



ThermoWood® GUIDE



TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	3
DÉFINITIONS	4
1. DÉVELOPPEMENT DU BOIS THERMO-MODIFIÉ	5
2. PROCESSUS DE FABRICATION ThermoWood®	6
2.1 Processus de fabrication	6
2.2 Matière première	9
2.3 Changements dans la structure du bois	11
2.3.1 Hydrates de carbone	11
2.3.2 Lignine	12
2.3.3 Extraits	12
2.3.4 Toxicité du bois thermo-modifié	12
2.3.5 Valeur pH du bois thermo-modifié	12
2.4 Contrôle de qualité durant la production	13
3. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	14
3.1 Matière première	14
3.2 Processus de fabrication	14
3.3 Utilisation et recyclage	14
3.4 Cycle de vie	14
4. PRODUITS ThermoWood®	15
4.1 Impact du traitement thermique sur les dimensions du bois	15
4.2 Produits profilés	16
4.3 Marquage CE	17
4.4 Classification des produits	18
4.5 Propriétés physiques	20
4.5.1 Densité	20
4.5.2 Résistance à la flexion et module d'élasticité	21
4.5.3 Résistance à l'arrachement des vis	22
4.5.4 Résistance à la compression perpendiculaire au grain	23
4.5.5 Résistance à la compression parallèle au grain	23
4.5.6 Résistance à la flexion sous impact (flexion dynamique)	23
4.5.7 Résistance au cisaillement	23
4.5.8 Résistance au fendage	23
4.5.9 Dureté	24
4.5.10 Résistance au feu	25
4.6 Propriétés thermomécaniques	25
4.6.1 Équilibre hygrométrique	25
4.6.2 Gonflement et rétrécissement dus à l'humidité	26
4.6.3 Perméabilité	27
4.6.4 Conductivité thermique	27
4.7 Durabilité à long terme	28
4.7.1 Résistance aux intempéries	28
4.7.2 Résistance biologique	28
4.7.3 Résistance aux insectes	28
4.8 Impact sur la qualité de l'air intérieur	29
5. TRANSFORMATION DES PRODUITS ThermoWood®	30
5.1 Sciage	30
5.2 Rabotage	30
5.3 Moulurage	31
5.4 Ponçage	31
5.5 Collage	31
6. TRAITEMENT DE SURFACE DES PRODUITS ThermoWood®	32
6.1 ThermoWood® comme base du traitement de surface	32
6.2 Agents de traitement de surface fréquemment utilisés	32
6.3 Performances du traitement de surface	32
6.4 Traitement anti-feu	32
7. APPROVISIONNEMENT ET STOCKAGE DES PRODUITS ThermoWood®	33
8. APPLICATIONS DES PRODUITS ThermoWood® DANS LA CONSTRUCTION	34
8.1 Usage intérieur	34
8.2 Usage extérieur	39
9. INSTALLATION DES PRODUITS DE BARDAGE ThermoWood®	43
9.1 Fixations	43
9.2 Montage	43
9.3 Raccords	43
10. ThermoWood® DANS LA CHARPENTERIE	48
11. RÉFÉRENCES	50
11. INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES	57



Éditeur :

International Thermowood Association,
www.thermowood.fi
+358 400 802 896
info@thermowood.fi

Texte et illustrations :

Tero Lahtela,
Insinööritoimisto Lahtela Oy

Mise en page :

HannaR ky (2021),
PunaMusta Oy (2023)

PRÉFACE

Ces 20 dernières années, l'utilisation du bois thermo-modifié a considérablement augmenté dans le monde. Les fabricants et l'International ThermoWood Association ont développé divers produits et techniques de production au fil des années.

Les produits en bois thermo-modifié sont naturels, exempts de produits chimiques et fabriqués à partir de matières premières certifiées. Ils possèdent un long cycle de vie et peuvent être recyclés.

Fondée en Finlande en 2000, l'International Thermowood Association a pour mission de promouvoir l'utilisation des produits ThermoWood®. Aujourd'hui, l'association compte des membres dans divers pays.

Le présent guide fournit des informations essentielles sur les produits en bois thermo-modifié commercialisés sous la marque ThermoWood®. Il a pour but de donner des informations objectives sur les produits ThermoWood® et leur utilisation. Il s'adresse aux architectes et concepteurs de structures, détaillants, fabricants de composants et d'éléments, sous-traitants, charpentiers et établissements de formation.

Les produits et structures présentés dans le présent guide sont des exemples. Les concepteurs sont toujours responsables de la conception des structures utilisées dans un projet. Les fabricants de bois ThermoWood® proposent une large gamme de produits et d'instructions d'installation pour diverses applications. Par conséquent, il est recommandé de contacter le service d'assistance technique du fabricant pour choisir les produits et obtenir les données techniques correspondantes. Ainsi, vous avez la garantie que votre conception offrira une qualité élevée et une longue durée de vie.

La préparation du présent guide a été supervisée par Jukka Ala-Viikari, le directeur exécutif de l'International Thermowood Association, et les représentants des membres de l'association. La Foundation for Quality of Construction Products a participé au financement de la préparation du présent guide.

La première version du guide a été publiée en avril 2021. Cette version est une mise à jour.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé et contribué à ce projet.

Helsinki, mars 2023



Timo Tetri

Président, International Thermowood Association



DÉFINITIONS

ThermoWood®

Marque déposée qui peut uniquement être utilisée par les membres de l'International ThermoWood Association.

Produit ThermoWood®

Produit en bois fabriqué selon la méthode du traitement thermique développée en Finlande. La production est harmonisée et les fabricants ont mis en place un système de contrôle de la qualité audité.

Traitement thermique

Méthode qui consiste à modifier les propriétés chimiques du bois sous l'effet de la chaleur et de la vapeur. La température minimale de traitement est 160 °C. Les changements qui en résultent dans la structure du bois sont permanents.

Procédé ThermoWood®

Procédé de fabrication ThermoWood® développé et breveté par le Centre de recherche technique de Finlande (VTT). L'International ThermoWood Association est propriétaire des brevets. Le procédé ThermoWood® est leader du marché mondial.

Logo de qualité

(ITWA = International ThermoWood Association)

Logo de qualité ThermoWood® officiel de l'International ThermoWood Association qui peut uniquement être utilisé par les membres de l'association dans le cadre d'un système de contrôle de la qualité audité.

PEFC

(Programme for the Endorsement of Forest Certification)

PEFC est un système international de certification forestière qui défend une gestion forestière durable sur le plan écologique, social et économique, et ce au niveau international.

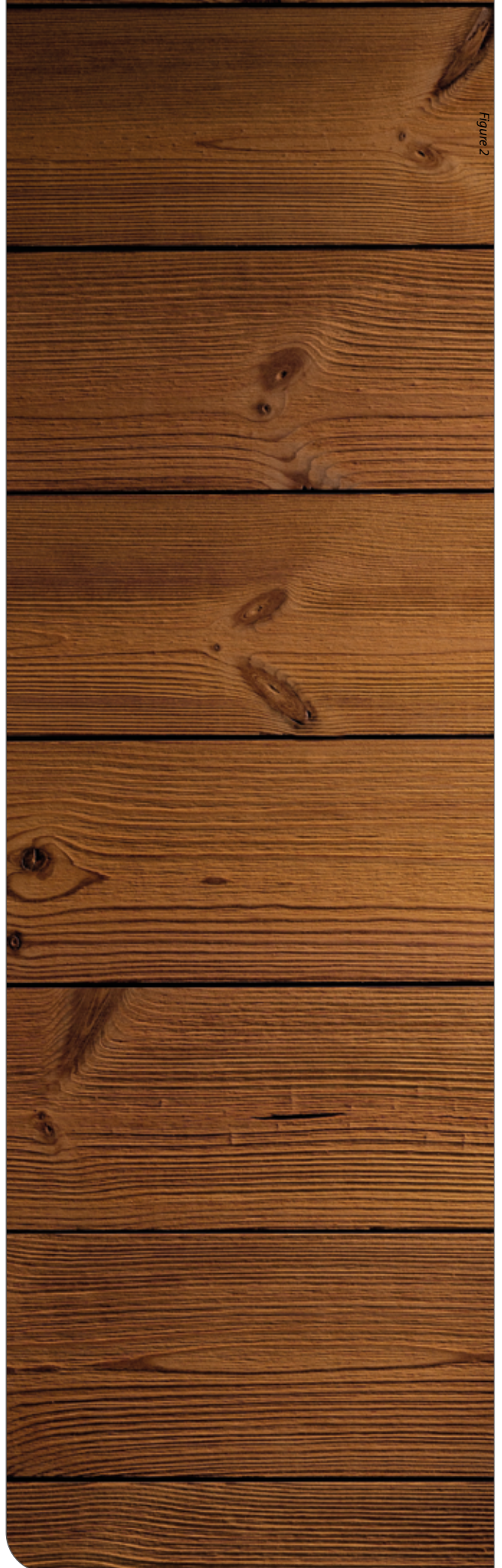
FSC (Forest Stewardship Council)

FSC est une organisation internationale à but non lucratif établie dans le but de promouvoir une gestion responsable des forêts à travers le monde. Elle attribue les certificats FSC aux services et produits.

OLB (Origine et Légalité des Bois)

OLB est un système de certification conçu pour contrôler l'origine du bois et le respect des exigences légales en matière de gestion et d'exploitation forestières.

Figure 2



1 DÉVELOPPEMENT DU BOIS THERMO-MODIFIÉ

Le brûlage du bois en surface dans le but d'augmenter sa résistance à l'humidité est une pratique qui remonte à l'Égypte ancienne. La surface brûlée forme une couche protectrice qui renforce la résistance biologique du bois. En Finlande, cette méthode servait à protéger les sections souterraines des poteaux à foin et piquets de clôture contre l'humidité du sol. Le brûlage de la surface du bois sur un feu ouvert peut être considéré comme la première étape du traitement thermique du bois.

Le traitement thermique du bois dans un séchoir a fait l'objet d'études scientifiques pour la première fois au début du vingtième siècle. Le but de ces recherches était de comprendre comment le traitement thermique améliorait les qualités du bois, en plus de renforcer sa résistance à l'humidité, et d'identifier des applications adaptées au bois traité. L'utilisation du bois thermo-modifié dans l'aéronautique fut l'un des premiers domaines de recherche. Jusqu'aux années 1980, les recherches sur le traitement thermique se sont concentrées essentiellement en Allemagne et aux États-Unis. La première usine de traitement thermique a été construite

en Allemagne au début des années 1980, sans toutefois que les opérations n'atteignent une échelle industrielle.

Dans les années 1990, la Finlande, la France et les Pays-Bas étaient les chefs de file de la recherche sur le traitement thermique du bois. En 1993, une innovation majeure a vu le jour en Finlande : la VTT a développé, en collaboration avec des entreprises de l'industrie du bois, le procédé ThermoWood® à l'échelle industrielle en vue d'améliorer les propriétés du bois sous l'effet de la chaleur.

Aujourd'hui, ThermoWood® est une marque internationale dont les volumes de production ne cessent d'augmenter. Le bois thermo-modifié fabriqué selon le procédé ThermoWood® est produit dans le monde entier, notamment en Finlande, en Suède, au Danemark, en Belgique, en Pologne, en Lettonie, en Turquie, au Japon et au Canada. Les applications du bois thermo-modifié se sont rapidement multipliées pour couvrir les produits de bardage et de décoration intérieure, la construction de patios et jardins et la charpenterie.

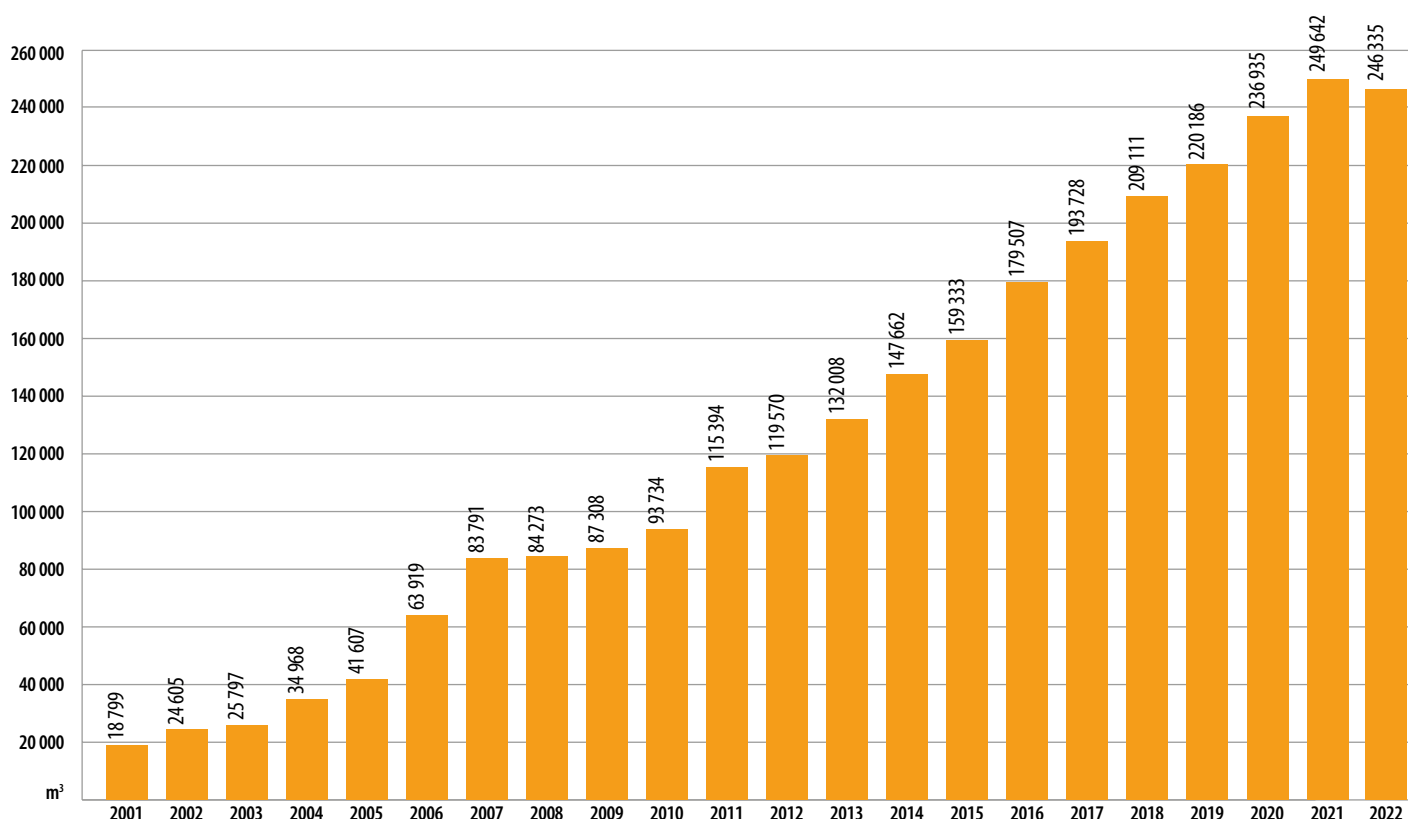


Figure 1. Évolutions de la production de ThermoWood® entre 2001 et 2022.

2 PROCÉDÉ DE FABRICATION ThermoWood®

Aucun produit chimique n'est utilisé dans la fabrication des produits ThermoWood®. Toutes les matières premières proviennent de sources certifiées. La méthode de production est le fruit de travaux de développement approfondis et s'appuie sur la modification contrôlée du bois à l'aide de chaleur, de vapeur et d'eau. Les phases du traitement sont le séchage à haute température, le traitement thermique, puis le refroidissement et l'humidification. Ce procédé entraîne un changement permanent des propriétés physiques et chimiques du bois. Les nouvelles propriétés restent intactes, même après une transformation comme le sciage ou le rabotage. Cela s'applique également à la couleur du produit (teinté dans la masse).

Il existe deux classes de ThermoWood®: Thermo-S et Thermo-D (voir section 4.4). Les produits ThermoWood® se distinguent du bois standard de différentes manières, par rapport à:

- La diminution du gonflement et du rétrécissement dû à l'humidité
- L'amélioration de la stabilité dimensionnelle
- L'amélioration de la durabilité biologique
- La couleur plus foncée (teintée dans la masse)
- L'absence de résine
- La diminution de la conductivité thermique



Figure 4. ThermoWood® en cours de fabrication dans un séchoir de traitement.

2.1 PROCÉDÉ DE FABRICATION

Le traitement thermique du bois se déroule dans les sites industriels. Le procédé ThermoWood® convient aux bois durs comme aux résineux et est toujours optimisé pour l'essence de bois utilisée comme matière première. Au début du procédé, le bois est transformé en paquets de lattes qui sont transférés dans le séchoir. Durant le traitement thermique, le bois est protégé par de la vapeur qui entraîne également le changement permanent de certaines caractéristiques du bois. Le procédé ThermoWood® peut être divisé en trois phases principales.

Phase 1 : séchage à haute température

Le séchoir est rapidement chauffé à 100 °C. Puis, la température augmente progressivement jusqu'au niveau souhaité. Durant ce processus, le bois sèche jusqu'à ce que son taux d'humidité atteigne zéro.

Phase 2 : traitement thermique

À l'issue du séchage à haute température, le séchoir est maintenu à une température constante : c'est là que la modification réelle intervient.

Phase 3 : séchage/humidification

Au cours de la dernière phase, la température dans le séchoir baisse sous l'effet d'un système de pulvérisation d'eau. Une fois que la température est suffisamment basse, le taux d'humidité du bois augmente en utilisant de l'eau et de la vapeur, ce qui améliore son usinabilité et sa stabilité dimensionnelle. À l'issue de la phase de refroidissement, le taux d'humidité des produits ThermoWood® se situe entre 4 et 7 %.

La durée du procédé ThermoWood® dépend de la classe du produit (Thermo-S ou Thermo-D), de l'essence de bois, du taux d'humidité et des dimensions de la matière première. Le produit adopte sa couleur brune durant le processus, lorsque la chaleur modifie ses propriétés chimiques. Durant le traitement thermique, les résineux sécrètent de la résine et d'autres composés organiques. Les extraits sont également éliminés des bois durs. Un système de contrôle spécial permet d'ajuster la température afin d'éviter que le bois ne fissure. Les paramètres du procédé diffèrent selon l'essence de bois et les dimensions.

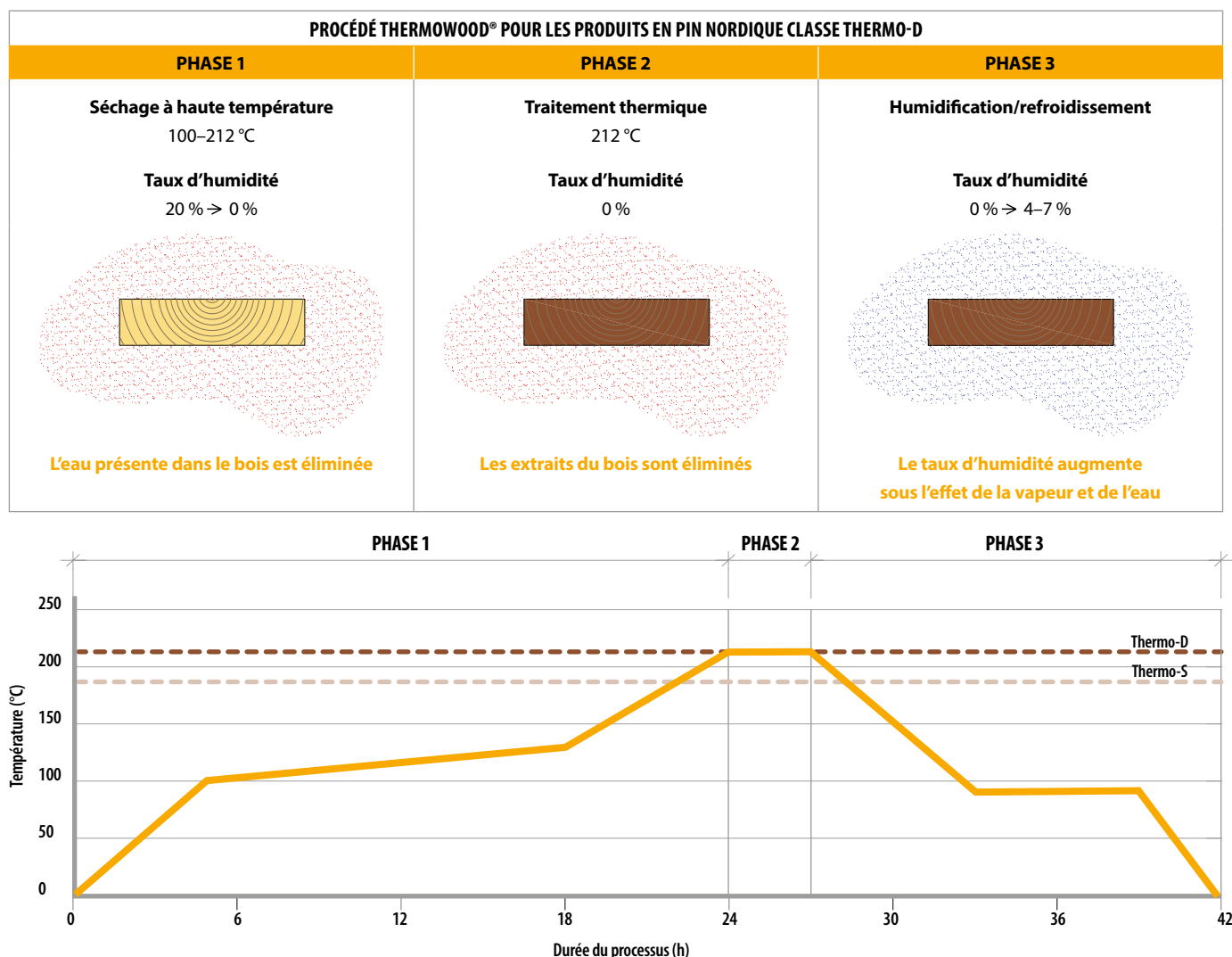


Figure 5. Exemple de procédé ThermoWood® pour pin nordique (classe de produits Thermo-D).



Figure 6. Séchoir ThermoWood®.

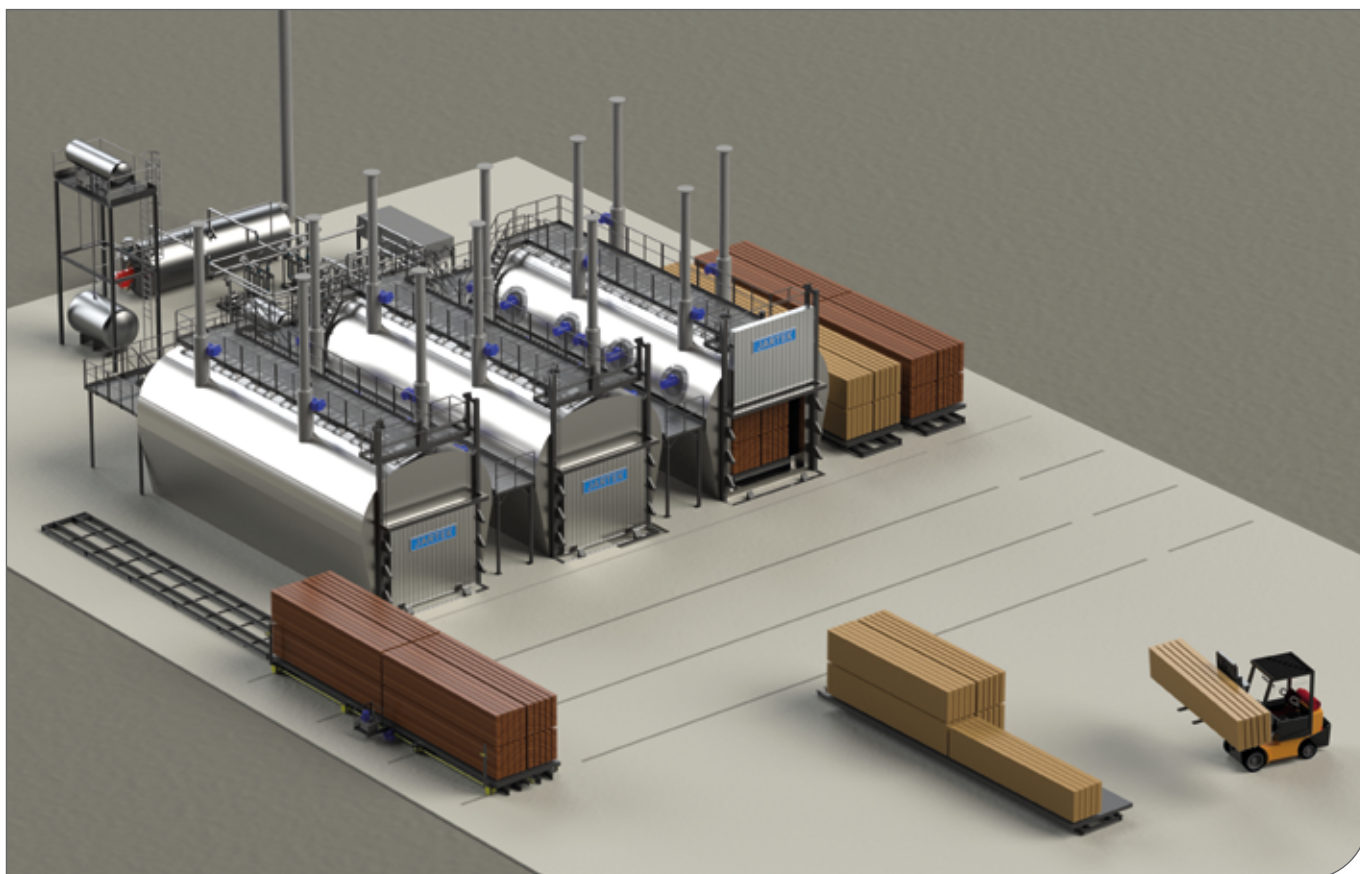


Figure 7. Usine ThermoWood®.

