

# Bois – guide pour le bon usage

Ce document a été réalisé par Hout Info Bois dans le cadre du programme Interreg IV A France – Wallonie – Vlaanderen, intitulé « Eurowood IV ». Ce projet interrégional vise, notamment à promouvoir le bois en tant que matériau de construction, de part et d'autre de la frontière. Il est cofinancé par l'Union Européenne (fonds structurels FEDER) et la Région wallonne.



*Interreg efface les frontières  
Interreg doet grenzen vervagen*



Wallonie

#### Coordination du projet et rédaction:

Olivia Picard

#### Groupe rédactionnel (textes et illustrations):

Stéphane Charron – *Centre Scientifique et Technique de la Construction*

Emmanuel Defays – *Office Economique Wallon du Bois*

Hugues Frère – *Hout Info Bois*

Marc Georges – *Centre de Formation Bois*

Olivier Lamy – *Atelier Olivier Lamy*

Olivia Picard – *Hout Info Bois*

Laurence Vandormael – *Brouae – architecture et énergies*

#### Comité de lecture:

Stéphane Charron – *Centre Scientifique et Technique de la Construction*

Emmanuel Defays – *Office Économique Wallon du Bois*

Hugues Frère – *Hout Info Bois*

Marc Georges – *Centre de Formation Bois*

Marc Herman – *SPW: Département de l'Étude du Milieu Naturel et Agricole*

Benoît Jourez – *Université de Liège/SPW:*

*Département de l'Étude du Milieu Naturel et Agricole*

Frank Norrenberg – *TRAIT architects*

Thomas Scorier – *TS Construct*

#### Nous tenons à remercier pour leur collaboration, leurs avis et leur aide:

André Baivier – *Isoproc*

Sylvie Boldrini – *Fédération Nationale des Scieries*

Dominique Langendries – *Centre Scientifique et Technique de la Construction*

Guillaume Lethé – *Centre Scientifique et Technique de la Construction*

Damien Nyssen-Dehaye – *Université catholique de Louvain*

François Ruchenne – *Fédération Nationale des Scieries/Hout Info Bois*

Manuel Van Damme – *Centre Scientifique et Technique de la Construction*

Marc Van Leemput – *Centre Technique de l'Industrie du Bois*

Admon Wajnblum – *Archibois*

Denis Zastavni – *Université catholique de Louvain*

Cet ouvrage est destiné à l'information et ne dispense en aucun cas :

- de la consultation des textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés, etc.) ou normatifs (normes, règles de calculs, DTU, etc.).
- du recours à un/des spécialiste(s) et professionnel(s) pour tous les sujets abordés.

Hout Info Bois décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes, quelle qu'en soit la nature, qui résulteraient d'une interprétation inexacte du contenu de ce document.

© 2012 Hout Info Bois

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans autorisation préalable de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon.

hout bois  
info

Éditeur responsable : Hout Info Bois

163, rue royale – 1210 Bruxelles

Conception et réalisation graphique : Atelier Olivier Lamy

Impression classeur : Hayez, Bruxelles

Impression fiches : Impresor-Pauwels, Bruxelles

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION</b>	
<b>1.1.</b>	<b>La forêt et la filière bois</b>	<b>1/6</b>
1.1.1.	Les forêts dans le monde	1
1.1.2.	Les forêts belges	2
	– Situation en Région wallonne	3
	– Situation en Région flamande	4
	– Situation en Région bruxelloise	4
1.1.3.	Filière bois	5
<b>1.2.</b>	<b>Aspects environnementaux</b>	<b>1/8</b>
1.2.1.	Changements climatiques	1
1.2.2.	La forêt pour piéger le carbone	2
	– Puits de carbone	2
	– Gestion des forêts du monde	3
	– Les intérêts environnementaux de l'exploitation forestière	3
	– La gestion durable des forêts	4
	– La certification forestière	4
	– Le bois pour ralentir le réchauffement climatique	5
	– Le cycle de vie du bois	6
<b>1.3.</b>	<b>La construction bois en Belgique</b>	<b>1/2</b>
1.3.1.	Quelques chiffres...	1
1.3.2.	Et l'urbanisme...	2
<b>2.</b>	<b>MATÉRIAU BOIS : LES CARACTÉRISTIQUES</b>	
<b>2.1.</b>	<b>La structure du bois</b>	<b>1/8</b>
2.1.1.	L'arbre	1
2.1.2.	Le plan ligneux	4
2.1.3.	L'anatomie du bois	5
	– Bois de feuillus	5
	– Bois de résineux	6
2.1.4.	Ultrastructure et paroi cellulaire	7
2.1.5.	Chimie du bois	8
<b>2.2.</b>	<b>Les propriétés physiques du bois</b>	<b>1/6</b>
2.2.1.	Masse volumique du bois	1
2.2.2.	Anisotropie	1
2.2.3.	Hygroscopie du bois	2
2.2.4.	Dureté du bois	2
2.2.5.	Propriétés thermiques du bois	3
2.2.6.	Propriétés acoustiques du bois	4
2.2.7.	Le bois et le feu	5
<b>2.3.</b>	<b>Les propriétés mécaniques du bois</b>	<b>1/10</b>
2.3.1.	Comportement élastique du bois	2
	– Module d'élasticité	3
2.3.2.	Modes de sollicitations majeurs	3
	– Traction	3
	– Compression	4
	– Cisaillement	5
	– Flexion	6
	– Fluage	6
2.3.3.	Facteurs d'influence	7
2.3.4.	Classement du bois	8
<b>2.4.</b>	<b>Essences de bois indigènes</b>	<b>1/4</b>
<b>2.5.</b>	<b>Le bois et l'humidité</b>	<b>1/10</b>
2.5.1.	Teneur en eau du bois	1
	– Hygroscopie du bois	1
	– L'eau dans le bois	1
	– Equilibre hygroscopique	2
	– Mesure de la teneur en eau	2

2.5.2.	Variations dimensionnelles	4
	– Travail du bois	5
	– Mouvement du bois	6
2.5.3.	Séchage	7
<b>2.6.</b>	<b>TRAITEMENTS DU BOIS</b>	<b>1/16</b>
2.6.1.	Durabilité des bois et classes d'emploi	1
	– Durabilité naturelle	1
	– Classes d'emploi	2
2.6.2.	Risques biologiques	3
	– Champignons lignivores	3
	– Insectes à larves xylophages	6
2.6.3.	Dégradations physico-chimiques	7
2.6.4.	Prévention constructive	7
2.6.5.	Préservation du bois	8
	– Traitements préventifs	9
	– Traitements curatifs	10
	– Produits de préservation	11
	– Procédés d'application	11
	– Méthodes alternatives	12
2.6.6.	Finitions	13
	– Principaux types de finitions	13
	– Le vieillissement des finitions	15
	– Facteurs d'influence du système bois-finition	16
<b>3.</b>	<b>MATÉRIAU BOIS : BOIS MASSIFS ET MATÉRIAUX DÉRIVÉS DU BOIS</b>	<b>1/22</b>
<b>3.1.</b>	<b>Bois massifs</b>	<b>4</b>
3.1.1.	Bois ronds	4
3.1.2.	Sciages	4
<b>3.2.</b>	<b>Bois massifs collés (BMC)</b>	<b>8</b>
3.2.1.	Bois massifs aboutés (BMA)	8
3.2.2.	Bois lamellés-collés (BLC)	9
3.2.3.	Bois massifs reconstitués (BMR) ou bois contrecollés	9
3.2.4.	Panneaux massifs à plis croisés (contrecollés ou contre-cloués)	10
<b>3.3.</b>	<b>Placages</b>	<b>11</b>
<b>3.4.</b>	<b>Panneaux contreplaqués</b>	<b>12</b>
<b>3.5.</b>	<b>Panneaux de particules</b>	<b>14</b>
<b>3.6.</b>	<b>OSB oriented strand board</b>	<b>15</b>
<b>3.7.</b>	<b>Panneaux de fibres</b>	<b>17</b>
<b>3.8.</b>	<b>Aide au choix de la classe technique de panneau</b>	<b>19</b>
<b>3.9.</b>	<b>Autres produits dérivés du bois</b>	<b>21</b>
3.9.1.	Lamibois (LVL)	21
3.9.2.	Poutres reconstituées (PSL et LSL)	21
3.9.3.	Poutres composites	22
<b>4.</b>	<b>CONCEPTION DES OUVRAGES EN BOIS</b>	
<b>4.1.</b>	<b>Quatre systèmes constructifs</b>	<b>1/32</b>
4.1.1.	Ossature bois	2
4.1.2.	Poteaux-poutres	10
4.1.3.	Panneaux de bois massifs	17
4.1.4.	Construction en bois empilés	24
4.1.5.	Comparatif des 4 systèmes constructifs	31
<b>4.2.</b>	<b>Le bois en revêtements de sol</b>	<b>1/12</b>
4.2.1.	Définitions	1
4.2.2.	Trois familles : massifs, semi-massifs, stratifiés	2
4.2.3.	La pose du revêtement de sol	4
4.2.4.	La finition et l'entretien des revêtements de sol	7

4.2.5.	Cas particuliers	9
	– Le chauffage par le sol	9
	– L'utilisation du bois en salle de bains	11
<b>4.3.</b>	<b>Revêtements de façade en bois : conception et mise en œuvre</b>	<b>1/12</b>
4.3.1.	Forme, agencement et dimensions des lames	1
4.3.2.	Espèces, qualité et humidité du bois	2
4.3.3.	Fixation du bardage (clous, vis, rivets)	3
4.3.4.	Exigences techniques et réglementaires applicables aux bardages en bois	4
	– Isolation thermique	4
	– Sécurité incendie	4
4.3.5.	Protection contre l'humidité : drainage et ventilation de la lame d'air	5
	– Lamé d'air	5
	– Pare-pluie (membrane d'étanchéité)	5
4.3.6.	Traitements de protection	6
	– Traitements de préservation	6
	– Traitements de finition	7
	– Le grisaillement du bois	7
4.3.7.	Mise en œuvre des bardages	8
	– Lattes de fixation	8
	– Pare-pluie	8
	– Lames	9
4.3.8.	Détails de mise en œuvre : à titre d'exemple...	9
	– Protection du bois de bout	9
	– Raccord avec la toiture	10
	– Raccord avec une menuiserie encastrée dans la façade	10
	– Eléments rapportés	11
4.3.9.	Finition intérieure	12
4.3.10.	Stockage	12
<b>4.4.</b>	<b>Aménagements extérieurs : Les terrasses en bois</b>	<b>1/18</b>
4.4.1.	Durabilité et classes d'emploi	1
4.4.2.	Composants	7
	– Les supports de la terrasse	7
	– Le solivage	7
	– Le lambourrage	7
	– Les lames de platelage	8
4.4.3.	Conception et mise en œuvre	9
	– Réalisation du solivage	9
	– Réalisation du platelage	10
	– Terrasses sur supports plans	17
<b>5.</b>	<b>ASPECTS ÉNERGÉTIQUES</b>	<b>1/22</b>
<b>5.1.</b>	<b>Approche théorique</b>	<b>1</b>
5.1.1.	Le transfert de vapeur	1
5.1.2.	L'étanchéité à l'air	3
5.1.3.	La continuité thermique – les nœuds constructifs	4
5.1.4.	Les propriétés d'isolation et d'inertie thermique	4
<b>5.2.</b>	<b>Approche pratique</b>	<b>6</b>
5.2.1.	Simulation et processus d'évaluation d'une paroi	6
5.2.2.	Conclusion de l'approche pratique	8
5.2.3.	Contenu des fiches	8
<b>5.3.</b>	<b>Le climat intérieur</b>	<b>9</b>
5.3.1.	La gestion de la chaleur	9
5.3.2.	La ventilation	9
	Exemples	10
	M6 – Isolation de mur dans son épaisseur – OSB côté extérieur (très peu utilisé en Belgique)	10
	M7 – Isolation de mur dans son épaisseur – OSB côté extérieur	12
	M8 – Isolation de mur en bois massif par l'extérieur	14
	M9 – Isolation de mur en madriers de bois par l'extérieur	16
	T3 – Isolation de toiture inclinée par l'extérieur – cellulose	18
	T5 – Isolation de toiture inclinée en bois massif par l'extérieur	20

**6. LEXIQUE**

---

**7. APPROCHE PRATIQUE**

---

- Étude 1 La problématique incendie d'un bâtiment en bois
- Étude 2 La problématique acoustique d'un bâtiment en bois
- Étude 3 La problématique structurale d'un bâtiment en bois
- Étude 4 La problématique hygro-thermique d'un bâtiment en bois

Le bois est à la mode ! L'engouement qu'il suscite est indéniable ; un ouvrage en bois a quelque chose de fascinant... Est-ce dû aux propriétés intrinsèques du matériau ou aux sentiments plus ou moins conscients qu'il inspire ?

Ne tranchons pas, les deux pardi !

Le bois a une réelle importance dans notre imaginaire. Il constitue une référence à la nature, à la matière vivante, à l'environnement. Un arbre croît, donne son bois, un autre arbre pousse... C'est toute une filière qui vit. Quel autre matériau nous accompagne aussi intimement au quotidien ? Qui n'a de souvenirs liés au bois ? Un hochet, un train, un cheval à bascule, une veillée au coin d'un feu, un lit, une charpente, une pipe, un parquet... Autant de raisons d'avoir la fibre bois.

Dans un monde de plus en plus aseptisé, urbanisé, nous sommes entourés de nouveaux matériaux qui nous ont éloignés de la nature. Le bois est le fil d'Ariane qui nous permet de garder le contact. Le suivre est un besoin vital.

Passons aux indiscutables qualités. Il est à la fois léger et résistant ; il est thermiquement performant, chimiquement inerte ; il se travaille facilement, il est esthétique et varié, il est puits de carbone... C'est un matériau recyclable et renouvelable : rien ne se perd, rien ne se crée...

Mais attention, la maîtrise du bois n'est pas innée. La confiance qu'il inspire nous donne l'impression que sa mise en œuvre est aisée, il faut toutefois bien le connaître pour bien l'utiliser. À toutes les étapes de sa production, de sa transformation, de son utilisation, le bois réclame des connaissances. Ignorer ses spécificités, c'est prendre des risques.

Ce guide procède de cette vérité. Informer... pour mieux vivre bois. Le projet européen dans le cadre duquel il a été élaboré, a permis, par son caractère transfrontalier, de faire de ce document le point de convergence de connaissances, d'avis et d'expériences multiples.

**Emmanuel Defays**  
Directeur de l'Office Economique Wallon du Bois

**Hugues Frère**  
Directeur Hout Info Bois

hout info bois



# 1

## INTRODUCTION

<b>1.1.</b>	<b>LA FORÊT ET LA FILIERE BOIS</b>	<b>1/6</b>
1.1.1.	Les forêts dans le monde	1
1.1.2.	Les forêts belges	2
	– Situation en Région wallonne	3
	– Situation en Région flamande	4
	– Situation en Région bruxelloise	4
1.1.3.	Filière bois	5
<b>1.2.</b>	<b>ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX</b>	<b>1/8</b>
1.2.1.	Changements climatiques	1
1.2.2.	La forêt pour piéger le carbone	2
	– Puits de carbone	2
	– Gestion des forêts du monde	3
	– Les intérêts environnementaux de l'exploitation forestière	3
	– La gestion durable des forêts	4
	– La certification forestière	4
	– Le bois pour ralentir le réchauffement climatique	5
	– Le cycle de vie du bois	6
<b>1.3.</b>	<b>LA CONSTRUCTION BOIS EN BELGIQUE</b>	<b>1/2</b>
1.3.1.	Quelques chiffres...	1
1.3.2.	Et l'urbanisme...	2

hout info  
siog boois

## 1.1. LA FORÊT ET LA FILIÈRE BOIS

La forêt est un élément du patrimoine de l'humanité, au même titre que l'air ou l'eau. Elle existe au bénéfice de tous, pour des raisons conscientes et inconscientes (biodiversité, loisirs, réduction de l'effet de serre, régulation de l'écoulement des eaux, filtration, approvisionnement en matière première, etc.). Or la forêt ne survivra durablement que si tout un chacun contribue à sa conservation.

Comme tous les organismes vivants, un arbre évolue chaque jour et il est de la nature même de l'arbre de croître et donc de produire du bois. Contrairement à de nombreuses idées reçues,

la récolte forestière, et par conséquent l'utilisation du bois, ne participent pas obligatoirement à la déforestation. Que du contraire. La forêt, correctement gérée, prospère en produisant plus de bois et de meilleure qualité.

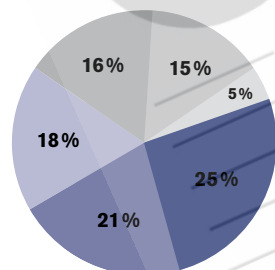
Ainsi, utiliser les produits de la forêt dans la construction favorise le développement des forêts. Dans les pays industrialisés, la demande en bois de construction a un effet positif sur les forêts ; elle incite les propriétaires à investir dans une gestion forestière réfléchie et durable.

### 1.1.1. LES FORÊTS DANS LE MONDE

La surface forestière mondiale représente un peu moins de 4 milliards d'ha, soit 30% des terres émergées. Ces forêts sont constituées d'un tiers de résineux et de deux tiers de feuillus. Bien qu'un

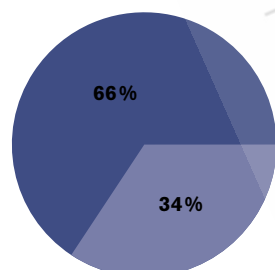
ralentissement ait été noté, les chiffres récents montrent que la surface forestière mondiale continue de décliner.

Superficie forestière (en % de la surface totale du pays)



#### Répartition des forêts par continents

- 25% Europe (soit 1.001 millions d'ha) ; Russie (soit 809 millions d'ha) ; Europe 27 (soit 155 millions d'ha)
- 21% Amérique du Sud (soit 832 millions d'ha)
- 18% Amérique du Nord & Centrale (soit 706 millions d'ha)
- 16% Afrique (soit 635 millions d'ha)
- 15% Asie (soit 572 millions d'ha)
- 5% Océanie (soit 206 millions d'ha)



#### La répartition de ces forêts est inégale et seulement 10 pays se partagent deux tiers de la superficie forestière totale :

- 66% Dix pays (2.620 millions d'ha) :
  - Russie (20% soit 809 millions d'ha) ; Brésil (12% soit 478 millions d'ha) ; Canada (8% soit 310 millions d'ha) ; Etats-Unis (8% soit 303 millions d'ha) ; Chine (5% soit 197 millions d'ha) ; Australie (4% soit 164 millions d'ha) ; Rép. Dém. du Congo (3% soit 134 millions d'ha) ; Indonésie (2% soit 88 millions d'ha) ; Pérou (2% soit 69 millions d'ha) ; Inde (2% soit 68 millions d'ha)
- 34% Reste du monde (1.333 millions d'ha)

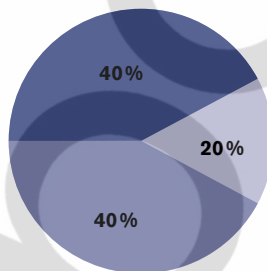
Seuls 60% des forêts du monde sont réellement exploitables et la récolte annuelle de bois s'élève à 3 milliards de m<sup>3</sup> dont 40% sont destinés au bois de feu et 60% au bois d'œuvre.

#### Les forêts du monde sont réparties en trois grandes zones climatiques:

**40% des forêts mondiales:** La ceinture forestière équatoriale essentiellement constituée d'essences feuillues extraordinairement variées.

**40% des forêts mondiales:** La ceinture boréale représentée par une majorité de résineux.

**20% des forêts mondiales:** Les forêts de la région tempérée, pour la plupart cultivées et remaniées par l'homme depuis plusieurs siècles, présentent une répartition et des proportions résineux et feuillus variables en fonction de la latitude et de l'altitude.



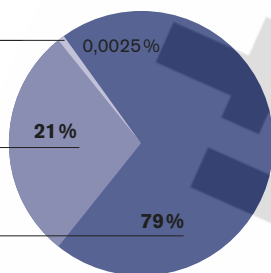
## 1.1.2. LES FORÊTS BELGES

La forêt belge couvre 703.600 ha, soit 23% du territoire belge

Région bruxelloise  
1.700 ha

Région flamande  
147.900 ha

Région wallonne  
554.000 ha



La superficie des forêts belges a augmenté de 59% en 140 ans



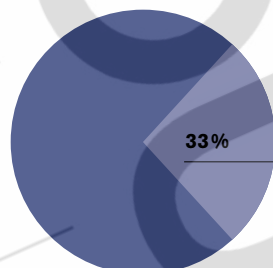
La Province de Luxembourg est la plus boisée de Belgique avec 52 % de sa surface couverte de forêts. Suivent ensuite, par ordre d'importance, les Provinces de Namur, de Liège, du Hainaut, d'Anvers, du Limbourg, du Brabant flamand, du Brabant wallon, de Flandre orientale et de Flandre occidentale.

L'objectif des prochaines années est de maintenir le volume disponible en bois indigènes. Si, actuellement, la productivité moyenne annuelle est, toutes essences confondues, d'environ 7 m<sup>3</sup> par ha, elle n'était, il y a 20 ans, que de 4 m<sup>3</sup> par ha et de près d'1,5 m<sup>3</sup> par ha au début du siècle dernier.

Elle a pratiquement quintuplé tandis que la qualité de nos bois s'est fortement améliorée.

## Situation en Région wallonne

La superficie de la Wallonie est de 1.686.687 ha et la surface forestière est de 554.000 ha, soit 33% de sa surface totale.



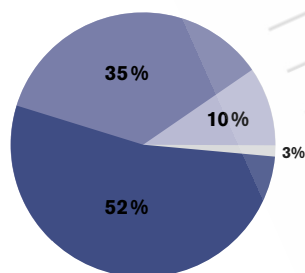
46% feuillus  
40% résineux  
14% zones improductives

La forêt wallonne est très productive, les prélèvements annuels y sont d'environ 3,5 millions de m<sup>3</sup>, dont 75% de résineux, 13% de grumes de feuillus et de 12% de petits bois et houppiers de feuillus.

La superficie de la forêt wallonne progresse légèrement avec un accroissement annuel en volume de 0,4%.

### Composition de la forêt wallonne

	Surface : bois publics et privés (ha)	Volume sur pied (x 1000m <sup>3</sup> )
<b>Peuplements feuillus</b>		
Chênaies	82.600	14.997
Hêtraies	43.700	9.770
Peupleraies	9.800	2.097
Peuplements de feuillus nobles (chêne rouge, érable, frêne, merisier, orme, etc.)	59.800	12.307
Autres peuplements feuillus (châtaigner, robinier, etc.)	45.950	7.765
Taillis	14.400	5.656
<b>Peuplements résineux</b>		
Pessières	163.450	46.036
Pineraies	12.600	2.981
Mélèzières	13.950	3.185
Douglasaies	7.550	1.803
Autres peuplements résineux	25.700	6.065
<b>Zones forestières improductives</b>	74.500	

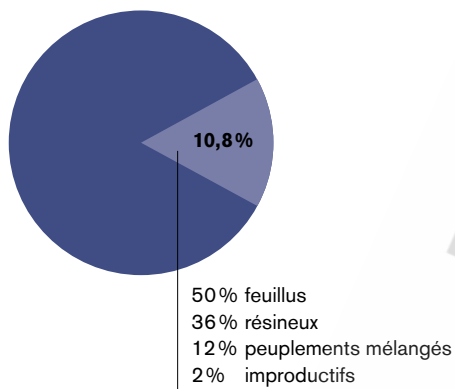


### Forêts publiques et forêts privées :

- 35%** de la superficie forestière wallonne appartient aux communes
- 10%** de la superficie forestière wallonne appartient à la Région et aux Provinces
- 3%** de la superficie forestière wallonne appartient aux CPAS, Fabriques d'Église, etc.
- 52%** de la superficie forestière wallonne appartient à près de 100.000 propriétaires privés et la superficie moyenne par propriétaire est de 2,88 ha

## Situation en Région flamande

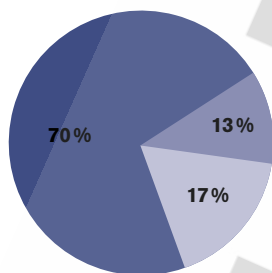
La superficie de la Flandre est de 1.208.999 ha et la surface forestière est de 147.900 ha, soit 12% de sa surface totale



L'accroissement de la superficie forestière en Flandre est extrêmement faible voire nul. En effet, la forêt subit la pression des zones à bâtir, du développement des terres agricoles, des zones industrielles, des domaines naturels et des zones récréatives et de loisirs.

### Forêts publiques et forêts privées :

- 70%** de la superficie forestière flamande appartient à près de 68.000 propriétaires privés et la superficie moyenne par propriétaire est de 1,5 ha
- 13%** de la superficie forestière flamande appartient à la Région
- 17%** de la superficie forestière flamande appartient aux Provinces, aux Communes, aux CPAS, aux fabriques d'église, aux intercommunales etc.



### Composition de la forêt flamande

	Volume sur pied (x 1000m <sup>3</sup> )
<b>Peuplements feuillus</b>	
Chênaies	14.638
Hêtraies	10.247
Peupleraies	21.957
Autres peuplements feuillus	26.349
<b>Peuplements résineux</b>	
Pin sylvestre	15.809
Pin de corse	7.114
Mélèzières	1.317
Autres peuplements résineux	2.108

## Situation en Région bruxelloise

La forêt bruxelloise couvre 1.700 ha dont la totalité est soumise au régime public et dont 654 ha sont d'un seul tenant pour la forêt de Soignes.

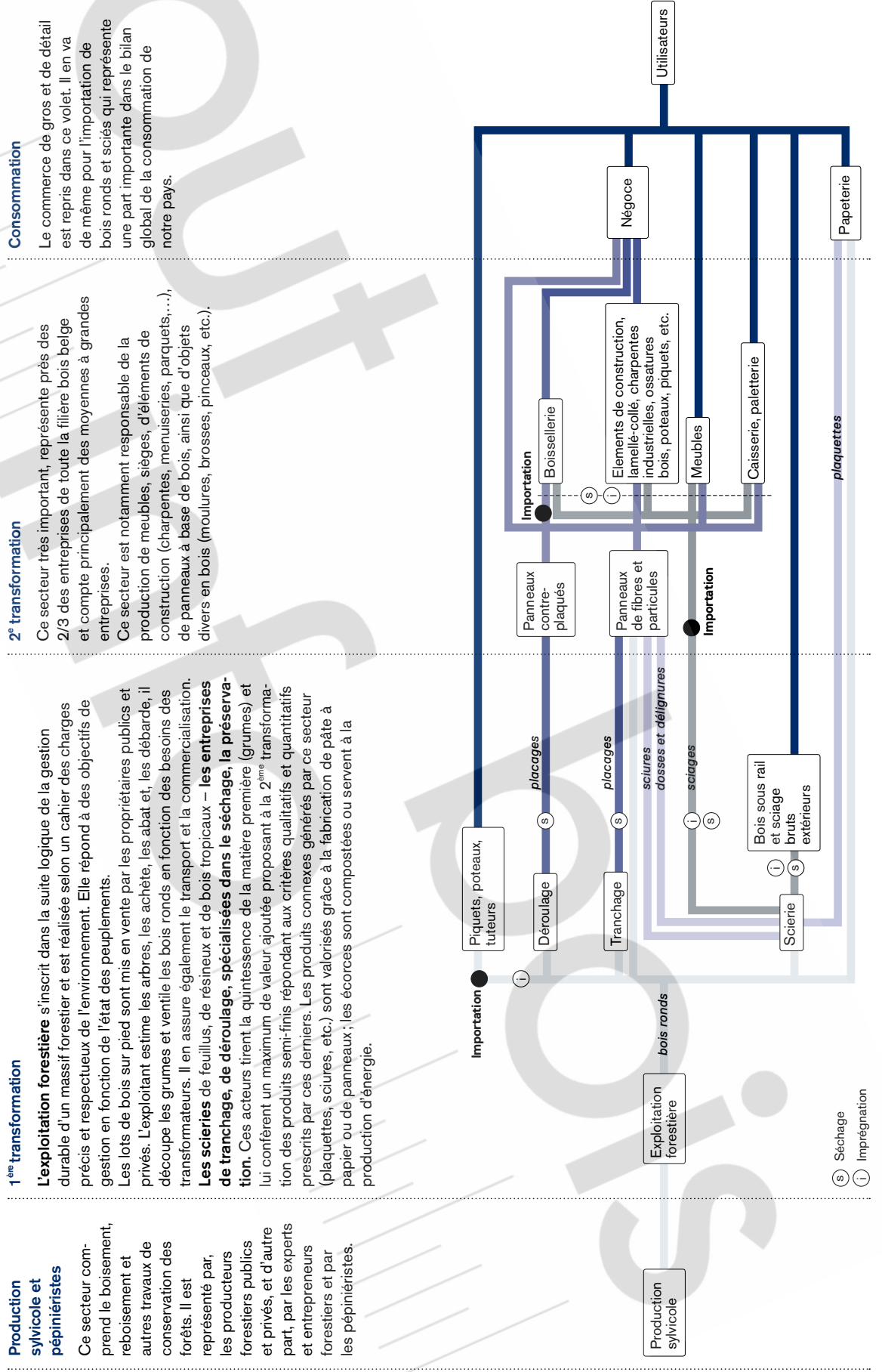
Le volume annuel d'exploitation est estimé à 8.000 m<sup>3</sup>. La répartition des essences est la suivante :

### Composition de la forêt bruxelloise

	Surface en forêt de Soignes (en ha)
<b>Peuplements feuillus</b>	
Hêtraies	490,5
Chênaies	98
Autres peuplements feuillus	13
<b>Peuplements résineux</b>	
Résineux (surtout pin et mélèze)	53,5

### 1.1.3. FILIÈRE BOIS

La filière bois est composée de quatre secteurs bien distincts: [1]



#### 1<sup>ère</sup> transformation

**L'exploitation forestière** s'inscrit dans la suite logique de la gestion durable d'un massif forestier et est réalisée selon un cahier des charges précis et respectueux de l'environnement. Elle répond à des objectifs de gestion en fonction de l'état des peuplements. Les lots de bois sur pied sont mis en vente par les propriétaires publics et privés. L'exploitant estime les arbres, les achète, les abat et, les débarde, il découpe les grumes et ventile les bois ronds en fonction des besoins des transformateurs. Il en assure également le transport et la commercialisation. **Les scieries** de feuillus, de résineux et de bois tropicaux – **les entreprises de tranchage, de déroulage, spécialisées dans le séchage, la préservation**. Ces acteurs tirent la quintessence de la matière première (grumes) et lui confèrent un maximum de valeur ajoutée proposant à la 2<sup>ème</sup> transformation des produits semi-finis répondant aux critères qualitatifs et quantitatifs prescrits par ces derniers. Les produits connexes générés par ce secteur (plaquettes, sciures, etc.) sont valorisés grâce à la fabrication de pâte à papier ou de panneaux; les écorces sont compostées ou servent à la production d'énergie.

#### Production sylvicole et pépiniéristes

Ce secteur comprend le boisement, reboisement et autres travaux de conservation des forêts. Il est représenté par les producteurs forestiers publics et privés, et d'autre part, par les experts et entrepreneurs forestiers et par les pépiniéristes.

#### 2<sup>e</sup> transformation

Ce secteur très important, représente près des 2/3 des entreprises de toute la filière bois belge et compte principalement des moyennes à grandes entreprises. Ce secteur est notamment responsable de la production de meubles, sièges, d'éléments de construction (charpentes, menuiseries, parquets,...), de panneaux à base de bois, ainsi que d'objets divers en bois (mouleurs, brosses, pinceaux, etc.).

#### Consommation

Le commerce de gros et de détail est repris dans ce volet. Il en va de même pour l'importation de bois ronds et sciés qui représente une part importante dans le bilan global de la consommation de notre pays.

Pour les quatre sous-secteurs confondus, la filière bois belge compte près de 2.300 entreprises et occupe quelque 31.000 personnes. Ce secteur représente 400 millions d'euro d'investissement et génère un chiffre d'affaire annuel dépassant les 8 milliards d'euro.

**Les forêts wallonnes produisent annuellement 4 millions de m<sup>3</sup> de bois ronds dont on prélève 3,6 millions de m<sup>3</sup>. Avec un rendement moyen de 50 %, c'est finalement 1,8 million de m<sup>3</sup> de bois belges sciés qui sont produits tous les ans – 1,3 millions de m<sup>3</sup> de résineux et 0,5 millions de m<sup>3</sup> de feuillus.**

## Lectures complémentaires

- [1] FAO. L'évaluation des ressources forestières mondiales 2005. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2006, 351p.
- [2] H. LECOMTE, P. FLORKIN, J-P. MORIMONT, M. THIRION, S. LEMAIRE, S. TAZIAUX. Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie. SPW – DGARNE – Département Nature et Forêt, 2008.
- [3] C. LAURENT, H. LECOMTE. L'état de l'environnement wallon – Rapport 2006-2007 : Chapitre 6 : L'utilisation des ressources forestières [en ligne]. (Consulté en juin 2009).
- [4] H. FRERE, M. GEORGES, D. LANGENDRIES, CH. JANSSEN. La filière Bois dans tous ses états. Forêt Wallonne, juillet – août 1998, n°37, p. 24-27.
- [5] H. LECOMTE, P. FLORKIN, J-P. MORIMONT, M. THIRION. La forêt wallonne, état de la ressource à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle. Namur : Ministère de la Région Wallonne – Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement – Division Nature et Forêt, 2002, 71p.



## 1.2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Dans le contexte mondial actuel, les inégalités sociales et économiques, et plus encore, le déséquilibre environnemental sont autant d'éléments qui nous poussent à envisager de nouvelles perspectives. L'objectif de développement durable semble être, à ce jour, la seule issue valable pour rétablir

l'équilibre de la planète mis à mal depuis de nombreuses décennies. En tirant les enseignements du passé et à force de réflexions, d'observations et d'études, de nouveaux outils voient le jour et nous permettent d'envisager un avenir plus serein.

### 1.2.1. CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'**effet de serre** est le phénomène naturel de réchauffement atmosphérique causé par les radiations infrarouges réfléchies à la surface de la terre et piégées dans notre atmosphère.

Ce phénomène naturel, qui permet à la température moyenne de la terre de se stabiliser autour de 15 °C, est accentué par l'activité humaine et plus précisément par les émissions de CO<sub>2</sub> engendrées par la combustion de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz, etc.) et la déforestation tropicale.

Les gaz responsables du réchauffement climatique sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>), le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), les gaz fluorés d'origine industrielle (CFC, SF<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>), etc. En effet, depuis le début de la révolution industrielle, ces émissions ont nettement augmenté et la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a augmenté de 30% depuis le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle. **Les émissions de CO<sub>2</sub> augmentent de 0,5% par an** et selon certains scénarios, la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère doublera d'ici 2100.

Les secteurs du transport, du bâtiment et de l'industrie sont responsables à eux seuls d'environ 70% des émissions de CO<sub>2</sub>.

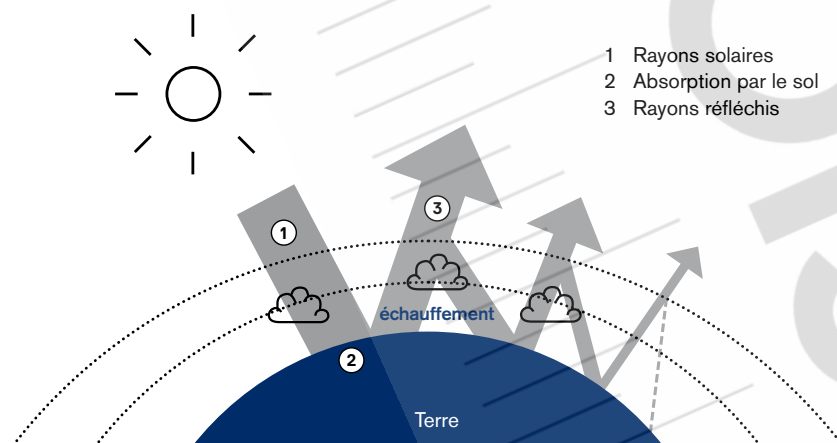
Près de la totalité de l'énergie que nous consommons est d'origine fossile. Afin de stabiliser la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique à son niveau actuel, il faudrait diminuer nos émissions de moitié.

Les premiers effets de ce réchauffement climatique – fonte des glaces, augmentation du niveau global des mers, recul de la couverture neigeuse – se font déjà largement sentir. Selon tous les scénarios prévisionnels, les phénomènes suivants s'accroissent :

- la remontée du niveau des mers avec des conséquences catastrophiques sur les régions côtières, les deltas, les terres situées sous le niveau de la mer et sur leurs habitants.
- la disparition de plusieurs espèces végétales et animales ;
- la propagation de certaines maladies tropicales ;
- les bouleversements climatiques.

Les deux voies pour diminuer la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique sont :

- la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et de leurs sources.
- l'augmentation du stockage de CO<sub>2</sub> et donc l'amplification du phénomène de puits de carbone.



## 1.2.2. LA FORÊT POUR PIÉGER LE CARBONE

### Puits de carbone

Le **cycle du carbone** est caractérisé par des échanges continuels de carbone entre ses différents réservoirs constitués par les océans, par la biomasse vivante et morte, par l'atmosphère, par les roches, etc. La majorité de ces échanges impliquent le carbone sous forme de  $\text{CO}_2$ , et de ce fait, tous les éléments participant au cycle capable de piéger le  $\text{CO}_2$ , sont susceptibles de réduire sa concentration dans l'atmosphère. Ces « pièges » ou « réservoirs » à carbone participent au phénomène de **puits de carbone** ou puits de  $\text{CO}_2$ .

C'est le mécanisme de la photosynthèse qui permet aux arbres de capturer le  $\text{CO}_2$  et, plus particulièrement, de le stocker sous forme de bois. Par ce mécanisme, les forêts jouent le rôle de puits de carbone.

La forêt accomplira sa fonction de puits de carbone plus efficacement si elle est gérée de façon durable et dynamique. En effet, les jeunes arbres, ayant une croissance vigoureuse, absorbent

davantage de  $\text{CO}_2$  que les arbres mûrs qui, s'ils ne sont pas exploités, libéreront, une fois morts, le  $\text{CO}_2$  stocké au cours de leur croissance.

Les produits en bois peuvent dès lors être considérés comme des réservoirs dans lesquels le carbone est stocké pour une certaine période. Plus cette période de stockage est longue, plus elle est bénéfique pour l'environnement. En effet, après sa première vie, un produit en bois peut être recyclé sous forme de panneaux ou en bois reconstitué et le  $\text{CO}_2$ , stocké initialement par l'arbre retournera dans l'atmosphère par le biais de l'incinération ou de la décomposition, pour un bilan final neutre en terme de  $\text{CO}_2$ . La durée de vie d'un produits bois est estimée entre deux jours (journaux) et plusieurs centaines d'années (bois de construction).

« L'homme rejette annuellement 7.900 millions de tonnes de carbone dans l'atmosphère mais seuls 4.600 millions de tonnes sont absorbées par les puits de carbone. L'augmentation annuelle est donc de 3.300 millions de tonnes ».



## Gestion des forêts du monde

Les réalités géographiques, sociales et économiques des régions forestières de la planète engendrent deux processus différents à l'échelle de la planète :

→ **Régions tropicales et subtropicales :** la déforestation, un phénomène essentiellement lié à la pression démographique, à la pauvreté, à l'agriculture de subsistance, à la production d'énergie verte et à des déficiences institutionnelles. L'usage raisonné du bois ne contribue donc pas à la destruction de forêts. Bien au contraire, son utilisation est un moyen positif d'ajouter de la valeur marchande aux forêts ; il encourage une gestion durable.

→ **Régions tempérées :** la superficie forestière européenne (Russie incluse) augmente annuellement de 510.000 ha et la croissance de la forêt, pour l'Europe des 25, est estimée à 645 millions de m<sup>3</sup>. Seuls 64 % de cette croissance annuelle sont exploités ; ce faible taux d'exploitation pourrait engendrer une perte de vigueur de la forêt et la rendre davantage sensible aux insectes, maladies, tempêtes et dégâts d'incendie. Il est donc important de ne pas descendre sous ce seuil et d'envisager une augmentation des récoltes de bois afin de conserver le dynamisme et la santé de nos forêts, ainsi que le bon fonctionnement des puits de carbone.

### La comparaison des forêts en régions tropicales et en Europe fait ressortir d'importantes différences :

Régions tropicales	Europe (Russie incluse)
57 % de la superficie mondiale	25 % de la superficie mondiale
Forêts naturelles	Forêts modifiées par l'homme
Sylviculture quasiment inexistante	Sylviculture très élaborée
Régression de la surface forestière (diminution de 9% en 15 ans)	Accroissement de la surface forestière (augmentation de 23% en 15 ans)

## Les intérêts environnementaux de l'exploitation forestière

La forêt laissée à elle-même évolue progressivement vers un état stable. Une fois arrivée à maturité, elle est en équilibre avec la fertilité du sol, le volume des précipitations et la température.

Dans ce type de forêts, à l'équilibre, non-gérées, la séquestration de carbone est nulle car la croissance des arbres compense les pertes de biomasse liées à l'âge, aux tempêtes, aux incendies, aux maladies, etc.

En exploitant les arbres d'une forêt gérée durablement :

- Tout le carbone fixé dans le bois est stocké durant toute la durée de vie des produits manufacturés à partir du bois exploité ;
- Les jeunes arbres replantés garantissent la pérennité mais également le dynamisme de la forêt et sa capacité à emmagasiner du carbone.

## La gestion durable des forêts

La gestion durable des forêts signifie que l'utilisation des forêts et des terrains boisés s'effectue de manière telle qu'elle garantit le maintien de leur diversité écologique, leur productivité, leur capacité de régénération et leur vitalité. En d'autres mots, la gestion durable des forêts assure leur aptitude à satisfaire aujourd'hui et demain, tant au niveau local, national et mondial, les fonctions écologique, économique et sociale sans causer de préjudices à d'autres écosystèmes.

L'objectif de la gestion durable est de maintenir la croissance de nos écosystèmes et d'assurer un prélèvement annuel – global et par espèces (exploitation forestière, agriculture et chasse, élevage, etc.) – inférieur ou égal à la production. Il faut également souligner qu'une bonne pratique de gestion forestière prévient les dégâts liés à la sécheresse, aux incendies, aux insectes et aux gibiers, aux tempêtes, etc. Elle est le meilleur moyen pour garantir une saine vitalité des forêts.

« La gestion des forêts européennes évolue vers des méthodes qui favorisent les processus naturels et créent des structures forestières authentiques, appropriées d'un point de vue écologique, favorables d'un point de vue social et viables d'un point de vue économique ».

## La certification forestière



Le principe de **certification forestière** existe depuis plus de 15 ans. La certification forestière repose sur le principe de gestion et de développement durables et vise à encadrer l'aménagement des forêts et l'utilisation des ressources forestières. Elle assure aux consommateurs que les produits forestiers qu'ils achètent proviennent de forêts aménagées et exploitées de façon durable et responsable.

La certification forestière se fait par le biais d'organismes indépendants qui attestent que la gestion de la forêt respecte les critères préétablis, lesquels assurent un aménagement durable.

Une chaîne de traçabilité qui suit le flux de bois à travers les différentes étapes d'exploitation, de transformation et de négoce, fait partie intégrante du concept et un logo atteste que le produit provient d'une forêt gérée de façon responsable. Cependant, ce logo est à distinguer des labels de qualité.

Plusieurs systèmes de certification forestière se sont développés en fonction des différents écosystèmes de la planète et en fonction des différents contextes régionaux : le *Platform for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC), le *Forest Stewardship Council* (FSC), la *Sustainable Forestry Initiative* (SFI), la *Canadian Standard Association* (CSA), le *Malaysian Timber Council Certification* (MTCC), *Keurhout* (VVNH – NL), etc.

**Les deux labels de certification forestière les plus répandus dans le monde sont le FSC et le PEFC:**

	<b>FSC</b> Organisme basé sur une participation volontaire, fondé en 1993	<b>PEFC</b> Organisme basé sur une participation volontaire, fondé en 1999
<b>Étendue</b>	Tous les types de forêt dans le monde entier	Organisme de reconnaissance mutuelle des systèmes de certification nationaux dans le monde entier (par exemple le SFI aux Etats-Unis ou le MTCC en Malaisie). La quasi totalité des forêts belges certifiées le sont sous le label PEFC.
<b>Basé sur</b>	Une gestion forestière sociale, écologique et économiquement viable	Une gestion forestière sociale, écologique et économiquement viable
<b>Fonctionnement</b>	Principes et critères adaptés dans les détails en fonction du contexte local. Ces critères sont définis par des normes nationales et régionales avec des groupes de travail multidisciplinaires.	Les règles fixées par le PEFC sont définies par un audit indépendant. Les critères visent un équilibre entre les trois fonctions de la forêt (écologique, sociale et économique) et sont définis conjointement pas des associations environnementales, des scientifiques et des industriels, des consommateurs, les pouvoirs publics et les propriétaires.
<b>Obtention du certificat</b>	Audit indépendant (examen des documents et évaluation sur le terrain)	Audit indépendant (examen des documents et évaluation sur le terrain)
<b>Critères</b>	10 principes et critères	6 critères d'Helsinki
<b>Traçabilité</b>	Chain-of-Custody: toute la filière bois est contrôlée par un organisme indépendant avant certification	Chaque entreprise qui souhaite vendre des produits labellisés PEFC met en place une chaîne de contrôle qui permet de tracer l'origine du bois durable (Chain of Custody)
<b>Suivi et renouvellement du certificat</b>	Suivi annuel et renouvellement tous les 5 ans	Suivi annuel et renouvellement tous les 5 ans
<b>Chiffres</b>	FSC couvre 934 certificats de gestion forestière (106 millions d'ha) et 8.087 chaînes de contrôle dans 90 pays.	PEFC a officiellement approuvé 22 systèmes nationaux de certification forestière. Il couvre la gestion de 1.121 forêts (224 millions d'ha) et plus de 3.500 chaînes de contrôle.
<b>Logo/Label</b>	Pas obligatoire. Garantit l'achat d'un produit issu d'une gestion forestière responsable 	Pas obligatoire. Garantit l'achat d'un produit issu d'une gestion forestière responsable 

**Le bois pour ralentir le réchauffement climatique**

L'utilisation du bois permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>:

- Grâce à la photosynthèse, lors de sa croissance, l'arbre agit comme une pompe et piège le carbone atmosphérique. Une fois l'arbre exploité, le carbone reste stocké dans le bois massif et les produits à base de bois. En moyenne, un arbre absorbe, par le biais de la photosynthèse, l'équivalent de 1 tonne de CO<sub>2</sub> pour chaque m<sup>3</sup> de bois produit et rejette 0,7 tonne d'O<sub>2</sub>.
- Le bois est le matériau de construction qui exige

le moins d'énergie pour sa production. Il est très intéressant comme substitut à des matériaux exigeant de grandes quantités d'énergie pour leur production (acier, aluminium, béton, plastiques, etc.).

« L'énergie utilisée pour créer les matériaux de construction représente 22 % de l'énergie totale dépensée pendant la durée de vie du bâtiment: ainsi il convient de porter une attention particulière aux matériaux utilisés ainsi qu'à l'efficacité énergétique de la construction ».



Source : fotolia – © Michael Filippo

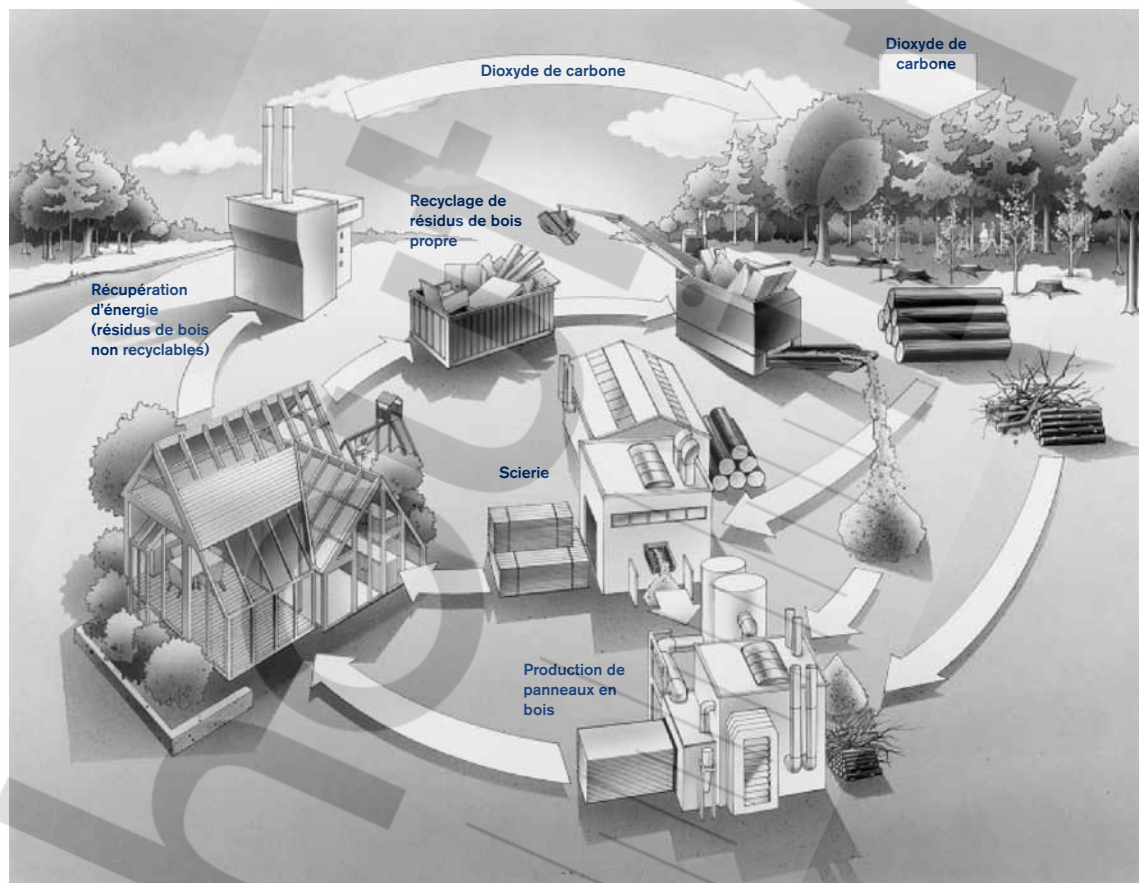
- Grâce à sa structure cellulaire, le bois dispose de propriétés thermiques remarquables et son utilisation dans la construction permet une économie d'énergie importante au cours de la vie du bâtiment.  
« Le niveau d'isolation thermique du bois est 15 fois supérieur à celui du béton, 400 fois supérieur à celui de l'acier et 1.770 fois supérieur à celui de l'aluminium. Un panneau de bois de 2,5 cm d'épaisseur offre une meilleure résistance thermique qu'un mur de briques de 11,4 cm ».

## Le cycle de vie du bois

Concernant le matériau de construction, en général, trois aspects sont envisagés pour évaluer l'impact relatif sur le CO<sub>2</sub> :

- l'énergie utilisée pour la production du matériau
- la capacité du produit à réaliser des économies d'énergie au cours de la vie du bâtiment
- la réutilisation ou la mise en décharge en fin de vie des matériaux ou produits

L'analyse du **cycle de vie** (ACV) est une méthode normalisée (ISO 14040) qui permet, au gré d'une suite d'étapes standardisées, d'évaluer les impacts environnementaux d'un composant de la construction tout au long de sa vie. L'objectif est de transformer des flux en impacts environnementaux par le biais d'un modèle mathématique.



L'ACV évalue l'impact environnemental d'un matériau ou produit au cours de trois phases de vie :

→ **Phase de production : extraction, production, transport jusqu'au site**

Généralement, plus l'énergie utilisée au cours du processus de production est élevée, plus les émissions de CO<sub>2</sub> qui sont liées à ce matériau le sont aussi. Comparé à d'autres matériaux tels que l'acier, le béton, l'aluminium et le plastique, le bois a une énergie de production faible et des émissions de CO<sub>2</sub> négatives grâce à l'effet puits de carbone au cours de sa production en forêt.

→ **Phase d'utilisation : énergie utilisée, propriétés thermiques, maintenance**

Les performances thermiques naturelles du bois confèrent aux systèmes de construction en bois une grande efficacité énergétique.

→ **Phase de fin de vie : réutilisation, recyclage, récupération d'énergie**

*Réutiliser le bois :*

Après plusieurs décennies, voire plusieurs siècles, le bois de structure peut être réutilisé, soit tel quel, soit après reconditionnement et ainsi être mis en œuvre dans de nouvelles constructions. Le matériau réutilisé prolonge de cette façon le stockage du CO<sub>2</sub> piégé et se substitue dès lors à du bois neuf ou à d'autres matériaux moins respectueux de l'environnement. La réutilisation du bois peut s'appliquer aux bois de structure mais également aux bardages, lambris, aux bois traités, aux palettes et emballages, etc.

*Recycler le bois :*

Pour l'industrie du panneau, l'approvisionnement en bois issus du recyclage est totalement intégré dans le processus de fabrication.

*Récupération d'énergie :*

Cette étape représente le dernier maillon du cycle de vie du bois. L'objectif est de récupérer le stock d'énergie par la combustion du bois en fin de vie. De cette façon, le bois remplace partiellement les combustibles fossiles et le bilan de CO<sub>2</sub> est ainsi neutre.

Les produits bois utilisés pour la production d'énergie sont nombreux : plaquettes forestières, écorces, sciures et copeaux, produits connexes issus de la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>de</sup> transformation, la récupération collectée auprès de particuliers.

Les ACV ne se limitent pas qu'aux émissions de CO<sub>2</sub> mais tiennent compte d'un ensemble de critères pour évaluer les impacts sur l'environnement.

Une étude de cas réalisée aux Etats-Unis compare les ACV de constructions entières, en essayant divers matériaux (bois, acier, béton...) dans différentes conditions climatiques pour des maisons familiales similaires. Les résultats de cette étude montrent à tous les niveaux des économies considérables en ce qui concerne le bois face aux autres matériaux.

« Le bois joue un rôle primordial dans la lutte contre le changement climatique. Les arbres réduisent la concentration de dioxyde de carbone de l'atmosphère. Une plus grande utilisation des produits bois stimulera l'expansion des forêts européennes et réduira les émissions de gaz à effet de serre en les substituant aux produits grands consommateurs de combustibles fossiles ».

## Lectures complémentaires

---

- [1] G. BEYER, M. DEFAYS, M. FISCHER, J. FLETCHER, E. DE MUNCK, F. DE JAEGER, C. VAN RIET, K. VANDEWEGHE, K. WIJNENDAELE. *Luttez contre le changement climatique : Utilisez le bois*. Bruxelles : CEI-Bois, 2007, 84p.
- [2] E. DEFAYS. *Le bois pour un meilleur avenir – Argumentaire environnemental en faveur de l'usage du bois*. Mars 2005, 25p.
- [3] M. VAN LEEMPUT. *Le bois labellisé PEFC & FSC – Labels de gestion durable des forêts*. Bruxelles : CTIB, 2007.
- [4] P. SPRAND, N. MEYERS-OHLENDORF. *Ecologic Briefs – Public Procurement and Forest Certification*. European Commission, DG Environment, may 2006, 23p.
- [5] Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe – MCPFE. *State of Europe's Forests 2003 – The MCPFE report on sustainable forest management in Europe*. Horn, Vienna, 2003.



## 1.3. LA CONSTRUCTION BOIS EN BELGIQUE

Historiquement, le bois a toujours tenu une place très importante dans la construction. Le Japon, l'Amérique du Nord et la Scandinavie, notamment du fait de la proximité de la ressource, construisent traditionnellement en bois et utilisent ce matériau de façon intensive. En Belgique, bien que moins utilisé jusqu'ici, le bois est largement rencontré dans nos maisons, notamment dans les maisons à colombages, mais aussi, quoique de façon moins visible, comme murs de refend dans certains bâtiments en

maçonnerie, en charpente, en support de plancher ainsi qu'en menuiseries intérieures.

Le bois a le vent en poupe ! Et depuis quelques années, les constructions en bois fleurissent un peu partout en Belgique. Traditionnellement utilisé en structure et en charpente, le bois apparaît aujourd'hui couramment sous de multiples formes. Constructions neuves, extensions, rénovations, surélévations... Le bois se décline aujourd'hui sous toutes les formes architecturales !

### 1.3.1. QUELQUES CHIFFRES...

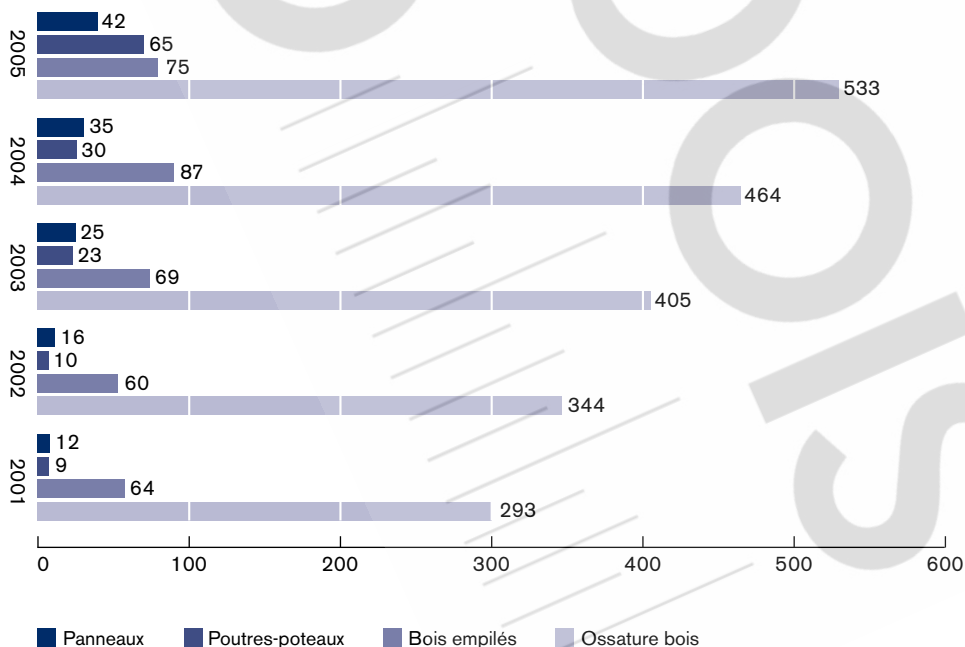
Cette nette augmentation de la construction de bâtiment en bois en Belgique s'explique par une large promotion du bois. En Région wallonne différents facteurs de développement du bois dans la construction sont identifiés et cette promotion prend diverses formes :

- depuis les années 90, de nombreux concours adressés aux entreprises de type menuiserie et aux architectes, se multiplient.
- depuis 10 ans, de grandes campagnes de promotion sont organisées conjointement par Hout Info Bois, le Belgian Woodforum, le Centre de Formation Bois, Ressources Naturelles Développement, etc. L'objectif de ces campagnes est, d'une part, d'informer et de former maîtres d'ouvrage, professeurs et professionnels, et aussi, d'autre part, de contribuer à ce que la maison en bois séduise de plus en plus de candidats bâtisseurs.
- le salon *Bois & Habitat*, devenu une référence en matière de salon de l'habitat en bois, draine chaque année près de 25.000 visiteurs compo-

sés aussi bien de candidats bâtisseurs que de professionnels.

- depuis une dizaine d'années, l'Université Catholique de Louvain organise une formation post-universitaire en 5 modules - «Le bois dans la construction», destinée aux architectes. Elle répond à la demande croissante d'informations sur le matériau et ses caractéristiques, les différentes techniques de constructions et d'assemblage.

A ce jour, il existe peu d'informations et de chiffres concernant les constructions bois en Belgique. Cependant, une enquête menée en Région wallonne, auprès des entreprises de construction par Hout Info Bois, le Centre de Formation Bois et le Centre de compétence Wallonie Bois a permis d'estimer le nombre de logements neufs en bois réalisées entre 2001 et 2005, ainsi que les tendances du marché de la construction. Les résultats de cette enquête mettent en évidence les faits suivants :



Nombre de logements neufs en bois

- une augmentation de 89% des logements neufs en bois, tous systèmes confondus.
- une augmentation de 82% des constructions d'ossature bois neuves entre 2001 et 2005.
- une diminution de 12% des constructions en bois empilés en de 2004 à 2005.
- une augmentation de plus de 600% des constructions poteaux-poutres même si ce système ne représente toutefois que 9% du total des nouvelles constructions en bois.
- le système de panneaux contre-collés et contre-cloqués est encore récent et ne représente donc que 6% du total des nouvelles constructions en bois. Néanmoins, il est en progression constante.

D'après cette enquête, 15% des nouvelles constructions sont en bois et ce marché est en nette progression. Il faut cependant souligner le fait que cette enquête ne portait que sur les constructions neuves, or le marché de la rénovation et de l'extension en bois est non négligeable mais n'a pas encore fait l'objet d'une estimation.

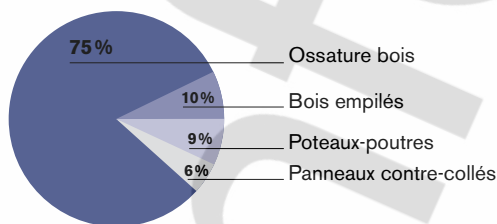
De cette enquête ressort également le fait que les entreprises de fabrication de bâtiments en bois sont généralement des PME et TPE issues du monde de la menuiserie qui se développent autour de la préfabrication en atelier. Le système « clé sur porte » ou l'industrialisation de la construction bois est encore peu répandu en Région Wallonne.

