unique .....	16
Figure 3 : Tunnel de traitement multistades.....	17
Figure 4 : Schéma du procédé <i>PLATO</i> <sup>®</sup> .....	34
Figure 5 : Schéma de l'installation chez Menz Holz.....	36
Figure 6 : Niveau de pénétration d'huile en fonction du traitement.....	46

## LISTE DES PHOTOS

	<b>PAGE</b>
Photo 1 : Four <i>Perdure</i> <sup>®</sup> .....	24
Photo 2 : Four industriel de <i>réification</i> <sup>®</sup> .....	28
Photo 3 : Autoclave d'hydrothermolyse <i>PLATO</i> <sup>®</sup> .....	32
Photo 4 : Réacteur de traitement <i>PLATO</i> <sup>®</sup> .....	33
Photo 5 : Cellule de traitement THA.....	41
Photo 6 : Four et brûleur <i>Intemporis</i> <sup>®</sup> .....	44
Photo 7 : Planches en cours de traitement oléothermique .....	47

## LISTE DES ANNEXES

### **VOLUME 2**

#### **ANNEXE A : Documents sur les technologies**

Procédé *ThermoWood*® :  
    *Tekmaheat Oy – Oy Lunawood*  
    *Stellac Oy*  
    *Valutec Oy*  
Procédé *Perdure*®  
Procédé de *réтификаtion*®  
Procédé *Plato*®  
Procédé *Oil Heat Treatment* (OHT)  
Procédé *Thermoholz Austria* (THA)  
Procédé *Intemporis*®  
Procédé *Iwotech*  
Procédé de friture

### **VOLUME 3**

#### **ANNEXE B : Documents de la bibliographie**



## PROFIL DES PRODUITS FORESTIERS DEUXIÈME TRANSFORMATION

### BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE

## RAPPORT SOMMAIRE

---

### DÉFINITION

Le bois traité à haute température est chauffé entre 160 et 245 °C (320 et 473 °F), sous une atmosphère contrôlée, pauvre en oxygène (azote, vapeur d'eau et gaz de combustion) ou bien immergé dans de l'huile végétale chauffée. La pyrolyse contrôlée qui résulte de ce traitement modifie les composants qui sont les plus hydrophiles dans le bois et en diminue l'humidité d'équilibre. Le bois, qui naturellement est hydrophile, devient hydrophobe. Selon les paramètres du procédé et l'essence traitée, on obtient un nouveau matériau, de couleur plus foncée et attrayante, dont la résistance à la dégradation fongique et la stabilité dimensionnelle sont sensiblement améliorées par rapport à l'essence d'origine; mais cela, assez souvent au détriment de certaines de ses propriétés mécaniques, notamment sa résilience.

- ↗ Les noms anglais les plus courants sont : « *Heat-treated wood* » ou « *Thermally modified wood* » ou « *Thermo-retificated wood* » ou finalement « *Torrefied wood* ».
- ↗ Il s'agit d'un produit de seconde transformation.

### MATIÈRE PREMIÈRE

En principe, toutes les essences peuvent être traitées à haute température. Quelques essences résineuses connues pour leur imperméabilité aux traitements par imprégnation se sont révélées plus difficiles à traiter. Elles ont tendance à produire des bois fissurés et à manifester une perte de caractéristiques mécaniques plus importante. Pour éviter certains problèmes, il est souhaitable d'utiliser des sciages préséchés à des taux variant entre 6 et 18 %. Idéalement, la variation du taux d'humidité de départ entre les pièces ne devrait pas excéder 2 %.

Plus l'épaisseur des sciages est importante, plus le traitement est long, car l'évacuation des produits de décomposition est lente, ces derniers subissant des réactions secondaires durant leur migration vers la surface. L'effet négatif qu'ont les nœuds, les fentes et la déviation du fil sur la résistance en flexion de la pièce, est amplifié par le traitement à haute température. Il faut donc, dans la mesure du possible, traiter des sciages de qualité, n'acceptant que des nœuds sains. Il faut porter une attention soutenue à la proportion de bois de cœur et d'aubier. Ce dernier séchant plus vite que le bois de cœur, des tensions importantes risquent de se développer, de provoquer du fendillement et de déformer le sciage (tuilage et gauchissement).

### TECHNOLOGIES

Outre les facteurs liés à la matière première, l'intensité des modifications observées durant le traitement dépend de la température maximale atteinte au cœur du bois et de la période durant laquelle le bois est soumis à cette température, du gradient de température, de la durée totale du traitement, de la proportion d'oxygène dans l'enceinte ou le four, du procédé de séchage, du taux de remplissage du four, de la pression et de la présence de catalyseurs.

Ces facteurs varient selon les différentes technologies actuellement en usage ou en voie de développement. Dans le rapport détaillé, pour chacune des technologies répertoriées, lorsque disponible, on retrouve l'information suivante : l'historique, le procédé, les classes de traitement, les équipements, les brevets et licences, les sites de production, les éléments de coûts ainsi que d'autres informations dignes de mention.

Voici donc les différentes technologies de traitement à haute température :

### **Procédé ThermoWood® (VTT, Finlande)**

Trois équipementiers finlandais, membres de la « *Finnish ThermoWood Association* », sont habilités, par licence de fabrication, à commercialiser des équipements qui utilisent le procédé *ThermoWood®*. Il s'agit de *Tekmaheat Oy*, *Stellac Oy* et *Valutec Oy*. Rappelons que *Tekmaheat Oy* vient de s'implanter au Québec par le biais du Groupe Énergie inc., qui annonçait, à la fin août 2003, l'injection de 85 000 dollars canadiens pour permettre la création de *Tekmaheat Canada*, à Shawinigan. En Finlande, la capacité totale de production connaît une croissance soutenue (fin 2000, plus de 40 000 m<sup>3</sup>/an, fin 2001, plus de 65 000 m<sup>3</sup>/an et fin 2002, environ 150 000 m<sup>3</sup>/an). En juin 2003, ce pays est le premier producteur de bois traité à haute température, autant du point de vue de la capacité de production, que du volume de produits réalisés.

### **Procédé Perdure® (PCI Industries inc., Québec)**

*Pluri Cap International* (PCI) de Jonquière achetait, en 2000, les droits intellectuels du groupe français BCI-MBS pour le traitement du bois à haute température *Perdure®*, donnant naissance à PCI Industries inc. Depuis 2001, cette entreprise québécoise est l'équipementier exclusif de la technologie *Perdure®* dans le monde.

### **Procédé de réтификаion® (New Option Wood SA, France)**

La Société *New Option Wood* (NOW), fondée en 1995, détient l'ensemble des brevets relatifs à cette technologie et en assure la valorisation commerciale. L'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne (EMSE) (France) ainsi que le constructeur *Fours & Brûleurs Rey S.A.* de Saint-Étienne (France) sont les principaux partenaires technologiques de NOW. Cette technologie a déjà suscité passablement d'intérêt au Québec. À ce propos, NOW a récemment eu des discussions avec des entreprises québécoises, notamment dans le secteur du parquet.

### **Procédé PLATO® (Plato International BV, Pays-Bas)**

Le procédé *PLATO®* a été mis au point dans les années 1980 par des scientifiques de la pétrolière Shell qui élaboraient alors une méthode de production de combustible à base de bois.

### **Procédé OHT (Oil Heat Treatment) (Menz Holz GmbH, Allemagne)**

Une différence importante distingue ce procédé et celui de « friturage » des autres : au lieu d'être de l'air chauffé, des gaz de combustion ou de la vapeur d'eau, le vecteur thermique est de l'huile végétale (colza, lin et tournesol) chauffée, peu dispendieuse et facilement disponible sur les marchés.

### **Procédé Thermoholz Austria (THA)**

*Thermoholz Austria GmbH* (THA) est détenu, à parts égales, par *Mitteramskogler GmbH*, important fabricant autrichien de produits en bois et *Mühlböck GmbH*, fabricant de différents types de séchoirs à bois.

### **Procédé Iwotech (Iwotech Ltd, Danemark)**

L'entreprise danoise *IWT Iwotech Ltd* est déjà un fournisseur de technologies et fabrique des équipements pour l'imprégnation et le séchage du bois. Récemment, elle a construit, pour le compte de la société Bitus (Suède), une usine permettant de faire le traitement thermique du bois. Le produit issu de ce traitement est commercialisé sous la marque « *Bitus Thermex* ».

### **Procédé Intemporis® (In Wood International SA, Suisse)**

L'entreprise suisse *In Wood International SA* commercialise un procédé mis au point par la société française SPCM. Le procédé, qui fait appel à un four au gaz, s'apparente à celui de PCI Industries à l'exception que la source de chaleur est séparée du four.

### **Procédé de « friturage » (CIRAD-FORÊT, France)**

Le procédé oléothermique consiste à plonger les pièces de bois que l'on veut traiter, successivement, dans un bain d'huile chaude, puis dans un autre bain contenant de l'huile froide. La dépression créée au sein du matériau favorise la pénétration d'huile dans le bois.

## **AUTRES PROCÉDÉS**

### **Procédé Mekitek® (Thermobois inc., Québec)**

L'entreprise Thermobois inc. de Montréal, constituée en 2001, a développé avec l'aide de différents partenaires français et québécois, un procédé de traitement à la chaleur qui s'inspire des procédés de *réification*® et *ThermoWood*®.

### **Bois francs Brandon inc. (Québec)**

Les Bois francs Brandon inc., située à Saint-Gabriel-de-Brandon (Québec), débutait, en mai dernier, le traitement thermique de pin, sapin et épinette, principalement du 2×6 pour les patios, terrasses et balcons. La production, de l'ordre de 150 m<sup>3</sup> par semaine, est envoyée principalement aux États-Unis.

## **PROPRIÉTÉS DU BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE**

En raison des modifications chimiques subies durant le traitement et des impacts qu'elles ont eus sur ses propriétés et sa durabilité, le bois traité à haute température doit être considéré comme **un nouveau matériau**.

Les technologies de traitement thermique se traduisent par une dégradation des hémicelluloses, une réticulation des lignines et une transformation de la structure cristalline de la cellulose. La dégradation des hémicelluloses durant le traitement rend le matériau considérablement moins sensible aux phénomènes de perte ou de reprise d'humidité. Le bois traité thermiquement devient hydrophobe et moins hygroscopique. On observe une amélioration de la stabilité dimensionnelle de l'ordre de 30 à 50 %.

Le traitement à haute température induit, dans la masse, une coloration brun marron des bois. Celle-ci varie en fonction de la température, de la durée du traitement et de l'essence traitée. Elle est d'autant plus foncée que la température est élevée.

Les effets mesurés d'un traitement thermique sur la masse volumique ont permis de constater qu'elle diminue légèrement, dans des proportions variant entre 5 et 10 %.

Après traitement, le bois présente une forte odeur, rappelant celle du café torréfié ou du caramel, qui s'estompe avec le temps.

Le temps d'ignition du bois traité thermiquement est un peu plus long en raison de l'absence de composés organiques volatils (COV) et la vitesse de propagation est plus rapide car le matériau est plus sec.

Dans la plupart des cas, les traitements à haute température fragilisent le bois d'origine. On observe un affaiblissement de la résistance à la rupture en flexion ainsi qu'au cisaillement et le bois devient cassant, moins résistant aux chocs. Par contre, les traitements n'auraient pas d'effet sur le module d'élasticité et sa dureté augmenterait sensiblement. De plus, le rétrécissement est plus prononcé et, dans certains cas, les bois traités ont des dimensions hors normes (sous-dimensionnées).

Les traitements thermiques affectent positivement la durabilité du bois, car ils stérilisent le bois qui pourrait être contaminé par des souches de champignons, ils permettent d'éliminer des éléments à la base du développement de micro-organismes (entre autres, des sucres) et finalement, ils freinent la croissance des champignons qui ont besoin d'un taux d'humidité minimal d'environ 20 % pour assurer leur développement.

#### **PRÉPARATION DU BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE**

En ce qui concerne l'usinage, le bois traité étant un matériau plus dur que le bois d'origine, les outils de coupe en carbure de tungstène s'imposent. Ce matériau étant fissile, il faut l'usiner avec des angles de coupe plus faibles (environ 10 °), ce qui exige des machines-outils un peu plus puissantes. La vitesse de coupe standard pour le travail du bois (35 à 60 mètres/seconde) convient également au bois traité, mais il faut réduire les vitesses d'avance afin de travailler avec des copeaux plus minces.

Le collage avec des adhésifs à base de solvants organiques est facilité. Cependant, l'utilisation de colles de type acétate de polyvinyle (PVA) n'a pas donné de résultats concluants, la surface hydrophobe étant probablement la cause principale des faibles performances obtenues.

Les traitements à haute température du bois auraient un impact positif sur l'adhérence et sur la résistance au vieillissement des produits de finition généralement utilisés (à base aqueuse ou de solvants organiques), ce qui confirme la stabilité dimensionnelle grandement améliorée.

Pour les assemblages, si des clous sont utilisés, il est préférable qu'ils soient en acier galvanisé afin d'éviter les tâches de rouille. De plus, des avant-trous calibrés doivent être réalisés avant le vissage et des vis à têtes plates sont à privilégier près des extrémités (afin d'éviter l'éclatement du bord de la pièce). Finalement, il faut privilégier les assemblages qui font travailler le bois en compression plutôt qu'à l'arrachement.

## APPLICATIONS ET MARCHÉ

Voici les principales applications du bois traité thermiquement : les revêtements muraux extérieurs, les menuiseries intérieures (parquets, lambris et moulures), les menuiseries extérieures (cadres et composants de fenêtres, volets, clôtures et portes), l'ameublement (panneaux décoratifs, panneaux en bois lamellé-collé et meubles d'appoint), les mobiliers de jardin et urbains et les équipements extérieurs (bancs, tables, chaises, pergolas, cabanons, tonnelles, bacs à fleurs, bordures et dalles de piscine, poteaux de clôtures, etc.), les murs, les écrans acoustiques et autoroutiers, les ponts et agencements de bateaux, le lambrissage de saunas et finalement l'agencement de pièces humides.

Le marché actuel des bois traités à haute température est déjà soumis à la concurrence d'autres matériaux, certains étant déjà bien connus des consommateurs, d'autres étant en émergence. Il y a tout d'abord les bois traités chimiquement (historiquement, l'« *arséniate de cuivre chromé* » (CCA) qui sera remplacé le 31 décembre 2003 pour les applications résidentielles, par le cuivre alcalin quaternaire « *alkaline copper quaternary* » (ACQ) et l'azole de cuivre « *copper azole* » (CA)), les essences forestières naturellement durables (le cèdre rouge de l'Ouest, les essences de bois exotiques et le cèdre blanc de l'Est), les matières plastiques, incluant le PVC et les plastiques recyclés de même que les matériaux composites bois-plastique et finalement les bois issus de procédés émergents (acétylation, furfurylation et imprégnation avec des polymères ou avec des silicates).

## TENDANCES

- ↗ Devant la nécessité de suspendre l'utilisation de l'ACC pour le bois traité à des fins résidentielles, d'ici le 31 décembre 2003, l'industrie s'est rapidement mobilisée afin d'offrir des produits de substitution à l'ACC à un prix cependant plus élevé de 15 à 30 %. Ainsi, le traitement thermique pourrait offrir une solution avantageuse à plus ou moins court terme.
- ↗ Certaines normes et protocoles couramment utilisés pour le bois ne sont pas adaptés à ce nouveau matériau et devront être revus. Les autorités compétentes auront à définir des procédures de qualification des procédés afin de s'assurer de leur reproductibilité et des méthodes d'essai adaptées au bois traité à haute température. À ce propos, Forintek s'engage présentement dans une démarche visant à définir, avec d'autres organismes européens, une procédure de caractérisation de ces bois, qui soit compatible avec celles déjà en place ou en voie de l'être en Finlande et en France. Forintek travaille également à élaborer un protocole de certification des bois traités à haute température. Idéalement à terme, cela permettra à des producteurs d'ici d'exporter à l'étranger des bois traités à haute température certifiés.
- ↗ Les facteurs suivants devraient stimuler la croissance du marché du bois traité à haute température : des propriétés physiques et esthétiques améliorées par rapport au bois non traité, la valorisation de bois altérés par le bleuissement (résineux) ou les taches de coloration (feuillus), le positionnement concurrentiel vis-à-vis des bois exotiques et d'autres matériaux, les pressions environnementales sur le bois traité chimiquement et finalement, l'image écologique véhiculée par le produit et le procédé.
- ↗ L'industrie du bois traité thermiquement devra toutefois affronter des défis importants de nature technique (exigences de qualité initiale des bois, uniformité de la coloration du produit, impact du traitement des résineux sur l'entretien des fours ou enceintes de traitement et la résistance accrue aux termites), de nature commerciale, concurrentielle et

réglementaire (réactions de l'industrie du traitement chimique, technologies concurrentes, traçabilité, normes et Code national du bâtiment et finalement caractérisation des produits obtenus) et de nature économique (niveaux d'investissement élevés, coût du traitement et prix de vente).

### **CHOIX D'UNE TECHNOLOGIE**

Le choix de l'une ou l'autre des technologies requiert l'examen rigoureux de plusieurs critères. De façon sommaire et non ordonnée, en voici quelques-uns :

- ↗ la capacité du promoteur à fournir un support R-D et technique de qualité;
- ↗ le pourcentage (vérifié) de déclassement après traitement;
- ↗ l'expérience cumulée d'une technologie;
- ↗ l'expertise spécifique du promoteur en lien avec la fabrication d'un produit en particulier;
- ↗ les coûts d'énergie de chauffe/m<sup>3</sup> de bois modifié thermiquement;
- ↗ le choix des fours en fonction des volumes et de la diversité des produits à commercialiser;
- ↗ la versatilité des enceintes de traitement et la capacité du promoteur à développer une image de marque de qualité.

**PROFOR : PROFIL DES PRODUITS FORESTIERS**

**SECTION : DEUXIÈME TRANSFORMATION**

**PRODUIT : BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE**

**1.0 DESCRIPTION DU PRODUIT**

**1.1 HISTORIQUE**

Nos ancêtres brûlaient la surface des pièces de bois pour la rendre plus durable aux intempéries. Depuis les années 1930, des scientifiques allemands, américains et d'autres nationalités ont étudié les transformations qui modifient les propriétés du bois lorsque ce dernier est soumis à une haute température. Mais de façon plus marquée, depuis les années 1985-1990, les recherches se sont accélérées, surtout en France, en Finlande et aux Pays-Bas, où elles ont donné naissance à une nouvelle famille de technologies.

Ces dernières permettent de produire du bois aux propriétés physiques et esthétiques améliorées, ouvrant la voie à la valorisation d'essences actuellement moins exploitées et à la fabrication d'une gamme élargie de produits à usages extérieur et intérieur.

**1.2 DÉFINITION**

Le bois traité à haute température voit sa structure chimique modifiée sous l'action de la chaleur. Généralement, il est soumis à une température variant entre 160 et 245 °C (320 et 473 °F), sous une atmosphère contrôlée, pauvre en oxygène (azote, vapeur d'eau et gaz de combustion) ou bien immergé dans de l'huile végétale chauffée. La pyrolyse contrôlée qui résulte de ce traitement modifie les composants qui sont les plus hydrophiles dans le bois et en diminue l'humidité d'équilibre. Le bois, qui naturellement est hydrophile, devient hydrophobe.

Selon les paramètres du procédé et l'essence traitée, on obtient un nouveau matériau, de couleur plus foncée et attrayante, dont la résistance à la dégradation fongique et la stabilité dimensionnelle sont sensiblement améliorées par rapport à l'essence d'origine; mais cela, au détriment de certaines de ses propriétés mécaniques, notamment sa résilience.

Dans la documentation, on désigne également le « bois traité à haute température » par les termes suivants :

TERMES FRANÇAIS	TERMES ANGLAIS
↗ Bois traité par haute température	↗ <i>Heat-treated wood</i>
↗ Bois thermiquement modifié	↗ <i>Thermally modified wood</i>
↗ Bois <i>rétififié</i> <sup>®</sup>	↗ <i>Thermo-retificated wood</i>
↗ Bois torréfié	↗ <i>Torrefied wood</i>
↗ Bois traité thermiquement	
↗ Bois thermotraité	
↗ Bois thermolysé	



## **2.0 MATIERE PREMIERE**

Plusieurs facteurs liés à la matière première influencent le cours du traitement à haute température ainsi que la qualité des produits.

### **ESSENCES**

La qualité de la matière première a une incidence directe sur la qualité des bois traités obtenus à haute température. En principe, toutes les essences peuvent être traitées à haute température. Cependant, les paramètres du procédé de traitement doivent être optimisés afin de tenir compte des caractéristiques propres à chacune d'elles (cellules du bois, types de cernes, constituants chimiques, longueur des fibres,...).

Au cours du traitement, des tensions importantes s'exercent dans le bois en raison des hautes températures, de l'évaporation rapide de l'eau et de l'élimination des résines. Quelques essences, notamment de bois résineux, connues pour leur imperméabilité aux traitements par imprégnation, se sont révélées plus difficiles à traiter. Elles ont eu tendance à produire des bois fissurés ou qui ont manifesté une perte de caractéristiques mécaniques plus importante.

### **TAUX D'HUMIDITE INITIAL**

Certains développeurs de technologies affirment pouvoir traiter le bois à partir de son état vert. Cependant, les expériences rapportées par des utilisateurs ont démontré à maintes reprises que, du point de vue économique, il est souhaitable d'utiliser des sciages préséchés à des taux variant entre 6 et 18 %. Ainsi, le temps de traitement est écourté, ce qui permet d'utiliser plus efficacement la capacité de l'unité de production. Techniquement, on peut, dans plusieurs cas, utiliser l'enceinte de traitement comme séchoir mais à un coût prohibitif.

L'uniformité du taux d'humidité initial dans la charge constitue également un aspect souligné par plusieurs développeurs de technologies puisqu'elle influence les transferts de chaleur et les vitesses de réaction induites durant le traitement. Idéalement, la variation du taux d'humidité de départ entre les pièces ne devrait pas excéder 2 %. Il est clair que traiter à haute température des bois mal séchés entraîne des problèmes, d'où la nécessité d'un contrôle rigoureux à l'arrivée des sciages.

### **DIMENSION DES SCIAGES**

De légères différences dans la dimension et la géométrie des sciages influencent d'une façon non négligeable les transferts de chaleur et leur vitesse et, conséquemment, les réactions de pyrolyse qui y sont associées. D'autre part, plus l'épaisseur des sciages est importante, plus l'évaporation de l'eau et l'évacuation des produits de décomposition (CO<sub>2</sub>, CO, acide acétique, méthanol, furfural, etc.) sont lentes, ces derniers subissant des réactions secondaires durant leur migration vers la surface.

De plus, les retraits sont plus prononcés et, dans certains cas, les bois traités ont des dimensions hors normes (sous-dimensionnées).

### **NŒUDS ET AUTRES SINGULARITES DU BOIS**

Plusieurs experts interrogés ont affirmé l'importance d'utiliser des sciages de haute qualité pour le traitement thermique du bois. La nature des nœuds (sain, fixe, lâche,...), leur taille et leur localisation doivent faire l'objet d'une attention particulière. En effet, durant la phase de séchage, le taux de retrait des nœuds est supérieur à celui du bois environnant. Ainsi, durant le traitement, certains nœuds peuvent fendre tandis que des nœuds morts rétréciront de manière excessive et deviendront lâches.

À cet égard, la « *Finnish ThermoWood Association* » a établi des exigences de qualité en fonction des essences à traiter (résineux et feuillus) et des applications des produits. Dans la plupart des cas, seules les classes n'acceptant que des nœuds sains sont recommandées pour le traitement à haute température.

Par ailleurs, des chercheurs suédois ont récemment démontré, à l'aide de sciages, que la résistance à la flexion de certains résineux a diminué de 50 % après un traitement à haute température. L'effet négatif qu'ont les nœuds, les fentes et la déviation du fil du bois sur la résistance en flexion de la pièce est amplifié par le traitement à haute température. Certaines études antérieures avaient annoncé des réductions beaucoup plus modestes de la résistance en flexion mais, dans ces cas, les essais avaient été réalisés sur de petits échantillons de laboratoire exempts ou comportant très peu de défauts et de nœuds.

### **PROPORTION ET POSITIONNEMENT DU BOIS DE CŒUR DANS LA PIÈCE**

Dans certaines circonstances, en fonction des essences ou des qualités de sciages qui seront traités, il faudra porter une attention soutenue à la proportion de bois de cœur et d'aubier. Ce dernier séchant plus vite que le bois de cœur, des tensions importantes risquent de se développer, de provoquer du fendillement et de déformer le sciage (tuilage et gauchissement), augmentant ainsi le déclassement, à moins que des programmes de traitement soient adaptés à cette situation.