Thermo-S



Thermo-D



Figure 8. Exemples de produits ThermoWood® fabriqués en pin nordique (gauche : Thermo-S, droite : Thermo-D).

2.2 MATIÈRE PREMIÈRE

Du bois scié soigneusement sélectionné est utilisé comme matière première. Seul le cœur du bois de résineux nordique est utilisé. La qualité de la matière première est surveillée tout au long du processus de production. Il est essentiel de choisir une matière première adaptée pour obtenir un produit de haute qualité. En principe, le traitement thermique peut être appliqué à diverses essences de bois, mais les propriétés de la matière première impactent considérablement le résultat final.

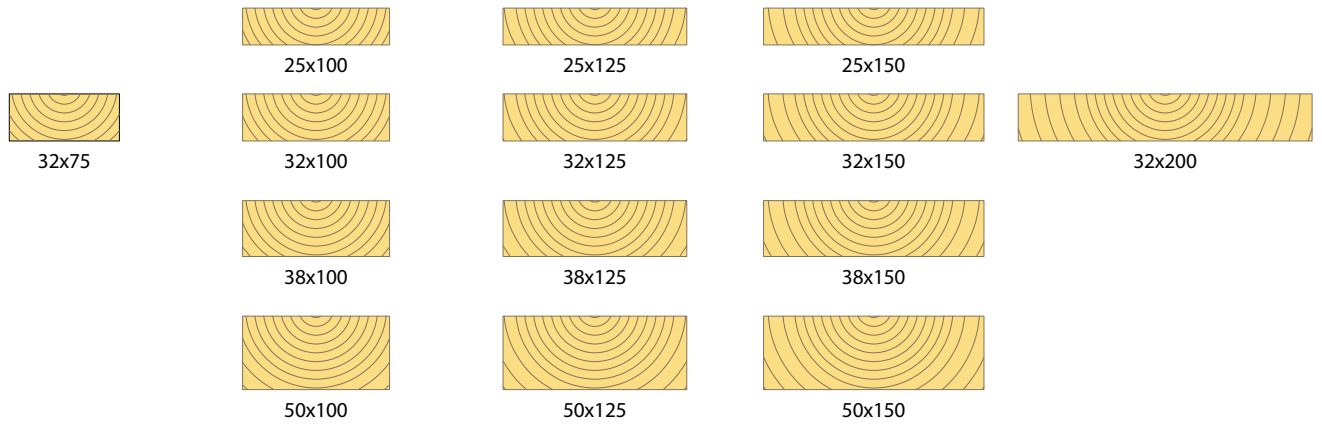
À l'heure actuelle, les produits ThermoWood® sont uniquement fabriqués à partir des essences de bois figurant dans le Tableau 1, des études scientifiques ayant prouvé qu'elles répondaient aux exigences de qualité fixées pour le produit fini. Des recherches sont constamment effectuées et avec ces résultats, de plus en plus d'essences se rajoutent à la gamme ThermoWood®. Des instructions de traitement séparées ont été définies pour chaque essence de bois, le traitement thermique étant exécuté conformément à ces instructions.

Les dimensions nominales qui sont typiques pour les produits ThermoWood® sont présentées à la Figure 9. La longueur du bois résineux se situe généralement entre 2,7 et 5,7 m, contre 1,8 et 4,2 m pour le bois dur. D'autres dimensions et longueurs sont disponibles dans le cadre de commandes spéciales.

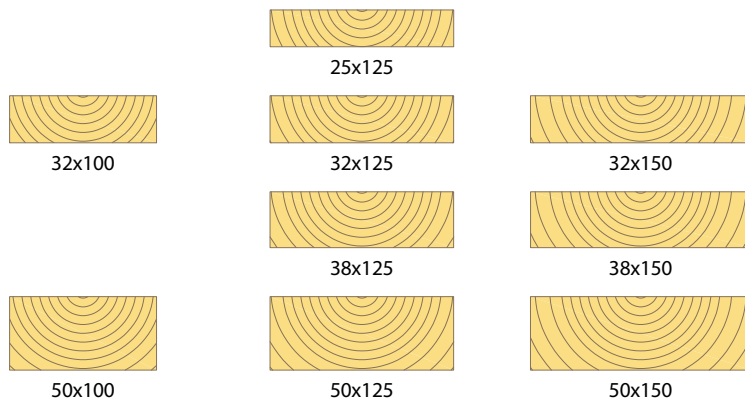
Tableau 1. Essences de bois utilisées pour les produits ThermoWood®.

Essences de bois	Type	Dureté	Origine	Classe de produits
Pin (<i>Pinus sylvestris</i>)	Résineux	Tendre	Régions nordiques et baltiques	Thermo-D, Thermo-S
Épicéa (<i>Picea abies</i>)	Résineux	Tendre	Régions nordiques et baltiques	Thermo-D, Thermo-S
Pin de Monterey (<i>Pinus radiata</i>)	Résineux	Tendre	Nouvelle-Zélande, Chili	Thermo-D, Thermo-S
Bouleau (<i>Betula</i>)	Bois dur	Dur	Régions nordiques et baltiques	Thermo-D, Thermo-S
Tremble (<i>Populus tremula</i>)	Bois dur	Tendre	Régions nordiques et baltiques	Thermo-D, Thermo-S
Frêne (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Bois dur	Dur	Europe, Amérique du Nord	Thermo-D, Thermo-S
Ayous (<i>Triplochiton scleroxylon</i>)	Bois dur	Dur	Afrique	Thermo-D, Thermo-S
Fraké (<i>Terminalia superba</i>)	Bois dur	Dur	Afrique	Thermo-D, Thermo-S
Iroko (<i>Milicia excelsa</i>)	Bois dur	Dur	Afrique	Thermo-S

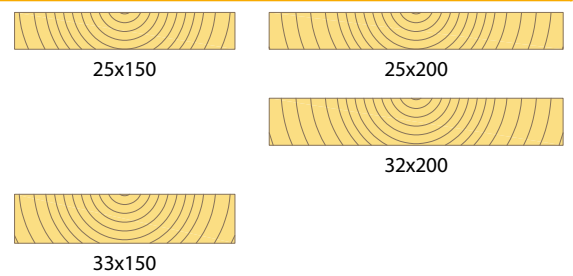
Pin



Épicéa



Pin de Monterey



Tremble, bouleau, frêne

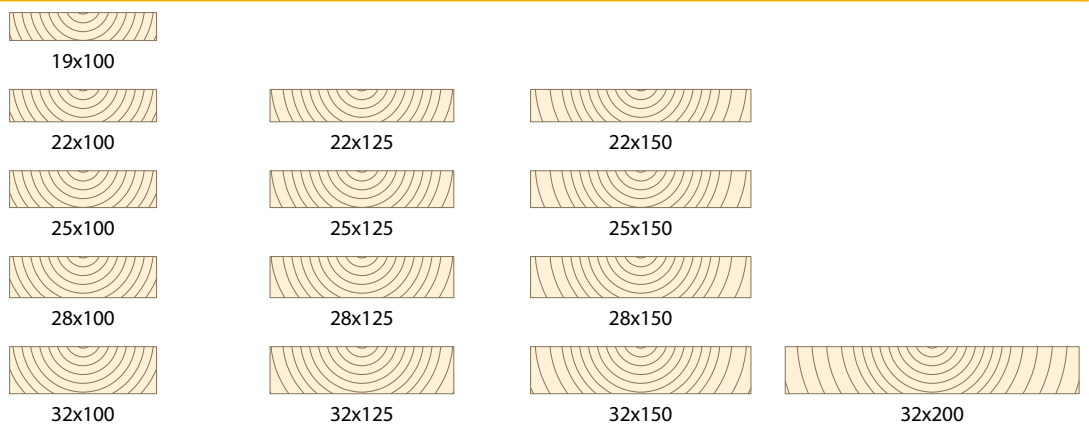


Figure 9. Exemples de dimensions nominales du bois utilisées pour les produits ThermoWood®.

2.3 CHANGEMENTS DANS LA STRUCTURE DU BOIS

Les principaux composants du bois sont la cellulose (40-50 %), les hémicelluloses (25-35 %) et la lignine (25-30 % dans les résineux et 20-25 % dans les bois durs). Le bois contient également des extraits (environ 5 %).

2.3.1 Hydrates de carbone

La cellulose et les hémicelluloses sont des hydrates de carbone qui constituent les composants structurels du bois. La cellulose est une chaîne longue (DP 5 000-10 000) composée d'unités de glucose, tandis que les hémicelluloses sont des chaînes plus courtes (DP 150-200) renfermant divers monosaccharides. La composition et la quantité d'hémicelluloses varient d'une essence de bois à l'autre. Bien que les deux groupes subissent des modifications durant le traitement thermique, la majorité des modifications interviennent dans les hémicelluloses à forte teneur en oxygène.

Les composants de la cellulose, les b-D-glycopyranoses, sont reliés par des liaisons (1→4)-glycoside. Les chaînes de cellulose sont reliées par des liaisons entre les groupes hydroxyles. Lorsque la température est inférieure à 300 °C, le niveau de polymérisation durant la décomposition de la cellulose diminue, l'eau est éliminée et des radicaux libres, carbonyle, carboxyles et groupes hydroperoxydes, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone et charbon de bois réactif, sont générés.

Les composants des hémicelluloses sont D-glucose, D-mannose, D-galactose, D-xylose et L-arabinose, ainsi que L-rhamnose, acide

glucuronique 4-O-méthyl et acide galacturonique D dans des quantités plus faibles. Ils sont reliés les uns aux autres par des liaisons (1→4) ou (1→6).

À mesure que le bois chauffe, de l'acide acétique se forme par hydrolyse des hémicelluloses acétylées. L'acide produit sert de catalyseur dans l'hydrolyse des hémicelluloses en sucres solubles. Outre, l'acide acétique dépolymérise les microfibrilles de cellulose dans la zone amorphe. L'acide hydrolyse les liaisons qui relient les unités de glucose, décomposant ainsi la cellulose en chaînes plus courtes.

À l'issue du traitement thermique, la teneur en hémicellulose du bois baisse considérablement. Résultat : la quantité de matière sensible à la pourriture causée par les champignons saprotrophes est considérablement réduite, ce qui contribue à renforcer la résistance à la pourriture fongique du bois thermo-modifié par rapport au bois standard. À mesure que les hémicelluloses se dégradent, la concentration en groupes hydroxyles qui absorbent l'eau diminue et la stabilité dimensionnelle du bois thermo-modifié augmente par rapport au bois non traité.

La température de décomposition des hémicelluloses est 200–260 °C et la température correspondante pour la cellulose est 240–350 °C. Vu que les essences de bois dur contiennent plus d'hémicelluloses que les bois tendres, la décomposition est plus aisée. En revanche, la rupture des chaînes d'hémicelluloses a un impact plus limité sur la résistance du bois que la dégradation des chaînes de cellulose. Cela rend toutefois le bois plus facile à compresser et réduit la génération de contraintes, ce qui renforce la stabilité.

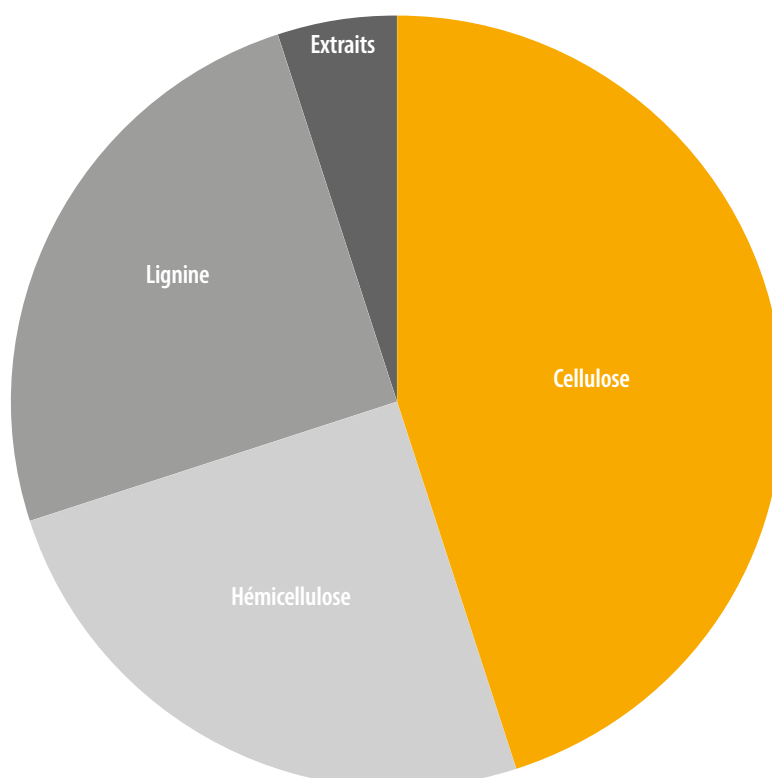


Figure 10. Proportions approximatives des principaux composants du bois.

2.3.2 Lignine

La lignine tient les cellules du bois ensemble. La matière noire de la lamelle moyenne des cellules de bois se compose essentiellement de lignine. Cette substance est également présente dans les parois cellulaires primaires et secondaires. Alors que la structure chimique précise de la lignine reste encore à déterminer, ses précurseurs sont connus depuis des décennies. La lignine se compose essentiellement d'unités de phénylpropane généralement reliées les unes aux autres par des liaisons éther-carbone et carbone-carbone (DP 10-50). Les résineux contiennent essentiellement des unités de phénylpropane guaiacyliques, tandis que les bois durs renferment des unités de phénylpropane guaiacyliques et syringyliques en quantités quasi-égales. Tous deux abritent également de petites quantités de p-hydroxyle phénylpropane.

Le traitement thermique détruit partiellement les liaisons entre les unités de phénylpropane. Les liaisons éthers aryles entre les unités syringyliques se rompent plus aisément que les liaisons entre les unités guaiacyliques. Les réactions thermochimiques sont plus courantes dans les chaînes latérales allyliques que dans les liaisons éthers aryles-alkyles. Plus la durée d'autohydrolyse est longue, plus les réactions de condensation sont nombreuses. Les produits de réaction de condensation incluent des groupes b-cétone et des groupes d'acide carboxylique conjugués.

Parmi tous les constituants du bois, la lignine est la plus résistante à la chaleur. Sa masse commence à diminuer seulement à des températures supérieures à 200 °C, lorsque les liaisons d'éther b-aryle commencent à se rompre. Lorsque la température est élevée, la teneur en méthoxy de la lignine baisse et une partie de ses unités non condensées sont transformées en unités de type diphénylméthane. En conséquence, la condensation de type diphénylméthane est la réaction la plus courante dans la plage de températures 120-220 °C. Durant le traitement thermique, cette réaction a un impact significatif sur les propriétés de la lignine, notamment sa couleur, sa réactivité et sa dissolution.

2.3.3 Extraits

Le bois renferme des quantités minimes de constituants à petites molécules, les extraits, comprenant les terpènes, les graisses, les cires et les phénols. Les extraits de différentes essences de bois sont hétérogènes par nature, le nombre de composés étant extrêmement élevé. Les extraits ne font pas structurellement partie du bois et la plupart d'entre eux s'évaporent aisément durant le traitement thermique.

2.3.4 Toxicité du ThermoWood®

L'écotoxicité des lixiviats de l'épicéa thermo-modifié a été testée au CTBA (projet UE : L'amélioration des essences de bois non durables par traitement thermique par pyrolyse approprié, 1998). Les tests ont été réalisés sur des lixiviats obtenus à l'issue d'un test EN 84. Ce test vise à évaluer la fixation des biocides dans les cellules du bois. De petits échantillons ont été filtrés avec de l'eau. L'eau a ensuite été analysée conformément à la norme NF-EN ISO 506341 avec des *Daphnia magna* (un petit crustacé d'eau douce) et des tests de microtoxicité ont été réalisés sur des bactéries luminescentes marines. Les résultats des tests ont révélé que les lixiviats ne contenaient pas de substances toxiques pour les *Daphnia magna* et étaient inoffensifs pour les bactéries.

ThermoWood® a également été testé en tant que matériau de substitut osseux (VTT et Clinique chirurgicale de l'Hôpital universitaire de Turku). Les tests préliminaires ont donné des résultats prometteurs : le bouleau ThermoWood® a des propriétés similaires à celles de l'os. ThermoWood® est stérile et aucune substance toxique n'a été identifiée à l'intérieur.

2.3.5 Valeur pH du ThermoWood®

Durant le traitement thermique, la valeur pH du bois baisse, ce qui rend les produits thermo-modifiés considérablement plus acides que le bois standard. La valeur pH des produits ThermoWood® est de 4 environ, alors que c'est de 4,5 à 5 pour un produit standard équivalent. Dans le cadre de la comparaison des valeurs pH, il convient de noter qu'une diminution de 0,3 unité de la valeur pH se traduit par un doublement de la quantité d'acide (échelle logarithmique). L'acidité affecte le traitement de surface du fait qu'il risque d'empêcher l'adhérence de certains agents de traitement à la surface du bois. Elle peut également avoir un impact sur la corrosion des fixations métalliques. Pour cette raison, les fixations métalliques utilisées pour l'installation du bois thermo-modifié doivent être en acier résistant à l'acide ou inoxydable.

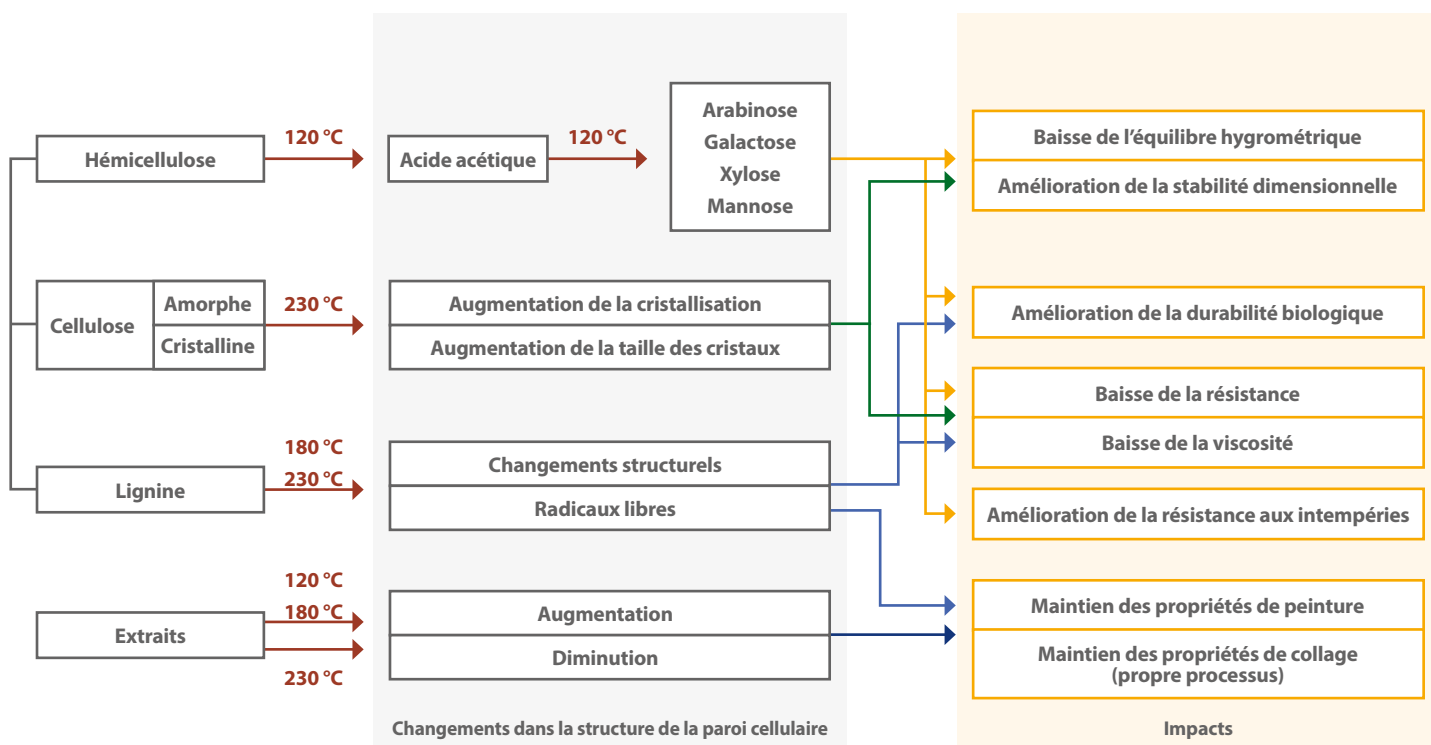


Figure 11. Mécanismes de réaction du bois thermo-modifié (source : VTT)

2.4 CONTRÔLE DE QUALITÉ PENDANT LA PRODUCTION

La qualité du procédé et des produits ThermoWood® est contrôlée par un organisme d'inspection externe accrédité. Cet organisme certifie le système de contrôle de qualité de l'usine de production ThermoWood®.

L'usine de production est responsable du contrôle de qualité et du suivi des facteurs suivants :

- Une description du système de contrôle de qualité interne est préparée, y compris des informations sur le schéma opérationnel de l'usine, le processus de production, les équipements, la gestion des écarts et les inspections de produit.
- Les personnes responsables de la production et leurs adjoints sont désignés.
- Les personnes responsables du contrôle de qualité et leurs adjoints sont désignés.
- Les exigences imposées aux installations et équipements de production sont remplies.
- Les mesures relatives à l'entretien et la maintenance des équipements sont conformes aux exigences.
- Tous les aspects des appareils sur le site de test et leur étalonnage sont conformes aux exigences.
- Les documents relatifs à la production et au contrôle de qualité sont préparés et archivés conformément aux exigences.

Le site de production doit être audité au moins une fois par an afin de garantir que les mesures du contrôle qualité sont conformes aux exigences. Les produits finis sont testés une fois par an par un laboratoire de tests externe approuvé. Les pièces à tester sont sélectionnées par le représentant de l'entreprise auditrice. Le contrôle de qualité étudie les propriétés suivantes :

- Taux d'humidité
- Fissures en surface et intérieures
- Couleur
- Paramètres du processus

Tous les écarts sont présentés au conseil de certification du contrôle de qualité. Si le site de production ne parvient pas à remplir les exigences, sa certification peut lui être retirée.

3 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

3.1 MATIÈRE PREMIÈRE

Les produits ThermoWood® sont fabriqués à partir de matières premières certifiées. PEFC, FSC et OLB sont les systèmes de certification appliqués aux produits.

3.2 PROCÉDÉ DE FABRICATION

Les produits ThermoWood® sont des produits naturels exempt de produits chimiques. Les gaz de procédé dégagés par le bois durant le processus de production sont purifiés.