Une enquête réalisée par la Région flamande et par le Centre Scientifique et Technique de la Construction, présente quelques informations sur la situation en Flandre. En 2004, 43 entreprises de la construction bois ont été consultées. Trois quarts d'entre elles emploient moins de 20 personnes et

en 2003, ces entreprises ont réalisé 795 constructions en bois en Flandre, 318 en Wallonie et 131 à l'étranger. 76% de ces nouvelles constructions étaient des ossatures bois et le reste des constructions en bois massif. En 2003, 5,6% des nouvelles constructions en Flandre étaient en bois. Les trois quarts sont des maisons unifamiliales ayant une surface habitable entre 100 et 150m<sup>2</sup>. Les dernières tendances en Flandre montrent, comme pour la Wallonie, une nette augmentation du nombre de constructions en bois avec une majorité de maisons unifamiliales.

De façon plus générale, les chiffres comparant le marché de la construction bois dans 9 pays européens attestent que les pays scandinaves ont largement adopté et ce, depuis de nombreuses années, la construction bois. Les Pays-Bas, l'Allemagne et la Wallonie montrent pour leur part un taux de constructions neuves en bois variant de 7 à 10%. D'après les chiffres européens, ce sont les constructions neuves de maisons unifamiliales qui présentent le plus grand potentiel pour la construction en bois.

#### Répartition des différents systèmes constructifs en bois en Wallonie pour 2005: <sup>[1]</sup>



### 1.3.2. ET L'URBANISME...

Quels que soient les matériaux choisis, les règles générales à prendre en considération pour obtenir un permis d'urbanisme sont : l'intégration harmonieuse de la construction dans le paysage et au sein de l'environnement bâti, l'implantation, la volumétrie et les façades (architecture, matériaux utilisés, etc.). Afin d'obtenir un permis d'urbanisme, il est primordial de prendre connaissance, dès la conception du projet, du règlement communal urbanistique et de la typologie d'application à l'endroit de la future construction et bien sûr, d'en respecter les termes.

En matière d'urbanisme et plus particulièrement en ce qui concerne la construction bois, il faut distinguer le système constructif et le revêtement des parois du bâtiments. Quand il s'agit d'obtenir le permis de bâtir, les matériaux choisis pour la structure n'ont pas d'importance car cette structure peut être revêtue aussi bien de briques, de pierres, de verre que de bois. En revanche, ce sont la volumétrie et l'aspect général du revêtement extérieur du bâtiment qui seront prédominants pour l'octroi d'un permis d'urbanisme.

### Lectures complémentaires

[1] M. GEORGES, H. FRERE. *Rapport d'activité : Evolution de la construction d'immeubles en bois en Région wallonne*. Bruxelles, 2005, 17p.

[2] P. BUTIL, B. LOZET. *Habiter le bois en Wallonie*. Sprimont : Pierre Mardaga éditeur, 1998, 172p.

[3] J. VAN DESSEL, W. VAN ROMPAY, C. DECAESSTECKER, M. JAMOULLE, F. DOBBELS. *Onderzoek inzake de duurzaamheid van houtbouwsystemen en de groeiverwachting van deze markt*. Brussel : Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Economie, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, 2004.

# 2

## MATÉRIAU BOIS : LES CARACTÉRISTIQUES

<b>2.1.</b>	<b>LA STRUCTURE DU BOIS</b>	<b>1/8</b>
2.1.1.	L'arbre	1
2.1.2.	Le plan ligneux	4
2.1.3.	L'anatomie du bois	5
	– Bois de feuillus	5
	– Bois de résineux	6
2.1.4.	Ultrastructure et paroi cellulaire	7
2.1.5.	Chimie du bois	8
<b>2.2.</b>	<b>LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU BOIS</b>	<b>1/6</b>
2.2.1.	Masse volumique du bois	1
2.2.2.	Anisotropie	1
2.2.3.	Hygroscopie du bois	2
2.2.4.	Dureté du bois	2
2.2.5.	Propriétés thermiques du bois	3
2.2.6.	Propriétés acoustiques du bois	4
2.2.7.	Le bois et le feu	5
<b>2.3.</b>	<b>LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DU BOIS</b>	<b>1/10</b>
2.3.1.	Comportement élastique du bois	2
	– Module d'élasticité	3
2.3.2.	Modes de sollicitations majeurs	3
	– Traction	3
	– Compression	4
	– Cisaillement	5
	– Flexion	6
	– Fluage	6
2.3.3.	Facteurs d'influence	7
2.3.4.	Classement du bois	8
<b>2.4.</b>	<b>ESSENCES DE BOIS INDIGÈNES</b>	<b>1/4</b>
<b>2.5.</b>	<b>LE BOIS ET L'HUMIDITÉ</b>	<b>1/10</b>
2.5.1.	Teneur en eau du bois	1
	– Hygroscopie du bois	1
	– L'eau dans le bois	1
	– Équilibre hygroscopique	2
	– Mesure de la teneur en eau	2
2.5.2.	Variations dimensionnelles	4
	– Travail du bois	5
	– Mouvement du bois	6
2.5.3.	Séchage	7

<b>2.6.</b>	<b>TRAITEMENTS DU BOIS</b>	<b>1/16</b>
2.6.1.	Durabilité des bois et classes d'emploi	1
	– Durabilité naturelle	1
	– Classes d'emploi	2
2.6.2.	Risques biologiques	3
	– Champignons lignivores	3
	– Insectes à larves xylophages	6
2.6.3.	Dégradations physico-chimiques	7
2.6.4.	Prévention constructive	7
2.6.5.	Préservation du bois	8
	– Traitements préventifs	9
	– Traitements curatifs	10
	– Produits de préservation	11
	– Procédés d'application	11
	– Méthodes alternatives	12
2.6.6.	Finitions	13
	– Principaux types de finitions	13
	– Le vieillissement des finitions	15
	– Facteurs d'influence du système bois-finition	16

## 2.1. LA STRUCTURE DU BOIS

Le bois est un matériau de construction naturel. C'est un ensemble de tissus formés de cellules végétales. Il est produit par l'arbre dont le tronc remplit trois grandes fonctions : porter les branches, véhiculer l'eau et les substances nutritives absorbées par les racines et synthétisées par le feuillage, accumuler les réserves nutritives.

Les cellules qui constituent le bois peuvent remplir 3 fonctions :

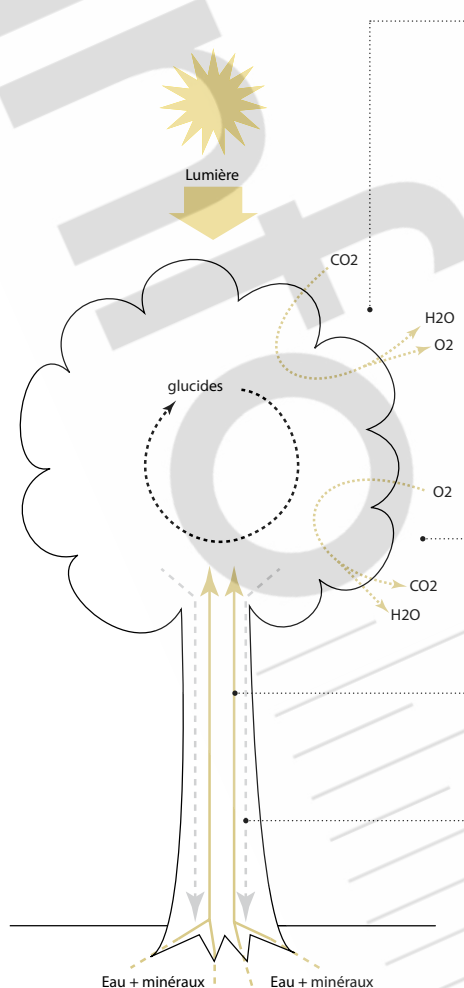
→ **La fonction de soutien** : Les fibres et les trachéides qui constituent le tissu de soutien possèdent une paroi composée de plusieurs couches (voir ultrastructure – page 7). Cette paroi cellulaire confère une rigidité relative au matériau bois dont les propriétés physiques et mécaniques

sont intimement liées à l'épaisseur, au nombre et à la dimension de ces éléments de structure.

→ **La fonction de transport** : des cellules véhiculent la sève verticalement. Chez les feuillus, ces cellules sont longitudinales, creuses, et mises bout à bout ; elles constituent un « tube continu » des racines aux feuilles et remplissent la fonction de vaisseaux. Chez les résineux, il s'agit de trachéides qui sont, pour leur part, des cellules fermées permettant le passage de la sève en leurs extrémités et assurant également la fonction de soutien ;

→ **La fonction de stockage** : les cellules de parenchyme assurent le stockage de substances nutritives.

### 2.1.1. L'ARBRE



#### Photosynthèse

Chez les végétaux, la production de matière est réalisée grâce à la photosynthèse. Elle s'effectue au départ de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) capté dans l'atmosphère ambiante par les feuilles, d'eau (H<sub>2</sub>O) prélevée dans le sol par les racines et acheminée vers les feuilles. En présence d'énergie solaire, les feuilles des arbres, remplies de chlorophylle, produisent des sucres, notamment du glucose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), et rejettent de l'oxygène (O<sub>2</sub>). Plus simplement, il s'agit de lier des atomes de carbone et d'hydrogène pour former des sucres en utilisant l'énergie lumineuse.

#### Respiration

La respiration est le processus inverse de la photosynthèse. Elle se caractérise par la consommation d'oxygène et l'émission de gaz carbonique. La respiration fournit l'énergie nécessaire à l'arbre pour assurer son métabolisme.

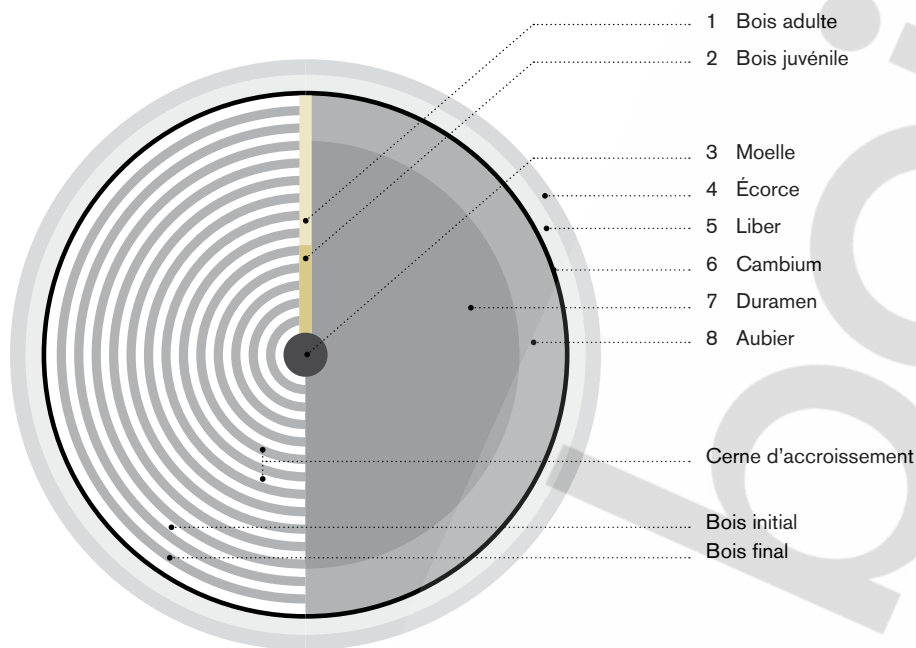
#### Sève brute

La sève brute est une solution très diluée de sels minéraux dans l'eau. Elle est pompée dans le sol par les racines et monte dans l'aubier vers les feuilles par les vaisseaux (pour les feuillus) ou par les trachéides (pour les résineux). Une petite partie de l'eau absorbée par les racines entre dans la composition de la sève élaborée mais la majorité s'évapore dans l'atmosphère par les stomates des feuilles. C'est en grande partie ce phénomène de transpiration, essentiellement diurne, avec la pression osmotique, qui, est responsable de l'ascension de la sève brute des racines vers les feuilles.

Selon les conditions climatiques, la sève brute peut monter très vite et son ascension est d'autant plus rapide que la transpiration est intense. Elle est cependant très ralentie dans l'obscurité ou quand l'air est saturé en eau.

#### Sève élaborée

La sève élaborée est le fruit de la photosynthèse et de la mobilisation des réserves. De constitution visqueuse car très concentrée en glucides (>20 %), la sève élaborée circule par les tubes criblés du liber (cf. page 2). Elle irrigue, de la cime aux racines, les sites de division cellulaire (cambium, bourgeons, etc.) et les tissus de réserve.



### 1. Bois adulte

Le bois adulte est formé à la suite du bois juvénile. Il est situé au-delà des 15 à 20 premiers cerne comptés depuis la moelle chez les résineux et au-delà des 20 à 40 premiers cerne chez les feuillus.

### 2. Bois juvénile

Il possède des particularités (masse volumique plus faible, structure cellulaire différente, largeur de cerne plus importante, etc.) qui sont à l'origine d'une résistance mécanique moindre et d'une variation dimensionnelle plus importante que le bois adulte. Au moment de l'exploitation, la proportion de bois juvénile est fonction de l'âge de l'arbre : plus il est vieux, plus la proportion de bois juvénile est faible.

Chez les résineux, le bois juvénile constitue approximativement les 15 premiers cerne ; chez les feuillus, les 20 à 40 premiers cerne.

### 3. Moelle

Tissu parenchymateux mort, situé au centre du tronc et autour duquel se forment les cerne d'accroissement. Elle correspond à la tige formée lors des premiers jours de croissance de l'arbre.

### 4. Écorce

Egalement appelé rhytidome, c'est la couche protectrice externe de l'arbre.

### 5. Liber

Pellicule située entre l'écorce et l'assise génératrice du cambium dans laquelle la sève élaborée descend du feuillage vers les racines par les tubes criblés pour alimenter, tout au long de son parcours, les cellules en substances nutritives.

### 6. Cambium

Le cambium est l'assise génératrice située juste sous l'écorce. Sa division cellulaire produit quelques cellules vers l'extérieur (le liber) et massivement des cellules ligneuses vers l'intérieur (le bois).

### 7. Duramen

Egalement appelé bois de cœur ou bois parfait, il s'agit de la partie centrale du tronc, composée de cellules mortes suite au processus de duraminisation. Ce processus résulte de la transformation chimique de l'aubier et se traduit par l'obturation des vaisseaux et des trachéides ou l'imprégnation des parois cellulaires par divers dépôts tels que des tanins, des colorants, des résines, etc. qui confèrent au bois sa durabilité naturelle. Le duramen est, en général, plus coloré que l'aubier ; quand ce n'est pas le cas, il est appelé bois « parfait ». Il est souvent peu ou pas imprégnable et se révèle naturellement plus résistant aux attaques biologiques. Chez les essences naturellement durables, le bois de duramen est le plus couramment utilisé en menuiserie extérieure.

### 8. Aubier

Bois plus récemment formé en périphérie du tronc. Il est constitué de cellules vivantes (tissus de réserve) et mortes (tissus de soutien et de conduction). L'aubier est le lieu de passage de la sève brute des racines vers le feuillage. La sève transite via les vaisseaux (pour les feuillus) et via les trachéides (pour les résineux).

L'aubier compte un nombre fixe de cerne d'accroissement pour une essence donnée et est souvent de couleur plus claire que le duramen. Il n'est pas durable et est très sensible aux attaques biologiques. Plus imprégnable que le duramen, il peut être rendu artificiellement durable au moyen d'un traitement de préservation approprié et, dans ce cas, peut être employé pour certains usages extérieurs.



### Cerne d'accroissement

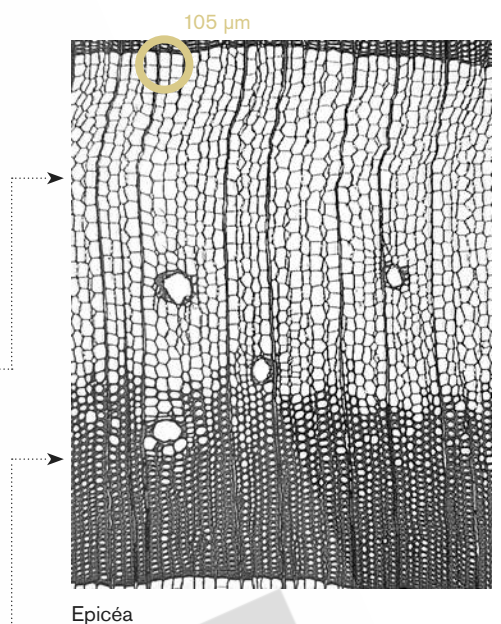
Sous nos latitudes, la période de croissance commence au printemps et se poursuit jusqu'à la fin de l'été. Chaque année, pendant cette période, le cambium produit, par division cellulaire, une couche d'épaisseur variable qui entoure le bois généré au cours des années précédentes et s'en distingue. Ces couches concentriques sont visibles en coupe transversale de l'arbre et correspondent chacune à un cerne d'accroissement. Un cerne peut être

constitué de deux zones distinctes : le bois de printemps ou bois initial et le bois d'été ou bois final. Chez certaines espèces, cette distinction n'apparaît pas (hêtre, bouleau, peuplier, etc.).

En région tropicale, c'est l'alternance de saisons sèches et humides qui entraîne des zones de croissance différentes. S'il n'y a pas de repos végétatif qui interrompt la croissance, il n'y a pas de cernes visibles.

**Bois initial :** partie de cerne formée en début de période de végétation de l'arbre (au printemps). Les fibres et trachéides qui le forment ont des parois minces et un lumen important (lumière de la cellule) ce qui favorise chez les résineux le transport rapide de grandes quantités de sève brute nécessaires au démarrage de la croissance. Chez les feuillus, la zone de bois initial se caractérise soit par un plus grand nombre de vaisseaux, soit ceux-ci ont un diamètre plus important.

**Bois final :** partie de cerne formée à la fin de la période de végétation de l'arbre. Les cellules qui le forment ont un diamètre plus petit et des parois épaissies ; à mesure que la croissance ralentit, les besoins en sève brute diminuent. Ces cellules remplissent alors leur fonction de soutien et consolident le tronc. C'est ce bois plus dense qui confère de bonnes caractéristiques mécaniques, nécessaires pour assurer la stabilité de l'arbre.



La largeur des cernes ainsi que la proportion entre le bois initial et le bois final, au sein d'un même cerne, dépendent essentiellement des conditions de croissance de l'arbre (sol, climat, âge, sylviculture, parasites, etc.). La largeur du cerne est susceptible de présenter d'importantes variations au sein d'un

même arbre. Ainsi, pour les essences les plus utilisées, à une hauteur donnée, la largeur des cernes du bois juvénile est généralement supérieure à celle du bois adulte. La régularité de l'épaisseur des cernes est un critère important auquel est souvent rattachée l'idée de qualité du bois.

**Résineux**  
(largeur bois final relativement constante)

**Feuillus**  
(largeur bois initial relativement constante)

Croissance rapide  
Cernes larges

$$\frac{\text{bois initial}}{\text{largeur cerne}} = \text{élevé}$$

$$\frac{\text{bois final}}{\text{largeur cerne}} = \text{élevé}$$

Bois tendre

Bois dur

Croissance lente  
Cernes étroits

$$\frac{\text{bois initial}}{\text{largeur cerne}} = \text{faible}$$

$$\frac{\text{bois final}}{\text{largeur cerne}} = \text{faible}$$

Bois dur

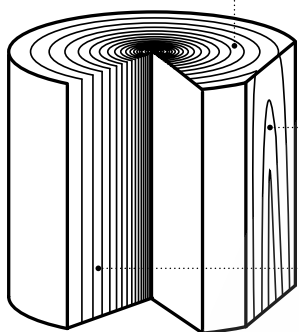
Bois tendre

### 2.1.2. PLAN LIGNEUX

Les différents tissus du bois sont orientés parallèlement et perpendiculairement à l'axe de la moelle. Il existe 3 plans de référence correspondant à 3 directions : axiale, radiale et tangentielle. Ces 3 plans permettent l'observation des caractéristiques anatomiques du bois, propres à chaque essence, en vue de procéder à l'identification de celle-ci.

Les tissus orientés verticalement sont constitués d'éléments longs, essentiellement spécialisés dans la conduction et le soutien.

Les tissus orientés horizontalement par rapport à l'axe de la tige comportent des cellules plus courtes (rayons ligneux), lesquelles assurent une fonction de stockage.



#### Plan transversal ou axial

Plan résultant de la coupe perpendiculaire de l'axe longitudinal du tronc. Les cernes d'accroissement, l'aubier et le duramen sont visibles. Le bois débité dans le sens transversal est qualifié de bois « de bout » ou « debout ».

#### Plan tangential

Plan résultant de la coupe tangente aux cernes et perpendiculaire aux rayons du bois. Le bois débité dans le sens tangential est qualifié de débit sur « dosse ».

#### Plan radial

Plan résultant de la coupe parallèle à l'axe longitudinal du tronc et passant par le centre de ce dernier. Les cernes d'accroissement, l'aubier et le duramen sont également visibles. Les cernes forment des lignes droites et parallèles. Le bois débité dans le sens radial est qualifié de débit sur « quartier ».



### 2.1.3. ANATOMIE DU BOIS

#### Bois de feuillus

##### Vaisseaux (Feuillus)

Cellules mortes et vides, ce sont les éléments conducteurs de la sève brute des feuillus. Ce sont des cellules relativement courtes, placées bout à bout, qui communiquent entre elles par les perforations situées à leurs extrémités. La sève peut également circuler latéralement vers le parenchyme et les vaisseaux voisins via des punctuations.

La variation de leur taille, leur aspect, leur nombre, leur dimension et leur répartition au sein d'un cerne est propre à chaque essence. La disposition des vaisseaux est un des premiers critères d'identification chez les feuillus.

##### Perforations (Feuillus)

Les perforations sont les ouvertures situées à chaque extrémité des vaisseaux des feuillus. Selon leur type, elles sont simples ou multiples. Ces perforations permettent la circulation de la sève verticalement, d'un élément de vaisseau à l'autre.

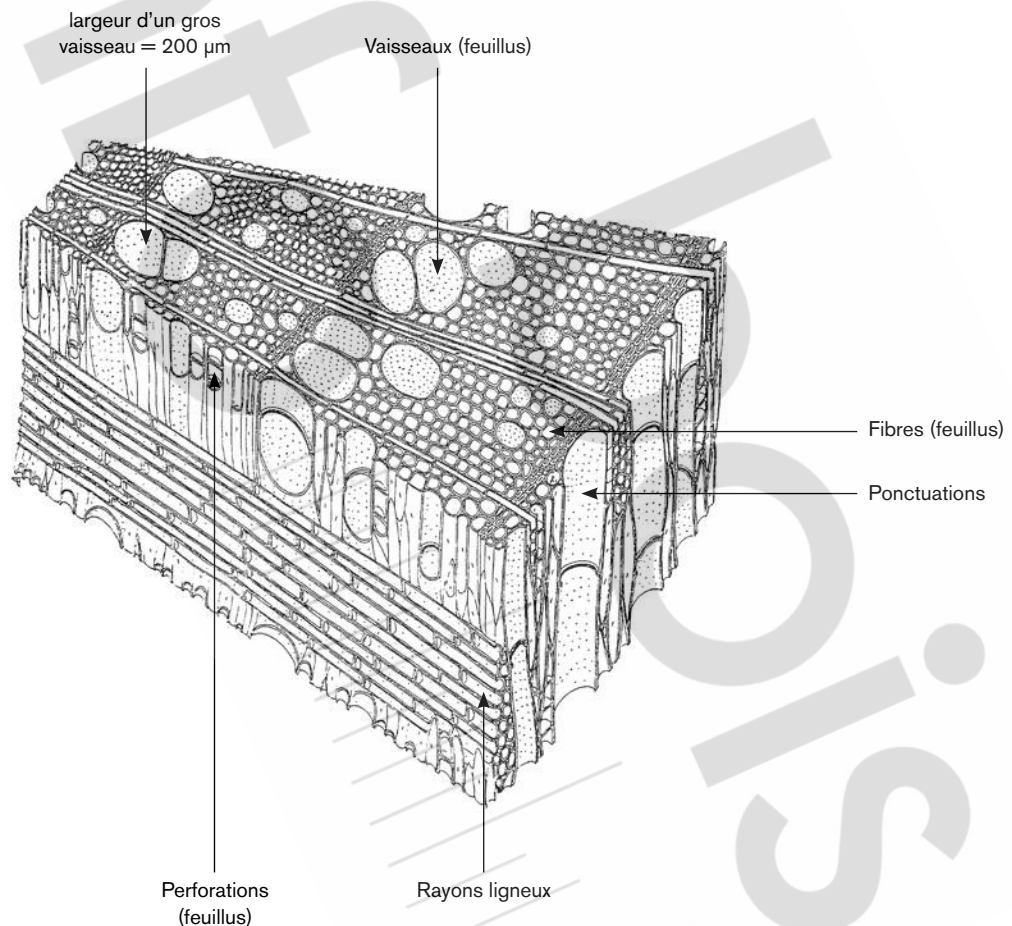
##### Fibres (feuillus)

Cellules mortes et vides, elles sont étroites et allongées dans le sens axial du tronc et ont pour fonction principale le soutien mécanique de l'arbre. La densité, la dureté et les propriétés mécaniques du bois sont dépendantes de la proportion de fibres dans le bois et de l'épaisseur de la paroi des fibres.

##### Rayons ligneux

Tissu formé de cellules parenchymateuses générées par le cambium et transportant l'eau et les substances nutritives dans le sens radial, entre le liber et les parties internes du bois. Les rayons ligneux permettent également le stockage de l'amidon et d'autres substances organiques.

Peu influents d'un point de vue mécanique, les rayons ligneux ont leur importance d'un point de vue esthétique et peuvent être très visibles selon le mode débit chez certaines essences.



## Bois de résineux

### Parenchyme axial (non visible sur les illustrations)

Les cellules du parenchyme sont des cellules mortes. Elles forment des tissus de réserve disséminés dans le bois et alignés longitudinalement. Peu fréquent chez les résineux, il est abondant chez les feuillus tempérés et très abondant chez les feuillus tropicaux. Sa répartition dans le plan transversal est utilisée comme caractéristique d'identification.

### Trachéides (Résineux)

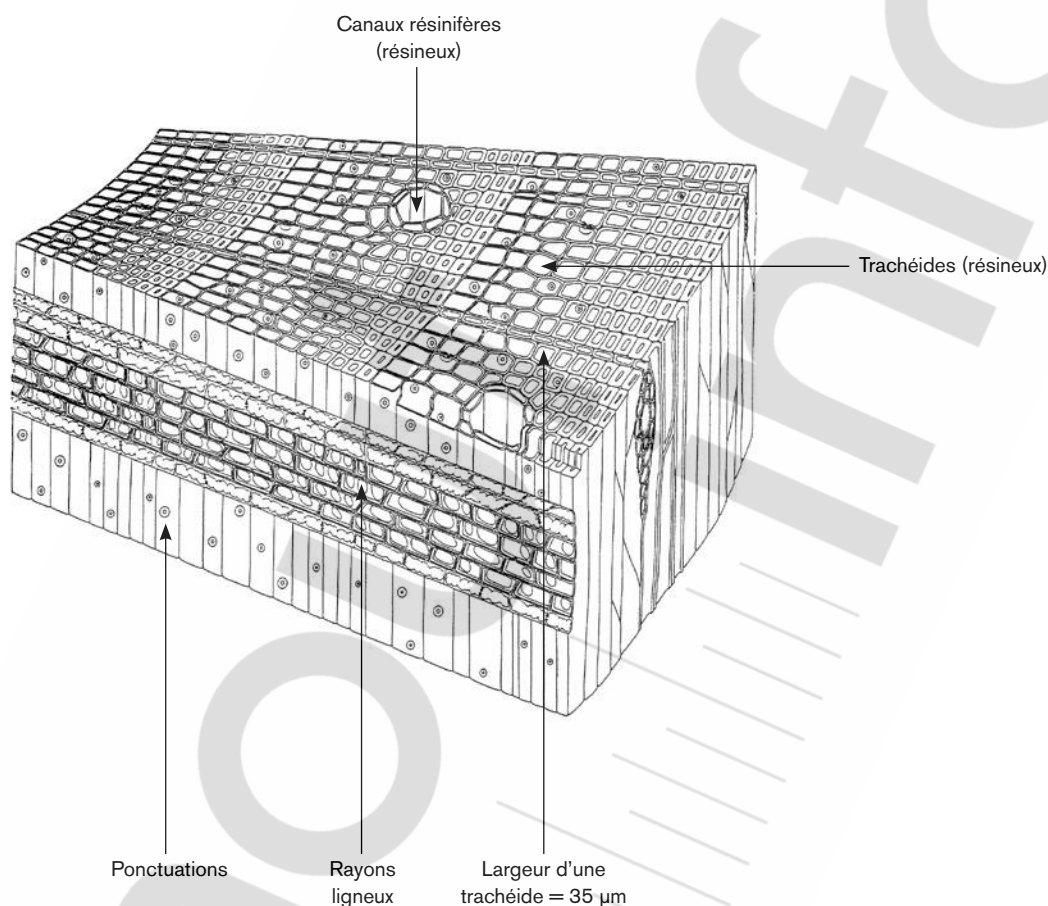
Les trachéides sont les éléments cellulaires des résineux qui assurent les fonctions de soutien et de conduction de la sève brute. Les trachéides sont des cellules relativement longues (de l'ordre de 3 mm), fermées aux extrémités et qui communiquent avec leurs voisines grâce à des petites ouvertures dans les parois, les «punctuations».

### Canaux résinifères (Résineux)

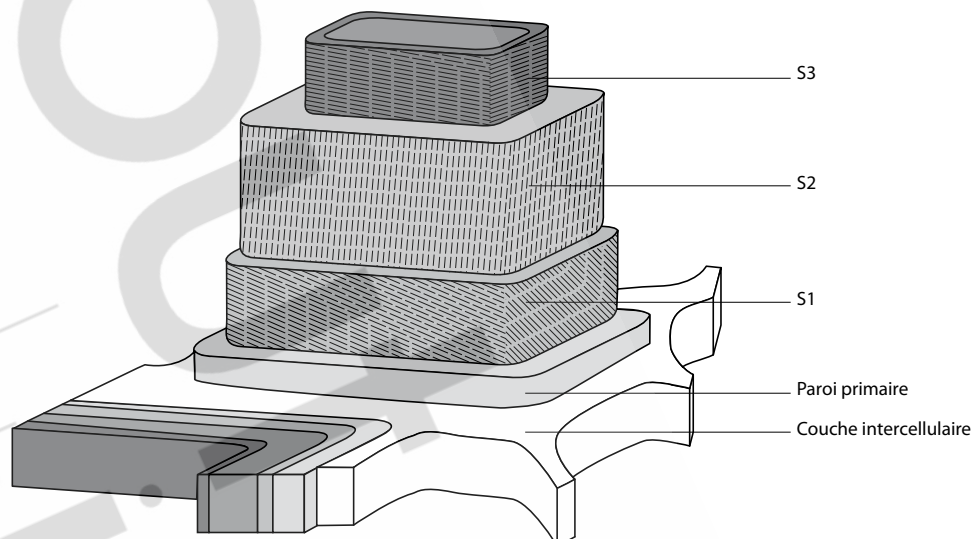
Les canaux résinifères sont présents chez quelques résineux (douglas, épicéa, mélèze, pin, etc.). Il s'agit de petits espaces aménagés dans le bois et entourés d'un cordon de cellules sécrétrices de résine. L'ensemble forme un tube. Les canaux sont disposés aussi bien horizontalement que verticalement.

### Punctuations

Les punctuations sont de minuscules ouvertures dans les parois cellulaires permettant la communication avec les cellules voisines et, notamment, la circulation horizontale de la sève. Elles se présentent sous différentes formes et servent souvent de caractéristiques d'identification des essences résineuses.



## 2.1.4. ULTRASTRUCTURE ET PAROI CELLULAIRE



Lors de la croissance de la cellule, la paroi se construit par superposition et croisement de plusieurs couches de cellulose et de lignine. A la mort de la cellule, seule cette paroi subsiste.

→ **Couche intercellulaire**, ou lamelle moyenne, cimente les cellules voisines les unes aux autres. Elle est constituée de substances pectiques qui se chargent, au fur et à mesure de la différenciation, de lignine.

→ **La paroi primaire** est une très fine couche qui se colle à la lamelle moyenne. Elle est constituée de microfibrilles de cellulose enchevêtrées. Cette paroi se lignifie également au cours de la différenciation.

→ **La paroi secondaire (S1 – S2 – S3)** est dense, épaisse et rigide. Elle est composée de 3 couches fibreuses et contient une forte proportion de cellulose mais également des hémicelluloses, des matières pectiques et de la lignine.

S1	S2	S3
<p><b>Paroi secondaire externe</b> Microfibrilles en hélice d'orientation variable et alternée</p> <p><b>Inclinaison</b> des microfibrilles de 60 à 80° par rapport à l'axe de la cellule</p> <p><b>Épaisseur</b> de 0,1 à 0,35 µm</p>	<p><b>Paroi secondaire médiane</b> Microfibrilles de cellulose dense en hélice d'orientation parallèle</p> <p><b>Inclinaison</b> des microfibrilles de 5 à 30° par rapport à l'axe de la cellule</p> <p><b>Épaisseur</b> de 1 à 10 µm (soit 75 à 80% de l'épaisseur totale de la paroi cellulaire)</p>	<p><b>Paroi secondaire interne</b> Microfibrilles de cellulose dense en hélice d'orientation légèrement moins parallèle que la couche S2.</p> <p><b>Inclinaison</b> des microfibrilles de 60 à 90° par rapport à l'axe de la cellule</p> <p><b>Épaisseur</b> de 0,5 à 1,1 µm</p>

La structure particulière de la paroi cellulaire confère au bois son extraordinaire résistance et son élasticité. La paroi présente une excellente résistance non seulement à la compression grâce à la lignine, mais également à la traction grâce aux microfibrilles.

Celles-ci sont des éléments essentiels constitués de chaînes de cellulose et d'hémicellulose. Ces chaînes forment un réseau et agissent comme des armatures orientées dans différentes directions les unes par rapport aux autres, selon les angles d'inclinaison par rapport à l'axe de la cellule.

### 2.1.5. CHIMIE DU BOIS

La composition chimique élémentaire du bois varie très peu d'une essence à l'autre. En pourcentage du poids sec, les éléments suivants sont présents dans différentes proportions :

Carbone C	→	50%
Oxygène O	→	43%
Hydrogène H	→	6%
Azote N	→	1%
Cendres	→	<1%
<small>(silice, phosphates, potassium, calcium)</small>		

Les 3 composants macromoléculaires qui forment les parois cellulaires du bois sont :

Cellulose	→	40 – 50%
Hémicellulose	→	25 – 40%
Lignine	→	20 – 35%

→ **La cellulose**, présente partout dans la nature sous-forme de microfibrilles, forme de longues bandes parallèles et s'associe aux hémicelluloses et à la lignine. La cellulose sous forme cristalline, présente dans le bois, possède des propriétés mécaniques élevées. Elle y joue le rôle d'armature.

→ **L'hémicellulose** est également constituée des macromolécules mais possède un poids moléculaire bien inférieur à celui de la cellulose. Il s'agit de chaînes plus courtes formées par des sucres tels que le xylose, le mannose, le glucose et l'arabinose.

→ **La lignine** est une substance d'incrustation dans la paroi cellulaire. Sa composition, complexe, peut être très variable d'une essence à l'autre.

### Lectures complémentaires

- [1] H. A. CORE, W. A. CÔTÉ, A.C. DAY. *Wood, structure and identification*. Second edition, Syracuse university press, New York, 1979, 182p.
- [2] P. DETIENNE. *Cours illustré d'anatomie du bois*. Centre technique forestier tropical, France, 1988, 47p.
- [3] R.B. HOADLEY. *Identifying Wood*. The Taunton Press, U.S., 1990, 223p.
- [4] T. STEVANOVIC, D. PERRIN. *Chimie du bois*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2009, 241p.
- [5] G. TSOUJIS. *Science and Technology of Wood, Structure, Properties, Utilization*. Van Nostrand Reinhold (ed.) New York, 1991, 494p.
- [6] J. VENET. *Identification et classement des bois français*. École nationale du génie rurale, des eaux et des forêts (ENGREF), France, 1986, 308p.

## 2.2. LES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU BOIS

### 2.2.1. MASSE VOLUMIQUE DU BOIS

La masse volumique du bois ( $\rho$ ) est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau (en kg) par unité de volume ( $m^3$ ).

$$\rho = \frac{m \text{ (kg)}}{V \text{ (m}^3\text{)}}$$

Elle figure certainement parmi les caractéristiques physiques du bois les plus importantes et est positivement corrélée avec ses caractéristiques mécaniques.

La masse volumique des parois cellulaires est à peu près constante pour toutes les essences, soit  $1.500 \text{ kg/m}^3$ .

Du fait de sa structure et de sa porosité, la masse volumique du bois est fonction de la teneur en eau, de l'essence envisagée, des caractéristiques de croissance et de la texture du bois (proportion de bois final dans les cernes d'accroissement).

Le bois est un matériau hygroscopique. Il a la capacité d'absorber l'eau de l'air ambiant et de la restituer ultérieurement, lorsque l'air est plus sec. Cette capacité dépend directement de l'humidité relative de l'air et de la température. Ces changements d'humidité du bois entraînent une variation dimensionnelle caractérisée par un gonflement ou un retrait. Le taux d'humidité, équivalent à la saturation des parois cellulaires, est appelé le « point de saturation des fibres » et est égal à environ 30%. Au-delà de cette valeur, les variations dimensionnelles disparaissent.

Il est donc important, d'exprimer la masse volumique du bois en précisant sa teneur en eau. En général, la masse volumique et l'ensemble des caractéristiques physico-mécaniques du bois sont exprimées pour une teneur en eau de 12% ; teneur qu'il atteint lorsque les conditions ambiantes avoisinent les  $22^\circ\text{C}$  et 65% d'humidité relative de l'air.

Cependant la masse volumique est encore couramment citée à l'état anhydre  $\rho_0$  ou à 15% d'humidité  $\rho_{15\%}$ .

Pour les résineux, lorsque la croissance est rapide, la masse volumique diminue dès lors que la largeur des cernes annuels augmente. A l'inverse, pour les feuillus à croissance rapide, la masse volumique augmente dès lors que la largeur des cernes annuels augmente.

Selon l'essence, la masse volumique du bois peut varier de  $350$  à  $1.100 \text{ kg/m}^3$  et, au sein d'une même espèce, des variations pouvant aller jusque 15% sont observées.

La variabilité de la masse volumique au sein d'un même arbre s'explique, d'une part, par la variation de la proportion de bois initial (moins dense) et de bois final (plus dense) d'un cerne d'accroissement à l'autre, et, d'autre part, par la variation de la densité moyenne du bois sur le diamètre de l'arbre. Ceci s'explique par le fait qu'au fur et à mesure du vieillissement de l'arbre, sa densité augmente.

Essence	Masse volumique moyenne à 12% ( $\text{kg/m}^3$ )
Châtaignier	620
Chêne	710
Erable	630
Frêne	720
Hêtre	680
Douglas	540
Epicéa	450
Mélèze	600
Pin sylvestre	530

### 2.2.2. ANISOTROPIE

L'anisotropie est la propriété d'un matériau de présenter des caractéristiques dépendantes de la direction. La structure cellulaire du bois est orientée. Cette particularité structurelle du bois explique l'anisotropie et est à l'origine de la variation de comportement du bois selon la direction considérée. La direction axiale ou longitudinale

est parallèle à l'axe de l'arbre. La direction radiale est perpendiculaire à cet axe et aux cernes d'accroissement. Et finalement, la direction tangentielle est tangente aux cernes annuels.

Cette propriété distingue le bois de tous les autres matériaux de construction.

### 2.2.3. HYGROSCOPIE DU BOIS

**La teneur en eau du bois ou taux d'humidité du bois, est définie comme le rapport entre la masse d'eau contenue et la masse de bois à l'état sec, anhydre.**

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{\text{Masse humide} - \text{Masse anhydre}}{\text{Masse anhydre}} \times 100$$

Les parois cellulaires sont à l'origine des propriétés hygroscopiques du bois. Les polymères qui composent la paroi cellulaire des fibres (cellulose, hémicellulose et lignine) possèdent une très grande capacité d'absorption de l'humidité de l'air. L'eau s'y lie par la force de ponts hydrogènes jusqu'au point de saturation situé à environ 30% d'humidité. Ces mouvements d'eau sont directement dépendants de

la température et de l'état hygrométrique de l'air ambiant. Ces conditions variant sans cesse, le pourcentage d'humidité du bois ne cesse de changer.

L'évacuation de l'eau ainsi liée aux parois cellulaires est le résultat d'un séchage qui nécessite beaucoup d'énergie ; il engendre, par ailleurs, une diminution de volume du bois (retrait). Inversement, si les parois cellulaires du bois reprennent de l'eau, le bois gonflera. Ces variations de l'humidité en dessous du point de saturation des fibres est appelé domaine de retrait – gonflement ou domaine hygroscopique.

L'importance des relations entre le bois et l'eau, particulièrement quand il s'agit de construction, est telle que ce sujet sera développé plus en détails au point 2.5 de ce même chapitre.

### 2.2.4. DURETÉ DU BOIS

**Qu'il s'agisse de la dureté selon Monnin ou de la dureté selon Brinell, dans les deux cas, elle caractérise la résistance du bois à la pénétration d'un élément métallique.**

La dureté du bois varie selon l'essence et est dépendante de la largeur des cernes annuels et de la densité.

De cette façon, la dureté du bois est étroitement liée à la masse volumique : les bois les plus denses sont les plus durs et les bois les plus légers sont les plus tendres.

Cette caractéristique est essentielle pour le choix du matériau en parquet et en escalier mais aussi pour des pièces fixées au moyen de vis, clous et pointes métalliques.

Essence	Dureté Brinell (N/mm <sup>2</sup> ) (// aux fibres)	Dureté Brinell (N/mm <sup>2</sup> ) (⊥ aux fibres)	Dureté Monnin (par mm)
Châtaignier	34	19	2,9
Chêne	57	32	4,2
Erable	54	30	4,7
Frêne	64	34	5,1
Hêtre	71	28	4,2
Douglas	44	18	3,2
Epicéa	31	13	2,2
Mélèze	49	22	3,8
Pin sylvestre	40	18	2,6
Afzelia	nd	39	7,4
Iroko	66	29	4
Merbau	nd	40	6,4

### 2.2.5. PROPRIÉTÉS THERMIQUES DU BOIS

Deux aspects peuvent être envisagés : d'une part, la dilatation du bois sous l'effet d'un changement de température et, d'autre part, la conductibilité du bois.

→ **La dilatation thermique est la variation de longueur  $\Delta L$  d'une pièce de bois (allongement ou raccourcissement) soumise à une variation de température  $\Delta T$ .**

$$\Delta L = \alpha_T \times \Delta T \times L$$

où  $\alpha_T$  est le coefficient de dilatation thermique. Il est toujours très faible pour le bois. La faible valeur de ce coefficient pour le bois ainsi que l'importance des variations dimensionnelles causées par le changement de teneur en eau en comparaison de celles causées par un changement de température, suffisent à expliquer le fait que la dilatation thermique du bois soit pratiquement toujours négligée dans la construction en bois. Généralement, les pièces de bois étant d'une longueur relativement faible, les jeux aux assemblages suffisent à absorber ces variations de longueur.

Cependant, du fait de l'anisotropie du bois, le coefficient de dilatation thermique  $\alpha_T$  du bois, même s'il reste très faible, présente de fortes variations selon l'orientation considérée. La dilatation dans le sens transversal est dix fois plus importante que dans le sens longitudinal.

→ **La conductibilité thermique  $\lambda$  est la propriété que possèdent les corps de transmettre la chaleur.** Plus précisément, il s'agit de la quantité de chaleur transférée par unité de temps, à travers une épaisseur donnée et pour une surface donnée exposée à un gradient de température. Au plus la conductibilité d'un matériau est faible, au plus le matériau est performant du point de vue de l'isolation thermique.

La structure cellulaire du bois et son anisotropie lui confèrent une faible conductibilité thermique. Ces caractéristiques permettent au bois d'être à la base de matériaux d'isolation mais également de matériaux coupe-feu, notamment avec les produits dérivés du bois. Ce pouvoir isolant confère au bois la capacité de limiter les ponts thermiques. Il reste toutefois primordial, lors de la conception d'une construction en bois, de veiller à ce qu'aucune pièce de structure ne traverse l'enveloppe du bâtiment afin de conserver ce pouvoir isolant.

Comme pour de nombreuses propriétés du bois, l'anisotropie du bois engendre une variation de la conductibilité en fonction de la direction : du fait de la continuité de la matière, elle est plus élevée dans le sens des fibres et plus faible dans le sens perpendiculaire aux fibres, du fait de la porosité.

La conductibilité du bois est positivement corrélée au taux d'humidité ainsi qu'à la masse volumique et, plus exactement, à la densité du bois qui reflète la porosité de ce dernier.

Matériau	Conductibilité thermique (W/mK)
Aluminium	200
Acier	60
Béton	1,8
Brique	0,44
Chêne	0,21
Hêtre	0,17
Sapin, épicéa // aux fibres	0,24
⊥ aux fibres	0,15
Laine de verre	0,04

### 2.2.6. PROPRIÉTÉS ACOUSTIQUES DU BOIS (d'après M. Van Damme - CSTC)

Le bois intervient dans deux grands types de traitements acoustiques : la correction acoustique et l'isolation acoustique.

**La correction acoustique** s'intéresse au confort acoustique à l'intérieur des locaux, c'est-à-dire à la «circulation» du bruit au sein d'un même local. Elle s'exprime principalement par le temps de réverbération du son dans le local.

Les matériaux présents dans les locaux vont influencer le caractère plus ou moins réverbérant de ceux-ci. Leur capacité à absorber le bruit s'exprime par le coefficient d'absorption  $a$ . En fonction de la fréquence,  $a$  est compris entre 0 (totalement réfléchissant) et 1 (totalement absorbant). Le bois en tant que matériau seul ne possède pas un coefficient d'absorption très élevé, mais c'est surtout le traitement qu'on lui fera subir et la méthode de pose qui influenceront son caractère absorbant. Par exemple, c'est ainsi :

- qu'un bois verni aura un spectre d'absorption similaire à celui d'un enduit de plâtre ou d'un carrelage ; soit très réfléchissant ;
- qu'un panneau de bois mince monté sur une ossature permettra, quant à lui, d'absorber les basses fréquences ;
- qu'un panneau de bois perforé permettra à son tour de cibler l'absorption sur certaines fréquences, voire un plus large spectre si un matériau absorbant se trouve derrière celui-ci, etc.

**L'isolation acoustique** est influencée par 3 paramètres : la densité, la rigidité et la fréquence critique.

Au niveau de la densité, le choix de l'essence permet d'améliorer légèrement les performances acoustiques. Par exemple, un châssis en merbau ( $830 \text{ kg/m}^3$ ) donne de meilleurs résultats en isolation acoustique qu'un châssis en méranti ( $680 \text{ kg/m}^3$ ). Cependant, sachant qu'un doublement de densité n'apporte en pratique qu'une amélioration de 4 dB, le choix de l'essence n'aura que peu d'influence sur les prestations acoustiques.

La fréquence critique correspond à la fréquence à laquelle l'isolation aux bruits aériens présente une faiblesse. Cette fréquence est propre à chaque matériau et est fonction de son épaisseur. Pour les panneaux en bois courants, cette fréquence se situe autour de 800 Hz – 1000 Hz, c'est-à-dire au milieu du domaine fréquentiel où l'oreille humaine est sensible.

Finalement, la rigidité du bois est inversement proportionnelle à l'isolement (dans la gamme de fréquence critique). Plus un bois est dense et rigide, plus sa capacité d'isolement est faible. Le matériau en tant que tel n'est donc pas idéal en isolation acoustique. Néanmoins, des techniques de montage et la complémentarité avec d'autres matériaux permettent de pallier cette faiblesse.



### 2.2.7. LE BOIS ET LE FEU

Contrairement à certaines idées reçues et bien que le bois soit un matériau inflammable, les constructions en bois présentent une résistance remarquable au feu. En effet, le bois, exposé au feu, forme une couche superficielle de charbon (dont le coefficient de conductibilité thermique est 5 fois plus faible que celui du bois dont il provient) agissant comme un bouclier thermique très efficace. La vitesse de carbonisation étant très lente et constante, le bois intact sous la couche de charbon de bois conserve toutes ses propriétés de résistance mécanique et continue à assurer sa fonction portante. Son comportement permet ainsi d'évacuer les personnes en cas d'incendie, la stabilité de l'immeuble étant assurée plus longtemps.

La combustibilité du bois trouve son origine dans sa composition chimique : la lignine et les celluloses sont, en effet, constituées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

Le comportement du bois au feu se caractérise par les éléments suivants : le pouvoir calorifique, la réaction au feu, la vitesse de combustion et la résistance au feu.

**Le pouvoir calorifique** du bois est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de masse. Le pouvoir calorifique du bois et des produits à base de bois est de 16 MJ/kg (4000 kcal/kg) à 15% d'humidité et augmente de 1 MJ/kg pour 5% d'humidité perdus. Il varie peu d'une essence à l'autre.

Si la notion de «pouvoir calorifique» revêt une grande importance lorsqu'il s'agit de bois utilisé comme combustible, elle ne présente en revanche que peu d'intérêt dans le cas de bois de structure soumis à un incendie.

**La réaction au feu** est la propension d'un matériau à participer au développement de l'incendie du fait de son caractère plus ou moins combustible. Cette caractéristique concerne plus particulièrement les revêtements et les éléments de structures surfaciques. Au plus la conductibilité thermique d'un matériau est faible, au plus son degré d'inflammabilité est élevé car les calories transmises par la source de chaleur en un point ne se transmettent que lentement autour de ce point dans le matériau. La température en ce point augmente ainsi rapidement et le point d'inflammation est plus rapidement atteint.

**La vitesse de combustion** correspond à l'épaisseur de matériau dégradé, pendant un temps donné, par l'action de la chaleur et ne présentant plus de soutien mécanique.

La vitesse de combustion dépend, notamment, de la masse volumique et de la section considérée mais une vitesse de pénétration du feu de l'ordre de 0,6 mm/minute est généralement admise. Elle est constante. Le type de bois ou de panneaux, sa composition en tannin et en résine, son humidité, sa forme, l'inclinaison de la face exposée au feu, le rapport de la pièce de bois, sa situation – en dessous ou au-dessus – par rapport au foyer, un éventuel traitement ignifuge ainsi que l'attaque du feu d'un seul ou des deux côtés de la pièce sont autant d'éléments influençant la vitesse de combustion du bois.

Durant la toute première phase de l'incendie, la combustion du bois forme l'enveloppe superficielle de charbon « thermo-protectrice » et libère du gaz. Les avantages de cette couche de charbon résident dans le fait que sa conductibilité thermique est cinq fois moindre que celle du bois massif. Elle isole le centre de la pièce de bois qui est assez lent à se consumer. Ainsi, la température au sein de la section est beaucoup plus basse qu'à sa surface et ses propriétés mécaniques sont conservées bien plus longtemps que ce qu'il est généralement admis. Ceci est d'autant plus vrai que la section considérée est importante.

**La résistance au feu** est le temps durant lequel les éléments de structures (portes, cloisons, planchers) conservent leurs propriétés mécaniques et isolantes malgré la progression de l'incendie. Cette notion s'applique aussi bien aux éléments porteurs, aux éléments de structure, aux éléments de séparation qu'aux éléments de protection. Elle est définie par les caractéristiques suivantes :

- *stable au feu* : maintien de la résistance mécanique pendant un temps donné ;
- *pare-flamme* : stable au feu mais également étanche aux flammes, aux gaz et aux fumées ;
- *coupe-feu* : stable au feu, pare-flamme également isolant thermique permettant de retarder l'échauffement de la face non exposée au feu.

Le classement des matériaux s'exprime en fonction du temps pendant lequel l'élément a résisté au feu.

## Lectures complémentaires

- [1] J. NATTERER, J-L. SANDOZ, M. REY. *Construction en bois : matériau, technologie et dimensionnement*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2004, 540p.
- [2] CENTRUM HOUT. *HoutDocumentatie 1 : informatie voor de hout – en bouwbranche*. Den Haag : SDU Uitgevers, 2008.
- [3] CNDB (ouvrage collectif). *Les Essentiels du bois n°2 : Confort acoustique du bâtiment*. Paris : CNDB et NTC, 2006, 15p.
- [4] ANONYME. *Les Essentiels du bois n°4 : Construction bois et sécurité incendie*. Paris : CNDB et Skogsindustrierna, 2007, 15p.
- [5] R. SCMULSKY, P. DAVID JONES. *Forest Products & WOOD SCIENCE – an introduction sixth edition*. Oxford : Wiley - Blackwell, 2011, 477p.
- [6] A. BARRY-LENGER, J. PIERSON, J. PONCELET. *Transformation, utilisation, et industries du bois en Europe*. Allier-Liège : Editions du Perron, 1999, 557p.
- [7] Antennes normes du CSTC : AN acoustique et AN Prévention du feu. Voir site internet.

## 2.3. PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DU BOIS

Les éléments qui déterminent la solidité et la qualité d'une construction en bois sont sa conception, sa mise en œuvre et, bien sûr, les performances des matériaux qui la constituent. A cet égard, le bois est un matériau qui présente de nombreux atouts. Dans la plupart des applications liées à la construction, le bois joue un rôle structurel. Cette fonction de soutien est rendue possible grâce à ses propriétés mécaniques. Malgré une masse volumique relativement faible par rapport aux autres matériaux de structure, le bois est très performant pour résister à des sollicitations importantes et il est dès lors important de s'intéresser à son comportement mécanique.

Pour une bonne compréhension du comportement mécanique du bois, il convient de garder à l'esprit son caractère orienté (anisotropie), son affinité pour l'eau (hygroscopicité) ainsi que sa variabilité due à son origine vivante.

**Anisotropie :** le bois est un matériau orienté dont les propriétés varient selon la direction. Il peut être considéré comme un faisceau de tubes aux parois minces (les fibres). Les fibres sont orientées parallèlement à l'axe longitudinal de l'arbre (voir Chap 2.1).

Cette structure particulière a une influence considérable sur le comportement du bois, notamment sur ses performances mécaniques.

Le bois présente des propriétés mécaniques très différentes selon l'axe considéré. Pour une même sollicitation, sa réaction ne sera pas la même selon la direction de la sollicitation par rapport à l'orientation des fibres (p.ex. : compression // ou  $\perp$  aux fibres). Il existe une différence significative de comportement entre les directions radiale et tangentielle, mais cette différence est négligeable en comparaison avec les performances en direction longitudinale ou axiale.

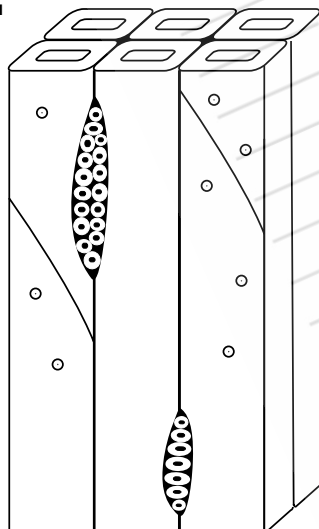
**Hygroscopicité :** terme relatif à la capacité du bois à absorber et à restituer l'eau (voir Chap. II. 5). En effet, le taux d'humidité du bois varie en fonction de l'humidité et de la température ambiantes. Cette caractéristique est à l'origine de variations dimensionnelles (retrait et gonflement) et elle est à prendre en considération tout au long de sa mise en service. L'influence de la teneur en eau du bois sur sa résistance mécanique est la plus marquée sous le point de saturation des fibres (voir Chap 2.5).

**Variabilité due à l'origine vivante du bois :** le bois est un matériau d'origine vivante et, de ce fait, comme n'importe quel individu vivant, son bagage génétique le caractérise pour une grande part et a une grande influence sur ses performances. Cette variabilité s'observe entre deux individus d'une même espèce aussi bien qu'entre deux espèces différentes. Cette dernière est généralement plus marquée que la première. (Voir Chap 2.4).

Comme le facteur génétique, les conditions de croissance (sol, climat, ensoleillement, sylviculture, etc.) ont une grande influence sur la variabilité intra-espèce et entre espèces. L'environnement et les conditions de développement de l'individu sont également prépondérants en matière de performances mécaniques.

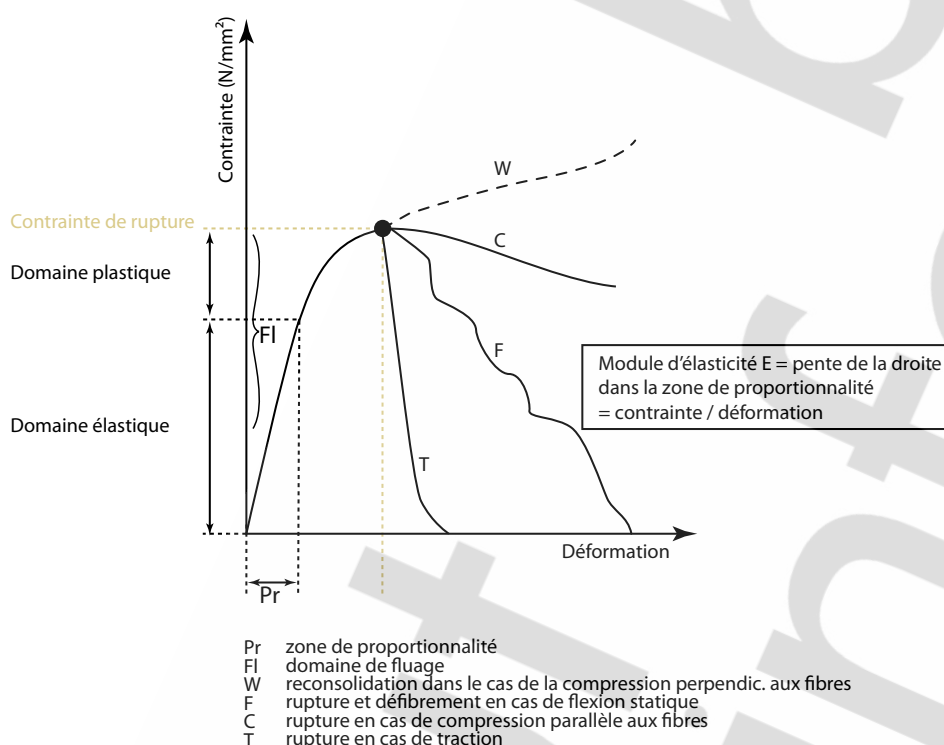
Ce chapitre aborde successivement les caractéristiques du comportement élastique du bois, les différents modes de sollicitations majeurs, les facteurs influençant ses performances mécaniques et, en conclusion, l'utilité de classer les bois selon leur résistance.

Le bois est un matériau orienté



### 2.3.1. COMPORTEMENT ÉLASTIQUE DU BOIS

Le bois soumis à une contrainte  $\sigma$  (traction, compression, flexion, etc.), subit une déformation relative  $\varepsilon$ . Lorsqu'il est soumis à une charge, le bois résiste et se déforme. Afin de comprendre son comportement mécanique, il est important de s'intéresser à la relation entre les contraintes auxquelles est soumise la pièce de bois et les déformations qui en résultent. Cette relation contrainte – déformation peut être présentée dans un schéma général.



Ce graphique présente 3 zones caractéristiques :

1. La zone élastique : en dessous d'une contrainte limite, propre à chaque matériau, la relation entre la contrainte  $\sigma$  (= Force (N) / section (mm<sup>2</sup>)) et la déformation relative  $\varepsilon$  ( $\Delta L/L$  en %) est linéaire et réversible (loi de Hooke). Le rapport contrainte/déformation est constant dans cette zone, c'est-à-dire que la déformation est proportionnelle à la contrainte. Ce rapport contrainte/déformation ( $\sigma/\varepsilon$ ) est appelé module d'élasticité E. Dans la zone élastique, le matériau reprend sa forme d'origine lorsque la sollicitation cesse.
2. La zone plastique : à partir d'une certaine contrainte, appelée limite de proportionnalité, jusqu'à la contrainte limite de rupture, la relation contrainte/déformation n'est plus linéaire ni réversible. La limite de proportionnalité est la limite au-delà de laquelle le matériau sort de

la zone élastique. Une déformation résiduelle se présente lorsque les sollicitations cessent. Il s'agit d'une déformation dite permanente ou plastique.

3. La zone de rupture : cette zone débute lorsque le point de rupture est atteint. Il se caractérise par un défibrage dans le cas d'un effort de traction et d'une pliure des fibres dans le cas d'un effort de compression.

**Le cas du bois :**

La limite supérieure de proportionnalité se situe entre 45 et 65 % de la contrainte de rupture ( $\sigma_r$ ).  
La limite inférieure de fluage (voir ci-dessous 2.3.2) se situe entre 30 et 40 % de la contrainte de rupture ( $\sigma_r$ ).  
La limite supérieure d'utilisation du bois se situe entre 20 et 25 % de la contrainte de rupture ( $\sigma_r$ ).

### Module d'élasticité

Le module d'élasticité mesure l'aptitude d'un matériau à se déformer de manière élastique, c'est-à-dire de manière réversible. Il résulte du rapport contrainte/déformation vu ci-dessus et est illustré par la pente de la droite dans la zone de proportionnalité. Il caractérise la rigidité d'un matériau. Plus sa valeur est faible, plus un matériau est élastique, plus elle est élevée, plus ce matériau est rigide.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \text{module d'élasticité} = \text{module de Young}$$

$\sigma$  : contrainte     $\varepsilon$  : déformation

Le module d'élasticité s'exprime en newtons par millimètre carré (N/mm<sup>2</sup>) ou en mégapascal (MPa).

On admet généralement

- qu'un bois de faible rigidité présente un module d'élasticité  $E < 10.000 \text{ N/mm}^2$
- qu'un bois de grande rigidité présente un module d'élasticité  $E > 14.000 \text{ N/mm}^2$

Pour une même déformation, le module d'élasticité est d'autant plus élevé que la contrainte est forte. Et à charge égale, le module d'élasticité est d'autant plus élevé que la déformation est faible.