## 3.0 TECHNOLOGIES

### 3.1 TECHNOLOGIES POUR LA PRODUCTION DE BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE

Outre les facteurs liés à la matière première, décrits précédemment, l'intensité des modifications observées durant le traitement dépend :

- ↗ de la température maximale atteinte au cœur du bois et de la période durant laquelle le bois est soumis à cette température;
- ↗ du gradient de température;
- ↗ de la durée totale du traitement;
- ↗ de la quantité d'oxygène présente dans l'enceinte de traitement;
- ↗ du procédé de séchage avant le traitement thermique;
- ↗ du taux de remplissage du four;
- ↗ de la pression; et,
- ↗ de la présence de catalyseurs.

Ces facteurs varient selon les différentes technologies actuellement en usage ou en voie de développement. Dans les sections subséquentes, pour chacune des technologies répertoriées, lorsque disponible, l'information suivante sera présentée : l'historique, le procédé, les classes, les équipements, les brevets et licences, les sites de production, des éléments de coûts ainsi que d'autre information pertinente.

#### 3.1.1 Procédé ThermoWood® (VTT, Finlande)

##### HISTORIQUE

Au début des années 1990, l'industrie forestière finlandaise s'est intéressée au traitement thermique du bois et a commencé à financer des recherches portant sur les méthodes de traitement et les propriétés des produits traités. Plusieurs centres de recherche finlandais se sont impliqués, dont, entre autres, le « *Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT)* » (le Centre de recherche technique de Finlande) qui a breveté le procédé et cédé des licences d'exploitation.

En décembre 2000, les producteurs finlandais de bois traité à haute température et les fabricants d'unités de traitement ont formé la « *Finnish ThermoWood Association* » afin de promouvoir la production et l'utilisation du bois traité à haute température et de représenter les intérêts de ses membres. En mai 2003, l'Association comptait quinze membres : dix producteurs de bois traité à haute température, deux entreprises prévoyant acquérir sous peu la technologie et trois fabricants de cellules de traitement.

Le procédé est maintenant désigné sous la marque de commerce *ThermoWood®*, à l'usage exclusif des membres.

## **PROCÉDÉ**

Le procédé *ThermoWood*<sup>®</sup> comprend trois phases distinctes.

### **1. Montée rapide en température puis séchage à haute température**

La température est augmentée très rapidement jusqu'aux environs de 100 °C (212 °F). Contrairement au séchage classique, dans le cas des résineux, on ne tient pas compte du changement de couleur ni des résines qui exsuderont. Puis, le séchage à haute température s'effectue tandis qu'un gradient moins prononcé porte la température jusqu'à 130 °C. L'atmosphère de vapeur surchauffée (faible taux d'oxygène) prévient les fentes et intervient sur les réactions induites dans le bois. À la fin de cette phase, le taux d'humidité du bois tend vers 0 %.

Techniquement, le traitement convient au bois vert ou préséché. La durée de cette phase dépend du taux d'humidité initial du bois, de l'essence et de la dimension des sciages traités.

### **2. Traitement à haute température**

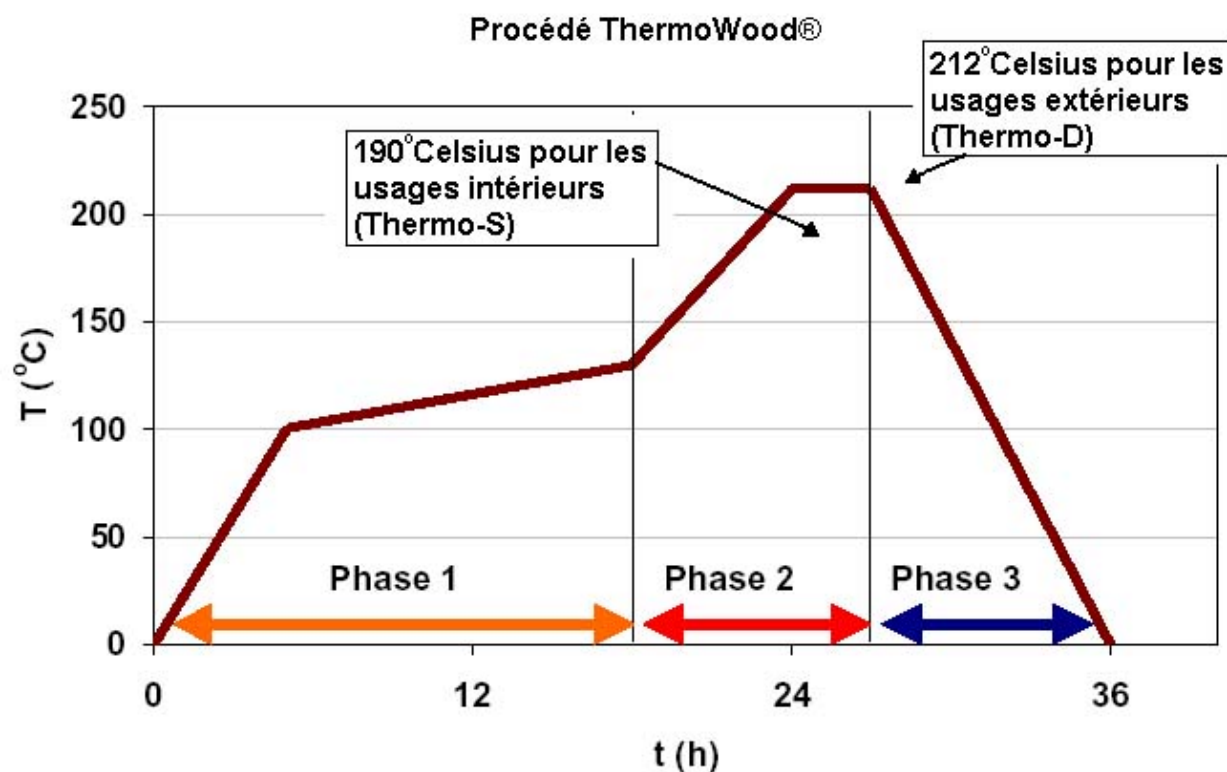
La température à l'intérieur de l'installation est portée entre 185 et 230 °C (365 et 445 °F), selon la classe de traitement souhaitée. La température cible est maintenue constante durant 2 à 3 heures, en fonction des caractéristiques du produit recherché.

### **3. Refroidissement et ré-humidification**

Durant cette dernière étape, la température est abaissée en pulvérisant de l'eau dans l'enceinte. À partir de 80 à 90 °C (176 à 194 °F), il y a reprise d'humidité dans le bois, généralement entre 4 et 7 %. Selon les conditions du traitement et les caractéristiques du produit recherché, cette phase dure de 5 à 15 heures.

Durant toutes ces phases, il est important que la différence de température entre le bois et l'atmosphère ne soit pas trop grande. En effet, un trop grand écart exposerait le bois à de fortes tensions et conduirait à une mauvaise qualité du produit.

De façon générale, avec du bois préséché, le traitement entier dure entre 36 et 48 heures, incluant la stabilisation du bois après traitement.

**GRAPHIQUE 1 : COURBE TYPIQUE DU PROCÉDÉ THERMOWOOD®**


*Source : Finnish ThermoWood Association, Avril 2003*

Durant le procédé, des produits d'extraction du bois sont libérés (entre autres, CO<sub>2</sub>, CO, acide acétique, méthanol et furfural). Afin d'éviter des problèmes d'odeur, ils sont, la plupart du temps, incinérés par un brûleur indépendant ou bien acheminés au brûleur de la chaudière, le cas échéant.

À titre d'exemple, dans le cas de sciage dont le taux d'humidité initial est d'environ 10 %, l'énergie totale nécessaire au traitement du bois est estimée entre 200 et 250 kWh/m<sup>3</sup>. Cela inclut l'apport calorifique, l'électricité, la production de vapeur et le carburant alimentant le brûleur qui est utilisé pour la combustion des produits d'extraction générés durant le traitement. La consommation énergétique totale requise pour le traitement *ThermoWood®* excède ainsi de 25 % seulement celle requise pour le procédé de séchage standard.

### **CLASSES DE TRAITEMENT**

Les produits issus de ce procédé sont préparés selon les deux classes de traitement standard suivantes :

- ⇒ Thermo-S (S pour stabilité);
- ⇒ Thermo-D (D pour durabilité).

Le tableau suivant présente les effets du procédé *ThermoWood*<sup>®</sup> sur les propriétés du bois et des exemples d'application, par classe de traitement.

**TABLEAU 1 : EFFETS DU PROCÉDÉ *THERMOWOOD*<sup>®</sup> SUR LES PROPRIÉTÉS DU BOIS ET EXEMPLE D'APPLICATION**

	<b>THERMO-S NORMALEMENT POUR DES APPLICATIONS INTERIEURES</b>	<b>THERMO-D NORMALEMENT POUR DES APPLICATIONS EXTERIEURES</b>
<b>BOIS RÉSINEUX (PIN ET ÉPINETTE)</b>		
Température de traitement	190 °C (374 °F)	212 °C (413 °F)
Durabilité naturelle	+	++
Stabilité dimensionnelle	+	++
Résistance en flexion	Aucun changement	—
Retrait et gonflement tangentiel moyen	6 – 8 %	5 – 8 %
Teinte foncée	+	++
Exemples d'application	<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Produits de construction</li> <li>↗ Garnitures et éléments architecturaux (à l'abri des intempéries)</li> <li>↗ Panneaux muraux</li> <li>↗ Meubles</li> <li>↗ Meubles d'extérieur</li> <li>↗ Bancs de sauna</li> <li>↗ Composants de portes et fenêtres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Éléments de parois</li> <li>↗ Parements</li> <li>↗ Portes d'extérieur</li> <li>↗ Volets</li> <li>↗ Meubles d'extérieur</li> <li>↗ Composants pour saunas et salles de bain</li> <li>↗ Parquets</li> </ul>
<b>BOIS FEUILLUS (BOULEAU ET PEUPLIER)</b>		
Température de traitement	190 °C (374 °F)	212 °C (413 °F)
Durabilité naturelle	+	++
Stabilité dimensionnelle	+	++
Résistance en flexion	Aucun changement	—
Retrait et gonflement tangentiel moyen	6 – 8 %	5 – 8 %
Teinte foncée	+	++
Exemples d'application	<ul style="list-style-type: none"> <li>↗ Garnitures et éléments architecturaux</li> <li>↗ Meubles</li> <li>↗ Parquets</li> <li>↗ Structures de sauna</li> <li>↗ Meubles d'extérieur</li> </ul>	Idem à Thermo-S

Source : *ThermoWood*<sup>®</sup> Handbook, 2003-04-08

## **ÉQUIPEMENTS**

Au cours du traitement, l'eau, la chaleur et la vapeur (produites par un générateur de vapeur) sont utilisées. Dans l'enceinte de traitement, les réactions chimiques provoquées dans le bois génèrent des produits acides. Les composants des enceintes, en contact avec ces produits corrosifs, sont donc fabriqués en acier inoxydable et doivent résister aux températures élevées atteintes durant le traitement.

L'apport énergétique se fait par le biais de résistances électriques, d'huile thermique ou de vapeur d'eau chauffée à l'aide de bouilloires alimentées au gaz, aux résidus ligneux, etc.

Trois équipementiers finlandais, membres de la « *Finnish ThermoWood Association* », sont habilités, par licence de fabrication, à commercialiser des équipements qui utilisent le procédé *ThermoWood*<sup>®</sup>. Il s'agit de *Tekmaheat Oy*, *Stellac Oy* et *Valutec Oy*.

### **Tekmaheat Oy**

*Tekmaheat Oy*, filiale du groupe finlandais *Jartek Oy*, et compagnie sœur du fabricant de cellules de séchage *Tekmawood Oy*, se spécialise dans le développement d'équipements pour le traitement du bois à haute température. L'entreprise offre trois types d'unités de traitement :

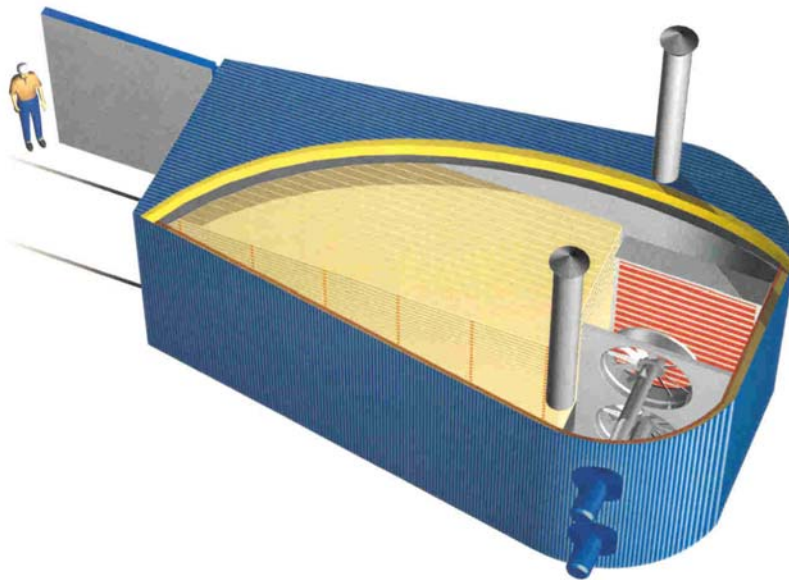
1. Cellule compacte (1 porte).
2. Cellule à sens unique « *Drive-through chamber* »; et,
3. Tunnel de traitement multistades.

#### **1. Cellule compacte (1 porte)**

Il s'agit d'un équipement pour la production à petite échelle, soit des charges entre 15 et 25 m<sup>3</sup>. Construite en acier inoxydable, alimentée à l'électricité ou à l'huile thermique, elle permet d'atteindre une capacité annuelle variant entre 1 600 et 3 000 m<sup>3</sup>, selon le niveau de traitement (usage du produit final), l'humidité de départ, l'essence et la dimension des sciages à traiter.

**FIGURE 1 : CELLULE COMPACTE (1 PORTE)**

---



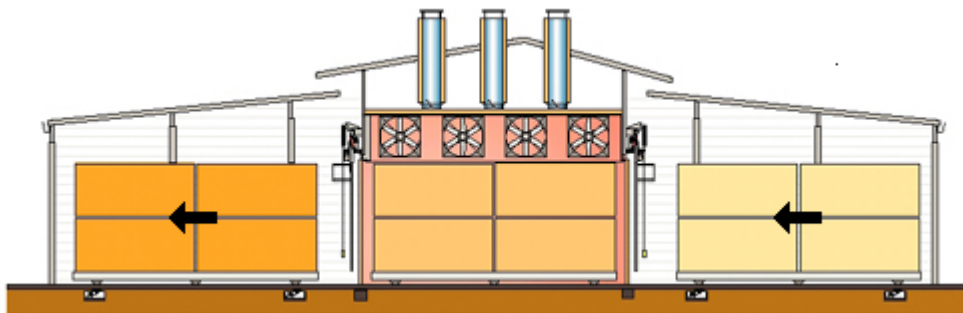
*Source : Tekmaheat Oy*

## 2. Cellule à sens unique

Il s'agit d'un équipement pour la production à moyenne échelle, soit des charges entre 40 et 60 m<sup>3</sup>. Elle permet d'atteindre une capacité annuelle variant entre 5 000 et 10 000 m<sup>3</sup>.

**FIGURE 2 : CELLULE À SENS UNIQUE**

---



*Source : Tekmaheat Oy*

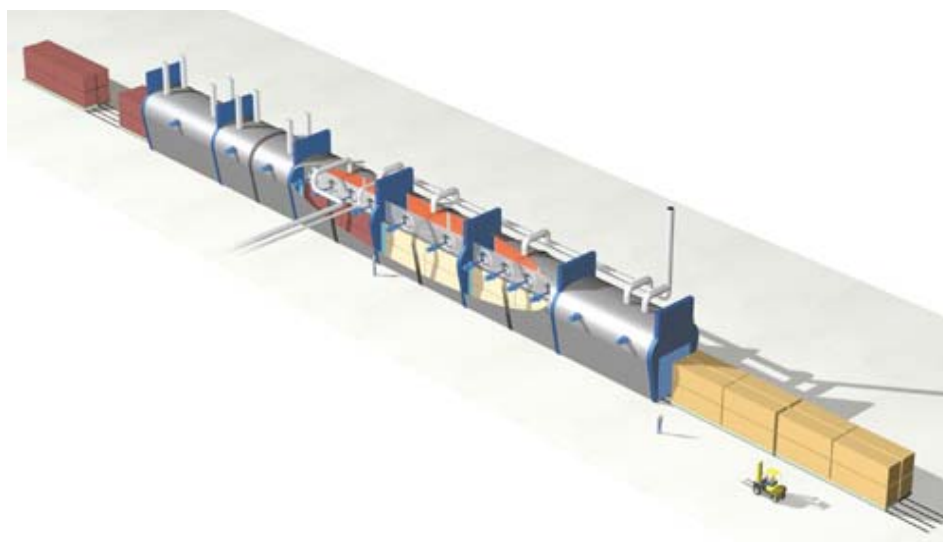
### 3. Tunnel de traitement multistades

Il s'agit d'un équipement pour la production à grande échelle. Il permet d'atteindre une capacité annuelle variant entre 30 000 et 40 000 m<sup>3</sup> et constitue une option technologique plus complexe. D'une longueur de 70 m (230 pi) et d'un diamètre d'environ 4 m (13 pi), le tunnel est constitué de six cellules indépendantes, alignées et traversées par un convoyeur qui déplace les charges de bois d'une cellule à l'autre, à toutes les 12 heures. Le séchage s'effectue dans les trois premières cellules et le traitement à haute température, dans la quatrième. Enfin, les deux dernières cellules servent au refroidissement et au conditionnement du bois traité.

*Tekmaheat Oy* est actuellement le seul fabricant à offrir un équipement permettant le traitement à haute température du bois en continu. Une seule unité de ce type est présentement en usage. C'est l'entreprise *Lunawood Oy* (fabricant de bois traité à haute température et membre de la « *Finnish ThermoWood Association* ») qui l'exploite depuis le début 2002 et qui détient les droits sur le brevet du tunnel de traitement multistades.

Ce procédé améliorerait substantiellement l'économie d'énergie. À ce titre, la vapeur d'eau formée durant les étapes de refroidissement et de traitement thermique est utilisée pour le préchauffage et le séchage du bois.

**FIGURE 3 : TUNNEL DE TRAITEMENT MULTISTADES**



Source : *Tekmaheat Oy*

Selon *Tekmaheat Oy*, quel que soit le type d'enceinte de traitement (cellules compacte, à sens unique et tunnel), l'utilisation de résistances électriques pourrait constituer au Québec un choix très intéressant compte tenu, d'une part, des coûts de l'électricité relativement bas et, d'autre part, du niveau d'immobilisation réduit, comparativement à un système utilisant une chaudière et un brûleur, sensiblement plus coûteux.

L'utilisation d'une chaudière à biomasse ne sera proposée que dans les cas où elle pourra fournir l'énergie de façon constante à plusieurs postes de consommation (plusieurs séchoirs, usines, turbines,...). Autrement, son manque de flexibilité limitera l'efficacité du système de traitement à haute température qui, durant certaines phases du procédé (refroidissement et conditionnement), n'a besoin d'aucune énergie thermique.

La technologie de *Tekmaheat Oy* est depuis peu présente au Québec par le biais du Groupe Énergie inc., qui annonçait à la fin août 2003, l'injection de 85 000 dollars pour permettre la création de *Tekmaheat Canada*, à Shawinigan. Le Groupe de consultants Roche et associés est mandaté pour évaluer le marché et assurer le transfert de la technologie de *Tekmaheat Oy*.

### **Stellac Oy**

*Stellac Oy*, fondée en 1997 par des chercheurs de l'Institut des technologies environnementales de Mikkeli (Finlande), a été la première entreprise à commercialiser un procédé de traitement du bois à haute température de taille industrielle. Selon le directeur général de l'entreprise, à ce jour, plus de 90 % des bois modifiés thermiquement et commercialisés en Europe ont été traités à l'aide d'équipements de traitement et périphériques *Stellac* (chaudière et incinérateur de produits d'extraction).

Cette entreprise, qui fut l'un des cinq partenaires fondateurs de la « *Finnish ThermoWood Association* », commercialise maintenant plusieurs formats d'enceintes de traitement (à 1 porte ou de type « à sens unique ») dont le volume de charge varie de 6 à 240 m<sup>3</sup>. L'enceinte de 60 m<sup>3</sup> est la plus populaire en raison de la flexibilité qu'elle procure. Selon la capacité, l'investissement peut varier de 2,3 millions de dollars pour une capacité de 10 000 m<sup>3</sup>/an à 15,6 millions de dollars pour une capacité de 100 000 m<sup>3</sup>/an.

*Stellac Oy* est membre de la « *Finnish ThermoWood Association* ». Toutefois, certaines différences dans les classes de traitement et des paramètres du procédé sont présentes par rapport à ceux de l'Association. À titre indicatif, la température maximale du procédé *Stellac* est de 250 °C (482 °F) tandis que la température du procédé *ThermoWood*<sup>®</sup> est légèrement plus basse, soit 215 à 230 °C (419 à 446 °F). D'autre part, la « *Finnish ThermoWood Association* » propose deux classes de traitement (Thermo-S et Thermo-D) tandis que *Stellac Oy* suggère cinq classes de traitement pour différentes essences de bois désigné « *Stellac Wood*<sup>®</sup> ». À titre d'exemple, pour l'épinette :

<b>Classe D1</b>	Bois très résistant à la pourriture, destiné à des applications où l'humidité est élevée et les conditions atmosphériques rigoureuses (jetées, pontons et usages en contact avec le sol). Les produits issus du traitement D1 sont conformes à la classe 1 de la norme européenne EN-350-1. La résistance mécanique est légèrement réduite.
<b>Classe D2</b>	Bois résistant à la pourriture, destiné à des applications où l'humidité est souvent élevée (revêtements extérieurs pour bâtiments, meubles de jardin, cadres de portes et fenêtres). Les produits issus du traitement D2 sont conformes à la classe 2 de la norme européenne EN-350-1. La résistance mécanique est légèrement réduite.
<b>Classe D3</b>	Bois relativement résistant à la pourriture, destiné à des applications où l'humidité est parfois élevée (cadres de portes et fenêtres, revêtements extérieurs pour bâtiments). Ce traitement vise à produire des bois qui auront la meilleure résistance à la dégradation fongique possible sans réduire de façon importante leur résistance mécanique et leur capacité de finition.

<b>Classe T4</b>	Pour les usages où la résistance mécanique doit être excellente, où l'absorption d'eau et les retraits/gonflements à cause de l'humidité doivent rester faibles et également où l'on recherche une teinte plus foncée que l'essence d'origine (meubles, parquets et menuiseries intérieures).
------------------	---

<b>Classe T5</b>	Pour les usages intérieurs où une teinte plus foncée que l'essence d'origine est désirée. Les propriétés physiques sont pratiquement inchangées.
------------------	--

### **Valutec Oy**

*Valutec Oy* est un important fabricant finlandais de cellules de séchage. Mis à part le tunnel de traitement multistades, dont l'unique exemplaire a été construit par *Tekmaheat Oy*, les équipements pour le traitement thermique du bois commercialisés par *Valutec* sont similaires à ceux fabriqués par *Tekmaheat Oy* et *Stellac Oy*.

En 2002, *Valutec Oy* construisait, à Kotka (Finlande), une unité de traitement d'une capacité de charge de 100 m<sup>3</sup> pour le compte de *Stora Enso*.

### **SITES DE PRODUCTION THERMOWOOD®**

Généralement, les utilisateurs de la technologie *ThermoWood®* commercialisent des produits finis et semi-finis en bois. Les sites de production sont souvent intégrés à des complexes de sciage ou usines de rabotage d'importance.