3.3 UTILISATION ET RECYCLAGE

Les sous-produits générés durant le processus de production peuvent être utilisés pour la production d'énergie ou recyclés sous forme de matière première pour des matériaux composites, par exemple.

3.4 CYCLE DE VIE

Les produits ThermoWood® possèdent une longue durée de vie et ne nécessitent pas forcément d'entretien. Ces facteurs réduisent l'impact environnemental des produits ThermoWood® durant leur utilisation. À la fin de leur vie, les produits en bois thermo-modifié peuvent être utilisés comme les autres produits en bois.



Figure 12. Forêt nordique

4 PRODUITS ThermoWood®

Le procédé ThermoWood® transforme généralement du bois brut de sciage en produits finis. Les catégories de produits principales incluent le bardage intérieur et extérieur, les produits de construction de jardin et les produits industriels de charpenterie.

4.1 IMPACT DU TRAITEMENT THERMIQUE SUR LES DIMENSIONS DU BOIS

Le traitement thermique fait considérablement baisser le taux d'humidité du bois (voir Figure 13). Le rétrécissement qui en découle entraîne une diminution des dimensions nominales du bois.

Par exemple, les produits ThermoWood® aux dimensions nominales de 25x125 sont en réalité 3 % plus petits (24x121). En outre, un écart de -2 à +4 mm en largeur et de -1 à +3 mm en épaisseur est toléré pour le bois ThermoWood®. Un certain degré de « cuvette » est également permis durant le traitement thermique.

Les facteurs susmentionnés doivent être pris en compte lors du choix de la matière première pour le traitement thermique. Ainsi, un panneau ThermoWood® est plus fin que la matière première utilisée pour le produire. L'épaisseur du produit varie également si toutes les zones à l'arrière sont rabotées.

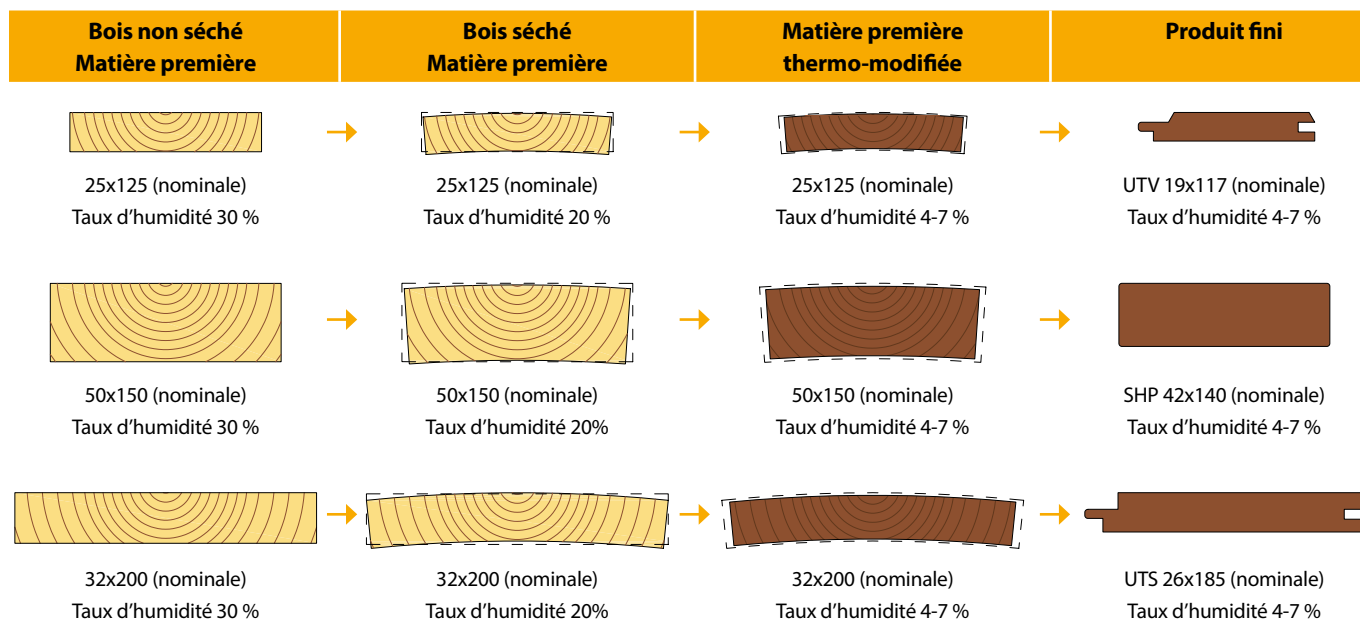


Figure 13. Exemples de l'impact du traitement thermique sur les dimensions du produit.

4.2 PRODUITS PROFILÉS

Le ThermoWood® sert également à produire une large gamme de matériaux de bardage intérieur et extérieur et de parement, des planches de terrasse et des planches pour bancs de sauna. Même si ces produits sont généralement rabotés, des produits à la surface broyée, à sciage fin ou rugueuse sont également disponibles. Il existe également des produits soumis à un traitement de surface industriel. Les planches profilées ThermoWood® ne présentent pas nécessairement de rainures à l'arrière lorsque cela n'est pas nécessaire, suite à la bonne stabilité dimensionnelle du matériau.

Les profils typiques pour les produits ThermoWood® sont présentés à la Figure 14. Les fabricants de ThermoWood® proposent également une large gamme de produits qui leur sont propres, les instructions du fabricant fournissant des informations détaillées sur les profilés, les dimensions, les types et traitements de surface.

Les épaisseurs recommandées des produits sont les suivantes:

Usage extérieur

- Bardage mural et pour plafond : épaisseur min. de 19 mm
- Patios et structures similaires : épaisseur min. de 26 mm

Usage intérieur

- Bardage mural et pour plafond : épaisseur min. de 14 mm
- Planchers : épaisseur min. de 26 mm

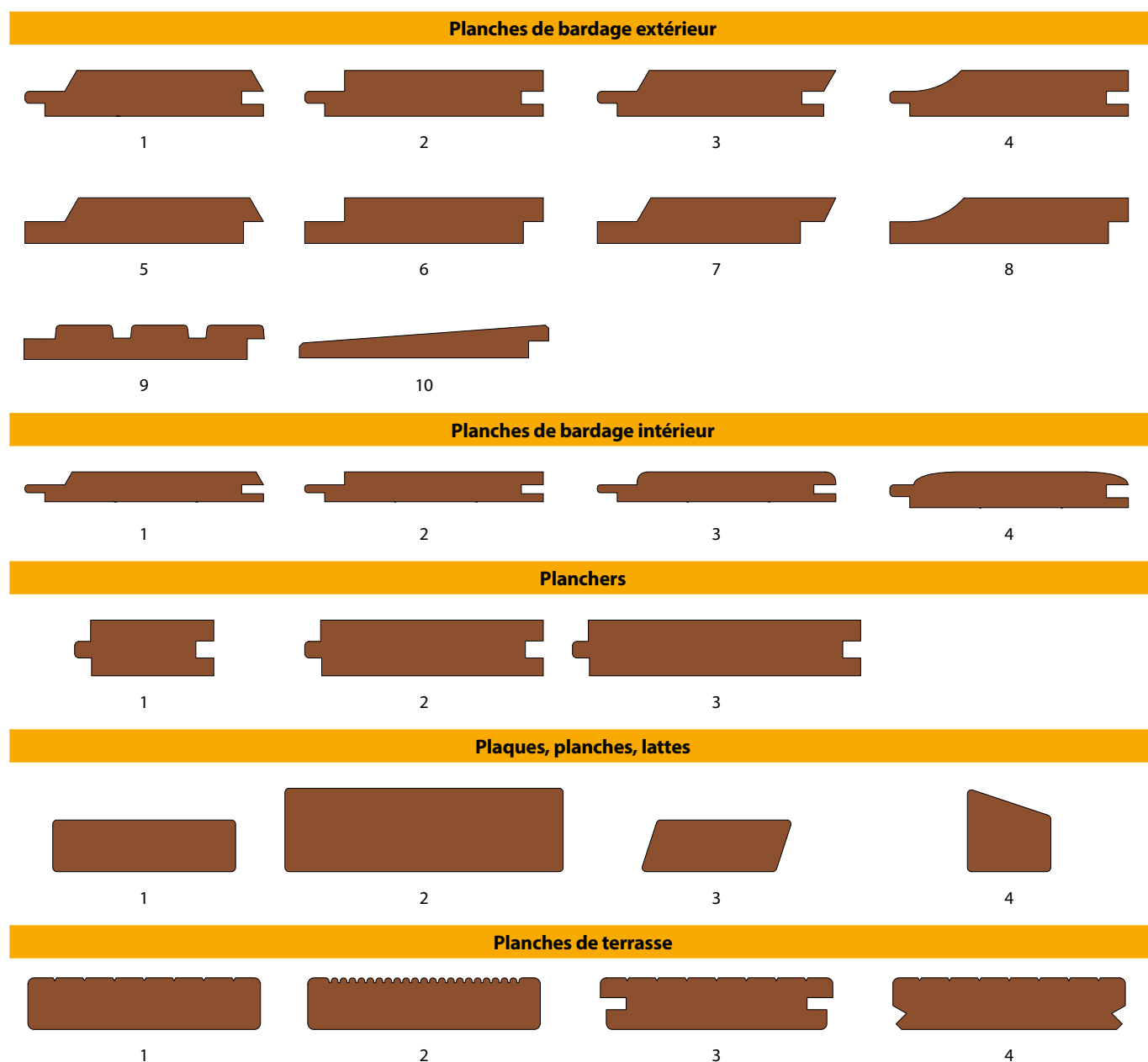


Figure 14. Exemples de produits profilés ThermoWood®.

4.3 MARQUAGE CE

Tout comme le bois standard, le bois thermo-modifié ne porte généralement pas de marquage CE. En revanche, les panneaux de bois et produits de bardage destinés à un usage extérieur et intérieur au sein de l'UE doivent impérativement porter le marquage CE, conformément à la norme SFS-EN 14915. De même, les planchers et revêtements de sol en bois doivent posséder le marquage CE, conformément à la norme SFS-EN 14342. Le marquage peut être apposé sur l'emballage ou sur le produit même.

Produits en bois avec surface décorative qui requièrent le marquage CE :

- Panneaux intérieurs en bois
- Produits de bardage extérieur en bois
- Planchers



Figure 15. Exemple de panneau de bardage (épicéa, Thermo-S).



Figure 16. Exemple de panneau de bardage (pin, Thermo-D).



Figure 17. Exemple de latte (pin, Thermo-D).



Figure 18. Exemple de planche de terrasse (pin, Thermo-D).



Figure 19. Exemple de panneaux de bardage (ayous).



Figure 20. Exemple de panneaux de bardage (frêne).

4.4 CLASSIFICATION DES PRODUITS

Les produits ThermoWood® possèdent leur propre système de classification de produits pour déterminer les applications adéquates. Il existe deux classes de produits : Thermo-S et Thermo-D. Tant les bois durs que les résineux sont disponibles dans les deux classes. Au sein d'une classe de produits, les produits en résineux et les produits en bois dur sont traités comme des produits distincts en raison de leurs propriétés et températures de modification différentes.

Dans la classification des produits :

- S = stabilité
- D = durabilité
(stabilité et résistance à la pourriture et aux intempéries)

Tableau 2. Impact du traitement thermique sur les propriétés du bois dans la classe Thermo-S.

Classe de produits	Température de modification	Propriétés en comparaison avec le bois non traité (+ = amélioration de la propriété) (++ = amélioration significative de la propriété) (o = pas de changement)		
		Résistance aux intempéries	Stabilité dimensionnelle	Teinte foncée
Thermo-S Résineux nordiques	190 °C (+/- 3 °C)	+	+	+
Thermo-S Pin de Monterey	190 °C (+/- 3 °C)	o	o	o
Thermo-S Bois dur	185 °C (+/- 3 °C)	o	+	+
Thermo-S Iroko	190 °C (+/- 3 °C)	+	+	+

Tableau 3. Impact du traitement thermique sur les propriétés du bois dans la classe Thermo-D.

Classe de produits	Température de modification	Propriétés en comparaison avec le bois non traité (+ = amélioration de la propriété) (++ = amélioration significative de la propriété) (o = pas de changement)		
		Résistance aux intempéries	Stabilité dimensionnelle	Teinte foncée
Thermo-D Résineux nordiques	212 °C (+/- 3 °C)	++	++	++
Thermo-230 °C Pin de Monterey	230 °C (+/- 3 °C)	++	++	++
Thermo-D Ayous (bois dur)	212 °C (+/- 3 °C)	+	+	++
Thermo-D Fraké (bois dur)	212 °C (+/- 3 °C)	+	+	++
Thermo-D Frêne (bois dur)	212 °C (+/- 3 °C)	+	+	++

Tableau 4. Exemples d'applications du ThermoWood®.

Applications	Résineux nordiques		Pin de Monterey		Frêne		Ayous		Fraké		Iroko
	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-230 °C	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S	Thermo-D	Thermo-S
Bardage intérieur	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Sols	•	•	•	•	•	•			•	•	•
Aménagements	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Meubles	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Espaces intérieurs humides	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Fenêtres et structures murales	•	•			•		•		•	•	•
Bardage extérieur	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Patios		•		•		•					•
Mobilier de jardin		•				•					•
Brise-soleil extérieurs		•		•		•		•		•	•
Séparations mobiles, etc. extérieures		•		•		•		•		•	•
Clôtures, pergolas, etc.		•		•		•		•		•	•



Figure 21. Produits de bardage ThermoWood®

4.5 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

4.5.1 Densité

Le ThermoWood® a une densité inférieure à celle du bois non traité. Cela tient essentiellement au fait que le bois perd certains de ses composés durant le traitement thermique.

La Figure 22 montre l'impact du traitement thermique sur la densité du pin après un traitement de trois heures à des températures de +160 à +240 °C. La densité diminue à mesure que les températures

de traitement augmentent. Cependant, l'écart est important et le coefficient de détermination faible en raison de la variation naturelle de la densité du bois. La densité moyenne à des températures <160 °C est de 560 kg/m³. Le matériau d'essai a été conditionné à une humidité relative de 65 %. Le Tableau 5 présente les résultats d'une étude plus approfondie.

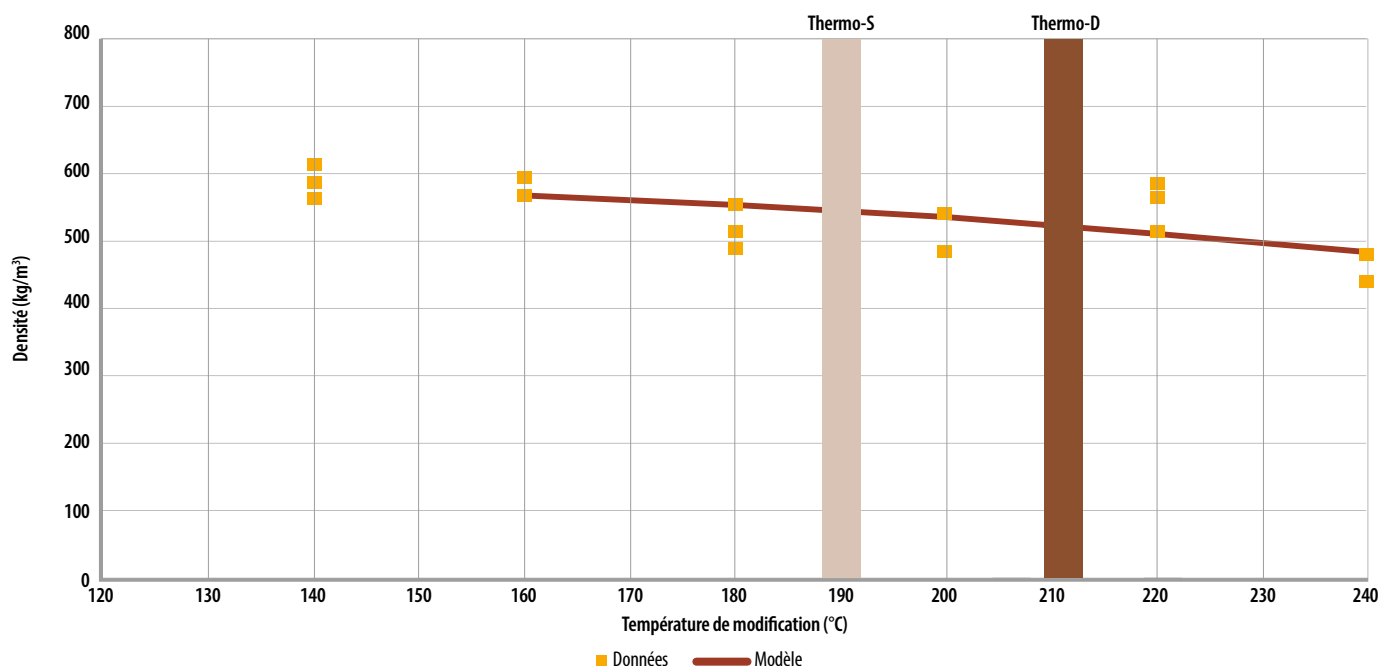


Figure 22. Impact de la température de modification sur la densité du ThermoWood® (source : VTT).

Tableau 5. Densité du ThermoWood® (moyenne des mesures).

Essence	Produit	Quantité [pcs]	Densité sèche (séchage à l'air) [kg/m ³]	Densité 20 °C / HR 65 % [kg/m ³]	Densité sèche (séchage dans séchoir) [kg/m ³]
Pin	Référence	-	490	-	-
	Thermo-S	18	430	-	-
	Thermo-D	18	420	-	-
Épicéa	Référence	-	460	-	-
	Thermo-S	20	430	-	-
	Thermo-D	19	420	-	-
Frêne	Référence	-	-	625	-
	Thermo-S	-	-	560	-
	Thermo-D	-	-	554	-
	Thermo-220 °C	-	-	526	-
Ayous	Thermo-S	-	-	392	357
	Thermo-D	-	-	353	339
Fraké	Thermo-S	-	-	573	553
	Thermo-D	-	-	537	518
Iroko	Thermo-S	-	-	611	-

4.5.2 Résistance à la flexion et module d'élasticité

La résistance du matériau en bois est généralement fortement liée à sa densité. Comme la densité du bois thermo-modifié est légèrement inférieure, ses valeurs de résistance restent au-dessous de celles du bois standard dans certains cas. À l'heure actuelle, il n'existe pas de produits ThermoWood® classés comme bois classé résistant, ils ne doivent donc pas être utilisés dans le cadre de structures porteuses.

La Figure 23 illustre l'impact du traitement thermique sur la résistance à la flexion du pin et la Figure 24 montre son impact sur le

module d'élasticité. Avec le pin, la perte substantielle de résistance commence à des températures supérieures à 220 °C. En revanche, le traitement thermique du bois ne modifie pas significativement son module d'élasticité. Du pin d'une densité moyenne de 560 kg/m³ a été utilisé comme matériau de test. Deux méthodes de test de la résistance à la flexion ont été appliquées dans le cadre de l'étude. L'une des méthodes utilise un matériau sans défauts sur une portée courte, tandis que l'autre méthode utilise des pièces présentant des défauts naturels sur une portée plus longue. Le Tableau 6 présente les résultats d'une étude plus approfondie.

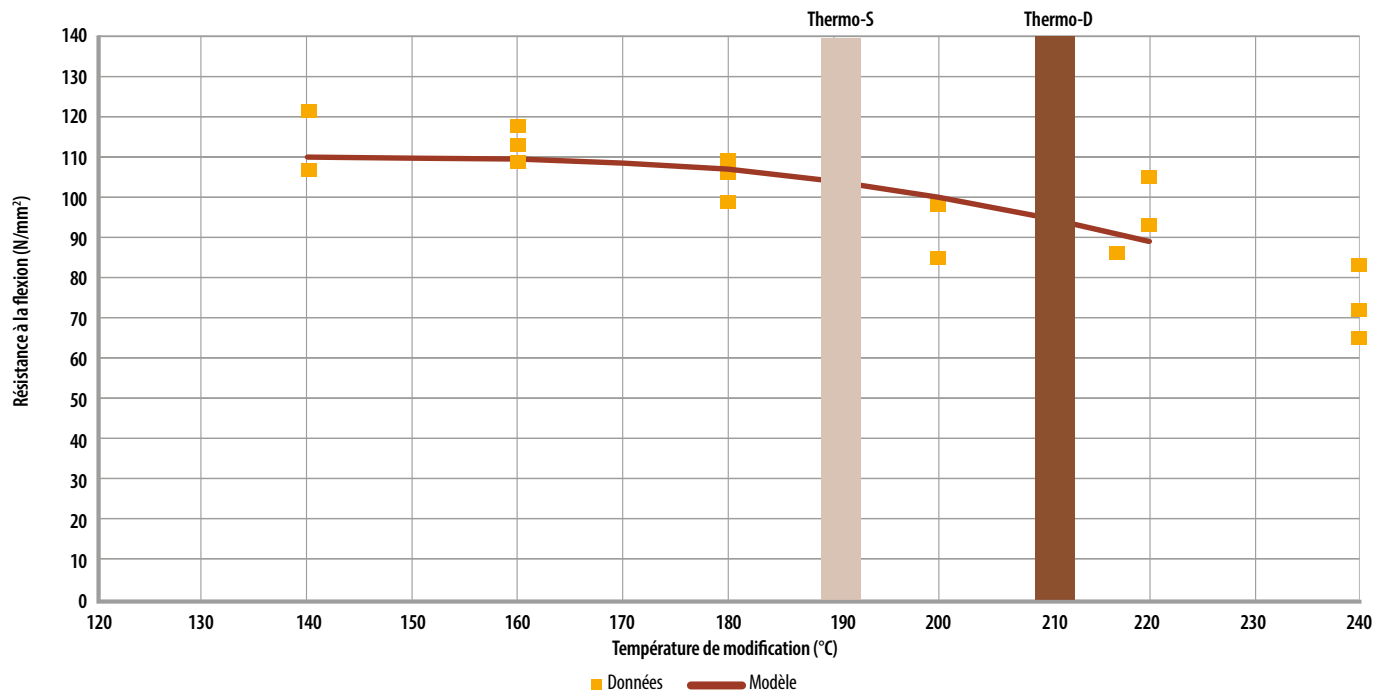


Figure 23. Impact de la température de modification sur la résistance à la flexion du ThermoWood® (source : VTT).

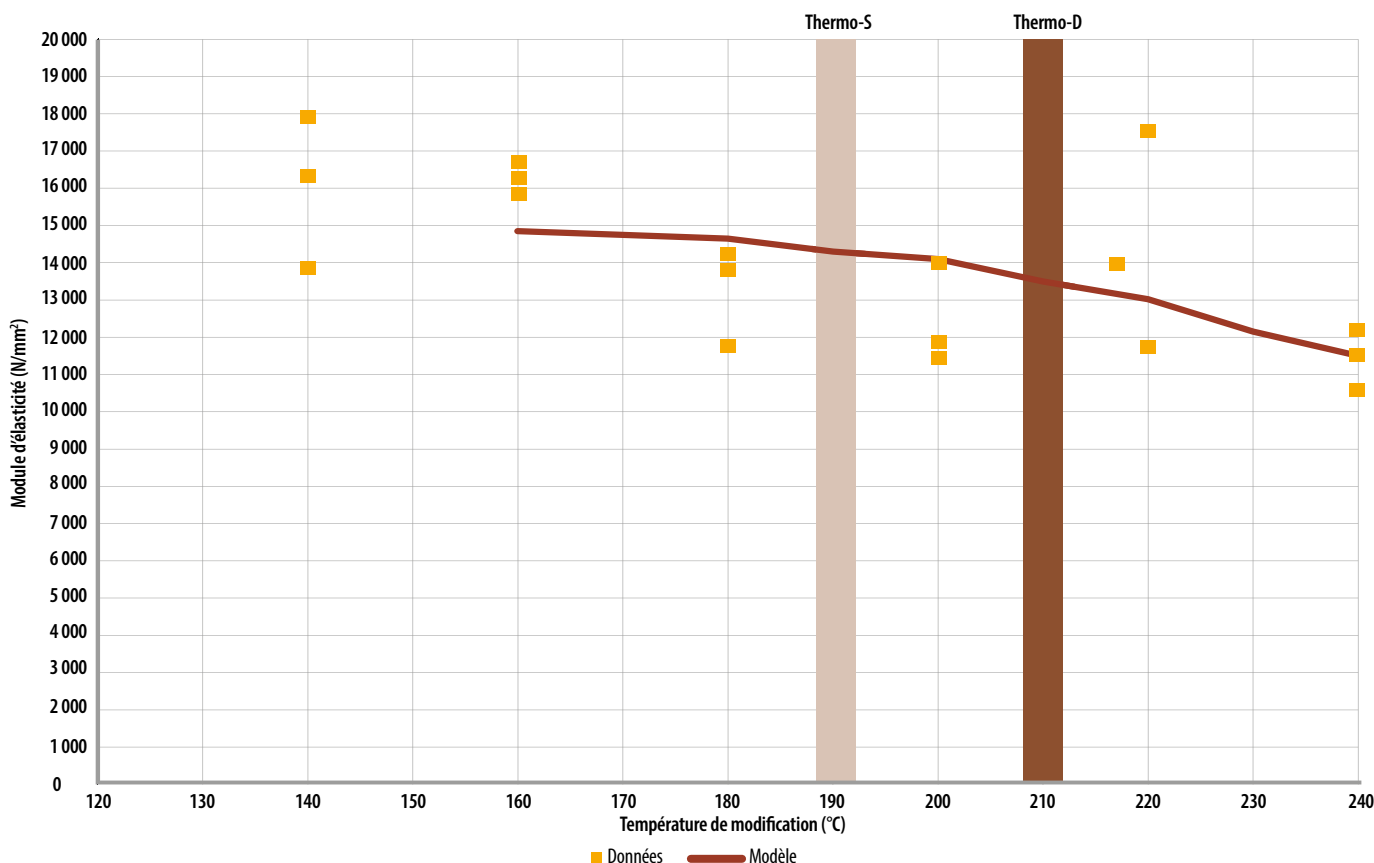


Figure 24. Impact de la température de modification sur le module d'élasticité du ThermoWood® (source : VTT).