Dans le cas du bois, en simplifiant, le module d'élasticité suivant les différents axes se comporte de la façon suivante :  $E_{\text{longitudinal}} \gg E_{\text{radial}} > E_{\text{transversal}}$

L'hétérogénéité et l'anisotropie du bois lui confèrent un comportement différent de la plupart des autres matériaux dits homogènes et isotropes.

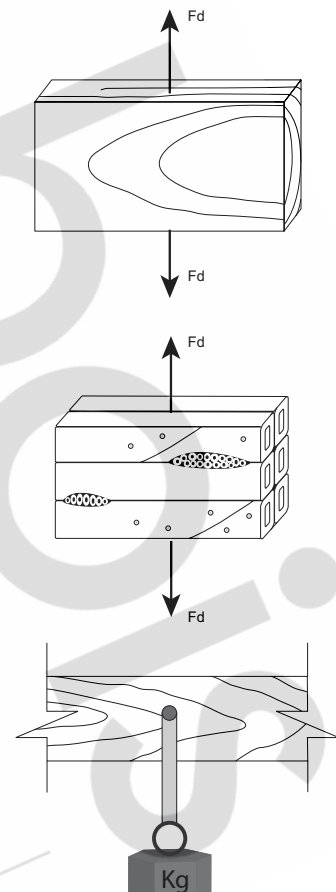
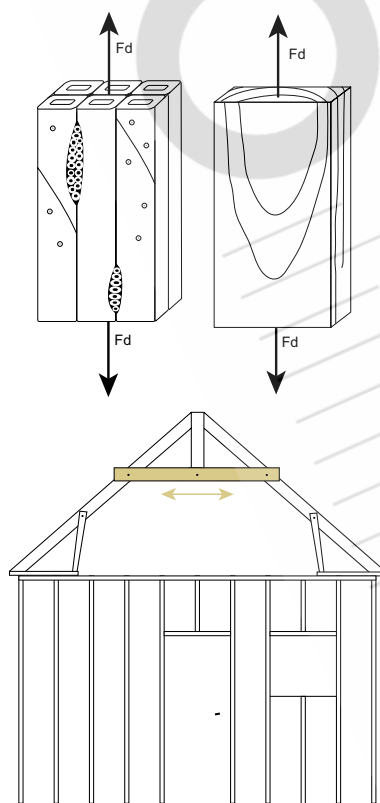
### 2.3.2. MODES DE SOLLICITATIONS MAJEURS

En termes de sollicitations, on distingue les efforts de compression, de traction et de cisaillement, des efforts de flexion qui se décomposent en un ensemble de sollicitations compression-traction-cisaillement.

Ces différentes sollicitations peuvent être appliquées parallèlement et perpendiculairement aux fibres et la résistance du bois est très dépendante de la direction dans laquelle l'effort s'exerce.

#### Traction

La force de traction correspond à la sollicitation la plus simple. La traction tend à allonger la pièce sur laquelle elle est appliquée. La traction au-delà du point de rupture entraîne un bris des microfibrilles.



Mauvais comportement mécanique du bois en traction perpendiculaire aux fibres. Attention aux fixations.

La résistance à la traction s'exprime par rapport à la section sur laquelle la force est appliquée, soit en  $\text{Pa}/\text{mm}^2$  ou en  $\text{N}/\text{mm}^2$ .

Du fait de sa structure orientée, le bois résiste très bien à la traction quand elle est exercée parallèlement aux fibres. Ce n'est pas le cas lorsque la force est appliquée perpendiculairement aux fibres. La résistance à la traction est plus performante que

la résistance à la compression, sauf en présence de défauts et singularités (nœuds, fentes, pente de fil importante, etc.).

Les assemblages aux extrémités de la pièce de bois ont tendance à affaiblir la résistance de celle-ci. Il est dès lors important d'en tenir compte lors du dimensionnement.

## Compression

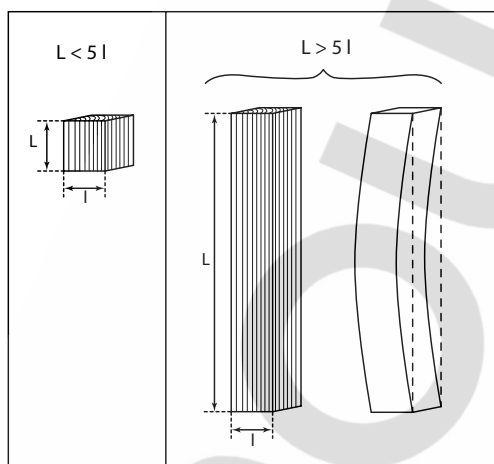
L'effort de compression longitudinale tend à raccourcir la pièce. Cet effort est la sollicitation inverse de la traction.

La résistance à un effort de compression est approximativement deux fois moins élevée que celle observée dans le cas de la traction. La compression, au-delà du point de rupture, entraîne une pliure des microfibrilles.

On peut distinguer, d'une part, les efforts de compression longitudinaux (parallèles aux fibres) et les efforts transversaux (perpendiculaires aux fibres), mais également les efforts de compression appliqués sur des pièces courtes de ceux appliqués sur de longues pièces, d'autre part.

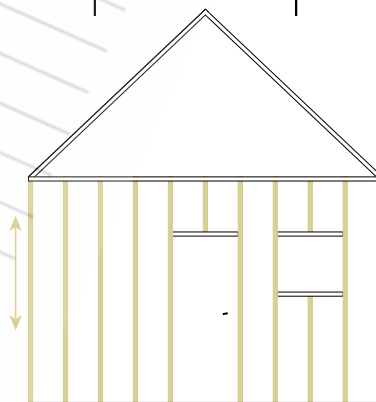
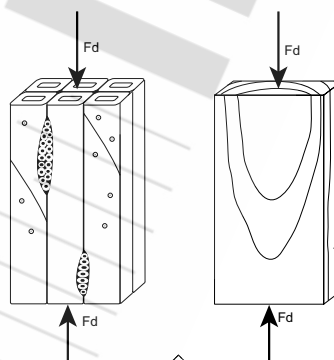
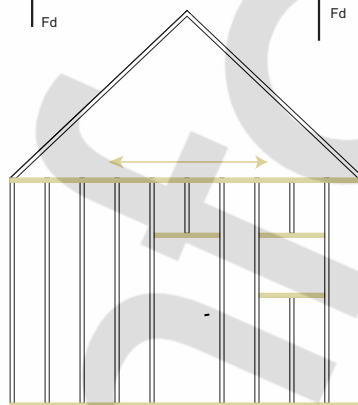
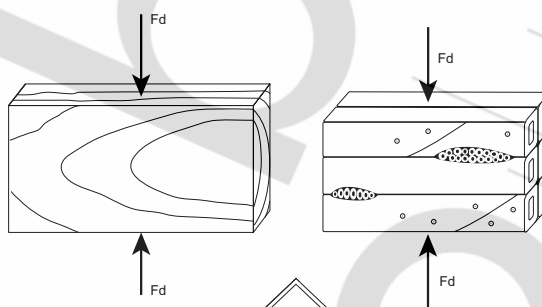
La compression sur pièces courtes (longueur  $L$  de la pièce inférieure à 5 fois le petit côté de la section  $l$ ) parallèle aux fibres provoque, lorsque la contrainte de rupture est atteinte, un affaissement de ces dernières.

La compression de pièces longues (longueur  $L$  de la pièce plus de 5 fois supérieure au petit côté de la section  $l$ ) provoque, quant à elle, lorsque la contrainte de rupture est atteinte, une flexion latérale appelée flambement.



Le flambement affaiblit de façon considérable la capacité de résistance de la pièce de bois. Au plus la pièce est longue, au plus le phénomène de flambement sera important. L'élancement de la pièce est donc à prendre en considération.

Le système de fixation aura également une influence sur la longueur du flambement.

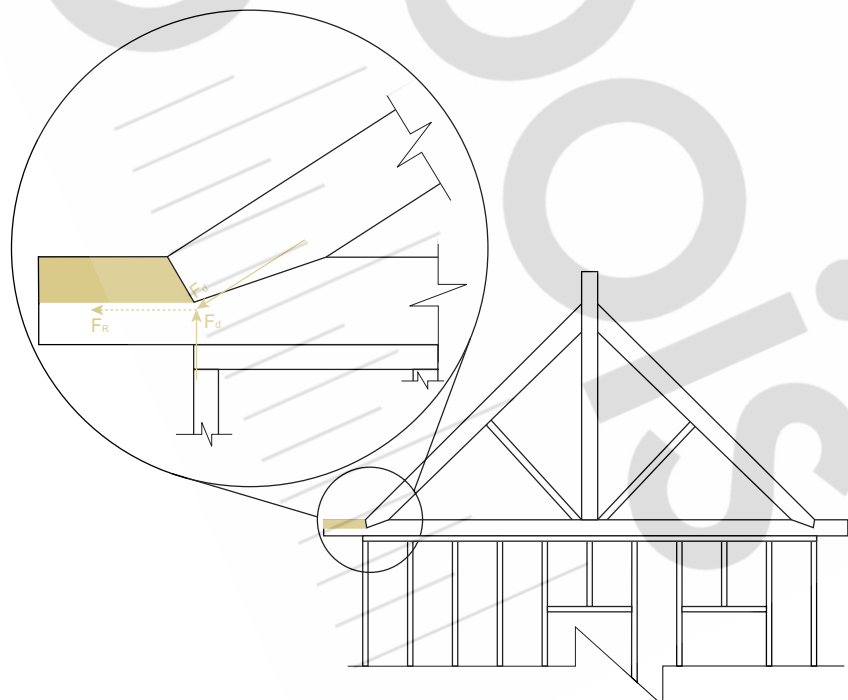
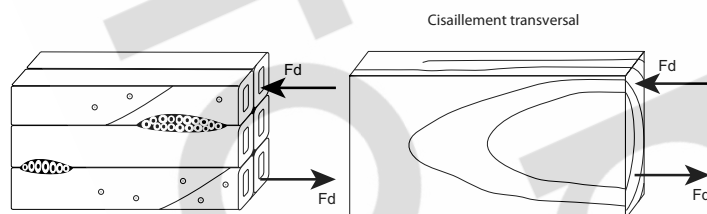
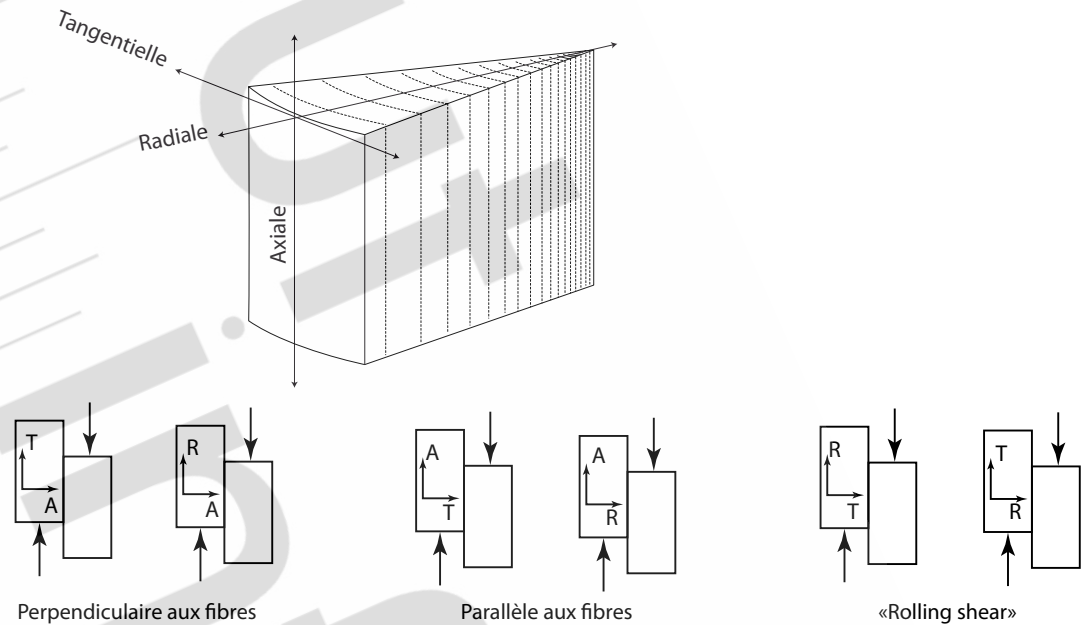


### Cisaillement

Le cisaillement correspond au glissement des fibres les unes par rapport aux autres dans le plan considéré, suite à l'effort auquel elles sont soumises. Il provoque le sectionnement de la pièce de bois. Il est également appelé effort tranchant. On distingue le cisaillement longitudinal (parallèle

aux fibres), le cisaillement transversal (perpendiculaire aux fibres) et le «rolling shear» (caractéristique des panneaux).

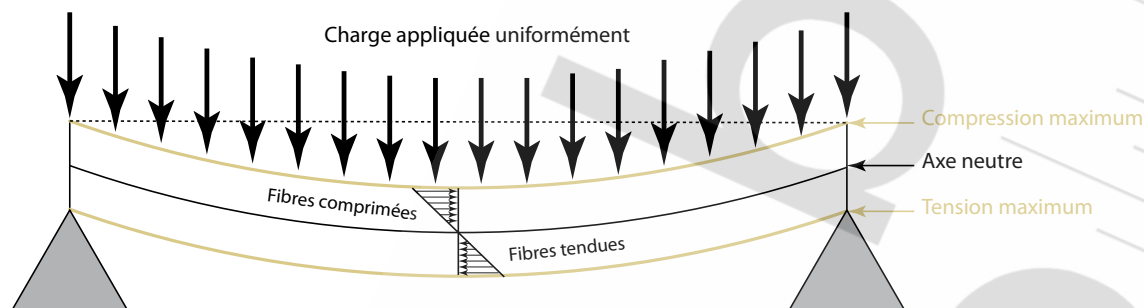
Le cisaillement est exprimé en fonction de la section sur laquelle la force est appliquée, soit en  $\text{Pa}/\text{mm}^2$  ou en  $\text{N}/\text{mm}^2$ .



## Flexion

L'effort de flexion fait ployer la pièce de bois. Dans le cas d'une construction, on considère généralement le cas de la flexion statique.

Une poutre soumise à un effort de flexion présente une zone comprimée (la partie supérieure), une fibre neutre (la partie centrale) et une zone tendue (la partie inférieure).

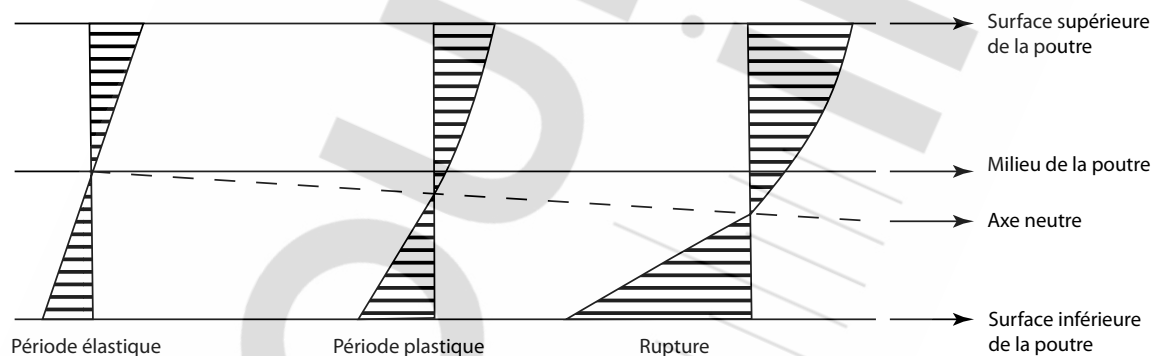


Les fibres les plus sollicitées, en traction ou en compression, sont celles les plus éloignées de la fibre neutre, laquelle n'est théoriquement soumise à aucun effort de traction ou de compression. En revanche, elle subit dans le sens longitudinal un glissement des fibres les unes par rapport aux autres, c'est-à-dire un effort de cisaillement et ce, plus particulièrement si la poutre est haute et « courte » (longueur/hauteur de poutre  $\leq 10$ ).

Lorsque la résistance à la compression est atteinte sur la partie supérieure de la poutre, l'axe neutre descend et se déplace vers la zone tendue.

La rupture visible apparaît le plus souvent lorsque la résistance à la traction est dépassée.

La présence de nœuds et de singularités du bois dans la partie la plus sollicitée diminue considérablement la résistance de la poutre, particulièrement lorsque ces défauts se situent dans la zone de traction.



## Fluage

Le fluage est une déformation irréversible d'un élément soumis à une contrainte constante (dans la zone d'élasticité). Le fluage est la déformation qui apparaît dans le domaine élastique lorsque la charge est maintenue pendant un certain temps (années). Ce phénomène ne concerne que la compression et, surtout, la flexion (p.ex. déformation avec le temps, d'une étagère sous le poids de livres).



### 2.3.3. FACTEURS D'INFLUENCE

Les propriétés mécaniques reprises ci-dessus dépendent de nombreux facteurs dont l'influence est non négligeable. Dans la mesure du possible, ces multiples facteurs doivent être pris en compte dans le dimensionnement.

**Dimension de la pièce :** les valeurs de résistance généralement annoncées sont le résultat d'essais en laboratoire sur de petits échantillons sans défaut. Ces valeurs sont donc optimales mais dans les faits, les charges de rupture effectives sont souvent inférieures à celles-ci.

Plus la pièce de bois sollicitée est grande, plus sa variabilité « interne » (irrégularités de croissance) est importante et plus les différences de résistance et les déformations entre les zones intérieures de la pièce sont considérables.

De cette façon, une pièce de petite section présentera généralement une résistance plus homogène et proche des valeurs calculées alors qu'une pièce de grande section offrira, le plus souvent, une résistance inférieure à cette valeur calculée.

**Masse volumique :** le poids d'une pièce de bois dépend de la proportion de vide de cette même pièce. En l'occurrence, comme les vides diminuent la résistance d'un bois à l'effort, un bois lourd s'avérera donc plus solide, plus dur et plus stable qu'un bois léger. De la même façon, les bois de masse volumique élevée présentent de meilleures performances mécaniques.

**Nœuds :** la présence de nœuds affaiblit la résistance du bois (particulièrement en traction et en flexion). L'origine de cette influence réside dans le fait que les fibres du bois sont déviées en périphérie du nœud. La taille, l'état, le nombre ainsi que la position des nœuds sur la poutre sont déterminants. En effet, la résistance d'une poutre en flexion sera moins affaiblie par un nœud sur la rive supérieure (fibre comprimée) que par un nœud situé sur la rive inférieure (fibre tendue). De manière générale, les nœuds affectent davantage la résistance à la traction qu'à la compression et handicapent considérablement les éléments soumis à un effort de flexion.

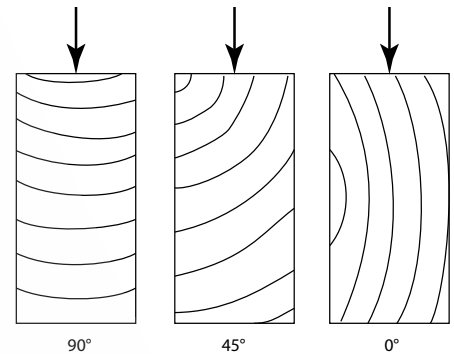
**Pente de fil :** un fil incliné correspond à un défaut de parallélisme entre les fibres de bois et le trait de sciage. Un fil trop incliné amoindrit les performances mécaniques du bois. Lorsque l'angle entre l'axe de la pièce et la direction des fibres est supérieur à 10°, la résistance de la pièce à l'effort diminue considérablement.

**Cernes de croissance :** la proportion de bois initial et de bois final ainsi que la position des cernes sont également des facteurs d'influence.

En Europe, pour les résineux, la densité du bois initial est de 2 à 4 fois moins élevée que celle du bois final. Sa résistance est donc nettement plus

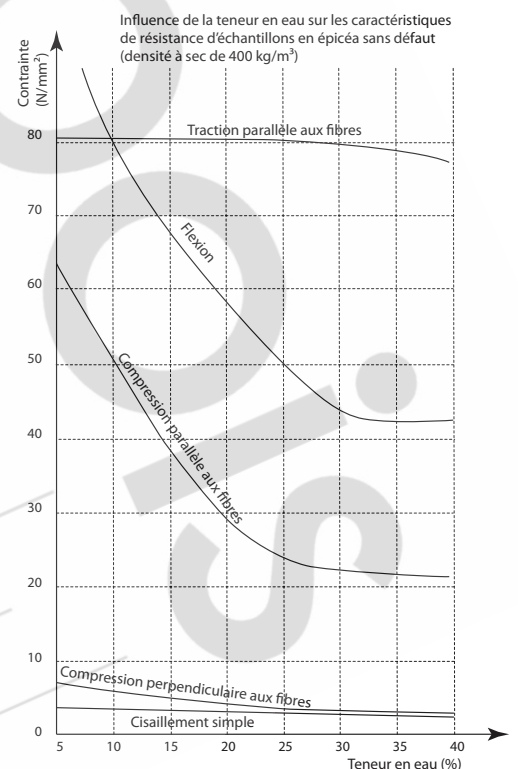
faible et, à charge égale, le bois initial se déforme plus que le bois final, plus dense. La proportion de bois final et la régularité d'un cerne à l'autre sont, par conséquent, des éléments importants.

L'inclinaison des cernes par rapport à l'effort et donc le type de débit s'avèrent également déterminants.



Relation entre la direction de la contrainte et la direction des cernes d'accroissement

**Taux d'humidité du bois :** comme énoncé ci-dessus, le caractère hygroscopique du bois a un impact sur les performances mécaniques du bois. Sous le point de saturation des fibres, plus la teneur en eau du bois est importante, plus la résistance du bois est faible. Ces variations des propriétés mécaniques en fonction du taux d'humidité du bois s'estompent au-delà du point de saturation des fibres, soit approximativement 30% d'humidité. Le bois sec a donc un meilleur comportement mécanique que le bois vert. Ceci explique l'importance du séchage du bois.



**Température** : d'une manière générale, les propriétés mécaniques du bois diminuent lorsque sa température augmente et inversement. Pour une teneur en humidité constante et sous une température de 150°C, la relation entre les propriétés mécaniques et la température est linéaire.

Malgré son influence sur les propriétés mécaniques du bois, il est néanmoins difficile de tenir compte de ce facteur lors du dimensionnement des pièces de bois.

**Facteur temps** : la vitesse à laquelle se déforme une pièce influence la valeur de la contrainte de rupture. La résistance est moindre pour des charges de longue durée (quelques heures, plusieurs années) que pour des charges ponctuelles (courte durée ou par à-coups isolés). Un phénomène de rupture par fatigue peut apparaître.

**Bois de compression** : le bois de compression présente un retrait longitudinal relativement important ce qui provoque souvent la courbure ou le gauchissement des pièces de bois ainsi que des contraintes internes ou des fentes. Il est dès lors déconseillé d'utiliser du bois de compression dans la construction.

#### 2.3.4. CLASSEMENT DU BOIS

Afin de pouvoir utiliser le bois comme un matériau de construction à part entière, l'ingénieur doit disposer de valeurs de calcul (notamment dans le cadre de l'utilisation de l'Eurocode 5) et connaître les contraintes admissibles ou les contraintes de rupture d'une pièce de bois. Pour l'aider, un classement de résistance répartit les pièces de bois en classes de tri auxquelles correspondent des performances mécaniques. Il existe deux méthodes de classement selon la résistance repris par la norme NBN EN 14081 : le classement visuel et le classement mécanique.

Chaque classe de tri doit correspondre à une des classes reprises dans la norme EN 338 (Bois de structure – Classes de résistance). La lettre C est utilisée pour désigner les résineux (Coniferous) ; la lettre D pour les feuillus (Deciduous). Le nombre qui suit la lettre C ou D a trait à la contrainte caractéristique de flexion (5<sup>ème</sup> percentile). Lorsqu'une essence feuillue ne satisfait pas à la classe de résistance la plus basse D30, le bois est classé dans une classe de résistance C (le cas du peuplier).

**Agents biologiques** : les colorations résultant de l'attaque de champignons n'ont que peu ou pas d'impact sur les capacités mécaniques du bois ; en l'occurrence, les désagréments sont essentiellement d'ordre esthétique.

Les performances mécaniques ne sont pas entamées si la dureté du bois est préservée. En revanche, lorsque l'attaque est l'œuvre de champignons lignivores, la résistance peut diminuer considérablement et très rapidement.

En ce qui concerne les insectes, capricornes, vrillettes et lyctus sont souvent à l'origine de dégâts importants qui peuvent conduire à un affaiblissement significatif de la résistance du bois.

**Agents chimiques** : l'exposition à des acides fortement concentrés et à leurs vapeurs peuvent, avec le temps, amoindrir la résistance du bois.

Le classement des bois tient compte de la largeur de cerne, de la présence et de la taille des nœuds, des fentes, des poches de résine, de l'entre-écorce, de la pente de fil, des flaches, des altérations biologiques, des déformations maximum. La section utile considérée pour le classement de résistance du bois est toujours la section à l'endroit le plus défavorable de la pièce.

Classes de résistance (valeurs en N/mm<sup>2</sup>)

(N/mm <sup>2</sup> )	Résineux					Feuillus			
	C16	C18	C24	C30	C40	D30	D40	D50	D60
Flexion	16	18	24	30	40	30	40	50	60
Traction //	10	11	14	18	24	18	24	30	36
Traction ⊥	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression //	16	18	21	23	26	23	26	29	32
Compression ⊥	2,2	2,2	2,5	2,7	2,9	8	8,8	9,7	10,5
Cisaillement	1,8	2	2,5	3	3,8	3	3,8	4,6	5,3
E // moyen	8000	9000	11000	12000	14000	10000	11000	14000	17000
E // 5%	5400	6000	7400	8000	9400	8000	9400	11800	14300
E ⊥ moyen	270	300	370	400	470	640	750	930	1130
G moyen	500	560	690	750	880	600	700	880	1060
(Kg/m <sup>3</sup> )									
Masse volumique caractéristique	310	320	350	380	420	530	590	650	700
Masse volumique moyenne	370	380	420	460	500	640	700	780	840

Tableau comparatif de différents systèmes de classement visuel pour bois résineux de structure

Classe de résistance Classe de tri	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30
<b>Norme belge NBN B 16-520</b> Épicéa, pin, douglas, mélèze		S4	S6			S8		S10
<b>Norme britannique BS 4978</b> Épicéa, pin (CNE) Douglas, épicéa (UK)	GS		GS	SS		S		
Douglas, mélèze (USA, Canada)		GS				SS		
<b>Norme française NF B 52-001</b> Épicéa, pin, douglas (France) Mélèze (France)			ST-III ST-III			ST-II ST-II	ST-I	ST-I
<b>Norme allemande DIN 4071</b> Teil 1 Épicéa, mélèze, Pin		S7				S10		S13
<b>Règle de classement nordique INSTA 142</b> Épicéa, pin, mélèze (CNE)	T0		T1			T2		T3

CNE= Europe Centrale, du Nord et de l'Est

En Belgique, il n'existe pas encore de système de classement visuel des feuillus indigènes et tropicaux de structure comme on en trouve à l'étranger (Pays Bas, Grande-Bretagne, France, etc). Une action est toutefois en cours actuellement, laquelle vise à étendre et à valider la plage d'application de la norme française NF 52-001 à la ressource belge en chêne. Le même travail, portant cette fois sur

le hêtre, devrait débiter dans le courant de l'année 2012. Il s'agit, dans ce dernier cas, de se préparer à une éventuelle possibilité d'utilisation du hêtre en structure, voire de se prémunir de considérations structurelles à venir relatives aux marches d'escalier, par exemple.

## Lectures complémentaires

- [1] J. NATTERER, J-L. SANDOZ, M. REY. *Construction en bois : matériau, technologie et dimensionnement*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2004, 540p.
- [2] R. SCMULSKY, P. DAVID JONES. *Forest Products & WOOD SCIENCE – an introduction sixth edition*. Oxford : Wiley – Blackwell, 2011, 477p.
- [3] USDA (Forest Service – Ouvrage collectif). *Wood Handbook – Wood as an Engineering Material – Centennial Edition*. Madison, USA : Forest Products Laboratory – United States Department of Agriculture, 2010, 509p.
- [4] A. BARRY-LENGER, J. PIERSON, J. PONCELET. *Transformation, utilisation, et industries du bois en Europe*. Allier-Liège : Éditions du Perron, 1999, 557p.
- [5] CENTRUM HOUT. *HoutDocumentatie 1 : informatie voor de hout – en bouwbranche*. Den Haag : SDU Uitgevers, 2008.

## 2.4. ESSENCES DE BOIS INDIGÈNE

	<b>Aulne</b> Latin : <i>Alnus glutinosa</i> NL : Elzen GB : Alder ALL : Erle	<b>Bouleau</b> Latin : <i>Betula spp.</i> NL : Berk GB : Birch ALL : Birke	<b>Châtaignier</b> Latin : <i>Castanea sativa</i> NL : Tamme kastanje GB : Sweet chestnut ALL : Edelkastanie	<b>Chêne</b> Latin : <i>Quercus spp.</i> NL : Eik GB : Oak ALL : Eiche	<b>Érable sycomore</b> Latin : <i>Acer pseudoplatanus</i> NL : Europees esdoorn GB : Sycamore ALL : Ahorn	
<b>Aspects visuels</b>	<b>Couleur</b>	Aubier et duramen non différenciés. Blanc jaunâtre à brun rougeâtre clair	Aubier et duramen non différenciés. Blanc jaunâtre à reflets bruns rosés	Aubier : blanc gris à brun gris Duramen : jaune brun à brun	Aubier : blanc jaunâtre à beige pâle Duramen : beige à brun doré	Aubier et duramen non différenciés. Blanc crème nacré à jaune pâle
	<b>Cernes de croissance</b>	Visibles	Peu visibles	Très visibles	Très visibles	Visibles mais peu marqués
	<b>Grain</b>	Fin	Fin	Grossier et hétérogène	Grossier à zones poreuses	Fin et régulier
	<b>Fil</b>	Droit	Droit à ondulé	Droit	Droit	Droit, parfois finement ondulé ou légèrement irrégulier
<b>Propriétés physiques</b>	<b>Particularités</b>	Figures peu marquées	Exempt de maille sur quartier	Flammes sur dosse	Flammes sur dosse et grandes mailles brillantes sur quartier	Légères flammes sur dosse et fine maille sur quartier
	<b>Masse Vol. moy. à 12% d'humidité (kg/m<sup>3</sup>)</b>	530	660	620	710	630
	<b>Dureté</b>					
	<b>Brinell // aux fibres (N/mm<sup>2</sup>)</b>	34	48	34	57	54
	<b>Brinell ⊥ aux fibres (N/mm<sup>2</sup>)</b>	12	27	19	32	30
	<b>Retraits</b>					
<b>Humidité relative (air) : 90 à 60 %</b>	Radial : 0,9 % Tangentiel : 1,5 %	Radial : - Tangentiel : -	Radial : 0,7 % Tangentiel : 1,3 %	Radial : 1,2 % Tangentiel : 2,1 %	Radial : 0,6 % Tangentiel : 1,3 %	
<b>Humidité relative (air) : 60 à 30 %</b>	Radial : 0,6 % Tangentiel : 1,0 %	Radial : - Tangentiel : -	Radial : 0,6 % Tangentiel : 0,9 %	Radial : 0,8 % Tangentiel : 1,2 %	Radial : 0,7 % Tangentiel : 1,2 %	
<b>Stabilité dimensionnelle</b>	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Peu à moyennement stable	Peu stable	
<b>Propriétés mécaniques</b>	<b>Module d'élasticité (MPa)</b>	9.500	14.000	9.000	12.500	10.500
	<b>Résistance moy. Flexion (Mpa)</b>	87	130	71	97	110
	<b>Résistance moy. Compression (Mpa)</b>	47	50	46	50	54
	<b>Résistance moy. Traction (Mpa)</b>	81	135	128	100	115
	<b>Cisaillement (Mpa)</b>	7,5	13	9	10	12
<b>Durabilité</b>	<b>Durabilité naturelle</b>	Aubier : V Duramen : V	Aubier : V Duramen : V	Aubier : V Duramen : II	Aubier : V Duramen : II - III	Aubier : V Duramen : V
	<b>Imprégnabilité</b>	Aubier : imprégnable Duramen : imprégnable	Aubier : imprégnable à moy. Duramen : imprégnable à peu imprégnable	Aubier : moy. imprégnable Duramen : non imprégnable	Aubier : imprégnable Duramen : non imprégnable	Aubier : imprégnable Duramen : imprégnable
	<b>Préservation (protection fongicide du bois)</b>	Non adéquat en un usage externe	Non adéquat en un usage externe	En présence d'aubier : traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide), éventuellement suivi d'une finition	En présence d'aubier : traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide), éventuellement suivi d'une finition	Non adéquat en un usage externe
	<b>Usages</b>	Menuiseries intérieures, meubles, contreplaqué décoratif, objets en bois, tournerie, emballage	Meubles, menuiseries intérieures, ébénisterie, emballage léger, contreplaqué, parquet, tournerie	Menuiseries intérieure et extérieure, meubles, parquet, bardage, lambris, tonnellerie, outils	Menuiseries extérieure et intérieure, meubles, parquet, escalier, charpente, traverses, placage, bardage, construction navale, tonnellerie	Menuiserie intérieure haut de gamme, ébénisterie, meubles, parquet, placage décoratif, bois cintré ou tourné, instruments de musique à corde
	<b>Disponibilité</b>	Très limitée	Très limitée	Régulière	Régulière	Moyenne
<b>Prix</b>	Bas à moyen	Bas à moyen	Moyen	Moyen	Elevé	



**Frêne**  
Latin : *Fraxinus excelsior*  
NL : Essen  
GB : Ash  
ALL : Esche

**Hêtre**  
Latin : *Fagus sylvatica*  
NL : Beuken  
GB : Beech  
ALL : Buche

**Merisier**  
Latin : *Prunus avium*  
NL : Kersen  
GB : Cherry  
ALL : Kirsche

**Noyer**  
Latin : *Juglans regia*  
NL : Noten  
GB : Walnut  
ALL : Walnuss

	Frêne	Hêtre	Merisier	Noyer
<b>Couleur</b>	Aubier et duramen non différenciés. Blanc jaunâtre à ocre clair	Aubier et duramen non différenciés. Blanchâtre à brun très pâle, fonçant au brun rougeâtre	Aubier : jaunâtre Duramen : jaune miel à brun rosâtre	Aubier : jaunâtre à gris fauve avec zone de transition Duramen : gris jaune à brun, avec des veines brunâtres
<b>Cernes de croissance</b>	Très visibles	Visibles mais peu marqués	Visibles et très larges	Visibles et souvent très larges
<b>Grain</b>	Grossier à moyen avec zones poreuses	Fin	Fin	Moyen
<b>Fil</b>	Droit	Droit	Droit, parfois légèrement ondulé	Droit, parfois enchevêtré
<b>Particularités</b>	Flammes sur dosse et fines mailles sur quartier. Parfois, présence de faux duramen ocre à brun foncé (frêne olive).	Petites mailles sur quartier. Parfois faux duramen rouge foncé ou cœur rouge	Flammes sur dosse, petites mailles sur quartier, parfois tâches médullaires et veines vertes	Figurations très variées. Parfois veines sombres
<b>Masse Vol. moy. à 12% d'humidité (kg/m³)</b>	700	700	620	660
<b>Dureté</b>				
<b>Brinell // aux fibres (N/mm²)</b>	64	71	54	59
<b>Brinell ⊥ aux fibres (N/mm²)</b>	34	28	29	26
<b>Retraits</b>				
<b>Humidité relative (air) : 90 à 60 %</b>	Radial : 1,2 % Tangentiel : 2,0 %	Radial : 1,2 % Tangentiel : 2,5 %	Radial : 0,8 % Tangentiel : 1,9 %	Radial : 0,8 % Tangentiel : 1,4 %
<b>Humidité relative (air) : 60 à 30 %</b>	Radial : 0,8 % Tangentiel : 1,4 %	Radial : 0,9 % Tangentiel : 1,5 %	Radial : 0,8 % Tangentiel : 1,7 %	Radial : 1,0 % Tangentiel : 1,3 %
<b>Stabilité dimensionnelle</b>	Moyenne	Peu stable	Moyenne	Très stable
<b>Module d'élasticité (MPa)</b>	12.500	13.500	10.500	11.900
<b>Résistance moy. Flexion (Mpa)</b>	113	113	100	117
<b>Résistance moy. Compression (Mpa)</b>	58	54	49	63
<b>Résistance moy. Traction (Mpa)</b>	145	145	98	97
<b>Cisaillement (Mpa)</b>	14	10	11,7	9,45
<b>Durabilité naturelle</b>	Aubier : V Duramen : V	Aubier : V Duramen : V	Aubier : V Duramen : III - IV	Aubier : V Duramen : III
<b>Imprégnabilité</b>	Aubier : moyennement imprégnable Duramen : moyennement imprégnable	Aubier : imprégnable Duramen : imprégnable sauf le cœur rouge	Aubier : - Duramen : -	Aubier : imprégnable Duramen : peu imprégnable
<b>Préservation (protection fongicide du bois)</b>	Non adéquat en un usage externe	Non adéquat en un usage externe	Non adéquat en un usage externe	Non adéquat en un usage externe
<b>Usages</b>	Menuiserie intérieure, parquet, agencement, placage décoratif, pièces tournées ou cintrées, articles de sport, manches d'outils	Menuiserie intérieure, meubles, parquet, pièces tournées, pièces cintrées, contreplaqué, traverses.	Menuiserie intérieure haut de gamme, meubles, ébénisterie, agencement, placage décoratif, pièces tournées	Menuiserie intérieure haut de gamme, meubles, ébénisterie, agencement, placage décoratif, pièces tournées, parquet
<b>Disponibilité</b>	Régulière	Importante	Régulière	Limitée
<b>Prix</b>	Elevé	Moyen	Elevé	Elevé

Aspects visuels

Propriétés physiques

Propriétés mécaniques

Durabilité

	<b>Orme</b> Latin : <i>Ulmus spp.</i> NL : Iep GB : Elm ALL : Ulme, Ruster	<b>Peuplier</b> Latin : <i>Populus spp.</i> NL : Populieren GB : Poplar ALL : Pappel	<b>Robinier</b> Latin : <i>Robinia pseudoacacia</i> NL : Robinia GB : Robinia ALL : Robinie	<b>Tilleul</b> Latin : <i>Tilia spp.</i> NL : Linden GB : Lime ALL : Linde	
<b>Aspects visuels</b>	<b>Couleur</b>	Aubier : blanc jaunâtre Duramen : brun clair à moyen avec nuances rougeâtres	Aubier : blanc, peu distinct Duramen : blanc grisâtre à brun très pâle ou rosâtre	Aubier : jaune gris, bien distinct Duramen : jaune verdâtre à brun doré	Aubier et duramen non différenciés. Blanc à paille
	<b>Cernes de croissance</b>	Visibles	Visibles et très larges	Visibles	Visibles
	<b>Grain</b>	Grossier, irrégulier, à zones poreuses	Fin et régulier, surface souvent plucheuse	Grossier	Fin
	<b>Fil</b>	Droit à ondulé	Droit à légèrement ondulé	Droit à légèrement ondulé	Droit
	<b>Particularités</b>	Rubané et maillé sur quartier	Peu de figurations. Aspect brillant, lustré, tâches médullaires fréquentes. Parfois, présence de faux-cœur brun à gris verdâtre	Flammes sur dosse et fines mailles sur quartier	Figurations pratiquement absentes
<b>Propriétés physiques</b>	<b>Masse Vol. moy. à 12% d'humidité (kg/m<sup>3</sup>)</b>	640	400	720	500
	<b>Dureté</b>				
	<b>Brinell // aux fibres (N/mm<sup>2</sup>)</b>	60	29	71	40
	<b>Brinell ⊥ aux fibres (N/mm<sup>2</sup>)</b>	37	12	48	17
	<b>Retraits</b>				
<b>Humidité relative (air) : 90 à 60 %</b>	Radial : 1,6 % Tangentiel : 2,8 %	Radial : 0,7 % Tangentiel : 1,9 %	Radial : 1,2 % Tangentiel : 1,7 %	Radial : 0,9 % Tangentiel : 1,3 %	
<b>Humidité relative (air) : 60 à 30 %</b>	Radial : 1,5 % Tangentiel : 1,6 %	Radial : 0,6 % Tangentiel : 1,4 %	Radial : 0,8 % Tangentiel : 0,9 %	Radial : 0,6 % Tangentiel : 0,7 %	
<b>Stabilité dimensionnelle</b>	Peu stable	Moyenne	Moyenne	Moyenne	
<b>Propriétés mécaniques</b>	<b>Module d'élasticité (MPa)</b>	10.800	9.000	16.000	8.000
	<b>Résistance moy. Flexion (Mpa)</b>	88	65	126	60
	<b>Résistance moy. Compression (Mpa)</b>	50	33	70	51
	<b>Résistance moy. Traction (Mpa)</b>	78	72	140	83
	<b>Cisaillement (Mpa)</b>	6,8	6	17	4,4
<b>Durabilité naturelle</b>	Aubier : V Duramen : IV	Aubier : V Duramen : V	Aubier : V Duramen : I - II	Aubier : V Duramen : V	
<b>Imprégnabilité</b>	Aubier : imprégnable Duramen : moyennement imprégnable à peu imprégnable	Aubier : imprégnable Duramen : peu imprégnable	Aubier : imprégnable Duramen : non imprégnable	Aubier : imprégnable Duramen : imprégnable	
<b>Durabilité</b>	<b>Préservation (protection fongicide du bois)</b>	Non adéquat en un usage externe	Non adéquat en un usage externe	Pas de traitement nécessaire. En présence d'aubier : traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide), éventuellement suivi d'une finition	Non adéquat en un usage externe
	<b>Usages</b>	Menuiserie intérieure, meubles, parquet, escalier, placage décoratif (loupe d'orme), pièces tournées ou cintrées, construction navale	Menuiserie intérieure, moulure, contreplaqué, palettes, caisserie, emballages, charpentes légères, lamellé-collé, jouets, allumettes	Menuiseries intérieure et extérieure, aménagement extérieur, pieux, clôtures, tuteurs, construction navale, travaux hydrauliques	Jouets, sculptures, boissellerie, moulures, ébénisterie, meubles, aménagements intérieurs
<b>Disponibilité</b>	Indisponible	Importante	Très limitée	Limitée	
<b>Prix</b>	-	Moyen	Moyen	Moyen	



	<b>Douglas</b> Latin : <i>Pseudotsuga menziesii</i> NL : Douglas GB : Douglas - fir ALL : Douglasie	<b>Épicéa</b> Latin : <i>Picea abies</i> NL : Vuren GB : Spruce ALL : Fichte	<b>Mélèze</b> Latin : <i>Larix decidua</i> NL : Lorken GB : Larch ALL : Lärche	<b>Pin sylvestre</b> Latin : <i>Pinus sylvestria</i> NL : Grenen GB : Scots pine ALL : Kiefer	
<b>Aspects visuels</b>	<b>Couleur</b>	Aubier : blanc jaunâtre à brun pâle Duramen : rose saumon à brun rougeâtre	Aubier et duramen non différenciés. Blanc crème à blanc jaunâtre très pâle lustré	Aubier : blanc jaunâtre Duramen : brun rougeâtre	Aubier : blanc jaunâtre Duramen : rosé à brun rougeâtre
	<b>Cernes de croissance</b>	Très visibles	Visibles	Très visibles	Très visibles
	<b>Grain</b>	Moyen à grossier	Fin et uniforme	Variable et fonction de la vitesse de croissance	Fin à moyennement grossier
	<b>Fil</b>	Droit	Très droit	Droit	Droit
<b>Propriétés physiques</b>	<b>Particularités</b>	Flammes sur dosse. Canaux résinifères assez fins et peu nombreux. Nœuds adhérents assez gros	Flamme sur dosse. Odeur de résine	Flammes sur dosse. Présence de nombreux canaux résinifères	Flamme sur dosse. Nombreux canaux résinifères
	<b>Masse Vol. moy. à 12% d'humidité (kg/m³)</b>	550	450	600	530
	<b>Dureté</b>				
	<b>Brinell // aux fibres (N/mm²)</b>	44	31	49	40
	<b>Brinell ⊥ aux fibres (N/mm²)</b>	18	13	22	18
	<b>Retraits</b>				
	<b>Humidité relative (air) : 90 à 60 %</b>	Radial : 1,2 Tangentiel : 1,9	Radial : 0,9 % Tangentiel : 2,0 %	Radial : 0,7 % Tangentiel : 1,3 %	Radial : 0,5 % Tangentiel : 1,3 %
	<b>Humidité relative (air) : 60 à 30 %</b>	Radial : 0,8 Tangentiel : 1,3	Radial : 0,8 % Tangentiel : 1,5 %	Radial : 0,6 % Tangentiel : 0,9 %	Radial : 0,5 % Tangentiel : 1,1 %
	<b>Stabilité dimensionnelle</b>	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
	<b>Module d'élasticité (MPa)</b>	12.000	11.000	12.500	11.000
<b>Propriétés mécaniques</b>	<b>Résistance moy. Flexion (Mpa)</b>	85	71	93	90
	<b>Résistance moy. Compression (Mpa)</b>	55	45	53	50
	<b>Résistance moy. Traction (Mpa)</b>	95	85	101	102
	<b>Cisaillement (Mpa)</b>	9	6,5	10	9
<b>Durabilité</b>	<b>Durabilité naturelle</b>	Aubier : V Duramen : III	Aubier : V Duramen : IV	Aubier : V Duramen : III	Aubier : V Duramen : III - IV
	<b>Imprégnabilité</b>	Aubier : moyennement à peu imprégnable Duramen : non imprégnable	Aubier : peu imprégnable Duramen : peu à non imprégnable	Aubier : moyennement imprégnable Duramen : non imprégnable	Aubier : imprégnable Duramen : peu à non imprégnable
	<b>Préservation (protection fongicide du bois)</b>	En présence d'aubier, traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide) indispensable, suivi d'une éventuelle finition	Traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide) indispensable, éventuellement suivi d'une finition	En présence d'aubier, traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide) indispensable, suivi d'une éventuelle finition	Traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide) indispensable, éventuellement suivi d'une finition
	<b>Usages</b>	Charpente, Menuiseries intérieure et extérieure, mobilier, plancher, parquet, placage, châssis, bardage, bois de trituration	Charpentes, structure/ossature bois, contreplaqué, mobilier, menuiserie intérieure, poteaux, palettes, structures, lambris, lutherie	Bardage, structures, contreplaqué, menuiseries intérieure et extérieure, charpente, placages, lamellé-collé meubles, ponts, jouets	Menuiseries intérieure et extérieure, moulure, meubles, parquet, charpente et ossature, bardage, poteaux électriques
	<b>Disponibilité</b>	Importante	Importante	Régulière	Importante
<b>Prix</b>	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	



## 2.5. LE BOIS ET L'HUMIDITÉ

Le bois est un matériau hygroscopique. Lors de sa transformation et de sa mise en œuvre, son taux d'humidité doit être ajusté en fonction de la situation dans laquelle il sera utilisé.

Les aspects liés à l'eau revêtent une importance capitale pour la mise en œuvre du bois et, si l'on n'en tient pas compte, ils peuvent être à l'origine de divers problèmes parmi lesquels : déformations avant et après mise en œuvre, défauts de collage,

diminution des propriétés mécaniques, défauts de séchage, attaques de champignons, etc.

Certains, plus fréquents, pourraient souvent être évités par une bonne connaissance de la dynamique de l'eau et de ses effets sur le bois.

Ce chapitre tente de donner quelques clés afin de mieux comprendre la relation entre l'eau et le bois.

### 2.5.1. TENEUR EN EAU DU BOIS

#### Hygroscopie du bois

L'hygroscopie est la capacité d'un matériau à absorber ou à restituer de l'humidité (eau) par rapport à son environnement (air). Le degré d'humidité ou taux d'humidité du bois est défini par la relation suivante :

$$\text{Taux d'humidité H (\%)} = \frac{\text{Masse humide} - \text{Masse anhydre}}{\text{Masse anhydre}} \times 100$$

#### L'eau dans le bois

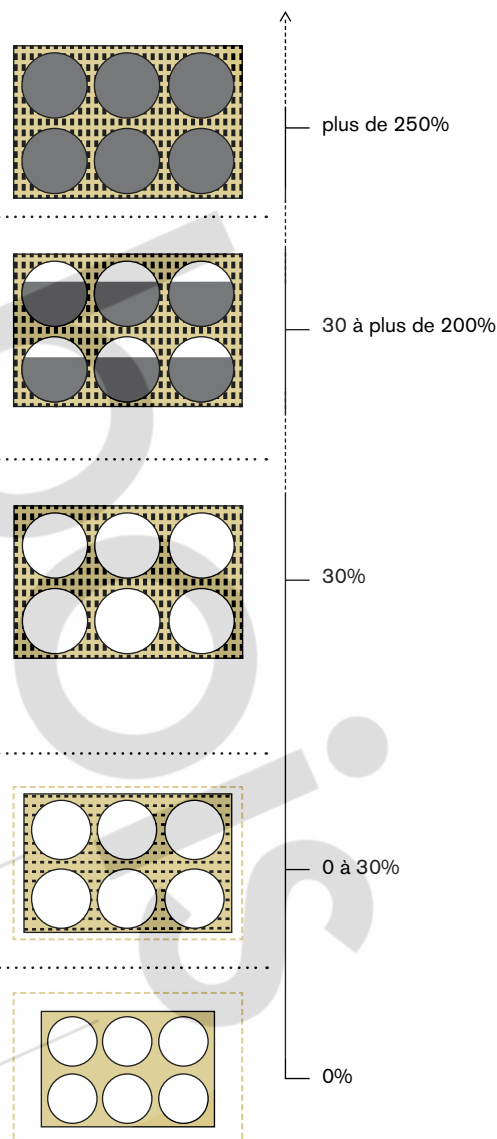
**Saturation** → Les cavités cellulaires et les parois sont saturées en eau. Cet état n'est atteint qu'après une longue immersion.

**Bois frais** → Le bois contient de l'eau libre et de l'eau liée. Dans l'arbre sur pied, l'eau libre qui remplit les cavités cellulaires se déplace facilement dans le bois. Les parois sont saturées en eau et les vides cellulaires sont partiellement remplis d'eau. Dès le moment où l'arbre est abattu, le bois perd rapidement de l'eau, sans se déformer. L'eau libre s'évapore totalement dans l'air tant que celui-ci n'est pas saturé de vapeur d'eau.

**Saturation des parois cellulaires** → Uniquement de l'eau liée. Naturellement ou artificiellement, l'humidité du bois décroît progressivement jusqu'à atteindre la valeur approximative de 30%. L'eau libre s'évacue totalement des cavités cellulaires mais les parois restent, pour leur part, imprégnées d'eau. Ce stade correspond au Point de Saturation des Fibres (PSF). Selon les essences, il se situe généralement entre 22 et 35% d'humidité. En dessous de cette valeur, les variations d'humidité génèrent des déformations du bois (retrait et gonflement).

**État intermédiaire** → A ce stade, l'humidité du bois se situe en dessous du PSF (point de saturation des fibres). Elle est constituée uniquement d'eau liée. Les parois ne sont cependant plus saturées en eau. Chaque variation d'humidité entraîne des déformations. Le bois se rétracte en séchant et gonfle en absorbant de l'humidité. Le bois mis en œuvre présente un degré d'humidité compris entre 0 et 30%.

**État sec ou anhydre** → État théorique qui n'est atteint qu'en laboratoire après un passage de plusieurs heures en étuve.



## Équilibre hygroscopique

Le taux d'humidité du bois dépend des conditions climatiques qui prévalent au moment de sa mise en œuvre. Le bois tend à se mettre en équilibre avec les conditions de température et d'humidité ambiantes jusqu'à ce qu'il se stabilise. Il atteint alors son équilibre hygroscopique. Sous le PSF (point de saturation des fibres), ces changements d'atmosphère entraînent des variations dimensionnelles. Bon nombre de propriétés du bois sont sensibles aux variations de son taux d'humidité et donc de l'humidité relative de l'air.

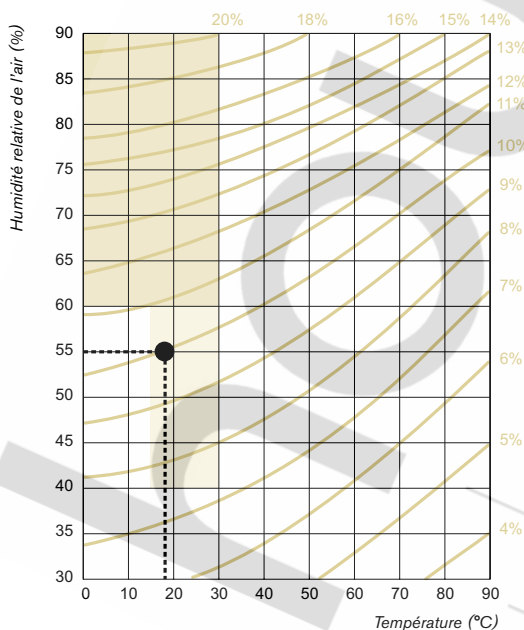
En ce qui concerne la reprise ou l'absorption d'eau, on peut parler, à propos du bois, de phénomène d'hystérésis. En l'occurrence, après avoir perdu de l'eau, le bois mettra un certain temps avant d'en absorber autant qu'il en a perdu. Cette propriété est intéressante, notamment dans le cas de la pose d'une charpente non encore couverte par temps pluvieux ou en cas de stockage de bois sec dans un environnement humide.

Le taux d'humidité d'équilibre du bois sera atteint plus ou moins rapidement en fonction de certains facteurs tels que :

- la température
- l'humidité relative ambiante
- la circulation de l'air
- les caractéristiques du bois (par exemple la densité)

Ce graphique offre une lecture synthétique du taux d'humidité d'équilibre du bois pour une température et une humidité relative de l'air données. Cet abaque permet, dès lors que la température et l'humidité de l'air sont connues, de prévoir, toutes essences confondues, l'humidité d'équilibre du bois.

### Courbes d'équilibre hygroscopique du bois



■ Bois mis en œuvre à l'extérieur

■ Bois mis en œuvre à l'intérieur

● Exemple: un revêtement de sol en bois posé dans une habitation présente une teneur en eau avoisinant les 10%

## Mesure du taux d'humidité du bois

La mesure du taux d'humidité du bois peut se faire selon trois méthodes : par dessiccation, par mesure de la résistivité électrique ou par mesure de la constante diélectrique.

### → Mesure par dessiccation (EN 13183-1)

Basé sur la définition de la teneur en eau vue ci-dessus, le principe de cette méthode repose sur la pesée d'une éprouvette humide suivie de la pesée de la même éprouvette à l'état anhydre après passage en étuve à 103°C jusqu'à ce que la variation de la masse soit inférieure à 0,1% à 2 heures d'intervalle.

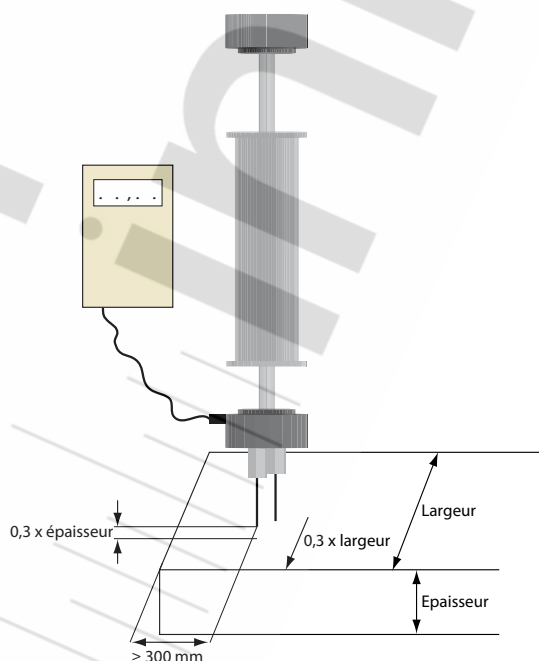
L'éprouvette doit être représentative de la teneur en humidité de la pièce de bois.

Cette mesure est très fiable et est utilisée lorsqu'une grande précision est demandée.

En revanche, cette méthode est destructive et est réalisée en laboratoire.

### → Mesure de la résistivité électrique – humidimètre à pointes (EN 13183-2)

Au moyen d'un humidimètre à pointes, deux électrodes sont enfoncées dans le bois et mesurent la résistance au passage d'un courant électrique. Cette résistance est directement liée à la teneur en eau du bois. Elle est d'autant plus faible que le bois est humide.



La résistivité dépend également de l'essence de bois et elle est inversement proportionnelle à la température. La plupart des appareils permettant de mesurer l'humidité du bois tiennent compte de ces paramètres.

Pour une mesure représentative de la teneur en eau d'une pièce de bois, les éléments suivants doivent être respectés :

- la mesure doit être prise au minimum à 30 cm des extrémités et réalisée à un endroit ne présentant pas de singularité (par exemple, des nœuds) ;
- bien que l'orientation par rapport au fil du bois ne semble pas influencer significativement la prise de mesure, les normes en vigueur privilégient cependant une mesure parallèle au fil ;
- la mesure doit être prise à une profondeur de plus ou moins 1/3 de l'épaisseur de la pièce considérée. Pour des électrodes isolées, la mesure correspond à la teneur en eau du bois à l'extrémité des pointes. Pour des électrodes non-isolées, la mesure est globale, de la surface à l'extrémité des électrodes ;
- l'essence doit être précisée. La plupart des appareils actuels possèdent une fonction de sélection de l'essence (par catégorie) ;

- aujourd'hui, sur la plupart des appareils de mesure, la correction de la température se fait automatiquement, au moyen d'une fonction conçue à cet effet. Cette correction peut également se faire par calcul : + 0,1 à 0,15 % d'humidité par °C en-dessous de 20°C et - 0,1 à 0,15 % d'humidité par °C au dessus de 20°C.

La mesure de la résistivité électrique est fiable et couramment utilisée. Cette opération laisse une signature sous la forme de deux petits trous d'environ 1 mm de diamètre à l'emplacement de la mesure.

→ **Mesure de la constante diélectrique – mesure capacitive (EN 13183-3)**

Un champ haute fréquence est créé au sein du matériau et de mesure la constante diélectrique de cette pièce de bois.

Cette mesure est influencée par l'épaisseur et la largeur du bois, la température, l'orientation de l'appareil, la masse volumique et le support sur lequel le bois est posé.

Cette méthode est peu fiable.

Résumer des 3 méthodes :

	Domaine de validité	Avantages	Inconvénients	Fiabilité
<b>Dessiccation</b>	De vert à anhydre	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Exacte, car application directe de la définition de la teneur en humidité ;</li> <li>→ Très grande précision si balance précise ;</li> <li>→ Pas d'influence des caractéristiques physiques de l'essence.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Destructive ;</li> <li>→ Longue ;</li> <li>→ Peu pratique.</li> </ul>	La plus fiable
<b>Mesure résistive</b>	Humidité du bois comprise entre 7 et 30%	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Rapide,</li> <li>→ Non destructive ;</li> <li>→ Permet de mesurer le gradient d'humidité dans l'épaisseur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Légères dégradation du bois (petits trous) ;</li> <li>→ Nécessité d'une température connue et homogène dans le bois ;</li> <li>→ Influence de la masse volumique ;</li> <li>→ Pas fiable au-dessus du PSF ;</li> <li>→ Mesure faussée sur les bois traités par imprégnation et les bois finis.</li> </ul>	Fiable
<b>Mesure capacitive</b>	Humidité du bois comprise entre 7 et 30%	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Simplicité de la mesure ;</li> <li>→ Pas de dégradation du bois ;</li> <li>→ Rapide.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Mesure globale ;</li> <li>→ Influence de la masse volumique ;</li> <li>→ L'appareil doit être adapté à l'épaisseur du bois.</li> </ul>	Peu fiable

### 2.5.2. VARIATIONS DIMENSIONNELLES

Les variations dimensionnelles sont directement liées aux variations du taux d'humidité du bois au-dessous du PSF (point de saturation des fibres).

Le bois est un matériau anisotrope. Ses variations dimensionnelles ne sont pas identiques dans toutes les directions.

La formule suivante permet le calcul de la variation dimensionnelle qui suit un changement d'humidité :

$$\Delta L = \frac{\alpha \times \Delta H \times L}{100}$$

$\Delta L$  → accroissement ou diminution de longueur due au changement de teneur en eau du bois

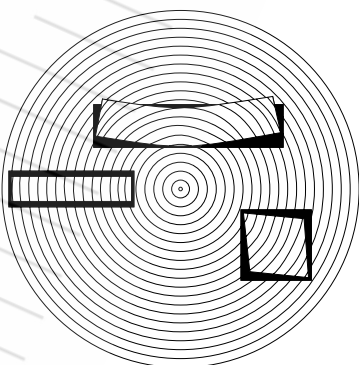
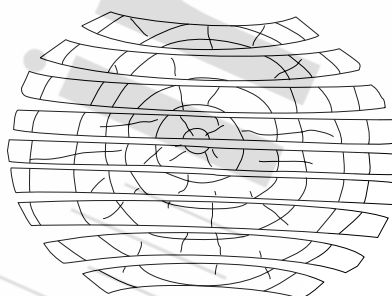
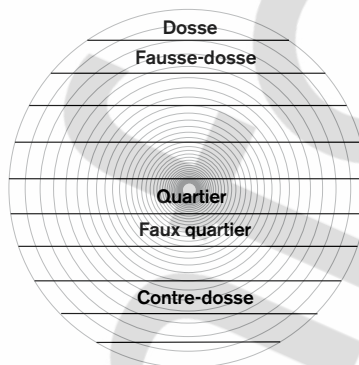
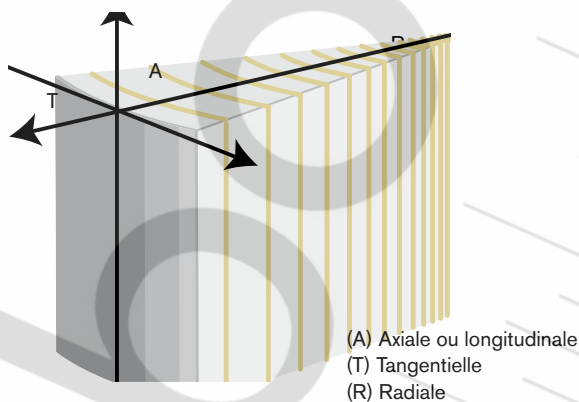
$\alpha$  → Coefficient spécifique de retrait et de gonflement. Il correspond à  $\Delta L$ , en pourcent, qui apparaît pour une diminution, ou une augmentation, de 1% de la teneur en eau du bois sous le PSF (point de saturation des fibres).