En Finlande, depuis 3 ans, la capacité totale de production de bois traité à haute température connaît une croissance soutenue :

- ↗ Fin 2000 : plus de 40 000 m<sup>3</sup>/an
- ↗ Fin 2001 : plus de 65 000 m<sup>3</sup>/an
- ↗ Fin 2002 : environ 150 000 m<sup>3</sup>/an

Selon des données récentes, la Finlande figure comme leader mondial de bois traité à haute température, du point de vue de la capacité de production installée dans les sites suivants et du volume de produits vendu sur les marchés :

#### **EKOSAMPO OY**

FIN-58200 Kerimäki, Finland  
Téléphone : 358.15.511.1150  
Télécopieur : 358.15.511.1151  
Capacité annuelle maximale : 5 000 m<sup>3</sup>/an

#### **OY LUNAWOOD LTD**

Asemantie 52  
FIN-74170 Soinlahti, Finland  
Téléphone : 358.17.7700.222  
Télécopieur : 358.17.7700.230  
www.lunawood.fi  
Capacité annuelle maximale : 40 000 m<sup>3</sup>/an

#### **FINNFOREST OY**

Revontulentie 8 C  
P.O. Box 50  
FIN-02020 Metsä, Finland  
Téléphone : 358.1046.05  
Télécopieur : 358.1046.94863  
www.finnforest.com  
Capacité annuelle maximale : 25 000 m<sup>3</sup>/an

#### **PIRKANMAAN LÄMPÖPUU OY**

Lahnajoentie 196  
FIN-35700 Vilppula, Finland  
Téléphone : 358.3.471.6350  
www.hjt-holz.com  
Capacité annuelle maximale : 3 000 m<sup>3</sup>/an

**FINNFOREST IKIPUU OY**

Kaivoksentie 22  
FIN- 82200 Hammaslahti, Finland  
Téléphone : 358.1046.75699  
Télécopieur : 358.1046.75680  
www.finnforest.com  
Capacité annuelle maximale : 16 000 m<sup>3</sup>/an

**HEINOLAN RUSKOPUU OY**

Marjonientie 184  
FIN-18300 Heinola, Finland  
Téléphone : 358.3.7156.530  
Télécopieur : 358.3.7144.023  
www.ekoaspen.com  
Capacité annuelle maximale : 3 000 m<sup>3</sup>/an

**LAUKAAN LÄMPÖPUU OY**

Kankaanpäätie 1  
FIN-41350 Laukaa, Finland  
Téléphone : 358.14.831.755  
Télécopieur : 358.14.831.756  
www.laukaanlampopuu.fi  
Capacité inconnue

**OY BROWN WOOD LTD**

Vampulantie 117  
FIN-32610 Vampula, Finland  
Téléphone : 358.400.695033  
Télécopieur : 358.276.51630  
Note : ne possède pas encore d'unité de traitement

**STELLAC WOOD MIKKELI OY**

Pursialankatu 32  
FIN-50100 Mikkeli, Finland  
Téléphone : 358.15.7605.700  
Télécopieur : 358.15.7605.756  
www.swm-wood.com  
Capacité annuelle maximale : 16 000 m<sup>3</sup>/an

**STORA ENSO TIMBER OY LTD**

P.O. Box 39  
FIN-06101 Porvoo, Finland  
Téléphone : 358.2046.114  
Télécopieur : 358.2046.21745  
www.storaenso.com  
Capacité annuelle maximale : 25 000 m<sup>3</sup>/an (usine de Kotka)

**SUOMEN LÄMPÖPUU OY**

Horontie 166  
FIN-64700 Teuva, Finland  
Téléphone : 358.6.267.2541  
Télécopieur : 358.6.267.2551  
www.suomenlampopuu.com  
Capacité annuelle maximale : 8 000 m<sup>3</sup>/an

**UPM-KYMMENE PUUTEOLLISUUS**

P.O. Box 239, (Niemenkatu 16)  
FIN-15141 Lahti, Finland  
Téléphone : 358.204.14.7011  
Télécopieur : 358.204.15.6232  
www.wisa.fi  
Note : ne possède pas encore d'unité de traitement

**BREVETS ET LICENCES**

Le procédé *ThermoWood*<sup>®</sup> repose sur trois brevets principaux, dont le brevet EP 0695408B1.

Au Canada, le *Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus* (VTT) a déposé la demande de brevet CA 2162374 intitulé : « *Méthode pour améliorer la résistance à la biodégradation et la stabilité dimensionnelle de produits celluloseux* ».

En juillet 2001, le VTT déposait la demande de brevet WO153812A1 « *Méthode pour déterminer le degré de modification d'un produit en bois traité à haute température* ». Ce procédé consiste à déterminer le nombre de radicaux libres de la pièce de bois et à le comparer à celui obtenu avec une pièce de bois non traitée. Une augmentation du nombre de radicaux libres correspond à une augmentation du degré de modification thermique. Le processus peut être utilisé afin de déterminer de manière fiable et récurrente, le degré de modification thermique de nombreux produits du bois, à la fois lors du traitement thermique et sur les produits finis.

Par ailleurs, en mars 2001, une entente intervenait entre la « *Finnish ThermoWood Association* » et *Licentia Oy* (société spécialisée dans la mise en valeur de la propriété intellectuelle), laquelle se voyait confier la commercialisation des licences liées à la production de bois *ThermoWood*<sup>®</sup> et à la fabrication des équipements *ThermoWood*<sup>®</sup>. Cette entente est exclusive sur le territoire finlandais, mais inclut une option permettant d'émettre des licences à des entreprises situées à l'extérieur de la Finlande.

À titre indicatif, les montants exigés par *Licentia Oy* pour un nouveau licencié *ThermoWood*<sup>®</sup> sont :

- ↗ Paiement de 20 à 30 000 dollars américains (environ 28 à 42 000 dollars canadiens) pour chaque nouveau four; et,
- ↗ Pour chaque m<sup>3</sup> de bois *ThermoWood*<sup>®</sup> vendu, redevance de 2 à 3 dollars américains (environ 3 à 4 dollars canadiens).

### **AUTRES CONSIDÉRATIONS**

Des discussions ont maintenant lieu au sein de la « *Finnish ThermoWood Association* » pour qu'elle puisse inviter des entreprises non finlandaises à devenir membre.

### **3.1.2 Procédé *Perdure*<sup>®</sup> (PCI Industries inc., Québec)**

#### **HISTORIQUE**

Pendant plusieurs années, avant la création de la société française BCI en 1995, des recherches ont été effectuées pour mettre au point le procédé. C'est en 1995 que BCI fait breveter un four de traitement alimenté au gaz propane qui permet de récupérer et de brûler les gaz émis par le bois durant le traitement. Le premier four expérimental fut mis en service en 1996 ; la première unité industrielle fut commercialisée en 1997.

*Pluri Cap International* (PCI) de Jonquière achetait en 2000, les droits intellectuels du groupe français BCI-MBS pour le traitement du bois à haute température *Perdure*<sup>®</sup>, donnant naissance à PCI Industries inc. Depuis 2001, PCI Industries inc., l'équipementier exclusif de la technologie *Perdure*<sup>®</sup> dans le monde, exploite et développe cette technologie.

#### **PROCÉDÉ**

La technologie *Perdure*<sup>®</sup> consiste à traiter le bois à haute température par un procédé de pyrolyse ménagé sous atmosphère inerte. Le bois est chauffé entre 200 et 230 °C (392 et 446 °F) à cœur sans utiliser de produits chimiques.

Le traitement est effectué en quatre étapes :

## **1. Préchauffage**

La première étape consiste en une montée de température jusqu'à 100 - 120 °C, ce qui assure l'évaporation de l'eau libre. Le vecteur thermique est de l'air chauffé par le biais de gaz propane ou naturel. La durée de cette étape varie entre 4 et 7 heures et dépend de l'épaisseur des pièces, de l'essence à traiter et du taux d'humidité initial. Selon les concepteurs, il est possible de débiter le traitement avec des sciages verts.

## **2. Séchage**

Le séchage du bois s'effectue à la même température. Les turbines de brassage assurent la circulation d'une partie des gaz provenant de l'enceinte de traitement à travers la chambre de combustion. Le fonctionnement du brûleur en atmosphère réductrice assure que le bois traité ne s'enflamme pas, même s'il est porté à haute température. La durée du séchage varie entre 2 et 3 heures et dépend de l'essence à traiter, de la quantité d'eau libre à évaporer et de la dimension des pièces.

## **3. Chauffage**

C'est lors de cette étape qui est en fait le traitement que s'effectue une modification macromoléculaire du bois au cours de laquelle les propriétés mécaniques et physiques sont changées. La température du bois séché est portée entre 200 et 230 °C (392 et 446 °F) durant une période qui varie entre 1 et 5 heures, encore une fois en fonction, entre autres, de l'essence et de la dimension des pièces.

L'évacuation de la vapeur d'eau résiduelle et des gaz brûlés est assurée par les cheminées d'extraction, le taux d'oxygène dans l'enceinte restant limité du fait que le brûleur fonctionne en atmosphère réductrice (limitant ainsi la pyrolyse du bois qui dégraderait ses caractéristiques mécaniques). Les fours ont été conçus de manière à ce que les gaz produits par la montée en température du bois soient réinjectés dans la chambre à combustion. Les systèmes de contrôle donnent priorité à la destruction de ces gaz. Ils servent donc à l'augmentation de la température, permettant ainsi de réduire l'apport de gaz propane ou naturel et de soulager d'autant le coût énergétique.

## **4. Refroidissement**

De l'eau est vaporisée dans la chambre à combustion, ce qui abaisse la température dans l'enceinte de traitement. Cette étape dure de 15 à 45 minutes. À cette étape, il faut porter une attention particulière à la dimension des gouttelettes d'eau pour ne pas tacher le bois.

La durée totale approximative du traitement varie entre 7 et 16 heures. Enfin, la technologie *Perdure*<sup>®</sup> ne provoque aucun rejet atmosphérique. Elle génère uniquement des résidus liquides en quantité limitée (entre 30 et 300 litres/fournée de 10,5 m<sup>3</sup>).

## ÉQUIPEMENTS

PCI Industries inc. commercialise deux unités industrielles de traitement, fonctionnant au gaz naturel ou au propane : le PC5 et PC6. Seules leurs dimensions et leur capacité de charge les distinguent.

**TABEAU 2 : CARACTÉRISTIQUES DES UNITÉS DE TRAITEMENT PC5 ET PC6 DE PCI INDUSTRIES INC.**

		PC5	PC6
Dimensions extérieures	Longueur	16 315 mm	17 315 mm
	Largeur	2 595 mm	2 595 mm
	Hauteur	5 300 mm	5 300 mm
Dimensions intérieures	Longueur	5 500 mm	6 500 mm
	Largeur	1 543 mm	1 543 mm
	Hauteur	2 500 mm	2 500 mm
Dimensions de la charge	Longueur	5 250 mm	6 250 mm
	Largeur	1 250 mm	1 250 mm
	Hauteur	2 000 mm	2 000 mm
Chariot	Longueur	5 250 mm	6 250 mm
	Largeur	1 350 mm	1 350 mm
	Hauteur	2 200 mm	2 200 mm
Capacité théorique maximale par année		5 250 m <sup>3</sup> ou 2 897 000 PMP	6 300 m <sup>3</sup> ou 3 650 000 PMP
Capacité de production par cycle de traitement		8,75 m <sup>3</sup> ou 3 960 PMP	10,5 m <sup>3</sup> ou 5 000 PMP

Source : PCI Industries inc., 2003-08

<http://www.perdure.com/PerdurePortail/DesktopModules/ViewDocument.aspx?DocumentID=8>

À titre indicatif, le prix du PC6, d'une capacité de production théorique annuelle de 6 300 m<sup>3</sup>, est évalué à environ 1 million de dollars, auquel s'ajoute le coût du bâtiment et des équipements périphériques.

**PHOTO 1 : FOUR PERDURE®**

---



*Source : Perdure / PCI Industries inc., 2003-08*

**SITES DE PRODUCTION PERDURE®**

**KIT FORÊT**

69550 Cublize  
France  
Téléphone : 33.4.74.89.56.20  
Télécopieur : 33.4.74.89.56.72  
Capacité annuelle maximale : 4 000 m<sup>3</sup>/an

**FLADDER DANMARK A/S**

Grodevej  
P.O. Box 27  
D- 6823 Ansager  
Danemark  
Capacité annuelle maximale : 4 000 m<sup>3</sup>/an

**GROUPE LABEL**

Usine de Cacouna  
301, boul. Industriel  
Cacouna (Québec) G0L 1G0  
Téléphone : (418) 862-3262  
Télécopieur : (418) 862-2673  
Capacité annuelle maximale : 6 000 m<sup>3</sup>/an

**SPCM**

24, rue des Pellans  
01450 Poncin  
France  
Téléphone : 33.4.74.37.25.42  
Télécopieur : 33.4.74.37.27.63  
Capacité annuelle maximale : 4 000 m<sup>3</sup>/an

**ÉCOBOIS**

785, rue des Producteurs  
Saint-Ambroise (Québec)  
Téléphone : (418) 546-1155  
Télécopieur : (418) 546-1150  
Note : appartient à Bennett Environnement,  
Socrent et Pluri-Capital Industries  
Capacité annuelle maximale : 6 000 m<sup>3</sup>/an

**UNIVERSITE DU QUEBEC A CHICOUTIMI (UQAC)**

555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1  
Téléphone : (418) 545-5011  
Télécopieur : (418) 545-5012

## **BREVET**

Le procédé *Perdure*<sup>®</sup> repose, entre autres, sur le brevet canadien suivant :

✦ CA 2274944 : *Dispositif et procédé de traitement à haute température de matériau ligno-cellulosique.*

## **AUTRES CONSIDÉRATIONS**

PCI Industries inc. et l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) ont signé une entente de partenariat qui vise à accroître la valeur économique de la technologie *Perdure*<sup>®</sup>. Cette association favorisera le développement et l'avancement de la technologie ainsi que le support technique aux industriels. L'UQAC travaille, entre autres, à la valorisation des liquides de pyrolyse.

### **3.1.3 Procédé de réтификаion<sup>®</sup> (New Option Wood SA, France)**

#### **HISTORIQUE**

C'est en pleine crise pétrolière, dans les années 1976-1977, que débutèrent les travaux de l'École nationale supérieure des mines de Saint-Étienne (EMSE) (France), sur le traitement thermique du bois. L'EMSE a mis en évidence plusieurs modifications physico-chimiques du bois fragmenté lorsque ce dernier est soumis à haute température. Le nouveau matériau issu de ce traitement possède des caractéristiques très intéressantes et c'est en 1985 qu'ont été déposés les premiers brevets sur le produit et ses propriétés. Les travaux se sont poursuivis sur le bois solide et, en 1995, plusieurs demandes de brevets, concernant le matériau et le procédé, ont été déposées.

La Société *New Option Wood* (NOW) fut fondée en 1995 et elle détient désormais l'ensemble des brevets relatifs à ce traitement et en assure le transfert auprès des licenciés. L'EMSE, qui est partenaire financier de NOW, joue le rôle d'accompagnateur scientifique et contribue à la mise au point du procédé (modifications mineures). Elle guide également les industriels dans les techniques de qualification du produit traité, dans le contrôle de la qualité par l'amélioration de la technique et du suivi des paramètres du procédé. Elle travaille également au développement d'autres produits à partir de bois rétififié (polymères, ciments,...).

#### **PROCÉDÉ**

Le procédé consiste en une cuisson contrôlée du bois en respectant une atmosphère inerte, obtenue, soit par de l'azote ou d'autres gaz, notamment le CO<sub>2</sub> émis par les brûleurs à gaz. Cette pyrolyse est appelée « *réтификаion*<sup>®</sup> » (contraction de réticulation et torrification), du fait de la mise en évidence de phénomènes de réticulation de la matière ligno-cellulosique, la réticulation étant un réarrangement de certaines chaînes moléculaires sous l'action de la chaleur.

À noter que « *Bois rétififié*<sup>®</sup> » est une marque déposée ainsi que tous les noms avec le préfixe « réti » ayant trait à un procédé de traitement du bois.

Le procédé comporte au moins une étape dans laquelle on maintient le bois à traiter dans une enceinte de traitement à une température déterminée, de façon à détruire, au moins en partie, l'hémicellulose, une composante du bois. La gestion des paliers de température durant la phase vitreuse du bois est un élément essentiel de ce procédé. La température de transition

vitreuse d'un bois correspond à la zone de température à laquelle les éléments qui lui confèrent sa rigidité perdent justement ce caractère de rigidité, si bien que le matériau rigide devient souple permettant ainsi aux contraintes internes de se libérer.

Pratiquement toutes les essences semblent compatibles à ce procédé (entre autres, le hêtre, le frêne, le chêne, le peuplier, l'érable jaune, l'épinette et le pin maritime). L'épaisseur maximale des sciages à traiter avoisine 70/80 mm (2 ¾ à 3 1/8 po) pour les résineux et le peuplier et 45/50 mm (1 ¾ à 2 po) pour les feuillus. Idéalement, le taux d'humidité de départ est de 10 à 12 % pour les feuillus et jusqu'à 18 % pour les résineux. Pour certains feuillus, comme le chêne, il est préférable d'utiliser du bois préséché à 6 et 7 %.

Avant traitement, on procède au contrôle de l'humidité des sciages et ceux comportant trop de défauts (nœuds, fentes,...) sont éliminés. Les sciages conservés sont réempilés manuellement sur des baguettes, puis les paquets sont placés sur des supports roulant sur des rails. La charge complète est placée sous charge de manière à diminuer les gauchissements.

Au début de la réaction, lorsqu'un réacteur électrique est utilisé, de l'air chaud mêlé avec de l'azote est insufflé dans l'enceinte. À l'intérieur, le mélange gazeux circule constamment en alternance (gauche/droite, bas/haut) de façon à homogénéiser au maximum la température. La montée en température se fait par paliers pour atteindre un peu plus de 240 °C (464 °F). C'est à ce stade que s'effectue la *réтификаtion*<sup>®</sup> qui permet d'obtenir une bonne résistance à la dégradation fongique. À cette température, le mélange gazeux n'est constitué que d'azote qui est injecté au fur et à mesure que l'oxygène s'évacue par le haut de l'enceinte.

Les effluents liquides sont, soit récupérés pour les jus de pyrolyse (car ils ont un intérêt, entre autres, dans la parfumerie), soit brûlés dans les fours à gaz, soit dilués et évacués vers des stations de traitement traditionnelles. Les fumées sont captées et traitées pour éviter les odeurs.

Pour que le bois soit considéré *réifié*<sup>®</sup>, il faut une température minimale de 240 °C (464 °F). En deçà de cette température, le bois n'est pas certifié bois *réifié*<sup>®</sup>. Ça reste du bois chauffé, dont la couleur a changé, mais qui n'a pas la résistance à la pourriture du bois *réifié*<sup>®</sup>.

Les durées de traitement sont variables, en fonction :

- ↻ de l'essence;
- ↻ de l'épaisseur des pièces à traiter;
- ↻ de leur taux d'humidité initial; et,
- ↻ du taux de remplissage du four.

En principe, pour des sciages de 27 mm (1 1/16 po) d'épaisseur, elles sont de l'ordre de 8 heures pour les résineux et le peuplier et de 9 à 10 heures pour les feuillus; ce temps comprenant l'ensemble du cycle, refroidissement compris. Pour des sciages plus épais, il faut compter de 10 à 13 heures.

Après traitement, un contrôle de qualité est effectué, les baguettes sont récupérées et certaines découpes exécutées (pour éliminer les fentes). De façon générale, les pertes ou déclassement de la qualité du bois seraient de l'ordre de 5 % du volume, une partie pouvant être récupérée.

## **ÉQUIPEMENTS**

La technologie de *réтификаtion*<sup>®</sup> emploie des fours utilisant des résistances électriques, différents types de gaz ainsi que des fluides caloporteurs. L'approche commerciale de NOW, contrairement à celle des Finlandais et des Hollandais qui offrent des unités de traitement

souvent beaucoup plus volumineuses, se veut adaptable d'une région à l'autre, en fonction des essences forestières et des entreprises locales de transformation du bois. Conséquemment, NOW commercialise de plus petits réacteurs, adaptables à l'utilisateur et qui, idéalement, devraient être utilisés dans une entreprise intégrée pour le traitement d'un produit particulier. Les installations proposées vont de 5,80 à 12,50 m (19 à 41 pi) de longueur, permettant de traiter, dans des conditions moyennes, jusqu'à 10 000 m<sup>3</sup>/an.

À titre d'exemple, le modèle R11, au gaz, peut enfourner une charge dont les dimensions maximales sont de 1,6 m (5,2 pi) de largeur x 2,6 m (8,5 pi) de hauteur x 11,0 m (36 pi) de longueur, pour une capacité utile de charge de 12 m<sup>3</sup> (excluant lattage). Sa capacité de production annuelle avoisine 7 000 m<sup>3</sup> de bois traité, à raison de dix cycles/semaine (300 jours/an).

Le constructeur *Fours & Brûleurs Rey S.A.* de Saint-Étienne, un des partenaires technologiques de NOW, commercialise également d'autres versions plus petites de fours. À titre d'exemple, voici les caractéristiques de différents réacteurs de *rétification*<sup>®</sup> :

**TABLEAU 3 : CARACTÉRISTIQUES DE DIFFÉRENTS RÉACTEURS ÉLECTRIQUES DE RÉTIFICATION<sup>®</sup>**

VERSION DE RÉACTEUR	PUISSANCE INSTALLÉE (kW)	DIMENSIONS DES CHARGES UTILES (m)			CAPACITÉ UTILE/CHARGE (m <sup>3</sup> DE BOIS)	CAPACITÉ DE PRODUCTION ANNUELLE (m <sup>3</sup> )*
		LARGEUR	LONGUEUR	HAUTEUR		
R 3	230	1,20	3	2,20	4	1 760
R 4,5	330	1,20	4,5	2,20	6	2 640
R 6	430	1,20	6	2,20	8	3 520

\*2 cycles/jour, et ce, sur une base de 220 jours de travail/an.

*Source : Le Bois traité par haute température, CTBA 2002*

**PHOTO 2 : FOUR INDUSTRIEL DE RÉTIFICATION®**

---



Source : NOW S.a.

Le procédé de *réтификаction*® n'utilise de l'azote que lorsqu'un four électrique est employé. L'azote sert à deux fins :

- ↗ À réduire au maximum la concentration d'oxygène dans l'enceinte (environ 2 %), évitant ainsi l'hydrolyse du bois qui, autrement, affecterait à la baisse la résistance mécanique des sciages.
- ↗ Au refroidissement à la fin du traitement, étape qui se passe en surpression.

Dans les sites de production NOW, en France, Air Liquide loue une centrale autonome de production d'azote. À titre indicatif, pour une installation produisant 8 m<sup>3</sup> de bois *réficié*®/jour, la consommation d'azote coûte approximativement 1 200 euros/mois (1 800 dollars), amortissement compris. La consommation d'azote varie beaucoup en fonction du type de produit à préparer.

Les réacteurs au gaz (n'utilisant pas de résistances électriques) récupèrent le CO<sub>2</sub> des brûleurs pour appauvrir l'atmosphère dans l'enceinte, ce qui permet, selon NOW, d'abaisser la concentration d'oxygène à environ 6 %.

## **COÛTS BUDGÉTAIRES**

À titre indicatif, une installation moyenne qui traite 7 000 m<sup>3</sup> par an coûte approximativement 700 000 euros (environ 1 075 000 dollars canadiens). Dans ce cas, il s'agit d'un réacteur avec pilotage à distance, lavage des fumées, chargeuse automatique qui, selon NOW, constitue un compromis intéressant entre une version manuelle et une autre pleinement automatique.

Dans ce cas, il s'agit d'un réacteur avec pilotage à distance, lavage des fumées, chargeuse automatique qui, selon NOW, constitue un compromis intéressant entre une version manuelle et une autre pleinement automatique.

Le coût d'une installation complète automatisée va de 600 000 à 900 000 euros (environ 900 000 à 1 375 000 dollars) en fonction des volumes de bois traités, entre 4 000 et 10 000 m<sup>3</sup>.

## **SITES DE PRODUCTION NOW**

Actuellement, il y a cinq sites de production NOW en France. Une nouvelle installation devrait voir le jour, à l'automne 2003.

### **HTT TRAITEMENT THERMIQUE**

38, avenue d'Azur  
40140 Soustons  
Téléphone : 33.5.58.41.41.60  
Télécopieur : 33.5.58.41.41.61  
Note : Propriété de NOW  
Capacité annuelle maximale : 3 500 m<sup>3</sup>/an

### **STÉ RÉTIBOIS**

ZI du Galinay  
BP 5  
42230 Roche-La-Molière  
Téléphone : 33.4.77.90.63.30  
Télécopieur : 33.4.77.90.30.35  
Capacité annuelle maximale : 2 500 m<sup>3</sup>/an

### **STÉ RÉTITECH**

2, chemin Bas la Gare  
17290 Chambon  
Téléphone : 33.5.46.00.93.03  
Télécopieur : 33.5.46.00.10.99  
Note : Propriété de NOW  
Capacité annuelle maximale : 1 700 m<sup>3</sup>/an

### **STÉ RÉTIMAC**

ZA La Croix Revel  
12390 Anglars- Saint Félix  
Téléphone : 33.5.65.80.24.10  
Télécopieur : 33.5.65.80.24.19  
Note : Plate forme du CRITT Bois de Rodez  
Capacité annuelle maximale : 2 500 m<sup>3</sup>/an

### **SEFCCO**

10 rue de Florivoie  
88640 Granges sur Vologne  
Téléphone : 33.3.29.57.51.68  
Télécopieur : 33.3.29.57.55.69  
<http://www.sefwood.com>  
Capacité annuelle maximale : environ 5 000 m<sup>3</sup>/an

### **À venir (automne 2003)**

#### **MANUFACTURE DES BOIS LANDAIS (MBL)**

M. Norbert d'Aboville  
B.P. 53  
40992 Buglose (Saint-Vincent-de-Paul)  
Téléphone : 33.5.58.89.91.04  
Télécopieur : 33.5.58.89.96.17  
Capacité annuelle maximale envisagée :  
5 000 m<sup>3</sup>/an

La capacité de production annuelle des installations de NOW serait actuellement de l'ordre de 15 000 m<sup>3</sup>.