Tableau 6. Résistance à la flexion et module d'élasticité du ThermoWood® (moyenne des mesures).

Essence	Produit	Dimensions [mm]	Standard	Résistance à la flexion [N/mm ²]	Module d'élasticité [N/mm ²]
Pin	Référence	-	EN 408	60,7	9 274
	Thermo-S	-	EN 408	45,1	9 006
	Thermo-D	-	EN 408	38,1	9 262
Épicéa	Référence	-	EN 408	74,2	13 658
	Thermo-S	-	EN 408	65,0	11 197
	Thermo-D	-	EN 408	47,5	10 133
Frêne	Référence	20 x 20 x 360	DIN 52186	112,0	12 056
	Thermo-S	20 x 20 x 360	DIN 52186	106,9	13 559
	Thermo-D	20 x 20 x 360	DIN 52186	90,6	13 320
	Thermo-220 °C	20 x 20 x 360	DIN 52186	75,9	12 848
Ayous	Thermo-S	100 x 40 x 2 000	EN 408	28,1	7 414
	Thermo-D	150 x 40 x 3 000	EN 408	27,6	7 338
Fraké	Thermo-S	100 x 40 x 2 000	EN 408	61,1	14 607
	Thermo-D	100 x 40 x 3 000	EN 408	54,7	14 880
Iroko	Référence	300 x 20 x 20	DIN 52186	99	11 500
	Thermo-S	300 x 20 x 20	DIN 52186	91	12 300

4.5.3 Résistance à l'arrachement des vis

Selon les études, la variation générale de la densité du bois a un impact plus important sur la résistance à l'arrachement des vis que le traitement thermique. Dans un matériau de moindre densité, les

résultats étaient meilleurs avec des trous pré-perçés de plus petite taille. Les résultats de la recherche sur la résistance à l'arrachement des vis sont présentés dans les Tableaux 7 et 8.

Tableau 7. Résistance à l'arrachement des vis du ThermoWood® (moyenne des mesures).

Essence	Produit	Standard	Résistance à l'arrachement des vis [N/mm ²]
Pin	Référence	EN 1382	22,24
	Thermo-S	EN 1382	20,04
	Thermo-D	EN 1382	19,56
Épicéa	Référence	EN 1382	22,01
	Thermo-S	EN 1382	18,20
	Thermo-D	EN 1382	14,92
Iroko	Référence	EN 1382	39,92
	Thermo-S	EN 1382	37,25

Tableau 8. Résistance à l'arrachement des vis des produits de bardage ThermoWood® (moyenne des mesures).

Essence	Produit	Standard	Taille de la vis Profondeur de pénétration tpen	Résistance à l'arrachement des vis	
				Direction radiale [N/mm ²]	Direction tangentielle [N/mm ²]
Ayous	Thermo-S	EN 1382	Vis 3,0x38 tpen = 24 mm	13,56	13,62
		EN 1382	Vis 4,0x72 tpen = 32 mm	11,64	10,84
	Thermo-D	EN 1382	Vis 3,0x38 tpen = 24 mm	10,44	11,17
		EN 1382	Vis 4,0x72 tpen = 32 mm	9,28	9,00
Fraké	Thermo-S	EN 1382	Vis 3,0x38 tpen = 24 mm	33,97	33,82
		EN 1382	Vis 4,0x72 tpen = 32 mm	27,95	27,60
	Thermo-D	EN 1382	Vis 3,0x38 tpen = 24 mm	32,28	33,77
		EN 1382	Vis 4,0x72 tpen = 32 mm	28,80	28,93

4.5.4 Résistance à la compression perpendiculaire au grain

D'après les tests menés avec du bois traité à 195 °C pendant trois heures, la résistance à la compression perpendiculaire au grain du bois thermo-modifié est supérieure de 30 % environ à celle du bois standard. Avant le test, les pièces à tester ont été immergées dans l'eau.

4.5.5 Résistance à la compression parallèle au grain

Les études ont révélé que le traitement thermique ne réduisait pas la résistance à la compression parallèle au grain du bois. Les résultats des recherches indiquent que la résistance à la compression parallèle au grain du bois thermo-modifié est supérieure à celle du bois standard. Cela s'applique également au bois traité à des températures plus élevées (Figure 25). La résistance à la compression dépend essentiellement de la densité.

Les tests montrent que, sous une compression parallèle au grain du bois, les pièces à tester se cassent en plus petites sections mais ne se déforment pas, contrairement au bois standard. Cela est dû au fait que le bois thermo-modifié n'est pas aussi élastique que le bois non traité.

4.5.6 Résistance à la flexion sous impact (flexion dynamique)

Les études montrent que le traitement thermique réduit la résistance à l'impact par rapport au bois standard. Les tests réalisés avec de l'épicéa traité à 220 °C pendant trois heures ont révélé que la résistance à l'impact diminuait de 25 % environ par rapport au bois non traité.

4.5.7 Résistance au cisaillement

Durant les tests, le traitement à haute température (230 °C pendant quatre heures) a entraîné une réduction de 1 à 25 % de la résistance au cisaillement dans les tests radiaux, ainsi qu'une réduction de 1 à 40 % dans les tests tangentiels, par rapport au bois non traité. En revanche, un traitement à une température moins élevée (190 °C) a eu très peu d'effet sur le pin, alors que l'épicéa a montré une réduction de 1 à 20 % dans les tests radiaux et tangentiels.

4.5.8 Résistance au fendage

Les études indiquent que le traitement thermique réduit la résistance au fendage de 30 à 40 %. L'épicéa, le pin et le bouleau ainsi qu'une grande plage de températures de modification ont été utilisés dans ces études. La baisse de la résistance au fendage s'accroît à mesure que les températures utilisées augmentent.

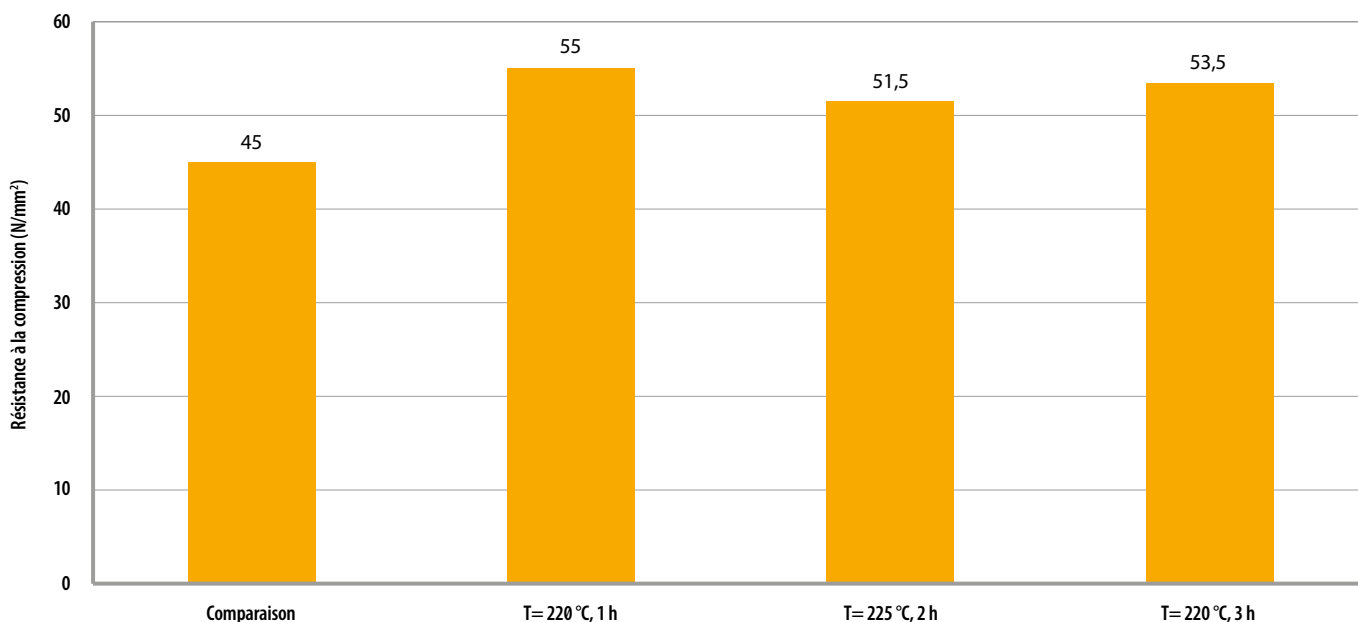


Figure 25. Résistance à la compression parallèle au grain de l'épicéa thermo-modifié (densité moyenne 420 kg/m³) (source : VTT).

4.5.9 Dureté

La Figure 26 montre que la dureté Brinell augmente en même temps que la température de modification. Cependant, les études révèlent que le changement relatif est minime et n'a pas d'impact

dans la pratique. Quelles que soient les essences de bois, la dureté Brinell dépend largement de la densité. Le Tableau 9 présente les résultats d'une étude plus approfondie.

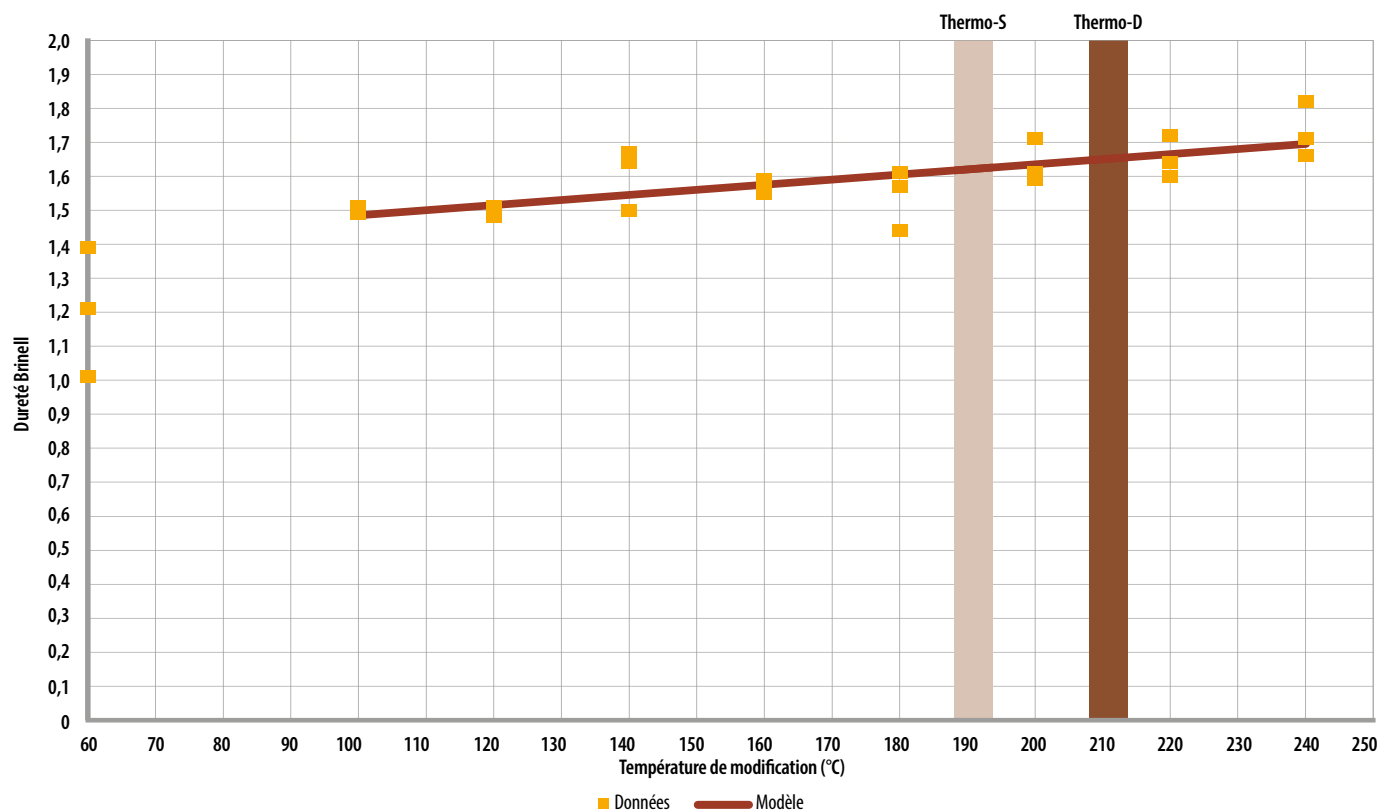


Figure 26. Impact de du traitement thermique (3 h) sur la densité Brinell du pin (source : VTT).

Tableau 9. Dureté Brinell du ThermoWood® (moyenne des mesures)

Essence	Produit	Dimensions [mm]	Dureté Brinell [N/mm ²]				
			EN 1534 Sphérique Ø 10 mm F = 1 000 N	EN 1534 Sphérique Ø 20 mm F = 1 000 N Direction radiale	EN 1534 Sphérique Ø 20 mm F = 1 000 N Direction tangentielle	EN 1534 Sphérique Ø 10 mm F = 500 N Direction radiale	EN 1534 Sphérique Ø 10 mm F = 500 N Direction tangentielle
Pin	Référence	-	15,9	-	-	-	-
	Thermo-S	-	16,4	-	-	-	-
	Thermo-D	-	13,7	-	-	-	-
Épicéa	Référence	-	16,3	-	-	-	-
	Thermo-S	-	15,2	-	-	-	-
	Thermo-D	-	14,9	-	-	-	-
Iroko	Référence	-	31,5	-	-	-	-
	Thermo-S	-	30,0	-	-	-	-
Frêne	Référence	20 x 20 x 300	-	35,13	35,33	-	-
	Thermo-S	20 x 20 x 300	-	30,92	29,27	-	-
	Thermo-D	20 x 20 x 300	-	27,75	27,56	-	-
	Thermo-220 °C	20 x 20 x 300	-	25,59	23,27	-	-
Ayous	Thermo-S	40 x 40 x 300	-	-	-	9,83	9,00
	Thermo-D	40 x 40 x 300	-	-	-	8,83	7,98
Fraké	Thermo-S	40 x 40 x 300	-	-	-	26,39	23,70
	Thermo-D	40 x 40 x 300	-	-	-	27,35	24,06

4.5.10 Résistance au feu

Par rapport au bois standard, le ThermoWood® possède une charge calorifique réduite et produit moins de fumée. Cela est dû à la densité inférieure du ThermoWood® et à ses niveaux réduits de constituants et d'extraits du bois. Outre, une meilleure étanchéité est possible avec un bardage ThermoWood® en termes de technique anti-feu, du fait que les changements de taux d'humidité limitent le rétrécissement.

Les facteurs susmentionnés ne peuvent pas toujours être appliqués directement dans la conception technique anti-feu. Il convient de procéder à une planification spécifique à l'application à l'aide de programmes de simulation technique d'incendie par exemple.

4.6 PROPRIÉTÉS THERMOMÉCANIQUES

4.6.1 Équilibre hygrométrique

Le traitement thermique réduit l'équilibre hygrométrique du bois. La Figure 27 illustre l'impact du traitement thermique sur l'équilibre hygrométrique de l'épicéa. À des températures élevées (220 °C), l'équilibre hygrométrique est réduit de moitié par rapport à l'épicéa non traité. En présence d'une humidité relative plus élevée, la différence est plus importante au niveau des valeurs d'humidité du bois.

Les champignons saprotrophes deviennent actifs lorsque le taux d'humidité du bois dépasse 20 %. Quelle que soit l'humidité relative de l'air, l'équilibre hygrométrique du bois thermo-modifié reste bien inférieur à 20 %. Cela a un impact considérable sur la durabilité à long terme du bois.

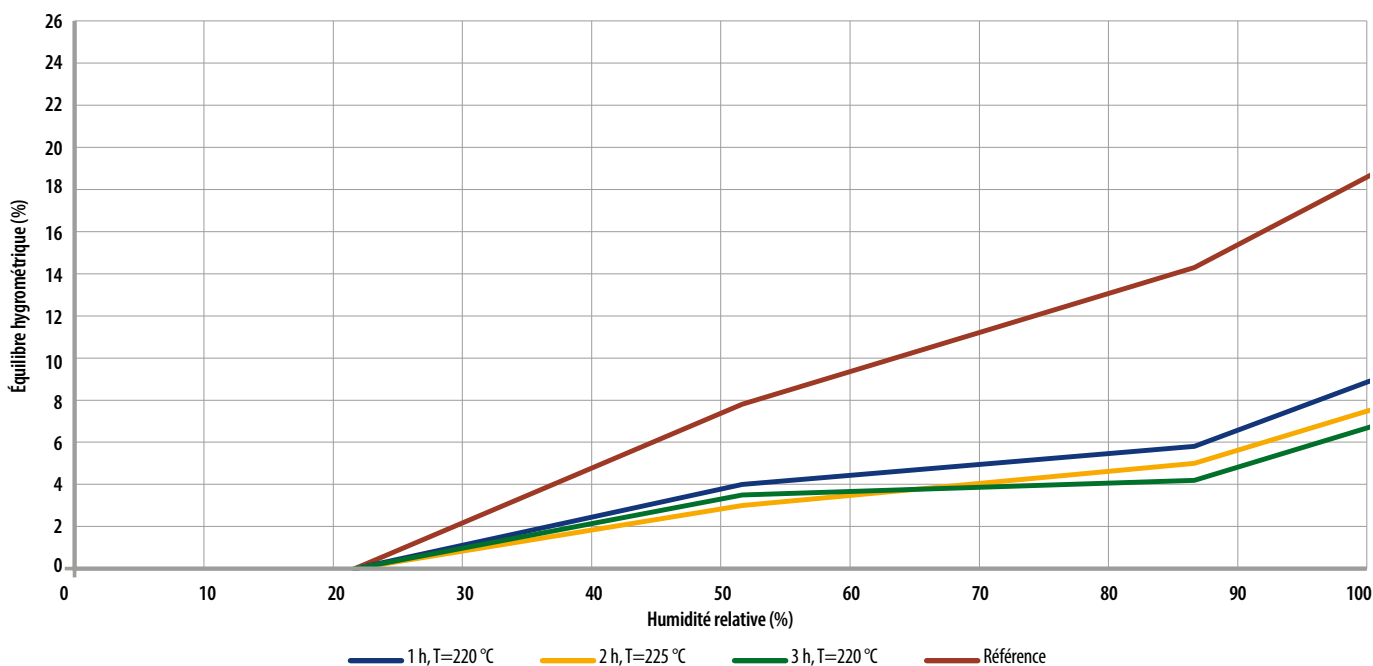


Figure 27. Impact de l'humidité relative sur l'équilibre hygrométrique de l'épicéa thermo-modifié (source : VTT).

4.6.2 Gonflement et rétrécissement dus à l'humidité

La baisse de l'équilibre hygrométrique du ThermoWood® a un impact sur le gonflement et le rétrécissement dû à l'humidité. Le traitement thermique réduit significativement le gonflement tangentiel et radial du bois. Les Figures 28 et 29 montrent comment le traitement thermique diminue le gonflement du bois thermo-

modifié par rapport au bois standard. Grâce à la diminution du gonflement et du rétrécissement, le ThermoWood® possède une meilleure stabilité dimensionnelle que le bois standard. Il conserve ses dimensions, même sans traitement de surface.

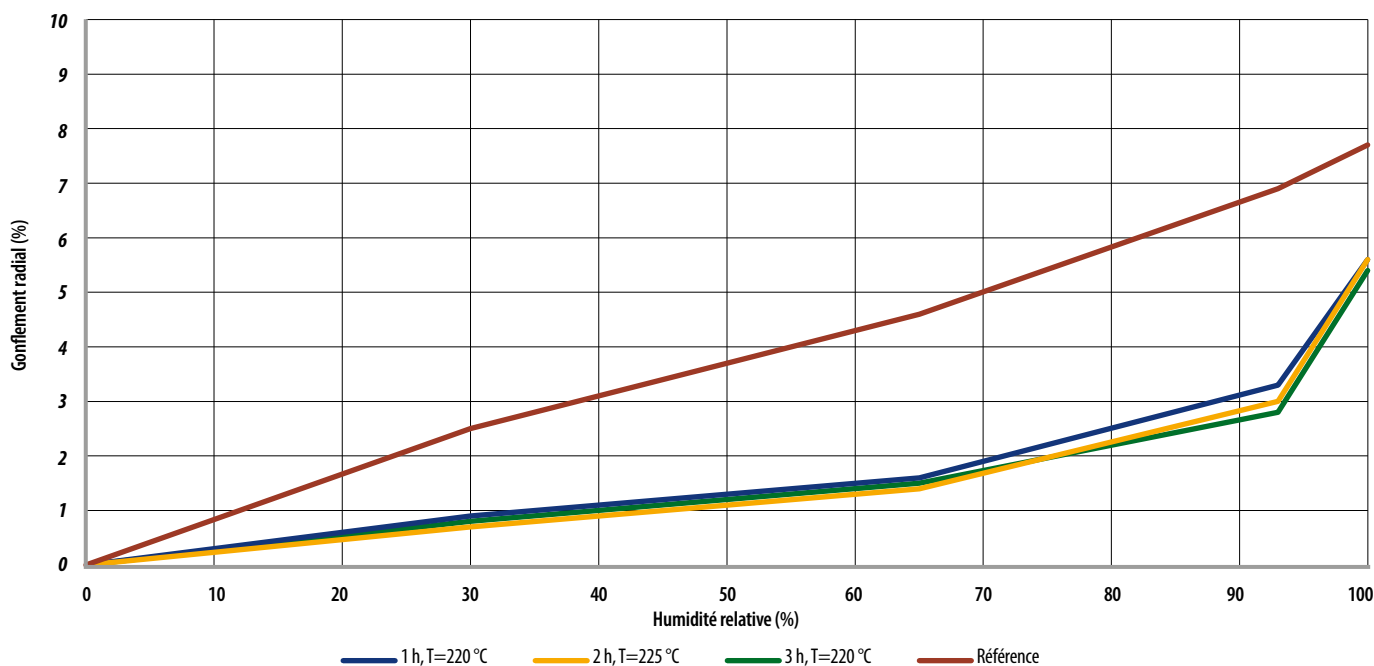


Figure 28. Gonflement radial de l'épicéa en fonction de l'humidité relative (source : VTT).