$\Delta H$  → variation de la teneur en eau en %

$L$  → dimension du bois dans la direction considérée avant la modification due au changement de la teneur en eau  $w$

En fonction de chacune des 3 directions – longitudinale, radiale et tangentielle – le phénomène de retrait se manifeste différemment. Dans le sens longitudinal, c'est-à-dire dans le sens du fil du bois, il est négligeable (0,1 à 0,3 %). En revanche, il devient significatif dans le sens radial et tangentiel. Le retrait radial  $R_r$  (3 à 8%) est toujours inférieur au retrait tangentiel  $R_t$  (5 à 12%). Les rapports moyens entre le retrait longitudinal, le retrait radial et le retrait tangentiel sont approximativement de 1 : 100 : 200.

La déformation du bois est fonction de sa localisation dans la grume et est schématisée sur les dessins à droite.



Le tableau suivant donne les coefficients  $\alpha$  de gonflement et de retrait pour quelques essences :

	Masse volumique	Coefficient spécifique de retrait radial $R_r$	Coefficient spécifique de retrait tangentiel $R_t$	PSF
Châtaignier	620	0,14	0,24	30
Chêne (haute densité)	730	0,15	0,25	31
Chêne (faible densité)	650	0,14	0,26	31
Douglas	550	0,18	0,28	27
Épicéa	450	0,15	0,32	33
Érable (sycomore)	630	0,11	0,24	nd
Frêne	720	0,19	0,34	32
Hêtre	680	0,22	0,41	32
Mélèze	600	0,16	0,32	26
Merisier	610	0,14	0,33	25
Noyer	660	0,21	0,28	30
Peuplier	460	0,15	0,28	30
Pin sylvestre	530	0,19	0,37	30
Robinier	720	0,23	0,35	30
Atzélia	780	0,19	0,27	19
Movingui	700	0,17	0,29	23
Sapelli	680	0,23	0,29	29

Ce tableau met en évidence le fait que le retrait est propre à chaque essence.

#### Exemple:

**Parquet de chêne :** Epaisseur : 18 mm  
Largeur : 100 mm  
Longueur : 1200 mm  
Humidité : 8%  
Débit sur dosse

**Cond. Climatiques :** T° : 15 °C  
Humidité relative de l'air : 70%  
Taux d'humidité d'équilibre du bois : 13%

**Rappel :** 
$$\Delta L = \frac{\alpha \times \Delta H \times L}{100}$$

**Calcul du gonflement :**  $\alpha_{radial} = 0,20$   
 $\alpha_{tangentiel} = 0,32$   
 $\Delta w = 5\%$

Epaisseur:  $\Delta L = \frac{0,20 \times 5 \times 18}{100} = 0,18 \text{ mm}$

Largeur:  $\Delta L = \frac{0,32 \times 5 \times 100}{100} = 1,6 \text{ mm}$

#### Travail du bois

Le travail du bois exprime les variations dimensionnelles subies par le bois dans les directions radiale  $r$  et tangentielle  $t$  lorsque son taux d'humidité se modifie à la suite de variations de l'humidité de l'air. Il est caractérisé par le retrait ou le gonflement.

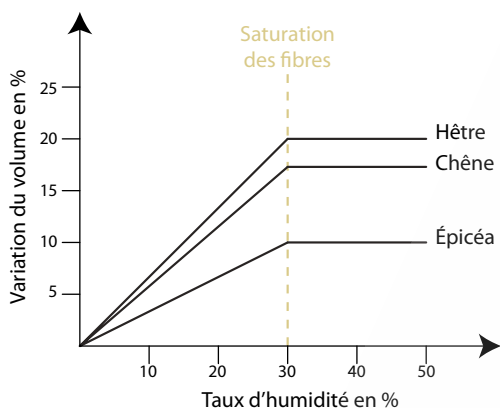
Il est important de mentionner que les différentes valeurs disponibles dans la littérature ont été mesurées en laboratoire et constituent les plus grandes variations dimensionnelles qui peuvent se produire.

En fonction de l'usage du bois, deux situations se présentent :

- à l'extérieur, le bois est soumis à des variations d'humidité de l'air comprises entre 90 et 60 % (ce qui correspond à des taux d'humidité du bois de 20 à 11%) ;
- à l'intérieur, le bois est soumis à des variations d'humidité de l'air comprises entre 60 et 30 % (ce qui correspond à des taux d'humidité du bois de 11 à 6%).

## Mouvement du bois

Les « mouvements du bois » désignent la variation de volume que le bois subit lorsque son humidité se modifie. Basé sur le calcul du travail du bois, le mouvement du bois est pratiquement égal à la somme des valeurs du travail du bois dans le sens radial et tangentiel ( $r + t$ ).



Sous le PSF (point de saturation des fibres) la variation du volume (DV) est linéaire. Au-delà du PSF, la variation de la teneur en eau n'a plus aucun effet sur le volume.

Les informations relatives à la stabilité dimensionnelle du bois foisonnent dans la littérature. On y trouve principalement des valeurs relatives au coefficient de rétractabilité linéaire tangentielle par espèce. Elle fournit une indication inhérente à l'augmentation de dimension (exprimée en mm/m) consécutive à une hausse de 1 % de son humidité. Mais cette valeur est très difficilement interprétable et peut varier de manière importante au sein même d'une espèce.

Les données de variations dimensionnelles sont plus exploitables. Elles expriment, par espèce et selon la direction — radiale ou tangentielle —, pour un climat intérieur (entre 30 et 60 % d'humidité relative de l'air) ou extérieur (entre 60 et 90 % d'humidité relative de l'air), la variation maximale moyenne que l'on peut attendre, exprimée en pourcent.

La notion de stabilité dimensionnelle ne doit pas être confondue avec la nervosité du bois. Cette dernière notion est complexe et non encore quantifiable. Elle dépend de plusieurs facteurs qui sont :

- l'importance et le rapport des retraits (radial et tangentiel). Au plus le rapport s'éloigne de l'unité, au plus la nervosité sera importante ;
- la vitesse de circulation de l'eau dans le bois. Au plus l'eau circulera rapidement, au plus elle induira des tensions dans le bois car les gradients d'humidité seront importants ;
- la régularité de la texture. Une texture régulière induira une plus faible nervosité du bois ;
- la direction et la rectitude du fil. Un fil droit et rectiligne engendrera moins de nervosité ;
- la proportion de bois de réaction. Au plus elle est importante, au plus le retrait sera élevé ;
- les contraintes internes (croissance et séchage). Au plus elles sont élevées, au moins le bois sera stable.

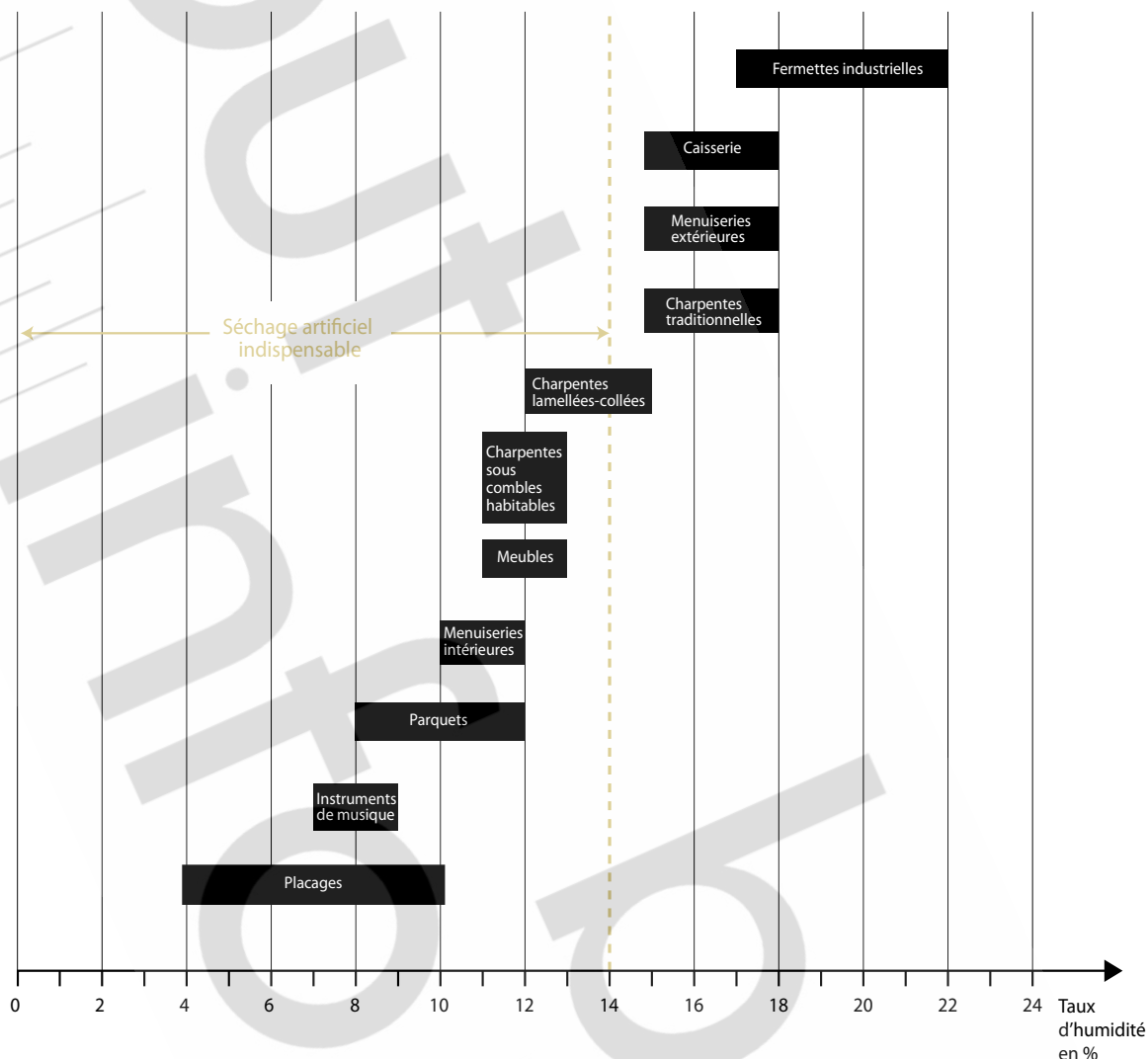
On constate, par conséquent, que, indépendamment de l'importance du retrait, un bois peut être, pour les raisons évoquées ci-dessus, plus nerveux qu'un autre.

Pour éviter les désagréments dus à ce phénomène, il y a lieu de prévoir, lors de la conception de l'ouvrage, un jeu laissant s'exprimer les mouvements du bois au gré des variations d'humidité de l'air. Il est également important d'étudier la façon dont la construction dans son ensemble peut absorber ces mouvements.

### 2.5.3. SÉCHAGE

Sécher le bois consiste à faire évaporer la plus grande partie de l'eau qu'il contient à l'état vert et ce, jusqu'au point d'équilibre adapté à l'usage auquel le bois est destiné.

Taux d'humidité du bois dans diverses utilisations dans des conditions normales :



Le séchage est nécessaire afin :

- d'éviter les attaques de champignons
- de limiter le mouvement du bois
- d'augmenter sa rigidité et ses propriétés mécaniques
- d'assurer une bonne adhésion des colles ou des couches de finition

Le séchage est favorisé par une température élevée, une faible humidité relative de l'air ambiant, une bonne circulation d'air, une diminution de la pression atmosphérique, etc. Du fait de ses caractéristiques chaque essence possède son propre cycle de séchage en fonction de sa densité, de son degré d'humidité initial, du type de débit et du risque de déformation.

Le principe de séchage est basé sur la notion d'équilibre hygroscopique du bois (voir section en début de chapitre). Les conditions ambiantes (humidité relative de l'air et température) sont – naturellement ou artificiellement – modifiées et le bois se met progressivement en équilibre.

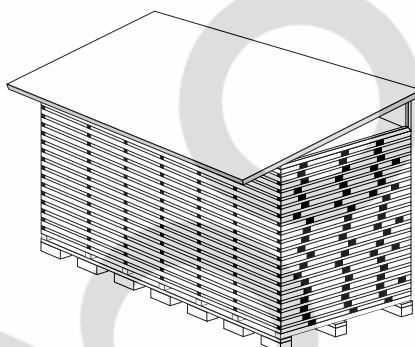
## Il existe différents procédés de séchage :

### → Le séchage naturel

Le bois est simplement empilé sur des lattes de bois sec. La pile de bois surélevée est placée dans un endroit bien aéré, protégée de la pluie et du soleil. L'air traverse alors les piles et assèche le bois.

Les dimensions de l'aire d'entreposage, l'espacement des bois et des piles, leur orientation ainsi que l'efficacité de l'abri sont des éléments déterminants pour le séchage.

Le séchage naturel est irrégulier, et difficilement contrôlable. Il demande une longue durée d'entreposage. Cette méthode de séchage permet d'abaisser la teneur en eau du bois jusqu'à maximum 17%.



### → Le séchage artificiel par air chaud climatisé

Ce séchage se fait dans des cellules fermées à moyenne ou à haute température. L'air chauffé est pulsé par des ventilateurs et traverse les piles de bois lattés. Cette circulation d'air chaud et sec véhicule la vapeur d'eau provenant du bois. L'air chargé d'humidité se refroidit et est chassé vers l'extérieur au moyen de ventilateurs, via des cheminées ou des ouvertures latérales. Parallèlement, de l'eau est vaporisée dans le système pour éviter l'apparition de fentes dues au séchage trop rapide des faces les plus exposées des planches par rapport aux parties internes.

La circulation de l'air et la température sont contrôlées. Les conditions ambiantes sont maintenues de façon constante et correspondent à l'équilibre hygroscopique visé ou à l'humidité finale du bois.

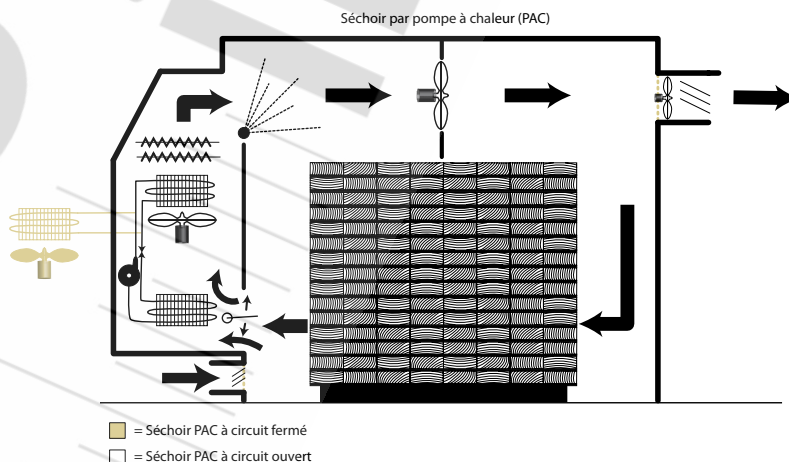
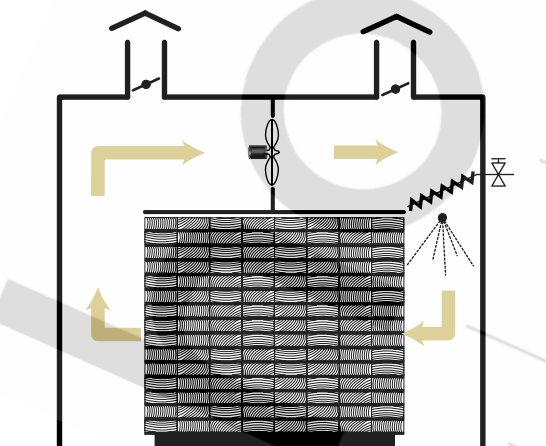
La difficulté de ce type de séchage réside dans la maîtrise du temps de séchage, souvent très long, mais également de sa qualité en fonction de paramètres tels que le type d'essence, le taux d'humidité initial et les dimensions des produits. Le temps de séchage peut ainsi varier de quelques jours à quelques semaines.

### → Le séchage artificiel par pompe à chaleur

Dans une cellule de séchoir thermiquement bien isolée, à chauffage modéré (30 à 70°C), un groupe réfrigérant aspire l'air. L'air véhiculant la vapeur d'eau issue du bois traverse ce dispositif et l'humidité contenue dans l'air se condense sur l'élément « froid » du groupe réfrigérant. L'air se réchauffe ensuite sur le condenseur avant de repasser dans la pile de bois. De cette façon, l'humidité de l'air est éliminée sans nécessiter d'ouverture sur l'extérieur.

Le groupe réfrigérant est commandé par un humidistat (humidité constante). Grâce à une sonde, le groupe se met en action automatiquement dès que l'humidité atteint une valeur donnée.

En cours de séchage, un système de chauffage augmentant la température du bois et de l'air, complète l'installation.

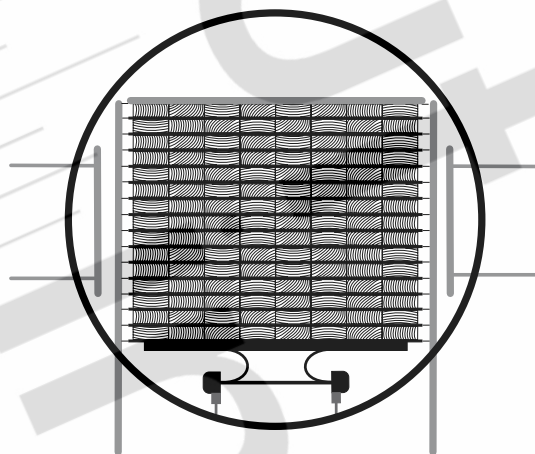




→ **Le séchage artificiel sous vide**

La diminution de la pression au sein de l'enceinte du séchoir permet d'accélérer nettement l'évacuation de l'eau du bois mais également d'intensifier l'évaporation de l'eau.

Le processus est continu si l'air chaud est ventilé pendant la période de vide ou discontinu si l'air chaud est soufflé entre les périodes de vide. Il permet une nette accélération significative du temps de séchage, de l'ordre de 2 à 5 fois plus rapide par rapport aux systèmes traditionnels.



→ **Autres types de séchages artificiels**

Il existe également des séchoirs qui utilisent le rayonnement infrarouge, l'effet joule, les micro-ondes, les hautes fréquences, les sels chimiques, etc.

L'utilisation d'un séchoir nécessite un certain nombre de précautions afin d'éviter d'altérer les produits par des défauts tels que :

- *les fentes superficielles et fentes de bout* ;
- *la cémentation* : au début du cycle de séchage, une évaporation trop rapide à la surface dessèche exagérément la couche extérieure du bois qui se rétracte et devient « imperméable », de sorte qu'il ne se produit plus de migration de l'eau de l'intérieur vers la zone périphérique ;
- *les collapses* : l'effondrement des parois cellulaires sous l'effet des changements de pression générés par une température trop élevée au début du cycle de séchage ;
- *déformations* : gauchissement, voilure, etc ;
- *la variation de teinte* : lors du séchage, la migration de l'eau vers l'extérieur peut entraîner avec elle certaines substances solubles du bois et engendrer de ce fait des différences de coloration.

Il est important de noter que les dimensions des sciages commerciaux (dimensions nominales) sont souvent données à l'état vert, même si le bois est séché et a donc subi un retrait. L'utilisateur doit donc toujours prévoir un surdimensionnement pour compenser, d'une part, le retrait dû au séchage et, d'autre part, les pertes éventuelles occasionnées par un rabotage. Dans tous les cas, il est toujours indispensable de mentionner le taux d'humidité souhaité des bois lors d'une commande ainsi que leur état (bois bruts ou rabotés).

## Lectures complémentaires

- |   |  |
|---|--|
| [1] LIGNUM (Ouvrage collectif). VI – <i>Projet et exécution</i> . Zurich : Lignum, 1993.  | [4] A. BARRY-LENGER, J. PIERSON, J. PONCELET. <i>Transformation, utilisation, et industries du bois en Europe</i> . Allier-Liège : Éditions du Perron, 1999, 557p. |
| [2] R. SCMULSKY, P. DAVID JONES. <i>Forest Products &amp; WOOD SCIENCE – an introduction sixth edition</i> . Oxford : Wiley - Blackwell, 2011, 477p.  | [5] CENTRUM HOUT. <i>HoutDocumentatie : informatie voor de hout – en bouwbranche</i> . Den Haag : SDU Uitgevers, 2008.   |
| [3] USDA (Forest Service – Ouvrage collectif). <i>Wood Handbook – Wood as an Engineering Material – Centennial Edition</i> . Madison, USA : Forest Products Laboratory – United States Department of Agriculture, 2010, 509p. | [6] D. ALEON, J. PEREZ. <i>Guide pratique de la mesure d'humidité du bois</i> . Paris : CTBA, 2000, 43p.   |

## 2.6. TRAITEMENTS DU BOIS

Le bois est un matériau naturel, biodégradable à plus ou moins long terme. Il convient à un grand nombre d'applications à condition, notamment, qu'il offre une résistance suffisante contre les attaques d'organismes tels que les champignons et les insectes. La présence de ces derniers est favorisée dès lors que la situation conjugue des conditions d'humidité et de température favorables à leur développement.

La préservation d'un ouvrage en bois a pour objectif d'assurer sa tenue dans le temps, c'est-à-dire de garantir autant que faire se peut au bois des performances et qualités pendant toute la durée de service de l'ouvrage. Dans cette optique, deux axes peuvent être envisagés : la suppression du danger et/ou l'utilisation de bois dont la résistance aux dégradations biologiques est suffisante.

Le choix d'une essence – traitée ou non – appropriée et des mesures architecturales préventives suffisent bien souvent à préserver le bois de ces dégradations biologiques.

La finition du bois permet, quant à elle, de protéger le matériau du vieillissement. L'identification des risques d'altérations permet de définir les mesures à prendre pour les éviter ou les atténuer.

Après une présentation du concept de durabilité et de classe d'emploi, ce chapitre propose une description succincte des différents agents de dégradation et des moyens curatifs et préventifs actuellement disponibles.

### 2.6.1. DURABILITÉ DES BOIS ET CLASSES D'EMPLOI

#### Durabilité naturelle

Du fait de sa nature organique, le bois est susceptible d'être dégradé par des agents biologiques tels que les insectes xylophages et les champignons lignivores. La durabilité naturelle d'un bois rend compte de sa résistance intrinsèque aux attaques biologiques.

Cette caractéristique varie largement d'une essence à l'autre mais également pour une essence donnée au sein d'un même arbre. Par exemple, l'aubier qui contient des substances de réserves comme l'amidon, est peu résistant aux agents biologiques qui s'en nourrissent.

D'une manière générale, les éléments suivants ressortent :

- l'aubier de toutes les essences, quelle que soit la durabilité du duramen, est considéré comme non durable.
- l'aubier comporte l'avantage d'être plus imprégnable que le duramen. Une durabilité artificielle peut lui être conférée grâce à un traitement de préservation.
- grâce aux transformations chimiques et physiques initiées lors de la duraminisation, le duramen possède une durabilité supérieure avec cependant des variations entre essences.
- le duramen est souvent peu imprégnable.

Puisque la majorité des aubiers sont considérés comme non durables, la durabilité d'une essence est définie sur base de celle de son duramen. Le duramen contient, en effet, des antiseptiques naturels en quantité variable selon l'espèce (cf. Chap 2.4).

Les organismes qui attaquent le bois et provoquent sa dégradation sont: les champignons lignivores, les larves d'insectes xylophages, les termites et les térébrants marins. Leurs principales caractéristiques seront développées ci-dessous.

Les classes de durabilité sont définies dans la norme EN 350-2. Celle-ci indique la durabilité d'une essence (duramen) face aux attaques des champignons pour 130 essences de bois résineux et feuillus tempérés et exotiques.

La durabilité naturelle vis-à-vis des champignons lignivores est classée de la façon suivante :

Durabilité	Description	Équivalence
1	très durable	Plus de 25 ans
2	durable	De 15 à 25 ans
3	moyennement durable	De 10 à 15 ans
4	faiblement durable	De 5 à 10 ans
5	non durable	Moins de 5 ans

La durabilité ne concerne que le duramen. L'aubier de toutes les essences de bois présente une durabilité de classe 5. Les équivalences sont citées à titre indicatif et ne peuvent en aucun cas faire office de garantie.

La durabilité naturelle vis-à-vis des capricornes, des villettes, des lyctus est définie de la façon suivante : Durable (D) ou Sensible (S).

La durabilité naturelle vis-à-vis des termites est définie de la façon suivante : Durable (D) ; Moyennement durable (M) ou Sensible (S).

La durabilité naturelle du bois peut être améliorée grâce à un traitement de préservation. On parle alors de « durabilité conférée » (voir ci-dessous Chap 2.6.5).

La durabilité naturelle est une notion qui ne peut être dissociée des conditions d'emploi du bois. La première mesure de prévention des attaques d'origine biologique dans la construction est l'utilisation de bois dont la durabilité est adaptée à l'usage qui en est fait. Le lien qui unit la durabilité aux risques encourus par le bois dans des conditions données est défini dans la norme EN 335-1.

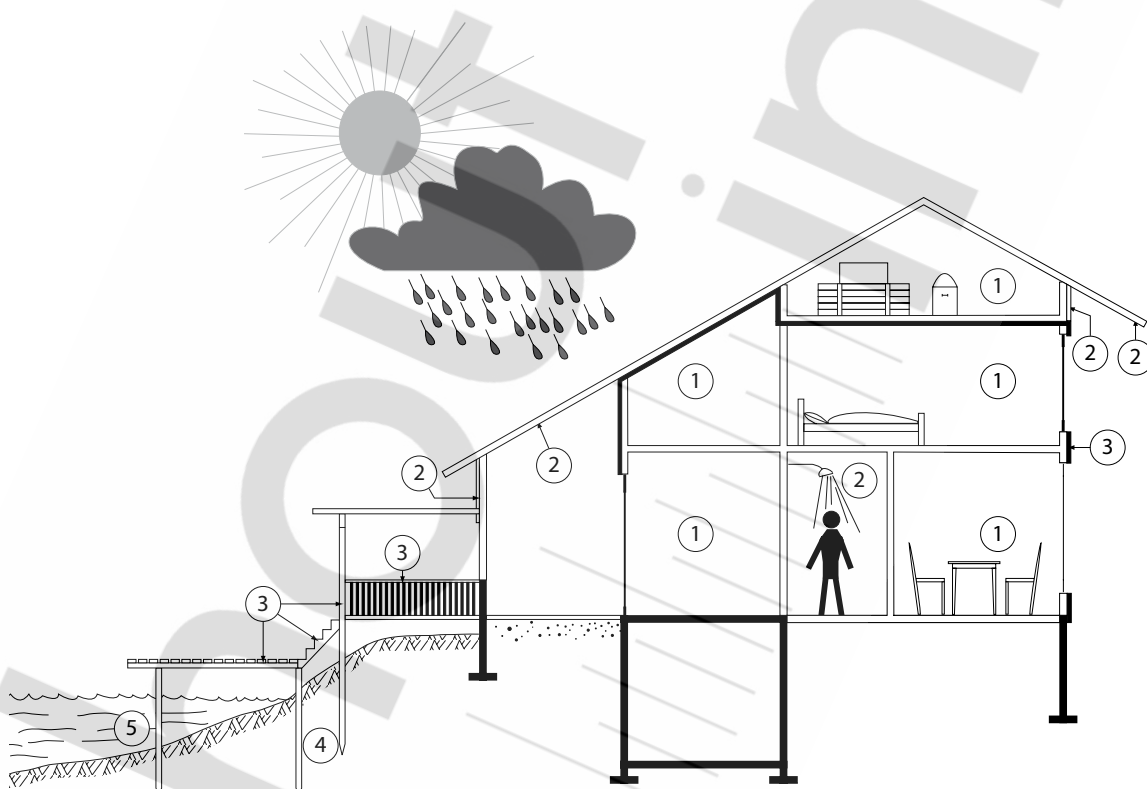
## Classes d'emploi

Les risques d'attaques dépendent de l'essence, des agents biologiques en présence mais aussi et surtout des conditions dans lesquelles le bois est utilisé. Au stade de la conception, une évaluation du risque biologique est nécessaire. Cette évaluation

début par l'identification de la classe d'emploi, c'est-à-dire des conditions dans lesquelles seront utilisés les bois dans la construction. La norme EN 335-1 décrit 5 classes d'emploi :

Classe d'emploi	Situation en service	Exemples d'emplois	Risques biologiques
1	Bois toujours sec. Humidité des bois toujours inférieure à 20%.	Menuiseries intérieures à l'abri de l'humidité : parquets, escaliers intérieurs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insectes xylophages</li> <li>- Termites dans les régions infestées</li> </ul>
2	Bois sec, pas en contact avec le sol, dont l'humidité peut occasionnellement dépasser 20% (surface humidifiée temporairement ou accidentellement).	Charpentes ventilées et ossatures.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insectes xylophages</li> <li>- Champignons</li> <li>- Termites dans les régions infestées</li> </ul>
3	Bois pas en contact avec le sol, soumis à des alternances d'humidité et de sécheresse (p.ex. intempéries ou condensation). Humidité fréquemment supérieure à 20%.	Toutes pièces de construction ou menuiseries extérieures verticales soumises à la pluie : bardages, fenêtres, etc. Charpentes non ventilées. Pièces abritées présentant de la condensation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Champignons</li> <li>- Insectes xylophages</li> <li>- Termites dans les régions infestées</li> </ul>
4	Bois en contact permanent avec le sol et de l'eau douce. Humidité toujours supérieure à 20%.	Pieux, poteaux, bois massifs ou lamellé-collé en contact avec le sol, bois immergé dans l'eau douce, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Champignons</li> <li>- Insectes xylophages y compris termites dans les régions infestées.</li> </ul>
5	Bois en contact permanent avec l'eau de mer.	Constructions portuaires, appontements, brise-lames, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Champignons</li> <li>- Térébrants marins</li> </ul>

ATTENTION : La présence d'un défaut de ventilation place le bâtiment en classe 3.



**Classe d'emploi 1:** l'humidité du bois n'excède jamais 20%.

**Classe d'emploi 2:** Le bois est couvert. L'humidité du bois dépasse occasionnellement 20%.

**Classe d'emploi 3:** l'humidité du bois peut être fréquemment supérieure à 20%

**Classe d'emploi 4:** l'humidité du bois est en permanence supérieure à 20%.

**Classe d'emploi 5:** le bois est en contact avec l'eau salée et l'humidité du bois est en permanence supérieure à 20%.

Le lien entre EN 335 et EN 350 est repris dans la norme EN 460, laquelle est essentielle pour les concepteurs, architectes et maîtres d'ouvrage. Elle leur permet de choisir une essence à prescrire et/ou la nature de l'éventuel traitement, en fonction du

type d'ouvrage, de sa destination, de sa situation et de son exposition.

Le tableau suivant issu de l'EN 460 permet d'associer les risques biologiques aux différentes classes d'emploi :

Classe d'emploi		Classe de durabilité				
		Très bonne			Faible	
		1	2	3	4	5
Faible	1	♥	♥	♥	♥	♥
	2	♥	♥	♥	•	•
	3	♥	♥	•	♦	♦
	4	♥	•	♠	♣	♣
Très bonne	5	♥	♠	♠	♣	♣
Légende		♥ = durabilité naturelle suffisante. • = durabilité naturelle normalement suffisante, mais pour certains emplois un traitement de préservation peut être recommandé. ♦ = durabilité naturelle pouvant être suffisante mais en fonction de l'essence de bois, de sa perméabilité, et de son emploi final, un traitement de préservation peut être nécessaire. ♠ = traitement de préservation normalement recommandé, mais pour certains emplois la durabilité naturelle peut être suffisante. ♣ = traitement de préservation nécessaire.				

La conception, le choix des essences et des traitements éventuels ne seront déterminés qu'après avoir pris en considération ces différentes classes.

Le terme de « classe d'emploi » correspond aux termes plus anciens de « classe de risque » ou « classe d'usage ».

## 2.6.2. RISQUES BIOLOGIQUES

### Champignons lignivores

La majorité des champignons lignivores appartient aux groupes des basidiomycètes et des ascomycètes. Ils interviennent au stade ultime des processus de dégradation de la matière organique dans les cycles biologiques.

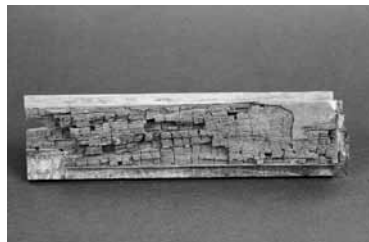
Le cycle de développement est relativement semblable pour tous les types de champignons lignivores. Les spores véhiculées par l'air, l'eau et les animaux, se déposent sur le bois sur lequel elles vont germer dès lors que les conditions d'humidité et de température deviennent favorables. La germination des spores produit des filaments microscopiques (hyphes) qui s'allongent et se ramifient pour générer un tissu appelé « mycélium », organe végétatif et stérile du champignon. Les hyphes envahissent tous les plans du bois et pénètrent par tous les orifices (perforations, ponctuations, etc.). Dans le cas des pourritures, la nutrition du champignon est assurée par des enzymes spécifiques qui détruisent progressivement les parois cellulaires du bois.

Les conditions devenant moins favorables, le champignon produit en surface des organes de fructification appelés carpophores qui disséminent de grandes quantités de spores.

En surface, le mycélium et les fructifications peuvent prendre de nombreuses formes.

Deux catégories de champignons se distinguent dans la pratique : d'une part, les champignons de pourriture (Basidiomycètes), à l'origine de la destruction du bois, et, d'autre part, les champignons de discolorations et les moisissures (Ascomycètes), à l'origine d'une modification de la couleur ou de l'aspect du bois.

Selon les espèces, les pourritures prennent différentes formes. Elles provoquent une altération rapide des propriétés mécaniques et, en dégradant la cellulose et/ou la lignine qui constituent les parois cellulaires, causent également des dégâts de couleur et d'aspect variés selon leur nature. On distingue :



**Champignons de pourriture CUBIQUE (responsable de 80% des sinistres dans les habitations)**

Bois d'aspect segmenté, fissuré, en forme de cube. Ressemble au bois calciné

Agents :

- Mérule
- Coniophore des caves
- Poria Vaillant
- Lenzite des clôtures



**Champignons de pourriture FIBREUSE**

Bois décomposé en fibrilles de couleur claire.

Agents :

- Coriolus versicolor
- Polypores des caves



**Champignons de pourriture MOLLE**

Bois d'aspect spongieux et mou, devenant noir. Ressemble, en plus petit, à la pourriture cubique en séchant.

Agents :

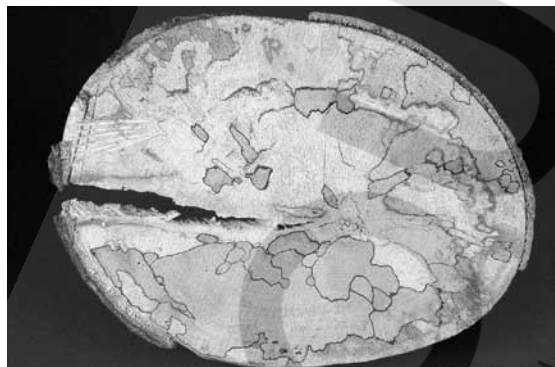
- Chaetomium globosum Kunze

Les agents de discoloration apparaissent aussi bien sur des bois fraîchement abattus que sur les sciages. Ils sont à l'origine d'altération d'ordre esthétique et assurent leur développement grâce aux substances de réserve du bois. Les parois cellulaires du bois ne sont pas attaquées. Ces agents altèrent le bois de façon définitive ; la discoloration est causée par la teinte des filaments mycéliens.

Les facteurs de développement des champignons sont les suivants :

- Humidité du bois > 20 % - Optimum à 30 %
- Température : de 3 à 40°C - Optimum entre 20 et 30 °C
- pH entre 4,5 et 5,5 (à l'exception de la mérule)
- Présence d'oxygène et de lumière indispensable, notamment au développement des carpophores.

En pratique, seule la maîtrise du taux d'humidité du bois, de la température de l'air ou un traitement chimique permettent de prévenir ou d'enrayer la progression des champignons.



CHAMPIGNONS DE POURRITURE

Espèces	Bois attaqué	Type et aspect de la pourriture	Fructification	Mycélium superficiel	Humidité optimale du bois
<i>Serpula lacrymans</i>	Résineux principalement Feuillus secondairement.	Cubique, brun clair, profondes fentes transversales. Le bois s'écrase en poudre sous les doigts	Plaque résupinée charnue et molle, hyménium alvéolaire rouge ocre, bordé d'un liseré blanc	Blanc ouateux, jaune frangé en ambiance humide, gris argent lilas en milieu plus sec, rhyzomorphes brun gris, 2 à 4 mm de diamètre	30 à 40 % (20% si déjà présent)
<i>Fibroporia vaillantii</i> et autres <i>Poria</i>	Résineux	Cubique, brun clair, fentes transversales peu profondes	Plaque blanche coriace, couverte de pores (1 à 2 par mm)	Blanc neige, rhyzomorphes blancs flexibles, 3 à 4 mm de diamètre	40 à 50 %
<i>Coniophora puteana</i>	Résineux Feuillus	Cubique, brun noir, fentes transversales peu visibles, fentes longitudinales foncées	Rare, plaque résupinée, molle Hyménium alvéolaire, brun tabac olivâtre, bordé d'un liseré jaunâtre	Blanc cotonneux, Rhyzomorphes très fins et noirs (comme des cheveux)	50 à 60 %
<i>Gloephyllum</i> (≠ sous-espèces)	Tous les résineux (aubier et duramen) Feuillus exceptionnellement	Cubique, brun, dégâts souvent limités	En forme de consoles étroites et allongées ou résupinées de couleur variant du roux au gris	Mycélium blanc crémeux se développe dans le bois, n'apparaît pas en surface. Parfois visible dans les fissures du bois Parfois un mycélium superficiel jaune peut se développer	25 à 50 %
<i>Donkiopora expansa</i>	Essences riches en tanins (chêne)	Fibreuse, blanche	Plaque très coriace, hyménium brun sombre, portant des pores stratifiés	Diffus, blanc jaunâtre en forme de coussinets	35 à 45 %
<i>Coriolus versicolor</i>	Bois d'œuvre en extérieur Très virulent sur feuillus	Fibreuse, blanche	En forme de consoles aplaties, à la face supérieure veloutée et zonée de bandes de couleur grise, brune et bleutée	Mycélium blanc, cotonneux, dense, souvent caché dans la masse du bois	40 %
<i>Chaetomium globosum</i>	Feuillus Résineux	Molle		Mycélium gris rose	> 50 %

**Échauffures**  
*Stereum spp*

**Discolorations**

	<b>Bleuissement</b> (discoloration en profondeur). <i>Ceratocystis sp</i> , <i>Pullularia pullulans</i>	<b>Moisissures</b> (discoloration superficielle). <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Trichoderma viride</i>
Grumes fraîchement abattus. Souvent le stade précurseur d'une pourriture.	Menuiseries extérieures (bardage, etc.). A l'exception d'un affaiblissement de sa résistance à la flexion dynamique, le bois conserve ses propriétés mécaniques. Grumes fraîchement abattus (p.ex. pin sylvestre).	Dans des locaux humides d'une construction, sur sciages frais, caisses et cageots, palettes, etc.
Résineux et feuillus fraîchement abattus. Peut évoluer en pourriture fibreuse si l'attaque n'est pas arrêtée. Préférentiellement le hêtre, et plus généralement l'aubier des essences duraminisé (chêne, frêne, châtaigner). Infecte le bois par les découpes ou zones écorcées, également par contact entre grumes.	Bois mis en œuvre (p.ex. menuiseries extérieures). Résineux et particulièrement les aubiers riches en amidon, sucres et protéines. Certains feuillus clairs (hêtre, frêne, peuplier) et quelques essences tropicales (ayous, koto, limba, samba, etc.).	Nombreuses essences et tout type de matériau, lorsque les conditions sont favorables.
Différence nette de couleur entre les zones de bois sain et les zones attaquées, séparées par un liseré brun-noir bien défini. Chez le hêtre, les zones échauffées sont blanchâtres et plutôt rouges chez les résineux. Bien que les propriétés mécaniques soient amoindries, les bois échauffés sont impropres à la consommation essentiellement pour des raisons esthétiques.	Coloration du bois variant du gris ardoise au bleu noirâtre sous forme de bandes. Suivent les rayons. Ce sont les filaments du champignon qui sont colorés et visibles. Sur le bois humide, le champignon prend l'aspect d'un fin tissu velouté blanc grisâtre, devenant très foncé. Rend l'application de peinture ou de finition difficile.	Formations duveteuses superficielles de couleurs blanches, roses, vertes, noires. Ne se développe pas que sur le bois mais également sur les matériaux à proximité (plâtre, papier peint).

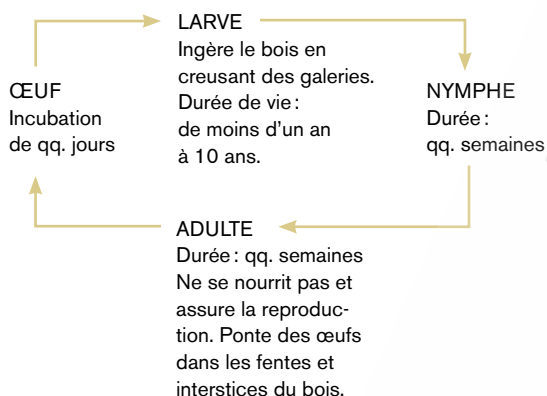
OUVRAGES MENACÉS

ESSENCES ATTAQUÉES

ASPECT DU BOIS ATTAQUÉ

## Insectes à larves xylophages

Les insectes à larves xylophages (qui se nourrissent de bois) peuvent être à l'origine de dégâts considérables dans la construction bois. Appartenant à l'ordre des Coléoptères ou à l'ordre des Isoptères, leur cycle de développement général est le suivant :



La durée de ces différents stades est spécifique à une espèce donnée. Chaque stade est également caractérisé par un comportement et un habitat spécifiques. Ce document s'intéresse particulièrement aux insectes susceptibles d'attaquer le bois mis en œuvre dit « bois sec », c'est-à-dire les éléments en bois dont l'humidité ne dépasse pas les 20%. Leur développement est directement lié à la température et au taux d'humidité du bois. Chaque insecte dégrade spécifiquement certaines essences plutôt que d'autres.



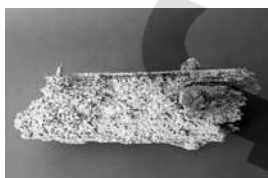
*Hylotrupes bajulus*

FR: capricorne  
NL: huisboktor  
D: haus bockkäfer  
E: house longhorn beetle



*Anobium punctatum*

FR: petite vrillette  
NL: kleine kloppever  
D: gewöhnlicher Klopfkäfer  
E: common furniture beetle



*Xestobium rufovillosum*

FR: grosse vrillette  
NL: grote kloppever  
D: bunte Klopfkäfer  
E: dead watch beetle



*Lyctus brunneus*

FR: lyctus  
NL: lyctus spinthoutkever  
D: brauner splintholzkäfer  
E: powder postbeetle

- Croissance : 3 à 12 ans
- Œufs : blancs, allongés, 1 × 2 mm.
- Larves : blanches, 2 à 3 cm, larges tête aux mâchoires solides, 3 paires de pattes à peines visibles.
- Coléoptère : brun foncé, 1 à 3 cm, ailes rayées à bandes grisâtres.

- Croissance : 2 à 3 ans.
- Œufs : blancs, ovoïdes, 0,3 mm.
- Larves : blanches, 2 à 3 mm.
- Coléoptère : brun foncé, 3 à 5 mm, antennes recourbées chez le mâle, dressées chez la femelle.

- Croissance : 3 à 10 ans
- Œufs : blancs, ovoïdes, 0,5 à 1 mm.
- Larves : blanches, 2 à 3 mm.
- Coléoptère : brun foncé avec taches gris jaunâtre, 3 à 7 mm.

- Croissance : 3 à 12 ans
- Œufs : blancs, allongés, 1 × 2 mm.
- Larves : blanches, 2 à 3 cm, larges tête aux mâchoires solides, 3 paires de pattes à peines visibles.
- Coléoptère : brun foncé, 1 à 3 cm, ailes rayées à bandes grisâtres.

### Description

S'attaque exclusivement aux bois de résineux et toujours à l'aubier.  
Trous d'envol ovales de 8 × 4 mm.  
Vermoulture grossière et compacte dans les galeries.  
Boursoufflures locales à la surface du bois.

Feuillus et résineux des régions tempérées. Préférence pour les bois préalablement attaqués par des champignons. Jamais dans le duramen sain.  
Trous d'envol ronds, de 2 mm.  
Vermoulture compacte.

Feuillus et résineux. Exclusivement les bois déjà attaqués par un champignon de pourriture.  
Trou d'envol de 2,5 à 4 mm.  
Vermoulture un peu plus grossière et mêlée d'agglomérats de bois.

Sur feuillus contenant suffisamment d'amidon et dont le diamètre des pores est assez grand.  
Trous d'envol ronds et regroupés, de 1 à 1,5 mm de diamètre.  
Galeries remplies de vermoultures très fines.

### Bois

Bois sec.  
Période d'envol des coléoptères : juin/août.

Période d'envol des coléoptères : mai/juillet.

Bois mis en œuvre en milieu humide (ponts thermiques, etc.).

### Conditions

Certains matériaux de construction, autres que le bois, peuvent être atteints.

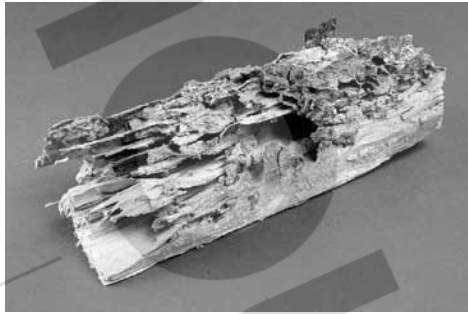
Attaque aussi le papier, le carton et le parchemin. Apparition dans l'aubier de chêne après une attaque de champignons.

Les femelles creusent des galeries dans le bois et y déposent leurs œufs.

Le hêtre rouge n'est pas attaqué. La phase d'envol n'a parfois pas lieu.

### Remarques





Le mode d'action des termites est très différent de celui des larves d'insectes xylophages. Ce sont des insectes vivant en société dont les adultes (termites ouvrières) se nourrissent et nourrissent leur communauté de bois et, plus particulièrement, de cellulose (bois et dérivés, papier, tissus, etc.). Près de 2000 espèces ont été recensées mais seules deux

espèces très similaires sont présentes en France : les termites de Saintonge (*Reticulitermes santonensis*) et les termites lucifuges (*Reticulitermes lucifugus*). Les termites ne vivent pas dans le bois mais à proximité (extérieur, sous-sol, etc.). Elles se déplacent dans des galeries et des voies à l'abri de la lumière, ce qui les rend particulièrement difficiles à repérer. Afin d'atteindre leurs sources de nourriture, les termites sont capables de dégrader d'autres matériaux faisant obstacles. Les pièces de bois encastées, abritées de la lumière sont les plus vulnérables. Si elles sont mal protégées, les attaques peuvent se propager au reste de l'ouvrage en ne laissant qu'une pellicule de bois en surface les rendant invisibles. Aussi bien l'aubier que le duramen de toutes les essences tempérées ainsi que la majorité des essences tropicales sont concernées par ces attaques.

### 2.6.3. DÉGRADATIONS PHYSICO-CHIMIQUES

L'aspect visuel du bois évolue sous l'effet de certains facteurs environnementaux (lumière, température, humidité, gel, vent, etc.).

La modification de l'aspect visuel de la surface du bois résulte d'effets complexes liés à des modifications chimiques et physiques du bois. Ces altérations, dont la plus marquante est le grisaillement naturel du bois, sont essentiellement causées par la dégradation photochimique des composés de la paroi cellulaire et particulièrement de la lignine. Les produits de dégradation, rendus plus solubles, sont ensuite délavés par les intempéries.

La première étape de la photodégradation est la modification de la couleur d'origine du bois. Bien que tous les bois soient sensibles à la lumière solaire, ces modifications visuelles, ainsi que la vitesse à laquelle elles apparaissent, diffèrent d'une essence à l'autre. D'une façon générale, les bois foncés s'éclaircissent et les bois clairs tendent à foncer (ex. meubles, parquets, etc.). Ce changement de coloration correspond à la première partie du processus de grisaillement. Une exposition prolongée

aux rayons solaires n'affecte que la surface du bois et la vitesse d'altération est lente. Les propriétés physiques et mécaniques ne sont pas significativement altérées par de telles dégradations et la structure interne du bois reste intacte. Les finitions transparentes ne sont que peu ou pas efficaces contre ce type d'altération. D'autres types de produit de finition permettent un grisaillement artificiel du bois.

Lors de l'exposition de longue durée (plusieurs années) d'un bois non protégé aux intempéries et à la lumière, la destruction des parois cellulaires ainsi qu'une contraction de la membrane restante, provoquent l'apparition de microfissures. Cette dégradation engendre également une très faible perte de poids due à l'érosion de la surface. Le bois initial s'altère plus rapidement que le bois final, d'où l'apparition de rugosité en surface.

Les traitements de finition dont le rôle est de protéger la surface du bois du vieillissement physico-chimique, sont abordés dans ce chapitre, au point 2.6.6.

### 2.6.4. PRÉVENTION CONSTRUCTIVE

La protection constructive a pour objectif de diminuer les risques d'attaques sur le bois en mettant en œuvre du bois sec et sain, possédant une durabilité naturelle adaptée à la situation, dans des conditions de ventilation convenables et en réduisant les zones d'eau stagnantes ou d'infiltration. L'objectif est d'empêcher la reprise d'eau du bois ou de réduire au maximum la durée de contact de l'eau avec le bois pour empêcher cette reprise d'humidité. En maintenant l'humidité à un taux inférieur à 20%, les champignons ne seront pas en mesure de se développer.

Bien que ce ne soient pas les conditions idéales à leur croissance, les larves d'insectes xylophages sont néanmoins capables de se développer dans des bois ayant un taux d'humidité de 10 à 20%. On retiendra donc que les mesures de prévention constructive sont efficaces pour se prémunir contre le risque champignons, mais pas contre les insectes.

La ventilation reste un élément clé dans les zones à risque en empêchant le bois de se réhumidifier. Une ventilation satisfaisante de l'ouvrage permet, en effet, un séchage rapide du bois, limitant ainsi les risques d'attaques.

Le choix d'une essence tempérée ou tropicale très durable, un éventuel traitement préventif et des mesures de protection constructives efficaces suffisent à éliminer une grande partie des risques.

En théorie, la planification de l'ouvrage permet d'obtenir une protection constructive convenable. Cette planification concerne la conception globale et les détails de l'assemblage. Un suivi soigneux durant la mise en œuvre est également nécessaire pour s'assurer que les mesures prises lors de la conception sont bien appliquées.

D'une façon générale, lors de la conception, les points suivants devraient être approfondis :

- Choix de l'essence (cf. durabilité)
- Ventilation
- Conception des détails (zones d'assemblage, bois de bout, etc.)
- Types de débits
- Géométrie de la construction
- Utilisation de revêtements
- Ponts thermiques pour éviter les points de condensation

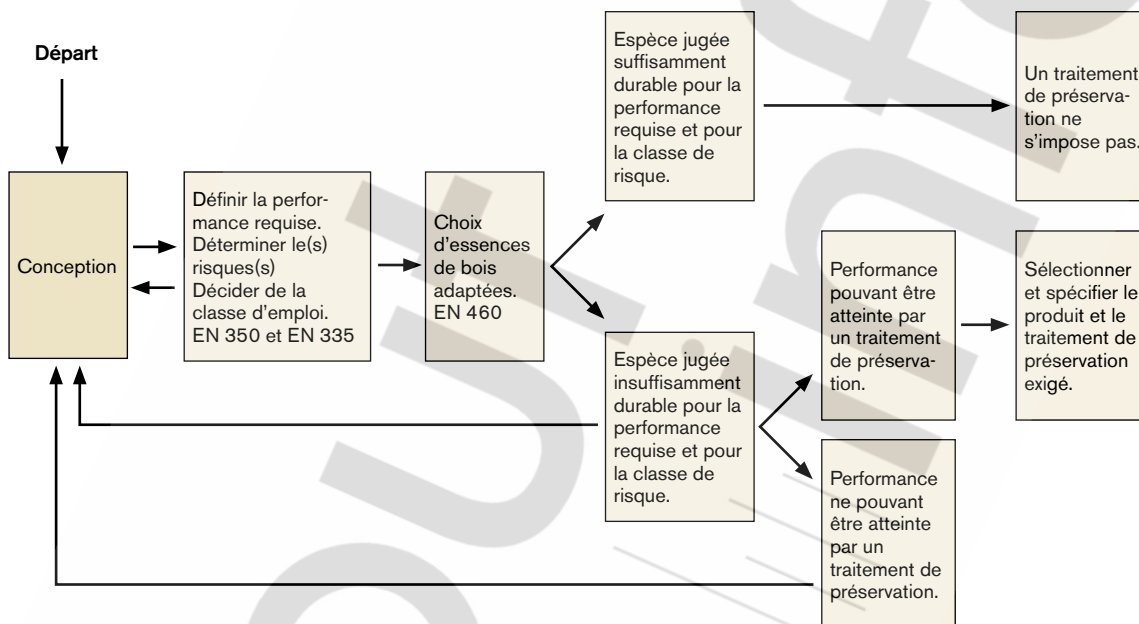
### 2.6.5. PRÉSERVATION DU BOIS

L'utilisation d'un bois naturellement durable, et si possible dont la durabilité naturelle est adaptée à l'usage prévu, permet dans un premier temps de prévenir les dégradations d'origine biologique dans la construction.

La protection de l'élément en bois peut se faire selon deux voies :

- en utilisant le bois dans des conditions d'ambiance telles que les champignons lignivores ne peuvent plus se développer.

- en utilisant des essences de bois susceptibles de résister à ces attaques ; cette résistance peut être naturelle ou conférée par un traitement de préservation.



« La préservation est destinée à donner un complément de durabilité à un bois qui n'est pas suffisamment durable naturellement dans la situation où il est mis en œuvre » (STS 04.3).

Deux catégories de traitement peuvent être envisagées :

- le traitement préventif destiné à augmenter la durabilité naturelle du bois et à étendre les possibilités d'emploi.
- le traitement curatif combat les attaques biologiques diagnostiquées par une voie chimique et/ou physique.

## Traitements préventifs

Si la durabilité naturelle du bois n'est pas suffisante, le traitement préventif consiste à lui conférer une durabilité adaptée à l'usage prévu, c'est-à-dire conformément à la classe d'emploi de l'usage en question. Ce traitement préventif améliore la durabilité naturelle du bois et, selon qu'il est appliqué avant la mise en œuvre ou que le bois est déjà en service, les techniques spécifiques de traitement seront choisies.

En Belgique, les produits de préservation préventifs comprennent trois catégories (A, B et C) se différenciant par leur domaine d'application :

### Bois de charpente (A)

A 1	Cl. d'emploi 1	Actifs contre les insectes.
A 2.1	Cl. d'emploi 2	Actifs contre les insectes et les champignons basidiomycètes.
A 2.2	Cl. d'emploi 2	Actifs contre les insectes, les champignons basidiomycètes et les champignons du bleuissement.
A 3	Cl. d'emploi 3	Actifs contre les insectes, les champignons basidiomycètes et contre le bleuissement. Ils possèdent une résistance au délavage.
A 4	Cl. d'emploi 4	Actifs contre les insectes, les champignons basidiomycètes, les champignons responsables de la pourriture molle et contre les champignons du bleuissement.
A 5	Cl. d'emploi 5	Actifs contre les insectes, les champignons basidiomycètes, les champignons responsables de la pourriture molle et contre les térébrants marins.

### Bois de menuiserie intérieure (B)

B	Cl. d'emploi 1	Actifs contre les insectes.
---	----------------	-----------------------------

### Bois de menuiserie extérieure (C)

C 1 (préservation)	Cl. d'emploi 3	Produits de préservation actifs contre les insectes, les champignons basidiomycètes et contre le bleuissement. Ils possèdent une résistance au délavage. Produit habituellement appliqué en une seule imprégnation. Equivaut à un A3, à l'exception du mode d'application.
C 2 (préservation et finition non filmogène)	Cl. d'emploi 3	Produits de finition actifs contre les insectes, les champignons basidiomycètes et le bleuissement. Ils possèdent une résistance au délavage et au vieillissement. Produit habituellement appliqué en 3 couches ou en 2 couches si un traitement de fond C1 (1 couche) a été appliqué au préalable.
C 3 (préservation et finition non filmogène)	Cl. d'emploi 3	Produits de préservation actifs contre les champignons du bleuissement. Ils possèdent une résistance au délavage. Produit habituellement appliqué en une seule imprégnation.
CTOP (finition semi filmogène)	Cl. d'emploi 3	Produits de finition actifs contre le bleuissement. Ils possèdent une résistance au délavage et au vieillissement par les UV. Produit habituellement appliqué en 3 couches ou en 2 couches si un traitement de fond C1 (1 couche) a été appliqué au préalable.

A : protège le bois de charpente contre les processus de dégradation biologique, pendant au moins 20 ans.

B : protège les menuiseries intérieures contre les processus de dégradation biologique causés par des larves xylophages, pendant au moins 20 ans.

C 1/C 3 : protège les menuiseries extérieures contre les processus de dégradation biologique, pendant au moins 10 ans.

C 2/CTOP : produit homologué qui protège les menuiseries extérieures contre les processus de dégradation physique et biologique, pendant au moins 2 ans.

Il faut souligner que les produits C1 et C2 sont difficilement trouvables dans le commerce.

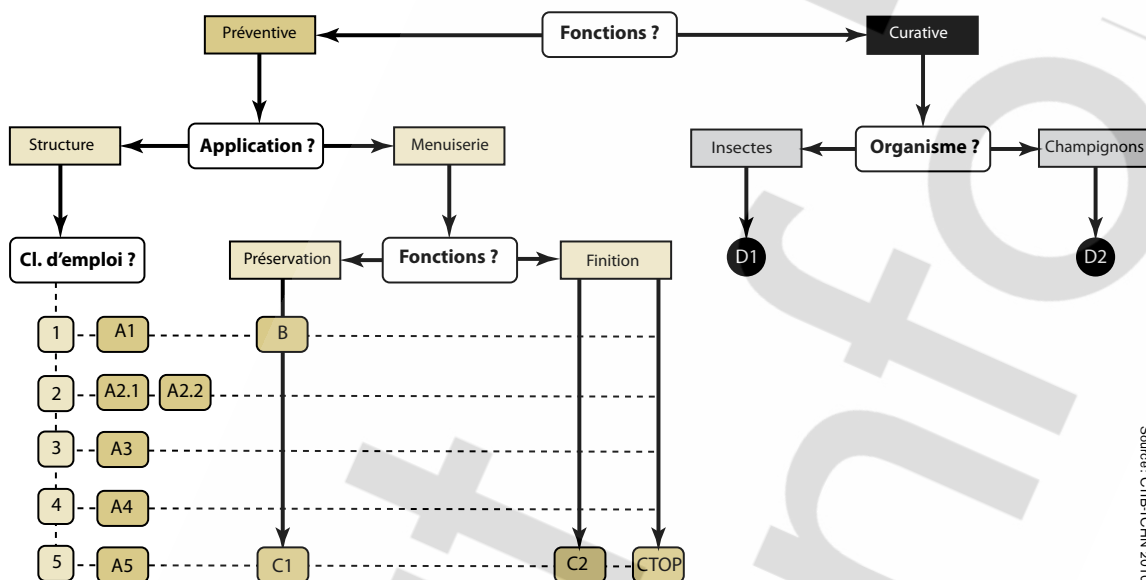
L'ABPB (Association Belge pour la Préservation du Bois) est responsable d'un système d'homologation des produits de préservation et de finition du bois. Elle peut communiquer la liste de ces produits homologués sur demande.

Les produits ou les procédés de traitement peuvent être certifiés. Cette certification informe le client de manière objective qu'il s'agit de traitements efficaces, appliqués dans des conditions parfaitement maîtrisées par du personnel qualifié utilisant des produits ayant démontré leurs performances.

C'est l'UBAtc qui est responsable de ces certificats et délivre les ATG (Agrément Technique). Les ATG ont une durée de validité maximale de 3 ans. La liste des procédés ayant obtenu un ATG peut aussi être consultée sur le site de l'UBAtc. Le CTIB (Centre Technique de l'Industrie du Bois) est également en mesure d'informer les utilisateurs.

En France, les certificats destinés aux produits (CTB-P+) et aux bois traités (CTB-B+) sont délivrés par le FCBA.

#### Choix du traitement à appliquer:



#### Traitements curatifs

Le traitement curatif est toujours soit spécifique à l'altération observée, soit propre à un ou plusieurs agents d'altération biologique. Il a pour objectifs d'éliminer les agents responsables de la dégradation et de protéger les parties atteintes ou non contre la prolifération de nouveaux parasites. Une fois les couches atteintes éliminées, le traitement chimique curatif est appliqué. Cette opération doit également être accompagnée d'un diagnostic quant à la structure endommagée, avec une vérification des capacités mécaniques de celle-ci, ainsi que d'un renforcement si nécessaire.