## **BREVETS ET REDEVANCES**

Le procédé de *réтификаction*<sup>®</sup> repose sur les trois brevets principaux suivants :

↗ Fr 26 04942.

↗ Fr 27 51579.

↗ Fr 27 51580.

Au Canada, les deux demandes de brevets suivantes ont été déposées :

↗ CA 2232974, *Procédé de réтификаction du bois.*

↗ CA 2232971, *Procédé de traitement du bois à étape de transition vitreuse.*

De plus, une autre demande concernant une variante du procédé de *réтификаction*<sup>®</sup> a été déposée plus récemment. Il s'agit de la demande :

↗ CA 2269904, *Procédé de traitement du bois par imprégnation*

Les redevances exigées équivalent à 3 % du chiffre d'affaires du licencié. Tant que ce dernier n'a pas atteint la rentabilité (dans les limites de l'entente négociée), NOW ne charge pas les redevances.

## **AUTRES CONSIDÉRATIONS**

Cette technologie a déjà suscité passablement d'intérêt au Québec. À ce propos, NOW a récemment discuté avec des entreprises québécoises, notamment dans le secteur du parquet.

D'autre part, des procédures légales, entre PCI Industries inc. (Québec) et la Société NOW sont présentement en cours en France.

### **3.1.4 Procédé PLATO<sup>®</sup> (Plato International BV, Pays-Bas)**

#### **HISTORIQUE**

Le procédé *PLATO*<sup>®</sup> a été mis au point dans les années 1980 par des scientifiques de la pétrolière Shell qui élaboraient alors une méthode de production de combustible à base de bois. Leurs résultats indiquaient que le traitement à haute température du bois, dans un milieu aqueux, augmentait de façon importante sa résistance à la dégradation fongique et sa stabilité dimensionnelle. En 1993, un centre d'expérimentation a été construit à Wageningen (Pays-Bas) puis en 1994, la société *Plato*, entreprise distincte et indépendante de Shell, fut fondée pour poursuivre le développement de cette technologie et la commercialiser.

#### **PROCÉDÉ ET ÉQUIPEMENTS**

Dans ce procédé, comme pour les autres, chaque essence est traitée de façon particulière. De plus, la température, la pression, la durée et la montée en température sont des paramètres qui sont ajustés, entre autres, en fonction des caractéristiques du produit fini.

Ce procédé comprend quatre phases distinctes et successives.

**TABLEAU 4 : ÉTAPES DE TRAITEMENT SELON LE PROCÉDÉ *PLATO*<sup>®</sup>**

PHASES DE TRAITEMENT	HUMIDITE INITIALE DU BOIS	HUMIDITE FINALE DU BOIS	TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT (°C)	FLUIDE	DUREE DE CYCLE
1. Hydrothermolyse	14 – 18 %	13 – 17 %	180	Vapeur	4 à 5 heures
2. Séchage	13 – 17 %	8 %	60 – 70	Vapeur	5 à 20 jours
3. Traitement	8 %	± 0 – 1 %	180	Vapeur	12 à 16 heures
4. Conditionnement	± 0 – 1 %	4 – 6 %	-	-	3 jours

*Sources : Présentation de M. Van Leusden, « Europäischer Thermoholztag in Dresden 2003 », mai 2003 et correspondance avec M. Boonstra*

### 1. Hydrothermolyse

Le bois, introduit dans un autoclave en acier inoxydable, est chauffé à une température de 180 °C dans un environnement aqueux, sous une pression qui atteint 6 à 8 bars. Cette phase permet de transformer, de façon sélective, l'hémicellulose et la lignine en vue du traitement qui sera réalisé durant la troisième phase. Les polyoses sont transformés en aldéhydes et il se forme quelques acides organiques. La cellulose reste intacte ce qui est essentiel pour les bonnes propriétés mécaniques du bois *PLATO*<sup>®</sup>.

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique, cette phase peut être effectuée avec deux autoclaves exploitée en alternance, l'énergie de l'autoclave en mode de refroidissement étant récupérée pour chauffer l'autre. On obtiendrait, avec ce système, une récupération de l'ordre de 40 %, mais les équipements utilisés complexifient le procédé.

**PHOTO 3 : AUTOCLAVE D'HYDROTHERMOLYSE PLATO®**

---



*Source : Présentation « Europäischer Thermoholztag in Dresden 2003 », Caspar Van Leusden, Dresden, mai 2003*

## **2. Séchage**

Le séchage, nécessaire pour éviter des fissures internes durant la troisième phase, se fait dans des séchoirs à bois traditionnels, selon les procédures courantes en la matière. On obtient alors un lot très homogène dont le taux d'humidité final varie entre 8 et 10 %.

## **3. Traitement thermique**

Cette phase est réalisée dans des conditions sèches dans un réacteur conçu à cet effet, à la pression atmosphérique et à une température de 180 °C (356 °F). Des réactions de condensation et de durcissement se produisent. Les aldéhydes formés réagissent avec les molécules de lignine activées pour constituer des composés hydrofuges, réticulés dans la structure du bois. Le taux d'humidité finale avoisine 1 %. C'est cette étape qui confère au bois sa durabilité et sa stabilité dimensionnelle.

**PHOTO 4 : RÉACTEUR DE TRAITEMENT PLATO®**

---



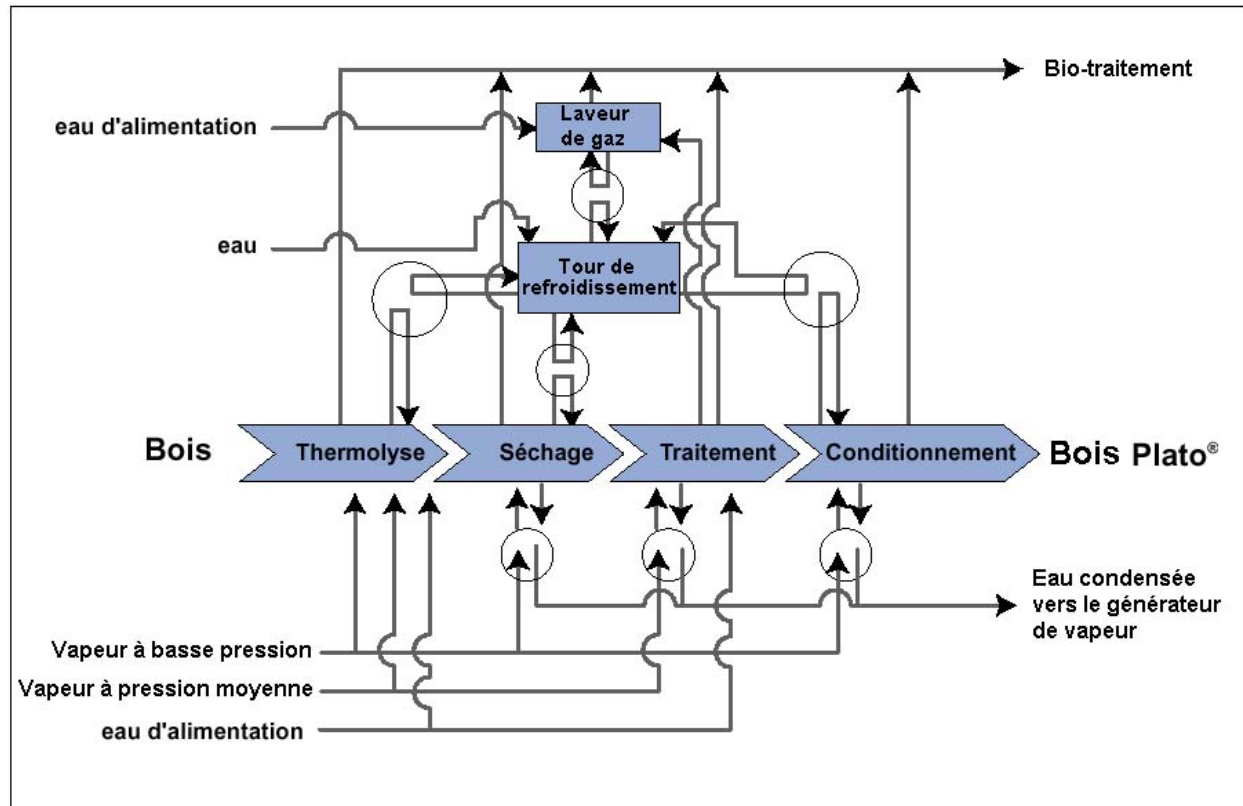
Source : Présentation « *Europäischer Thermoholztag in Dresden 2003* », Caspar Van Leusden, Dresden, mai 2003

#### **4. Conditionnement**

Le bois est introduit à nouveau dans les mêmes séchoirs que ceux utilisés à l'étape 2 et son taux d'humidité est augmenté (environ 4 à 6 %) afin de permettre un façonnage ultérieur.

Aucun produit chimique n'est utilisé durant le procédé, sauf un peu d'alcali pour contrôler le pH. Des composés organiques dans l'eau interne pendant la première phase sont traités par des dispositifs de traitement biologique, tandis que les gaz issus des séchoirs et du réacteur sont traités dans un système de lavage.

FIGURE 4 : SCHÉMA DU PROCÉDÉ PLATO®



Source : <http://www.platowood.nl/plato2003>, CRIQ

### SITE DE PRODUCTION PLATO®

Depuis août 2000, la société *Plato* exploite un site de production à *Arnhem* (Pays-Bas) construit au coût de 13,5 millions d'euros (environ 20 800 000 dollars). Cette usine se situe dans un parc industriel, ce qui permet à l'entreprise de s'approvisionner, à moindre coût, en vapeur de basse et moyenne pression, nécessaire au procédé. Elle utilise :

- ↗ 2 autoclaves de 20 m<sup>3</sup> de capacité chacun;
- ↗ 1 réacteur de 80 m<sup>3</sup>;
- ↗ 8 cellules de séchage traditionnelles de 160 m<sup>3</sup> de capacité chacune.

Actuellement, la capacité maximale de production serait de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/jour (à raison de 10 charges d'autoclave par jour et de 2,5 charges de réacteur par semaine). Le niveau de production actuel serait environ de 10 000 m<sup>3</sup>/an, tandis que la capacité annuelle de l'usine serait de 35 000 m<sup>3</sup>.

Au cours de 2001, l'entreprise a connu des difficultés financières mais a redémarré avec de nouveaux investisseurs. Avant ces problèmes, *Plato* avait annoncé la construction d'une deuxième usine, en Allemagne, d'une capacité de 75 000 m<sup>3</sup> par an. Cette unité n'a pas encore vu le jour.

## **BREVETS**

Le procédé *PLATO*<sup>®</sup> repose, entre autres, sur les documents de brevets canadiens suivants :

- ↗ Demande CA 2112937 : *Procédé d'amélioration de bois de qualité médiocre.*
- ↗ Demande CA 2224031 : *Procédé de préparation d'agrégats fibreux cellulosiques.*

## **AUTRE CONSIDÉRATION**

Le coût important de l'investissement implique des cessions de licence accessible à de grands groupes de taille mondiale.

### **3.1.5 Procédé OHT (Oil Heat Treatment) (Menz Holz GmbH, Allemagne)**

#### **HISTORIQUE**

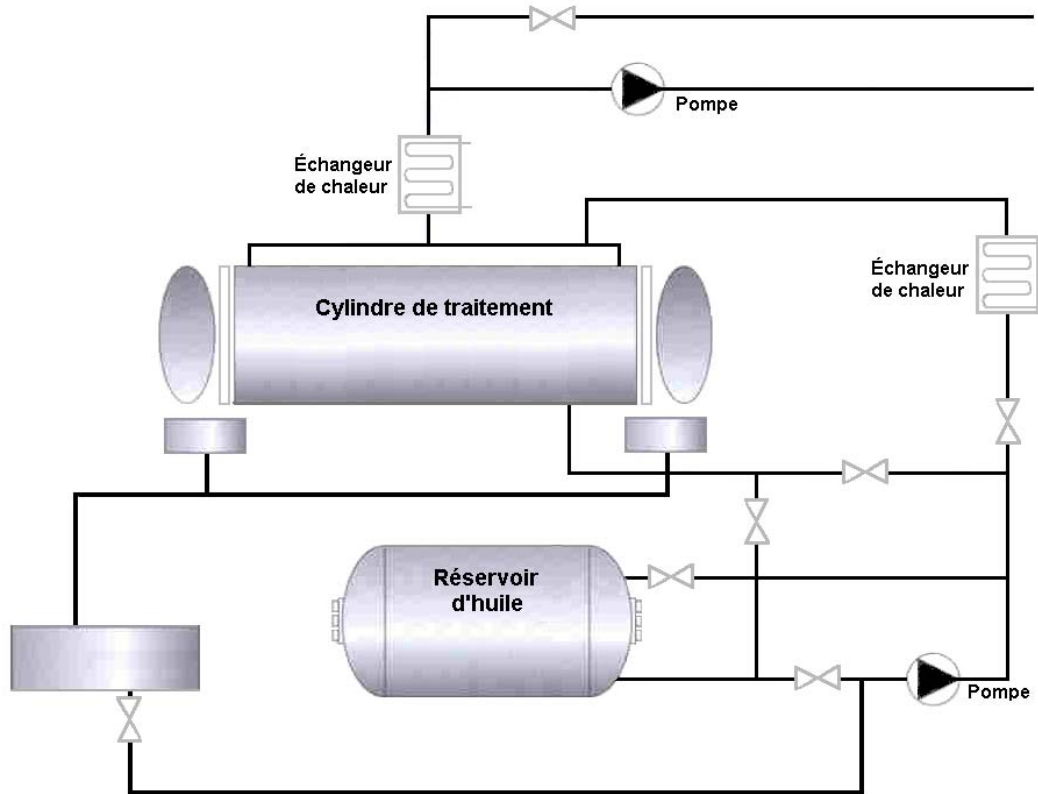
En 1998, le BFH (Centre fédéral de recherches sur la forêt et les produits forestiers, à Hambourg) et la compagnie *Menz Holz GmbH (Ehrenberg-Reulbach, Allemagne)* ont mené un projet de recherche conjoint visant à augmenter la durabilité et la stabilité du bois. C'est durant ce projet que le procédé OHT a été mis au point. Même si ce projet est maintenant terminé, la collaboration entre les deux organismes se poursuit toujours, notamment en ce qui a trait à l'élaboration d'un procédé de contrôle de la qualité du bois traité thermiquement.

#### **PROCÉDÉ ET ÉQUIPEMENTS**

Une différence importante distingue ce procédé des autres :

- ↗ Au lieu d'être de l'air chauffé ou de la vapeur d'eau, le vecteur thermique est de l'huile végétale (colza, lin et tournesol) chauffée, peu dispendieuse et facilement disponible sur les marchés.

**FIGURE 5 : SCHÉMA DE L'INSTALLATION CHEZ MENZ HOLZ**



*Source : Le bois traité par haute température, CTBA 2002*

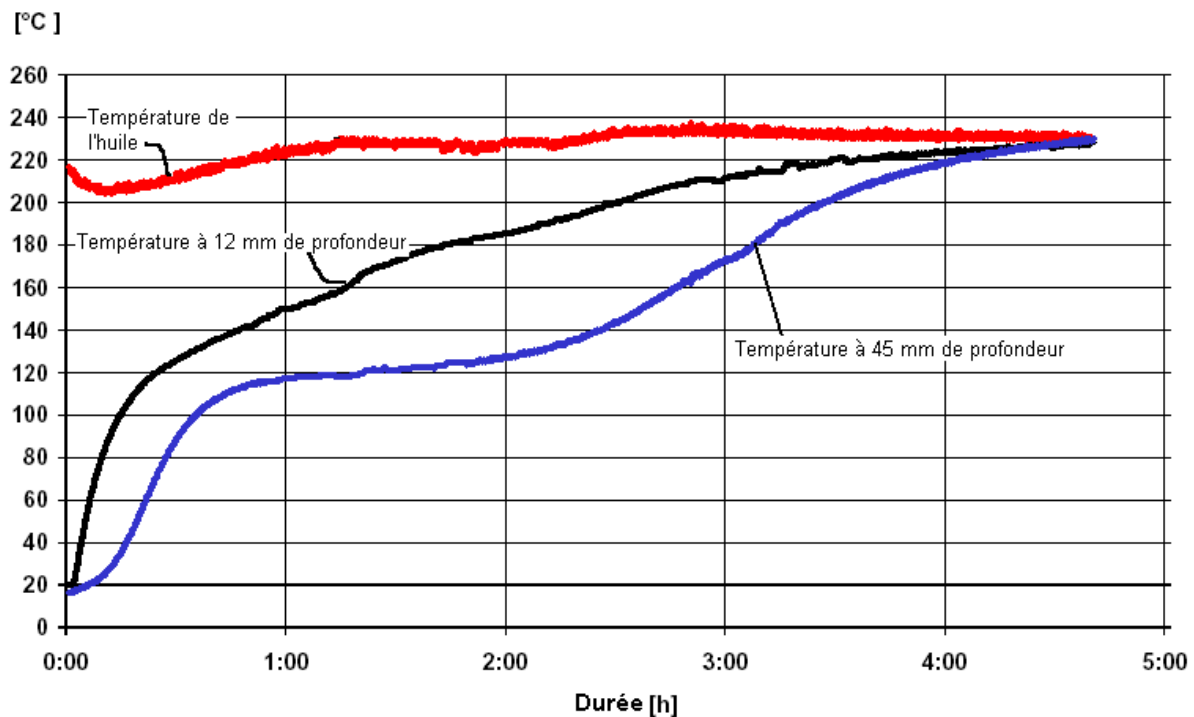
Comme pour tous les autres procédés, c'est la chaleur qui fait la conversion chimique du bois et qui modifie sa structure. Les bois à traiter sont chargés dans le cylindre. La porte est fermée et l'huile chauffée est pompée dans l'enceinte jusqu'à ce que cette dernière soit remplie. Une fois le traitement terminé, l'huile retourne au réservoir.

L'immersion du bois dans l'huile garantit :

- ↗ L'absence totale d'oxygène, ce que les autres procédés ne peuvent garantir. La présence d'O<sub>2</sub> conduit à des réactions d'oxydation qui réduisent les caractéristiques mécaniques du bois.
- ↗ Un transfert de chaleur rapide et un contrôle de la température du bois d'une précision inégalée.

Le procédé est ajusté en fonction de la température à l'intérieur du bois. Certaines électrodes (thermocouples) sont installées à la surface du bois, d'autres introduites dans le bois et enfin d'autres mesurent la température de l'huile. La montée en température doit être graduelle afin de maintenir la différence entre la température de l'huile et du bois la plus faible possible, ce qui, dans le cas contraire, ferait fissurer le bois.

**GRAPHIQUE 2 : COURBE DE TEMPÉRATURE DE L'HUILE ET DU BOIS LORS DE LA MONTÉE EN TEMPÉRATURE (CYCLE DE 220 °C POUR DES PIÈCES DE 90 × 90 mm)**



Source : Heat treatment of Wood in Germany, Andreas Rapp, 2001

L'huile n'entre que très peu dans le bois car, durant le procédé, des substances en sont constamment évacuées, soit au début, de la vapeur d'eau puis des gaz de torréfaction. Ces gaz ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , composés organiques volatils (COV), méthanol, acide formique, acide acétique,...) sont évacués du réacteur (réservoir) et doivent être récupérés pour être brûlés dans la chaudière afin de fournir de l'énergie au procédé. Si cela n'est pas fait, le procédé produit une odeur assez soutenue. Lorsque les effluents ne sont pas brûlés, ils doivent être neutralisés car le pH est acide.

✎ Il est nécessaire que l'huile ait une bonne capacité à résister aux hautes températures, à un niveau de 230 °C. L'huile devient de plus en plus visqueuse, de cycle en cycle en raison des produits issus de la décomposition du bois qui s'y accumulent, ce qui change sa composition.

Le temps de cycle du procédé varie en fonction de la dimension des sciages traités :

- ✎ Pour des sciages de 50×100 mm (2×4), 1 heure pour chauffer, entre 3 et 4 heures pour le traitement et 2 heures pour le refroidissement. Au total, 6 à 8 heures/charge ce qui donne une possibilité de trois charges par jour.
- ✎ Pour des sciages de 100×100 mm (4×4), c'est beaucoup plus long, de l'ordre de 18 à 24 heures, pour le traitement complet.

## **CLASSES DE TRAITEMENT**

La société *Menz Holz GmbH* préconise trois principaux niveaux de traitement : 180, 200 et 220 °C (356, 392 et 428 °F).

La température atteinte dans l'enceinte de traitement dépend de l'application du produit que l'on veut obtenir :

- ↗ Produits avec une grande résistance à la pourriture : température de 215 à 220 °C (419 à 428 °F) à cœur, durant environ 4 heures.
- ↗ Produits dont l'application demande une bonne résistance à la pourriture mais une excellente stabilité dimensionnelle : environ 200 °C (392 °F).
- ↗ Produits pour lesquels la résistance mécanique est plus importante, le procédé permet de maintenir la température du traitement plus basse, soit 190 °C (374 °F). À la fin du traitement, on applique une pression pour imprégner le bois d'huile. Le matériau résultant est hydrophobe et donc très résistant à la pourriture et, de plus, sa résistance mécanique est sensiblement moins altérée, du fait de la basse température de traitement.

À la fin du traitement, le refroidissement doit être graduel et pas trop brutal afin de permettre aux composés organiques volatils (COV), produits à la fin de la période de haute température, de migrer vers la surface du bois, de s'évaporer et de s'échapper.

À la sortie de l'enceinte, le bois est sec. La surface est à peine huileuse (un papier déposé à la surface du bois traité absorbera une petite quantité d'huile après une heure). Pour diminuer davantage la présence d'huile en surface, à la toute fin du procédé, on évacue l'huile et on applique un vide partiel dans l'enceinte où une température chaude est maintenue durant 1 ou 2 heures.

Les bois issus de ce traitement sont d'excellents matériaux pour des usages extérieurs sans contact avec le sol.

## **SITE DE PRODUCTION OHT**

Une seule usine, propriété de *Menz Holz GmbH*, emploie le procédé OHT. Construite en 2000, elle utilise un cylindre de 15 m<sup>3</sup> et a une capacité théorique annuelle légèrement inférieure à 3 000 m<sup>3</sup>.

## **BREVET**

Le BHT a vendu les droits d'exploitation à *Menz Holz GmbH* qui est maintenant le propriétaire unique du brevet du procédé OHT. À ce jour, *Menz Holz GmbH* est la seule utilisatrice de cette technologie et elle est intéressée à céder des licences à d'autres entreprises qui œuvrent dans des marchés géographiques différents des siens ou bien encore dans des segments de marché autres que les meubles et les éléments d'aménagement d'extérieur.

Le procédé OHT repose, entre autres, sur le brevet suivant :

↗ Brevet US 6217939: *Wood Treatment Process*.

### **AUTRE CONSIDÉRATION**

Compte tenu des pressions utilisées et du transfert de température rapide rendu possible par l'utilisation d'huile, le procédé OHT est une voie intéressante pour les essences peu imprégnables et les pièces de fortes sections.