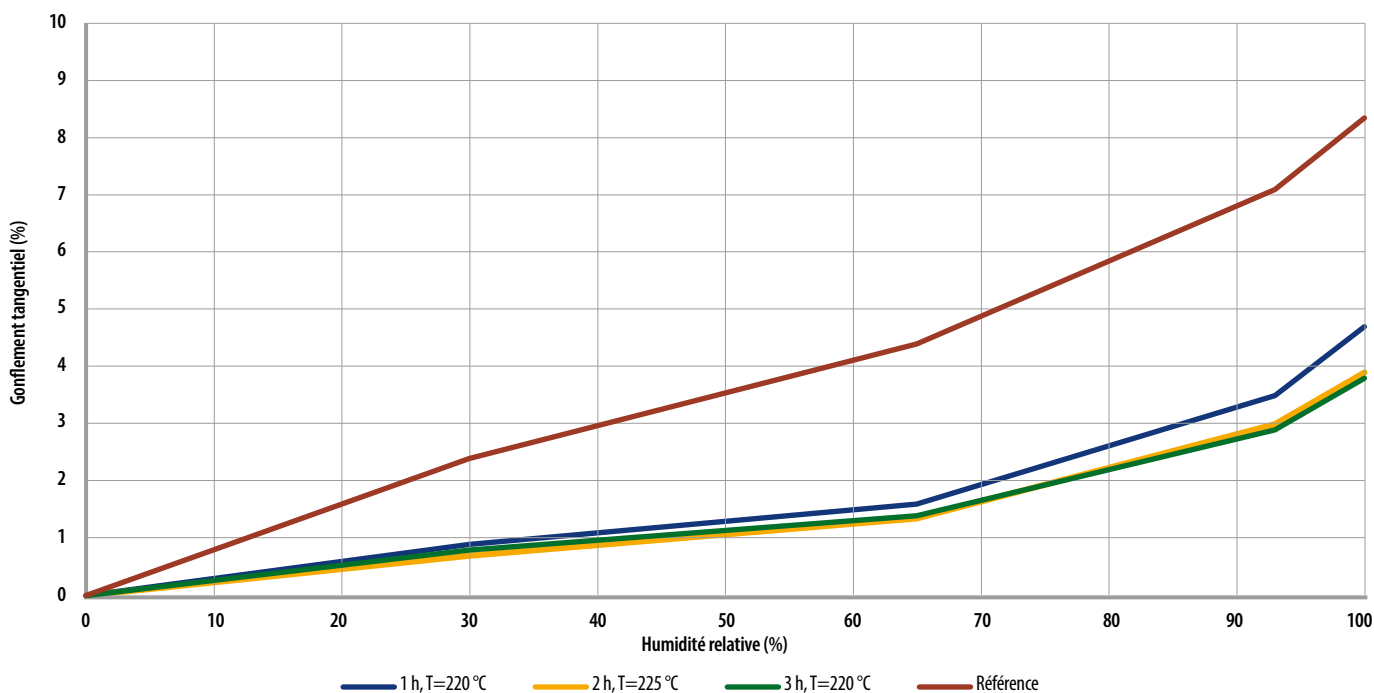


Figure 29. Gonflement tangentiel de l'épicéa en fonction de l'humidité relative (source : VTT).

4.6.3 Perméabilité

La perméabilité à l'eau du ThermoWood® a été testée à l'aide de la pénétration du grain d'extrémité. Cette propriété est importante pour les fenêtres, par exemple. Dans un premier temps, les pièces à tester ont été immergées dans l'eau déminéralisée. Elles ont ensuite été stockées dans une pièce à une humidité relative de 65 % et à une température de 20 °C, puis pesées à des intervalles réguliers pendant neuf jours. Les résultats indiquaient que, sur une courte période, la perméabilité à l'eau de l'épicéa thermo-modifié était 20 à 30 % inférieure à celle du bois non traité équivalent.

Dans une autre étude, la perméabilité a été testée en plongeant les pièces dans de l'eau pendant 72 heures avec leurs surfaces d'extrémité étanchéifiées. D'après les résultats, le taux d'humidité de l'épicéa non traité était de 22 %, de 12 % pour le bois traité à 195 °C et de 10 % pour le bois traité à 210 °C.

Le traitement thermique réduit la perméabilité du bois à la vapeur. La Figure 25 montre comment le traitement thermique réduit la perméabilité à la vapeur de l'épicéa ThermoWood® par rapport au bois standard.

4.6.4 Conductivité thermique

Les études montrent que le traitement thermique réduit la conductivité thermique par rapport au bois standard. La conductivité thermique du résineux nordique thermo-modifié est 20 à 25 % inférieure à celle du bois standard. Pour cette raison, le ThermoWood® est un matériau idéal pour les structures telles que portes extérieures, bardage extérieur, fenêtres et saunas.

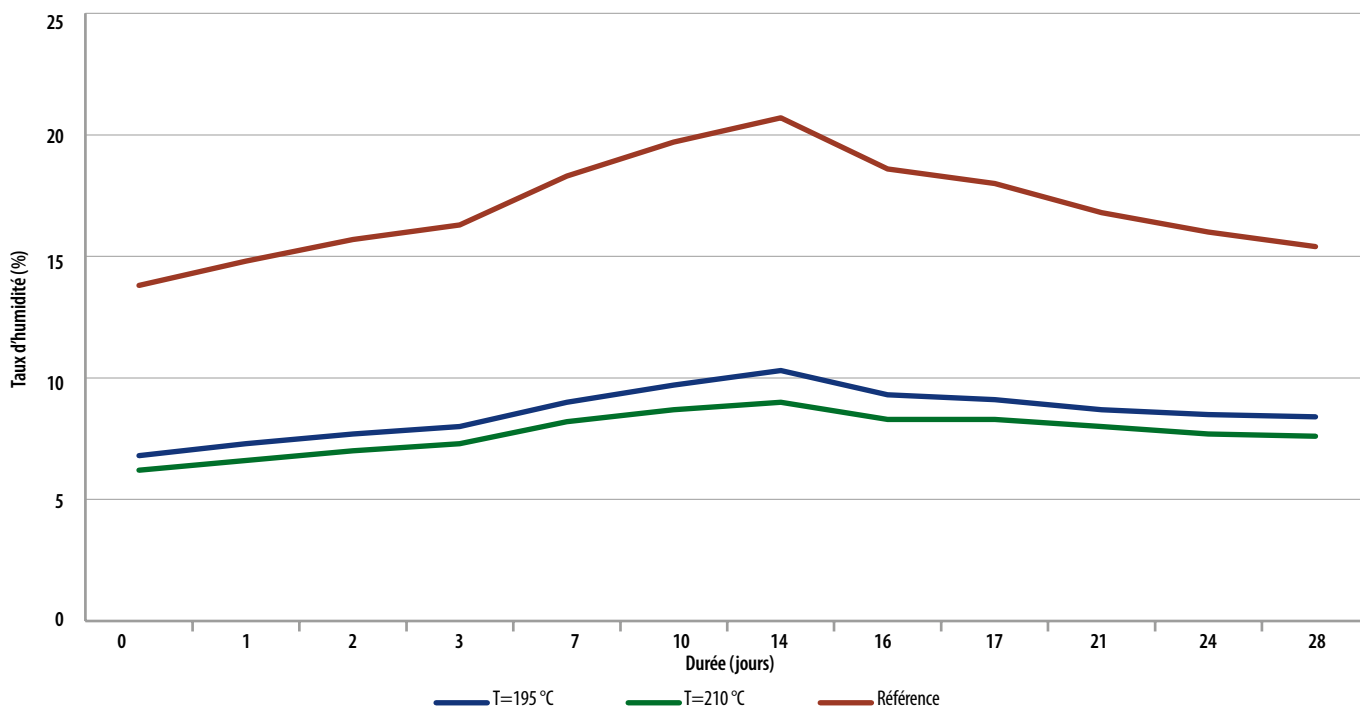


Figure 30. Impact du traitement thermique sur la perméabilité à la vapeur du pin (source : VTT)

4.7 DURABILITÉ À LONG TERME

4.7.1 Résistance aux intempéries

En cas d'exposition à des intempéries et sans traitement de surface, les produits ThermoWood® restent bien plus secs que le bois non modifié. Toutefois, un traitement de surface qui protège de l'humidité, de l'érosion et du rayonnement UV est recommandé pour le bois thermo-modifié exposé aux intempéries. Cette recommandation concerne tout particulièrement les utilisations dans les climats chauds et humides.

Sous l'effet de la pluie, la couleur d'origine du bois thermo-modifié non traité peut légèrement changer. Le rayonnement UV entraîne le grisaillement des produits en bois dépourvus de traitement de surface.

Comme tous les matériaux exposés à la pluie, de la moisissure peut également apparaître à la surface du bois thermo-modifié. La présence de bactéries dans l'air ou d'impuretés dans la pluie peut également entraîner l'apparition de moisissures sur les surfaces non traitées. Ce développement reste néanmoins superficiel et peut être éliminé en essuyant ou grattant la surface.

4.7.2 Résistance biologique

Comme tous les matériaux exposés à la pluie, de la moisissure peut également apparaître à la surface du ThermoWood®. La présence de bactéries dans l'air ou d'impuretés dans la pluie peut également entraîner l'apparition de moisissures sur les surfaces non traitées. Ce développement reste néanmoins superficiel et peut être éliminé en essuyant ou grattant la surface.

La résistance naturelle du bois (sans traitement de surface) est déterminée à l'aide de tests de laboratoire conformes aux normes. Le Tableau 10 présente les applications du ThermoWood®. Il n'est pas recommandé pour les structures qui sont en contact direct avec le sol ou l'eau.

Tableau 10. Caractère approprié des produits ThermoWood® pour diverses applications

Classe de durabilité (EN 350)	Classe d'utilisation (EN 335)	Exemples d'applications	Produits ThermoWood®
1 = Très durable	5 = Exposition à l'eau de mer 4 = Contact avec l'eau	-	-
2 = Durable	3 = Extérieur, exposition aux intempéries	Bardage extérieur Structures de jardin	Thermo-D, pin, épicéa Thermo-D, frêne, ayous, fraké Thermo-S, iroko
3 = Moyennement durable	2 = Extérieur, sous un toit	Structures de sauna Structures et mobilier extérieurs sous un toit	Thermo-S, pin, épicéa Thermo-S, bois durs Thermo-D, bois durs
4 = Peu durable	1 = Intérieur dans des conditions sèches	Bardage intérieur	-

4.7.3 Résistance aux insectes

Les capricornes élisent domicile dans l'aubier des résineux. La petite vrillette (*Anobium punctatum*) attaque quant à elle essentiellement les bois durs. Le lycte brun se retrouve dans certaines espèces de bois dur. Des études ont montré que le ThermoWood® résiste à ces trois insectes. Le ThermoWood® offre une bonne résistance aux capricornes. Ces coléoptères identifient le pin comme un lieu approprié pour pondre leurs œufs en raison du terpène qu'il émet. Les quantités de terpène produites par le ThermoWood® sont considérablement réduites par rapport au bois non traité. Pour cette raison, il y a fort à parier que ces coléoptères choisiront d'autres matériaux que le ThermoWood®, lorsqu'ils en auront la possibilité. Les études indiquent qu'il en va de même pour les termites. Mais ce sujet doit faire l'objet d'études plus approfondies.

À ce jour, les études menées ne prouvent pas que ThermoWood® résiste aux termites. Les termites pénètrent dans les structures de construction depuis la terre, évitant autant que possible la lumière directe du soleil. Les termites attaquent les matériaux à base de bois et de béton, à la recherche de nourriture. Certaines mesures ont été développées pour lutter contre ce problème, dont l'installation de membranes en polyéthylène dans les fondations des bâtiments. Il existe également plusieurs peintures bitumineuses qui permettent de boucher les éventuelles voies d'accès au bâtiment. Toutefois, il est recommandé de procéder à des tests locaux car les types de termites varient d'une région à l'autre. Par ailleurs, le comportement des termites nécessite d'être encore davantage étudié.

4.8 IMPACT SUR LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Tout comme le bois standard, le ThermoWood® est hygroscopique et stabilise les fluctuations d'humidité dans l'air intérieur. Cet effet est toutefois plus limité avec le ThermoWood® en raison de son équilibre hygrométrique réduit. Il convient également de noter qu'avec le ThermoWood comme avec le bois standard, le type de traitement de surface appliqué a un impact significatif sur ce phénomène. Un traitement qui étanchéifie excessivement le bois empêche le transfert d'humidité entre l'air intérieur et le bois.

Le bois thermo-modifié dégage une odeur de fumée, probablement due à des composés chimiques appelés furfurals. Même si l'odeur peut être détectée par l'odorat humain et semble plus forte que l'odeur du bois standard, la quantité de composés organiques volatils (COV) émise par le bois thermo-modifié ne représente qu'une fraction des émissions du pin standard.

Les niveaux d'émission ont été mesurés sur du pin ThermoWood®. Les échantillons ont été maintenus à des températures de 180 °C et 230 °C pendant quatre heures. Les mesures ont été effectuées 7 (180 °C) ou 8 semaines (230 °C) après le traitement. Avec une valeur de 1 486 µg/m²h, les niveaux d'émission des composés organiques volatils du pin non-traité étaient les plus élevés. La majorité de ces émissions consistaient en terpènes, mais des quantités significatives d'alpha-pinène, de camphène et de limonène ont également été détectées. En outre, le pin non traité contenait de l'hexanal et de petites quantités de furfural et d'acide acétique. Le niveau total d'émissions du pin traité à +180 °C était de 828 µg/m²h. L'échantillon contenait des terpènes, des furfurals, de l'hexanal et de l'acide acétique. Avec 235 µg/m²h, le niveau total d'émissions du pin traité à +230 °C était le plus bas. L'acide acétique représentait la majorité des émissions totales (110 µg/m²h). L'échantillon renfermait également de petites quantités de terpènes. Comme montré dans la Figure 31, le ThermoWood® représente un choix sûr pour les applications intérieures en termes de niveaux d'émission.

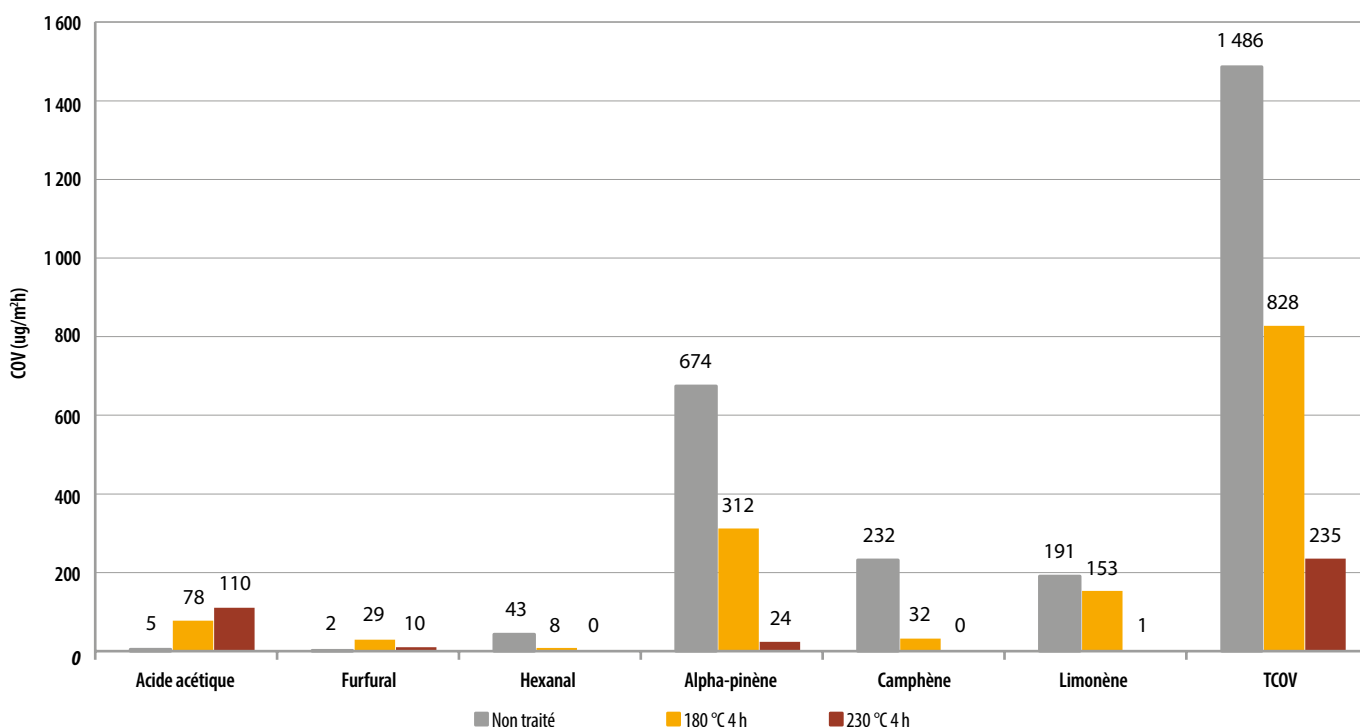


Figure 31. Composés organiques volatils émis par les échantillons de pin au bout de deux mois (source : VTT).

5 TRANSFORMATION DES PRODUITS ThermoWood®

La manipulation du ThermoWood® impose généralement de prendre un peu plus de précautions du fait qu'il est plus sensible aux dommages mécaniques en raison de ses propriétés de résistance.

Mais comme le ThermoWood® ne sécrétant pas de résine, les lames de scie nécessitent moins d'entretien.

La poussière générée pendant la transformation du ThermoWood® est sèche et fine, il convient donc d'accorder une attention particulière à l'efficacité et à l'étanchéité du système d'extraction de la poussière. Un respirateur doit impérativement être porté dans le cadre de travaux produisant de la poussière avec le ThermoWood®.

Avant de démarrer les travaux, il convient de vérifier le taux d'humidité du bois afin de s'assurer qu'il correspond à l'humidité de l'environnement. Selon la taille de la section transversale, le conditionnement à la température ambiante peut prendre plusieurs jours. En extérieur, il faut parfois des semaines voire des mois, surtout en hiver. Cela doit être pris en compte lors de la planification des travaux.

5.1 SCIAGE

Le ThermoWood® se scie comme le bois non traité. Les lames de scie à dents larges peuvent causer des éclats sur les bords du ThermoWood®, il est donc recommandé d'utiliser des lames de scie à dents fines.

5.2 RABOTAGE

Comme tous les autres bois, le ThermoWood® peut présenter une cuvette. En raison de ce phénomène, l'utilisation de rouleaux étroits est recommandée afin de réduire le risque de fissures de la surface de bois usinée.

Lorsque la face convexe du bois est tournée vers le bas, il est possible d'utiliser une roue étroite simple positionnée au centre de la pièce. En revanche, deux roues étroites positionnées sur les bords de la pièce doivent être utilisées si le bois est placé avec la face convexe vers le haut.

Ces options sont illustrées à la Figure 32. Afin d'éviter les fissures, la pression du rouleau doit être réduite par rapport au bois traité. Cela est dû à la diminution de la résistance du ThermoWood®.

Dans des conditions réelles, il été observé que l'absence de résine réduisait la friction à l'entrée du ThermoWood®, ce qui facilite l'opération de rabotage. La vitesse doit néanmoins être réduite sur certaines lignes de rabotage. La pression, la vitesse du rouleau et d'autres paramètres dépendent des propriétés de la ligne et de la machine de rabotage. Lors du rabotage du ThermoWood®, les paramètres doivent être réglés séparément pour chaque produit et chaque machine.

Afin d'obtenir les meilleurs résultats de rabotage possibles et de minimiser l'écartement des anneaux annuels du bois, nous recommandons d'utiliser un produit coupé le plus parallèle possible au grain. De plus, le choix de la meilleure face de la planche lors du rabotage améliore le résultat. Un lien étroit a été établi entre le type et la pression du rouleau d'entrée, la direction du grain, l'effet de cuvette, l'affûtage du couteau et la vitesse de traitement.

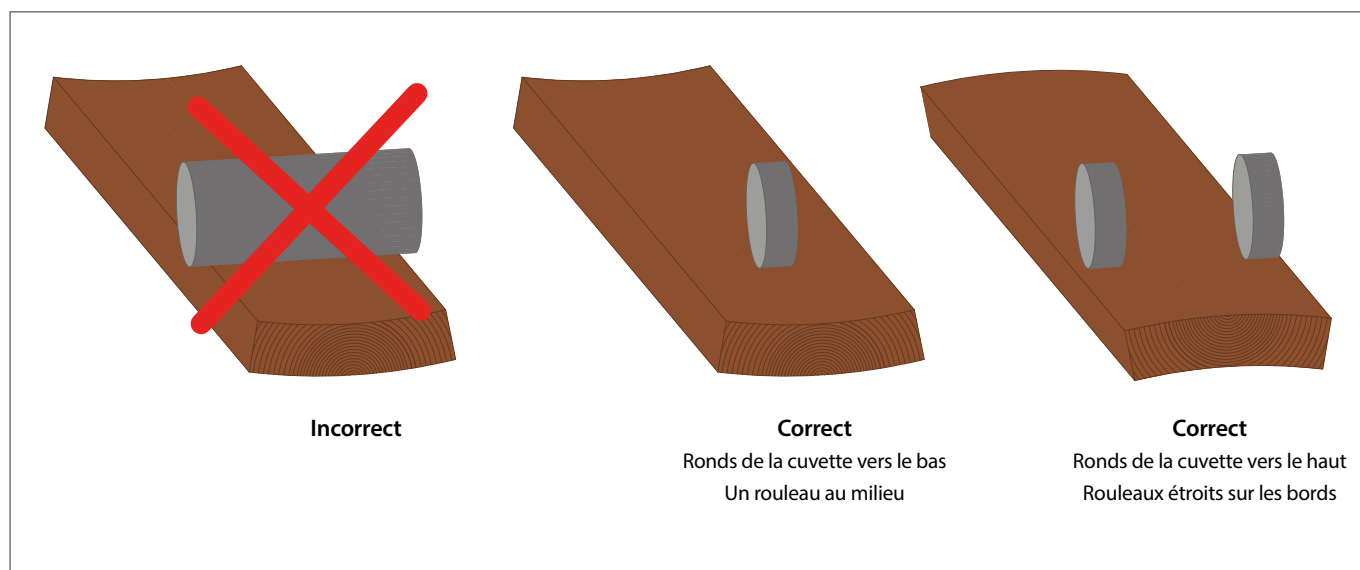


Figure 32. Des rouleaux d'entrée de rabotage étroits doivent être utilisés avec les produits ThermoWood®.

5.3 MOULURAGE

Le moulurage du ThermoWood® ressemble au travail des bois durs et cassants. Le moulurage doit être soigneusement planifié à l'avance afin d'éviter accrocs et encoches, surtout en cas de moulurage contre le grain.

5.4 PONÇAGE

Le ponçage des produits ThermoWood® est identique à celui du bois standard. En général, aucun ponçage n'est requis du fait de la qualité de la surface du ThermoWood® généralement très bonne après le rabotage.

5.5 COLLAGE

Les propriétés de collage du ThermoWood® ont été testées à l'aide d'adhésifs PVAc à 1 et 2 composants, d'adhésifs polyuréthane (PU) à 1 et 2 composants, d'adhésifs résorcinophénol (RF) et d'adhésifs émulsion-polymère-isocyanate (EPI).

Avec les adhésifs PVAc, la teneur en eau de l'adhésif doit être minimisée. Ces adhésifs peuvent nécessiter des temps de pressage et de séchage plus longs avec le ThermoWood® en raison du taux d'absorption réduit de l'eau dans le bois (l'adhésif met plus de temps à durcir).

En cas d'utilisation d'adhésifs PU, il convient de noter que l'opération de séchage nécessite de l'eau. L'eau peut être absorbée depuis le bois à coller ou l'air ambiant. Si besoin, les surfaces collées doivent être humidifiées.

Les adhésifs RF et EPI s'avèrent également efficaces avec le ThermoWood®. Lors des tests, les adhésifs RF ont fonctionné avec les paramètres habituels de la production de ThermoWood®.

En cas de collage du ThermoWood®, ou de tout autre bois, il convient d'accorder une attention particulière à des facteurs tels que la température et le taux d'humidité du bois, ainsi que la propreté de sa surface. Le choix et l'utilisation d'un adhésif doivent respecter les instructions du fabricant de l'adhésif.

ThermoWood® sert également à fabriquer des produits collés. Les instructions sont propres à chaque fabricant. Vous trouverez plus d'informations sur les produits dans les instructions fournies par le fabricant.