En Belgique, les produits curatifs comprennent deux catégories se différenciant par leur domaine d'application :

- D1 Produits à action préventive et curative contre les insectes s'attaquant au bois d'œuvre. Efficacité significative pendant 10 ans.
- D2 Produits à action curative contre les champignons type « mэрule » et « conioflore », destinés à traiter les maçonneries contaminées.

Le traitement curatif d'attaques d'insectes xylophages (capricornes, vrillettes et lyctus), est une opération visant, par un procédé adéquat, à tuer les larves in situ. L'identification de l'insecte doit être établie au préalable avec exactitude et le traitement doit être réalisé par une entreprise spécialisée.

Les mesures curatives d'attaques de champignons lignivores (mэрule, conioflore, polypore des caves, lenzite, etc.) consistent à éliminer la source d'humidité responsable de la présence du champignon, de retirer les revêtements imperméables recouvrant sols et parois, de détruire le mycélium et de réaliser une ventilation efficace. L'identification du champignon doit, au préalable, être établie avec exactitude et le traitement doit être réalisé par une entreprise spécialisée.

Pour les termites, les traitements curatifs visent à assainir l'ouvrage attaqué, à l'isoler de la source d'infestation et à tuer les insectes présents. Bien souvent, un traitement chimique curatif fait office de barrière insecticide et permet la prévention de nouvelles invasions.

## Produits de préservation

Les produits de préservation sont appliqués en surface ou introduits, par imprégnation, afin de conférer une durabilité supérieure au bois. Ces produits à large spectre, le plus souvent fongicides et insecticides, sont généralement efficaces face à plusieurs agents biologiques de dégradation du bois. Les bois sont traités avec une quantité déterminée de produit pour garantir une protection pendant toute la durée du service. Les bois traités ne présentent pas de danger pour la santé.

Les produits utilisés sont composés de matières actives qui confèrent des propriétés biocides, un solvant pour véhiculer la matière active dans le bois et finalement, des produits de fixation pour maintenir la protection pendant toute la durée de service.

Actuellement, trois familles de produits sont couramment utilisées :

### Sels fixants

Sels métalliques complexes comprenant du bore et du cuivre, associés à du chrome pour fixer les métaux actifs.

Cl. d'emploi 3  
Cl. d'emploi 4  
Cl. d'emploi 5

### Émulsions aqueuses

Mélange de substances de synthèse non hydrosolubles (triazoles et pyréthroïdes) émulsionnées avec de l'eau. Fixation au moyen de systèmes tensioactifs. Bonne stabilité.

Cl. d'emploi 2  
Cl. d'emploi 3

### Produits mixtes

Composés métalliques (cuivre, bore) associés à des molécules de synthèse (Triazoles, pyréthroïdes) les fixant et étendant leur spectre d'efficacité. Les plus rencontrés.

Cl. d'emploi 2  
Cl. d'emploi 3  
Cl. d'emploi 4

## Procédés d'application

La manière dont le produit est appliqué va déterminer, pour une grande part, l'efficacité du traitement. Le procédé va conditionner la quantité de produit absorbé et la pénétration du produit dans l'épaisseur du bois.

### Badigeonnage

Principalement en prévention. Application simple de plusieurs couches au pinceau. Efficacité limitée car traitement très superficiel.

### Pulvérisation / aspersion

Mêmes caractéristiques que le badigeonnage. Encore utilisé pour les menuiseries extérieures. Procédé appliqué dans des installations prévues à cet effet.

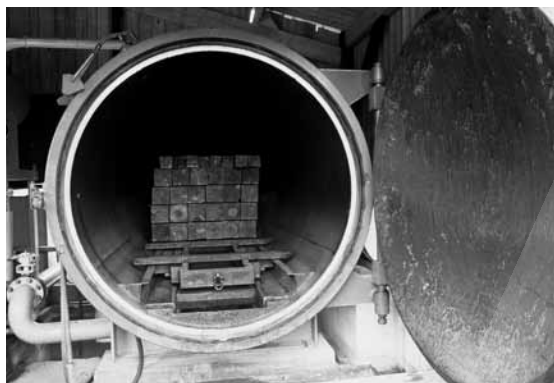
### Trempage

Essentiellement en prévention. Couramment utilisé pour le traitement du bois de charpente. Traitement périphérique avec de faibles pertes. La profondeur de traitement est fonction de la durée de trempage (de 15 min à 1h selon le produit et l'essence).

### Autoclave

Traitement préventif permettant d'atteindre les spécifications des classes d'emploi supérieures. Traitement par vide-pression adapté aux caractéristiques d'imprégnabilité de l'essence. Durée du traitement de quelques heures à 12 h. Très efficace pour traiter l'aubier, les bois ronds écorcés et les sciages.

### Traitement de préservation en autoclave



Du fait des différences anatomiques et de porosité, les caractéristiques d'absorption varient fortement d'une essence à l'autre. Par leur structure et leur composition différentes, l'aubier et le duramen ne présentent pas la même capacité d'absorption. Alors qu'il est considéré comme toujours non durable, l'aubier est plus imprégnable que le duramen.

L'absorption d'un produit de préservation dépend donc de :

- la porosité du bois liée aux conditions de croissance ;

- la duraminisation : l'obstruction des ponctuations limite l'absorption du produit en profondeur ;
- la surface de bois : un bois brut absorbe beaucoup plus de produits qu'un bois raboté ;
- la viscosité du produit et sa température ;
- l'humidité du bois.

La norme européenne EN-350-2 définit les quatre classes d'imprégnabilité des essences.

### Méthodes alternatives

Pyrolyse maîtrisée ou bois modifié thermiquement (Thermowood®, bois rétifé®, bois perduré®, Plato®, Stellac®, etc.)

Ces procédés visent à dégrader thermiquement certaines substances qui composent le bois et sont responsables de ses propriétés hygroscopiques et de son caractère biodégradable. Il s'agit de chauffer le bois à 160°C ou plus, dans une atmosphère inerte.

Ces traitements, grâce à la destruction des molécules d'amidon, offrent au bois une bonne résistance aux attaques de champignons jusqu'à la classe 3 (excepté lorsque le bois est en contact avec le sol) et de larves d'insectes. Sa résistance aux attaques de termites reste toutefois controversée.

Son avantage majeur réside dans l'accroissement significatif de la stabilité dimensionnelle. En diminuant fortement le caractère hygroscopique du bois, il réduit spectaculairement les déformations consécutives aux variations d'humidité ambiante. D'un point de vue environnemental, cette méthode présente un avantage sur les procédés impliquant des fongicides et des insecticides chimiques. Bien que très gourmand d'un point de vue énergétique et rejetant des eaux de cuisson, aucune substance nocive pour l'environnement n'est ajoutée.

Ce procédé modifie la structure chimique du bois et, de ce fait, engendre des changements parfois importants de quelques propriétés du bois :

- la couleur du bois fonce et vire au brun
- la capacité du bois à absorber l'humidité ambiante est fortement réduite,
- la résistance au poinçonnement est diminuée
- la résistance à la flexion est légèrement altérée

- l'aptitude au collage est également modifiée
- l'effet des défauts localisés et des singularités du bois est amplifié
- la corrosion des connecteurs métalliques est plus rapide et plus forte
- Formation d'échardes lorsque le bois casse

Actuellement, ses principales applications sont la menuiserie intérieure et extérieure mais son coût élevé limite encore fortement son usage.

#### Oléothermie

Le principe de base de ce traitement est de favoriser la transmission de l'énergie calorifique au bois en le trempant dans un bain d'huile chauffée à 180-220°C. Il s'accompagne également de phénomènes d'oxydation en fonction de l'huile utilisée et vise les mêmes objectifs que la pyrolyse. En outre, grâce à l'imbibition du bois en huile, il présente l'avantage de rendre le bois hydrofuge mais en revanche, il ne permet plus de coller le bois. Ce procédé est simple et peu polluant mais sa difficulté réside essentiellement dans la maîtrise des risques d'incendie et l'élimination de l'huile cuite. Il améliore fortement la stabilité dimensionnelle et la tendance à la fissuration. Le bois traité de cette façon acquiert, en effet, des propriétés hydrophobes indéniables. D'autre part, comme pour la pyrolyse, les molécules d'amidon seraient détruites et, de ce fait, le bois présenterait moins d'attraits d'un point de vue nutritif pour les organismes susceptibles de le dégrader. Actuellement, ce traitement est plus couramment appliqué en Allemagne.

### Acétylation du bois

L'acétylation du bois est un procédé qui provoque une réaction entre les parois cellulaires du bois et l'anhydride acétique. Le principe est de bloquer les sites actifs chimiquement, responsables de l'absorption d'eau. L'acétyle réagit avec les groupements hydroxyles ce qui diminue fortement l'affinité du bois à l'eau. Cette réaction est donc à l'origine de modifications de la structure du bois et donc de ses propriétés. Ce traitement permet de diminuer de 80 % les variations dimensionnelles du bois, résultant de son gonflement et de son retrait. Grâce à ce procédé, l'humidité d'équilibre du bois est beaucoup moins élevée que celle d'un bois non traité.

La classe de durabilité conférée aux bois par ce traitement est de 1, soit la plus résistante aux attaques de champignons lignivores. En outre, l'acétylation des bois n'a pas d'influence sur les propriétés mécaniques et augmente la dureté du

bois traité de 30 %. L'aspect du bois n'est pas modifié. Elle traite le bois en profondeur, dans la masse. Ce procédé présente également de nombreux avantages environnementaux en limitant les rejets polluants.

Le procédé est exotherme (libère de la chaleur) et nécessite une maîtrise rigoureuse et du personnel qualifié. Certaines fentes peuvent toutefois apparaître lors d'un séchage trop rapide.

Ce traitement convient particulièrement aux essences à croissance rapide dont la durabilité naturelle est peu élevée ; les essences présentant de bonnes capacités d'imprégnation. Le pin radiata issu du Chili et de Nouvelle Zélande est actuellement l'essence de prédilection de ce procédé.

Le coût des bois acétylés est encore très élevé et ce traitement est peu développé en Europe ; les Pays-Bas font figure de précurseurs.

Les bois acétylés conviennent pour la menuiserie extérieure, les bardages, charpentes, terrasses, etc.

### 2.6.6. FINITIONS

Le rôle d'un traitement de finition est de protéger la surface du bois du vieillissement.

Le vieillissement du bois est un phénomène naturel qui résulte d'altérations physico-chimiques de la surface du bois. Il s'illustre par un grisaillement progressif du bois, une érosion très lente de sa surface (quelques millimètres par siècle). En revanche, le vieillissement n'entraîne pas de dégradation significative des propriétés mécaniques ; il s'agit d'un phénomène d'ordre esthétique. Parallèlement à cette modification visuelle, les tensions dues aux changements climatiques, tels que l'alternance de périodes humides et sèches, peuvent générer des variations dimensionnelles, des déformations, des fissurations, etc.

Les objectifs d'une finition en extérieur sont donc de protéger le bois des effets de l'environnement (rayons solaires, pluie, gel, vent, etc.) et de limiter

les variations dimensionnelles en réduisant les échanges d'humidité avec l'air ambiant.

L'objectif d'une finition en intérieur est de protéger le bois des agressions mécaniques auquel il peut être soumis.

**Il est essentiel de distinguer « finition » et « préservation ». La finition protège la surface mais son rôle n'est pas de préserver des attaques d'insectes et de champignons. En aucun cas, un traitement de finition ne peut se substituer à un traitement de préservation.**

D'une façon générale, l'application d'une finition adaptée à un usage spécifique valorise les qualités esthétiques du bois pour autant qu'un entretien adéquat soit mis en œuvre.

### Principaux types de finitions

Les produits de finition sont composés de 4 types de constituants :

- **les liants**: permettent la réunion de tous les composants de la finition. Les liants sont les constituants (semi-)filmogènes de la finition. Les liants habituels sont les huiles (siccatives, semi-siccatives ou non siccatives) et les résines (alkydes, acryliques ou polyuréthanes).
- **les solvants**: permettent de dissoudre le constituant solide des liants (résines) afin de former un film régulier. Ils disparaissent après évaporation. Chaque type de liant est associé à un solvant spécifique. Les solvants en phase aqueuse (contiennent également des co-solvants d'origine organiques) sont les plus couramment utilisés actuellement et ils se distinguent des solvants organiques.

- **les pigments**: confèrent l'opacité et la couleur aux finitions et protègent le bois des rayons UV. Ils sont composés de poudres, d'origine minérale ou organique, non solubles dans les liants et les solvants.
- **les charges et additifs**: sont des poudres minérales incorporées aux finitions pour des raisons techniques et/ou économiques. Par exemple, certaines charges améliorent le pouvoir couvrant d'une finition, d'autres s'opposent à la sédimentation des pigments de forte densité, etc. Les plus employées sont la baryte, le talc, la craie, le kaolin et le mica, d'origine naturelle. On retrouve aussi des fongicides en petite quantité destinées à conserver le produit avant/après utilisation.

Les additifs permettent également de fluidifier ou d'épaissir le produit, de favoriser la mouillabilité, d'améliorer la brillance, d'empêcher la formation de bulles en surface, de conserver le produit avant/après utilisation.

Trois grandes familles de finitions sont couramment utilisées :

- **Vernis**: produit appliqué sur une surface pour former un film hermétique, dur, transparent, possédant des qualités protectrices, décoratives ou spécifiques. On distingue les vernis pour utilisation en extérieur de ceux destinés à usage intérieur et destinés aux parquets. Comparée aux autres types de finition, la transparence des vernis les rend assez vulnérables aux rayons solaires.
- **Lasure**: produit qui forme un film transparent, semi-transparent ou opaque pour la décoration et la protection du bois contre les intempéries. Par ailleurs, il facilite les travaux d'entretien. Certaines lasures contiennent des biocides qui protègent la surface du bois contre le bleuissement ou les moisissures. On distingue les lasures d'imprégnation des lasures de finition. Les deux sont souvent combinées. Les lasures se dégradent par érosion (farinage) sous l'action de l'eau et des UV).
- **Peinture**: produit liquide appliqué sur une surface pour former un film possédant des qualités protectrices, décoratives ou spécifiques. La peinture se dégrade par craquelage et écaillage. Sa contenance en pigments la rend opaque, la teinte et participe à la tenue au UV. Sa compatibilité avec le bois et ses dérivés doit être vérifiée avant usage. Sa tenue dans le temps est supérieure aux lasures mais son entretien requiert des travaux supplémentaires.

	Transparence	Pigments	Charges	Tenue (années)	Vieillessement	Rénovation	Entretien (avant rénovation)	Usage
<b>Vernis</b>	Oui	Non	< 2 %	A l'ext. 1 à 4	Ecaillage, craquelage	Très lourde	Ponçage (Décapage)	Intérieur, extérieur
<b>Lasures</b>	Oui	C2 (1-5 %)	5 %	1 à 3	Farinage	Aisée	Lavage Brossage	Intérieur, extérieur
	Non	CTOP	> 5%	3 à 5	Farinage, écaillage	Aisée	Ponçage	
<b>Peintures</b>	Non	Jusque 25 %	> 20 %	3 à 10 ans	Ecaillage, craquelage	Lourde	Ponçage Décapage	Intérieur, extérieur



Ces différentes familles peuvent être classées (EN 927-1) selon leur usage (variations dimensionnelles autorisées ou non suivant l'usage), selon leur aspect (épaisseur, pouvoir masquant, brillance) et selon les conditions d'exposition.

Les normes EN 927-2 à 5 donnent plus de détails sur les spécificités, les performances, le vieillissement et la perméabilité de ces produits.

Pratiquement, pour qu'un traitement de finition soit pleinement efficace, il faut que son épaisseur soit plus ou moins constante sur toute la surface.

Notons que pour les finitions intérieures, outre les 3 grandes familles citées ci-dessus, des huiles et des cires peuvent également être appliquées.

→ **Huile:** Produit de finition à base d'huile naturelle ou d'huiles synthétiques pour le traitement initial ou l'entretien des revêtements de sol. Transparentes ou plus ou moins teintées, d'aspect mat, satiné ou brillant. Leur entretien consiste en un nettoyage, un rinçage et l'application d'une couche supplémentaire.

→ **Cire:** produit à base de cire naturelle pour le traitement et l'entretien des revêtements de sol. Leur entretien est plus fréquent mais semblable à celui des huiles.

### Le vieillissement des finitions

Rappelons que les finitions ont pour fonction la protection du bois contre le vieillissement qui se définit, quant à lui, comme l'altération lente et irréversible de certaines propriétés du matériau, résultant de sa propre instabilité et/ou d'effets de son environnement. Les dégradations peuvent être homogènes (décoloration, perte de brillance, érosion) ou hétérogènes (cloquages, fissuration, écaillage). Dans ce dernier cas, une rénovation est nécessaire pour renouveler la protection du bois. Ce phénomène complexe de vieillissement résulte du cumul de plusieurs processus élémentaires souvent liés. Les principaux facteurs de dégradation sont identifiés comme suit:

- **Les rayons solaires:** interviennent, notamment, dans le processus de décomposition de la lignine des couches superficielles du bois. L'inclinaison des rayons solaires par rapport à la surface exposée et la durée d'exposition sont décisives dans la photodégradation. La saison et la composition des UV (UV-A, UV-B, UV-C) entrent également en compte. Les pigments possèdent ce rôle protecteur contre les rayons.
- **L'érosion:** poussières, sables véhiculés par le vent.
- **La température:** la température à la surface d'une menuiserie exposée au soleil peut être très élevée, particulièrement si la teinte de la finition est sombre. L'augmentation de la température, par le biais des changements d'humidité du bois, engendre des variations dimensionnelles qui sont à l'origine de craquelage, fissuration et écaillage de la couche de finition.

- **L'eau:** délave les éléments solubles issus de la dégradation. L'eau stagnante sur une finition peut également s'introduire dans le bois via des microfissures du film. Afin d'améliorer la durée de vie des finitions, il est dès lors important de mettre des solutions constructives (pièces verticales ou inclinées) en place permettant le ruissellement et l'évacuation rapide de l'eau.
- **La pollution:** le dioxyde de soufre atmosphérique, à l'origine des « pluies acides », se retrouve parfois de façon concentrée en surface de la finition. Ces agrégats ont une action destructrice sur celle-ci.

## Facteurs d'influence du système bois-finition

### → Facteurs liés au bois

Les variations dimensionnelles : les variations dimensionnelles importantes (retrait et gonflement) sollicitent mécaniquement la finition. Faire le choix d'une essence à faible mouvement.

L'équilibre hygroscopique: La finition freine les échanges gazeux (vapeur d'eau) avec l'atmosphère. Pour éviter les variations dimensionnelles trop importantes lors de l'application de la finition, le bois doit présenter une teneur en eau aussi proche que possible de celle d'équilibre de l'emploi considéré. Faire le choix d'une essence à faible mouvement.

L'état de surface du bois et l'usinage: l'adhérence du produit à la surface du bois dépend de son état et donc de l'usinage. Selon que la surface soit brute, rabotée ou poncée, la durée de vie de la finition variera de façon importante. Une bonne préparation de la surface, un bon nombre de couches dans les meilleures conditions (en atelier) sont donc nécessaires.

Les extraits: ces constituants secondaires du bois (tanins, résines, huiles, etc.) peuvent avoir une action antioxydante sur la finition et gêner l'application et la tenue de celle-ci. Faire le choix d'une essence à faible mouvement.

L'acidité du bois: peut accélérer le durcissement de certains produits de finition. Faire le choix d'une essence à faible mouvement.

Les nœuds, cernes et irrégularités: l'absorption du produit de finition est souvent altérée au niveau des ces nœuds et irrégularités. De la même façon, le bois final absorbe moins de produit de finition que le bois initial. Le nombre de couches permet d'homogénéiser l'aspect de la finition.

### → Facteurs liés à la finition

La pigmentation: la durée de vie du produit de finition et sa résistance aux intempéries est meilleure lorsqu'il est fortement pigmenté. Cette résistance diminue proportionnellement à la teneur en pigments.

Pour les produits transparents, des absorbeurs d'UV sont capables d'empêcher l'altération visuelle par les rayons UV pendant un certain temps. Le choix du produit de finition doit être adapté.

La perméabilité: l'humidité du bois est conditionnée par l'humidité relative et la température ambiante. Lorsque les conditions atmosphériques évoluent, le bois tend vers un nouvel équilibre. Idéalement, la finition doit être légèrement perméable en laissant passer la vapeur d'eau pour permettre ces échanges.

La souplesse: des microfissures laissant passer l'eau peuvent apparaître lorsque les variations dimensionnelles du bois sont trop importantes et que la couche de finition ne présente pas une souplesse suffisante. Le choix du produit de finition doit être adapté.

La tenue des différents types de finition, ainsi que la facilité d'entretien et de rénovation sont reprises ci-dessous :

	Tenue	Entretien	Rénovation
Peintures	3 à 10 ans	Nul	Lourde
Vernis	1 à 4 ans	Nul	Très lourde
Lasure transparente	1 à 2 ans	Aisé	Aisée
Lasure transparente satinée	2 à 3 ans	Aisé	Aisée
Lasure opaque	3 à 5 ans	Aisé	Aisée à lourde

## Lectures complémentaires

- [1] STS 04.3 Bois et panneaux à base de bois: Traitements du bois. SPF Economie, PME, Classes moyennes et Energie. 2009.
- [2] D. DIROL, X. DEGLISE. *Durabilité des bois*. Paris : Hermès Sciences Publications, 2001, 415p.
- [3] A. LECLERCQ, E. SEUTIN. *Les ennemis naturels du bois d'œuvre*. Les presses agronomiques de Gembloux, 1989, 140p.
- [4] CTBA (Ouvrage collectif). *Le traitement des bois dans la construction*. Paris : Eyrolles, 2000, 140p.
- [5] FCBA (Ouvrage collectif). *Insectes et champignons du bois*. Paris : FCBA, 1996, 116p.
- [6] CTBA (Ouvrage collectif). *Guide de la préservation des bois*. Paris : CTBA, 1998, 165p.
- [7] LIGNUM (Ouvrage collectif). VII - *Préservation du bois et traitement des surfaces - Tome 1 et Tome 2*. Zurich : Lignum, 1960.

# 3

## MATÉRIAU BOIS : BOIS MASSIFS ET MATÉRIAUX DÉRIVÉS DU BOIS

<b>3.1.</b>	<b>BOIS MASSIFS</b>	<b>4/22</b>
3.1.1.	Bois ronds	4
3.1.2.	Sciages	4
<b>3.2.</b>	<b>BOIS MASSIFS COLLÉS (BMC)</b>	<b>8</b>
3.2.1.	Bois massifs aboutés (BMA)	8
3.2.2.	Bois lamellés-collés (BLC)	9
3.2.3.	Bois massifs reconstitués (BMR) ou bois contrecollés	9
3.2.4.	Panneaux massifs à plis croisés (contrecollés ou contre-cloués)	10
<b>3.3.</b>	<b>PLACAGES</b>	<b>11</b>
<b>3.4.</b>	<b>PANNEAUX CONTREPLAQUÉS</b>	<b>12</b>
<b>3.5.</b>	<b>PANNEAUX DE PARTICULES</b>	<b>14</b>
<b>3.6.</b>	<b>OSB ORIENTED STRAND BOARD</b>	<b>15</b>
<b>3.7.</b>	<b>PANNEAUX DE FIBRES</b>	<b>17</b>
<b>3.8.</b>	<b>AIDE AU CHOIX DE LA CLASSE TECHNIQUE DE PANNEAU</b>	<b>19</b>
<b>3.9.</b>	<b>AUTRES PRODUITS DÉRIVÉS DU BOIS</b>	<b>21</b>
3.9.1.	Lamibois (LVL)	21
3.9.2.	Poutres reconstituées (PSL et LSL)	21
3.9.3.	Poutres composites	22

hout info boois

### 3. BOIS MASSIFS ET MATÉRIAUX DÉRIVÉS DU BOIS

Le bois est un matériau dont les possibilités de transformation sont vastes. Cette liberté permet de redoubler d'imagination quant aux produits bois pouvant être créés.

La transformation du bois en bois massifs et en matériaux dérivés a pour premier objectif de valoriser au mieux la ressource naturelle. Les modifications de la matière première ont pour objectifs de valoriser efficacement la ressource forestière, d'augmenter le rendement matière lié à la transformation et de s'approcher de son état natif tout en repoussant les limites imposées par l'arbre, et enfin, d'homogénéiser la qualité du produit tout en diminuant les effets liés aux singularités du bois, à l'anisotropie et aux dimensions. Plus les particules de bois qui constituent le produit dérivé du bois sont fines, plus le matériau se libère de ces contraintes.

Le chapitre 3 présente les différents produits bois selon la logique de transformation de plus en plus poussée, de l'élément massif aux panneaux de fibres. Entre ces deux extrémités du processus de transformation, il existe un continuum de produits ayant comme fragment unitaire des pièces de bois de plus en plus petites.

Au plus la transformation est poussée, au plus les fragments unitaires sont petits. L'assemblage de ces fragments fait appel à un liant dont la part qui intervient dans la fabrication du produit bois augmente progressivement avec le degré de transformation.

#### Les colles

Le principe du collage est d'assembler deux surfaces de façon durable au moyen d'un adhésif. Le collage est conçu pour résister aux sollicitations mécaniques, physiques et éventuellement chimiques auxquelles il est soumis pendant la durée de vie du produit.

Très répandu dans l'industrie du bois, le collage permet de modeler le bois en toute liberté et très rapidement. Il permet d'élaborer des éléments de grandes dimensions à partir de petits morceaux de bois et de créer de nouveaux produits, plus performants.

Les spécificités du bois (anisotropie, variations dimensionnelles, état de la surface, densité, etc.), le type de matériaux collés (panneaux de fibres ou de particules, contreplaqués, lamellés-collés, etc.), l'utilisation future du matériau, ainsi que les conditions d'assemblage doivent être pris en compte pour réaliser un collage de qualité.

L'adhérence des colles dépend de leurs propriétés mouillantes, de la porosité de la surface et de leur nature chimique. Leur rôle est d'adhérer aux surfaces de bois et d'assumer la cohésion du joint.

Les facteurs importants pour la tenue des joints de colle sont la préparation du bois (humidité du bois, état de la surface et usinage), le choix de la colle (conditions hygrométriques en service, procédés de fabrication, type de bois) et l'assemblage (température, quantité de colle, conditions de pression).

La norme EN 204 classe ces colles en 4 catégories en fonction de leurs usages non structuraux :

- D1 Usages intérieurs : t° occasionnellement > 50 °C, H ≤ 15%
- D2 Usages intérieurs, contacts occasionnels et brefs avec condensation ou humidité élevée, H ≤ 18%
- D3 Usages intérieurs, contacts fréquents et brefs avec condensation ou humidité élevée à long terme  
Usages extérieurs, protégés des intempéries
- D4 Usage intérieurs, contacts fréquents et importants avec condensation  
Usages extérieurs, exposés aux intempéries (revêtement de surface adéquat)

Le tableau suivant fait la synthèse des avantages, des inconvénients et des emplois des colles usuelles

Colles	Avantages	Inconvénients	Emplois
Fortes (colles animales)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Longévité en atmosphère sèche</li> <li>Réversibilité de l'adhésif par réchauffement</li> <li>N'oxydent pas les métaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Préparation longue</li> <li>Nécessité d'emploi à chaud</li> <li>Faible résistance à l'humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Travaux de plaque</li> <li>Tout assemblage</li> <li>Collages secondaires (jouets, sièges, etc.)</li> </ul>
Caséine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collage à froid</li> <li>Inodore</li> <li>Souplesse des joints</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Attaquables par les micro-organismes excepté si la formulation contient des antifongiques</li> </ul>	<p><i>A froid :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Collage des bois gras ou résineux</li> <li>Avec antiseptiques : charpentes intérieures en lamellé-collé</li> </ul> <p><i>A chaud</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contreplaqués, emballages, fonds de siège, etc.</li> </ul>
Urée-formol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grande adaptabilité aux conditions de travail</li> <li>Possibilités de joints épais</li> <li>Prix modique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tenue limitée à l'humidité</li> <li>Abrasives selon la composition (effet désaffutant)</li> </ul>	<p><i>Joints minces :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Panneaux de particules</li> <li>Travaux de plaque</li> <li>Contreplaqués</li> <li>Menuiserie</li> <li>Collage : papier ou stratifié</li> </ul> <p><i>Joints épais :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Charpentes lamellé-collé</li> <li>Menuiseries extérieures</li> <li>Escaliers</li> <li>Petite construction navale</li> </ul>
Mélamine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bonne tenue aux intempéries</li> <li>Possibilités de joints épais</li> <li>Prix modique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durée de durcissement &gt; colle Urée-Formol</li> <li>Abrasives selon la composition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charpentes lamellées-collées</li> <li>Contreplaqués</li> <li>Panneaux de particules</li> <li>Petite construction navale</li> </ul>
Phénol-formol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Très bonne tenue aux intempéries</li> <li>Résistance au feu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exigent de travailler à une <math>t^{\circ} &gt; 100^{\circ}C</math></li> <li>Teneur en soude</li> <li>Pas de joints épais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contreplaqués extérieurs</li> <li>Contreplaqués pour coffrages</li> </ul>
Résorcine	<ul style="list-style-type: none"> <li>Très bonne tenue aux intempéries</li> <li>Résistance au feu</li> <li>Résistance aux basses <math>t^{\circ}</math></li> <li>Collage à froid et à chaud</li> <li>Grande résistance aux produits chimiques</li> <li>Collages mixtes</li> <li>Possibilités de joints épais</li> <li>Polymérisable à haute fréquence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Joints foncés</li> <li>Prix élevé</li> <li>Sensibles à la <math>t^{\circ}</math> lors de la mise en œuvre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charpentes lamellées-collées</li> <li>Construction navale</li> <li>Tout collage extérieur</li> </ul>
Epoxydes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bonne tenue aux intempéries et au vieillissement</li> <li>Bonne résistance aux acides</li> <li>Collage de matériaux de nature différente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adhérence inférieure aux UF</li> <li>Prix élevé</li> <li>Dosage résine-durcisseur délicat</li> <li>Sensibilité à l'humidité des supports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bois sur tout support (métaux)</li> </ul>
Polyuréthanes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collage de matériaux de natures différentes</li> <li>Souplesse du joint</li> <li>Bonne tenue à la chaleur</li> <li>Pas de solvant (donc pas de retrait)</li> <li>Grande variété</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensible au fluage</li> <li>Nettoyage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bois – PVC</li> <li>Cloisons isolantes (2 composants)</li> <li>Filmage de panneaux (en phase aqueuse)</li> <li>Collage de chants</li> <li>Fixations sur panneaux</li> <li>Poutres lamellées-collées</li> </ul>
Vinylques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prêtes à l'emploi</li> <li>Facilité de mise en œuvre</li> <li>Polymérisation haute fréquence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sujettes au fluage</li> </ul> <p><i>Monocomposants :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Thermoplastiques</li> <li>Mauvaise tenue aux solvants</li> </ul> <p><i>Deux composants :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Collage parfait après 2 à 4 semaines</li> </ul>	<p><i>D2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Menuiserie intérieure, ébénisterie, agencement, mobilier en milieu sec, etc.</li> </ul> <p><i>D3</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Assemblages exposés temporairement à l'eau</li> <li>Collage de bois denses</li> <li>Collages mixtes</li> </ul> <p><i>Deux composants :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Menuiseries extérieures</li> <li>Collage de parements sur panneaux</li> <li>Collage de matériaux isolants sur cadre bois</li> </ul>
Polychloroprènes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collages instantanés</li> <li>Très polyvalentes</li> <li>Collage manuel</li> <li>Possibilité de collage à froid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensible au fluage</li> <li>Mauvaise tenue à la chaleur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stratifiés</li> <li>Revêtements de sol</li> <li>Panneaux muraux</li> </ul>
Thermo-fusibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prise rapide</li> <li>Absence de solvants</li> <li>Possibilité d'utiliser des matériaux préencollés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Performances assez faibles</li> <li>Tenue moyenne aux températures extrêmes</li> <li>Tenue limitée à l'humidité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collage de chants</li> <li>Enrobage de profilés</li> </ul>

Le tableau suivant fait le lien entre les différentes colles et leurs usages les plus fréquents

Localisation	Colles	Usages structurels	Usages non structurels
Extérieur exposé	Résorcine	X	
	Phénol-formol	X	
	Époxydes		X
	Mélamine	X	
	Polyuréthanes	X	X
Extérieur abrité	Urée-formol améliorées	X	
	Caséine	X	
	Vinyliques à durcisseur		X
	Polyuréthanes 2 composants		X
	Polyuréthanes monocomposants	X	X
	Polychloroprènes		X
Intérieur	Colles fortes		X
	Urée-formol	X	
	Vinyliques monocomposants		X
	Thermofusibles		X

Source : CTBA, Le collage du bois.

### Formaldéhydes et émissions

Le formaldéhyde est un gaz (HCHO) normalement présent dans notre environnement. Ses sources sont diverses : produit par le métabolisme humain, fruits et légumes, résultats de la combustion (gaz d'échappement, cigarettes, etc.), produits d'usage courant (peintures, colles, encres, résines, papiers, produits ménagers, shampoings, tissus d'ameublement, vêtements, moquettes, médicaments, biocides, bactéricides, cosmétiques, etc.). Le bois, lui-même, contient naturellement du formaldéhyde.

Le formaldéhyde est un gaz possédant des pouvoirs irritants. Notons toutefois que le seuil de détection olfactive est nettement inférieur au seuil d'irritation.

Une grande partie des panneaux utilisés dans la construction bois contient des colles urée-formol ou mélamine-urée-formol. Ces deux colles sont susceptibles de dégager du formaldéhyde dans l'atmosphère. La qualité des colles et le processus d'encollage sont aujourd'hui optimisés pour réduire ces émissions. Les doses ainsi émises par les panneaux sont infimes et la majorité est dégagée rapidement.

Les facteurs impliqués dans les émissions de formaldéhyde dans un bâtiment sont :

- le type de revêtement, la quantité de panneaux
- le renouvellement d'air
- l'humidité
- la température ambiante

Le niveau d'émission de tous les panneaux est vérifié par le fabricant afin qu'il ne dépasse pas les valeurs fixées par les normes européennes (EN 120, EN 717, EN 13986).

Il existe deux classes de panneaux (E1 et E2) en fonction de la valeur maximale de dégagement de formaldéhyde exigée par les normes européennes.

Il existe des panneaux sans formaldéhyde dit E0 qui ne font pas l'objet de la norme mais qui sont néanmoins garantis sans formaldéhyde.

On observe aujourd'hui une grande créativité des prescripteurs de bois dans la construction, quant à l'utilisation du matériau bois. Un même produit pourra être utilisé de multiples façons et il devient dès lors difficile de classer ces matériaux par domaine d'application. Le choix a donc été de présenter ce chapitre en suivant le processus de fabrication des matériaux et, de ce fait, la forme de plus en plus fragmentée du bois impliqué dans le matériau final.

Type de panneaux	Non revêtus	Non revêtus	Revêtus, recouverts ou plaqués
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panneaux de particules</li> <li>• Panneaux OSB</li> <li>• Panneaux MDF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panneaux contreplaqués</li> <li>• LVL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panneaux de particules</li> <li>• Panneaux d'OSB</li> <li>• Panneaux de fibres</li> <li>• Panneaux contreplaqués</li> <li>• Bois panneau</li> <li>• Panneaux bois-ciment</li> <li>• LVL</li> </ul>
Méthode d'essai	EN 120 (perforateur)	EN 717-2 (analyse de gaz)	
Valeurs exigées	Classe E1 Classe E2 ≤ 8 mg/100g Entre 8 et 30 mg/100g	≤ 3,5 mg/m <sup>2</sup> .h Entre 3,5 et 8 mg/m <sup>2</sup> .h	

## 3.1. BOIS MASSIFS

### 3.1.1. BOIS RONDS

#### Description

Le « bois ronds » est le bois abattu ou façonné en grume, bille, rondin avant sa première conversion industrielle. Cette dénomination exclut le bois de feu, le bois destiné à la pâte à papier, bois de mine, bois de traverses, grumes de déroulage, etc.

Les bois ronds dont on a conservé l'intégrité des fibres et dont on a respecté le fil du bois, possèdent une très grande résistance mécanique, notamment lorsqu'ils sont sollicités en compression.

Il n'existe pas de norme européenne portant sur le classement de structure des bois ronds. Idéalement, en tant que pièce portante, ce classement devrait pourtant être effectué comme pour toute autre pièce intervenant dans la structure d'une construction.

#### Dimensions courantes

Diamètre : 8 à 20 cm  
Longueur : jusqu'à 6 m.

#### Principe de fabrication

Le processus de transformation suit les étapes suivantes :

1. Ébranchage et écimage
2. Écorçage
3. Calibrage / Fraisage
4. Tronçonnage
5. Tri
6. Séchage
7. Préservation

#### Usages

Structure, clôtures, barrières, poteaux, etc.

### 3.1.2. SCIAGES

#### Description

Les sciages sont des pièces de bois obtenues à partir de grumes, par découpe dans le sens longitudinal. Cette première étape peut être complétée par plusieurs coupes successives (délignage, dédoublement, refente, mise à longueur) permettant d'atteindre les dimensions souhaitées.

Sans les exclure d'autres usages, les sciages résineux sont communément utilisés pour la structure d'une construction bois, tandis que les bois feuillus sont davantage utilisés en menuiserie ; on retrouve ces derniers dans la structure du bâtiment de façon plus marginale.

De ce fait, les techniques de sciage selon l'espèce sont très différentes. Par exemple, au moyen des différents modes de débit, le sciage de bois feuillus prêterait une grande importance à l'aspect visuel de la face dégagée. Les bois résineux sciés ont, quant

à eux, le plus souvent, une fonction structurelle. Ils sont rarement visibles dans la construction et ce sont donc leurs propriétés mécaniques, de même que leurs dimensions, qui auront la plus grande importance.

Au vu de l'objectif du document, ce chapitre se concentrera donc sur les sciages résineux.

En sciages résineux, le rendement maximum est de l'ordre de 60%. Les sciures et les plaquettes obtenues par broyage des chutes de bois constituent les 40% restants. Les produits obtenus sont, quant à eux, constitués de 80% de bois de structure et de 20% de bois destinés à l'emballage, la paletterie et le coffrage.



### Dimensions courantes

Dimensions standards des sciages résineux :

Largeur (mm)	Epaisseur (mm)												
	10	15	18	19	24/25	32	36	38	45	48/50	63	75	100
30	■						■						
32			■	■	■	■							
38			■	■	■	■		■		■			
60							■	■					
63										■			
64								■		■			
72							■						
75		■	■	■	■					■	■		
89								■		■			
95									■				
97							■						
100		■	■	■	■			■		■	■		■
112							■						
120								■					
122							■						
125				■	■			■		■	■		■
140								■		■			
145								■					
147							■						
150				■	■	■		■		■	■		■
172							■						
175				■	■	■		■		■	■		■
184								■		■			
197							■						
200				■	■	■		■		■	■		■
220								■					
222							■						
225				■	■	■		■		■	■		■
235								■		■			
247							■						
286								■		■			
300													■

 Contrelatte	 Madrier	 Poutrelle/Bastaing
 Volige/planche	 Chevron	 Bois d'ossature (séchés, rabotés, angles arrondis)
 Bois de fermette	 Poutre (bois bruts)	 Latte/liteau/contrelatte

Les dimensions figurant dans le tableau des sections standards se réfèrent à des bois qui n'ont pas encore été séchés sauf dans le cas des bois d'ossature qui sont séchés, rabotés et chanfreinés.

Lorsqu'il s'agit de dimensions standards, le système métrique SIU (Système International d'Unités, système d'unités décimal) cohabite avec le système métrique anglo-saxon. Cette singularité s'explique par les échanges soutenus entre les marchés mondiaux du bois.

Table de concordance entre les appellations courantes en pouces et/ou en centimètres et les sections nominales en millimètres.

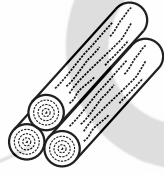
La dimension nominale annoncée par le scieur se réfère à des bois bruts de sciage qui n'ont pas encore été séchés. Une tolérance est dès lors admise quant à ces dimensions.

Appellation courante	Section en mm
10-30	100 x 300
8-23	75 x 225
7-18	63 x 175
5-13	48 x 125 ou 50 x 125 <sup>(2)</sup>
6/4 <sup>(1)</sup> -23	38 x 225
6/4 <sup>(1)</sup> -20	38 x 200
6/4 <sup>(1)</sup> -18	38 x 175
6/4 <sup>(1)</sup> -15	38 x 150
4/4 <sup>(1)</sup> x 18	24 x 175 ou 25 x 175 <sup>(2)</sup>
4/4 <sup>(1)</sup> x 15	24 x 150 ou 25 x 150 <sup>(2)</sup>
4/4 <sup>(1)</sup> x 13	24 x 125 ou 25 x 125 <sup>(2)</sup>
4/4 <sup>(1)</sup> x 10	24 x 100 ou 25 x 100 <sup>(2)</sup>
3/4 <sup>(1)</sup> x 13	19 x 125
3/4 <sup>(1)</sup> x 10	19 x 100
2,5 <sup>(1)</sup> x 4 <sup>(1)</sup>	25 x 38
2 <sup>(1)</sup> x 4 <sup>(1)</sup>	19 x 38

(1) Dimensions en pouces

(2) Ces dimensions peuvent varier selon les habitudes de production des scieurs. Par conséquent, il est important de préciser les dimensions au millimètre près.

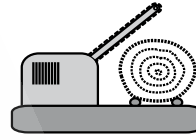
### Sciage: principe de fabrication



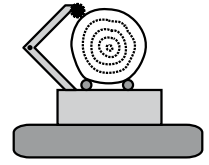
1. Parc à grumes



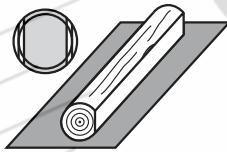
2. Mesures



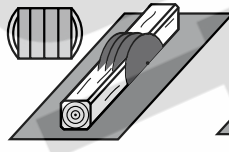
3. Billonnage



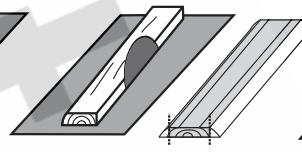
4. Écorceuse



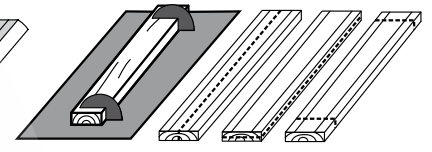
5. Scierie de tête



6. Sciage



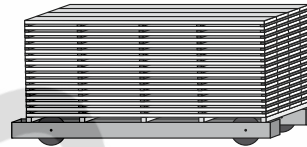
7. Délignage



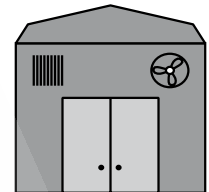
8. Dédoublage, refente et mise à longueur



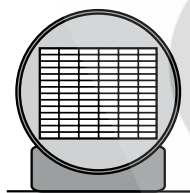
9. Classement par dimensions et qualité (marquage CE)



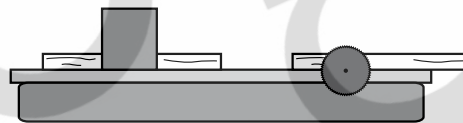
10. Lattage avant séchage



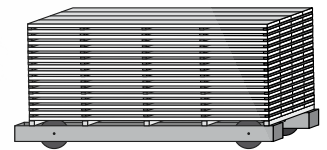
11. Séchage



12. Traitement de préservation



13. Rabotage et calibrage



14. Conditionnement

*Remarque :* le marquage CE peut se faire à différents stades de la transformation (lors du tri de dimensions/qualité, après le séchage, après la préservation ou après le rabotage si celui-ci excède une certaine dimension).

### Usages

**Résineux :** Bois d'ossature, charpente, fermette industrielle, bardage, menuiseries intérieurs et extérieurs, emballage, coffrage, bois de jardin, etc.

**Feuillus :** menuiseries intérieurs et extérieurs, parquets, lambris, terrasse, traverses, emballage, bois de restauration, etc.

## 3.2. BOIS MASSIFS COLLÉS (BMC)

Comme expliqué ci-dessus, la transformation des bois repousse les limites imposées par l'arbre (dimensions) en tentant, notamment, d'homogénéiser les propriétés (anisotropie, variation dimensionnelle, singularités, etc.) du produit bois. En effet, les Bois Massifs Collés (BMC) présentent de plus grandes sections, de plus grandes portées et une qualité plus homogène ou supérieure que celles des bois massifs courants.

Les différents bois massifs collés présentés dans ce chapitre sont les bois massifs aboutés (BMA), les bois lamellés-collés (BLC), les bois massifs reconstitués (BMR) et les panneaux massifs contrecollés ou contre-cloués.

### 3.2.1. BOIS MASSIFS ABOUTÉS (BMA)

#### Description

Bois de structure à section rectangulaire avec aboutage (collage bout à bout) à entures multiples, collées. Les entures sont des assemblages de planches permettant d'obtenir des lamelles de longueur « infinie ». A l'origine, la jonction de ces deux planches pouvait prendre plusieurs formes : en simple sifflet (joint en sifflet), profil triangulaire, etc. Aujourd'hui, ces types de joints ont été remplacés par l'entourage qui est de loin le plus utilisé. La longueur des entures et leur nombre permet d'accroître de manière importante la surface de collage et d'augmenter ainsi la résistance du joint au cisaillement, entre autres.

Le bois massif abouté est théoriquement une lamelle de longueur « infinie » ; pratiquement, il constitue l'unité alimentant la production de bois lamellé-collé, aussi bien que des poutres, des poteaux, du bois de structure, etc.

Les essences utilisées sont l'épicéa, le douglas, le pin sylvestre, le mélèze et le sapin.

La classe de résistance mécanique d'un bois massif abouté est identique à la plus faible des lamelles qui le compose. Le bois massif abouté se classe de la même façon qu'un bois massif.

#### Dimensions courantes

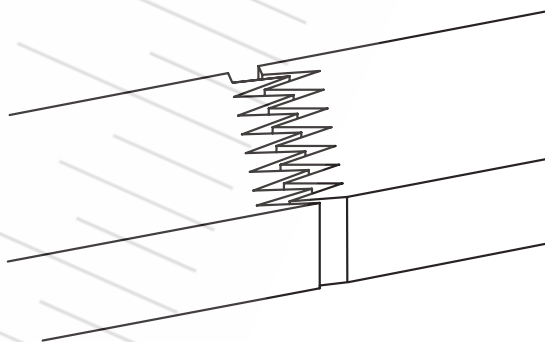
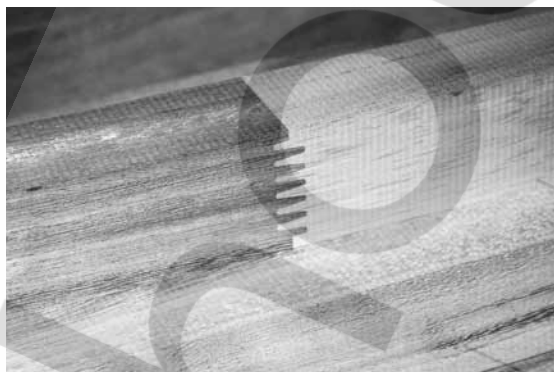
Largeur : 40 à 140 mm  
Hauteur : 60 à 240 mm  
Longueur : jusqu'à 15 m

#### Principe de fabrication

- Approvisionnement
- Tri
- Séchage
- Purge
- Enture
- Aboutage
- Stabilisation
- Rabotage

#### Usages

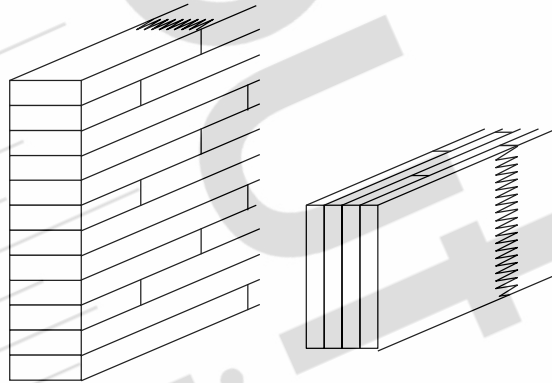
Les BMA sont majoritairement utilisés à des fins structurelles (poutres, lamelles de lamellé-collé, membrures de poutres en I, chevrons, etc.), mais on les retrouve également en menuiserie d'intérieur (plan de travail, carcasse de meubles, plancher, agencement, châssis, etc).



### 3.2.2. BOIS LAMELLÉS-COLLÉS (BLC)

#### Description

Éléments de structure formés par l'aboutage et le collage de lamelles de bois dont l'épaisseur est inférieure ou égale à 45 mm, avec leur fil parallèle.



Le lamellé-collé est composé de lamelles de bois massif, soit de classe mécanique identique (BLC homogène), soit de classe mécanique différentes (BLC panaché).

La teneur en colle des BLC est inférieure à 3% par m<sup>3</sup>.

Le BLC peut être constitué des essences de résineux communément utilisées en structure (sapin,

épicéa, pin sylvestre, douglas et le mélèze), de chêne, de châtaignier et, en menuiserie, d'afzélia, de merbau, de moabi, de padouk, etc.

#### Dimensions courantes

Largeur : 60 à 210 mm

Hauteur : 100 à 2000 mm

Longueur : jusqu'à 150 m

#### Principe de fabrication

- Approvisionnement
- Séchage
- Purge
- Aboutage
- Rabotage
- Encollage
- Pressage et stabilisation sur banc ou presse HF
- Rabotage
- Mise à dimension
- Finition / traitement (facultatif)

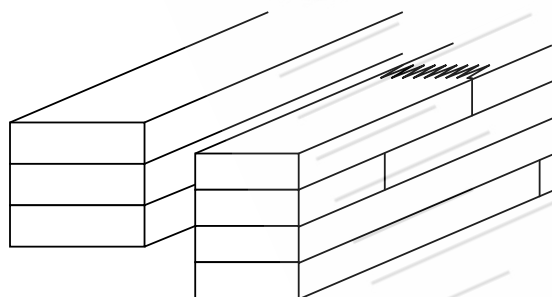
#### Usages

Poutres à section et à inertie variables (arcs, portiques, etc.), grandes portées (bâtiments sportifs, industriels, commerciaux et agricoles), architecture intérieure, menuiserie, etc.

### 3.2.3. BOIS MASSIFS RECONSTITUÉS (BMR) OU BOIS CONTRECOLLÉS

#### Description

Éléments linéaires reconstitués par collage de lames de bois de grande épaisseur aboutées ou non. Les éléments sont constitués de 2 à 5 lames d'épaisseur de 45 à 80 mm.



Les essences utilisées sont l'épicéa, le douglas, le pin sylvestre, le mélèze et le sapin.

#### Dimensions courantes

Section transversale maximale : 260 X 320 mm

Longueur théoriquement « infinie ».

#### Principe de fabrication

- Approvisionnement
- Tri
- Séchage
- Purge (facultatif)
- Aboutage (facultatif)
- Rabotage
- Encollage
- Stabilisation
- Rabotage
- Traitement de préservation / Finition (facultatif)

#### Usages

Bois empilés, charpentes traditionnelles, poteaux, colombages, etc.

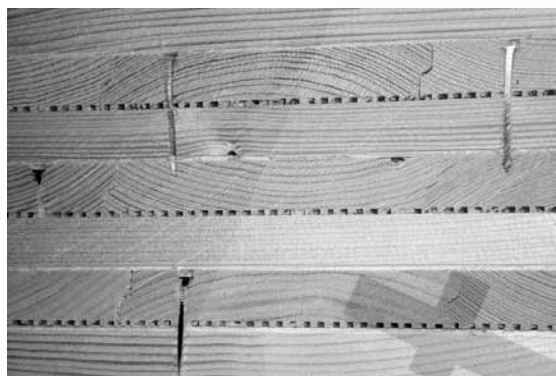
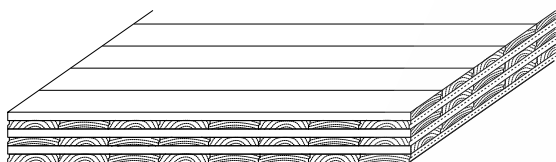
### 3.2.4. PANNEAUX MASSIFS À PLIS CROISÉS (CONTRECOLLÉS OU CONTRE-CLOUÉS)

#### Description

Les panneaux contrecollés sont composés de planches collées ou clouées entre elles en couches croisées à angle droit.

Les panneaux sont constitués de 3, 5 ou 7 couches de planches.

Le panneau à plis croisés, plus rigide, offre des performances mécaniques élevées, notamment, grâce à la répartition égale des charges dans toute la structure. Aussi, l'utilisation de ce type de panneaux limite le phénomène de tassement.



Les panneaux massifs présentent également une diminution des variations dimensionnelles. Les essences utilisées sont l'épicéa, le douglas, le pin sylvestre, le mélèze et le sapin. Ce type de panneaux permet une construction rapide et facile à assembler puisque les pièces sont toutes préfabriquées en atelier.

#### Dimensions courantes

Épaisseur : de 50 à 600 mm  
Largeurs : de 62,5 à 480 cm  
Longueur : jusque 24 m

#### Principe de fabrication

- Approvisionnement en bois résineux
- Séchage des bois à 12 %  $\pm$  2 %
- Calibrage
- Réalisation des lits verticaux et horizontaux assemblés soit, par clouage soit, par encollages successifs
- Pressage et stabilisation (pour le système contrecollé)
- Réalisation des découpes et entailles

#### Usages

Structure, toiture, planchers, cloisons, etc.

## 3.3. PLACAGES

### Description

Le placage est une mince feuille de bois obtenue par un tranchage ou par un déroulage de la grume. Pour ce type de transformation, les espèces résineuses conviennent aussi bien que les espèces feuillues.

Le placage issu du tranchage permet de couvrir un panneau de parements décoratifs, opération valorisée en ameublement, marqueterie et boissellerie, par exemple. Les feuilles de placage sont collées sur divers supports tels que des panneaux de toutes sortes (panneaux contreplaqués, panneaux de fibres, panneaux de particules, etc.).

Ces placages sont obtenus par le débit du bois en feuilles minces. Leur épaisseur peut varier mais elle est le plus souvent de 0,6 mm. On les appelle placages tranchés ou placages ornementaux. Selon l'orientation du tranchage et la qualité des grumes, le placage aura un aspect différent. Dans certains cas, des défauts (nœuds, loupe, broussin, ronce, etc.) ou des singularités (fibre ondulée, etc.) sont particulièrement recherchés pour leur esthétique afin d'être mis en valeur sous forme de placages. De tels arbres peuvent atteindre des prix exceptionnels alors qu'ils n'auraient eu aucune valeur s'ils avaient été destinés à une production classique de sciages.

Le déroulage consiste à dérouler littéralement, tel un crayon dans un taille-crayon, une bille de bois de façon continue en une feuille mince. Les feuilles de placage déroulé sont utilisées pour la fabrication de panneaux contreplaqués, emballage, etc. Les placages ainsi formés sont appelés placages déroulés. Ils ont une épaisseur de l'ordre de 0,6 à 4 millimètres et parfois plus.

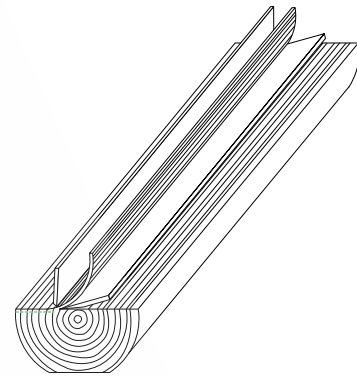
L'homogénéité des placages (couleur, figuration, etc.) est essentielle ; c'est pourquoi il est nécessaire de regrouper dans un même lot les placages issus d'un même arbre.

### Principe de fabrication

Les feuilles de placage s'obtiennent de deux manières : le déroulage et le tranchage. Une première phase d'étuvage est nécessaire aux deux procédés afin de rendre le bois plus plastique et homogénéiser sa couleur.

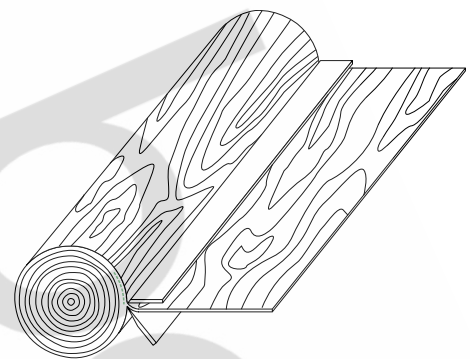
### Tranchage

Après un étuvage et une préparation des grumes en pré-débits, le procédé consiste à trancher au moyen d'un couteau opérant un va-et-vient sur une des deux surfaces planes du pré-débit.



### Déroulage

Cette opération consiste à faire tourner une grume sur un axe horizontal pendant qu'un chariot muni d'un couteau appuie et découpe une feuille de placage continue (dès que la grume atteint une forme cylindrique parfaite). Il s'agit d'un débit sur dosse pure.



### Usages

Placages tranchés : parements décoratifs, ameublement, contreplaqué, marqueterie, boissellerie, etc.

Placage déroulés : emballage, plis intérieurs de panneaux contreplaqués, parements courants, LVL, etc.

## 3.4. PANNEAUX CONTREPLAQUÉS

### Description

Panneaux à base de bois constitués d'un nombre variable, le plus souvent impair, de couches de placage assemblées par collage et dont le fil est croisé à angle droit. Les plis sont placés de façon successive, symétriquement (nature, épaisseur, orientation du fil) par rapport au pli central. Les feuilles de placage sont obtenues par déroulage. Elles ont une épaisseur variant de 0,6 à 4 mm.

Un panneau contreplaqué peut être composé d'une ou de deux essences, avec ou sans croisement des placages, etc. Les combinaisons sont en réalité infinies.

Selon la position du pli dans le panneau, les exigences ne seront pas les mêmes.

Ce type de panneau permet la valorisation d'essences de qualité moyenne ainsi que la diminution de l'influence des défauts sur le comportement mécanique. Ce sont les joints de colle et les essences qui constituent le panneau qui vont être déterminants pour l'usage final de celui-ci (intérieur, extérieur, résistant à l'humidité ou non, etc.)

### Dimensions courantes

Épaisseur : 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22, 25, 30 mm

Largeur : 1,25 à 1,5 m

Longueur : 2,5 à 3,1 m

### Usages

Le contreplaqué est utilisé comme :

- Éléments de sous-toiture, de sous-plancher
- Cloisons
- Ossature bois (panneaux)
- Recouvrement de façades
- Menuiseries intérieures et extérieures
- Coffrages
- Agencements
- Carrosserie et aéronautique
- Meubles

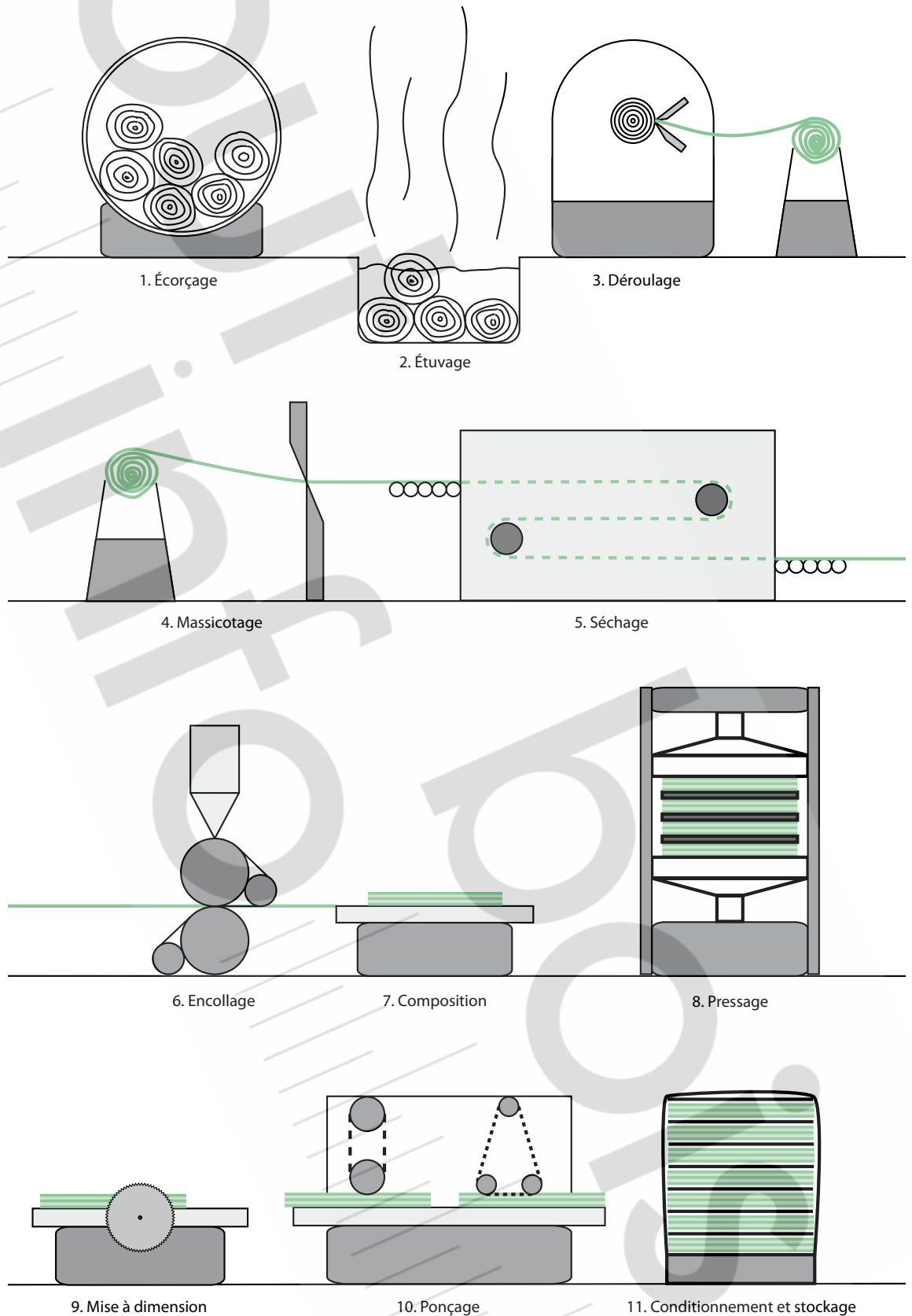
Il existe une large gamme de panneaux contreplaqués. Ils peuvent notamment être ignifugés, traités contre les attaques parasitaires, souples et cintrables, surfacés mélaminés, moulés, décoratifs, adaptés au modelage et à la découpe de formes, revêtus de matériau antidérapant, à haute résistance mécanique, etc.