### **3.1.6 Procédé Thermoholz Austria (THA)**

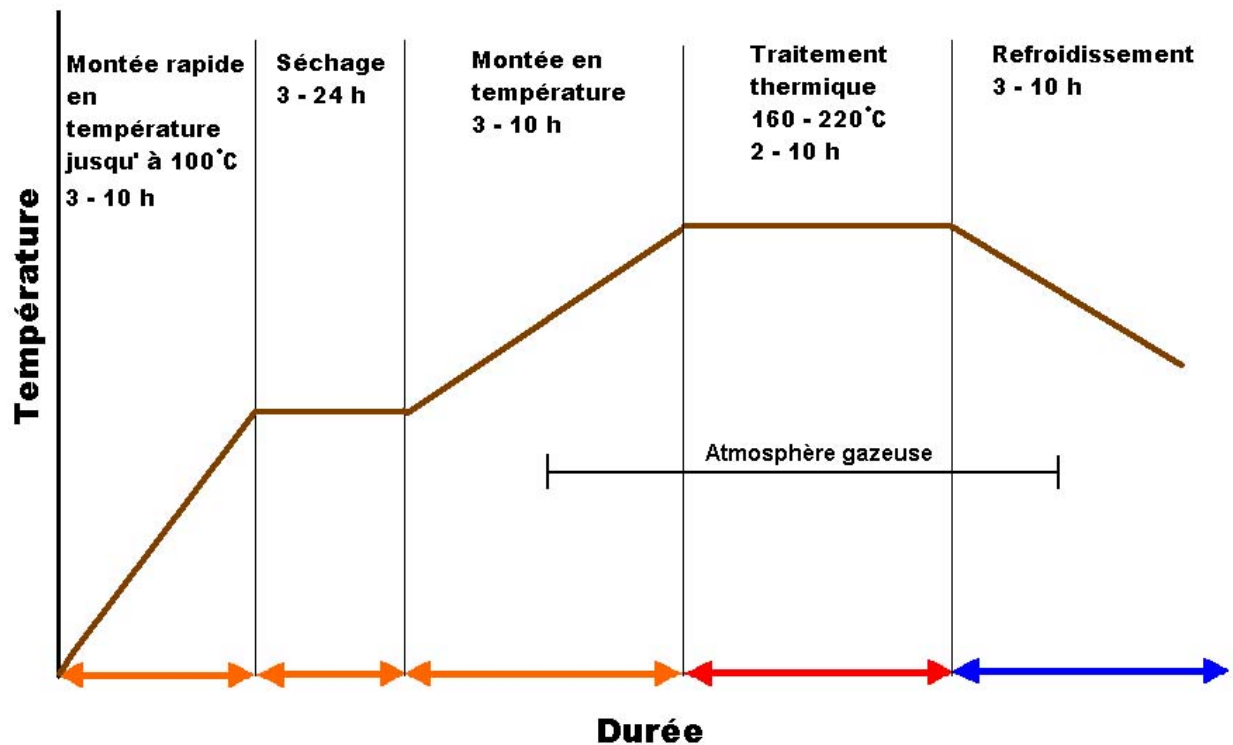
#### **HISTORIQUE**

*Thermoholz Austria GmbH* (THA) est détenu, à parts égales, par *Mitteramskogler GmbH*, important fabricant autrichien de produits en bois et *Mühlböck GmbH*, fabricant de différents types de séchoirs à bois.

#### **PROCÉDÉ ET ÉQUIPEMENTS**

Le procédé THA consiste à traiter le bois à haute température par un procédé de pyrolyse contrôlé sous atmosphère inerte, sans utiliser de produits chimiques. Le traitement est réalisé dans une enceinte en acier inoxydable, sous légère surpression, afin de prévenir toute entrée d'oxygène dans le four. Les gaz libérés par le bois durant le traitement à haute température servent d'écran protecteur contre l'oxygène. Dans certaines conditions, ces gaz sont captés puis brûlés, ce qui permet de générer de la chaleur additionnelle et d'éliminer toute odeur et gaz toxiques qui pourraient s'échapper dans l'atmosphère. De l'eau est vaporisée dans l'enceinte durant le séchage et lors du refroidissement (lorsque la température du bois passe sous les 150 °C).

GRAPHIQUE 3 : DIFFÉRENTES PHASES DU PROCÉDÉ TYPIQUE THA



Source : CRIQ

Les bois utilisés doivent être préalablement séchés entre 8 et 12 %. Selon l'essence, la section des sciages et l'usage du produit traité, les températures de traitement varient de 160 à 220 °C et la durée totale du traitement (incluant préparation de la charge et déchargement), de 20 à 80 heures.

**PHOTO 5 : CELLULE DE TRAITEMENT THA**

---



*Source : Mühlböck GmbH*

**SITES DE PRODUCTION THA**

Actuellement, cette technologie compte deux utilisateurs commerciaux :

**THERMOHOLZ AUSTRIA GMBH (THA)**

A- 3334 Gafrenz  
Markt 113  
Autriche

Four de 54 m<sup>3</sup>

**MAFI HOLZVERARBEITUNGS GMBH**

A-5212 Scheegattern 7  
Autriche

Four de 34 m<sup>3</sup>  
Production de bois à parquet

**REDEVANCE**

Il n'y a aucune redevance exigée à l'achat ou à l'exploitation de cellules de traitement à haute température (THA).

### 3.1.7 Procédé Intemporis® (In Wood International SA, Suisse)

#### HISTORIQUE

La société *In Wood International SA (IWI)* s'est vu octroyer l'exclusivité du procédé de traitement thermique développé par la *Société poncinoise de charpente et de menuiserie (SPCM)*. Les deux entreprises travaillent ensemble à la commercialisation du procédé.

#### PROCÉDÉ

Le procédé consiste à chauffer du bois à haute température dans un four de chauffe dédié à cette opération. Le traitement modifie les qualités physiques, mécaniques, biologiques et esthétiques du bois ainsi traité et commercialisé sous la marque *Intemporis®*. Le matériau utilisé doit être de grande qualité et préalablement séché à 18 % (feuillus et résineux) sauf pour le chêne qui doit être préséché à 12 %.

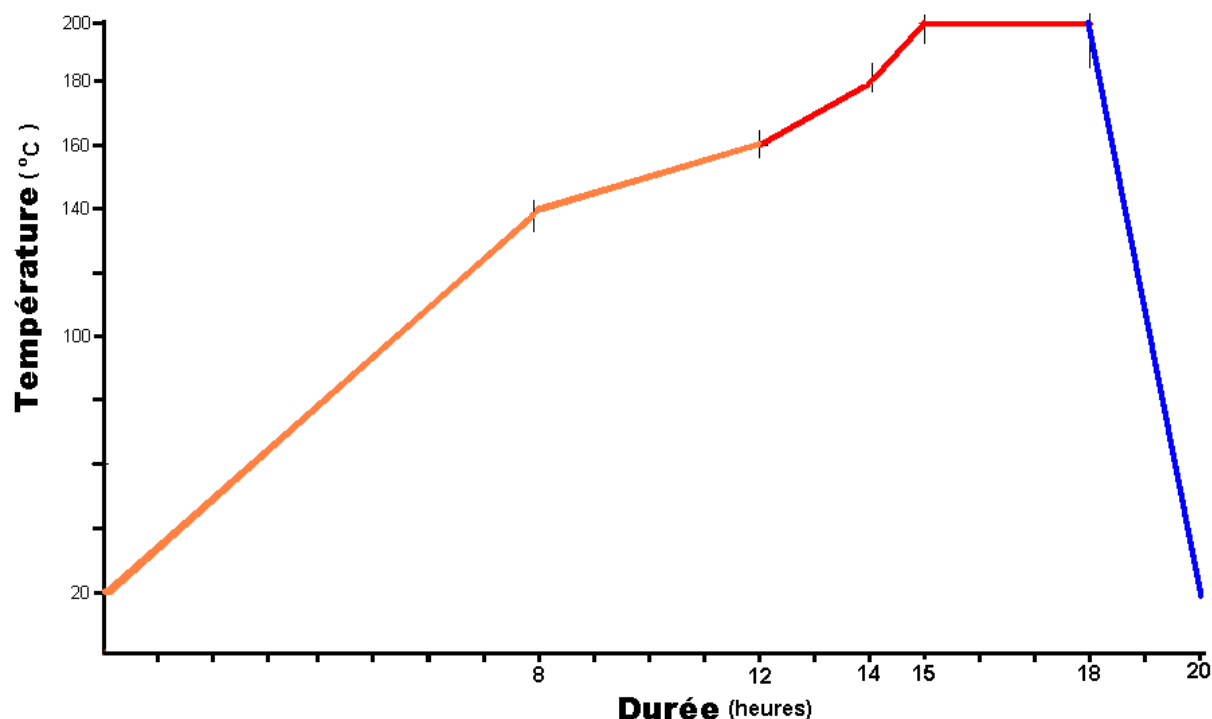
Selon les promoteurs, deux éléments distinctifs caractérisent plus particulièrement ce procédé des autres qui utilisent un four :

D'une part, la source de chaleur est complètement séparée du four, réduisant de façon importante les points chauds critiques dans la charge. Le flux d'air est contrôlé avant son arrivée dans le four ce qui permettrait d'atteindre une uniformité inégalée de la distribution de chaleur dans l'enceinte, limitant les risques d'incendie. Les bénéfices de cette chauffe à distance (séparée de 1,5 à 10 m de l'enceinte de traitement) permettrait également de construire des enceintes de grands volumes par l'addition de modules d'environ 10 m<sup>3</sup>, soit longitudinalement, soit transversalement, pour atteindre des capacités de 20, 30 et 40 m<sup>3</sup>, sans affecter négativement la qualité du traitement et donc, l'homogénéité des bois modifiés thermiquement.

D'autre part, les contrôles de procédé régulent la température et le taux d'hydrométrie du vecteur thermique contenu dans l'enceinte de traitement et font varier sa température selon les six phases successives suivantes :

- ↻ Phase n°1 : Montée en température en partant de la température ambiante pour atteindre 140 °C en 8 heures;
- ↻ Phase n°2 : Élévation de la température de 140 °C à 160 °C en 4 heures;
- ↻ Phase n°3 : Élévation de la température de 160 °C à environ 180 °C en 2 heures;
- ↻ Phase n°4 : Élévation de la température de 180 °C à 200 °C en 1 heure;
- ↻ Phase n°5 : Stabilisation de la température à environ 200 °C pendant quelque 3 heures ; (Durant cette phase, la pression dans l'enceinte est de 80 bars!)
- ↻ Phase n°6 : Refroidissement jusqu'à la température ambiante en 2 heures environ.

**GRAPHIQUE 4 : DIFFÉRENTES PHASES DU PROCÉDÉ INTEMPORIS®**



Source : CRIQ

La durée du traitement varie entre 20 et 25 heures, selon l'essence, la section et l'humidité des pièces. Durant le traitement, le taux d'oxygène moyen dans l'enceinte se situe à 9 %.

Le traitement confère au matériau les caractéristiques suivantes :

- ↪ une résistance améliorée aux attaques de micro-organismes lignivores;
- ↪ une augmentation de sa dureté superficielle;
- ↪ une réduction de sa sensibilité aux variations hygrosopiques ambiantes;
- ↪ une modification de sa couleur;
- ↪ une perte d'élasticité (de l'ordre de 10 à 15 %, selon IWI).

Les essences déjà traitées par ce procédé sont nombreuses (pin, sapin, épicéa, peuplier, chêne, bouleau,...). Le traitement d'autres espèces peut vraisemblablement être envisagé cependant, le cas échéant, il sera nécessaire de vérifier leur aptitude au traitement et d'adapter les paramètres du procédé.

### **ÉQUIPEMENTS**

Pour une entreprise oeuvrant déjà dans le secteur de la transformation du bois, les investissements se résument aux fours de chauffe, fonctionnant au gaz (gaz naturel, gaz propane,...), et à une empileuse.

### ***Four de traitement***

Actuellement, le four de troisième génération en usage a une capacité approximative de 10 m<sup>3</sup>. Le logiciel de contrôle est entièrement adaptable aux besoins de l'utilisateur et est pilotable à distance. Le système de brassage d'air permet d'en changer le sens périodiquement. Les gaz dégagés par le bois sont incinérés dans le brûleur principal, d'où l'absence de pollution.

### ***Empileuse***

Cet équipement permet d'empiler les planches à traiter, en insérant entre chaque couche une baguette en forme de A qui limite les points de contact avec le matériau. Après traitement, l'appareil dépile les planches et récupère les baguettes.

### **SITE DE PRODUCTION**

Actuellement, une seule usine utilise le procédé *Intemporis*<sup>®</sup>. Construite en 2003, elle est située à Pont d'Ain (France) et est la propriété de M. Besson. Le four a une capacité d'environ 10 m<sup>3</sup>.

### **PHOTO 6 : FOUR ET BRÛLEUR INTEMPORIS<sup>®</sup>**

---



*Source : In Wood International*

### **BREVET**

En date du 7 juillet 2003, la demande de brevet FR 0308259 intitulée « *Procédé et dispositif de traitement thermique haute température de matière ligneuse* » a été déposée en faveur de M. Daniel BESSON.

### **3.1.8 Procédé Iwotech (Iwotech Ltd, Danemark)**

#### **HISTORIQUE**

L'entreprise danoise *IWT Iwotech Ltd.* est un fournisseur de technologies et fabricant d'équipements pour l'imprégnation et le séchage du bois. Récemment, elle construisait, pour le compte de la société Bitus (Suède), une usine permettant de faire le traitement thermique du bois. Le produit issu de ce traitement est, depuis quelques mois, commercialisé sous la marque « *Bitus Thermex* ».

#### **PROCÉDÉ ET ÉQUIPEMENTS**

« *Bitus Thermex* » est du bois qui est chauffé à haute pression avec de la vapeur employée à 160, 180 ou 210 °C (320, 356 et 410 °F). Aucun additif n'est utilisé, seules de l'eau et de la vapeur sont employées. Le bois qui doit être traité peut être fraîchement scié ou préalablement séché.

L'installation se compose d'un autoclave isolé, d'une pompe et d'un système de commande ainsi que d'un générateur de vapeur.

Le bois est chauffé dans l'autoclave à l'aide de vapeur chaude provenant du générateur de vapeur durant les différentes phases du processus. Celui-ci se déroule sur une période variant entre 3 et 6 heures, en fonction des dimensions des sciages et de l'usage des produits traités (qui détermine la température du traitement), sous une pression pouvant atteindre environ 20 bars.

La pression et la vapeur sont évacuées progressivement par un échangeur de chaleur et des conduites d'évacuation. Le processus s'achève par une phase de refroidissement du bois.

À la fin du processus, le bois est extrait de l'autoclave puis stabilisé dans un entrepôt chauffé avant livraison.

### **3.1.9 Procédé de « friturage » (CIRAD-FORÊT, France)**

#### **HISTORIQUE**

Un procédé de préservation du bois à la fois simple, peu coûteux et peu nocif pour l'environnement, a été mis au point par le CIRAD-Forêt (Centre international de recherche en agronomie pour le développement (France)). Il est actuellement en développement dans le cadre d'une collaboration avec le Centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA-France) et des industriels du secteur bois.

#### **PROCÉDÉ**

Le procédé oléothermique consiste à plonger les pièces de bois que l'on veut traiter, successivement, dans un bain d'huile chaude, puis dans un autre bain contenant de l'huile froide, cette fois-ci.

Le premier bain, maintenu à une température de 110 à 210 °C, élève la température du bois et réduit sa teneur en eau; le second, à une température de 10 à 90 °C, permet une absorption et une pénétration importante du liquide de trempage. Ce transfert du bain de chauffage au bain de refroidissement est effectué rapidement, pour une meilleure pénétration du produit.

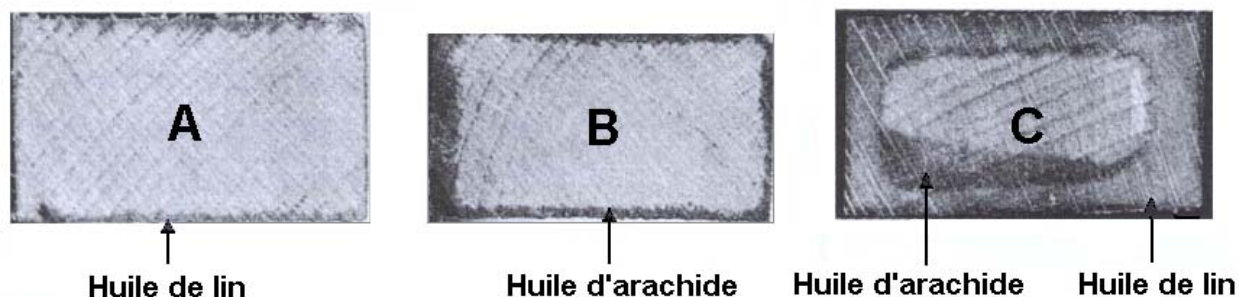
C'est lors de la seconde étape que la pièce est imprégnée avec une huile de préservation. Des huiles naturelles, siccatives en particulier (lin, colza, arachide,...), peuvent remplir cette fonction.

Comme on peut le constater, à la figure suivante, le principe du procédé consiste à créer, au sein du matériau, une dépression qui favorise une pénétration d'huile (C), beaucoup plus importante qu'une immersion à froid (A) ou à chaud (B).

**FIGURE 6 : NIVEAU DE PÉNÉTRATION D'HUILE EN FONCTION DU TRAITEMENT**

---

- A) Immersion à froid, 1 heure, taux d'humidité initial : 11 %
- B) Immersion à chaud à 180 °C, 1 heure, bois vert
- C) Procédé de friture
  - ↻ Immersion à chaud à 180 °C, 30 minutes, huile d'arachide, puis,
  - ↻ Trempe à température ambiante, 1 heure, huile de lin, taux d'humidité initial : 110 %



*Source : CTBA Info*

Le processus, qui a pour objectif de rendre le bois plus résistant à la pourriture et plus stable (par diminution des retraits et gonflements), est applicable sur des bois verts ou déjà pré-séchés. Il est facile à mettre en œuvre, particulièrement adapté à l'emploi de substances hydrophobes (comme les huiles) et permet d'utiliser des produits de traitement à faible impact environnemental. Il réduit le taux de fissuration périphérique, élimine les agents pathogènes par stérilisation et détruit l'amidon, substance recherchée par les insectes.

Le procédé est efficace sur des essences difficilement imprégnables. L'introduction de molécules spécifiques à l'huile de traitement permet de modifier la couleur, d'accroître les performances de résistance au feu, aux UV ou encore aux pathogènes. Ce traitement peut donc conduire à une meilleure valorisation des bois de faible durabilité naturelle.

## **ÉQUIPEMENTS**

Ils se limitent à deux bacs et à un système de convoyage pour le transfert des pièces d'un bain à l'autre. Le bac chaud comprend un système de chauffage et une pompe de circulation du fluide. Un panier permet de maintenir les pièces en immersion et de les transférer dans le bac froid qui contient l'huile de traitement.

### **PHOTO 7 :    PLANCHES EN COURS DE TRAITEMENT OLÉOTHERMIQUE**

---



*Source : CIRAD*

## **BREVET**

Le principe de ce procédé fait l'objet du brevet français suivant :

↗ FR 2 801 241 : *Procédé et dispositif pour le traitement du bois ou des matériaux similaires.*

### **3.1.10    Autres traitements thermiques**

**Procédé *Mekitek*<sup>®</sup> (Thermobois inc., Québec)**

## **HISTORIQUE**

L'entreprise Thermobois inc. de Montréal, constituée en 2001, a développé avec l'aide de différents partenaires français et québécois, un procédé de traitement à la chaleur qui s'inspire des procédés de *réfication*<sup>®</sup> et *ThermoWood*<sup>®</sup>.

## **PROCÉDÉ**

Peu d'information n'est actuellement disponible sur cette technologie. La technologie *Mekitek*<sup>®</sup> utilise un autoclave et peut, au besoin, fonctionner en surpression, en fonction du produit final qu'on veut obtenir. Cette technologie fait le traitement des rejets gazeux, par récupération ou incinération, de façon à gérer correctement les produits nocifs (acide acétique, acide formique, alcool et furfural).

En collaboration avec Hydro-Québec, l'entreprise aurait développé un four électrique dont le contrôle est très précis comparativement à celui des fours utilisés par d'autres technologies, ce qui permettrait d'augmenter la qualité du produit (plus homogène et meilleur contrôle des caractéristiques).

## **AUTRES CONSIDÉRATIONS**

Thermobois inc. souhaite intégrer une unité de traitement thermique dans un complexe muni de séchoirs, ce qui permettrait de réaliser de bonnes économies. À cet égard, l'entreprise prévoit signer des ententes de partenariat avec des scieries ou des usines de transformation secondaire.

### ***Procédé de la torréfaction de Saint-Gabriel-de-Brandon***

Une entreprise située à Saint-Gabriel-de-Brandon (Québec) débutait, en mai dernier, le traitement thermique de pin, sapin et épinette, principalement du 2 x 6 pour les patios, terrasses et balcons. La production, de l'ordre de 150 m<sup>3</sup> (65 000 pmp) par semaine, est surtout expédiée aux États-Unis.

## **3.2 CAPACITÉ DE PRODUCTION VERSUS PRODUCTION RÉELLE**

En Europe et au Canada, le traitement thermique du bois par haute température connaît, depuis environ 3 ans, une forte croissance du nombre d'installations industrielles. On compte désormais plus de 25 unités de traitement réparties géographiquement comme suit :

↻ Finlande	(10)
↻ France	(8)
↻ Québec	(3)
↻ Autriche	(2)
↻ Allemagne	(1)
↻ Pays-Bas	(1)
↻ Danemark	(1)
↻ Suède	(1)

Les volumes des enceintes de traitement varient de façon importante, de 4 à 100 m<sup>3</sup>, conduisant à des capacités de production annuelles se situant entre 2 000 et 75 000 m<sup>3</sup> par unité, pour une capacité totale, dans ces régions, de l'ordre de 270 000 m<sup>3</sup>/an.

Bien que le bois traité à haute température soit maintenant employé dans de nombreuses utilisations courantes du bois (sauf dans les applications structurales), le marché réel est encore très limité, comme en fait foi le ratio « niveau de production actuel/capacité annuelle théorique de production » qui atteindrait entre 40 et 60 %, selon un spécialiste suédois. En effet, les Finlandais visent, en 2003, une production entre 80 000 et 100 000 m<sup>3</sup> de bois traité à haute température bien que leur capacité de production théorique avoisine les 150 000 m<sup>3</sup>. En

France, en 2002, la capacité annuelle théorique était de 16 à 17 000 m<sup>3</sup>, tandis qu'on estimait la production réelle à 9 ou 10 000 m<sup>3</sup>.

Actuellement, en Finlande, les entreprises ayant acquis des petites unités (15 à 25 m<sup>3</sup>) les utilisent pleinement, ce qui n'est pas nécessairement le cas des grandes unités qui restent encore sous-utilisées.

En Amérique du Nord, le Québec est un leader dans le domaine. Il est le premier État à utiliser et à commercialiser cette technologie.

### **3.3 TABLEAU SYNTHÈSE**

**TABLEAU 5 : TABLEAU SYNTHÈSE**

PROCÉDÉ	SÉCHAGE ARTIFICIEL PRÉALABLE DES SCIAGES	ÉNERGIE UTILISÉE (POUR LA CHAUFFE)	TYPE D'INSTALLATION	TEMPÉRATURE DE TRAITEMENT MAXIMALE	VECTEUR THERMIQUE	AGENT RÉGULATEUR DE LA PYROLYSE MÉNAGÉE	UTILISATION DE LA PRESSION	DURÉE D'UN CYCLE COMPLET DE TRAITEMENT (HORS CONDITIONNEMENT) (1)	NIVEAU DE CAPACITÉ DE PRODUCTION PAR INSTALLATION	NIVEAU D'INVESTISSEMENT POUR UNE UNITÉ DE TRAITEMENT (1)	NOMBRE DE SITES DE PRODUCTION (JUN 2003)
<b>ThermoWood®</b>	Préférable	Électricité / huile thermique / vapeur	Four	230 °C	Air + vapeur d'eau	Vapeur d'eau	Non	≈ 3 jours	Moyen à grand	++ à +++	10
<b>Perdure®</b>	Préférable	Gaz (naturel / propane) + gaz émis lors du traitement	Four	230 °C	Air	Réinjection des gaz émis lors du traitement dans la chambre de combustion	Non	7 – 16 h	Faible	++	5
<b>Rétification®</b>	Oui	Électricité	Four	245 °C	Air	Azote (injection)	Non	8 – 10 h	Faible	++	5
		Gaz (naturel/propane)				Gaz émis par le bois lors du traitement					
<b>Plato®</b>	Oui	Vapeur d'eau	Autoclave + séchoir + four	180 °C	Air + vapeur d'eau	Vapeur d'eau	Oui	16 – 21 h (5 à 20 jours pour le séchage)	Grand	++++	1
<b>OHT</b>	Oui	Électricité / Huile thermique / vapeur	Cylindre d'imprégnation	220 °C	Huile végétale	Huile végétale	Oui	≈ 8 h	Faible	++	1
<b>Thermoholz Austria</b>	Oui	Huile thermique	Four	220 °C	Air	Gaz émis par le bois lors du traitement	Non	25 – 27 h	Faible à moyen	++	2
<b>Intemporis®</b>	Oui	Gaz	Four	200 °C	Air	Vapeur d'eau	Oui	20 – 25 h	Faible	++	1
<b>Iwotech</b>	Préférable	Vapeur d'eau	Cylindre d'imprégnation	210 °C	Air + vapeur d'eau	Vapeur d'eau	Oui	3 – 6 h	Faible	++	1
<b>Mékitek</b>	N.D.	Électricité	Autoclave	N.D.	N.D.	N.D.	Oui (Au besoin)	N.D.	Faible	N.D.	0
<b>Friturage</b>	Non	Électricité/huile thermique/vapeur	Bains d'huile	210 °C	Huile végétale	Huile végétale	Non	1,5 h	Faible	+	0

Source : CRIQ

+ De l'ordre de quelques centaines de milliers de dollars canadiens.