Figure 33. Poutres ThermoWood® collées dans une structure de pergola

6

TRAITEMENT DE SURFACE DES PRODUITS ThermoWood®

6.1 THERMOWOOD® COMME BASE DU TRAITEMENT DE SURFACE

ThermoWood® constitue une excellente base pour les agents de traitement de surface du fait qu'il est dépourvu de résine et gonfle et rétrécit peu en cas d'exposition à l'humidité. Par conséquent, la peinture ou tout autre revêtement appliqué ne craquelle pas. Dans le cadre du traitement de surface du ThermoWood®, il convient de noter que tous les agents de traitement de surface n'adhèrent pas suffisamment à la surface en raison de l'acidité et de la faible capacité d'absorption de l'eau du ThermoWood®. Ce phénomène est particulièrement marqué avec certains agents de traitement de surface à base d'eau. La rugosité de la surface peut également affecter l'adhérence. Par exemple, les surfaces ponçées à l'aide de papier de verre P100 peuvent offrir une meilleure adhérence que les surfaces rabotées. Les surfaces brossées se sont également avérées efficaces avec les agents de traitement de surface. Si la surface est trop rugueuse (surface sciée), le traitement de surface peut devenir plus difficile en raison des éclats.

6.2 AGENTS DE TRAITEMENT DE SURFACE FRÉQUEMMENT UTILISÉS

ThermoWood® peut être traité à l'aide d'agents similaires à ceux utilisés avec le bois standard (dont la peinture, le vernis, l'huile et la cire). ThermoWood® peut être traité à l'aide d'agents de traitement de surface à base d'eau ou de solvant. Cependant, l'huile de lin ne convient pas au ThermoWood® car elle favorise la prolifération fongique.

Un traitement de surface est recommandé pour les produits ThermoWood® qui sont exposés aux intempéries. Le traitement de surface favorise la préservation de la couleur d'origine et réduit les fissures et les éclats propres aux matériaux en bois au fil du temps. Une huile minérale est recommandée pour les murs intérieurs, les plafonds et les bancs dans les saunas.

Un traitement de surface industriel est recommandé pour le ThermoWood® comme pour les autres produits en bois. Il offre la garantie que le traitement de surface est réalisé dans des conditions contrôlées, à l'aide d'agents de traitement adaptés, et donc une qualité et durabilité élevées du traitement de surface.

6.3 PERFORMANCES DU TRAITEMENT DE SURFACE

Lors du traitement du ThermoWood®, ou de tout autre bois, le choix du traitement de surface et l'entretien doivent faire l'objet de la plus grande attention. À cet effet, nous recommandons de contacter les fabricants des agents de traitement de surface. Avant le traitement de surface, il convient de prendre des mesures pour garantir que le rayonnement UV et l'humidité ne causent pas de micro-fissures sur la surface du produit car cela risquerait d'affecter l'efficacité du traitement de surface.

Lorsque le bois, y compris le ThermoWood®, présente des extrémités coupées, celles-ci doivent être étanchéifiées à l'aide d'un joint pour grain d'extrémité conçu à cet effet. Cela réduit considérablement l'absorption de l'eau au niveau des extrémités coupées, ainsi que les fissures près des extrémités causées par le séchage.

6.4 TRAITEMENT ANTI-FEU

Comme tous les bois, les produits ThermoWood® peuvent être traités à l'aide d'agents ignifuges. Il convient de vérifier ces derniers avec soin afin qu'ils disposent des approbations requises. Ils doivent toujours être utilisés conformément aux instructions du fabricant. Avec un traitement ignifuge, ThermoWood® peut répondre aux exigences de la classe de protection incendie C ou B, selon l'agent utilisé. La classification la plus élevée pouvant être atteinte est B-s1, d0. Les produits ThermoWood® sont également disponibles avec un traitement ignifuge déjà appliqué.

7 APPROVISIONNEMENT ET STOCKAGE DES PRODUITS ThermoWood®

Les produits ThermoWood® sont disponibles auprès des détaillants de bois et des magasins de matériaux qui stockent d'autres produits en bois. Les produits stockés dépendent du détaillant, les produits spéciaux doivent être commandés séparément.

Les facteurs suivants doivent être pris en compte pour le stockage du ThermoWood® :

- Un espace de stockage sec et ventilé doit être utilisé (un espace extérieur sec peut être utilisé pour les produits destinés à des applications extérieures)
- Les produits destinés à des applications intérieures doivent être stockés dans un espace intérieur chauffé
- Les produits doivent être protégés de la saleté et du rayonnement UV
- Ils doivent être placés dans une position horizontale, sur une base plane (surélevée par rapport au sol)
- Un nombre suffisant de lattes doit être utilisé en guise de base
- Les produits en paquets doivent être défaits avant utilisation
- Les produits de bardage intérieur sont utilisés directement à la sortie de l'emballage
- En cas de levage de produits longs, pensez à la résistance à la flexion réduite
- Les produits présentant une finition rainure-languette doivent être manipulés avec précaution afin d'éviter tout dommage (surtout avec des produits longs)

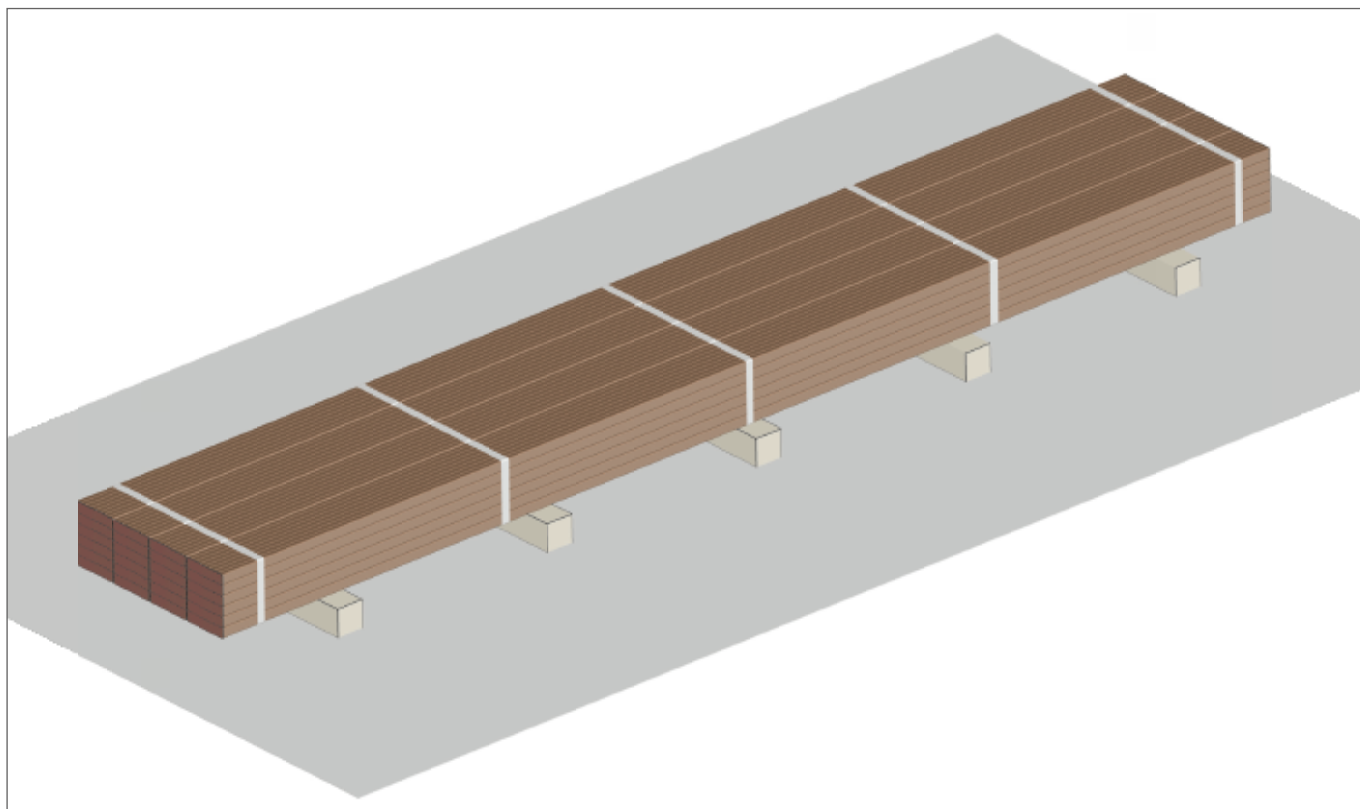


Figure 34. Une surface plane et un nombre suffisants de lattes de base empêchent toute voilure des produits.

8 APPLICATION DES PRODUITS ThermoWood® DANS LA CONSTRUCTION

Les produits ThermoWood® destinés aux applications de construction de maison incluent généralement les matériaux de bardage pour usage intérieur et extérieur et les produits de charpenterie. Dans la construction de jardin, ThermoWood® est généralement utilisé pour les patios, les clôtures et le mobilier de jardin. Les mêmes produits peuvent être utilisés tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

8.1 USAGE INTÉRIEUR

ThermoWood® présente un rétrécissement et un gonflement limités dus aux changements d'humidité par rapport au bois standard, ce qui réduit la formation de trous propres aux sols en bois. Cette propriété est particulièrement utile dans les espaces soumis à d'importantes fluctuations de l'humidité intérieure. Un revêtement de sol en ThermoWood® est également disponible avec une finition rainure-langue. En l'absence de base porteuse, le raccord rainure-langue doit être positionné sur un cadre (par ex. panneaux de contreplaqué).

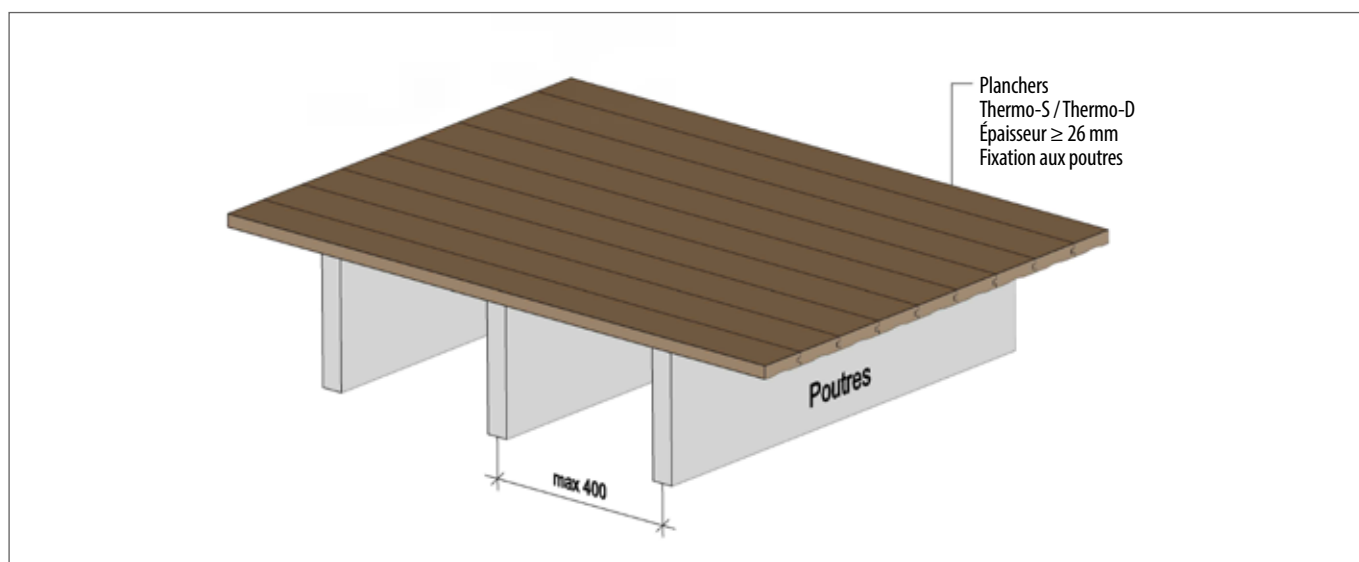


Figure 35. Exemple de plancher.

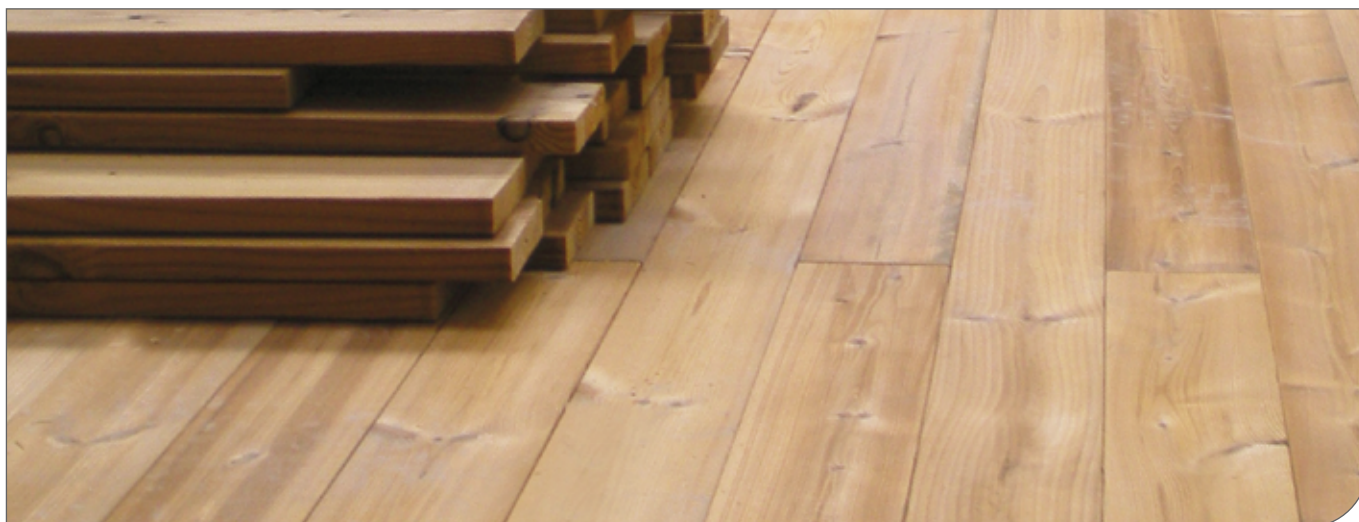


Figure 36. Plancher ThermoWood®.

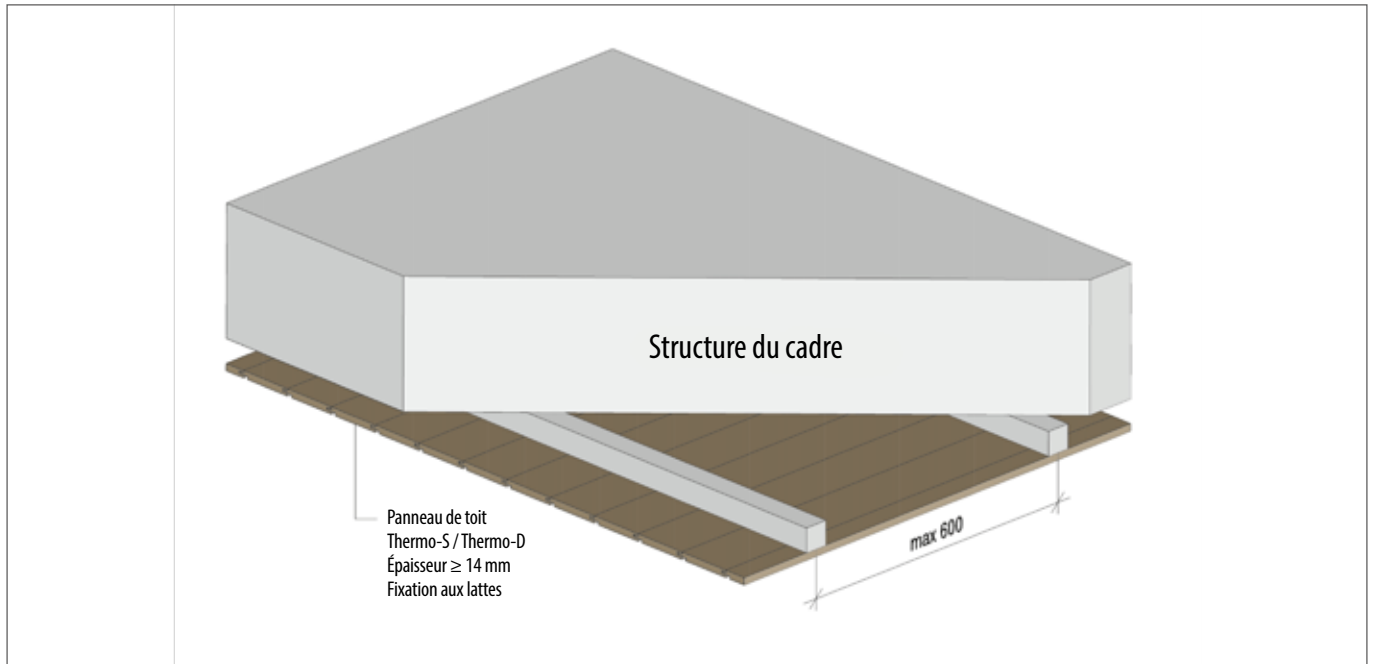


Figure 37. Exemple de bardage au plafond dans un espace sec.



Figure 38. Plafond ThermoWood® au Portugal.

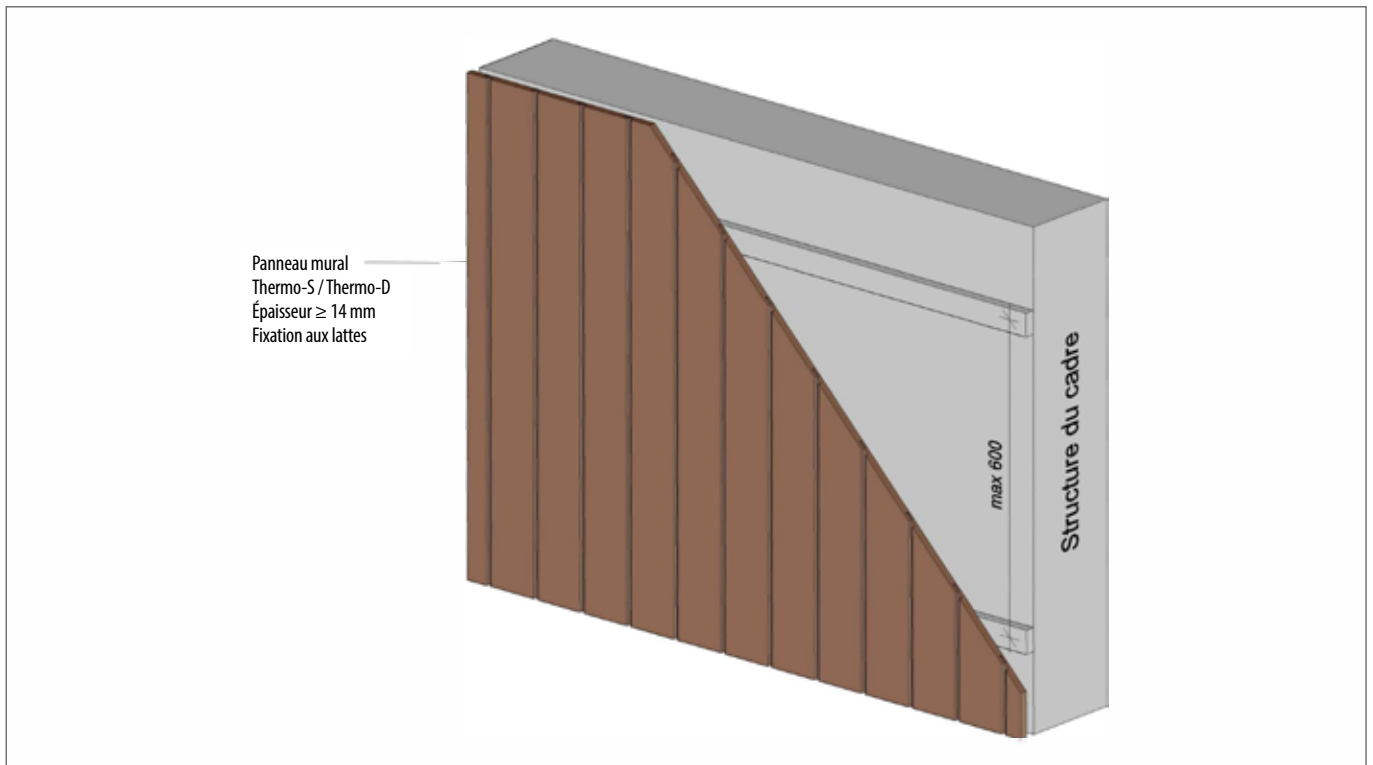


Figure 39. Exemple de bardage sur un mur intérieur.



Figure 40. Produits ThermoWood® utilisés pour le bardage d'un mur intérieur dans un café en Russie.

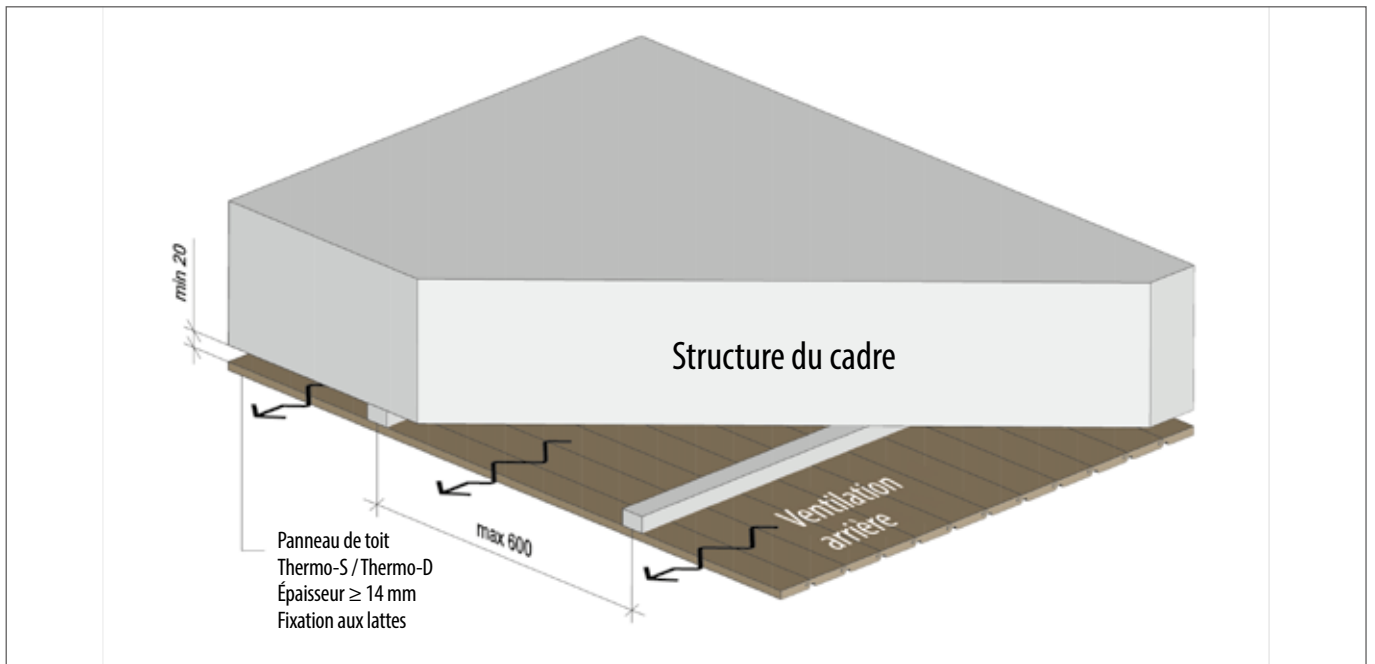


Figure 41. Exemple de bardage au plafond dans un sauna.