### Contreplaqué : principe de fabrication

Les plis qui constituent le contreplaqué sont obtenus par déroulage (voir 3.3 Placages).



## 3.5. PANNEAUX DE PARTICULES

### Description

Panneaux fabriqués sous pression et chaleur, constitués de particules de bois (grands copeaux, lamelles de bois, copeaux de rabotage et sciures) et/ou d'autre matériau lignocellulosique également sous forme de particules (chanvre, lin, bagasse). Ces composants sont liés au moyen de colle (voir début du chapitre).

La masse volumique des panneaux de particules n'est pas homogène dans toute l'épaisseur du panneau (plus élevée en surface). D'autre part, la taille des particules est variable dans l'épaisseur des panneaux, les plus grossières se retrouvant au centre du panneau.

### Dimensions courantes

Épaisseur : 6 à 38 mm

Largeur : 0,60 m / 0,90 m / 1,20 m / 1,85 m / 2,10 m

Longueur : de 2,50 m à 6,10 m

### Principe de fabrication

- Approvisionnement (rondins de qualité de trituration et produits connexes)
- Fragmentation
- Séchage
- Tri des particules par taille / Élimination des corps étrangers
- Stockage par dimension (couche interne et externe)
- Encollage en deux couches différenciées
- Composition : selon le type de panneau (une couche homogène, trois couches, multicouches, extrudés avec évidements, etc.). Chaque couche est constituée de particules de même dimension
- Pressage à haute température (165 à 220°C)
- Découpe
- Refroidissement
- Calibrage, ponçage

### Usages

La norme EN 312 «Panneaux de particules – Exigences» définit les différents types de panneaux :

- P1 : Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec\*
- P2 : Panneaux pour agencements intérieurs, y compris meubles, utilisés en milieu sec\*
- P3 : Panneaux non travaillant utilisés en milieu humide\*\*
- P4 : Panneaux travaillant utilisés en milieu sec\*
- P5 : Panneaux travaillant utilisés en milieu humide\*\*
- P6 : Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu sec\*
- P7 : Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu humide\*\*

\* Milieu correspondant à la classe d'emploi 1

\*\* Milieu correspondant à la classe d'emploi 2

Il existe également des panneaux possédant des spécificités propres comme une résistance améliorée aux attaques biologiques, des panneaux ignifugés, des panneaux pour isolation acoustique, etc.

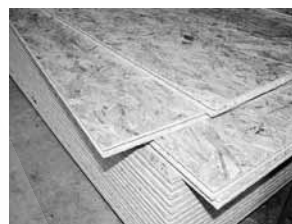


## 3.6. OSB ORIENTED STRAND BOARD

### Description

Le panneau OSB est un panneau à particules généralement composé de 3 couches de lamelles de bois collées, de taille et d'épaisseur déterminées. Les lamelles de la couche extérieure sont disposées dans le sens de la longueur du panneau, alors que les lamelles de la couche centrale sont orientées aléatoirement ou perpendiculairement à la longueur. Les lamelles des couches externes confèrent les propriétés mécaniques et les lamelles de la couche interne assurent la cohésion du panneau.

Comparé aux autres panneaux à particules et à fibres de bois, le panneau OSB présente des propriétés mécaniques intéressantes. La résistance mécanique est très élevée parallèlement à l'orientation des plaquettes ce qui lui permet de concurrencer le panneau contreplaqué.



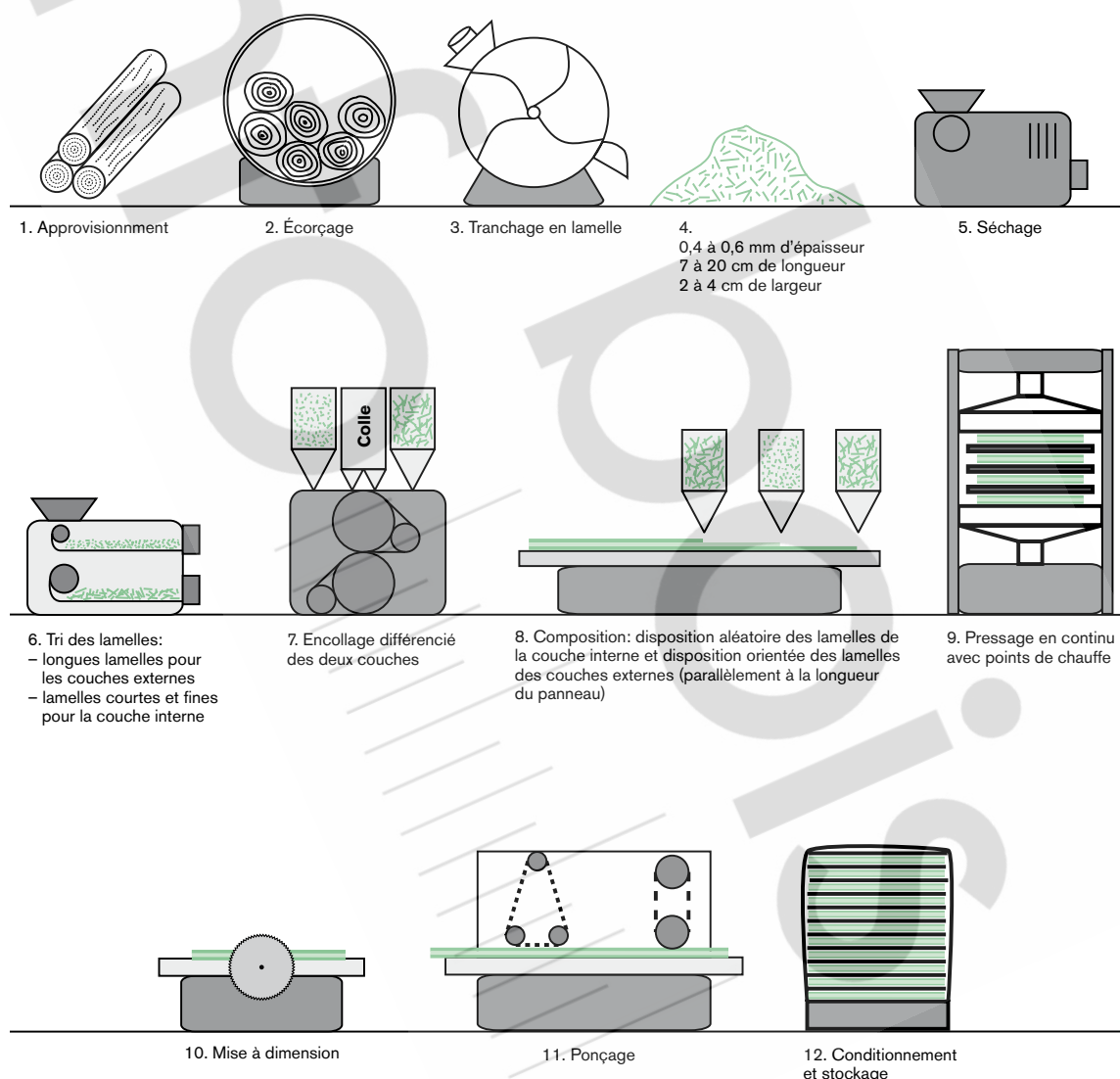
### Dimensions courantes

Les épaisseurs d'OSB varient de 6 à 40 mm et les dimensions courantes sont les suivantes :

- 244 × 122 cm
- 250 × 125 cm
- 500 × 125 cm
- 500 × 250 cm

La plupart des panneaux OSB prêts à l'emploi sont déjà rainurés languettés.

### OSB : principe de fabrication



## Usages

Il existe de nombreux types de panneaux OSB. Ils peuvent être répertoriés de la façon suivante :

Type de panneau	Caractéristiques	Domaines d'application
OSB/1	Milieu sec	Usage général Agencement intérieur
OSB/2	Travaillant Milieu sec	Plancher Emballage Étagères Décoration
OSB/3	Travaillant Milieu humide	Plancher Avant toit, support de couverture Contreventement de maison ossature bois
OSB/4	Travaillant sous contrainte élevée Milieu humide	Rayonnage industriel Plancher technique Charpente composite
Milieu sec Milieu humide	Milieu correspondant à la classe de service 1 Milieu correspondant à la classe de service 2	

Les panneaux OSB peuvent également être ignifugés, traités contre les attaques d'agents biologiques, avec des émissions de formaldéhydes limités, etc. L'usage de panneaux OSB en extérieur est très fortement déconseillé.

## 3.7. PANNEAUX DE FIBRES

### Description

Panneau composé de fibres de bois ou d'autres matières lignocellulosiques, d'une épaisseur minimum de 1,5 mm, formé par pression et/ou application de chaleur de manière à constituer un matériau isotrope.

Ils peuvent être obtenus par un procédé «humide», dit de feutrage ou par un procédé «sec».

D'autres additifs sont couramment ajoutés afin de conférer des propriétés supplémentaires aux panneaux (panneaux ignifugés, hydrophobes, etc.).

Le plus connu de cette famille de panneaux est le MDF (panneau de fibres à moyenne densité) obtenu par la voie sèche.

On connaît aussi les panneaux durs (hardboard) couramment utilisés pour les parements de porte, fonds de meuble, emballage, et les panneaux tendres (softboard) utilisés comme sous-couche de revêtement de sol, écran rigide de sous-toiture, isolation de mur et comble, etc. Ils sont produits par le procédé de fabrication «humide».

### Dimensions courantes

Les dimensions des panneaux MDF sont définies par la taille des presses. Les épaisseurs varient de 1,8 mm à 60 mm. Les dimensions courantes des panneaux MDF correspondent au tableau ci-dessous :

Largeur (cm)	Longueur (cm)									
	244	250	275	305	366	370	415	420	520	
122	x		x	x						
125		x								
185		x			x	x	x			
205									x	
207		x			x		x	x		
220					x		x			
280							x			



### Principe de fabrication

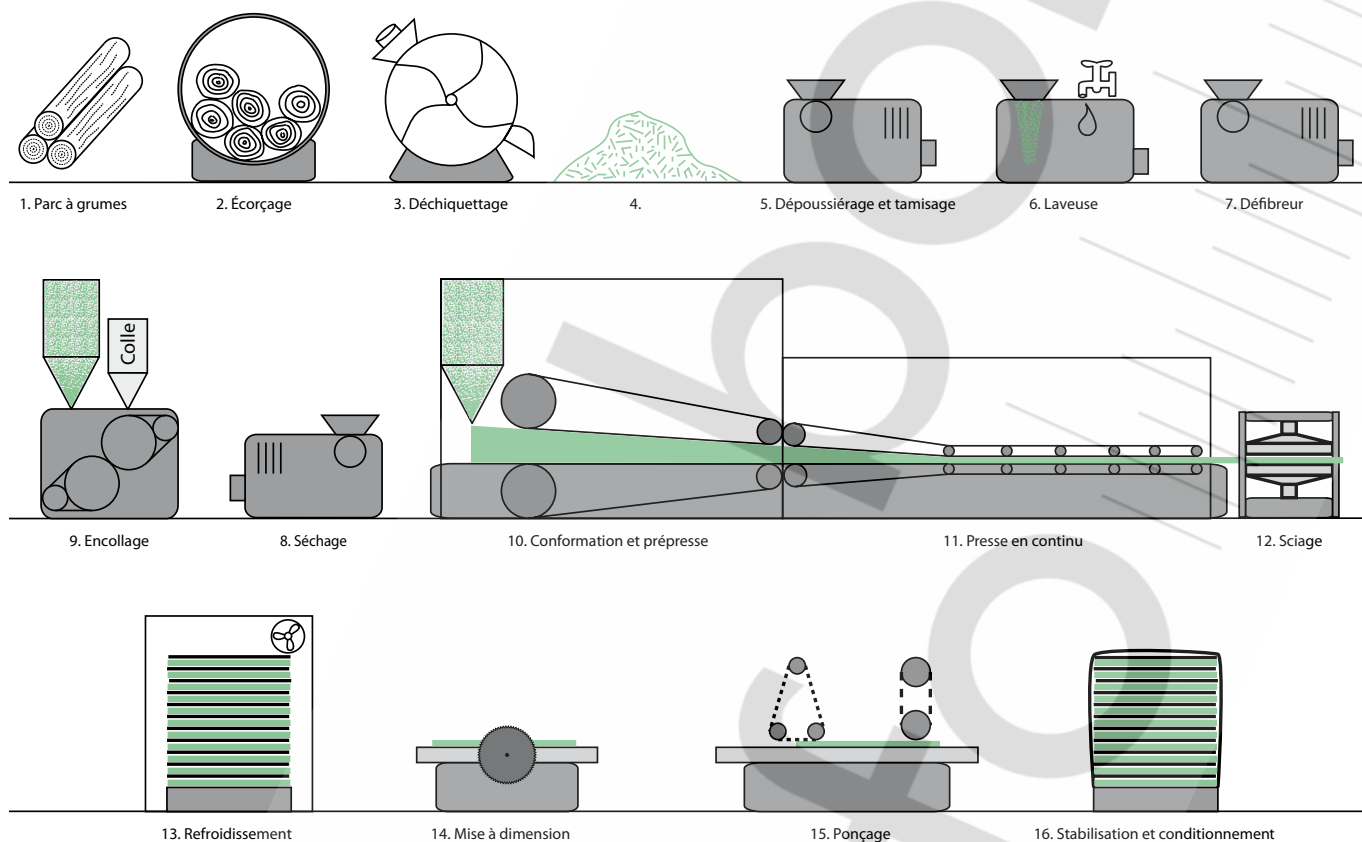
Selon la norme EN 316, on distingue :

- les panneaux de fibres obtenus par procédé humide classés suivant leur masse volumique : les panneaux isolants (masse volumique  $\leq 400 \text{ kg/m}^3$ ), les panneaux mi-durs (masse volumique  $> 400$  et  $\leq 900 \text{ kg/m}^3$ ) et les panneaux durs (masse volumique  $\geq 900 \text{ kg/m}^3$ ).
- les panneaux de fibres obtenus par procédé à sec : ces panneaux ont une masse volumique  $\geq 600 \text{ kg/m}^3$ . Le MDF Medium Density Fiberboard fait partie de cette catégorie.

Procédé humide, utilisant les propriétés adhésives intrinsèques du matériau :

- Écorçage
- Déchiquetage en plaquettes
- Tri et dépoussiérage des plaquettes
- Défibrage par traitement thermomécanique
- Formation du «gâteau»
- Essorage (pour les panneaux isolants, la fabrication se termine à ce stade après un séchage)
- Pressage
- Stabilisation

### Procédé sec, basé sur l'addition d'un liant synthétique aux fibres



### Usages

Il existe différents types de panneaux de fibres à moyenne densité (MDF). Selon la norme EN 622-5, on trouve :

Type de panneaux	Caractéristiques	Domaines d'application
MDF	Panneau pour usage général en milieu sec* Aptitude au laquage et à l'usinage	Ameublement, agencement Plinthes/jouets
MDF-H	Panneau pour usage général en milieu humide**	Agencement dans les pièces humides
MDF LA	Panneau travaillant utilisé en milieu sec*	Marches d'escalier Planchers / Âme de parquet contrecollé
MDF-HLS	Panneau travaillant utilisé en milieu humide**	Agencement dans les pièces humides Planchers Revêtement de sol stratifié
Panneau ignifugé dans la masse	Résistance au feu améliorée	Dans les locaux concernés
Panneau cintrable Panneau moulable		Agencement Agencement (élément en série)
MDF-HDF	Panneau haute densité	Revêtements de sol stratifiés Marche d'escalier
MDF-LDF	Panneau léger	Moultures Lambris

\* Milieu correspondant à la classe de service 1

\*\* Milieu correspondant à la classe de service 2

Le MDF, par sa structure fine et homogène, possède certaines caractéristiques proches du bois massif. Le moulage et le défonçage est facilité par cette même structure. Ce sont les seuls panneaux pouvant être teintés dans la masse. Il existe également des panneaux à densité moyenne prêts à peindre, avec une sous-couche en papier, ou plaqués, ou encore structurés, laissant apparaître une reproduction des veines du bois en surface.

## 3.8. AIDE AU CHOIX DE LA CLASSE TECHNIQUE DE PANNEAU

Il existe une vaste gamme de panneaux dont les propriétés et les applications sont très variées. Le principe de fabrication d'un panneau et sa composition (essences, type et quantité de colle, additifs, masse volumique) déterminent ses propriétés physiques et mécaniques.

La résistance mécanique des panneaux augmente proportionnellement à leur masse volumique.

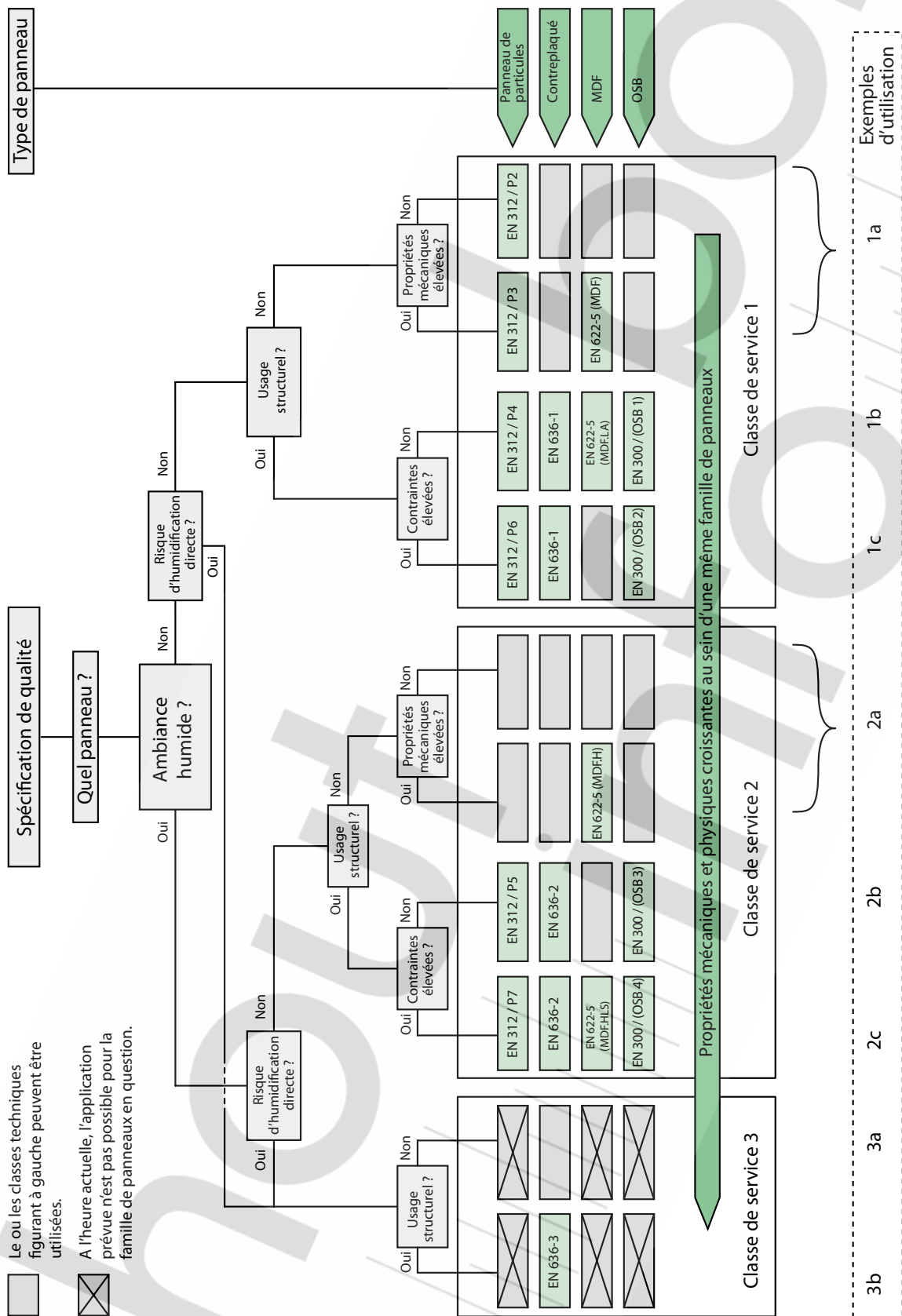
Pour faciliter le choix du panneau qui sera mis en œuvre en fonction des conditions en service, le CEN TC 112 et le CSTC ont élaboré un arbre décisionnel (voir page suivante).

Cet organigramme indique la classe technique des panneaux utilisés en fonction de l'application prévue en pratique.

Chaque ligne correspond à une famille de panneaux donnés dont les performances mécaniques et physiques augmentent à mesure que l'on se déplace de droite à gauche.

Chaque colonne, désigne, quant à elle, une catégorie de panneaux pouvant être utilisés dans des conditions similaires.

Les panneaux structuraux ou travaillants sont les panneaux utilisés pour la conception et la construction d'éléments sollicités par des charges. Les panneaux non structuraux sont utilisés pour les agencements, les revêtements, la réalisation de meubles, etc.



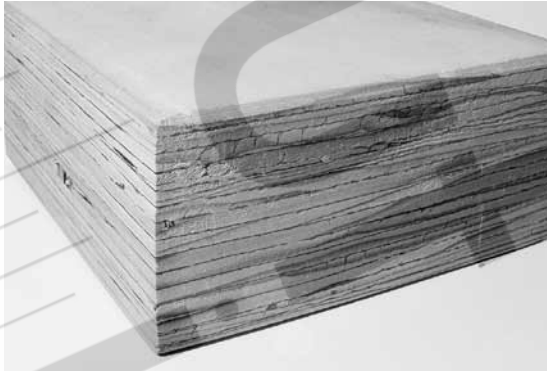


## 3.9. AUTRES PRODUITS DÉRIVÉS DU BOIS

### 3.9.1. LAMIBOIS (LVL)

#### Description

Le lamibois ou Laminated Veneer Lumber est constitué de placages (de l'ordre de 3 mm d'épaisseur) de bois collés à fil parallèle. Ce matériau possède une vocation essentiellement structurelle.



Son épaisseur varie en fonction du nombre de plis qui le constituent et il peut être produit en longueurs importantes. Dans certains cas, une petite proportion des plis est disposée à fil perpendiculaire afin d'améliorer la stabilité de la poutre et diminuer les déformations.

Grâce, notamment, à la sélection des placages, le LVL présente des performances mécaniques élevées souvent supérieures au bois massif et

aux lamellés-collés. Ce matériau très homogène présente des résistances à la flexion, à la compression et à la traction relativement proches les unes des autres.

#### Dimensions courantes

Épaisseur : 25 à 75 mm  
Largeur : 1,80 m ou plus  
Longueur : 18 m ou plus

#### Principe de fabrication

Basé sur le même principe de fabrication que le contreplaqué, dont l'atelier final – phase de composition et pressage – s'apparente plus aux méthodes de fabrication des panneaux de particules et de fibres. Les plateaux obtenus sont ensuite coupés. La fabrication de LVL fait appel à de grandes unités de production, impliquant une machinerie spécifique lourde et demandant des investissements considérables.

#### Usages

Membres de poutres composites en I, poutres lorsqu'il est disposé sur chant, montants d'ossature, panneau autoportant, à plat, support de couverture, plancher, etc.

### 3.9.2. POUTRES RECONSTITUÉES (PSL ET LSL)

#### Description

Ces deux produits relativement proches sont également obtenus par l'assemblage de placages. **PSL (Parallel Strand Lumber)**: Poutres de structure constituées de bandes de placages longues et étroites (chutes de placages de 3 mm sur 240 mm) orientées à fil parallèle, collées et pressées en continu.

**LSL (Laminated Strand Lumber)**: Éléments plans ou plateaux constitués, comme le PSL, de bandes de placages étroites, mais plus courtes, orientées à fil parallèle, collées et pressées.



PSL

Ces deux produits possèdent une vocation essentiellement structurelle. Comme le LVL, ils présentent des performances mécaniques élevées. En outre, le PSL et le LSL sont des produits très stables dimensionnellement face aux variations de température et d'humidité. Les poutres reconstituées sont aussi bien disponibles dans des dimensions standards que dans des sections débitées sur mesure.

#### Dimensions courantes

<b>PSL</b>	<b>LSL</b>
Largeur : 200 mm	Épaisseur : 30 à 140 mm
Hauteur : 300 mm	Largeur : 2,5 m
Longueur : jusqu'à 20 m	Longueur : Jusqu'à 10 m

#### Principe de fabrication

Principe de fabrication s'apparentant à la fabrication de panneaux de particules et de fibres, faisant appel à des machineries spécifiques lourdes et des investissements considérables.

#### Usages

**PSL**: Poutres préfabriquées de fortes sections, poteaux, linteaux, etc.

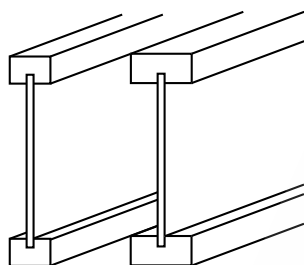
**LSL**: Plateaux larges d'une épaisseur variable (30 à 140 mm) essentiellement utilisés comme panneaux autoportants à plat.

### 3.9.3. POUTRES COMPOSITES

#### Description

Poutres dont la section est composée de membrures de bois massif ou de matériaux dérivés du bois et dont l'âme peut être en panneau, dérivés du bois ou en métal. La liaison entre les membrures et l'âme est assurée par un assemblage mécanique ou par collage.

Les membrures peuvent être réalisées en résineux massif, contrecollé, lamellé-collé, lamibois. Les âmes sont, quant à elles, le plus souvent réalisées en OSB, mais aussi en contreplaqué, en panneau de fibres à haute performance ou en tôle métallique.



Poutre en I

#### Dimensions courantes

Largeur : 60 à 120 mm  
Hauteur : 200 à 500 mm  
Longueur : 5 à 12 m

#### Principe de fabrication

- Aboutage des bois massifs
- Profilage des membrures
- Découpe des panneaux d'âmes
- Profilages des bords de panneaux
- Encollage des rainures ou vissage, clouage dans le cas de liaisons mécaniques
- Insertion des âmes et pressage
- Stockage d'attente pour la polymérisation

#### Usages

Solivages, pannes ou chevrons de couverture, poteaux d'ossature bois pour une plus grande épaisseur d'isolation, petites fermes et portiques.

### Lectures complémentaires

- [1] J. C. F. WALKER. *Primary Wood Processing – principles and practice*. Dordrecht: Springer, 2006, 596p.
- [2] R. SHMULSKY, P. DAVID JONES. *Forest Product & Wood Science – an introduction (sixth edition)*. Wiley – Blackwell, Oxford, 2011, 477 p.
- [3] CTBA. *Applications Bois Construction : Assemblages Bois et dérivés Conception système*. 2007.
- [4] S. KICKKEN. *Vademecum Plaatmaterialen: Houtachtige en andere plaatmaterialen voor de bouw*.
- [5] S. CHARRON, G. DEKENS, Y. MARTIN. *Les panneaux de bois et leurs applications*. CSTC – Contact n°23, 3 – 2009.
- [6] STS 04.1 *Bois et panneaux à base de bois : Bois de structure*. SPF Economie, PME, Classes moyennes et Énergie. 2008.
- [7] STS 04.4 *Bois et panneaux à base de bois : Panneaux dérivés du bois*. SPF Economie, PME, Classes moyennes et Énergie. 2009.

### Les normes

Pour la Belgique : Le Bureau de Normalisation ([www.nbn.be](http://www.nbn.be)), HoutInfoBois ([www.houtinfo Bois.be](http://www.houtinfo Bois.be)) l'Antenne Normes Bois du CTIB ([www.ctib-tchn.be](http://www.ctib-tchn.be)).

Pour la France : [www.afnor.org](http://www.afnor.org), le CSTB pour le secteur de la construction et le FCBA pour le bois en particulier.

# 4

## CONCEPTION DES OUVRAGES EN BOIS

<b>4.1.</b>	<b>QUATRE SYSTÈMES CONSTRUCTIFS</b>	<b>1/32</b>
4.1.1.	Ossature bois	2
4.1.2.	Poteaux-poutres	10
4.1.3.	Panneaux de bois massifs	17
4.1.4.	Construction en bois empilés	24
4.1.5.	Comparatif des 4 systèmes constructifs	31
<b>4.2.</b>	<b>LE BOIS EN REVÊTEMENTS DE SOL</b>	<b>1/12</b>
4.2.1.	Définitions	1
4.2.2.	Trois familles : massifs, semi-massifs, stratifiés	2
4.2.3.	La pose du revêtement de sol	4
4.2.4.	La finition et l'entretien des revêtements de sol	7
4.2.5.	Cas particuliers	9
	– Le chauffage par le sol	9
	– L'utilisation du bois en salle de bains	11
<b>4.3.</b>	<b>REVÊTEMENTS DE FAÇADE EN BOIS : CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE</b>	<b>1/12</b>
4.3.1.	Forme, agencement et dimensions des lames	1
4.3.2.	Espèces, qualité et humidité du bois	2
4.3.3.	Fixation du bardage (clous, vis, rivets)	3
4.3.4.	Exigences techniques et réglementaires applicables aux bardages en bois	4
	– Isolation thermique	4
	– Sécurité incendie	4
4.3.5.	Protection contre l'humidité : drainage et ventilation de la lame d'air	5
	– Lamé d'air	5
	– Pare-pluie (membrane d'étanchéité)	5
4.3.6.	Traitements de protection	6
	– Traitements de préservation	6
	– Traitements de finition	7
	– Le grisaillement du bois	7
4.3.7.	Mise en œuvre des bardages	8
	– Lattes de fixation	8
	– Pare-pluie	8
	– Lames	9
4.3.8.	Détails de mise en œuvre : à titre d'exemple...	9
	– Protection du bois de bout	9
	– Raccord avec la toiture	10
	– Raccord avec une menuiserie encastrée dans la façade	10
	– Éléments rapportés	11
4.3.9.	Finition intérieure	12
4.3.10.	Stockage	12

<b>4.4.</b>	<b>AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS : LES TERRASSES EN BOIS</b>	<b>1/18</b>
4.4.1.	Durabilité et classes d'emploi	1
4.4.2.	Composants	7
	– Les supports de la terrasse	7
	– Le solivage	7
	– Le lambourdage	7
	– Les lames de platelage	8
4.4.3.	Conception et mise en œuvre	9
	– Réalisation du solivage	9
	– Réalisation du platelage	10
	– Terrasses sur supports plans	17

## 4.1. QUATRE SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

Auteur : Laurence Vandormael – Brouae.be

Ce chapitre présente les 4 systèmes constructifs utilisés classiquement dans la construction bois : l'ossature bois, le système poteaux-poutres, le système en panneaux de bois massifs et la construction en madriers.

L'exposé des différentes méthodes de construction suit le schéma suivant : le choix du matériel, le dimensionnement, les points forts et les points faibles du système, la structure et les différentes écoles, l'isolation et la gestion des ponts thermiques, l'étanchéité à l'air, le passage des techniques, le comportement au feu et finalement des détails choisis.

Les détails évoqués à la fin de chaque système sont élaborés dans le souci de présenter une mise en œuvre actuelle qui tient compte des différents paramètres intervenant dans la conception : la stabilité, l'isolation, l'étanchéité à l'eau, l'étanchéité à l'air.

Dans la réalité, il existe bien d'autres manières de mettre en œuvre une construction bois ; il s'agit donc ici d'une solution parmi d'autres.
















Les exemples choisis illustrent, pour chacun des 4 systèmes constructifs abordés, la mise en œuvre de 4 raccords « types » : raccord sol/mur et ancrage du premier niveau de structure, raccord mur/plancher, raccord mur/toiture et raccord mur/mur.

La mise en œuvre de ces détails peut, en fonction des nécessités du projet être amenée à évoluer : épaisseur de la paroi, choix d'une finition extérieure différente, nouveau matériau, etc.

Les composantes du détail sont divisées en 3 catégories : la structure, l'isolation, l'étanchéité (à l'air et à l'eau) et ce afin d'identifier le rôle de chacune d'elles.

Chaque détail est complété par sa thermographie afin de mettre en évidence le rôle de tous les éléments dans la continuité de l'isolation. En effet, on ne saurait tolérer de pont thermique car celui-ci engendrerait de la condensation en surface des parois ou à l'intérieur de la structure.

La légende ci-dessous est appliquée pour chaque cas présenté :

	Se réfère à un élément de structure		Membrane d'étanchéité à l'eau et si nécessaire aux UV (hors sol)
	Bois pouvant être : de section commerciale, panneau, profilé		Membrane d'étanchéité à l'air
	Se réfère à un matériau isolant		Membrane de confinement
	<i>Matériau d'origine renouvelable :</i>		Membrane visqueen
	Isolant projeté pour sol		Membrane d'étanchéité collée (bitumineuse ou élastomère)
	Isolant en panneau insensible à l'humidité		Membrane drainante contre terre
	Isolant rigide incompressible pour coupure thermique		
	<i>Matériau pouvant être d'origine renouvelable :</i>		
	Isolant en panneaux souples ou insufflé		
	Isolant en panneaux rigides		
	Se réfère à un élément participant à l'étanchéité		

### 4.1.1. OSSATURE BOIS

Une construction à ossature en bois comprend une paroi portante formée de montants verticaux et de traverses horizontales contreventée par un panneau-tage. Les montants de la structure des parois reprennent les descentes de charges verticales des planchers et de la toiture, le voile panneauté apporte une résistance aux efforts horizontaux, notamment dus à la poussée du vent.

#### Quel bois utiliser ?

Les montants de structure sont en résineux divers tels que l'épicéa, le pin sylvestre, le douglas et le mélèze. Pour les panneaux de contreventement, on utilise en Belgique des panneaux de particules, multiplis ou de fibres de bois dont la composition est adaptée à la reprise d'efforts transversaux. Attention, tous les panneaux n'ont pas les propriétés mécaniques suffisantes au contreventement.

#### Quel dimensionnement ?

Le calcul de l'ossature doit toujours être validé par un ingénieur en stabilité. Pour un bâtiment de 2 niveaux sous toiture, on prévoit généralement des montants d'une section de minimum 38 x 138 mm, avec entre axe courant de 40 à 60 cm. Pour les gîtes de planchers, on rencontre généralement des sections de 38 x 225 mm.

En toiture, les chevrons sont classiquement d'une section de 38 x 225 mm. Dans l'optique d'une isolation renforcée ces sections sont souvent augmentées afin d'intégrer une épaisseur d'isolation plus importante. Afin de limiter le pont thermique au droit des montants et chevrons, on peut utiliser des profils composites à âme mince (panneau OSB par exemple) et ailes en bois massif ou lamellé-collé.

#### Les points forts du système ?

- La préfabrication en éléments transportables engendre un gain de temps considérable et une qualité de travail supérieure grâce à l'assemblage ou la préparation en atelier.
- Facilité de manutention et souplesse d'adaptation sur chantier.

- Fondations plus économiques grâce à la légèreté de la construction – envisageable sur tout type de terrain, limitation de l'influence du tassement sur les bâtiments voisins.
- Faible encombrement du complexe total grâce à l'intégration de la couche isolante dans la structure, gain de surface au sol.
- Possibilité de paroi perspirante (voir aussi le chapitre « aspects énergétiques »).
- Pose d'un isolant complémentaire sur la face intérieure et/ou extérieure possible.

#### Les points faibles du système ?

- Très bonne conception acoustique requise, notamment dans des bâtiments multi-logements.
- Faible inertie de la construction si elle est totalement réalisée en ossature sans complètement massif.
- Limitation dans le nombre de niveaux construits : 3 niveaux (R+3) en ossature, 5 niveaux avec renforcement par des poteaux.

#### La structure

Comme écrit ci-avant, il est recommandé d'avoir recours à un ingénieur en stabilité qui dimensionnera le bâtiment en fonction de son architecture, du terrain, de ses contraintes, ...

Les points importants de ce système constructif sont :

- l'ancrage de l'ossature à la fondation via la lisse basse, de même que les assemblages entre éléments sont des points qui requièrent la plus grande attention lors de la mise en œuvre, non seulement afin de garantir la stabilité mais aussi de prévenir d'éventuels désordres indésirables comme fissures, tensions et bruits dans les structures,
- les charges admissibles dépendent non seulement des sections de bois mais aussi de l'essence du bois, et donc de sa résistance mécanique,



- pour les constructions à étages, il faudra veiller particulièrement à la résistance en compression des lisses horizontales (bois plus dense par exemple), afin de limiter les tassements,
- possibilité de transformation ultérieure sans trop de contraintes intérieures ou extérieures,
- possibilité de recourir uniquement à des sections de bois commerciales courantes,
- facilité de mise en œuvre qui ne dispense pas d'une réalisation précise, une base d'équerre constituant un précieux point de départ.

#### Les différentes écoles

La pose du panneau de contreventement sur la face intérieure ou extérieure de l'ossature détermine comment peut être réalisée l'étanchéité à l'air mais aussi la manière dont s'effectuera le transfert de vapeur au travers des parois.

En effet, la pose côté intérieur du contreventement peut assurer la fonction de frein-vapeur. Dans ce cas, la face externe de l'ossature est fermée par un pare-pluie ou un panneau isolant qui sera ouvert à la diffusion de vapeur. C'est le système le plus rencontré actuellement.

Dans le cas de la pose du contreventement à l'extérieur de l'ossature, il est indispensable de placer un pare-vapeur côté intérieur. Dans ce cas, on parle plutôt de parois fermées à la diffusion de vapeur. La perfection est d'autant plus requise dans ce scénario que toute traversée de vapeur d'eau peut affecter la bonne tenue de la paroi. Une attention toute particulière est à prévoir pour les pièces d'eau. Le blower-door test permettra de détecter les imperfections de l'enveloppe.

#### L'isolation d'une ossature bois – gestion des ponts thermiques

L'avantage majeur de l'ossature bois est de pouvoir loger une isolation dans l'épaisseur de la structure, ce qui offre au minimum une épaisseur de 14 cm d'isolant. Dans le calcul thermique, il est important de ne pas oublier de prendre en compte la proportion de montants dans les coefficients d'isolation de la paroi.

Dans la plupart des cas, une isolation complémentaire est prévue, laquelle a notamment pour fonction de diminuer les ponts thermiques au droit des montants. A l'échelle des exigences thermiques actuelles, il n'est pas permis de considérer que le bois puisse avoir une fonction isolante. C'est pourquoi on s'assurera de la continuité isolante devant l'ensemble des montants verticaux et lisses horizontales de l'ossature.

L'isolation complémentaire peut se présenter sous plusieurs formes :

- panneau isolant mince (type panneau pare-pluie à base de fibres de bois) posé sur la face externe de la structure,
- panneau isolant épais (type panneau de fibres de bois ou synthétique à enduire ou en complément avec la pose du pare-pluie, voire même combiné à ce dernier) posé sur la face externe de la structure,
- doublage intérieur de la structure avec un panneau isolant, éventuellement doublé d'une finition,
- doublage intérieur de la structure au moyen d'un contre-lattage et d'un complément isolant. C'est la situation la plus courante qui offre l'avantage de permettre le passage des techniques sans risque de percer le pare-vapeur placé dans ce cas entre les 2 couches isolantes,
- une disposition mixte de complément isolant par l'intérieur et l'extérieur.

Cette polyvalence de la pose de l'isolation fait de la structure à ossature bois un choix privilégié pour des maisons au label passif ou très basse énergie.



### L'étanchéité à l'air d'une ossature bois

L'étanchéité à l'air du bâtiment est une composante essentielle assurant à la fois sa performance thermique et la pérennité de sa structure.

Dans le premier cas, l'ensemble des raccords entre parois, sols, planchers, ouvertures ou autres pénétrations est assuré de manière étanche afin qu'il n'y ait pas de fuite d'air possible par les imperfections de l'enveloppe. La mise en œuvre de ces différents points peut être vérifiée au moyen d'un blower-door test appelé aussi test de pressurisation du bâtiment.

Dans le second cas, on s'assure que chaque paroi est étanche, c'est à dire qu'il n'y a pas de fuite d'air au travers d'une paroi. Il s'agit d'un facteur essentiel qui permettra de garantir un comportement sain de la paroi, principalement en évitant que tout passage d'air n'entraîne une trop grande quantité de vapeur d'eau au travers de la paroi, au risque de provoquer de la condensation interne au sein du complexe isolant. Ces points sont également abordés au chapitre 5 « Aspects énergétiques ».

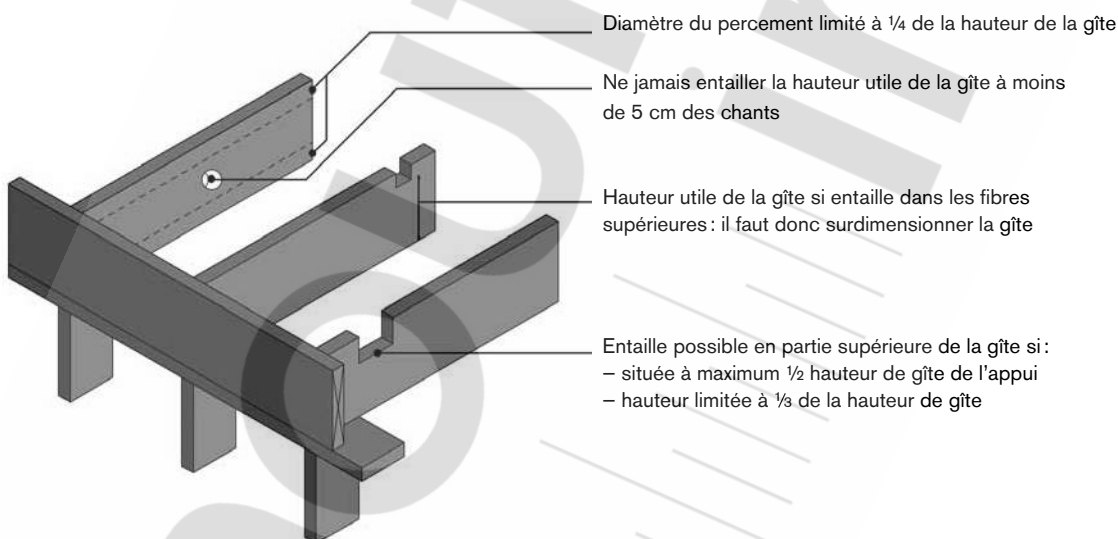
Afin d'assurer la continuité parfaite de la membrane étanche, des lés en attente seront posés sur les éléments de structure qui pourraient constituer un obstacle par la suite : pannes de toiture, appui périphérique des planchers, ouvertures de baies, etc. Ceux-ci seront collés, avec recouvrement.

### Le passage des techniques

Comme évoqué plus haut, le passage au travers du pare-vapeur est à proscrire, ce qui nécessite d'autres dispositions comme :

- privilégier la pose des appareils (électriques ou de chauffage) sur les parois intérieures,
- prévoir des coulisses techniques, éventuellement isolées, pour les passages en façade et toiture, sur la face intérieure du pare-vapeur,
- prévoir autant que possible les alimentations techniques uniquement au sein d'un même volume chauffé afin d'éviter les fuites d'air par les gaines provenant de l'extérieur (problème fréquent de l'étanchéité à l'air et des pertes au droit des blochets ou des sorties de radiateurs).

Outre les implications au niveau de l'étanchéité à l'air, il importe également d'être conscient que l'on ne peut pas pratiquer n'importe quel percement dans les montants ou les gîtages, au risque de mettre en péril la stabilité de la structure.





### **Le comportement au feu d'une ossature bois**

Une des craintes récurrentes des candidats bâtisseurs est le comportement au feu des constructions en bois.

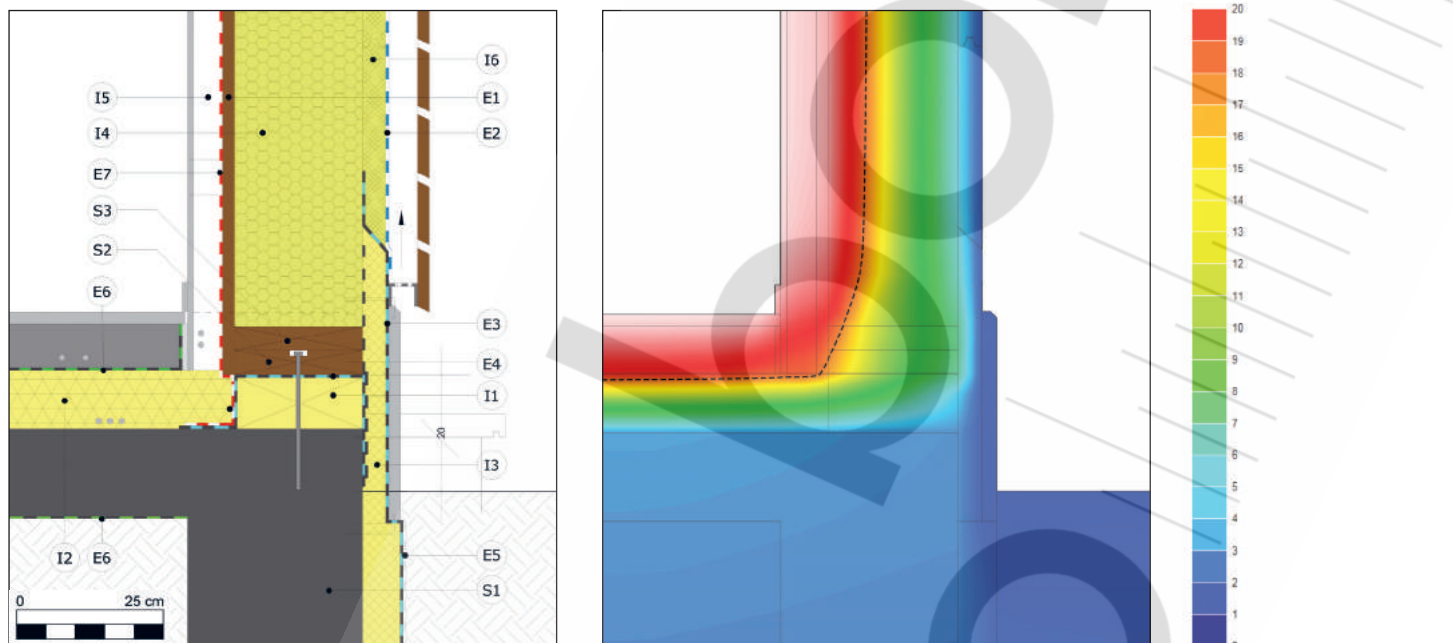
Il est important de savoir qu'il n'y a pas de règle en ce qui concerne les habitations unifamiliales. Par contre pour les bâtiments multi-étages ou d'une autre destination, il y a lieu de se référer à la législation spécifique.

Certaines idées reçues méritent des éclaircissements :

- il n'y a pas plus de risque de démarrage d'un incendie dans un bâtiment en bois que dans un autre bâtiment : le risque est lié à la source et non à la structure elle-même.
- le bois dégage une quantité de chaleur lorsqu'il brûle, mais pour cela il faut qu'il soit apparent. Le contenu de l'habitation est plus enclin à prendre feu que la structure bois qui est généralement recouverte d'un panneau de finition résistant au feu. De plus, la quantité de chaleur dégagée lors d'un incendie engendre un comportement de rupture plus rapide pour le béton et l'acier que pour le bois,

- la résistance au feu, qui concerne les éléments de structure, peut être assurée soit par un recouvrement des éléments au moyen d'un matériau présentant la résistance requise, soit être assurée par un surdimensionnement des sections utilisées (0,7 mm/minute pour les feuillus et lamellé-collé, 0,8mm/minute pour les résineux massifs). En effet, la couche de bois carbonisé agit comme un retardateur à la combustion d'une pièce de bois et augmente la résistance des éléments exposés au feu.

## Détails technique : coupe verticale dans le pied de façade – Avec escalier



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Lisse basse en bois sur laquelle sera posé le cadre d'ossature. Fixée par ancrage dans la dalle de béton. La lisse est soit traitée en autoclave (traitement classe A4), soit le bois dont elle est constituée est de classe durabilité naturelle 1 et purgé d'aubier.
- S3 Cadre d'ossature portant fixé à la lisse basse.

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air et à la vapeur d'eau. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'exécède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E7).
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de façade et rejetant les eaux de ruissellement de façade vers l'extérieur.
- E4 Étanchéité à l'eau et à l'air. Membrane soudée à la fois sur la dalle et sur l'isolant extérieur.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).
- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascendante ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.

E7 Membrane assurant l'étanchéité à l'air de la paroi. Cette membrane est facultative si l'étanchéité à l'air ne peut être garantie par le panneau E1. La membrane peut être perméable à la vapeur d'eau. Dans ce cas, le panneau E1 devra assurer la fonction de frein ou pare-vapeur. Dans le cas contraire, la membrane devra assurer cette fonction (voir chap. 5 point 5.1.1 Le transfert de vapeur).

### Isolation

- I1 Coupure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation par l'extérieur de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Isolation de la dalle de sol: le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelable de type synthétique, ou renouvelable de type liège ou fibre de bois comprimée, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfuies dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électrique uniquement).
- I3 Isolation (résistante à l'humidité) de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction d'éviter les déperditions liées à l'effet de bord de dalle. Il participe également à la continuité de l'isolation entre la dalle de sol et l'isolation verticale.
- I4 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité

supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.

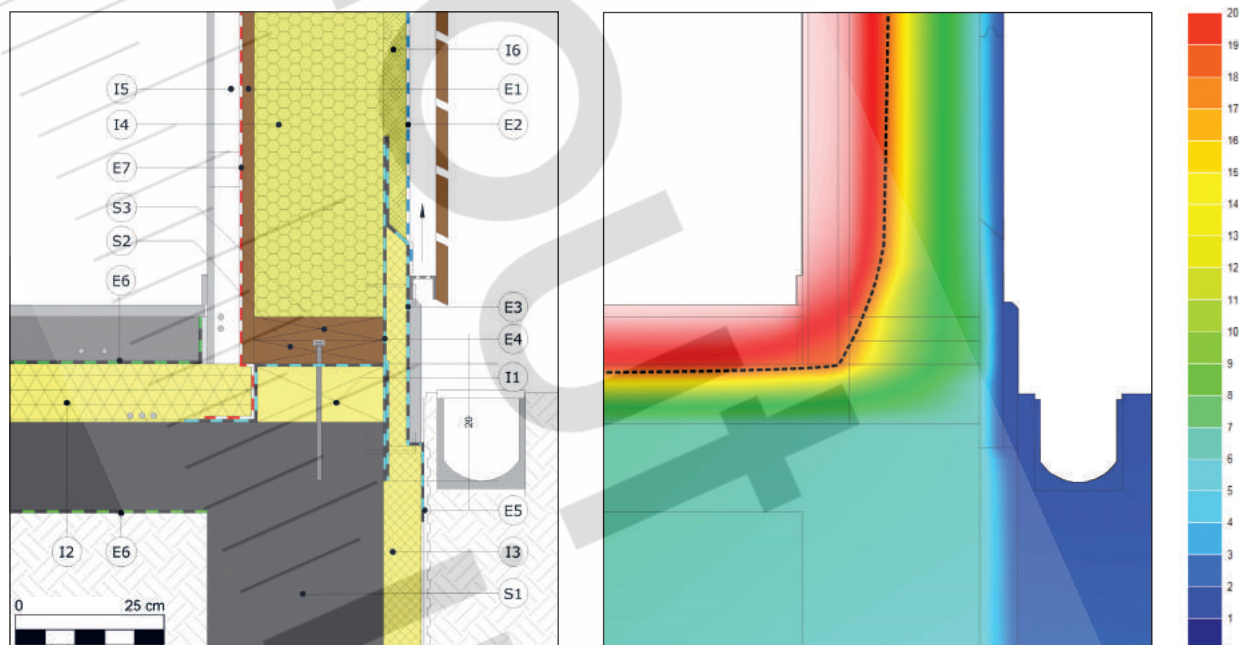
- I5 Coulisse technique: la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit de l'ossature principale, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la paroi.
- I6 Fermeture extérieure de la structure. Elle peut être réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des  $14^\circ$ . Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détails technique : coupe verticale dans le pied de façade – Mobilité réduite



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Lisse basse en bois sur laquelle sera posé le cadre d'ossature. Fixée par ancrage dans la dalle de béton. La lisse est soit traitée en autoclave (traitement classe A4), soit le bois dont elle est constituée est de classe durabilité naturelle 1 et purgé d'aubier.
- S3 Cadre d'ossature portant fixé à la lisse basse.

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^2/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E7).
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de façade et rejetant les eaux de ruissellement de façade vers l'extérieur.
- E4 Étanchéité à l'eau et à l'air. Membrane soudée à la fois sur la dalle et sur l'isolant extérieur.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).
- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascendante ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.

E7 Membrane assurant l'étanchéité à l'air de la paroi. Cette membrane est facultative si l'étanchéité à l'air ne peut être garantie par le panneau E1. La membrane peut être perméable à la vapeur d'eau. Dans ce cas, le panneau E1 devra assurer la fonction de frein ou pare-vapeur. Dans le cas contraire, la membrane devra assurer cette fonction (voir chap. 5 point 5.1.1 Le transfert de vapeur).

### Isolation

- I1 Coupure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation par l'extérieur de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Isolation de la dalle de sol: le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelable de type synthétique, ou renouvelable de type liège ou fibre de bois comprimée, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfuies dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électrique uniquement).
- I3 Isolation (résistante à l'humidité) de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction d'éviter les déperditions liées à l'effet de bord de dalle. Il participe également à la continuité de l'isolation entre la dalle de sol et l'isolation verticale.
- I4 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité

- supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I5 Coulisse technique: la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit de l'ossature principale, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité,...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'eau et à la vapeur de la paroi
- I6 Fermeture extérieure de la structure. Elle peut être réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

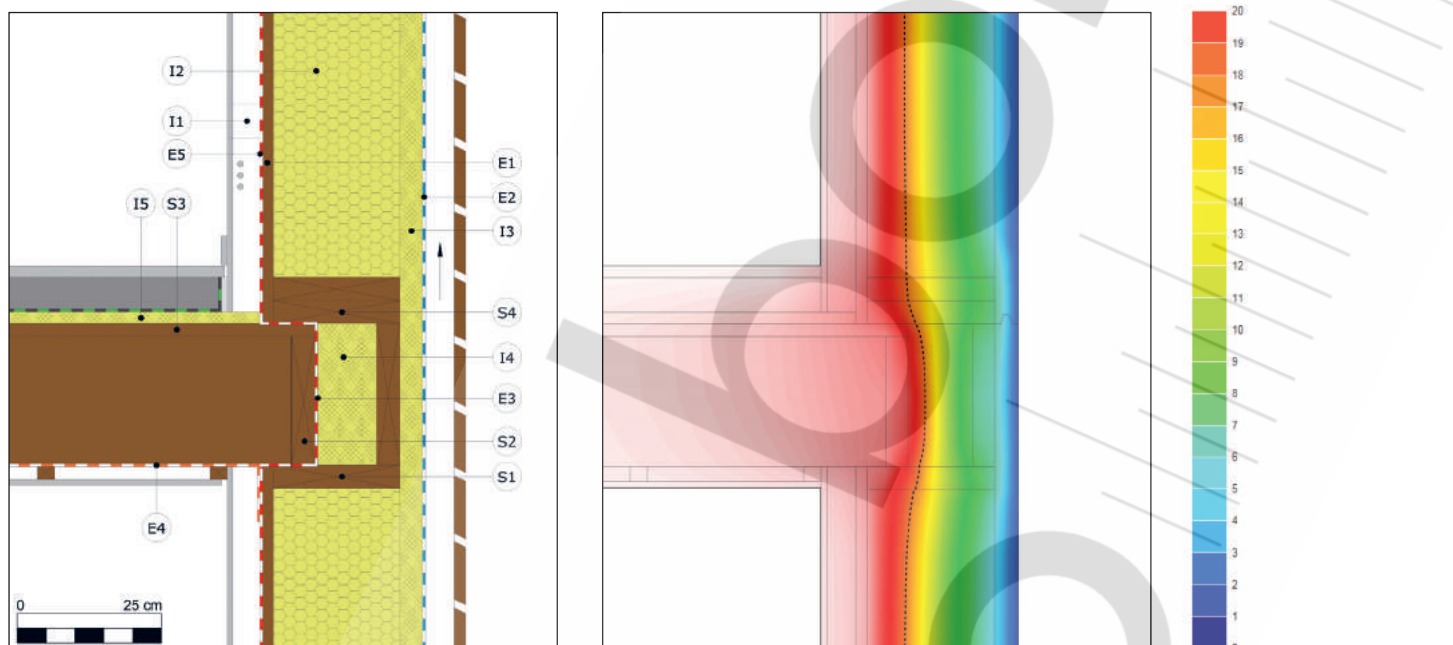
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des  $14^\circ$ . Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le raccord paroi extérieure / plancher



### Structure

- S1 Lisse supérieure du cadre de l'ossature du rez-de-chaussée.
- S2 Gîte périphérique du plancher posée sur le cadre de l'ossature (construction selon le système platform-frame). Il est également envisageable de poser la lisse périphérique du plancher sur la face intérieure du cadre de l'ossature (construction selon le système balloon-frame).
- S3 Panneau structural bois constituant le plancher. Celui-ci est vissé à l'ensemble des gîtes et forme ainsi un diaphragme rigide.
- S4 Lisse inférieure du cadre de l'ossature de l'étage.

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air et la vapeur d'eau. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E5).
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau : membrane à poser durant le montage de l'ossature, afin d'assurer la continuité de l'étanchéité à l'air avec les panneaux de bois posés sur la face intérieure de l'ossature ou avec la membrane E5 et d'éviter la condensation interne dans l'isolation I4 et I2.

- E4 Membrane de confinement indispensable si l'isolation (acoustique) entre les gîtes du plancher est réalisée par flocage de cellulose.
- E5 Membrane assurant l'étanchéité à l'air de la paroi facultative si cette performance ne peut être garantie par le panneau E1. Elle peut être perméable à la vapeur d'eau. Dans ce cas, le panneau E1 devra assurer la fonction de frein ou pare-vapeur. Dans le cas contraire, cette membrane devra assurer cette fonction (voir chap. 5 point 5.1.1 Le transfert de vapeur).

### Isolation

- I1 Coulisserie technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit de l'ossature principale, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisserie a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau ou la membrane assurant l'étanchéité à l'eau et à la vapeur de la paroi
- I2 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I3 Fermeture extérieure de la structure. Elle peut être réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

- I4 Isolation au droit du plancher : panneau isolant complémentaire destiné à assurer une isolation suffisante au droit du plancher.
- I5 Isolation acoustique de type panneau de fibres de bois, par exemple. Cet isolant réduira les bruits d'impacts sous la chape flottante. Son placement est également conseillé sous un revêtement de type plancher en bois (sans chape de ciment).

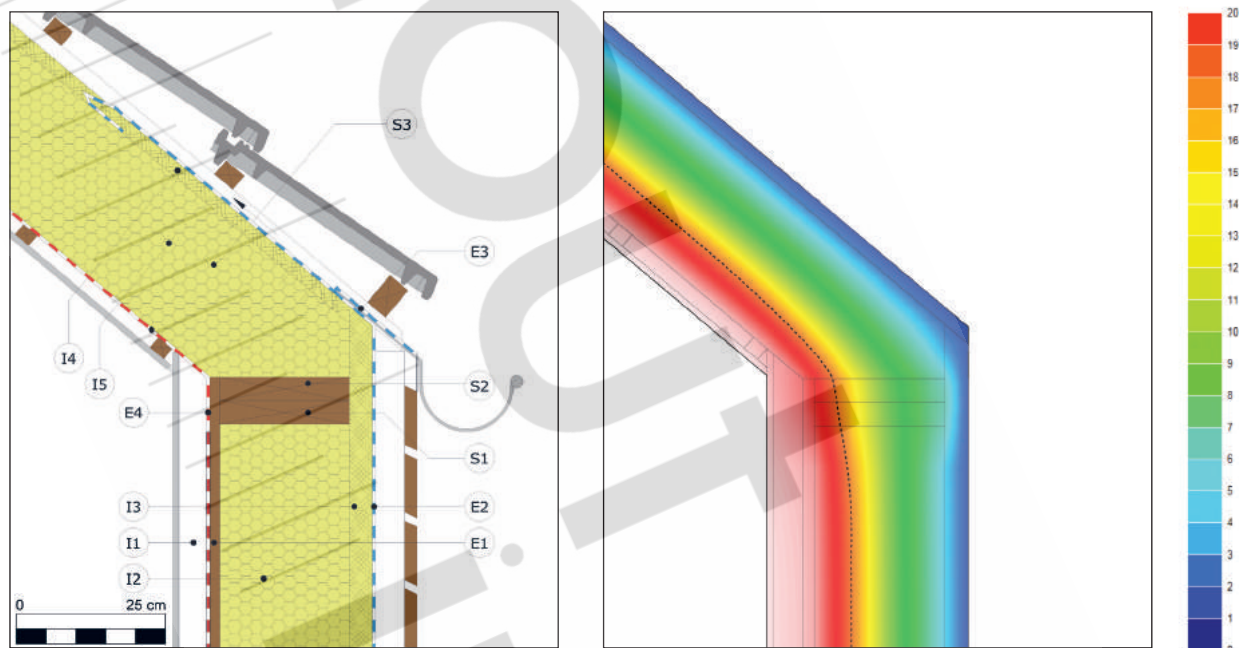
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des  $14^\circ$ . Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le pied de toiture



### Structure

- S1 Lisse supérieure du cadre de l'ossature de la paroi verticale.
- S2 Sablière posée sur le cadre de l'ossature. Elle recevra les chevrons de toiture.
- S3 Chevrons de toiture. Posés à intervalles réguliers, ils peuvent être autoportants ou appuyés sur des pannes et la faîte.