++ De l'ordre du million de dollars canadiens.

+++ De l'ordre d'une dizaine de millions de dollars canadiens.

++++ De l'ordre de quelques dizaines de millions de dollars canadiens.

(1) Pour des sciages de 27 mm d'épaisseur.

N.D. Non disponible

### 3.4 COÛT DU TRAITEMENT

Les principaux postes de dépenses qui influencent le coût du traitement sont :

- ↗ Le coût des équipements.
- ↗ La consommation en énergie.
- ↗ La licence du procédé, le cas échéant.
- ↗ La consommation en azote (dans le cas du procédé de *réтификаtion*<sup>®</sup> avec réacteur à résistances électriques).
- ↗ Le traitement des effluents.
- ↗ Les frais de maintenance (notamment le changement de certaines pièces et le nettoyage des enceintes de traitement).

Ce coût varie fortement selon les technologies, les essences utilisées et l'application visée du produit. À titre d'information, le coût varierait de 100 à 200 euros/m<sup>3</sup> (150 à 300 dollars).



## 4.0 PROPRIÉTÉS DU BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE

En raison des modifications chimiques subies durant le traitement et des impacts qu'elles ont eus sur ses propriétés et sa durabilité, le bois traité à haute température doit être considéré comme un nouveau matériau.

### 4.1 MODIFICATIONS CHIMIQUES

Les technologies de traitement thermique provoquent des modifications physico-chimiques sur les trois principaux constituants du bois : la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. Ils seront altérés, entre autres, sous l'effet de la température, de la durée du traitement, du taux d'humidité de départ, de la nature de l'atmosphère, de la pression et en fonction de l'essence en cause.

Des liaisons chimiques sont coupées tandis que d'autres, entre chaînes de molécules, sont créées. On observe trois principales réactions :

1. **Une dégradation des hémicelluloses.** Ces dernières possèdent naturellement des propriétés hydrophiles. Leur détérioration permettra de limiter les reprises d'humidité, ce qui confèrera au nouveau matériau une stabilité dimensionnelle et une durabilité sensiblement améliorées par rapport au bois d'origine.
2. **Une réticulation des lignines.** Des liaisons transversales se forment entre ces molécules tridimensionnelles, ce qui se traduit, en général, par un durcissement du bois.
3. **Une transformation de la structure cristalline de la cellulose.** La cellulose donne la rigidité à la fibre de bois et lors du traitement, les caractéristiques mécaniques en sont modifiées. Le bois voit sa résistance à la flexion, au cisaillement et aux chocs diminuée, tandis que sa résistance à la compression augmente.

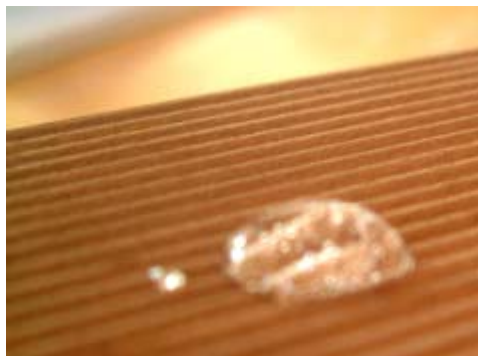
#### ***Différences entre feuillus et résineux***

Les différences de composition chimique entre les feuillus et les résineux, et entre le bois d'aubier et le bois de cœur, induisent des réactions dissemblables lors des traitements. Par exemple, on observe généralement :

- ↗ un dégagement plus soutenu de substances extractibles pour les résineux, aux températures inférieures à 200 °C;
- ↗ une dégradation plus rapide des hémicelluloses des résineux;
- ↗ pour certaines essences de feuillus, une production plus importante d'acide et de furfural résultant de la modification des xyloses, hémicelluloses des feuillus; et,
- ↗ pour les résineux, une production plus soutenue de méthanol, résultant principalement de la dégradation de la lignine. En effet, la proportion de lignine est plus importante dans les résineux que dans les feuillus.

Résultat de ces modifications chimiques, le matériau obtenu possède de nouvelles propriétés physiques et mécaniques.

## 4.2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU MATÉRIAU



### **Hygroscopicité/hydrophobie**

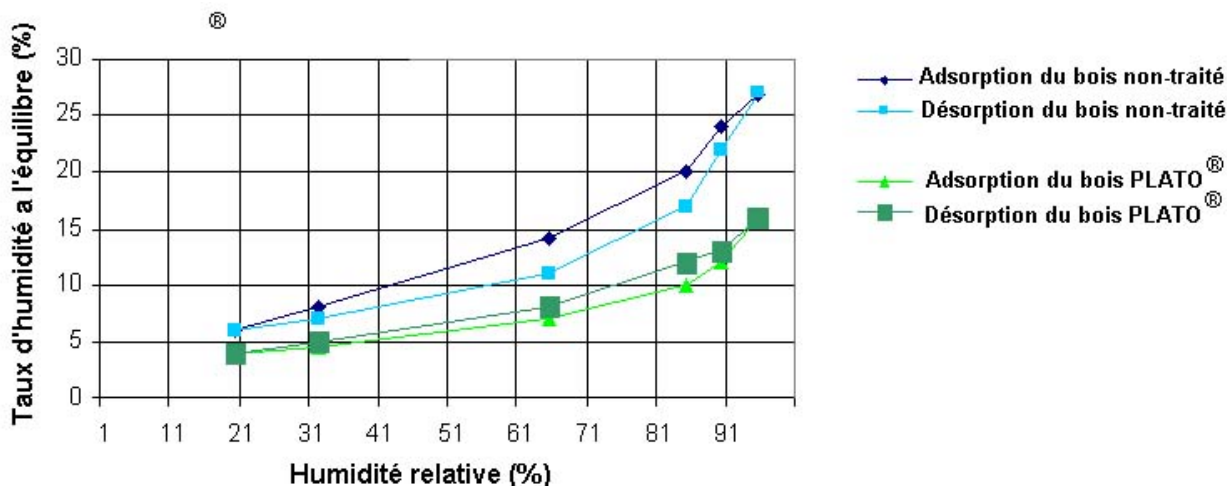
Le bois est susceptible de perdre ou de reprendre de l'humidité en fonction des conditions de l'air dans lequel il est placé. Or, la dégradation des hémicelluloses durant le traitement rend le matériau considérablement moins sensible aux phénomènes de perte ou de reprise d'humidité. Le bois traité thermiquement devient hydrophobe.

Source : Thermoholz Austria GmbH

De façon générale, on a pu observer que les bois traités sont la moitié moins hygroscopiques qu'ils l'étaient à l'état naturel.

Les courbes suivantes montrent avec éloquence les nouvelles propriétés hygroscopiques du bois traité.

**GRAPHIQUE 5 : COURBES D'HYSTÉRÉSIS DU BOIS NON TRAITÉ ET DU BOIS PLATO®**



Source : PLATO®

### **Stabilité dimensionnelle**

Selon les essences et le traitement thermique choisis, du fait du caractère hydrophobe conféré aux bois traités, on observe une amélioration de la stabilité dimensionnelle de l'ordre de 30 à 50 % et en particulier, un taux de retrait plus faible et une vitesse de reprise et de perte d'humidité très différente.

### **Couleur**

Le traitement à haute température induit, dans la masse, une coloration brune marron des bois. Elle varie en fonction de la température, de la durée du traitement et de l'essence traitée. Elle est d'autant plus foncée que la température est élevée.

Généralement, les essences feuillues prennent une teinte plus soutenue que les essences résineuses.

À la longue, avec l'exposition aux rayons ultraviolets, on observe un grisaillement de la teinte initiale, à l'instar du bois naturel. Cependant, ce phénomène est plus rapide avec les bois traités thermiquement.



Source : ThermoWood®

### **Masse volumique**

La masse volumique est le rapport entre la masse et le volume d'une pièce de bois, exprimée à une même humidité.

Les effets mesurés d'un traitement thermique sur la masse volumique ont permis de constater qu'elle diminue légèrement, dans des proportions variables (de 5 à 10 %).

### **Odeur**

Après traitement, le bois présente une forte odeur rappelant celle du café torréfié ou du caramel qui s'estompe avec le temps.

### **Réaction au feu**

Les traitements thermiques ne semblent pas avoir d'incidence très marquée sur la réaction au feu des sciages. Cependant, on note que le temps d'ignition est un peu plus long en raison de l'absence de composés organiques volatils (COV) et que la vitesse de propagation est plus rapide car le matériau est plus sec.

## **4.3 PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES**

Dans la plupart des cas, les traitements à haute température fragilisent le bois d'origine. On observe un affaiblissement de la résistance à la rupture en flexion ainsi qu'au cisaillement et le bois devient cassant, moins résistant aux chocs. Compte tenu de ces nouvelles caractéristiques et des résultats des recherches actuelles, son utilisation est peu recommandée pour les patios où les passages sont très fréquents et son usage en structure est à proscrire.

Cependant, les traitements n'auraient pas d'effet sur le module d'élasticité et, de plus, sa dureté augmenterait sensiblement, ce qui peut s'avérer un atout pour certains emplois pour lesquels la résistance au poinçonnement est un critère de sélection important, par exemple pour les parquets.

#### 4.4 EFFETS SUR LA DURABILITÉ

Les traitements thermiques affectent positivement la durabilité du bois car :

- ⇒ ils stérilisent, d'une certaine façon, le bois qui pourrait être contaminé par des souches de champignons;
- ⇒ ils permettent d'éliminer des éléments à la base du développement de micro-organismes (entre autres, des sucres);
- ⇒ comme on l'a vu précédemment, puisque l'eau ne crée plus de lien avec le bois traité, l'absorption et la désorption d'eau sont rapides (hémicelluloses modifiées) et le taux d'humidité à l'équilibre reste suffisamment bas. Cela a pour effet de défavoriser, de façon marquée, la croissance des champignons qui ont besoin d'un taux d'humidité minimal d'environ 20 % pour assurer leur développement.

Si le bois est traité à des températures suffisamment élevées, avoisinant les 230 °C, il résistera bien aux champignons et aux insectes, à l'exception des termites. De façon générale, ainsi traité, ses nouvelles propriétés permettraient de l'utiliser, selon les essences, pour la fabrication de menuiseries (portes et fenêtres) et de revêtements extérieurs ainsi que d'autres usages sans contact avec le sol et soumis à des cycles d'humidification et de séchage.

Traité à des températures inférieures à 190 °C (374 °F), sa durabilité sera peu modifiée.

## 5.0 PRÉPARATION DU BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE

### 5.1 USINAGE

Le bois traité étant un matériau plus dur que le bois d'origine, les outils de coupe en carbure de tungstène s'imposent. Dans certains cas extrêmes, vu sa très grande résistance à l'usure, le diamant peut être une solution intéressante.

Ce matériau étant fissile, cela implique qu'il faille l'usiner avec des angles de coupe plus faibles (environ 10 °), ce qui exige des machines-outils un peu plus puissantes. La vitesse de coupe standard pour le travail du bois (35 à 60 mètres/seconde) conviendrait au bois traité, mais il faudra réduire les vitesses d'avance afin de travailler avec des copeaux plus minces.

Les poussières produites à l'usinage, particulièrement au ponçage, sont plus fines, très sèches et très volatiles. Le système d'aspiration devra donc être adapté et l'ensemble des conduits d'évacuation mis à la terre « *ground* », afin de prévenir les explosions. Les conduits en matériaux plastiques sont à proscrire en raison du risque électrostatique accru. Bien sûr, les travailleurs devront porter le matériel de protection nécessaire afin d'éviter l'inhalation des poussières.

En somme, avec ces quelques adaptations, l'usinage du bois traité ne devrait pas causer de problèmes particuliers.

### 5.2 COLLAGE

Il faudra considérer le caractère hydrophobe du nouveau matériau, les traitements à haute température ayant modifié les propriétés de surface du bois d'origine. Ces propriétés influent sur la mouillabilité de sa surface et la compatibilité avec les adhésifs à base de solvants organiques en est facilitée.

Cependant, plusieurs experts ont pu démontrer que l'utilisation de colles de type acétate de polyvinyle (PVA) n'a pas donné de résultats concluants, la surface hydrophobe (nouvelles caractéristiques de mouillabilité) étant probablement la cause principale des faibles performances obtenues. La colle PVAc semble mal adaptée à ce matériau, à moins de modifications apportées au procédé de collage actuel.

### 5.3 FINITION

Les teintes brunes obtenues lors du traitement thermique sont sensibles aux rayons ultraviolets, ce qui provoquent, lorsque aucun produit de finition n'est utilisé, un grisaillement, généralement homogène, de la surface.

Sur la base de l'expérience actuelle, on a pu observer que les traitements à haute température du bois auraient un impact positif sur l'adhérence et sur la résistance au vieillissement des produits de finition généralement utilisés (à base aqueuse ou solvant organique), ce qui confirme la stabilité dimensionnelle grandement améliorée des bois traités thermiquement.

Le bois traité offre une surface plus finement poncée qui facilite l'application de la couche de fond. En raison de la microporosité accrue de certains bois, une formulation moins fluide et une application plus soutenue peuvent, dans certains cas, être nécessaires.

#### **5.4 MÉTHODE D'ASSEMBLAGE**

L'expérience acquise depuis quelques années a permis de constater que :

- ↗ compte tenu de sa faible résistance aux impacts, le bois traité a tendance à fendre et même à fracturer lors du clouage (manuel ou pneumatique). Le cas échéant, des clous en acier galvanisé doivent être utilisés afin d'éviter les taches de rouille;
- ↗ des avant-trous calibrés doivent être réalisés avant le vissage;
- ↗ des vis à têtes plates sont à privilégier près des extrémités (afin d'éviter l'éclatement du bord de la pièce);
- ↗ il faut privilégier les assemblages qui font travailler le bois en compression plutôt qu'à l'arrachement.

Les résultats actuels démontrent la nécessité d'établir des cahiers de charges propres à ce matériau, indiquant précisément les dimensions minimales à respecter par rapport au bord des composants, le diamètre des avant-trous, le procédé d'assemblage, etc.

Lors de la conception d'un produit en bois traité à haute température, il convient de toujours s'interroger sur sa solidité et celle de chaque composant ou assemblage en fonction des contraintes. Les concepteurs devront ajuster les dimensionnements des sections des pièces utilisées pour tenir compte de certaines performances mécaniques amoindries de ce matériau.

## **6.0 APPLICATIONS ET MARCHÉ**

### **6.1 APPLICATIONS DES BOIS TRAITÉS À HAUTE TEMPÉRATURE**

En Europe, depuis 6 à 7 ans, et au Québec depuis environ 1 an, on assiste à un développement soutenu des applications du bois traité à haute température. Les producteurs, individuellement ou regroupés, ainsi que les développeurs de technologies, ont déployé des efforts importants pour faire connaître leurs produits, que les consommateurs découvrent très graduellement.

Maintenant, le bois traité à haute température est employé dans la plupart des utilisations courantes du bois, sauf dans les applications structurales. Malgré cela, le marché réel est encore très limité.

En dépit de cette situation, le marché potentiel semble d'envergure, si on tient compte de l'ensemble des produits qui pourraient avantageusement être fabriqués avec du bois traité à haute température. Il faut se rappeler que le bois traité à haute température ne représente pas une solution de rechange pour toutes les applications du bois qui était traité à l'arséniate de cuivre chromé (ACC), ce produit de préservation étant en cours de remplacement par les sels quaternaires.

Le tableau suivant dresse une liste non exhaustive des principaux usages représentant un potentiel significatif pour ce nouveau matériau.

**TABLEAU 6 : LISTE D'APPLICATIONS POUR LES BOIS TRAITÉS À HAUTE TEMPÉRATURE**

Revêtements muraux d'extérieur	
Menuiseries intérieures	↻ Parquets
	↻ Lambris
	↻ Moulures
Menuiseries extérieures	↻ Cadres et composants de fenêtres
	↻ Volets
	↻ Clôtures
	↻ Portes
Ameublement	↻ Panneaux décoratifs
	↻ Panneaux en bois lamellé-collé
	↻ Meubles d'appoint
Mobilier et aménagement de jardin Équipements extérieurs	Bancs, tables, chaises, pergolas, tonnelles, cabanons et abris de jardin, bacs à fleurs, bordures, dallages de piscine et bois à patio
Mobilier urbain	Bancs, tables, bordures, lames de platelage, panneaux de signalisation routière et passerelles
Murs, écrans acoustiques et autoroutiers	
Construction navale	Pont et agencement de bateaux
Divers	Lambrissage de saunas et agencement de pièces humides

## 6.2 RÉALISATIONS EN BOIS TRAITÉ À HAUTE TEMPÉRATURE

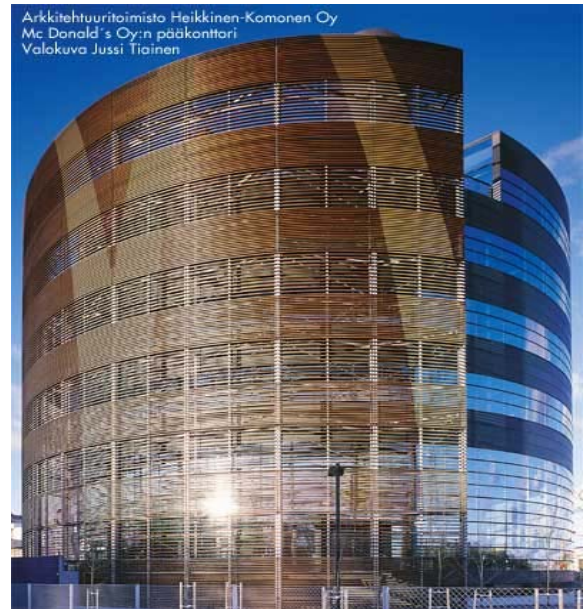
En Europe, de nombreux produits finis sont fabriqués industriellement. Voici quelques exemples de réalisation :

Meubles de cuisine en bois *réifié*<sup>®</sup>



Source : NOW

Bardage en bois *ThermoWood*<sup>®</sup>  
Siège social McDonald, Helsinki (Finlande)



Source : Lunawood Oy

Mobilier en bois *ThermoWood*<sup>®</sup>



Source : Lunawood Oy

Aménagement extérieur en bois *Perdure*<sup>®</sup>



Source : PCI Industries inc.

Caillebotis rainuré en bois traité THA



Source : Mitteramskogler GmbH

Mobilier de jardin en bois *ThermoWood*<sup>®</sup>



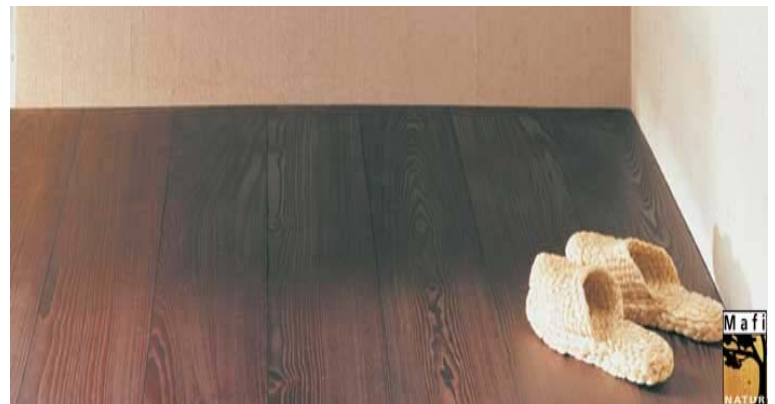
Source : Tekes (Finlande)

Sauna en bois *PLATO*<sup>®</sup>



Source : *PLATO*<sup>®</sup>

Parquet contrecollé avec couche superficielle en bois traité THA



Source : Mafi GmbH

### 6.3 MATÉRIAUX CONCURRENTS

Le marché actuel des bois traités à haute température est déjà soumis à la concurrence d'autres matériaux, certains étant déjà bien connus des consommateurs, d'autres, en émergence.

#### 6.3.1 Bois traités chimiquement

Les producteurs québécois de bois traités à haute température visent fortement les marchés des bois pour patios, terrasses, balcons, mobiliers et aménagements de jardin, marchés fortement desservis par le bois qui était traité à l'arséniate de cuivre chromé (ACC).

En raison des effets sur la santé qui seraient attribuables à la présence d'arsenic dans l'ACC, les agences de réglementation américaine et canadienne, de concert avec l'industrie, ont convenu d'un retrait volontaire progressif du traitement du bois à l'ACC pour des applications résidentielles, d'ici décembre 2003. Les agents de préservation qui remplaceront l'ACC seront initialement entre 15 et 30 % plus coûteux. Parmi les principales options offertes par l'industrie chimique, il y a :

- ↗ le cuivre alcalin quaternaire « *alkaline copper quaternary* » (ACQ);
- ↗ l'azole de cuivre « *copper azole* » (CA).

#### 6.3.2 Essences forestières naturellement durables

- ↗ Le cèdre rouge de l'Ouest « *Western Red Cedar* » est choisi pour sa beauté, son fil droit et sa teinte particulière qui va du jaune pâle au rouge tirant sur le rose et au brun foncé et chaud.
- ↗ On voit de plus en plus sur nos marchés des essences de bois exotiques en provenance d'Afrique, d'Asie ou d'Amérique du Sud comme le teck, l'ipé, l'iroko. À noter que les préoccupations environnementales et la question de la gestion durable des forêts sont plus que jamais déterminantes pour ces essences.
- ↗ Le cèdre blanc de l'Est (*Thuja occidentalis*) combine à la fois les qualités du cèdre rouge (bien que plus nouveau) et du pin. Il y a également le mélèze. Leurs caractéristiques de durabilité et leur prix relativement abordable favorisent leur utilisation.

#### 6.3.3 Matières plastiques

Les matières plastiques, incluant le PVC et les plastiques recyclés, occupent une part de plus en plus importante du marché des patios, des clôtures, des équipements de terrains de jeux et des meubles de jardin. Elles sont également utilisées comme revêtement de murs extérieurs, autre segment lorgné par le bois traité à haute température.

### **6.3.4 Produits composites bois-plastique**

Bien que fabriqué depuis de nombreuses années, ce n'est que depuis le milieu des années 1990 que le bois-plastique connaît une croissance sur les marchés. D'abord appliquée à l'industrie de l'automobile, son utilisation dans le secteur des matériaux de construction est de plus en plus populaire, notamment pour la fabrication de patios et, dans une moindre mesure, de clôtures, d'équipements récréatifs de parcs et de composants de portes et fenêtres.

### **6.3.5 Métaux**

L'acier et l'aluminium sont en concurrence avec les bois traités à haute température particulièrement pour la fabrication de parements, de mobiliers extérieurs et clôtures.

### **6.3.6 Bois issus de procédés émergents visant à améliorer les propriétés du bois**

Outres les différentes technologies de traitement thermique, certains procédés qui ont pour but, entre autres, d'améliorer la durabilité et la stabilité dimensionnelle du bois, font actuellement l'objet de mise au point ou de développement, ici au Canada et ailleurs dans le monde. Il y a notamment les procédés suivants :

- ↗ Procédé d'acétylation.
- ↗ Procédé de furfurylation.
- ↗ Procédé d'imprégnation avec des polymères.
- ↗ Procédé d'imprégnation avec des silicates.

## 7.0 CERTIFICATION DES PRODUITS

Si on veut obtenir une bonne qualité et une reproductibilité du bois thermiquement modifié, il faut s'assurer d'une grande maîtrise de la matière première et de la technologie. Comme on a pu le voir, de faibles changements dans le matériau initial (variation dans le taux d'humidité de départ, dans les dimensions d'un sciage à l'autre,..) ou dans la conduite du processus peuvent induire, dans certains cas, des fluctuations inacceptables des caractéristiques du produit final.