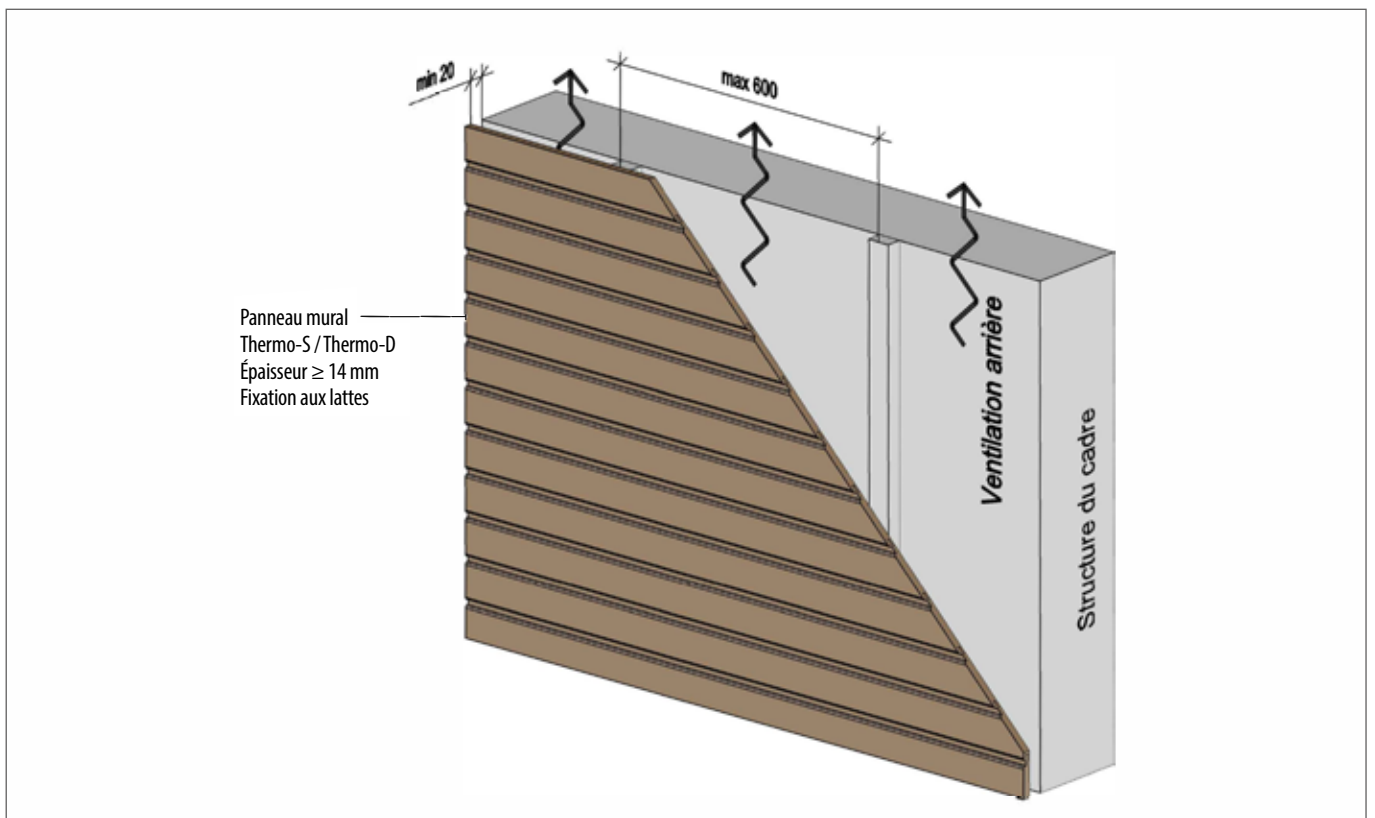


Figure 42. Exemple de bardage mural dans un sauna.

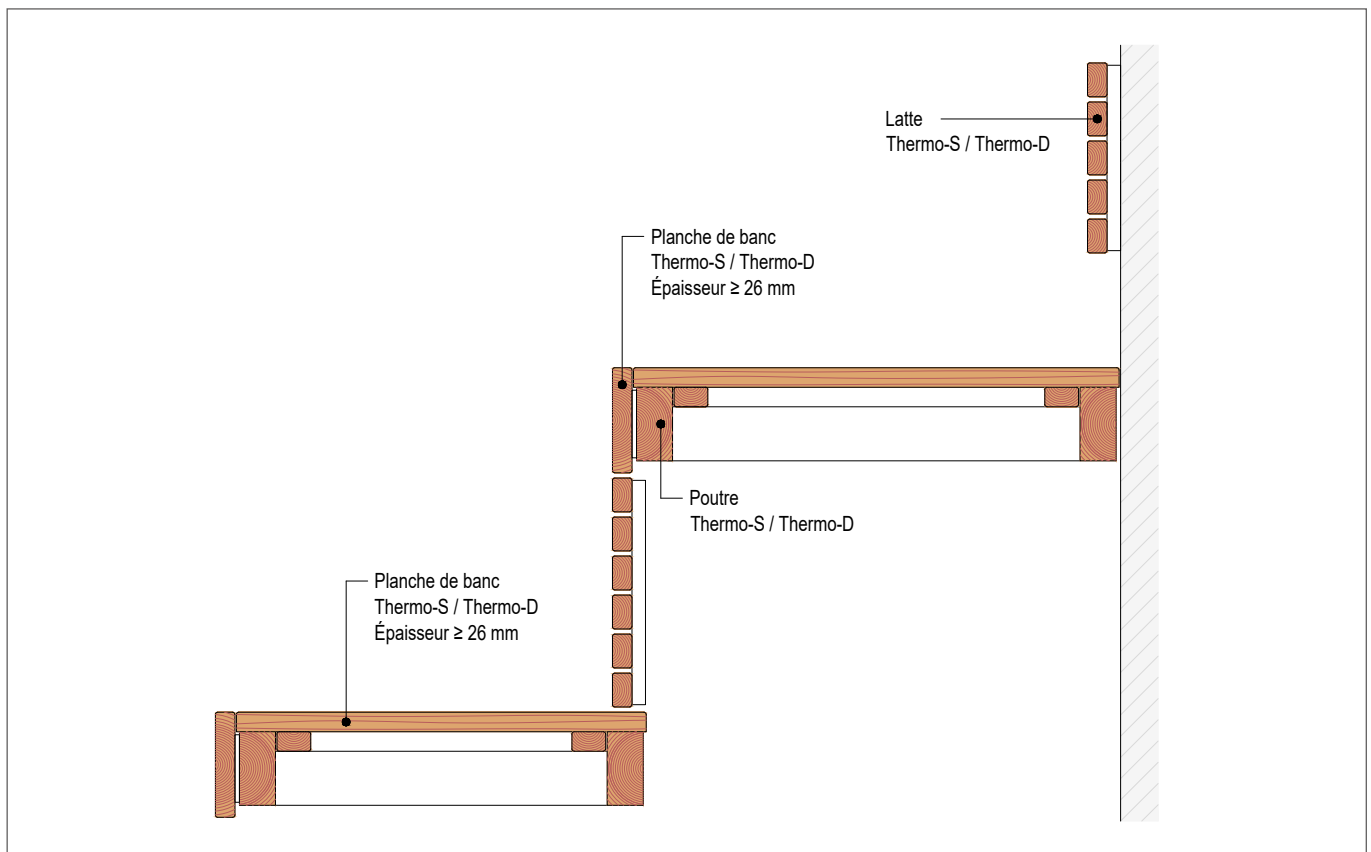


Figure 43. Exemple de structures de banc de sauna.



Figure 44. Structures de sauna en produits ThermoWood®.

8.2 USAGE EXTÉRIEUR

L'équilibre hygrométrique des produits ThermoWood® et leur rétrécissement et gonflement dus à l'humidité sont faibles, ce qui permet d'utiliser des panneaux de bardage intérieur et extérieur plus

fins par rapport à du bois standard. Une circulation de l'air doit toujours se faire derrière le bardage extérieur et les produits doivent être fixés à un cadre suffisamment robuste.

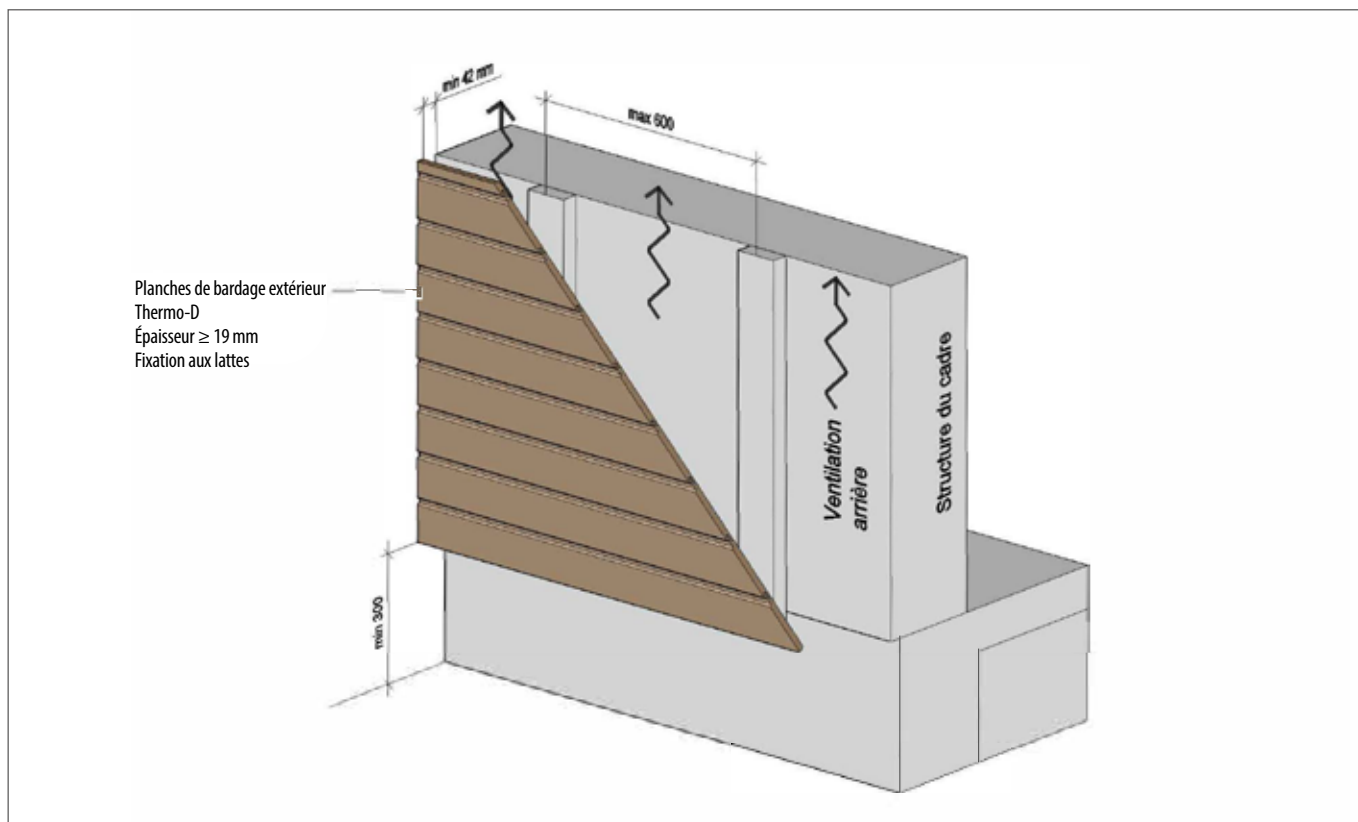


Figure 45. Exemple de bardage sur un mur extérieur.

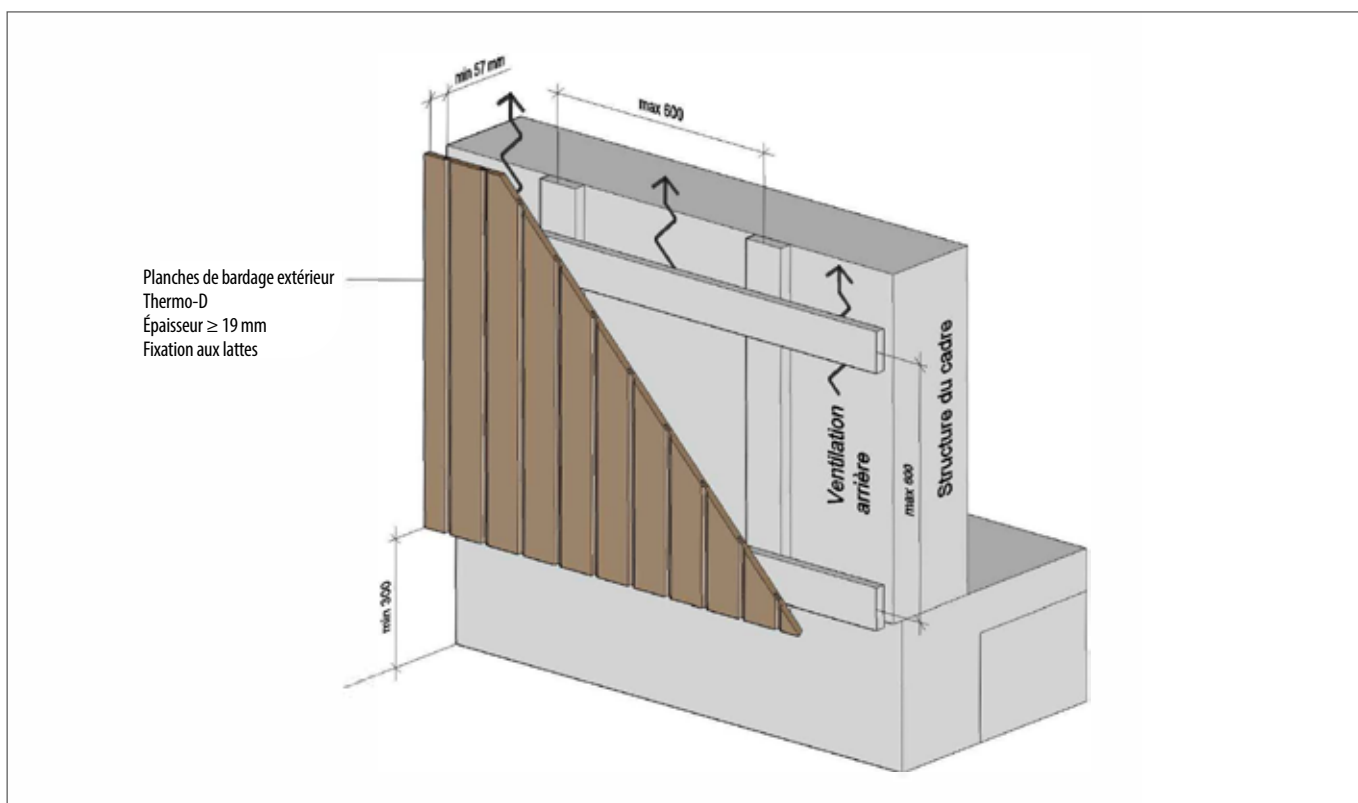


Figure 46. Exemple de bardage sur un mur extérieur.



Figure 47. Bardage mural extérieur ThermoWood®.

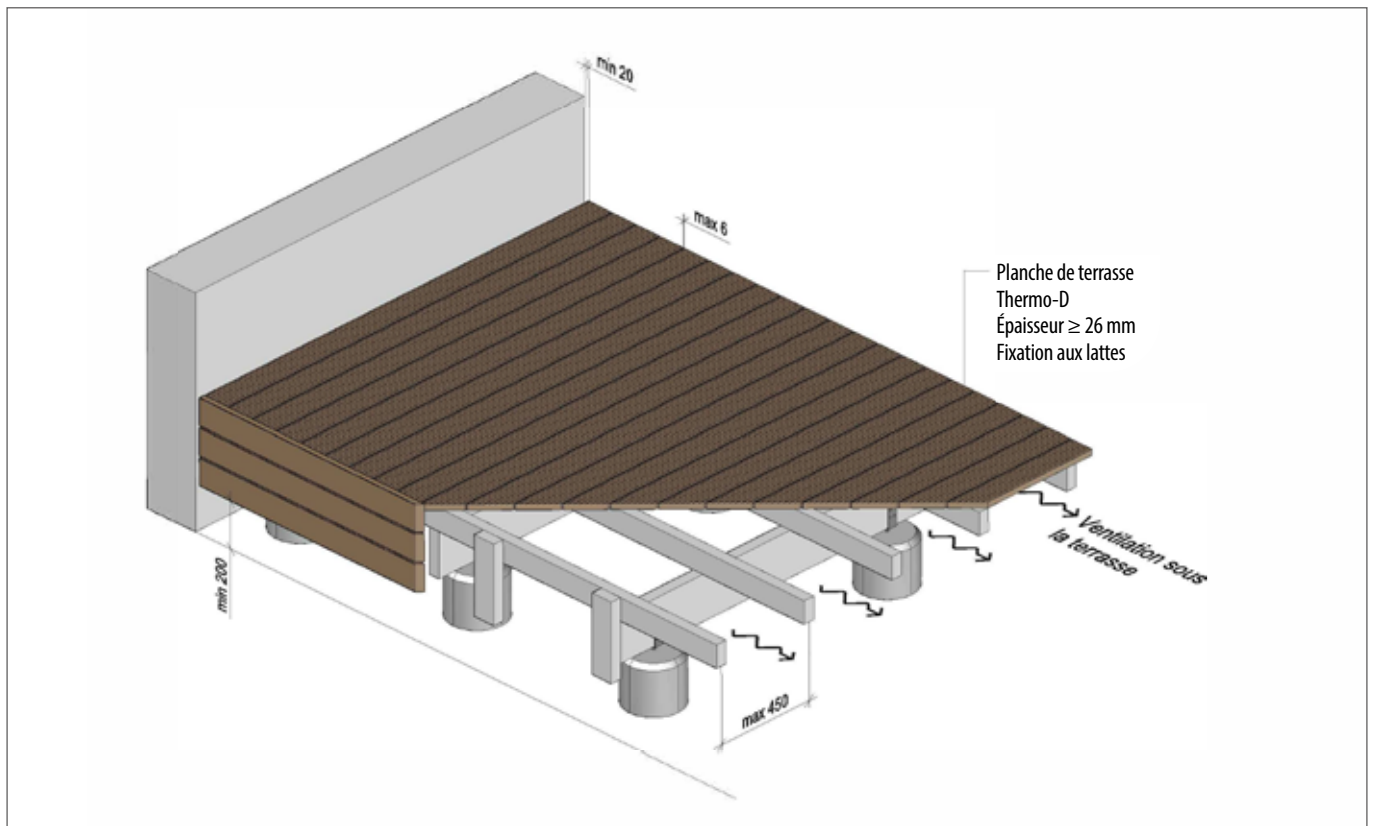


Figure 48. Exemple de structures de patio.

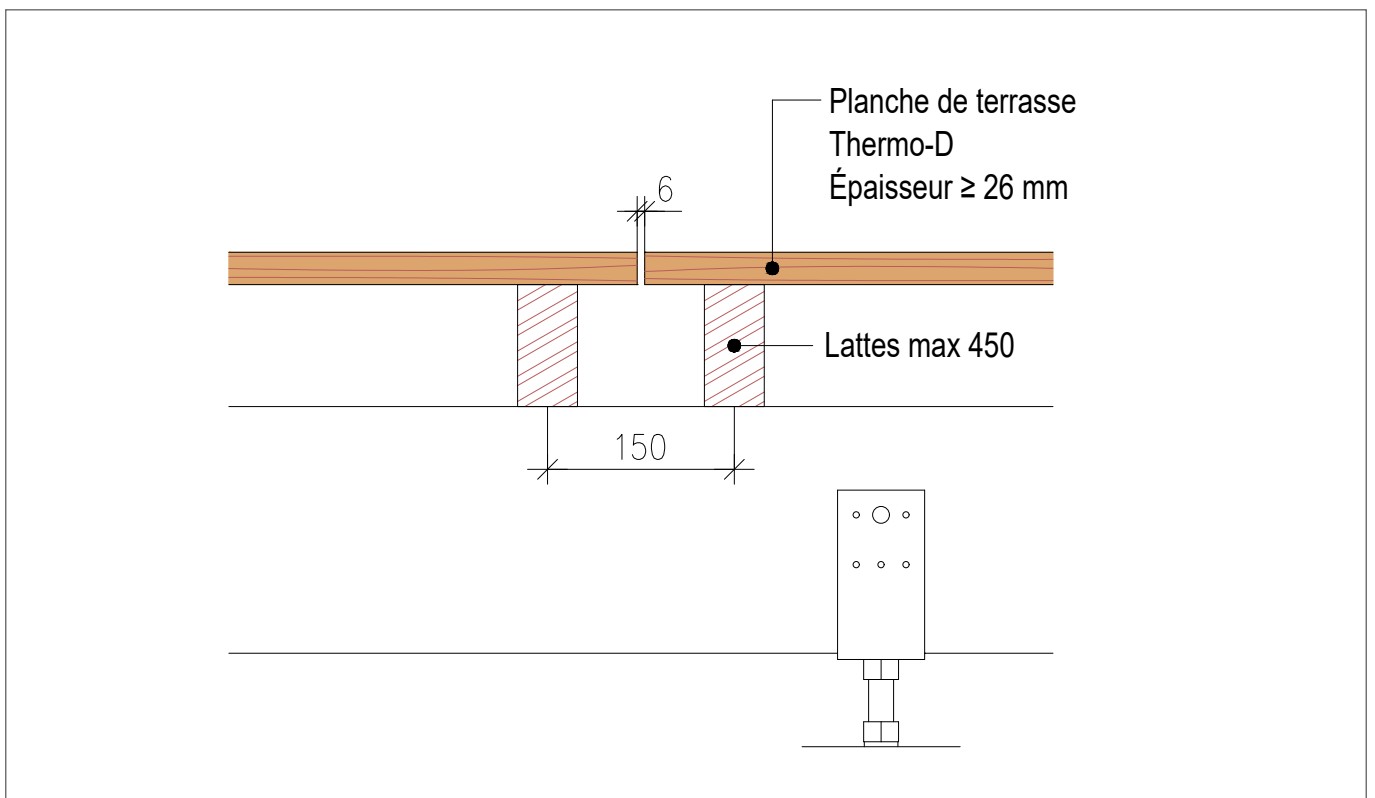


Figure 49. Raccord de planches de terrasse.

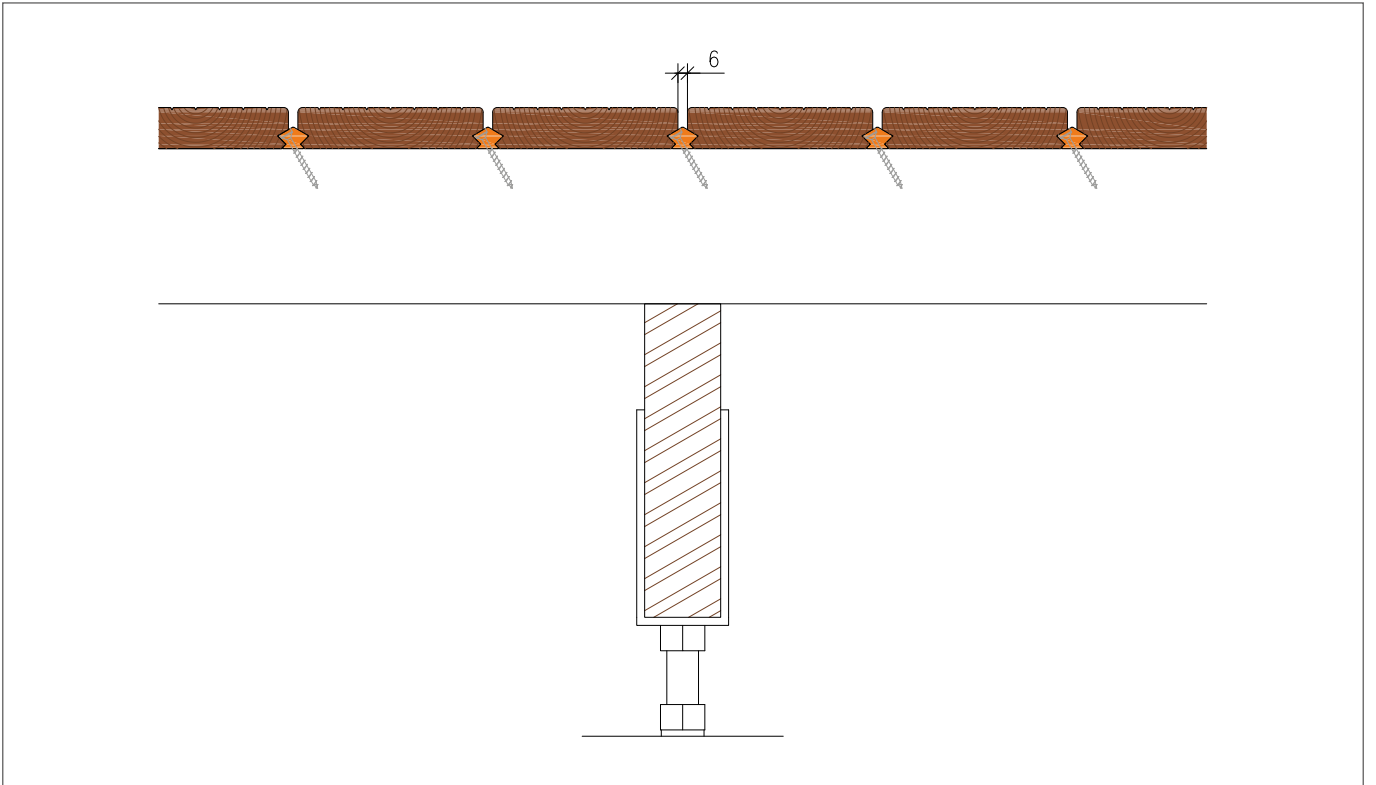


Figure 50. Fixation cachée d'une planche de terrasse.