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^2/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E4).
- E2 Membrane assurant l'étanchéité aux U.V., protégeant le panneau sous-jacent. Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de toiture et rejetant les eaux éventuelles dans la gouttière vers l'extérieur.
- E4 Étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau. Membrane pare-vapeur ou frein-vapeur placée sur le côté chaud de l'isolant. Elle doit être continue avec l'étanchéité à l'air des parois. Un vide technique est conseillé pour le passage des câblages (électricité). En aucun cas, cette membrane ne peut être percée. Tout percement (cheminée, par exemple) devra être parfaitement étanche à l'air et à la vapeur d'eau.

### Isolation

- I1 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit de l'ossature principale, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la paroi.
- I2 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I3 Fermeture extérieure de la structure. Elle peut être réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...
- I4 Sous-toiture isolante : le plus souvent réalisée avec un panneau isolant hydrofuge. Il est important de bien ventiler ce panneau afin d'éviter les surchauffes en toiture. Un espace de 5 cm minimum est recommandé entre le panneau et le matériau de couverture. Le premier panneau, en pied de toiture, est recouvert d'une membrane de pare-pluie (E3) afin d'assurer le rejet d'eau éventuelle dans la gouttière. La continuité thermique est assurée par la jonction entre ce panneau et le panneau de façade (I3).

- I5 Isolation de la toiture : elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de panneaux souples. Les matériaux d'origine renouvelable (fibres de bois et cellulose) offrent un confort d'été (limitation de la surchauffe) supérieur grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.

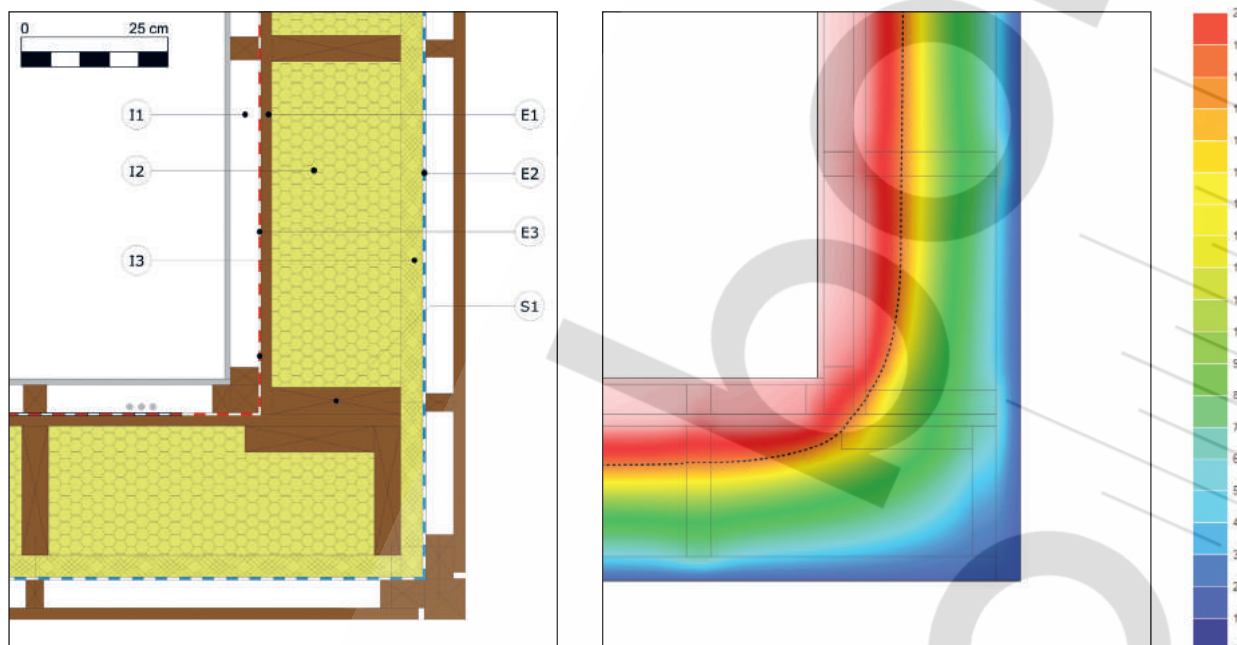
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou frein-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe horizontale à l'angle de 2 murs



### Structure

S1 Montant du cadre de la structure portante.

### Étanchéité

E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E3).

E2 Membrane assurant l'étanchéité aux U.V., protégeant le panneau sous-jacent. Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.

E3 Membrane assurant l'étanchéité à l'air de la paroi facultative si celle-ci ne peut être garantie par le panneau E1. Elle peut être perméable à la vapeur d'eau. Dans ce cas, le panneau E1 devra assurer la fonction de frein ou pare-vapeur. Dans le cas contraire, cette membrane devra assurer cette fonction (voir chap. 5 point 5.1.1 Le transfert de vapeur).

### Isolation

I1 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit de l'ossature principale, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la paroi

I2 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres ou flocons, ou via la pose de matelas souples d'isolant. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.

I3 Fermeture extérieure de la structure. Elle peut être réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des  $14^\circ$ . Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## 4.1.2. POTEAUX-POUTRES



Une construction poteaux-poutres est constituée d'une structure primaire de poteaux verticaux et de poutres horizontales organisée en large trame régulière et stabilisée par des éléments de contreventement. Elle est complétée par une structure secondaire qui intègre les planchers. Les murs intérieurs et extérieurs ne sont pas porteurs et sont placés librement.

### Quel bois utiliser ?

Pour les éléments de la structure primaire devant reprendre de grandes portées, il s'agit le plus souvent de :

- bois lamellé-collé,
- de bois massif ou reconstitué à partir de résineux tels que l'épicéa, le douglas, le pin sylvestre, le mélèze.

Les contreventements sont assurés par des éléments de bois massif ou contre-collé ou des éléments métalliques (feuillards, tirants, ...)

Le rôle et la qualité des assemblages sont prépondérants. Ceux-ci sont dans la majorité des cas métalliques et plus rarement en bois.

Les éléments de la structure secondaire sont constitués :

- soit d'éléments de bois sur mesure,
- soit d'éléments préfabriqués.

### Quel dimensionnement ?

Le dimensionnement des sections est lié à la trame choisie pour combler l'espace entre deux poteaux et aux contraintes qu'elle reçoit. La trame est choisie librement, on aura toutefois avantage à choisir des multiples de dimension des panneaux commerciaux permettant les fermetures de façade, à savoir 625mm. C'est pour cette raison que l'on retrouve souvent des trames de 1m25, 2m50, 6m25, 7m50. Un autre facteur de dimensionnement est également la résistance au flambement pour les poteaux.

### Les points forts du système ?

- La souplesse dans l'aménagement intérieur des espaces.
- La possibilité d'ouvrir largement les façades, celles-ci étant non-porteuses.
- La possibilité de construire des bâtiments de plusieurs niveaux et de grandes dimensions particulièrement bien adaptés aux commandes publiques ou émanant du secteur industriels.
- La possibilité de préfabrication des parois verticales, planchers et éléments de toiture suivant une trame connue.
- La possibilité d'auto construction pour le remplissage des façades extérieures.

### Les points faibles du système ?

- Economie du système liée à l'échelle du bâtiment et donc moins ressentie pour les petits programmes.
- Etude globale à envisager dès l'esquisse.
- Choix de la structure à réaliser avec attention afin de garantir une bonne continuité thermique et une étanchéité à l'air optimale.
- Intégration des gaines de diamètre important.
- Possibilités réduites de préfabrication en atelier.

### La structure

Comme énoncé ci-avant, il est conseillé d'avoir recours à un ingénieur en stabilité qui dimensionnera le bâtiment en fonction de son architecture, du terrain, de ses contraintes, ... mais surtout du type de composition et d'assemblage qui sera prévu et donc des caractéristiques propres au système choisi (voir ci-dessous les différents systèmes).

Le principe structurel est tel que les charges des planchers et de la toiture (structure secondaire) sont transmises via les poutres aux poteaux (structure primaire) qui les distribuent à leur tour aux fondations.

Les efforts horizontaux dus principalement au vent sont repris par les contreventements. Ce sont les planchers et les toitures qui stabilisent la structure dans le sens horizontal. Les efforts sont ensuite redistribués aux poteaux via les contreventements verticaux.

Les contreventements horizontaux sont constitués indifféremment de feuillards, de diagonales en acier plat, de panneaux dérivés du bois. Pour les contreventements verticaux ce sont les croix de Saint-André, diagonales en bois massif, panneaux en dérivés du bois et autres parties massives de la construction qui assurent cette fonction.

La complexité de la structure aura une influence certaine sur son coût, qui est essentiellement dû à la réalisation des nœuds d'assemblage.

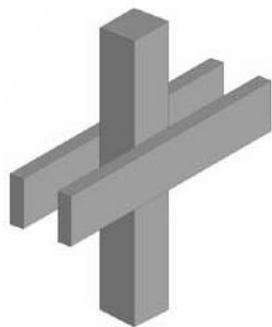
## Les différents systèmes constructifs en poteaux-poutres

En poteaux-poutres, le système d'assemblage des éléments définit largement le parti architectural et les possibilités de reprise des charges. Il est donc recommandé de réaliser un pré-dimensionnement en début de projet afin de guider celui-ci vers l'un ou l'autre système constructif.

On distingue 5 types de structure poteaux-poutres :

→ poteau simple et poutres dédoublées.

La structure secondaire du plancher se dépose sur les poutres engendrant une importante hauteur. Le prolongement des poutres moisées est nécessaire à l'assemblage et peut poser problème au niveau de son raccord avec l'enveloppe,



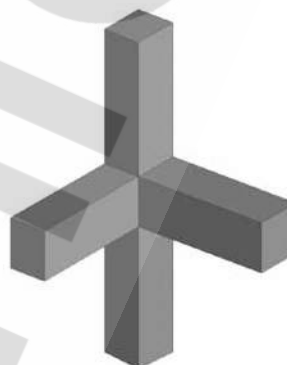
→ poutre appuyée sur un poteau.

Système de construction réservé à des bâtiments d'un seul niveau. Le gîtage peut également se loger dans la hauteur des poutres,



→ poutre en appui contre le poteau.

Dans ce système, les poteaux sont continus et les poutres viennent s'assembler sur les 4 côtés du poteau, à une hauteur choisie, pouvant être variable. Il n'y a pas d'assemblage débordant ce qui induit une grande sécurité dans la fermeture de l'enveloppe,



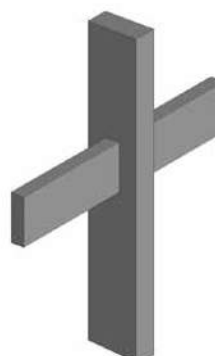
→ poutre simple et poteaux dédoublés.

La structure du plancher peut être intégrée à l'épaisseur des poutres, limitant, en hauteur, l'encombrement de l'ensemble. A nouveau, il faudra veiller à ne pas percer l'enveloppe avec des éléments dépassants,



→ poteau à enfourchement.

Dans ce système, la poutre est continue et « enfourchée » sur des poteaux faisant la hauteur de l'étage. L'avantage majeur de cette méthode est de limiter les retraits, étant donné que les appuis se font uniquement sur des éléments en compression, ce qui permet un transfert de charges important. En outre, la jonction entre poteaux et murs s'en trouve facilitée et est souvent libérée d'assemblage métallique.





### L'isolation d'une construction en poteaux-poutres – gestion des ponts thermiques

L'isolation de ce type de bâtiment est assurée par les parois constituant l'enveloppe extérieure. Il s'agit le plus souvent d'éléments d'ossature. On peut donc se référer à ces principes de parois pour leurs compositions.

La performance isolante sera directement liée à l'épaisseur de ces parois rapportées. Il en est de même pour le système de toiture qui peut être plate, courbe ou inclinée. L'isolant se loge le plus souvent dans l'épaisseur de la structure d'habillage.

Les variantes avec un complément d'isolant rapporté sur la face intérieure et/ou extérieure sont également possibles.

On évite cependant le passage de la structure au travers des parois de l'enveloppe, afin de ne pas créer de ponts thermiques. Même si la tentation est parfois grande de placer la structure à l'extérieur en jouant avec des débordements, ceux-ci compliquent considérablement la fermeture du bâtiment notamment en terme d'étanchéité à l'air et compromettent la bonne tenue dans le temps de l'ensemble. Les éléments de balcon ou autre expression architecturale seront, de préférence, portés par une structure distincte.

### L'étanchéité à l'air d'une construction en poteaux-poutres

Le dispositif d'étanchéité à l'air suit les mêmes principes que ceux de l'enveloppe isolante. On privilégie la continuité totale de l'enveloppe étanche ce qui a pour conséquence d'intégrer totalement la structure à l'intérieur de la zone chauffée. Ce dispositif permet également d'assurer un comportement stable de la structure qui n'est dès lors pas soumise aux variations climatiques extérieures.

L'étanchéité à l'air peut également être réalisée par l'extérieur, suivant les cas.

### Le passage des techniques

Les éléments de la structure primaire ne pouvant être percés pour le passage de conduites de section importante, il est nécessaire de les placer en faux-plafond ou en faux-plancher. Pour le passage des techniques dans les murs extérieurs, on suivra les mêmes prescriptions que pour les façades en ossature bois, à savoir les placer dans une contre-cloison technique.

### Le comportement au feu d'une construction poteaux-poutres

Une des craintes récurrentes des candidats bâtisseurs est le comportement au feu des constructions en bois.

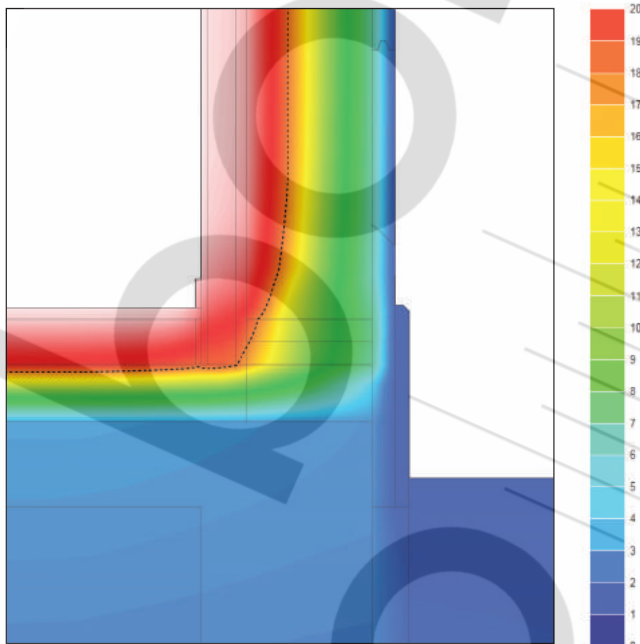
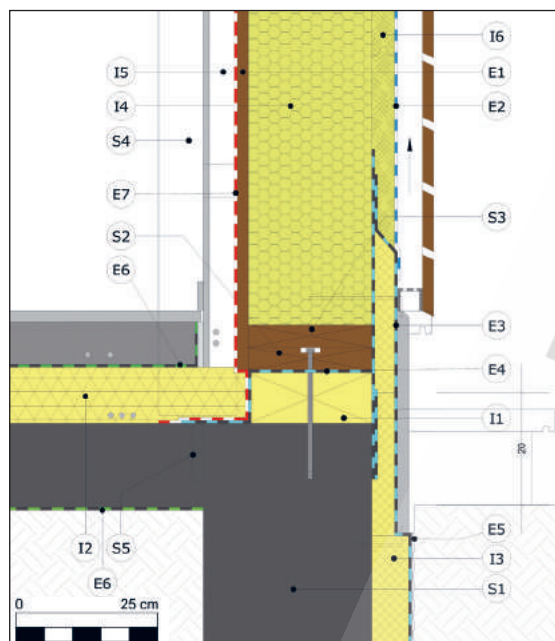
Ce type de structure étant plus couramment rencontré pour les bâtiments à plusieurs niveaux et/ou à destination publique, il y a lieu de se référer à la législation précise en la matière.

Deux approches se distinguent cependant :

- la résistance au feu, qui concerne les éléments de structure, peut être assurée par un recouvrement des éléments au moyen d'un matériau présentant la résistance requise, ce qui est rarement le cas lorsque l'on travaille avec une structure en poteaux-poutres où la structure est souvent laissée apparente. On a généralement recours à un surdimensionnement des sections utilisées. En effet, la couche de bois carbonisé agit comme un retardateur de la combustion d'une pièce de bois et permet, par conséquent, une résistance plus longue des éléments,
- dans certains pays, on privilégie le recours au sprinklage qui est déclenché de manière automatique et asperge les structures en bois.

Il est important de noter que dans ce type de structure, les assemblages, souvent métalliques, sont les éléments « faibles » car conducteurs. Ils nécessitent impérativement une protection au feu complémentaire soit par recouvrement (panneautage, plâtre ou bouchons de bois) soit par entaille dans l'épaisseur des éléments (conseillé).

## Détails technique : coupe verticale dans le pied de façade – Avec escalier



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Lisse basse en bois sur laquelle sera posé le cadre d'ossature. Fixée par ancrage dans la dalle de béton. La lisse est soit traitée en autoclave (traitement classe A4), soit le bois dont elle est constituée est de classe durabilité naturelle 1 et purgé d'aubier.
- S3 Cadre d'ossature non portante fixé sur les poteaux-poutres. La largeur des montants de l'ossature est adaptée en fonction de l'épaisseur de l'isolation prévue. Le cadre d'ossature n'est pas conçu pour recevoir des charges.
- S4 Poteau en bois de la structure portante. Il est prévu d'être mis en œuvre totalement à l'intérieur du bâtiment, afin d'assurer une parfaite continuité de l'étanchéité à l'air et une isolation optimale. Seule la coulisse technique intérieure pourra donc être interrompue.
- S5 Ancrage du poteau en bois par socle métallique encastré et tiges métalliques dans la dalle de sol (poteau bois en filigrane).

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air et à la vapeur d'eau. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E7).
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de façade et rejetant les eaux de ruissellement de façade vers l'extérieur.

- E4 Étanchéité à l'eau et à l'air. Membrane soudée sur la dalle et sur l'isolant extérieur.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).
- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascendante ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.
- E7 Étanchéité à l'air : membrane à poser durant le montage du cadre de l'ossature. Afin d'assurer une continuité de l'étanchéité à l'air entre les éléments d'ossature verticale au droit des poteaux structurels, une membrane d'étanchéité à l'air sera posée en attente sur le poteau puis fixée aux membranes d'étanchéité à l'air des panneaux verticaux après leur mise en œuvre.

### Isolation

- I1 Coupure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation par l'extérieur de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Isolation de la dalle de sol: le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelable de type liège ou fibres de bois comprimées, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfuies dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électriques uniquement).
- I3 Isolation (résistante à l'humidité) de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction

d'éviter les déperditions thermiques liées à l'effet bord de dalle. Il participe également à la continuité de l'isolation entre la dalle de sol et l'isolation verticale.

- I4 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I5 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit des montants du cadre de l'ossature principale, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des montants techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la paroi
- I6 Fermeture extérieure de la structure. Elle est réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc....

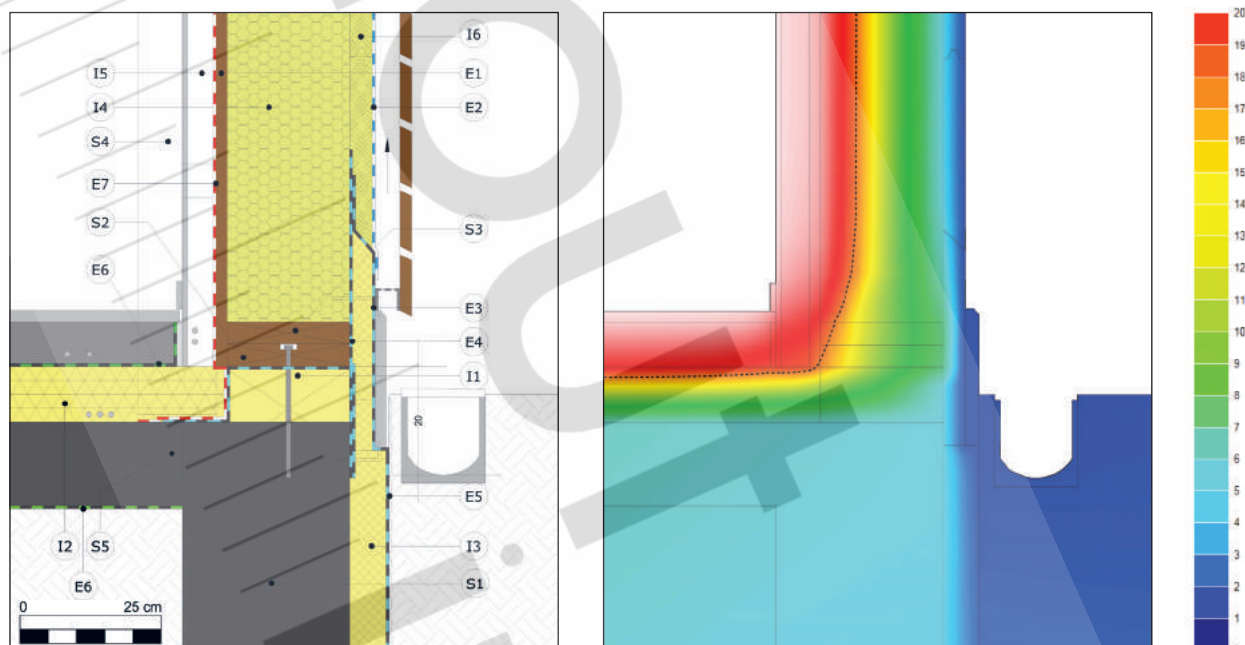
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détails technique : coupe verticale dans le pied de façade sur dalle de sol - Mobilité réduite



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Lisse basse en bois sur laquelle sera posé le cadre d'ossature. Fixée par ancrage dans la dalle de béton. La lisse est soit traitée en autoclave (traitement classe A4), soit le bois dont elle est constituée est de classe durabilité naturelle 1 et purgé d'aubier.
- S3 Cadre d'ossature non portante fixé sur les poteaux-poutres. La largeur des montants de l'ossature est adaptée en fonction de l'épaisseur de l'isolation prévue. Le cadre d'ossature n'est pas conçu pour recevoir des charges.
- S4 Poteau en bois de la structure portante. Il est prévu d'être mis en œuvre totalement à l'intérieur, afin d'assurer une parfaite continuité de l'étanchéité à l'air et une isolation optimale. Seule la coulisse technique pourra donc être interrompue.
- S5 Ancrage du poteau en bois par socle métallique encastré et tiges métalliques dans la dalle de sol (poteau bois en filigrane).

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'exécède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E7).
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de façade et rejetant les eaux de ruissellement de façade vers l'extérieur.

- E4 Étanchéité à l'eau et à l'air. Membrane soudée sur la dalle et sur l'isolant extérieur.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).
- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascensionnelle ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.
- E7 Étanchéité à l'air : membrane à poser durant le montage du cadre de l'ossature. Afin d'assurer une continuité de l'étanchéité à l'air entre les éléments d'ossature verticale au droit des poteaux structurels, une membrane d'étanchéité à l'air sera posée en attente sur le poteau puis fixée aux membranes d'étanchéité à l'air des panneaux verticaux après leur mise en œuvre.

### Isolation

- I1 Coupeure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation par l'extérieur de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Isolation de la dalle de sol : le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelable de type synthétique, ou renouvelable de type liège ou fibre de bois comprimée, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfiées dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électriques uniquement).
- I3 Isolation (résistante à l'humidité) de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction d'éviter les déperditions liées à l'effet bord de

dalle. Il participe également à la continuité de l'isolation entre la dalle de sol et l'isolation verticale.

- I4 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres ou flocons, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I5 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit du cadre d'ossature, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'air et à la vapeur de la paroi
- I6 Fermeture extérieure de la structure. Elle est réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc....

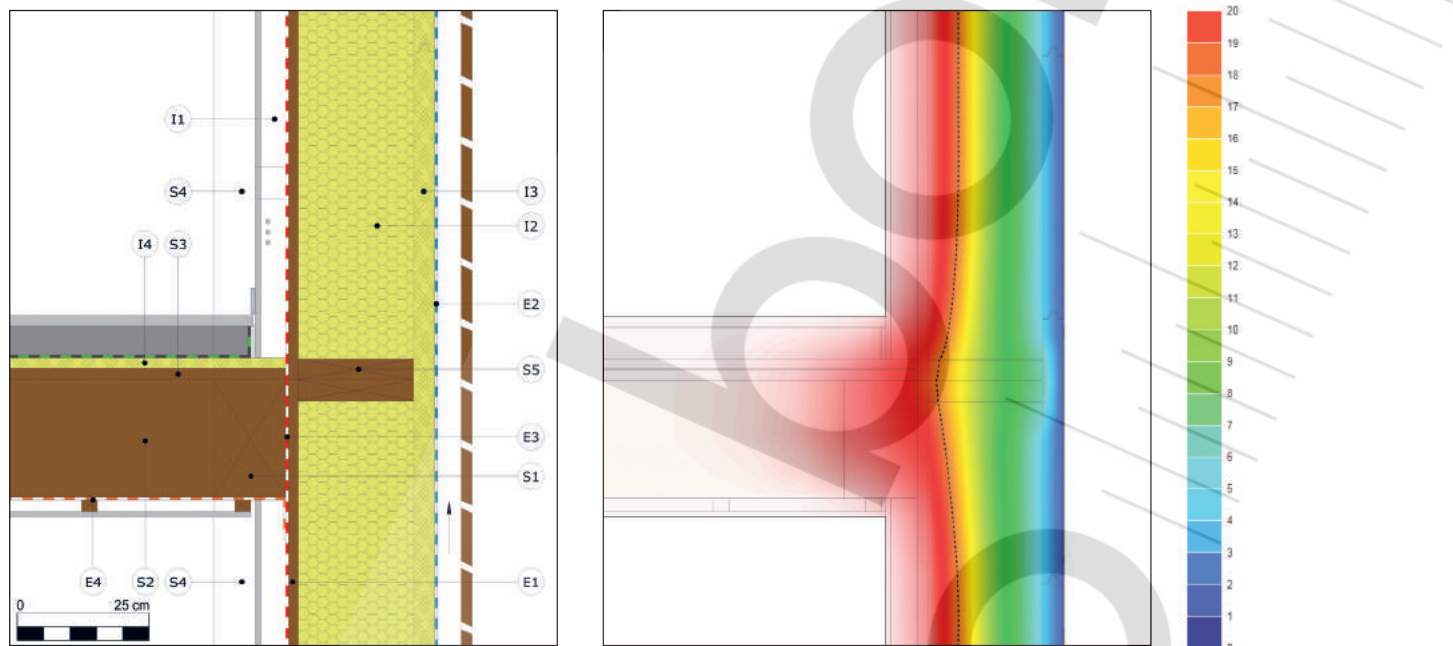
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le raccord paroi extérieure / plancher



### Structure

- S1 Poutre structurelle posée sur les poteaux du rez-de-chaussée. Elle supporte la structure du plancher et permet de recevoir les poteaux de l'étage supérieur. Le plus souvent, les éléments sont assemblés entre eux au moyen de pièces métalliques enchâssées dans le bois et boulonnés.
- S2 Gîtes du plancher fixées dans la poutre de bois structurelle. Si les gîtes sont prévues pour être apparentes, elles sont souvent enchâssées dans la poutre (assemblage de type queue d'aronde).
- S3 Panneau structurel bois constituant le plancher. Celui-ci est vissé à l'ensemble des gîtes et forme ainsi un diaphragme rigide
- S4 Poteaux du rez-de-chaussée et de l'étage.
- S5 Cadre de l'ossature non portante formant les parois du bâtiment. La largeur des montants de l'ossature est adaptée en fonction de l'épaisseur de l'isolation prévue. Le cadre d'ossature n'est pas conçu pour recevoir des charges.

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E3).
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.

- E3 Membrane assurant l'étanchéité à l'air de la paroi facultative si cette performance ne peut être garantie par le panneau E1. Elle peut être perméable à la vapeur d'eau. Dans ce cas, le panneau E1 devra assurer la fonction de frein ou pare-vapeur. Dans le cas contraire, cette membrane devra assurer cette fonction (voir chap. 5 point 5.1.1 Le transfert de vapeur).
- E4 Membrane de confinement indispensable si l'isolation (acoustique) entre les gîtes du plancher est réalisée par flocage.

### Isolation

- I1 Coulisserie technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit du cadre d'ossature, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisserie a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'eau et à la vapeur de la paroi.
- I2 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I3 Fermeture extérieure de la structure. Elle peut être réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...
- I4 Isolation acoustique de type panneau de fibres de bois, par exemple. Cet isolant

réduira les bruits d'impacts sous la chape flottante. Son placement est également conseillé sous un revêtement de type plancher en bois (sans chape de ciment).

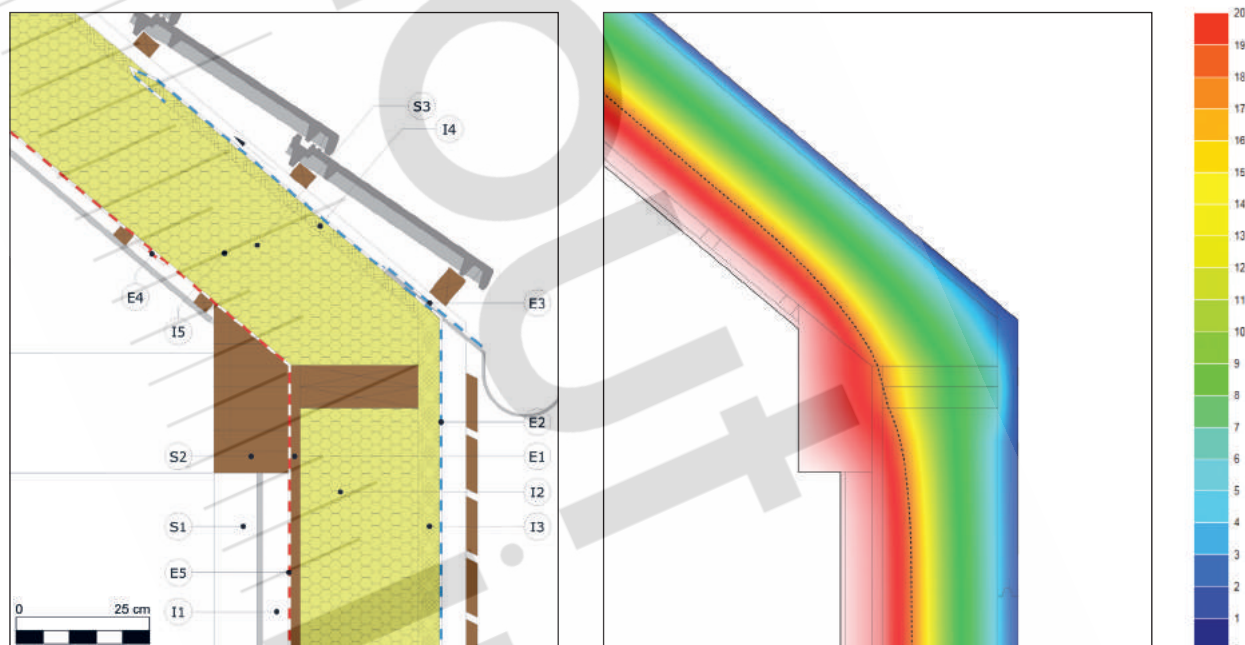
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des  $14^\circ$ . Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le pied de toiture



### Structure

- S1 Poteau en bois de la structure portante.
- S2 Poutre supérieure ayant pour rôle d'assurer la liaison des têtes de poteaux mais également la pose de la structure de la toiture.
- S3 Chevrans de toiture. Posés à intervalles réguliers ils peuvent être autoportants ou appuyés sur des pannes et faite.

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air et le contreventement de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanches à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E4).
- E2 Membrane assurant l'étanchéité aux U.V., protégeant le panneau sous-jacent. Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de toiture et rejetant les eaux éventuelles dans la gouttière vers l'extérieur.
- E4 Étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau. Membrane pare-vapeur ou frein-vapeur placée sur le côté chaud de l'isolant. Elle doit être continue avec l'étanchéité à l'air des parois. Un vide technique est conseillé pour le passage des câblages (électricité). En aucun cas, cette membrane ne peut être percée. Tout percement (cheminée, par exemple) devra être parfaitement étanche.
- E5 Membrane assurant l'étanchéité à l'air de la paroi. Cette membrane est facultative si l'étanchéité à l'air ne peut être garantie par le panneau E1. La membrane peut être

perméable à la vapeur. Dans ce cas, le panneau E1 devra assurer la fonction de frein ou pare-vapeur. Dans le cas contraire, la membrane devra assurer cette fonction (voir chap. 5 point 5.1.1 Le transfert de vapeur).

### Isolation

- I1 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit du cadre en ossature bois, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'eau et à la vapeur de la paroi.
- I2 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I3 Fermeture extérieure de la structure. Elle peut être réalisée au moyen d'un panneau isolant fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...
- I4 Sous-toiture isolante : le plus souvent réalisée avec un panneau isolant hydrofuge. Il est important de bien ventiler ce panneau afin d'éviter les surchauffes en toiture. Un espace de 5 cm minimum est recommandé. Le premier panneau en pied de toiture est recouvert d'une membrane pare-pluie (E3) afin d'assurer le rejet d'eau éventuelle dans

la gouttière. La continuité thermique est assurée par la jonction entre ce panneau et le panneau de façade (I3).

- I5 Isolation de la toiture : elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de panneaux souples. Les matériaux d'origine renouvelable (fibres de bois et cellulose) offrent un confort d'été (limitation de la surchauffe) supérieur grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.

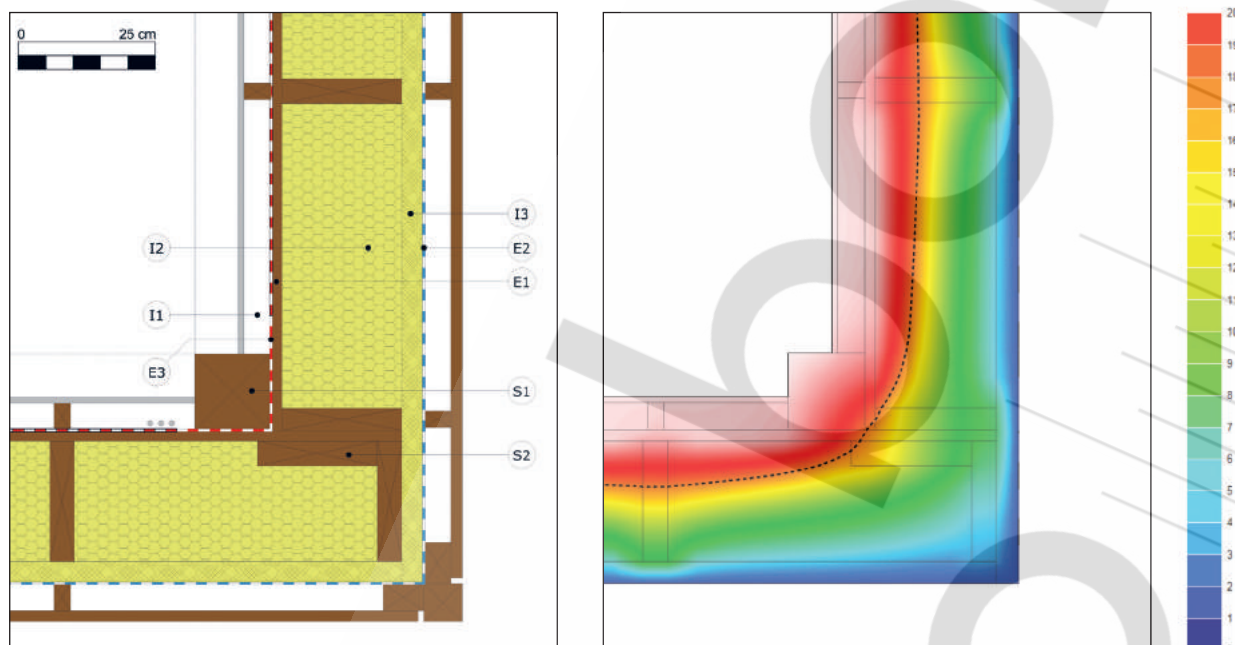
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe horizontale à l'angle de 2 murs



### Structure

- S1 Poteau en bois de la structure portante. Il est prévu totalement à l'intérieur afin d'assurer une parfaite continuité de l'étanchéité à l'air et une isolation optimale
- S2 Cadre de l'ossature formant les parois du bâtiment.

### Étanchéité

- E1 Panneau de bois assurant l'étanchéité à l'air de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches. Les panneaux dont les fabricants certifient que la perméabilité à l'air n'excède pas  $0.1 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  pour une différence de pression de 50 Pa sont considérés comme suffisamment étanche à l'air. Si cette certification ne peut être fournie par le fabricant, il y a lieu de prévoir la pose d'une barrière d'étanchéité supplémentaire (voir E3).
- E2 Membrane assurant l'étanchéité aux U.V., protégeant le panneau sous-jacent. Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Étanchéité à l'air : membrane à poser durant le montage du cadre de l'ossature. Afin d'assurer une continuité de l'étanchéité à l'air entre les éléments d'ossature verticale au droit des poteaux structurels, une membrane d'étanchéité à l'air sera posée en attente sur le poteau puis fixée aux membranes d'étanchéité à l'air des panneaux verticaux après leur mise en œuvre.

### Isolation

- I1 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement au droit du cadre de l'ossature, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de

5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau assurant l'étanchéité à l'air et à la vapeur de la paroi.

- I2 Isolation de l'ossature. Elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose, ou via la pose de matelas souples. Les matériaux d'une densité supérieure offrent un confort d'été supérieur (limitation de la surchauffe) grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur.
- I3 Fermeture extérieure de la structure. Elle est réalisée au moyen d'un panneau isolant, fixé sur les montants en bois. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des  $14^\circ$ . Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

### 4.1.3. PANNEAUX DE BOIS MASSIF



Une construction dite en bois massif est composée de panneaux de grande dimension et porteurs qui définissent l'enveloppe par les murs, les planchers et les toitures. Il s'agit de panneaux en bois fabriqués industriellement à partir d'éléments de bois massif et assemblés par collage, contre-collage, clouage et/ou chevilles. Plus rarement, certains panneaux sont réalisés à partir de collage de panneaux minces.

#### Quel bois utiliser ?

On trouve une grande diversité de panneaux massifs, tous basés sur la répétition d'une section de bois résineux (épicéa, pin) en plusieurs plis croisés. Pour les panneaux réalisés à base de dérivés du bois, on rencontre des éléments tels que l'OSB ou l'aggloméré. Leur usage n'est pratiquement jamais rencontré en Belgique.

#### Quel dimensionnement ?

Chaque système de panneau massif est propre à un fabricant et peut donc présenter des caractéristiques mécaniques différentes. Le calcul de la structure doit toujours être validé par un ingénieur en stabilité.

Cependant, pour un bâtiment rez+1, on prévoit généralement des panneaux d'une épaisseur comprise entre 90 et 160 mm en fonction du type de panneau. Pour des appuis ponctuels, on a éventuellement recours à des poteaux supplémentaires. Pour les planchers, on rencontre communément des panneaux massifs d'une épaisseur de 80 à 240 mm. En toiture, l'épaisseur des éléments dépendra des appuis mais sera couramment comprise entre 90 et 160 mm. Les panneaux eux-mêmes ont une longueur maximale d'environ 16m, une hauteur de 2m95 et une épaisseur d'environ 60 cm. Dans des applications autres que le logement unifamilial, le facteur de résistance au feu peut influencer ces épaisseurs.

#### Les points forts du système ?

- La préfabrication en éléments transportables engendre un gain de temps considérable.
- Polyvalence des applications, notamment pour les portées importantes ou porte-à-faux.
- Peu de variation dimensionnelle, suivant le système choisi.
- Les propriétés hygroscopiques du bois permettent la régulation du taux d'humidité intérieur.
- Possibilité de construire sur plusieurs niveaux en utilisant des panneaux peu sensibles au tassement : il existe des bâtiments de R+6, voire plus.
- Très bon comportement en région sismique pour les bâtiments multi-étages en contre-collé.

#### Les points faibles du système ?

- Modifications ultérieures moins souples que pour l'ossature bois.
- Etude de stabilité propre à chaque type de panneau massif.
- Nécessité d'un engin de levage adapté aux dimensions des éléments.

#### La structure

Comme écrit ci-avant, il est conseillé d'avoir recours à un ingénieur en stabilité qui dimensionnera le bâtiment en fonction de son architecture, du terrain, de ses contraintes, ... mais surtout du type de panneau massif qui sera prévu et donc des caractéristiques propres au système choisi. Les points importants de ce système constructif sont :

- le système de panneaux, dans le cas de multiples perpendiculaires, collés ou cloués a l'avantage d'être peu sensible aux variations dimensionnelles (tassement du bois et variation de son taux d'humidité),
- les panneaux contre-cloués ou contre-collés peuvent admettre des charges importantes et sont donc particulièrement bien adaptés aux constructions à plusieurs étages,
- il n'est pas nécessaire de prévoir un système de contreventement complémentaire,

- la transmission des charges se fait par les parois jusqu'aux fondations,
- le montage est réalisé étage par étage avec la possibilité de fixer les planchers sur des parois verticales continues,
- les ouvertures de portes et fenêtres sont percées en atelier et, dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire de recourir à des éléments de reprise au droit de la découpe (linteau, poutre),
- il est possible de combiner les panneaux avec d'autres systèmes de construction comme l'ossature bois, la charpente traditionnelle, ...
- dans les constructions à panneaux de plis non croisés (un seul sens de fibre), on prévoira des joints de dilatation afin de reprendre les éventuelles variations dimensionnelles,
- les systèmes d'assemblage sont propres à chaque type de panneau et prescrits par les fabricants.

#### Les différents produits du marché

Comme décrit plus haut, le type de panneau définit largement les applications et propriétés mécaniques du produit.

Dans les systèmes à section pleine, on rencontre notamment des panneaux composés de :

- planches verticales juxtaposées par collage, par clouage, par chevillage – toutes les lames sont dans la même direction et ont une épaisseur généralement comprise entre 20 et 50 mm. Pour les planchers, les éléments ont une épaisseur courante comprise entre 80 et 240 mm,
- planches en épaisseurs successives, placées perpendiculairement, et assemblées par collage ou clouage. Les épaisseurs de panneaux sont comprises entre 50 et 300 mm et utilisées indifféremment pour les parois, les planchers et les toitures.

De manière moins courante, on retrouve des panneaux à base de dérivés du bois composés de :

- panneaux de particules simples ou à plis multiples collés – épaisseur courante de 80 mm,
- panneaux d'OSB – l'épaisseur est fonction du nombre de panneaux, de 75 à 250 mm.



#### Le passage des techniques

L'avantage de travailler avec une construction massive est que l'on ne rencontre pas les contraintes liées à la pose d'un pare-vapeur. On peut dès lors placer les techniques :

- soit directement sur la structure, en prévoyant une contre-latte technique,
- soit en réalisant des goulottes fraisées directement dans les panneaux.

#### Le comportement au feu d'une construction en bois massif

Une des craintes récurrentes des candidats bâtisseurs est le comportement au feu des constructions en bois.

Il est important de savoir qu'il n'y a pas d'imposition pour les habitations unifamiliales. Par contre, pour les bâtiments multi-étages ou d'une autre destination, il y a lieu de se référer à la législation spécifique. Quelques idées reçues méritent un éclaircissement :

- les panneaux de bois contre-collés présentent une très bonne étanchéité à la diffusion des fumées, en cas d'incendie,
- il n'y a pas plus de risque de démarrage d'un incendie dans un bâtiment en bois que dans un autre bâtiment : le risque est lié à la source et non à la structure elle-même,
- le bois dégage une quantité de chaleur lorsqu'il brûle, mais pour cela il faut qu'il soit apparent. Le contenu de l'habitation est plus enclin à prendre feu que la structure bois qui est généralement recouverte d'un panneau de finition résistant au feu. De plus, la quantité de chaleur dégagée lors d'un incendie engendre un comportement de rupture plus rapide pour le béton et l'acier que pour le bois,
- la résistance au feu, qui concerne les éléments de structure, peut être assurée soit par un recouvrement des éléments au moyen d'un matériau présentant la résistance requise, soit être assurée par un surdimensionnement des sections utilisées (0,7 mm/minute pour les feuillus et lamellé-collé, 0,8mm/minute pour les résineux massifs). En effet, la couche de bois carbonisé agit comme un retardateur de la combustion d'une pièce de bois et augmente la résistance des éléments exposés au feu.



### **L'isolation d'une construction en bois massif – gestion des ponts thermiques**

L'avantage majeur de la construction en bois massif est d'être isolée de manière continue par l'extérieur ce qui permet une gestion optimale des ponts thermiques.

L'épaisseur de l'isolation mise en place est donc indépendante de l'épaisseur de la structure.

Une isolation complémentaire peut également être prévue par :

- doublage intérieur de la structure avec un panneau isolant, lui-même doublé d'une finition,
  - doublage intérieur de la structure au moyen d'un contre-lattage et de panneaux ou matelas isolant.
- C'est la situation la plus souple pour le passage des techniques (en cas de modifications ultérieures).

Une finition de type crépi sur isolant peut être envisagée dans la mesure où les panneaux présentent une stabilité dimensionnelle suffisante (par exemple, les panneaux à plis croisés contre-collés ou contre-cloués).

### **L'étanchéité à l'air d'une construction en bois massif**

L'étanchéité à l'air du bâtiment est une composante essentielle assurant à la fois sa performance thermique et la pérennité de sa structure.

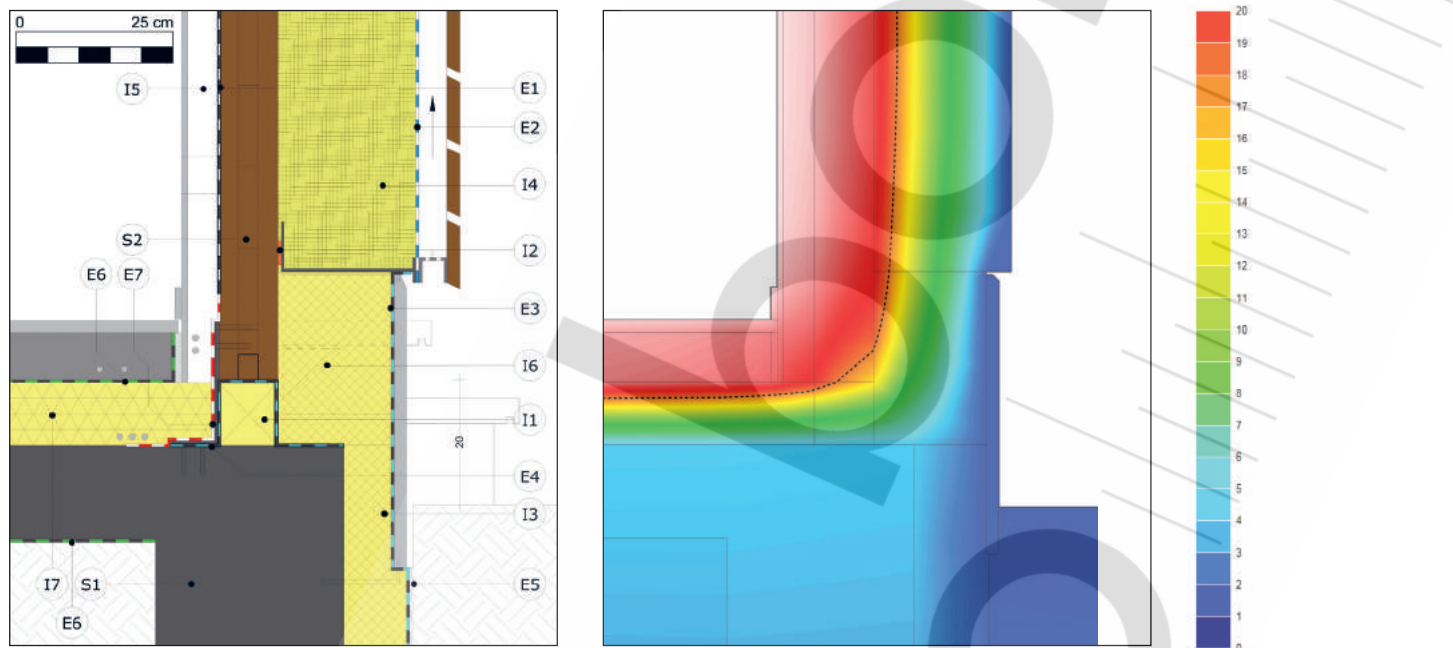
Les raccords entre parois, sols, planchers, ouvertures ou autres passages au travers de la membrane d'étanchéité sont réalisés de manière à ne laisser aucune fuite d'air possible. La mise en œuvre peut être vérifiée au moyen d'un blower-door test appelé aussi test de pressurisation.

Le travail d'éléments de grande taille présente l'avantage de limiter les jonctions à traiter de manière étanche. Dès le montage des éléments entre eux, on veille à placer des éléments d'étanchéité (bandes souples) aux jonctions des parois avec les planchers et les toitures. On assure l'étanchéité avec les fondations lors du montage des éléments inférieurs également par collage de bandes étanches et de bandes compressibles.

Dans le cas d'un bâtiment en bois massif, certaines compositions de paroi, grâce à leur densité, assurent déjà l'étanchéité à l'air en surface et un pare-vapeur complémentaire n'est pas nécessaire. Si toutefois il était requis, notamment en fonction de la destination des lieux, il se placera du côté chaud de l'isolant et donc sur la face externe des éléments de bois massif, faisant à la fois office d'étanchéité à l'air et de pare-vapeur.

Ces points sont également abordés au chapitre 5 « Aspects énergétiques »

## Détail technique : coupe verticale dans le pied de façade – Avec escalier



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Panneau contre collé ou contre cloué de bois massif (CLT – Cross Laminated Timber). Celui-ci est posé sur un isolant incompressible afin d'assurer la continuité thermique entre l'isolant du sol et celui de la façade. La fixation est réalisée au moyen de pattes métalliques ancrées dans la dalle de sol et dans le panneau. L'étanchéité à l'air de la paroi est assurée par ce panneau.

### Étanchéité

- E1 Membrane pare- ou frein-vapeur dont le but est de réguler le transfert de vapeur dans la paroi. Celle-ci peut être placée du côté intérieur en présence d'une gaine technique ou du côté extérieur si le panneau en CLT doit rester visible.
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si celle-ci n'est pas assurée par le panneau.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied du panneau structurel et les isolants du pied de mur et rejetant les eaux de ruissellement de façade.
- E4 Étanchéité à l'eau et à l'air. Membrane soudée à la fois sur la dalle et sur l'isolant extérieur.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger physiquement l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).
- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascensionnelle ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.
- E7 Étanchéité à l'air assurée entre le panneau intérieur et le sol.

### Isolation

- I1 Coupure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Élément d'interposition en plastique servant de coupure thermique entre le bois et la cornière métallique.
- I3 Isolation de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction d'éviter les déperditions liées à l'effet de bord de dalle. Il participe également à la continuité de l'isolation entre la dalle de sol et l'isolation verticale.
- I4 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure du panneau CLT au moyen de panneaux d'isolant rigides. Ceux-ci sont fixés directement sur les parois. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...
- I5 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement, soit par le croisement d'une contre-latte et d'une latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane pare-vapeur ou le panneau CLT.

- I6 Isolation du pied de mur au moyen d'un panneau isolant résistant à l'humidité.
- I7 Isolation (résistante à l'humidité) de la dalle de sol: le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelables de type synthétiques, ou renouvelables de type liège ou fibres de bois comprimées, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfuies dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électrique uniquement).

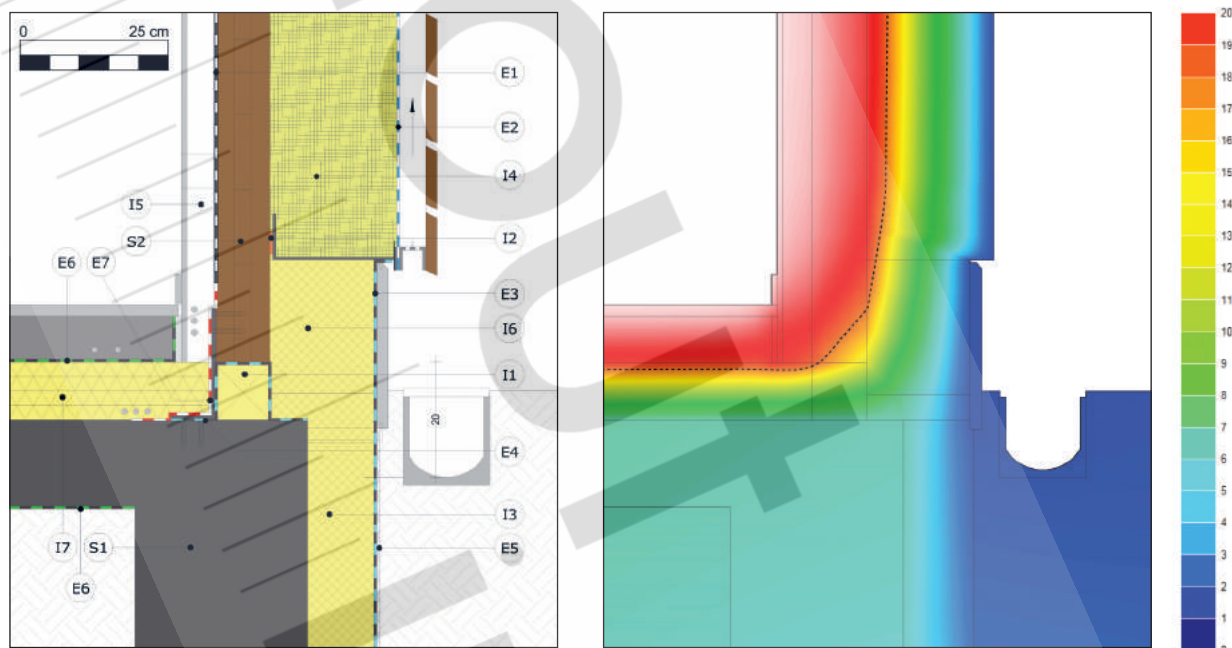
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillés noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détails technique : coupe verticale dans le pied de façade – Mobilité réduite



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Panneau contre collé ou contre cloué de bois massif (CLT – Cross Laminated Timber). Celui-ci est posé sur un isolant incompressible afin d'assurer la continuité thermique entre l'isolant du sol et celui de la façade. La fixation est réalisée au moyen de pattes métalliques ancrées dans la dalle de sol et dans le panneau CLT. L'étanchéité à l'air de la paroi est assurée par ce même panneau.

### Étanchéité

- E1 Membrane pare- ou frein-vapeur dont le but est de réguler le transfert de vapeur dans la paroi. Celle-ci peut être placée du côté intérieur en présence d'une gaine technique ou du côté extérieur si le panneau CLT doit rester visible.
- E2 Membrane protégeant le panneau isolant sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de façade et rejetant les eaux de ruissellement de façade vers l'extérieur.
- E4 Étanchéité à l'eau et à l'air. Membrane soudée à la fois sur la dalle et sur l'isolant extérieur.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).
- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascendante ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.
- E7 Étanchéité à l'air assurée entre le panneau CLT et le sol.

### Isolation

- I1 Coupure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Élément d'interposition en plastique servant de coupure thermique entre le bois et la cornière métallique.
- I3 Isolation de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction d'éviter les déperditions liées à l'effet de bord de dalle. Il participe également à la continuité de l'isolation entre la dalle de sol et l'isolation verticale.
- I4 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure du panneau CLT au moyen de panneaux d'isolant rigides. Ceux-ci sont fixés directement sur les parois. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...
- I5 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement, soit par le croisement d'une contre-latte et d'une latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau CLT assurant l'étanchéité à l'eau et à la vapeur de la paroi.

- I6 Isolation du pied de mur au moyen d'un panneau isolant résistant à l'humidité.
- I7 Isolation (résistante à l'humidité) de la dalle de sol : le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelables de type synthétiques, ou renouvelables de type liège ou fibres de bois comprimées, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfouies dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électrique uniquement).

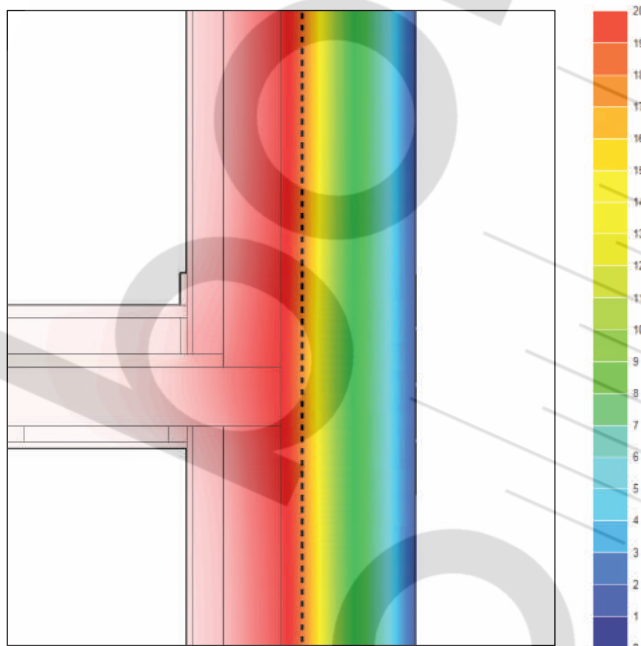
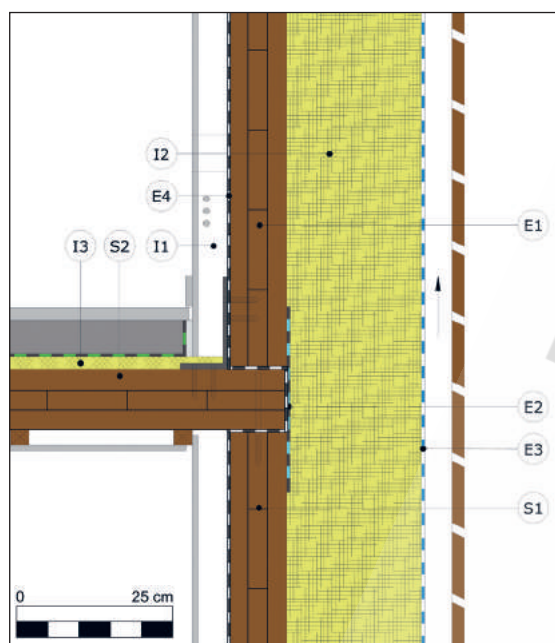
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou frein-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le raccord paroi extérieure / plancher



### Structure

- S1 Paroi verticale en CLT
- S2 Plancher contrecollé ou contre-cloué de bois massif (CLT-Cross Laminated Timber) posé sur le panneau de bois du rez-de-chaussée ou de l'étage inférieur. À noter que certains panneaux ont une finition (surface poncée, éventuellement pourvue d'un traitement de finition, ...) permettant de laisser le bois apparent à l'intérieur. La qualité esthétique des lames de bois de la couche visible est alors supérieure à celle de panneaux destinés à être masqués. Les techniques sont alors intégrées dans les panneaux.

### Étanchéité

- E1 Paroi CLT assurant l'étanchéité à l'air de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à la vapeur d'eau et à l'air (rôles de E2 et E4).
- E2 Étanchéité à l'air protégeant la jonction plancher / mur et assurée par une membrane collée à froid.
- E3 Membrane assurant l'étanchéité aux U.V., protégeant le panneau sous-jacent (en cas de pose d'un bardage ajouré par exemple). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si celle-ci n'est pas assurée par le panneau.
- E4 Membrane pare- ou frein-vapeur dont le but est de réguler le transfert de vapeur dans la paroi. Celle-ci peut être placée du côté intérieur du panneau CLT en présence d'une gaine technique ou du côté extérieur du panneau CLT s'il doit rester visible.

### Isolation

- I1 Coulisse technique : la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement, soit par le croisement d'une contre-latte et d'une latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane pare ou frein-vapeur ou le panneau CLT.

- I2 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure du panneau CLT au moyen de panneaux d'isolant rigides. Ceux-ci sont fixés directement sur les parois. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...
- I3 Isolation acoustique de type panneau de fibre de bois, par exemple. Cet isolant réduira les bruits d'impact sous la chape flottante. Il est également conseillé sous un revêtement de type plancher en bois (sans chape de ciment).