Certaines normes et protocoles couramment utilisés pour le bois sont inadaptés à ce nouveau matériau et devront être revus. Les autorités compétentes auront à définir, d'une part, des procédures de qualification des procédés afin de s'assurer de leur reproductibilité et, d'autre part, des méthodes d'essai adaptées au bois traité à haute température.

À ce propos, Forintek Canada Corp. s'engage présentement dans une démarche visant à définir, avec d'autres organismes européens, une procédure de caractérisation des bois traités à haute température compatible avec celles déjà en place ou en voie de l'être en Finlande et en France.

Forintek travaille également à élaborer un protocole de certification des bois traités à haute température. Selon l'application visée du produit et la technologie utilisée, le protocole doit définir les principaux paramètres attribuables à la matière première (notamment l'essence, les dimensions, la qualité des sciages et le taux d'humidité initial) et au procédé (notamment la température du traitement, le temps de séjour, les gradients de température, mais aussi l'état des équipements, les éléments de contrôle et le calibrage des sondes). Le respect de ces paramètres permettra d'apposer un sceau caractéristique sur le bois ainsi traité et favorisera l'acceptabilité des produits auprès des consommateurs.

Idéalement, à terme, cela permettra à des producteurs d'ici d'exporter à l'étranger des bois traités à haute température certifiés.



## **8.0 FACTEURS DE SUCCÈS**

Les facteurs suivants devraient stimuler la croissance du marché du bois traité à haute température.

### **PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET ESTHÉTIQUES AMÉLIORÉES**

Les traitements thermiques permettent de produire du bois aux propriétés physiques et esthétiques améliorées, ouvrant la voie à la valorisation d'essences actuellement moins exploitées et à la fabrication d'une gamme élargie de produits à usages extérieurs et intérieurs. Cela demande cependant un contrôle efficace du procédé.

### **VALORISATION DES BOIS ALTÉRÉS PAR LE BLEUISSEMENT (RÉSINEUX) ET LES TACHES DE COLORATION (FEUILLUS)**

Le bleuissement et les taches de coloration ont un effet visuel qui limite la commercialisation et réduit la valeur des bois ainsi altérés. Les traitements thermiques, en donnant une couleur relativement homogène à ces bois, apparaissent comme une voie de valorisation.

### **POSITIONNEMENT CONCURRENTIEL VIS-À-VIS DES BOIS EXOTIQUES ET D'AUTRES MATÉRIAUX**

Compte tenu de son potentiel, le bois traité à haute température devrait permettre d'élargir le marché du bois en reconquérant une partie des parts de marché perdues au profit du PVC et de l'aluminium, notamment dans la fabrication de fenêtres et de mobiliers de jardin. Il est également bien positionné pour rivaliser avec les bois exotiques et les bois traités chimiquement (dans certaines applications).

### **PRESSIONS ENVIRONNEMENTALES SUR LE BOIS TRAITÉ CHIMIQUEMENT**

À l'échelle internationale, on observe depuis quelques années une évolution rapide de la législation pour la protection de l'environnement, ce qui s'est traduit par un durcissement de la réglementation touchant essentiellement les traitements à l'ACC. Cette tendance pourrait inciter certains consommateurs à adopter le bois traité à haute température dont la durabilité est augmentée, sans l'addition de biocides.

### **IMAGE ÉCOLOGIQUE VÉHICULÉE PAR LE PRODUIT ET LE PROCÉDÉ**

Les développeurs de technologies sensibilisent beaucoup les consommateurs sur le caractère écologique de leurs produits et de leur procédé, caractère très prisé par ces derniers.

De plus, des travaux visant à valoriser certains des composés émis lors du traitement sont en cours. Ils pourraient trouver preneurs auprès des industries chimique et pharmaceutique et permettre, du même coup, de renforcer l'image écologique de la filière.

### **ASPECTS ESTHÉTIQUES**

En Europe, les nuances de couleurs (plus ou moins foncées, selon l'essence et le traitement) ainsi que l'aspect vieilli conféré au bois par le traitement à haute température ont séduit les intervenants de la construction, de la décoration et du meuble.



## 9.0 DÉFIS DE L'INDUSTRIE

L'évolution du marché du bois traité à haute température dépendra de l'influence de plusieurs défis auxquels sont confrontés les intervenants de l'industrie.

### 9.1 DÉFIS DE NATURE TECHNIQUE

#### ***Réduire le risque d'incendies***

Porter le bois à des températures aussi élevées que 250 °C constitue un risque d'incendies si l'air s'engouffre dans l'enceinte de traitement. Plusieurs dispositifs de sécurité (automatiques ou manuels) doivent être prévus pour minimiser ces risques et les opérateurs doivent pouvoir réagir adéquatement en cas de dysfonction. Au moins quatre installations ont récemment été incendiées (HTT Traitement Thermique, Sefcco, Menz Holz et In Wood International).

#### ***Exigences de qualité initiale des bois***

Pour obtenir des résultats satisfaisants, les procédés de traitement thermique ont besoin d'un approvisionnement de bois de qualité. D'une part, mobiliser des volumes de bois suffisants pour garantir cet approvisionnement peut constituer un défi et, d'autre part, compte tenu de l'exigence de qualité des sciages, le prix de vente du produit traité ne peut que s'en trouver augmenté.

Ces technologies ne peuvent être utilisées pour « redonner » de la valeur à un bois de mauvaise qualité. Selon les fournisseurs, les variations aux sciages peuvent devenir critiques, plusieurs pièces devenant inutilisables. Le contrôle de qualité du fournisseur est capital, si bien qu'il est difficile d'acheter des sciages sur le marché.

#### ***Uniformité de la coloration du produit***

Dans certains cas, on observe, à l'intérieur d'un même sciage ou bien dans les sciages d'une même fournée, des variations de couleurs inacceptables. Les producteurs devront déterminer les causes de ces variations (attribuables à la matière première ou au processus), bien les comprendre et établir des contrôles qui permettront de les éliminer.

#### ***Impact du traitement de résineux sur l'entretien des enceintes de traitement***

Les essences résineuses, certaines plus que d'autres, sont riches en résines, ce qui entraîne, lors du traitement, un dégagement important de molécules organiques qui ont tendance à se condenser à l'intérieur de l'enceinte. L'encrassement rapide du four qui en résulte exige des programmes d'entretien plus intensifs.

#### ***Termites***

Éventuellement, pour des bois exportés, il peut y avoir des problèmes d'emplois dans les zones infestées car le bois traité thermiquement résiste peu ou pas à l'attaque des termites.

### 9.2 DÉFIS DE NATURE COMMERCIALE, CONCURRENTIELLE ET RÉGLEMENTAIRE

#### ***Éducation des consommateurs***

Jusqu'à tout récemment, les consommateurs n'ont eu que peu d'information sur ce nouveau produit, les communications étant plutôt réservées aux professionnels. En Europe, où le bois traité thermiquement est disponible depuis quelques années, l'absence de demandes soutenues est la conséquence de démarches de commercialisation marketing timides, individuelles et peu coordonnées.

En Europe, comme ici, l'évolution de cette industrie devrait être appuyée par une forte campagne de sensibilisation, d'information et d'accompagnement auprès des intervenants professionnels et des consommateurs, campagne qui renseignera sur les possibilités, mais aussi sur les limites du nouveau matériau.

#### ***Réactions de l'industrie chimique***

L'efficacité des produits chimiques de préservation n'est plus à démontrer. L'industrie chimique est déjà engagée dans une campagne visant à faire connaître les nouveaux produits qui remplaceront progressivement l'ACC.

#### ***Technologies concurrentes aux traitements thermiques du bois***

Plusieurs autres traitements permettant d'augmenter la durabilité du bois sont présentement en développement. Les produits résultant pourraient, d'ici peu, se retrouver dans des créneaux de marché similaires à ceux des bois traités thermiquement.

#### ***Traçabilité***

La traçabilité sera indispensable dans le cas de produits certifiés par une tierce partie. Il y a un risque accru d'un manque de traçabilité lorsque le traitement thermique est fait à façon, en raison du nombre d'intervenants potentiels plus nombreux dans la chaîne de valeur.

#### ***Conditions de mises en œuvre***

La mise en œuvre des ouvrages dans le bâtiment fait l'objet de documents de référence (normes et Code national du bâtiment) qui indiquent les conditions techniques à respecter pour le choix et le travail des matériaux dits traditionnels. En ce qui concerne les nouveaux matériaux, comme le bois modifié thermiquement, il arrive que l'on n'y trouve pas de référence.

#### ***Caractérisation des produits obtenus***

Pour le moment, il y a un manque de caractérisation et une absence de certification ou de label pour le bois traité à haute température et les produits fabriqués avec ce matériau. Cette situation ne contribue pas à dégager les avantages concurrentiels des produits issus des traitements thermiques et, de plus, elle risque de permettre à des producteurs moins sérieux de « brûler » le marché.

### **9.3 DÉFIS DE NATURE ÉCONOMIQUE**

Les niveaux d'investissement (tableau synthèse, partie 3), le coût de la prestation (section 3.4) et le prix de vente des produits traités sont autant d'obstacles au déploiement de la filière.

À titre d'exemple, dans une publication parue récemment, on pouvait lire que le prix du bois traité à haute température était, pour le moment, de 30 à 50 % plus cher que le bois traité chimiquement. Ce prix devrait diminuer au fur et à mesure que de plus grandes quantités seront produites.

## 10.0 CHOIX D'UNE TECHNOLOGIE

Plusieurs technologies de modification thermique du bois sont maintenant offertes aux industriels de la transformation du bois. Le choix de l'une ou l'autre requiert l'examen rigoureux de plusieurs critères. De façon sommaire et non ordonnée, voici quelques observations sur certains de ces critères :

### **Qualité du support R-D et technique**

Les promoteurs de la filière doivent avoir la capacité technique et financière d'accompagner scientifiquement les industriels afin de garantir le mieux possible l'adaptation, l'implantation et la mise au point de la technologie. Les promoteurs doivent également appuyer une équipe de recherche et développement bien articulée qui permettra, entre autres, de faire avancer leur technologie, de développer de nouvelles applications et de valoriser les sous-produits du traitement.

### **Déclassement après traitement**

Avant de choisir une technologie, tout industriel devrait faire réaliser des tests de traitement par le promoteur de la filière avec des échantillons représentatifs (et bien identifiés) des bois qu'il entend traiter. Il est capital qu'il assiste à toutes les étapes du traitement afin d'évaluer *de visu* le pourcentage de déclassement après traitement et la qualité des produits obtenus.

### **Expérience cumulée d'une technologie**

L'expérience acquise par d'autres industriels utilisant la même technologie peut certes être un élément rassurant lors du choix d'une technologie, à condition bien sûr que la connaissance acquise par le « groupe » puisse être partagée et servir à améliorer les pratiques.

### **En fonction du produit souhaité**

L'industriel qui souhaite fabriquer un produit en particulier (produits d'extérieur ou d'intérieur, en bois feuillus ou en résineux, produits d'apparence avec des exigences strictes d'uniformité de la teinte,...) devrait s'assurer de l'expertise spécifique du promoteur à cet égard. À titre d'exemple, la fabrication d'un parquet en bois feuillus thermiquement modifié peut requérir des conditions de traitement passablement différentes de celles prescrites lors de la fabrication d'un clin de parement extérieur en résineux.

### **Coûts d'énergie de chauffe/m<sup>3</sup> de bois modifié thermiquement**

Certains promoteurs affirment, en raison du principe même de leur technologie, obtenir un meilleur rendement thermique que celui d'autres procédés, ce qui se traduirait par des économies d'énergie substantielles. Cet élément reste à être validé et évalué.

### **Stratégie commerciale de l'entreprise**

Les volumes des enceintes de traitement varient de façon importante, de 4 à 100 m<sup>3</sup>, conduisant à des capacités de production annuelles se situant entre 2 000 et 75 000 m<sup>3</sup> par unité. Une entreprise qui souhaite desservir des créneaux de marché diversifiés et préparer plusieurs types de produits optera pour une technologie qui propose de petites enceintes, ce qui lui donnera une plus grande flexibilité. Au contraire, un fabricant qui souhaite commercialiser à grand volume, un type de produit, choisira d'acquérir une technologie qui offre des fours de grandes dimensions.

### ***Versatilité des enceintes de traitement***

Certaines cellules de traitement, utilisées à pression atmosphérique, peuvent être employées comme séchoirs conventionnels. Cela procure à l'industriel une plus grande flexibilité lorsque la demande pour les bois traités HT est faible.

### ***Image de marque***

Le bois traité à haute température fait actuellement son introduction sur le marché québécois et nord-américain. Comme il commence à être connu par les utilisateurs, les avantages vis-à-vis les produits concurrents devraient être mieux véhiculés. L'industrie a intérêt à faire connaître son produit et d'en assurer une bonne qualité tout en développement des normes et standards adéquats.

Présentement, il suscite un intérêt certain et, jusqu'à ce jour, de nombreuses interrogations. Si l'engouement démontré persiste, le nouveau produit connaîtra une excellente croissance à court et moyen terme sur les marchés. Pour ce faire, le consommateur devra être rassuré et informé du potentiel qu'offre le bois traité à haute température.

## 11.0 INTERVENANTS DES DIFFÉRENTES FILIÈRES

<b>ThermoWood®</b>	
<p><b>STELLAC OY</b> Hallituskatu 3 FIN-50100 Mikkeli Finland</p> <p>Contact : Tero Lallukka Téléphone : 358.15.7605.600 Cellulaire : 358.400.491.754 Télécopieur : 358.15.7605.656 Courriel : <a href="mailto:tero.lallukka@stellac.com">tero.lallukka@stellac.com</a> Sales@stellac.com Internet : <a href="http://www.stellacwood.com/english">http://www.stellacwood.com/english</a></p>	<p>Développeur de la technologie et constructeur de fours de traitement</p>
<p><b>TEKMAHEAT OY (JARTEK GROUP)</b> Svinhufvudinkatu 19 P.O. Box 14 FIN-15101 Lahti Finland</p> <p>Contact : Timo Tetri Téléphone : 358.3.816.3336 Cellulaire : 358.50.302.1803 Télécopieur : 358.3.816.3310 Courriel : <a href="mailto:timo.tetri@tekmawood.fi">timo.tetri@tekmawood.fi</a> Internet : <a href="http://www.tekmawood.fi/english/index_tekmaheat.html">http://www.tekmawood.fi/english/index_tekmaheat.html</a></p>	<p>Développeur de la technologie et constructeur de fours de traitement</p>
<p><b>VALUTEC OY</b> PL 43 FIN-20251 Turku Finland</p> <p>Contact : Antti J. Nieminen Téléphone : 358.2.211.6621 Télécopieur : 358.2.2401.332 Courriel : <a href="mailto:antti.nieminen@valutec.fi">antti.nieminen@valutec.fi</a> Internet : <a href="http://www.valutec.fi">http://www.valutec.fi</a></p>	<p>Développeur de la technologie et constructeur de fours de traitement</p>
<p><b>VTT – TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND</b> Building Technology P.O. Box 1806 FIN-02044 VTT, Espoo Finland</p> <p>Contact : Pertti Viitaniemi Téléphone : 358.9.456.5522 Télécopieur : 358.9.456.7027 Courriel : <a href="mailto:antti.nurmi@vtt.fi">antti.nurmi@vtt.fi</a> Internet : <a href="http://www.vtt.fi/indexe.htm">http://www.vtt.fi/indexe.htm</a></p>	<p>Centre de recherche associé</p>

<b>ThermoWood®</b>	
<p><b>FINNISH THERMOWOOD ASSOCIATION</b>                      c/o Wood Focus Oy                      P.O. Box 284 (Snellmaninkatu 13)                      FIN-00171 Helsinki                      Finland</p> <p>Contact : Jukka Ala Viikari                      Téléphone : 358.9.6865.4522                      Télécopieur : 358.9.6865.4530                      Courriel : jukka.ala.viikari@woodfocus.fi                      Internet : <a href="http://www.thermowood.fi/english/index.html">http://www.thermowood.fi/english/index.html</a></p>	<p>Association regroupant les fabricants de produits <i>ThermoWood®</i> et les constructeurs de fours de traitement <i>ThermoWood®</i></p>
<p><b>LICENTIA LTD</b>                      Erottajankatu 19 B                      FIN-00130 Helsinki                      Finland</p> <p>Contact : Errki Rantala                      Téléphone : 358.9.6814.9579                      Télécopieur : 358.9.6814.9599                      Courriel : erkki.rantala@licentia.fi                      Internet : <a href="http://www.licentia.fi/english/">http://www.licentia.fi/english/</a></p>	<p>Gestionnaire des licences <i>ThermoWood®</i></p>
<p><b>TEKMAHEAT CANADA</b>                      Shawinigan</p>	<p>Antenne canadienne de la technologie Tekmaheat. Tekmaheat Oy et un fabricant de fours, membre de la ThermoWood Finnish Association</p>

<b>Le bois Perdure®</b>	
<p><b>PCI INDUSTRIES INC.</b>                      (Pluri-Capital (PCI) inc.)                      255, rue Cantin                      Jonquière (Québec) G7X 8S7</p> <p>Contacts : Denis Lapointe                      Stéphane Bergeron                      Téléphone : (418) 546-1155                      Télécopieur : (418) 546-1150                      Courriel : <a href="mailto:pci@pluricapital.com">pci@pluricapital.com</a>                      Internet : <a href="http://www.perdure.com">http://www.perdure.com</a></p>	<p>Développeur de la technologie</p>
<p><b>UQAC</b>                      555, boulevard de l'Université                      Chicoutimi (Québec) G7H 2B1</p> <p>Contact : André Pichette                      Téléphone : (418) 545-5011                      Télécopieur : (418) 545-5012                      Internet : <a href="http://www.uqac.quebec.ca/">http://www.uqac.quebec.ca/</a></p>	<p>Centre de recherche associé</p>
<p><b>PERDURE</b>                      Boîte postale 29                      F-38081 L'Isle d'Abeau Cedex                      France</p> <p>Contact : Jean-Pierre Bernon                      Téléphone/Télécopieur : 33.4.74.18.02.39                      Courriel : <a href="mailto:jean-pierre.bernon@pluricapital.com">jean-pierre.bernon@pluricapital.com</a></p>	<p>Antenne française de la technologie <i>Perdure®</i></p>

<b>Le bois rétifé®</b>	
<p><b>NOW S.A.</b> Rue du Moulin de Paban F-17100 Saintes France</p> <p>Contact : André Trauet Téléphone : 33.5.46.93.19.04 33.5.46.74.03.73 (accès direct) Télécopieur : 33-5 46 74 06 89 Courriel : trauet@now.fr Internet : <a href="http://www.now.fr">http://www.now.fr</a></p>	<p>Développeur de la technologie</p>
<p><b>ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE (EMSE)</b> 158, cours Fauriel F-42023, Saint-Etienne cedex 2 France</p> <p>Contact : René Guyonnet Téléphone : 33.4.77.42.00.30 Télécopieur : 33.4.77.42.00.00 Courriel : guyonnet@emse.fr Internet : <a href="http://www.emse.fr">http://www.emse.fr</a></p>	<p>Centre de recherche associé</p>
<p><b>FOURS &amp; BRÛLEURS REY S.A.</b> 19, rue du Vercors Z.I. La Chauvetière F-42100 Saint Etienne France</p> <p>Téléphone : 33.4.77.81.45.55 Télécopieur : 33.4.77.80.77.29 Courriel : lebrat@fours-rey.fr Internet : <a href="http://www.fours-rey.fr">http://www.fours-rey.fr</a></p>	<p>Constructeur de fours</p>
<p><b>CRITT BOIS (CENTRE RÉGIONAL D'INNOVATION ET DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIES)</b> 20, boulevard de la République F-12000 RODEZ France</p> <p>Contact : Sébastien Cavaroc Téléphone : 33.5.65.77.17.30 Télécopieur : 33.5.65.77.17.39 Courriel : sebastien.cavaroc@wanadoo.fr Internet : <a href="http://www.critt-bois.com/">http://www.critt-bois.com/</a></p>	<p>Le Critt Bois de Rodez est le seul centre technique en France à posséder un four de traitement. L'organisme mène, entre autres, des essais visant à développer des programmes de traitements thermiques adaptés à des produits spécifiques</p>

<b>Plato Wood®</b>	
<p><b>PLATO INTERNATIONAL BV</b>                      P.O. Box 2159                      NL-6802 CD Arnhem                      The Netherlands</p> <p>Contact : Casper van Leusden                      Téléphone : 31.26.366.4666                      Télécopieur : 31.26.366.1553                      Courriel : <a href="mailto:info@platoewood.nl">info@platoewood.nl</a>                      Internet : <a href="http://www.platoewood.nl/plato2003/index.html">http://www.platoewood.nl/plato2003/index.html</a></p>	<p>Développeur de la technologie</p>
<p><b>SHR TIMBER RESEARCH</b>                      P.O. Box 497                      NL-6700 AL Wageningen                      The Netherlands</p> <p>Contact : Boke Tjeerdsma                      Téléphone : 31.317.467.366                      Télécopieur : 31.317.467.399                      Courriel : <a href="mailto:B.Tjeerdsma@shr.nl">B.Tjeerdsma@shr.nl</a>                      Internet : <a href="http://www.shr.nl/indexuk.html">http://www.shr.nl/indexuk.html</a></p>	<p>Centre de recherche associé</p>
<p><b>UNIVERSITÄT GÖTTINGEN</b>                      Institut für Holzbiologie und Holztechnologie                      Wilhelmsplatz 1                      D-37073 Göttingen                      Germany</p> <p>Contact : Holger Militz                      Téléphone : 49.551.39.3541                      Télécopieur : 49.551.39.9646                      Courriel : <a href="mailto:hmilitz@gwdg.de">hmilitz@gwdg.de</a>                      Internet : <a href="http://www.uni-goettingen.de/">http://www.uni-goettingen.de/</a></p>	<p>Centre de recherche associé</p>
<b>Oil Heat Treatment (OHT)</b>	
<p><b>MENZ HOLZ</b>                      Waldmühlenweg 11                      36115 Ehrenberg-Reulbach                      Germany</p> <p>Contacts : Mrs. Gertrud Menz ou Mr. Georg Seifert                      Téléphone : 49.6681.9601-0                      Télécopieur : 49.6681.9601-50                      Courriel : E-Mail: <a href="mailto:info@menzholz.de">info@menzholz.de</a>                      Internet : <a href="http://www.menz-holz.de">http://www.menz-holz.de</a></p>	<p>Développeur de la technologie</p>
<p><b>FEDERAL RESEARCH CENTRE FOR FORESTRY AND FOREST PRODUCTS (BFH)</b>                      Leuschnerstraße 91,                      D-21031 Hamburg                      Germany</p> <p>Contact : Andreas O. Rapp                      Téléphone : 49.40.739.62.427 (Maison : 49.40.721.2774)                      Télécopieur : 49.40.739.62.480                      Courriel : <a href="mailto:arapp@holz.uni-hamburg.de">arapp@holz.uni-hamburg.de</a>                      Internet : <a href="http://www.bfafh.de/">http://www.bfafh.de/</a></p>	<p>Centre de recherche associé</p>

<b>Thermoholz Austria (THA)</b>	
<p><b>THERMOHOLZ AUSTRIA GMBH</b>                      Markt 113                      A-3334 Gaflenz                      Autriche</p> <p>Contact : Stephan Schönberger                      Téléphone : 43.7353.204.0                      Télécopieur : 43.7353.204.6                      Courriel : office@thermoholz.at                      Internet : <a href="http://www.mitteramskogler.at/tha/tha-engl.html">http://www.mitteramskogler.at/tha/tha-engl.html</a></p>	Entité de commercialisation de la technologie
<p><b>MÜHLBÖCK + VANICEK DRYING TECHNOLOGY</b>                      A-4906 Eberschwang 45                      Austria</p> <p>Contact : Werner Ohnesorg                      Téléphone : 43.7753.2296.0                      Télécopieur : 43.7753.3302                      Courriel : office@muehlboeck.co.at                      Internet : <a href="http://www.muehlboeck.co.at/english_muehlboeck/start_english.html">http://www.muehlboeck.co.at/english_muehlboeck/start_english.html</a></p>	Développeur de la technologie et fabricant des fours de traitement
<p><b>MITTERAMSKOGLER GMBH</b>                      A-3334 Gaflenz                      Austria</p> <p>Téléphone : 43.7353.204.0                      Télécopieur : 43 7353.204.6                      Courriel : office@mitteramskogler.at                      Internet : <a href="http://www.mitteramskogler.at/index.html">http://www.mitteramskogler.at/index.html</a></p>	Développeur de la technologie
<p><b>MÜHLBÖCK CANADA LTD.</b>                      Muehlboeck Dry Kilns                      7955 Tronson Road                      Vernon B.C. V1H 1C6</p> <p>Contact : Fritz Leutgeb                      Téléphone : (250) 549-4451                      (Sans frais U.S.A./Canada : 888 506-3413)                      Cellulaire : (250) 260-8301                      Télécopieur : (250) 549-0443                      Courriel : muehlboeck@home.com                      Internet : <a href="http://www.muehlboeckcanada.com">http://www.muehlboeckcanada.com</a></p>	Antenne canadienne de Thermoholz Austria