Figure 51. Patio ThermoWood®.

9 INSTALLATION DES PRODUITS DE BARDAGE ThermoWood®

Les produits ThermoWood® doivent être installés conformément aux instructions du fabricant. Le Tableau 11 ci-dessous montre les instructions générales pour l'installation des produits. Les produits ThermoWood® peuvent être installés sans être déballés au préalable s'il n'est pas nécessaire de les porter aux niveaux d'humidité du lieu d'installation.

9.1 FIXATIONS

En raison de la valeur pH (acide) des produits ThermoWood®, les fixations doivent être en acier inoxydable ou dans un matériau plus résistant afin d'éviter toute corrosion. Cela s'applique aux produits utilisés tant en intérieur qu'en extérieur. Il est également possible d'utiliser des fixations résistantes à l'acide avec les produits ThermoWood®.

Les autres fixations réagissent avec ThermoWood®, entraînant l'apparition d'une tache autour de la fixation. En cas d'utilisation de bois thermo-modifié avec d'autres matériaux, les réactions possibles entre les matériaux en question doivent être déterminées.

Le Tableau 11 indique les exigences minimales en matière de protection contre la corrosion des fixations. Les classes les plus courantes d'acier inoxydable et résistant à l'acide sont les suivantes :

- La classe A2 (AISI 304, EN 1.4301) est la classe d'acier inoxydable la plus courante
- La classe A4 (AISI 316, EN 1.4401) est la classe d'acier résistant à l'acide la plus courante

9.2 MONTAGE

Les produits ThermoWood® peuvent être fixés de façon traditionnelle à l'aide de clous et de vis, comme tout autre produit en bois. Divers systèmes de fixation cachée sont également disponibles. Les clous ou vis utilisés doivent être suffisamment longs pour se fixer dans la latte ou la planche de montage. La longueur des clous ou vis doit être choisie de manière à ne pas percer un éventuel pare-air, pare-vapeur ou toute autre structure similaire.

En cas d'utilisation de clous ou vis, ils doivent être fixés de manière à ce que leur tête affleure à la surface du bois (à l'exception des clous Dyckert). Si un pistolet à clous est utilisé pour fixer un bardage extérieur ou des planches de terrasse, la machine doit posséder un mécanisme de contrôle de la profondeur afin que la tête du clou se trouve au niveau de la surface du bois. Outre l'aspect esthétique, il est important que l'eau ne puisse pas pénétrer dans la structure du bois au niveau de la fixation. Les clous et vis ne doivent pas causer de fissure dans le bois (distance par rapport au bord). Les trous des fixations peuvent également être pré-perçés.

9.3 RACCORDS

Les raccords du ThermoWood® sont réalisés de manière à empêcher l'eau de pénétrer via les surfaces coupées. Le support au niveau du raccord doit être suffisamment large pour garantir que les fixations installées dans le bois se situent à la distance requise par rapport à l'extrémité. Si besoin, deux supports séparés sont installés au niveau du raccord (voir Figure 53). Dans le cas de planches de bardage extérieur à emboîtement, les raccords rainure-langnette peuvent être placés à proximité du support afin de pouvoir positionner les fixations à une distance convenable de l'extrémité (voir Figure 53).

Tableau 11. Exigences minimales du niveau de protection contre la corrosion des fixations utilisées avec les produits ThermoWood®.

Application	Classe	Qualité	Type
Bardage au plafond et mural (espace sec)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Acier inoxydable
Sol (espace sec)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Acier inoxydable
Bardage au plafond et mural (salle de bain)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Acier inoxydable
Bardage au plafond et mural (sauna)	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Acier inoxydable
Bancs de sauna	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Acier inoxydable
Planches de terrasse	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Acier inoxydable
Bardage extérieur	A2	AISI 304 (EN 1.4301)	Acier inoxydable

Tableau 12. Exemples de méthodes de fixation

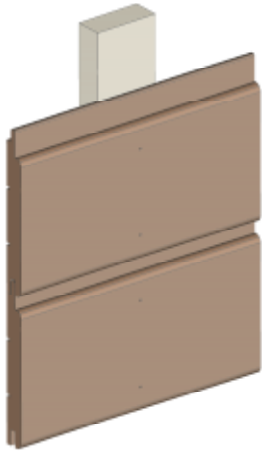
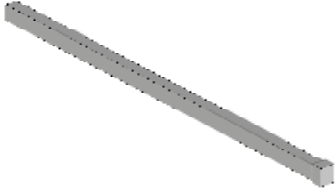
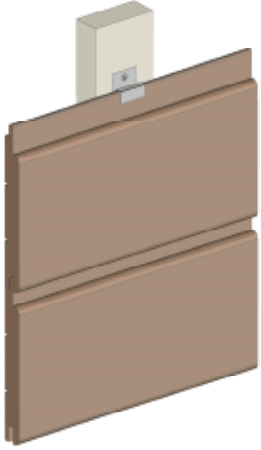
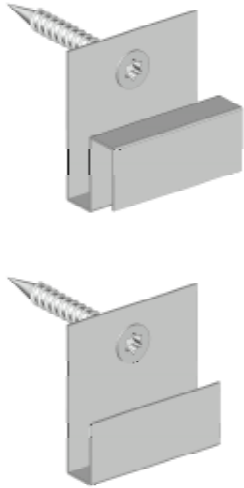
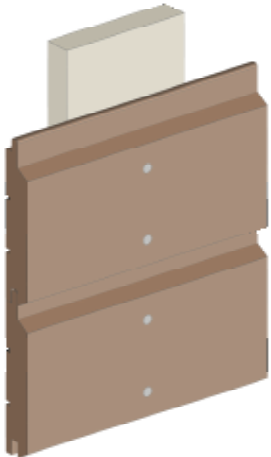
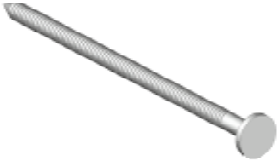
Méthode de fixation	Fixation	Instructions
<p>Fixation à travers le côté de manière visible</p> 	<p>Dyckert</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Revêtement de murs et de plafonds à l'intérieur • Il est également possible de fixer des produits à l'aide d'une structure rainure-languettes (fixation cachée) • Les têtes des fixations doivent se trouver environ 1 mm sous la surface du bois • Au moins une fixation lorsque la largeur de la planche est ≤ 117 mm • Deux fixations lorsque la largeur de la planche est > 117 mm
<p>Fixation cachée</p> 	<p>Clips</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Revêtement de murs et de plafonds à l'intérieur • Revêtement de murs et de plafonds à l'extérieur • Avec bardage vertical, il est important que les produits de bardage ne glissent pas vers le bas (support au bas du bardage ou clous/vis en haut ou en bas du bardage)
<p>Fixation à travers le côté de manière visible</p> 	<p>Clous texturés à têtes plates</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Revêtement de murs et de plafonds à l'extérieur • Il est également possible de fixer des produits à l'aide d'une structure rainure-languettes (fixation cachée) • Si un trou est pré-percé, son diamètre doit être $0,5d-0,8d$ (d = épaisseur du clou) • Au moins une fixation lorsque la largeur de la planche est ≤ 117 mm • Deux fixations lorsque la largeur de la planche est > 117 mm

Tableau 12. Exemples de méthodes de fixation

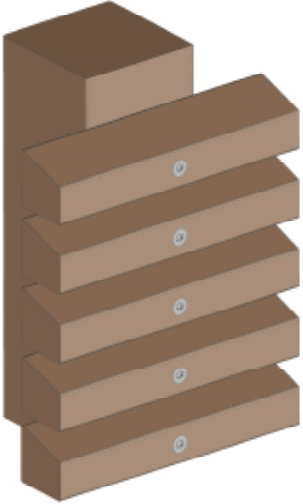

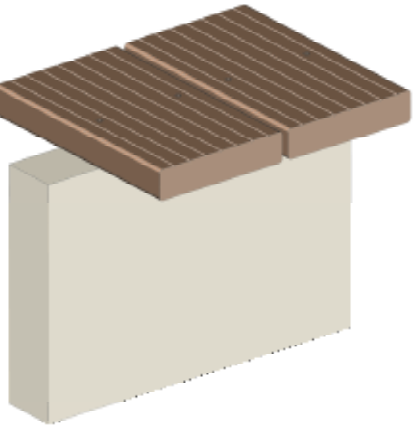

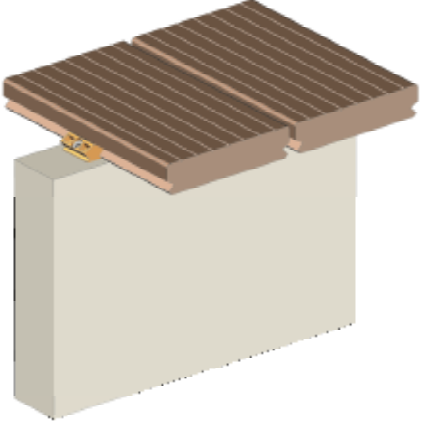
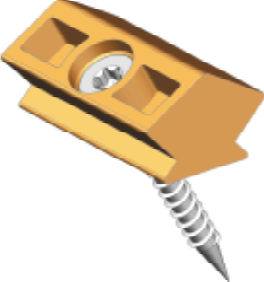
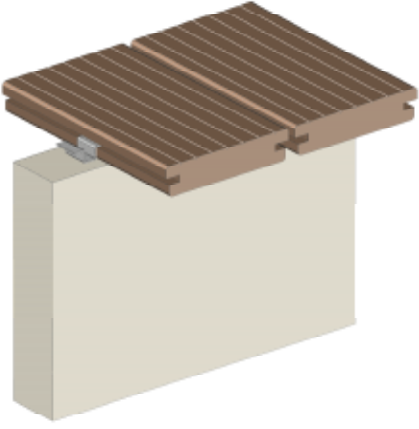
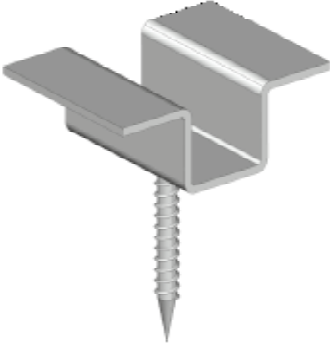

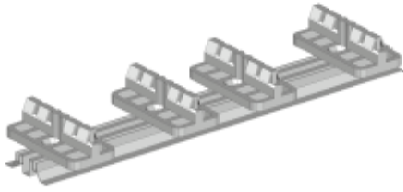
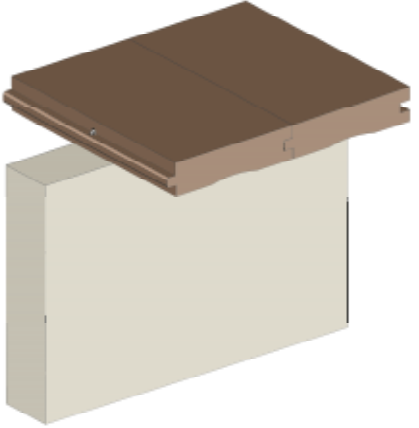

Méthode de fixation	Fixation	Instructions
<p>Fixation à travers le côté de manière visible</p> 	<p>Vis</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Bardage extérieur en lattes • Si un trou est pré-percé, son diamètre doit être $0,5d-0,7d$ (d = épaisseur de vis), inférieur au diamètre intérieur de la partie filetée de la vis
<p>Fixation à travers le côté de manière visible</p> 	<p>Vis de terrasse (disponible en différentes couleurs)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Planches de terrasse • Planches de jetée • Si un trou est pré-percé, son diamètre doit être $0,5d-0,7d$ (d = épaisseur de vis), inférieur au diamètre intérieur de la partie filetée de la vis • Fixation avec deux vis
<p>Fixation cachée</p> 	<p>Profix (Lunawood)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Planches de terrasse • Planches de jetée • Profix est un produit Lunawood qui est donc compatible uniquement avec d'autres produits Lunawood

Tableau 12. Exemples de méthodes de fixation

Méthode de fixation	Fixation	Instructions
<p>Fixation cachée</p> 	<p>Clip</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Planches de terrasse • Planches de jetée
<p>Fixation cachée</p> 	<p>Clip</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Planches de terrasse • Planches de jetée
<p>Fixation cachée dans la partie rainure-languette</p> 	<p>Vis à tête fraisée</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Sol intérieur • Si un trou est pré-percé, son diamètre doit être $0,5d-0,7d$ (d = épaisseur de vis), inférieur au diamètre intérieur de la partie filetée de la vis

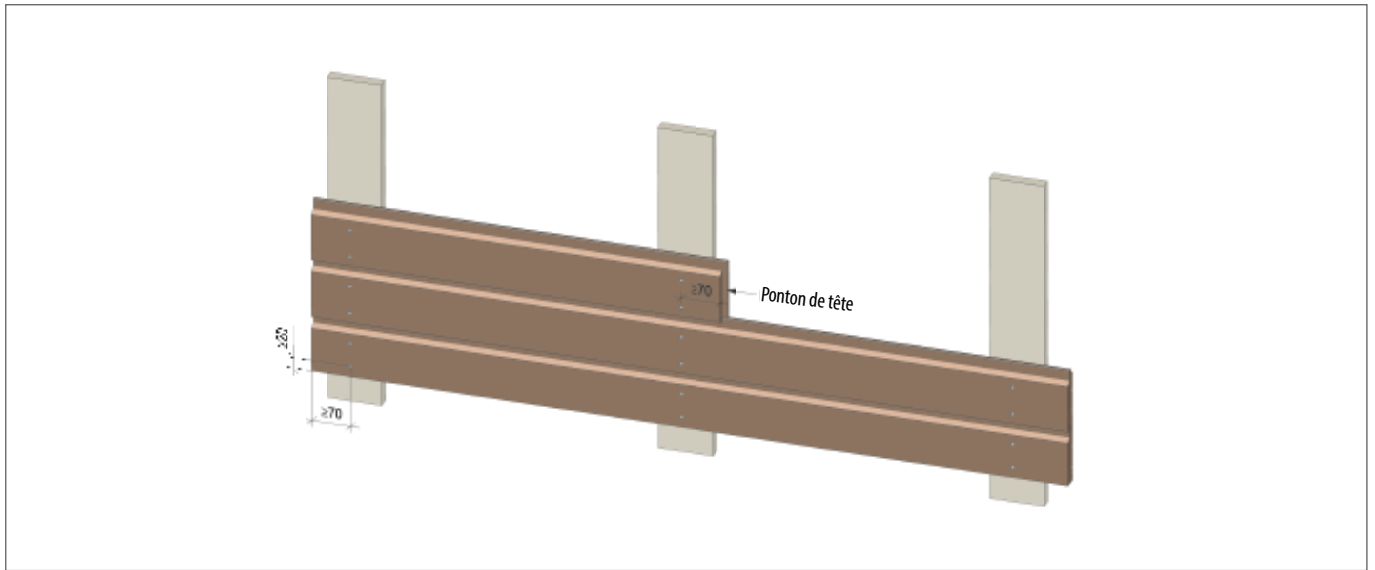


Figure 52. Distances recommandées par rapport aux bords et extrémités sans pré-perçage des produits ThermoWood®.

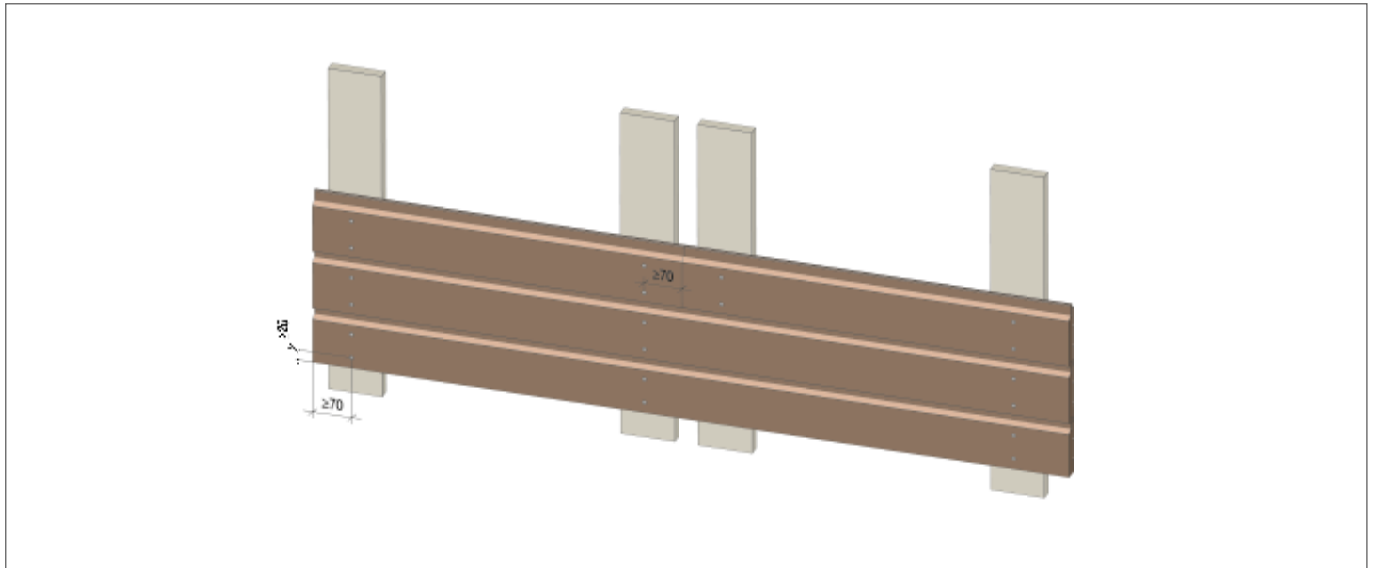


Figure 53. Distances recommandées par rapport aux bords et extrémités sans pré-perçage des produits ThermoWood® (avec raccord rainure-langette).

10 ThermoWood® DANS LA CHARPENTERIE

Grâce à sa couleur et sa stabilité dimensionnelle, le bois ThermoWood® est un matériau idéal pour le mobilier. Les usages typiques incluent le mobilier intérieur et extérieur.



Figure 54. Volets ThermoWood®.



Figure 55. Bancs ThermoWood®.



Figure 56. Bancs ThermoWood®.



Figure 57. ThermoWood® utilisé comme matériau du plan de travail.

11 RÉFÉRENCES

Les produits ThermoWood® sont utilisés avec succès dans un large éventail d'applications à travers le monde. Les figures ci-dessous présentent quelques exemples dans divers pays.



Figure 58. Produits ThermoWood® utilisés pour réaliser une terrasse et un bardage mural extérieur dans un hôtel turc.



Figure 59. Bardage mural extérieur ThermoWood® sur un restaurant lituanien.



Figure 60. Bardage extérieur en produits ThermoWood®. (Turquie).



Figure 61. Bardage mural extérieur ThermoWood® d'apparence naturellement vieillie au Portugal.



Figure 62. Bardage extérieur en produits ThermoWood®.



Figure 63. Bardage mural extérieur ThermoWood® sur un centre commercial espagnol.



Figure 64. Bardage mural intérieur ThermoWood® en épicéa nordique, classe de produit Thermo-S.



Figure 65. Bancs de sauna ThermoWood®.



Figure 66. Lattes ThermoWood® sur balustrade de balcon.



Figure 67. Bardage mural extérieur ThermoWood® sur une église portugaise.



Figure 68. Bardage extérieur ThermoWood® (Pays-Bas).



Figure 69. Bardage extérieur ThermoWood® (Belgique).



Figure 70. Bardage extérieur ThermoWood® (Belgique).



Figure 71. Terrasse ThermoWood® (Finlande).

12 INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

International Thermowood Association

Le site web fournit plus d'informations sur les membres de l'International Thermowood Association.

www.thermowood.com

PHOTOS UTILISÉES DANS LE GUIDE

- Figure 1 Lunawood, projet : Centro Escolar de Mouriz, architecte : CNLL Architects / Nuno Lacerda, Portugal 2010, photo : Fernando Guerra FG+SG
- Figure 2 Lunawood, Inspiroiva Creative
- Figure 4 Lunawood, photo : Sami Tirkkonen
- Figure 6 Jartek Invest Oy
- Figure 7 Jartek Invest Oy
- Figure 8 Lunawood, photo : STOODIO Oy
- Figure 12 Lunawood, photo : Lunawood
- Figure 15 Lunawood, photo : Lunawood
- Figure 16 Lunawood, photo : Lunawood
- Figure 17 Lunawood, photo : Lunawood
- Figure 18 Lunawood, photo : Lunawood
- Figure 19 Tantimber
- Figure 20 Tantimber
- Figure 21 Tantimber, architecte : Mustafa Cicek, photo : Cicek Insaat, Turquie - Izmir 2018
- Figure 33 Lunawood, projet : Hôtel Gustavelund, Finlande 2019, photo : Sami Tirkkonen
- Figure 36 Lunawood, photo : Lunawood
- Figure 38 Lunawood, projet : maison à Gerês, architecte : Carvalho Araújo, Portugal 2015, photo : NUDO
- Figure 40 Lunawood, projet : Café Geometry Of Taste, architecte : Natalia Reznik, Venäjä 2019, photo : Lunawood
- Figure 44 SWM-Wood
- Figure 47 Tantimber, Turquie
- Figure 51 Lunawood, architecte : Plusarkkitehdit, Finlande 2016, photo : Kuvio Ltd
- Figure 54 SWM-Wood, volets ThermoWood®
- Figure 55 Lunawood, projet : parc urbain mobilier VDNH Moscou, Punto Design, Venäjä 2019, photo : Lunawood
- Figure 56 Lunawood, projet : parc urbain mobilier VDNH Moscou, Punto Design, Venäjä 2019, photo : Lunawood
- Figure 57 SWM-Wood
- Figure 58 Tantimber, architecte : Mustafa Cicek, photo : Cicek Insaat, Turquie - Izmir 2018
- Figure 59 Lunawood, projet : restaurant et square, architecte : Do Architects, Lituanie 2014, photo : Norbert Tukaj
- Figure 60 Tantimber, photo : Tantimber, Turquie -Istanbul, 2018
- Figure 61 Lunawood, projet : maison de vacances, architecte : Marta Rocha & Fabien Vacelet, Portugal 2015, photo : Tiago Casanova
- Figure 62 SWM-Wood
- Figure 63 Lunawood, projet : marché Barcelone, architecte : Maria Manrique & Gisela Planas, Espagne 2016, photo : Pere Virgili
- Figure 64 Lunawood, photo : Lunawood
- Figure 65 SWM-Wood
- Figure 66 SWM-Wood
- Figure 67 Lunawood, projet : chapelle S. Pedro De Avioso, architecte : Susana Carvalho, Portugal 2018, photo : Fábio Silva, Banema
- Figure 68 LDCwood, projet : showroom A.Vogel, Zwaluwenburg, Pays-Bas, fraké ThermoWood® - Thermo-D, architecte : Johan
- Figure 69 LDCwood, projet : Campus AG, Bruxelles, Belgique, pin ThermoWood® - Thermo-D, traité ignifuge sur site, architecte : EVR Architecten
- Figure 70 LDCwood, projet : club sportif, Gand, Belgique, pin ThermoWood® - Thermo-D, traité ignifuge sur site, architecte : Servaas Vertongen
- Figure 71 International ThermoWood Association



Le présent guide fournit des informations essentielles sur les produits en bois thermomodifié commercialisés sous la marque ThermoWood®. Il a pour but de donner des informations objectives sur les produits ThermoWood® et leur utilisation.

Il s'adresse aux architectes et concepteurs de structures, détaillants, fabricants de composants et d'éléments, sous-traitants, charpentiers et établissements de formation.

La Rakennustuotteiden Laatu Säätiö sr (fondation pour la qualité des produits de construction) a participé au financement du présent guide.