<b>Intemporis®</b>	
<p><b>IN WOOD INTERNATIONAL SA</b>                      17, bd des Philosophes                      CH-1205, Genève                      Suisse</p> <p>Contact : Serge Darbellay                      Téléphone : 41.22.736.25.12                      Télécopieur : 41.22.736.25.14                      Courriel : <a href="mailto:sdarbellay@inwint.com">sdarbellay@inwint.com</a>                      Internet : <a href="http://www.inwint.com">http://www.inwint.com</a></p>	<p>Promoteur de la technologie</p>
<p><b>SPCM (SOCIÉTÉ PONCINOISE DE CHARPENTE ET DE MENUISERIE)</b>                      24, rue des Pellans                      F-01450 Poncin                      France</p> <p>Contact : M. Daniel Besson                      Téléphone : 33.4.74.37.25.42                      Télécopieur : 33.4.74.37.27.63                      Courriel :                      Internet :</p>	<p>Inventeur et promoteur du procédé</p>
<b>Iwotech</b>	
<p><b>IWT IWOTECH LTD.</b>                      Jyllandsvej 9                      DK-7330 Brande                      Danemark</p> <p>Contact : Erik Skovmand                      Téléphone : 45.97.18.10.88                      Télécopieur : 45.97.18.10.99                      Courriel : <a href="mailto:eskovmand@iwt.dk">eskovmand@iwt.dk</a> ou <a href="mailto:iwt@iwt.dk">iwt@iwt.dk</a>                      Internet : <a href="http://www.iwt.dk/">http://www.iwt.dk/</a></p>	<p>Développeur de la technologie</p>
<b>Mekitek</b>	
<p><b>THERMOBOIS INC.</b>                      2338, rue de Bordeaux                      Montréal (Québec) H2K 3Y9</p> <p>Contact : Bertrand Morin                      Téléphone : (514) 525-3020 ou 1 877 525-3020                      Télécopieur : (514) 340-6850                      Courriel : <a href="mailto:bmorin@thermobois.com">bmorin@thermobois.com</a>                      Internet : <a href="http://www.thermobois.com">http://www.thermobois.com</a></p>	<p>Développeur de la technologie</p>
<b>Procédé de torréfaction de Saint-Gabriel-de-Brandon</b>	
<p><b>POUR INFORMATION, VEUILLEZ CONTACTER :</b>  <b>LES BOIS FRANCS BRANDON INC.</b>                      173, Rue Saint-Jean, CP 1750                      Saint-Gabriel-de-Brandon (Québec) J0K 2N0</p> <p>Contact : Gilles Bécotte                      Téléphone : (450) 835-0904</p>	<p>Développeur de la technologie</p>

## 12.0 ASSOCIATIONS ET CENTRES DE RECHERCHE

### 12.1 QUÉBEC ET CANADA

#### ✦ FORINTEK CANADA CORP.

319, rue Franquet  
Sainte-Foy (Québec) G1P 4R4  
Contact : M. Torsten Lihra  
Téléphone : (418) 659-2647  
Télécopieur : (418) 659-2922  
Courriel : [torsten.lihra@qc.forintek.ca](mailto:torsten.lihra@qc.forintek.ca)  
Internet : <http://www.forintek.ca>

Forintek est un institut de recherche de niveau international dédié au maintien de la prospérité du secteur canadien des produits du bois. Forintek a pour mandat d'être le moteur de l'avancement technologique de l'industrie des produits du bois, par la création et l'application de concepts, de procédés, de produits et de programmes de formation. M. Lihra a été impliqué dans la réalisation de travaux de recherche portant sur les caractéristiques de bois traité à haute température, à partir d'essences indigènes et également sur la certification des produits.

#### ✦ DÉPARTEMENT DES SCIENCES DU BOIS ET DE LA FORÊT

Faculté de Foresterie, de Géomatique et de Géographie  
Université Laval  
Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4  
Contact : Yves Fortin  
Téléphone : (418) 656-2131 (poste 2181)  
Télécopieur : (418) 656-5262  
Courriel : [Yves.Fortin@sbf.ulaval.ca](mailto:Yves.Fortin@sbf.ulaval.ca)  
Internet : <http://www.ffg.ulaval.ca/ffg/home/home.asp>

La Faculté de foresterie, de Géomatique et de Géographie offre la formation universitaire au niveau du baccalauréat, de la maîtrise et du doctorat. On y retrouve, entre autres, deux départements, soit ceux des sciences géomatiques et des sciences du bois et de la forêt. La mission de cette Faculté est de répondre aux besoins de la société dans les domaines de la foresterie, de la transformation du bois et de la géomatique, par la qualité et la pertinence de l'enseignement et de la recherche. De plus, son action est fortement tournée vers les interactions externes avec divers milieux. Les bois modifiés thermiquement figurent parmi les champs d'intérêt du département des Sciences du Bois et de la Forêt, notamment par la mise au point de méthodes de contrôle de la qualité des bois traités, directement à la sortie du traitement.

↗ **UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI (UQAC)**

555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi (Québec) G7H 2B1  
Contact : Cornélia Krause  
Téléphone : (418) 545-5011 (poste 5295)  
Télécopieur : (418) 545-5012  
Courriel : Cornelia\_Krause@uqac.ca  
Internet : <http://www.uqac.quebec.ca>

L'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) et PCI Industries inc. ont signé une entente de partenariat qui vise à accroître la valeur économique de la technologie *Perdure*<sup>®</sup>. Cette association favorisera le développement et l'avancement de la technologie ainsi que le support technique aux industriels. L'UQAC qui a fait l'acquisition d'une unité de traitement *Perdure*<sup>®</sup> travaille, entre autres, à la valorisation des liquides de pyrolyse.

↗ **UNIVERSITY OF TORONTO**

Wood Science and Forest Products  
Faculty of Forestry  
33 Willcocks Street  
Toronto (Ontario) M5S 3B3  
Contact : Paul A. Cooper  
Téléphone : (416) 946-5078  
Courriel : [p.cooper@utoronto.ca](mailto:p.cooper@utoronto.ca)  
Internet : <http://www.forestry.utoronto.ca>

M. Cooper travaille au développement d'une méthode de traitement par immersion dans l'huile, similaire à celle de Menz Holz (procédé OHT).

↗ **CENTRE DE RECHERCHE INDUSTRIELLE DU QUÉBEC (CRIQ)**

Parc technologique du Québec métropolitain  
333, rue Franquet  
Sainte-Foy (Québec) G1P 4C7  
Téléphone : (418) 659-1550 ou 1 800 667-2386  
Télécopieur : (418) 652-2231  
Courriel : [infocriq@criq.qc.ca](mailto:infocriq@criq.qc.ca)  
Internet : <http://www.criq.qc.ca>

Le **CRIQ** œuvre au sein des entreprises manufacturières par le biais de ses activités de recherche, notamment dans le développement d'équipements industriels. Fortement impliqué dans le secteur du bois, il a, depuis sa création, développé plusieurs technologies et équipements pour les usines de première et deuxième transformation du bois, en intégrant de plus en plus les technologies de vision numérique. Il réalise également des essais de qualification et de certification de produits, de la recherche d'information industrielle et technologique, de la veille stratégique ainsi que de la normalisation.

↗ **LAKEHEAD UNIVERSITY**  
955 Oliver Road,  
Thunder Bay (Ontario) P7B 5E1  
Téléphone : (807) 343-8110  
Télécopieur : (807) 343-8023  
Internet : <http://www.lakeheadu.ca>

Les chercheurs de l'Université Lakehead ont produit une étude en avril 2003 montrant les changements substantiels apportés au bois par le procédé de traitement thermique.

## 12.2 ÉTATS-UNIS

↗ **MICHIGAN STATE UNIVERSITY**  
Department of Forestry  
210E Natural Resources Building  
East Lansing, Michigan 48824  
Contact : Donatien Pascal Kamdem  
Téléphone : (517) 355-7735  
Télécopieur : (517) 432-1143  
Courriel : [kamdem@msu.edu](mailto:kamdem@msu.edu)

M. Kamdem est membre de l'« *International Research Group on Wood Preservation* » et a publié quelques articles sur le bois traité à haute température.

↗ **FOREST PRODUCTS LABORATORY (FPL)**  
USDA Forest Service  
One Gifford Pinchot Drive  
Madison, Wisconsin 53726-2398  
Internet : <http://www.fpl.fs.fed.us/>

Le *Forest Products Laboratory* (FPL) situé à Madison, Wisconsin, est le principal organisme gouvernemental de recherche dédié au bois aux États-Unis. Le FPL est reconnu à l'échelle nationale et internationale pour son expertise scientifique dans le domaine du bois. Il coordonne les activités de plusieurs universités, industries, agences gouvernementales fédérales et d'états.

Plus de 250 scientifiques et personnel de support sont impliqués dans la recherche portant sur différents aspects de l'utilisation du bois : produits de pâtes et papiers, du bâtiment, de la préservation du bois, etc. Cet organisme est impliqué, entre autres, dans la publication d'ouvrages sur le bois traité à haute température.

## 12.3 EUROPE

### ➤ CENTRE TECHNIQUE DU BOIS ET DE L'AMEUBLEMENT (CTBA)

Siège social

10, avenue de Saint-Mandé

F-75012 Paris, France

Téléphone : 01.40.19.49.19

Télécopieur : 01.43.40.85.65

Courriel : [courrier@ctba.fr](mailto:courrier@ctba.fr)

Internet : [www.ctba.fr](http://www.ctba.fr)

Le *CTBA* est au service des entreprises des secteurs bois et ameublement, oeuvrant aussi bien dans les domaines de la recherche et du développement que dans ceux de l'information, de l'assistance technique, de la formation, de la normalisation et de la certification. Sa mission est de promouvoir le progrès technique et de participer à l'amélioration du rendement et à la garantie de la qualité dans l'industrie.

Plusieurs chercheurs du *CTBA* ont été impliqués, entre autres, dans des projets visant à caractériser les bois traités à haute température. Le *CTBA* travaille également sur le développement de la certification des produits issus des technologies de traitement thermique. En mai 2002, le Pôle Bois Sciage Emballage du *CTBA* publiait l'ouvrage « *Bois traité par haute température* ».

### ➤ JOANNEUM RESEARCH

Institute of Sustainable Techniques and Systems

A-8010 Graz

Austria

Contact : Niv Grav

Téléphone : 43.316.876.1177

Télécopieur : 43.316.876.1181

Courriel : [pr@joanneum.at](mailto:pr@joanneum.at)

Internet : <http://www.joanneum.ac.at/en/index.php>

Les chercheurs de ce centre de recherche ont surtout travaillé sur la caractérisation des émissions gazeuses issues des traitements thermiques du bois. *A priori*, certains des composés retrouvés dans ces émissions devraient être considérés comme des sous-produits commercialisables.

### ➤ UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ

F-54506 Vandoeuvre les Nancy cedex

France

Contact : Mathieu Pétrissans

Téléphone : 33.3 83 68 48 42

Télécopieur : 33.3 83 68 40 01

Courriel : [mathieu.petrissans@lermab.uhp-nancy.fr](mailto:mathieu.petrissans@lermab.uhp-nancy.fr)

Internet : <http://www.uhp-nancy.fr>

Les chercheurs de cette institution ont étudié l'évolution des propriétés hydrophobiques de quatre essences européennes durant le traitement thermique.

↗ **UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES AND APPLIED LIFE SCIENCES**

Institute of Chemistry, BOKU

Institute of Wood Science and Technology

A-1190 Vienna

Austria

Contacts : Barbara Hinterstoisser

Margareta Patzelt

Robert Stingl

Téléphone : 43.1.36006.6074

Télécopieur : 43.1.36006.6059

Courriels : bhinter@edv2.boku.ac.at

patzelt@edv1.boku.ac.at

Internet : <http://www.boku.ac.at/chemie/>

<http://www.boku.ac.at/holzforschung/frame1e.html>

↗ **WOOD K PLUS**

Competence Center for Wood Composites and Wood Chemistry

A-4021 Linz

Austria

Contact : Manfred Schwanninger

Téléphone : 43.732.9015.5600

Télécopieur : 43.732.9015.5618

Internet : <http://www.kplus-wood.at/e/index.htm>

Les chercheurs de ces institutions (BOKU et WOOD K Plus) ont investigué une méthode simple et rapide, la spectroscopie dans le spectre proche infrarouge, pour l'analyse de la surface du bois. Ils ont de plus développé une méthode utilisant la colorimétrie pour contrôler la qualité des bois traités à haute température.

↗ **SP SWEDISH NATIONAL TESTING AND RESEARCH INSTITUTE**

Wood Materials and Structures

SE-501, 15 Borås

Sweden

Contact : Jöran Jermer

Téléphone : 46.33.16.50.00

Télécopieur : 46.33.13.55.02

Courriel : [joran.jermer@sp.se](mailto:joran.jermer@sp.se)

Internet : <http://www.sp.se/eng/default.htm>

Des chercheurs de cet institut ont vérifié l'aptitude au collage des bois traités à haute température. Ils ont également réalisé des essais visant à vérifier l'effet du traitement thermique sur la résistance mécanique des sciages.

↗ **INSTITUT FÜR HOLZTECHNOLOGIE DRESDEN**

D-01217 Dresden

Germany

Contact : Wolfram Scheiding

Téléphone : 49.351.4662.280

Télécopieur : 49.351.4662.211

Courriel : [scheiding@ihd-dresden.de](mailto:scheiding@ihd-dresden.de),

Internet : [http://www.ihd-dresden.de/engl/navileisten/fr\\_ihd.htm](http://www.ihd-dresden.de/engl/navileisten/fr_ihd.htm)

Cet institut, qui a organisé le colloque « *Europäischer Thermoholztag in Dresden 2003* », s'intéresse au développement du marché des produits en bois traité à haute température et travaille sur les propriétés du nouveau matériau.

↗ **EUROPEAN THEMATIC NETWORK FOR WOOD MODIFICATION**

S.H.R. Timber Research

NL-6722 AT Wageningen

The Netherlands

Contact : Dennis Jones

Téléphone : 31.317.425.422

Télécopieur : 31.317.425.783

Courriel : [d.jones@shr.nl](mailto:d.jones@shr.nl)

Internet : <http://www.woodmodification-network.org>

M. Jones a joué le rôle de coordonnateur du projet « *European Thematic Network for Wood Modification* » qui prenait fin en avril 2003. Le réseau mettait en lien 28 intervenants européens travaillant sur l'une des trois méthodes de modification suivantes : modification chimique, thermique et enzymatique.

↗ **GHENT UNIVERSITY**

Laboratory of Wood Technology

Coupure Links 653

B-9000 Ghent

Belgium

Contact : Joris Van Acker

Téléphone : 32.9.264.61.20

Télécopieur : 32.9.264.62.33

Courriel : [joris.vanacker@rug.ac.be](mailto:joris.vanacker@rug.ac.be)

L'Université de Ghent a été l'hôte de la « *First European Conference on Wood Modification* » qui se tenait les 3 et 4 avril dernier. Cette conférence a eu lieu dans le cadre du projet « *European Thematic Network for Wood Modification* ».

↗ **INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PRESERVATION (IRG)**

SE-100 44 Stockholm

Sweden

Contact : Jöran Jermer

Téléphone : 46.8.10.14.53

Télécopieur : 46.8.10.80.81

Courriel : [joran.jermer@sp.se](mailto:joran.jermer@sp.se)

Internet : <http://www.irg-wp.com/>

Fondé en 1969, l'IRG regroupe aujourd'hui plus de 300 scientifiques de toute provenance travaillant sur les problèmes complexes liés à la protection et à la durabilité du bois.

**BIBLIOGRAPHIE**

TITRE	SOURCE	DATE
<i>Aveyron: Ça va chauffer!</i>	Le Bois International	2001-06
<i>Bending Strength of Heat-Treated Spruce and Pine Timber</i>	The international research group on wood preservation	2002-05
<i>Bois thermiquement modifié</i>	Présentation spéciale pour les membres de Forintek Canada Corp.	2002-11
<i>Bois traité à haute température : une réalité industrielle</i>	Centre technique du bois et de l'ameublement, Info n° 88	2001-04
<i>Bois traité par haute température</i>	Patrice Chanrion et Jérôme Schreiber, Centre technique du bois et de l'ameublement	2002-05
<i>Bois traité thermiquement, un nouveau matériau pour de nouveaux enjeux</i>	Le Bois National	1999-05
<i>Bois traité thermiquement: recommandations pour son emploi en ameublement</i>	Centre technique du bois et de l'ameublement, Info n° 94	2002-04 2002-05
<i>Ça va chauffer</i>	Le Bois National	2000-07
<i>Characterisation of Gaseous Emissions from a Small-Size Industrial Plant for Thermal Wood Modification by GC/MS</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Color Stability of Heat-Treated Wood During Artificial Weathering</i>	Holz Roh Werkst	2003
<i>Colour Measurement as Means of Quality Control of Thermally Treated Wood</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Comparison of Properties of Wood Modified by 8 Different Methods – Durability, Mechanical and Physical Properties</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Comparison of Thermally Modified Wood Originating from Four Industrial Scale Processes – Durability</i>	Welzbacher, C.R.; Rapp, A. O, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), Germany	2002-05
<i>Coopération franco-australienne sur le traitement thermique du bois</i>	L'actualité de la coopération S&T franco-australienne	2002-09
<i>Deep Fry and Vinegar, Culinary Wood Treatment Options</i>	Woodworking International (WIN)	2002-08
<i>Du bois traité sans danger</i>	Université de Montréal	2002-05
<i>Écobois propose une alternative au bois traité</i>	Radio-Canada	2003-08
<i>Emerging Technologies in Wood Protection</i>	<a href="http://www.apria.com/resources/0,2725,494-10045,00.html">http://www.apria.com/resources/0,2725,494-10045,00.html</a>	2003-10
<i>Evaluation of Heat Treated Beech by Non-Destructive Testing</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Evolution of Wood Hydrophobic Properties During Heat Treatment</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Exterior Durability of Coatings on Modified Wood</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Glulam of Heat-Treated Wood – Delamination Test</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Heat Treatment of Wood – Better Durability Without Chemicals</i>	European Cooperation in the field of scientific and technical research, Cost Action E22	2001-02
<i>Heat Treatment of Wood by the PLATO-Process</i>	European Cooperation in the field of scientific and technical research, Cost Action E22	2001-02

TITRE	SOURCE	DATE
<i>Heat Treatment of Wood in France – State of The Art</i>	European Cooperation in the field of scientific and technical research, Cost Action E22 <a href="http://www.bfafh.de/inst4/43/pdf/heatfra.pdf">http://www.bfafh.de/inst4/43/pdf/heatfra.pdf</a>	2001-07
<i>Heat Treatment Technologies in Europe : Scientific Background and Technological State-Of-Art</i>	Holger Miltz, professor Dr., Institute for Wood Biology and Wood Technology, University Göttingen	2002-05
<i>Heat Treatment: Can it Replace Preservatives?</i>	Pascal Kamdem, Department of Forestry Michigan State University	
<i>Improvement of Wood Properties by a Combined Impregnation Process – The Royal Process</i>	First European Conference on Wood Modification, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Investigation of Some Technical Properties of Heat-Treated Wood</i>	SP Swedish National Testing and Research Institute	2003-05
<i>L'alternative finlandaise au bois traité</i>	Le Nouvelliste	2003-08
<i>La modification chimique du bois : des technologies prometteuses</i>	Centre technique du bois et de l'ameublement, Info n° 99	2003-04
<i>Le bois traité à haute température</i>	<a href="Http://www.arbocentre.ass.fr/infofil/fonds/fiches.htm">Http://www.arbocentre.ass.fr/infofil/fonds/fiches.htm</a>	2002-05
<i>Le bois traité par haute température</i>	Centre technique du bois et de l'ameublement, Info n° 100	2003-05
<i>Le bois traité par haute température en phase industrielle</i>	Le Bois International	2002-11
<i>Le bois, matière à innover, aux rencontres de Rodez</i>	Le Bois International	2002-12
<i>Le collage des bois chauffés</i>	Le Bois National	2001-03
<i>Le groupe Lebel de Rivière-du-Loup se lance dans la fabrication de produits de bois écologiques</i>	Le progrès forestier	2003
<i>Market Chances for Products Made of Modified Wood in German-speaking Markets</i>	European Conference on Wood Modification	2003-04
<i>Modified Wood – The Evaluation, Production and Exploitation of a Future Novel Base Material within the Construction Industries</i>	<a href="http://www.woodmodification-network.org/newsletters/docs/modifiedwood.pdf">http://www.woodmodification-network.org/newsletters/docs/modifiedwood.pdf</a>	
<i>Oil Heat Treatment of Wood in Germany – State of the Art</i>	European Cooperation in the field of scientific and technical research	2001-02
<i>Opération collective « Traitement thermique du bois »</i>	CRITT-Bois, Épinal	2001
<i>Performance of the Coated Thermowood</i>	International Centre for Coatings Technology	
<i>Production and Classification of Heat Treated Wood in Finland</i>	European Cooperation in the field of scientific and technical research, Cost Action E22	2001-02
<i>Résultat de recherche : un procédé innovant mis au point par le CIRAD pour préserver les bois contre les agressions extérieures</i>	CIRAD	2003-06
<i>Short Summary of Discussion on Heat Treatments</i>	European Cooperation in the field of scientific and technical research, Cost Action E22. Dr. Angelika Voss, TNO Building and Construction Research	2002-02
<i>Structural and Other Properties of Modified Wood</i>	<a href="Http://timber.ce.wsu.edu/Resources/papers/3-5-1.pdf">Http://timber.ce.wsu.edu/Resources/papers/3-5-1.pdf</a>	2000-08
<i>Surface Analyses of Chemically and Thermally Modified Wood by FT-NIR</i>	First European conference on wood modification 2003, Ghent, Belgium	2003-04
<i>Survivre au conflit du bois d'œuvre par la valeur ajoutée</i>	Les Affaires	2003-02
<i>Synthèse des fiches portant sur le traitement du bois à haute température</i>	VigiPro <sup>MD</sup>	2002
<i>Tekmawood Has a Solution for High Capacity Heat Treatment Plants</i>	Woodworking International (WIN)	2001-05

TITRE	SOURCE	DATE
<i>Thermobois, traitement à la chaleur</i>	Université de Montréal	2001-11
<i>ThermoWood® Handbook</i>	Finnish ThermoWood Association	2003-05
<i>Traitement des bois par oléothermie : un procédé simple qui respecte l'environnement</i>	CTBA	2003-07
<i>Traitement thermique du bois : l'aboutissement de 10 ans de recherches</i>	Centre technique du bois et de l'ameublement, Info n° 68	1997-11
<i>Up Grading of Non Durable Wood Species by Appropriate Pyrolysis Thermal Treatment</i>	Project funded by the European Community under the Industrial & Materials Technologies programme (Brite-EuRam III), Synthesis Report for Publication	1998-30
<i>Upgrading of Wood by Application of an Oil-Heat Treatment</i>	<i>Holz als Roh – und Werkstoff</i>	2000
<i>Veille – Bois traité haute température</i>	Rapport semestriel - Centre technique du bois et de l'ameublement	2002-07
<i>Wood modification</i>	<a href="http://www.woodmodification-network.com/woodmodification_main.html">http://www.woodmodification-network.com/woodmodification_main.html</a>	2003-04
<i>Wood Modification Thematic Network Newsletter</i>	WoodMod Newsletter	2002-04
<i>Wood Modification Thematic Network Newsletter</i>	WoodMod Newsletter	2001-04
<i>Wood Modification to Improve the Durability of Coatings</i>	International Centre for Coatings Technology	
<i>Europäischer Thermoholztag in Dresden</i>	Institut für Holztechnologie, Dresden GmbH	2003-05
<i>Profil technologique – Le bois thermiquement modifié</i>	<a href="http://www.valeuraubois.ca">www.valeuraubois.ca</a> Forintek Canada Corp. et Ressources naturelles Canada, Torsten Lihra	2003-07
<i>Heat Treatment of Wood : Better Durability Without Chemicals</i>	VTT Building Technology Salla Jämsä, Pertti Viitaniemi European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research, Cost Action E22	2001-02