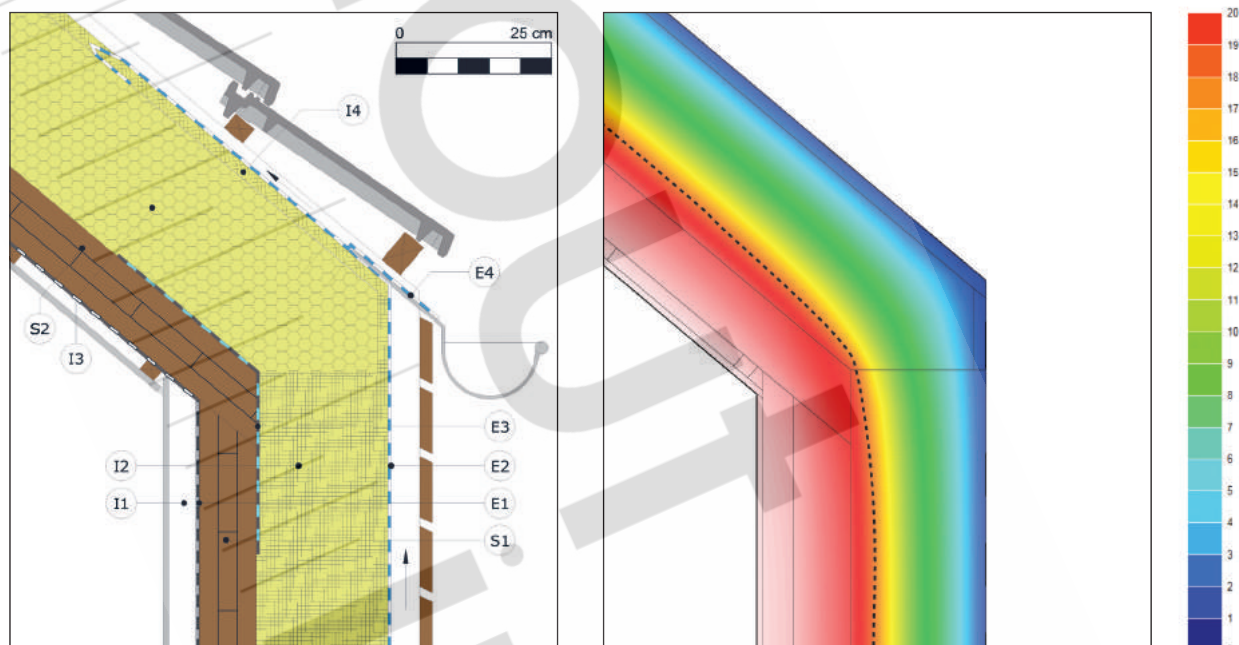
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le pied de toiture



### Structure

- S1 Paroi verticale en panneau contre collé ou contre cloué de bois massif (CLT-Cross Laminated Timber) de l'étage assurant l'étanchéité à l'air de la structure. Tous les raccords entre panneaux et les raccords de ces panneaux avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air.
- S2 Panneau de toiture en CLT posé sur le panneau CLT de l'étage.

### Étanchéité

- E1 Membrane pare- ou frein-vapeur (dans ce cas, le but est de réguler le transfert de vapeur dans la paroi). Celle-ci peut être placée du côté intérieur en présence d'une gaine technique ou du côté extérieur si le panneau CLT doit rester visible.
- E2 Membrane assurant la protection contre les U.V. du panneau isolant sous-jacent. Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par l'isolant.
- E3 Membrane collée à froid assurant l'étanchéité à l'air de la jonction entre les panneaux CLT de mur et de toiture.
- E4 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de toiture et rejetant l'eau éventuelle dans la gouttière.

### Isolation

- I1 Coulisserie technique : La profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm posé verticalement, soit par le croisement d'une latte et contre-latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisserie a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane ou le panneau CLT assurant l'étanchéité à l'eau et à la vapeur de la paroi.
- I2 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure du panneau au moyen de panneaux d'isolant rigides. Ceux-ci sont fixés directement sur les parois. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

- I3 Isolation de la toiture : elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres de bois ou flocons de cellulose entre chevrons, la pose de panneaux souples entre chevrons ou encore la pose de panneaux rigides directement sur les panneaux CLT. Les matériaux d'origine renouvelable (fibres de bois et cellulose) offrent en moyenne un confort d'été supérieur grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur, bien que, dans le cas de panneaux CLT posés en toiture, cette propriété ait moins d'impact.
- I4 Sous-toiture isolante : le plus souvent réalisée avec un panneau isolant hydrofuge. Il est important de bien ventiler ce panneau pour éviter les surchauffes en toiture. Un espace de 5 cm minimum entre la couverture extérieure et le panneau est recommandé. Le premier panneau, en pied de toiture, est doublé d'une membrane pare-pluie destinée à rejeter d'eau dans la gouttière. La continuité thermique est assurée par la jonction entre ce panneau et le panneau de façade (I2).

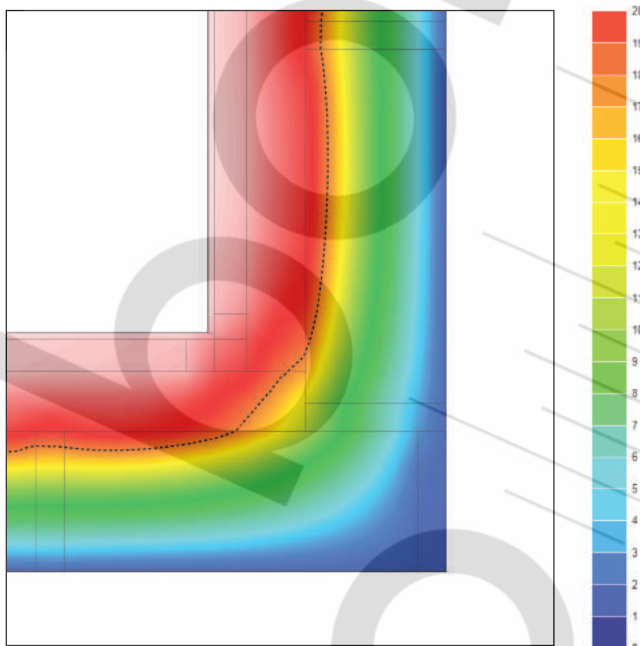
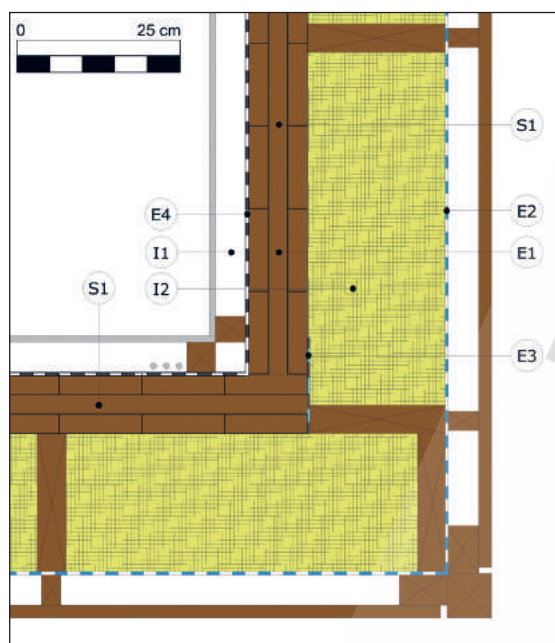
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou frein-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe horizontale à l'angle de 2 murs



### Structure

S1 Panneau contre collé ou contre cloué de bois massif (CLT – Cross Laminated Timber)

### Étanchéité

- E1 Panneau CLT assurant l'étanchéité à l'air de la structure. Tous les raccords entre panneaux CLT et les raccords de ces panneaux CLT avec les éléments qui les jouxtent doivent être étanches à l'air.
- E2 Membrane assurant l'étanchéité aux U.V., protégeant le panneau isolant sous-jacent. Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Étanchéité à l'air protégeant la jonction mur / mur et assurée par une membrane collée à froid.
- E4 Membrane pare- ou frein-vapeur dont le but est de réguler le transfert de vapeur dans la paroi. Celle-ci peut être placée du côté intérieur en présence d'une gaine technique ou du côté extérieur si le panneau CLT doit rester visible.

### Isolation

- I1 Coulisse technique: la profondeur est généralement de 5cm. On réalise le lattage soit par la pose d'un chevron de type 5x5cm, soit par le croisement d'une contre-latte et d'une latte totalisant une épaisseur de 5cm. Cette coulisse a pour but de faciliter le passage des différentes techniques (chauffage, électricité, ...) sans avoir à percer la membrane pare-vapeur ou le panneau CLT assurant l'étanchéité à l'eau et à la vapeur de la paroi.
- I2 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure du panneau au moyen de panneaux d'isolant rigides. Ceux-ci sont fixés directement sur les panneaux CLT. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

#### 4.1.4. CONSTRUCTION EN BOIS EMPILÉS



Une construction en bois empilés est constituée de madriers de bois profilés superposés les uns aux autres et qui forment les parois portantes. Les planchers sont en gîtage doublé d'un panneau ; la charpente de toiture est traditionnelle, préfabriquée ou à panneaux sandwich lorsqu'elle est en pente, en gîtage lorsqu'elle est plate. La construction constituée uniquement de madriers empilés apparents sur les 2 faces ne permet pas une performance énergétique suffisante et est volontairement écartée. Notons que le terme « madrier » est le terme usuel donné aux poutres de bois profilées.

##### Quel bois utiliser ?

On rencontre différents types d'éléments, avec simple ou double rainure, qui sont tous usinés en atelier :

- bois massif,
  - contre-collé à 2 plis ou à 3 plis croisés,
- Les bois mis en œuvre sont de type pin sylvestre ou épicéa. Un madrier peut être d'une pièce sur toute sa longueur ou, reconstitué par aboutage de plusieurs éléments de bois (micro-entures collées).

##### Quel dimensionnement ?

Chaque fabricant façonne ses éléments suivant un mode particulier. Les éléments formant les murs ont généralement une épaisseur de 56 mm à 90 mm ou moins couramment de 130 mm en fonction des charges. La longueur des éléments est limitée en fonction des possibilités de transport et d'usinage, à environ 12 m (pour des éléments aboutés).

La section des gîtages en bois dépend de la portée mais elle est le plus souvent de section 38 x 220 mm. Le panneau qui les recouvre est de type à particules (adapté à une fonction structurelle) d'une épaisseur de 22 mm.

##### Les points forts du système ?

- La préfabrication des éléments, incluant le passage des conduites et câblages techniques permet un gain de temps important au montage qui se révèle être très précis.
- Assemblage sur chantier possible avec peu de moyens techniques, ne nécessitant en général pas de grue.
- Les propriétés hygroscopiques du bois permettent la régulation du taux d'humidité intérieur.
- Le choix apprécié par les amateurs du bois apparent.
- Le montage par des professionnels est recommandé.

##### Les points faibles du système ?

- La variation dimensionnelle (tassement vertical de 1 cm par mètre construit et séchage) peut être importante. Les madriers contre-collés à plis croisés évitent ce désagrément mais sont plus coûteux.
- Modifications ultérieures limitées aux éléments non porteurs.
- Conception minutieuse à prévoir dans la gestion du tassement du bois (isolation et finition extérieure).
- Limitation à 2 niveaux complets et toiture.
- Pose des menuiseries.

##### La structure

Comme repris ci-avant, il est recommandé d'avoir recours à un ingénieur en stabilité qui dimensionnera le bâtiment en fonction de son architecture, du terrain, de ses contraintes, ... mais aussi du type de madrier qui sera prévu et donc des caractéristiques propres au système choisi.

Les points importants de ce système constructif sont :

- la transmission des charges se fait par les parois jusqu'aux fondations,
- il n'est pas nécessaire de prévoir un système de contreventement complémentaire,
- le montage est réalisé étage par étage, les gîtages sont soit insérés dans les éléments de murs, soit posés sur une poutre de ceinture de section généralement supérieure à l'épaisseur des madriers,
- des linteaux de baies, généralement en bois lamellé-collé, sont prévus pour les ouvertures d'une largeur supérieure à 2 m,
- les charpentes sont réalisées soit de manière traditionnelle, soit préfabriquées. Elles peuvent aussi être de type panneaux sandwich posant sur pannes et faîtière,

- on prévoira des systèmes de coulisses ou « montants flottants » au droit des ouvertures qui permettront ainsi le tassement (et gonflement) sans dommage pour les châssis et portes,
- la finition extérieure sera indépendante de la structure portante, dans le cas de madriers massifs. Les fixations du parement seront posées de manière à assurer un rejet des eaux vers l'extérieur de la façade une fois que le bâtiment sera tassé (stabilisation).



#### Les différents produits du marché

Chaque type de madrier a des propriétés mécaniques qui lui sont propres.

On distingue essentiellement les madriers en bois massif des madriers en contre-collé multiplis. Les madriers à plis croisés présentent l'avantage d'avoir des fibres de bois orientées dans les 2 directions et sont donc capables d'assurer une meilleure stabilité dimensionnelle, tant au tassement qu'aux variations hygrométriques.

Les madriers massifs peuvent présenter un tassement d'un centimètre par mètre. Ce tassement est réduit de moitié grâce au profilage des bois et à un contrôle optimal de leur taux d'humidité lors de la mise en œuvre.

Les produits se distinguent également par leur système d'assemblage, notamment pour les jonctions entre murs. On retrouve :

- soit des éléments métalliques qui assurent une bonne liaison et favorisent un tassement uniforme,
- soit un assemblage à mi-bois, sans interposition d'un autre matériau.

#### Le passage des techniques

Le passage des techniques est réalisé de manière à garder le bois apparent :

- passage des câblages dans l'épaisseur des madriers, avec pré-forage en atelier,
- passage des câblages et conduites dans l'épaisseur des chapes afin de laisser la structure du gîte des étages apparente,
- passage des techniques plus encombrantes dans des caissons ou gaines spécifiques.

L'ensemble des conduites sera totalement intégré dans le volume chauffé et étanche à l'air. En effet, les percements de la membrane étanche exposent le bâtiment à des faiblesses auxquelles il est souvent difficile de remédier une fois le bâtiment achevé. Les fixations à l'intérieur du bâtiment permettront les mouvements du bâtiment.

#### Le comportement au feu d'une construction en madriers empilés

Une des craintes récurrentes des candidats bâtisseurs est le comportement au feu des constructions en bois.

Il est important de savoir qu'il n'y a pas d'imposition pour les habitations unifamiliales. Par contre pour les bâtiments multi-étages ou d'une autre destination, il y a lieu de se référer à la législation spécifique.

Quelques idées reçues méritent des éclaircissements :

- il n'y a pas de risque accru de démarrage d'un incendie dans un bâtiment en bois que dans un autre bâtiment : le risque est lié à la source et non à la structure elle-même,
- le bois dégage une quantité de chaleur lorsqu'il brûle, mais pour cela il faut qu'il soit apparent. Le contenu de l'habitation est plus enclin à prendre feu que la structure bois. De plus, la quantité de chaleur dégagée lors d'un incendie engendre un comportement de rupture plus rapide pour le béton et l'acier que pour le bois,
- la résistance au feu, qui concerne les éléments de structure, peut être assurée soit par un recouvrement des éléments au moyen d'un matériau présentant la résistance requise, soit être assurée par un surdimensionnement des sections utilisées (0,7 mm/minute pour les feuillus et lamellé-collé, 0,8 mm/minute pour les résineux massifs). En effet, la couche de bois carbonisé agit comme un retardateur de la combustion d'une pièce de bois et augmente la résistance des éléments exposés au feu.



### L'isolation d'une construction en madriers empilés

L'avantage majeur de la construction en madriers empilés est d'être isolée de manière continue sur la face extérieure de la structure ce qui permet une gestion optimale des ponts thermiques. Attention cependant aux angles du bâtiment où les éléments sont croisés et débordent de l'alignement de l'isolant.

L'épaisseur de l'isolation mise en place est donc indépendante de l'épaisseur de la structure. Une isolation intérieure complémentaire est rarement prévue, étant donné la volonté de laisser le bois apparent à l'intérieur.

Le système de pose de l'isolation et le choix des matériaux est directement lié au type de madrier :

- les madriers massifs engendrent un tassement vertical lors de la stabilisation du bâtiment d'environ 1cm/m construit. Cela implique que la finition de façade et les couches isolantes doivent pouvoir s'adapter à ce tassement. L'isolant est, dans ce cas, placé entre chevrons indépendants des madriers (fixations à boutonnères et appui sur la dalle). L'isolant est de type panneau souple.
- les madriers contre-collés à plis croisés sont stables dimensionnellement et peuvent recevoir l'isolant directement sur la face extérieure.

### L'étanchéité à l'air d'une construction en madriers empilés

L'étanchéité à l'air du bâtiment est une composante essentielle propre à assurer à la fois sa performance thermique et la pérennité de la structure.

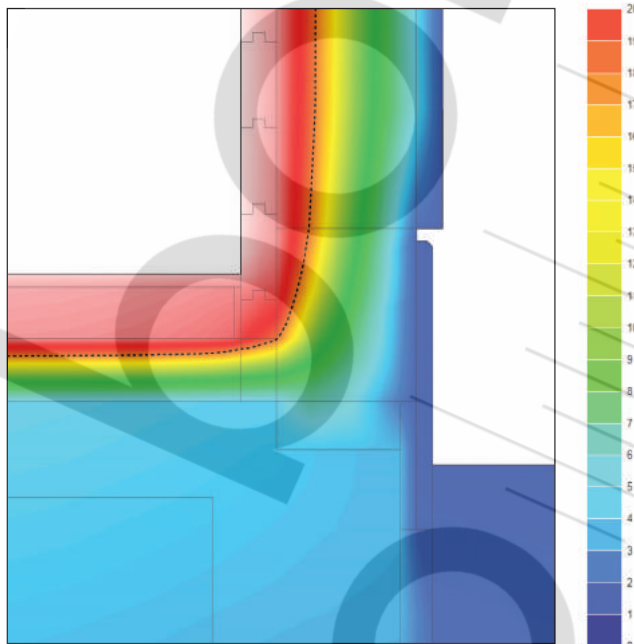
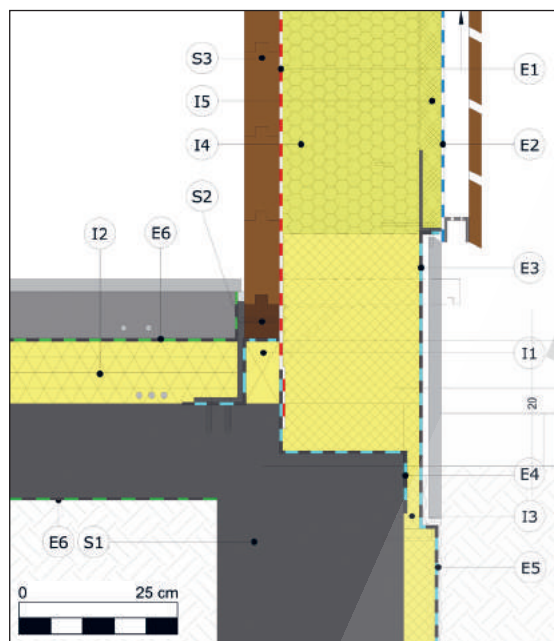
Les raccords entre parois, sols, planchers, ouvertures ou autres passages au travers de la membrane d'étanchéité sont réalisés de manière à ne laisser aucune fuite d'air possible. La mise en œuvre peut être vérifiée au moyen d'un blower-door test appelé aussi test de pressurisation. Dans le cas d'une construction en madriers empilés, l'étanchéité à l'air est réalisée sur la face extérieure des bois au moyen d'une membrane continue.

En fonction des possibilités de tassement des madriers massifs, on veillera donc à assurer l'étanchéité à l'air tout au long de la vie du bâtiment (variations liées au taux d'humidité et au tassement initial).

Pour information, la membrane posée sert également de protection des bois durant le chantier.

Ces points sont également abordés au chapitre 5 « Aspects énergétiques ».

## Détail technique : coupe verticale dans le pied de façade – Avec escalier



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Madrier d'appui. Celui-ci est posé sur un isolant incompressible afin d'assurer la continuité thermique entre l'isolant posé sur la dalle de sol et celui de la façade. La fixation est réalisée au moyen de pattes métalliques ponctuelles ancrées dans la dalle de sol et dans l'élément de bois. Le madrier d'appui est soit traité en autoclave (traitement classe A4), soit le bois duquel il est constitué est de la classe de durabilité 1 et purgé d'aubier.
- S3 Madiers de bois empilés formant la paroi. Les madiers sont empilés à sec (sans colle) in situ. Les pièces sont toujours préparées en atelier.

### Étanchéité

- E1 Membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la structure. Afin d'éviter une détérioration de cette membrane due aux tassements des madiers, celle-ci sera obligatoirement fixée aux chevrons entre lesquelles sera placé l'isolant. En effet, les chevrons sont fixés aux madiers par des systèmes de fixation permettant le mouvement de la structure au moment du retrait des madiers.
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de façade et rejetant les eaux de ruissellement de façade vers l'extérieur.
- E4 Étanchéité à l'eau. Membrane collée sur l'isolant de pied de façade (I3). La membrane d'étanchéité à l'air (E1) viendra recouvrir cette bande de manière étanche.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).

- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascensionnelle ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.

### Isolation

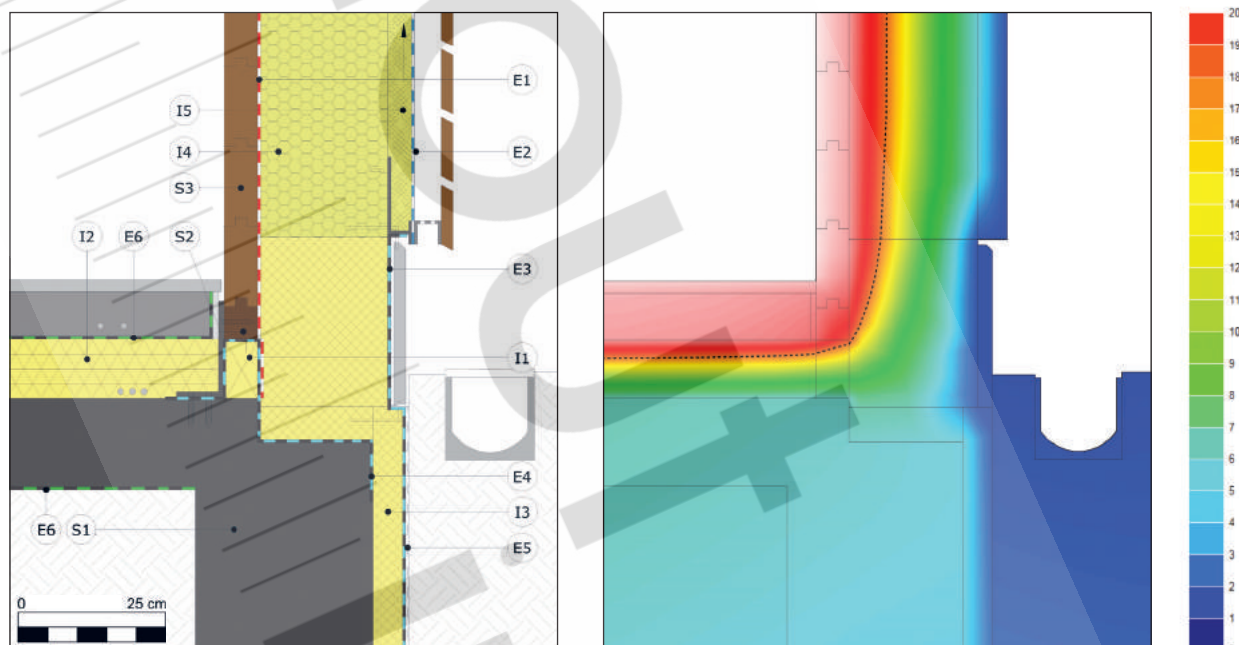
- I1 Coupure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation par l'extérieur de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Isolation de la dalle de sol : le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelable de type synthétique, ou renouvelable de type liège ou fibre de bois comprimée, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfuies dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électrique uniquement).
- I3 Isolation (résistante à l'humidité) de la dalle et de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction d'éviter les déperditions liées à l'effet du bord de dalle.
- I4 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure des madiers au moyen de matelas d'isolant. Ceux-ci sont de type souple et fixés directement sur les parois entre des chevrons pourvus de boutonniers (perçement ovale accueillant l'assemblage de fixation) qui permettent le mouvement de la structure lors du retrait du bois.

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détails technique : coupe verticale dans le pied de façade – Mobilité réduite



### Structure

- S1 Fondation en béton (pied de gel) et dalle de béton.
- S2 Madrier d'appui. Celui-ci est posé sur un isolant incompressible afin d'assurer la continuité thermique entre l'isolant posé sur la dalle de sol et celui de la façade. La fixation est réalisée au moyen de pattes métalliques ponctuelles ancrées dans la dalle de sol et dans l'élément de bois. Le madrier d'appui est soit traité en autoclave (traitement classe A4), soit le bois qui le constitue est de la classe de durabilité 1 et purgé d'aubier.
- S3 Madriers de bois empilés formant la paroi. Les madriers sont empilés à sec (sans colle) in situ. Les pièces sont toujours profilées en atelier.

### Étanchéité

- E1 Membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la structure. Afin d'éviter une détérioration de cette membrane due aux tassements des madriers, celle-ci sera obligatoirement fixée aux chevrons entre lesquelles sera placé l'isolant. En effet, les chevrons sont fixés aux madriers par des systèmes de fixation permettant le mouvement de la structure au moment du retrait des madriers.
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de façade et rejetant les eaux de ruissellement de façade vers l'extérieur.
- E4 Étanchéité à l'eau. Membrane collée sur l'isolant de pied de façade (I3). La membrane d'étanchéité à l'air (E1) viendra recouvrir cette bande de manière étanche.
- E5 Membrane drainante ayant également pour fonction de protéger l'isolant enterré (par exemple d'un coup de bêche).

- E6 Membrane de polyéthylène horizontale d'étanchéité au bas des murs. Elle empêche les remontées d'humidité (humidité ascensionnelle ou remontée d'eau capillaire) venant du sol dans les murs. On l'utilise aussi pour désolidariser les chapes flottantes de l'isolant.

### Isolation

- I1 Coupure thermique de type rigide et incompressible. Cet isolant (XPS – polystyrène extrudé + cylindres porteurs, verre cellulaire ou béton cellulaire) assure la bonne continuité thermique entre l'isolation de la dalle de sol et l'isolation extérieure des murs. Cet élément ne peut pas être posé en plusieurs couches pour des raisons de stabilité et de prescriptions (excepté pour le béton cellulaire). La mise en œuvre de cet isolant n'est pas indispensable pour rendre ce nœud constructif PEB conforme mais est fortement conseillée.
- I2 Isolation de la dalle de sol : le plus souvent réalisée par un matériau projeté, type mousse synthétique. Il est cependant possible de placer des panneaux de matériaux d'origine non renouvelable de type synthétique, ou renouvelable de type liège ou fibre de bois comprimée, pour autant que les canalisations techniques soient posées soigneusement par-dessus ou enfuies dans une chape de nivellement (sur la dalle – câbles électrique uniquement).
- I3 Isolation (résistante à l'humidité) de la dalle et de la fondation en béton. Cet isolant a pour fonction d'éviter les déperditions liées à l'effet du bord de dalle.
- I4 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure des madriers au moyen de matelas d'isolant. Ceux-ci sont de type souple et fixés directement sur les parois entre des chevrons pourvus de boutonnières (perçement ovale accueillant l'assemblage de fixation) qui permettent le mouvement de la structure lors du retrait du bois.

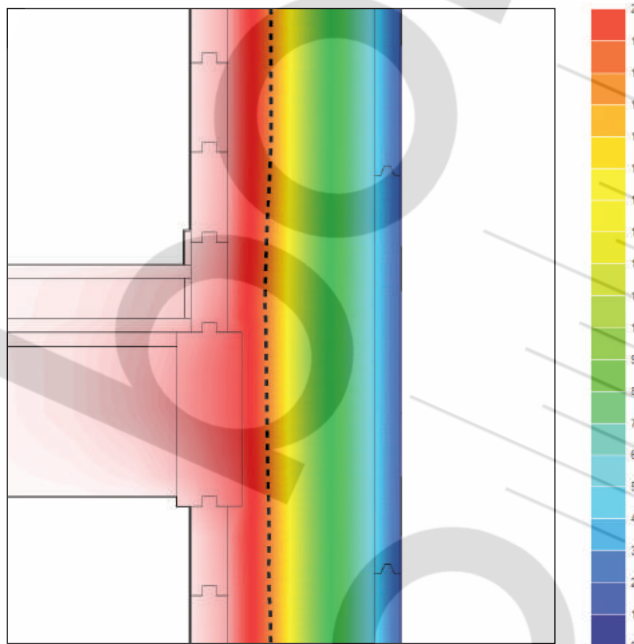
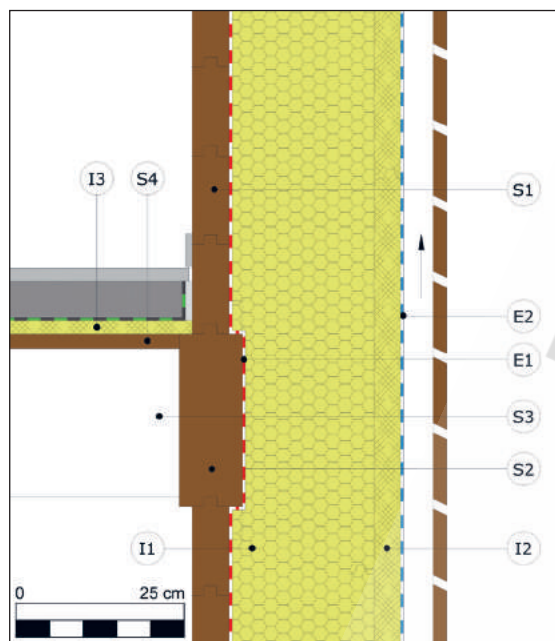
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le raccord paroi extérieure / plancher



### Structure

- S1 Madriers empilés formant la paroi verticale du rez-de-chaussée et de l'étage.
- S2 Madrier de muralière permettant la pose du gîtage de l'étage. Il est posé par emboîtement sur la paroi du rez-de-chaussée.
- S3 Gîtage apparent formant la structure du plancher de l'étage.
- S4 Panneau structurel en bois constituant le plancher. Celui-ci est vissé à l'ensemble des gîtes et forme ainsi un diaphragme rigide.

### Étanchéité

- E1 Membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la structure. Afin d'éviter une détérioration de cette membrane due aux tassements des madriers, celle-ci sera obligatoirement fixée aux chevrons entre lesquelles sera placé l'isolant. En effet, les chevrons sont fixés aux madriers par des systèmes de fixation permettant le mouvement de la structure au moment du retrait des madriers.
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau I2.

### Isolation

- I1 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure des madriers au moyen de matelas d'isolant. Ceux-ci sont de type souple et fixés directement sur les parois entre des chevrons pourvus de boutonnières (perçement ovale accueillant l'assemblage de fixation) qui permettent le mouvement de la structure lors du retrait du bois.
- I2 Isolation complémentaire des parois. Ce panneau a également la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

- I3 Isolation acoustique de type panneau de fibres de bois, par exemple. Cet isolant réduira les bruits d'impact sous la chape flottante. Il est également conseillé sous un revêtement de type plancher en bois (sans chape de ciment).

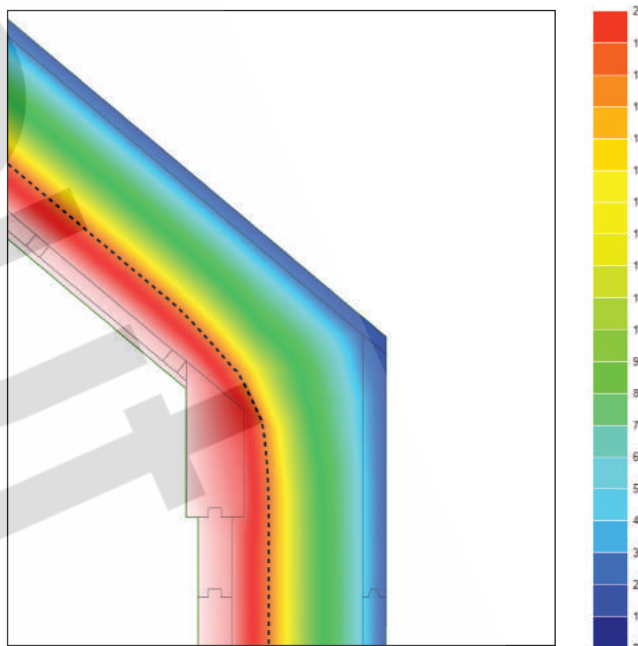
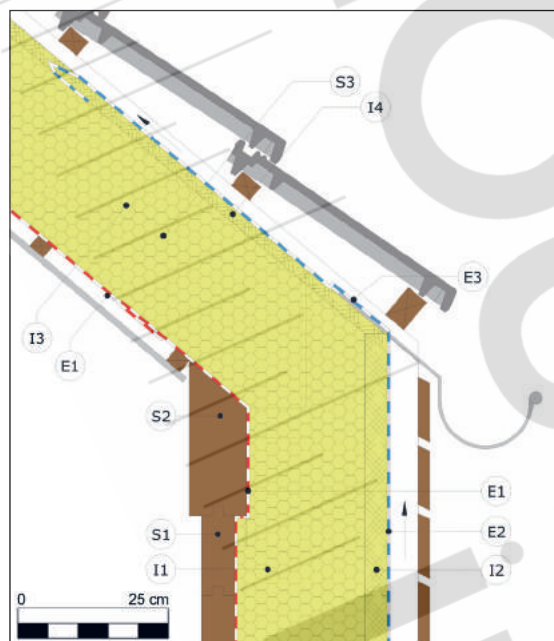
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe verticale dans le pied de toiture



### Structure

- S1 Madriers empilés formant la paroi verticale de l'étage.
- S2 Madriers de ceinture (muralière) permettant la pose de la structure de toiture. Il est posé par emboîtement sur la paroi de l'étage.
- S3 Chevrons de toiture. Posés à intervalles réguliers, ils peuvent être autoportants ou appuyés sur des pannes et le faîte.

### Étanchéité

- E1 Étanchéité à l'air. Membrane pare-vapeur ou frein-vapeur placé sur le côté chaud de l'isolant. Un vide technique est conseillé pour le passage des câblages (électricité). Pour les parois verticales, afin d'éviter une détérioration de cette membrane due aux tassements des madriers, celle-ci sera obligatoirement fixée aux chevrons entre lesquelles sera placé l'isolant. En effet, les chevrons sont fixés aux madriers par des systèmes de fixation permettant le mouvement de la structure au moment du retrait des madriers.
- E2 Membrane protégeant le panneau sous-jacent des rayons U.V. (en cas de bardage ajouré). Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.
- E3 Bavette d'étanchéité protégeant le pied de toiture et rejetant les eaux éventuelles dans la gouttière.

### Isolation

- I1 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure des madriers au moyen de matelas d'isolant. Ceux-ci sont de type souple et fixés directement sur les parois entre des chevrons pourvus de boutonnières (percement ovale accueillant l'assemblage de fixation) qui permettent le mouvement de la structure lors du retrait du bois.
- I2 Isolation complémentaire des parois. Elle est réalisée au moyen d'un panneau isolant, fixé sur les chevrons. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Dans le cas d'une couverture de type bardage ajouré, il sera nécessaire de prévoir une protection anti-UV.
- I3 Isolation de la toiture : elle est le plus souvent réalisée par insufflation de fibres ou flocons, soit via la pose de panneaux isolants souples. Les matériaux d'origine renouvelable (fibre de bois et cellulose) offrent en

moyenne un confort supérieur grâce à leur faculté de retarder le transfert de chaleur en période estivale.

- I4 Sous-toiture isolante : le plus souvent réalisée avec un panneau isolant hydrofuge. Il est important de bien ventiler ce panneau afin d'éviter les surchauffes en toiture. Un espace de 5 cm minimum entre le panneau isolant et la couverture est recommandé. Le premier panneau isolant en pied de toiture est doublé d'une membrane de pare-pluie afin d'assurer le rejet d'eau éventuelle dans la gouttière. La continuité thermique est assurée par la jonction entre ce panneau et le panneau de façade (I2).

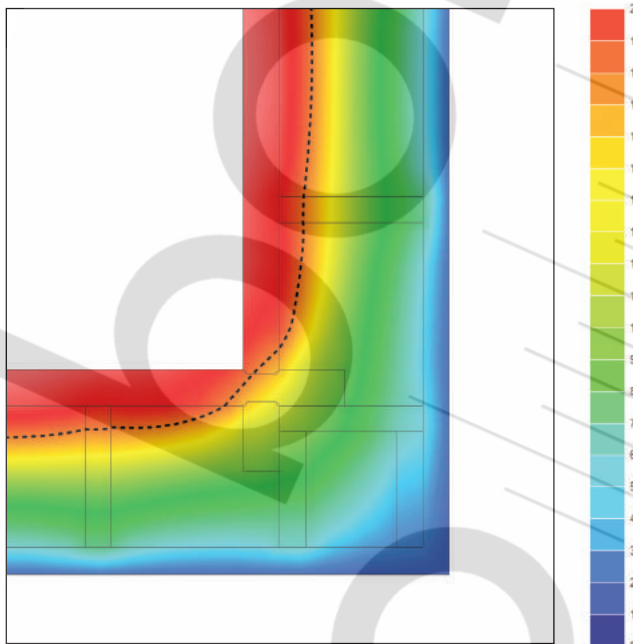
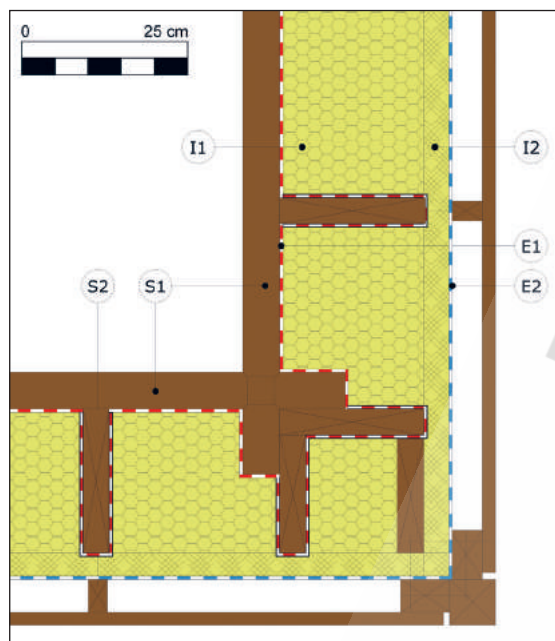
### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

## Détail technique : coupe horizontale à l'angle de 2 murs



### Structure

- S1 Madriers empilés formant la paroi verticale
- S2 Chevrons assemblés au travers d'une boutonnrière (orifice ovale préforé) aux madriers ayant pour but de porter le bardage extérieur

### Étanchéité

- E1 Membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la structure. Afin d'éviter une détérioration de cette membrane due aux tassements des madriers, celle-ci sera obligatoirement fixée aux chevrons entre lesquelles sera placé l'isolant. En effet, les chevrons sont fixés aux madriers par des systèmes de fixation permettant le mouvement de la structure au moment du retrait des madriers.
- E2 Membrane assurant l'étanchéité aux U.V. et protégeant le panneau sous-jacent. Cette membrane peut également assurer une fonction de pare-pluie si elle n'est pas assurée par le panneau isolant.

### Isolation

- I1 Isolation des parois. Elle est réalisée sur la face extérieure des madriers au moyen de panneaux d'isolant. Ceux-ci sont de type souples et fixés directement sur les parois.
- I2 Isolation complémentaire des parois. Elle est réalisée au moyen d'un panneau isolant, fixé sur les chevrons. Ce panneau peut avoir la fonction de pare-pluie. Le revêtement extérieur pourra être réalisé soit par la pose d'un bardage (une membrane pare-pluie anti-U.V. sera nécessaire dans le cas d'un bardage ajouré), soit par la mise en œuvre d'un enduit sur l'isolant (si celui-ci le permet), soit par un parement en briques, etc...

### Remarque

Les éléments de couverture de façade, peuvent être de nature différente, ils ne sont pas décrits.

### Commentaire thermographie

La ligne en pointillé noir représente l'isotherme des 14°. Si cet isotherme se situe, en partant de l'intérieur, avant la membrane pare- ou freine-vapeur, le risque de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air est à craindre. Le recours à une simulation des transferts de chaleur et d'humidité sous un régime climatique dynamique sera dès lors à réaliser pour vérifier que l'humidité ne s'accumule pas à cet endroit dans le temps.

#### 4.1.5 COMPARATIF DES 4 SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

Système constructif	Ossature bois	Madriers empilés	Panneaux massifs	Poteaux-poutres
Application courante	Habitation individuelle	Habitation individuelle	Habitation individuelle Petits immeubles	Habitation individuelle Petits immeubles Industriels
Nombre de niveau maximum	Rez+2+Toiture	Rez+1+Toiture	Rez+6	Rez+4
Facilité de mise en œuvre	++	+++	+++	++
Transport et manutention	+++	++	+	++
Possibilité de préfabrication	+++	+++	+++	++
Économie du système structurel	++	++	+	+
Rapidité de mise en œuvre	++	+	+++	+
Facilité de transformation ultérieure	++	+	++	+++
Potentiel structurel (porte-à-faux, portées, ...)	++	+	+++	+++
Souplesse d'aménagement intérieur	+	+	++	+++
Stabilité au tassement	++	+	+++	+++
Potentiel d'isolation	+++	+	+	++
Inertie thermique de la construction	+	++	+++	+
Possibilité de bois apparent intérieur	+	+++	+++	++
Facilité d'installation technique				
Modifications ultérieures	+++	+	++	+++
Facilité d'installation VMC	+	+	+++	+++

+ bon  
++ très bon  
+++ excellent

#### Lectures complémentaires

- |  |  |
|--|--|
| <p>[1] J. KOLB. <i>BOIS systèmes constructifs</i>. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, 2010, 319p.</p> <p>[2] T. HERZOG, M. VOLZ, J. NATTERER, R. SCHWEITZER, W. WINTER. <i>Construire en bois</i>. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, 2005, 375p.</p> <p>[3] D. GAUZIN-MÜLLER. <i>Construire avec le bois</i>. Le Moniteur. Paris, 1999, 311p.</p> | <p>[4] SCHL. <i>Construction de maisons à ossature bois – Canada</i>. Société canadienne d'hypothèque et de logement. 2005, 272p.</p> <p>[5] JP. OLIVA, S. COURGEY. <i>La conception bioclimatique</i>. Terre Vivante. 2010, 239p.</p> <p>[6] A. GUERRIAT. <i>Maisons passives</i>. L'inédite. 2008, 179p.</p> <p>[7] JP. OLIVA, S. COURGEY. <i>L'isolation thermique écologique</i>. Terre Vivante. 2010, 255p.</p> |
|--|--|





## 4.2. LE BOIS EN REVÊTEMENTS DE SOL

Auteurs: H. Fère (HoutInfoBois) et M. Georges (Centre de Formation Bois)

Les planchers en bois ont officié comme revêtements de sol des constructions pendant des siècles. Longtemps, les planches furent fixées aux supports de façon jointive sans être pour autant assemblées entre elles ; elles constituaient les surfaces utilisables entre étages. Avec le temps, les solutions adoptées évoluèrent pour répondre à de nouveaux besoins. Ce qui n'était qu'un plancher

se transforma en parquet par la mise en œuvre d'éléments en bois préparé en vue de cette destination : profilage, rabotage du parement, rainures et languettes exécutées le long des rives, etc. Ainsi, les planches originelles se transformèrent en lames et le plancher devint parquet.

### 4.2.1. DÉFINITIONS

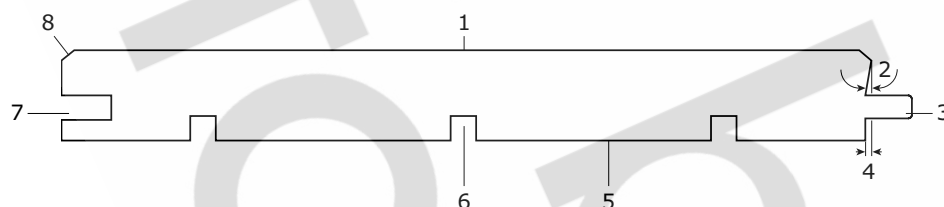
Aujourd'hui, les revêtements de sols font l'objet d'une normalisation européenne.

On parle de :

- plancher massif ou de parquet massif lorsque l'épaisseur totale est en bois massif. L'épaisseur des éléments varie de 6 mm à 30 mm.
- plancher semi-massif ou de parquet semi-massif lorsque la couche d'usure possède une épaisseur de bois d'au moins 2,5 mm lors de la pose du revêtement. Il faut noter que, bien qu'il s'agisse d'un type de plancher très courant, il ne fait pas encore l'objet d'une norme.

- revêtement de sol à placage sur support de type panneau de fibres de bois, si l'épaisseur de la couche d'usure se situe entre 0,6 mm et 2,5 mm lors de la pose.
- revêtements de sols mélaminés ou stratifiés. Ces derniers sont abusivement et erronément appelés parquet ou plancher car ils ne comportent pas de bois massif.

L'évolution de ce type de produits est très rapide et ceux-ci peuvent être très variables selon le fabricant.



- 1 Parement
- 2 Chant oblique
- 3 Languette
- 4 Démaigrissement
- 5 Contre-parement
- 6 Rainure de collage – détensionnement
- 7 Rainure
- 8 Chanfrein

## 4.2.2. TROIS FAMILLES : MASSIFS, SEMI-MASSIFS, STRATIFIÉS

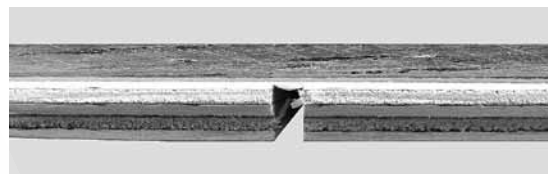
### Le revêtement de sol en bois massif

Le revêtement de sol en bois massif est constitué d'une seule couche d'une seule espèce de bois.

	Plancher	Parquet mosaïque	Lam parquet ou parquet tapis	Parquet rainuré- languetté ou parquet à lames	Bois de bout	Bois de chant
<b>Définition</b>	Il s'agit d'un revêtement de sol en bois massif constitué de planches assemblées entre elles, le plus souvent au moyen d'une rainure et d'une languette.	Parquet constitué de lattes ou lamelles rectangulaires de bois massif pouvant être assemblées en carré élémentaire. Le parquet mosaïque peut être utilisé comme sous-couche, il servira alors de support à un autre revêtement de sol en bois.	Parquet massif composé de lames disposées l'une contre l'autre afin de réaliser un motif (à bâtons rompus, point de Hongrie, etc).	La différence entre plancher rainuré-languetté et un parquet rainuré languetté est théorique. Les largeurs du parquet sont de max. 110 mm ; au-delà de cette largeur, on parle de plancher.	Plancher composé de petits blocs de bois massif dont les fibres sont disposées perpendiculairement au parement. Le plus souvent, l'épaisseur est de 10 à 15 mm mais il existe des cas où l'épaisseur est plus importante.	Il s'agit d'un revêtement de sol constitué de lattes similaires à celles utilisées pour le parquet mosaïque mais elles sont posées sur le chant.
<b>Épaisseur (mm)</b>	18 et plus	8 ± 0,3	6 à 14	≥ 14	10 à 100	20 à 22
<b>Largeur (mm)</b>	70 et plus	≤ 35	30 à 180	≥ 40	25 à 150	8
<b>Longueur (mm)</b>	250 et plus	115 à 165	120 à 600	120 à 600 (parfois plus)	25 à 150	120 à 160
<b>Rainure et languette</b>	Très souvent	Non	Non (très rare)	Oui	Non	Non
<b>Chanfrein</b>	Éventuellement	Non	Éventuellement (rare)	Éventuellement	Non	Non
<b>Finition d'usine</b>	Éventuellement (rare)	Éventuellement	Éventuellement	Éventuellement	Non	Oui

### Le revêtement de sol semi-massif

Par opposition au revêtement de sol massif, le semi-massif est composé de plusieurs couches de bois qui sont, en général, constituées d'une essence différente de celle du parement. Dans certains cas, la couche inférieure est composée d'un panneau (MDF, HDF, panneau bloc de résineux, etc.).



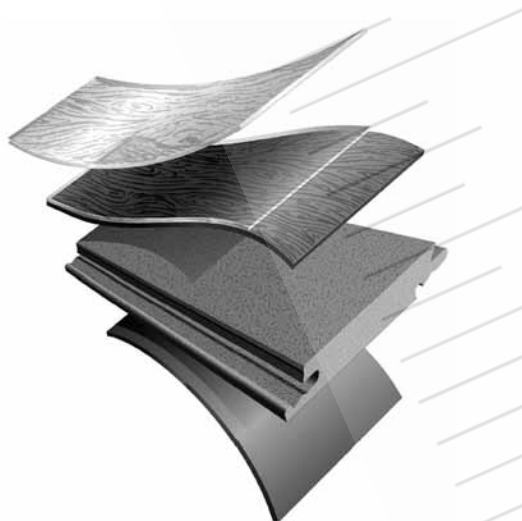
Nom	Définition	Épaisseur (mm)	Largeur (mm)	Longueur (mm)	Rainure & languette	Chanfrein	Finition d'usine
Parquet contrecollé	Le parement présente une épaisseur toujours supérieure ou égale à 2,5 mm de bois massif. Ce parement peut être d'un seul tenant ou constitué de lamelles assemblées.	8 à 30	90 à 200	300 à 2400	Oui	Éventuellement	Éventuellement
Revêtement de sol à placage	Revêtement en bois dont la couche d'usure en bois massif a une épaisseur inférieure à 2,5 mm. En général, la sous-couche est un panneau HDF.	6 à 8	80 à 250	900 et plus	Oui	Éventuellement	Oui

### Le revêtement de sol stratifié

Ce type de revêtement est caractérisé par le fait que le parement n'est pas constitué de bois mais d'une ou de plusieurs couches de papier Kraft imprégnées de résines thermodurcissables aminoplastes. Cette ou ces couche(s) forme(nt) le décor du revêtement et sont protégées par une couche de finition transparente appliquée par-dessus. Les motifs de ces revêtements peuvent être de tous genres (bois, fantaisie, etc.). La partie inférieure est, en général, un panneau type MDF, HDF ou aggloméré.

Le ponçage du parement de ces revêtements est proscrit étant donné qu'il ne s'agit pas de bois.

Les marchés du mélaminé et du stratifié sont en constante évolution. De par les nombreux progrès réalisés dans ces domaines, les différences de qualité d'un revêtement mélaminé par rapport à un stratifié tendent à s'estomper. Néanmoins, au sein d'un même type (mélaminé ou stratifié), on peut constater de très grandes différences de qualité ce qui engendre également de grandes variations de prix !



### 4.2.3. LA POSE DU REVÊTEMENT DE SOL

La pose d'un revêtement de sol est souvent du ressort d'un professionnel et doit s'effectuer dans des conditions très précises et ce, tant au niveau du climat intérieur que du support. Le tableau ci-dessous reprend les conditions que le lieu de pose doit remplir afin de limiter les risques de déformation du revêtement de sol (retrait – gonflement, etc.).

Pourcentage d'humidité relative des bois	Pourcentage d'humidité relative de l'air	Température de la pièce (°C)	Pourcentage d'humidité de la chape	
			Chape à base de ciment	Chape à base d'anhydrite
Entre 8 et 12%	Entre 30 et 60%	Entre 15°C et 22°C	2,5% (mesures C.C.M*) 2 % (si sol chauffant)	0,7%

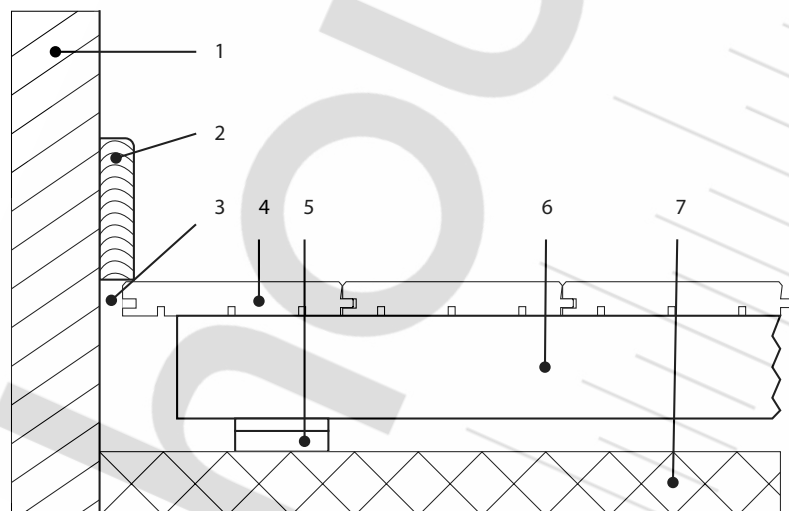
\* Calcium Carbide Methode ou Méthode de la bombe à carbure

Les conditions à remplir par le matériau sont également très importantes. En effet, selon l'espèce de bois choisie, celui-ci aura un comportement différent en fonction de la modification des conditions ambiantes. Les propriétés physiques et mécaniques des espèces, la qualité du bois (présence de nœuds, fil du bois, présence d'aubier, etc.), le mode de débit guideront votre choix (voir chapitre 2).

Si l'humidité relative du bois ainsi que les conditions ambiantes de la pièce reprises dans le tableau ci-dessus sont remplies, il n'est pas nécessaire de laisser s'acclimater les planches au milieu ambiant avant la pose. Si ces conditions ne sont pas rencontrées, il est nécessaire d'ouvrir les paquets de bois et de laisser le taux d'humidité du bois se mettre en phase avec le milieu ambiant.

### Types de pose

La pose d'un revêtement de sol (en bois ou stratifié) peut s'effectuer de quatre manières : la pose collée, la pose clouée, la pose clouée-collée et la pose flottante. A chacun des types de revêtement de sol décrits précédemment peut correspondre une ou plusieurs techniques de pose. La décision finale dépendra du type de revêtement, du support, des conditions ambiantes (humidité, température, etc.) et de critères acoustiques et thermiques.



- 1 Mur ou paroi
- 2 Plinthe
- 3 Joint de dilatation (pour tous types de pose)
- 4 Revêtement de sol
- 5 Cales (éventuelles en fonction du type de pose)
- 6 Lambourde ou autre support
- 7 Support (chape simple ou de réagrément)

### La pose collée

En ce qui concerne le collage, on recense trois grandes familles de colles : colles en phase aqueuse (appelées aussi colles en dispersion ou colle « blanche »), les colles polyuréthanes mono et bi-composants et les colles à base de polymères (MS-polymère, SPUR et autres technologies hybrides).

Dans tous les cas, le nettoyage de la chape ou du sous-parquet doit être impeccable. Tout résidu de peinture, graisse ou dépôt de ciment ou de plâtre peut empêcher la pose du plancher. La planéité du support est essentielle pour garantir la pose correcte d'un plancher.

### La pose clouée

Ce système de fixation ne concerne pas les revêtements de sol stratifiés. La pose clouée se fait, en général, soit sur une lambourde soit sur un panneau. La pose peut être associée avec un collage afin d'augmenter les chances de contact entre le revêtement et la colle. Une fois la colle séchée, les clous sont d'une moindre utilité.

### La pose flottante

Il s'agit du système de pose le plus courant pour les revêtements de sol stratifiés

Afin de réduire la transmission du bruit lié au contact entre une personne ou un objet et le parement, on peut opter pour une pose flottante. On utilise dans ce cas un isolant placé entre le revêtement de sol et le support. Il s'agit souvent de polystyrène d'une épaisseur minimum de 3 mm, mais d'autres types d'isolants, tout aussi efficaces, peuvent également faire l'affaire : softboards, laine de roche, liège, etc.

En cas de risque d'humidité (par remontée capillaire), il est préférable de poser une barrière étanche. Il s'agit souvent d'une membrane anticapillaire sur la chape. En général, il s'agit d'un film polyéthylène de 0,2 mm. Il est important de veiller à faire remonter de minimum 5 centimètres le film le long des murs afin d'éviter un contact entre des murs humides et le revêtement. Il faut également veiller à s'assurer d'un recouvrement des bandes de minimum 20 cm. La sous-couche est posée sur cette membrane.

Ce type de pose, relativement facile à maîtriser, est fréquemment adopté par le particulier qui souhaite placer lui-même son revêtement.

Une pose flottante n'est toutefois pas toujours la plus indiquée (fréquence de passage, bruit direct, tenue dans le temps, etc.). Sauf exception, aucun fournisseur ne garantit son revêtement de sol massif s'il a été placé en pose flottante. Ceci est lié au fait que les éléments du revêtement ne sont pas maintenus mécaniquement (par les clous ou/et la colle) et qu'ils sont, par conséquent, libres de se rétracter ou de gonfler suivant les variations des conditions ambiantes (humidité et température de la pièce).

Ce type de pose présente, par contre, l'avantage de permettre assez facilement (lorsque les lattes du revêtement ne sont pas collées entre elles) la restauration ou le remplacement d'un élément du revêtement.

### La pose du revêtement de sol à base de bois

Dans le cas d'un plancher en bois massif, toutes les possibilités de pose peuvent être envisagées. Le choix se fait en fonction du type de lame (dimensions, espèce de bois), des caractéristiques du support, des performances acoustiques souhaitées, de la présence d'un chauffage par le sol, etc.

Quelle que soit la formule de pose adoptée, les lames sont posées en commençant par un côté de la pièce. Un joint de dilatation périphérique de 10 mm minimum doit être ménagé sur tout le périmètre du plancher. Des cales peuvent être utilisées pour garantir la présence de ce joint. Ces cales doivent évidemment être ôtées lorsque la pose est terminée ! Il est important de veiller à la présence d'un joint de dilatation également au niveau de chaque obstacle (par ex. un tuyau de radiateur) ou lors du passage entre deux pièces. Ces joints seront masqués par le débordement d'une plinthe sur le plancher, par des rosaces du même type de bois pour les tuyaux et par des entre-portes séparant deux pièces.

## Tableau récapitulatif

Le tableau ci-dessous reprend pour chacun des types de revêtement de sol à base de bois les différentes possibilités de pose qui existent.

Type de revêtement	Pose collée (*)	Pose clouée (*)	Pose collée-clouée sur sous-parquet (*)	Pose flottante (*)
Plancher	X (**)	X	O	X
Parquet mosaïque	X	/	/	/
Lamparquet	X	/	X	/
Parquet rainuré-languetté	X	X	X	X
Parquet en bois de bout	X	/	/	/
Parquet multicouches	X	X	/	X
Revêtement de sol a placage	X	/	/	X
Revetement de sol synthétique	X (***)	/	/	X

(\*) X pose recommandée

/ pose non recommandée

O type de pose possible mais en concertation avec le professionnel

(\*\*) Lorsqu'il s'agit d'une pose clouée, pour assurer l'autoportance du revêtement, celui-ci doit avoir une épaisseur de minimum 18 mm

(\*\*\*) Il existe des revêtements stratifiés à coller destinés principalement à un usage en salle de bains (milieu humide).

## La pose du revêtement de sol stratifié

### Le revêtement de sol mélaminé

Etant donné que ce type de revêtement présente un faible retrait ou gonflement, la pose flottante est la plus courante.

L'assemblage des lames se fait de la même manière que pour un plancher rainuré-languetté en pose flottante. La colle doit donc être appliquée sur les deux côtés de la rainure. Il existe toutefois sur le marché de plus en plus de revêtements stratifiés qu'il n'est même plus nécessaire d'assembler par collage. Ces éléments se « clipsent » l'un dans l'autre au niveau de la rainure et de la languette spécialement profilées à cet effet. Ce type de « clips » permet soit une pose par enchâssement horizontal des planches soit par enchâssement d'une planche en oblique dans une planche horizontale. Seuls quelques types de clips actuellement sur le marché permettent les deux types

d'assemblage ; ils présentent le grand avantage qu'à l'approche d'un mur ou d'un obstacle, il ne faut pas découper la languette comme dans le cas d'un clips ne permettant pas un enchâssement horizontal.

Un autre avantage des lames clipsées est qu'elles sont souvent démontables en cas de problèmes importants (inondation, etc.)

Dans ce cas également, un joint de dilatation de 10 mm doit être prévu sur tout le pourtour du revêtement ainsi qu'au niveau de chaque obstacle (tuyau de radiateur, etc.).

## 4.2.4. LA FINITION ET L'ENTRETIEN DES REVÊTEMENTS DE SOL

### Les revêtements de sol à base de bois

#### Généralités

Comme cela est mentionné dans les tableaux descriptifs des différentes sortes de revêtement à base de bois, une finition d'usine peut être appliquée, et dans ce cas, il n'y a plus de traitement complémentaire immédiat à effectuer. S'il n'y a pas de finition en usine, un traitement complémentaire s'avère alors nécessaire et sera fonction du type de bois, de l'aspect esthétique que l'on souhaite obtenir et de la fréquence d'entretien.

L'objectif de la finition est d'éviter les taches qui résultent, notamment, de l'obstruction des pores du bois par l'accumulation de saletés. Il s'agit également d'empêcher une usure trop rapide du parement et d'atténuer les effets des changements éventuels des conditions ambiantes. Une espèce de bois tendre (dont la masse volumique est faible) aura beaucoup plus vite tendance à s'user qu'une essence dure (masse volumique élevée).

Dans tous les cas, quel que soit le type de finition choisi, il est impératif d'appliquer la ou les couches sur un support propre et dépoussiéré. Cette application doit également se faire après un laps de temps qui est spécifique à chaque produit.

#### Préparation du revêtement: le ponçage

Le ponçage est la première étape avant l'application d'un produit de finition ou la rénovation du revêtement. L'objectif du ponçage est d'acquies le degré de planéité nécessaire, d'éliminer tout reste de produit d'entretien (cire, huile) lorsqu'il s'agit de travaux de rénovation et de préparer le revêtement à la finition. Il s'agit d'une opération très délicate qu'il est souvent préférable de confier à un professionnel.

#### La finition et l'entretien à la cire (encaustique)

Avec un tel traitement, la structure du bois reste bien apparente. Une nouvelle application de cire à certains endroits ne pose aucun problème.

La résistance à l'usure de la couche de cire est assez faible. Un revêtement ciré est également sensible à l'humidité et aux taches. Ce type de finition sera donc surtout utilisé dans des pièces peu fréquentées et peu humides.

L'entretien se fait une à deux fois par an. Les endroits des taches sont nettoyés au chiffon imbibé d'essence de térébenthine et de la cire est appliquée sur les surfaces nettoyées.

#### La finition et l'entretien des vernis

##### Types de vernis

De nombreux vernis sont disponibles sur le marché. En fonction de l'humidité de la pièce où le revêtement sera posé, de la fréquence de passage, de la résistance au nettoyage et aux types de produits nettoyants utilisés, le choix sera orienté vers l'un ou l'autre des vernis existants.

##### – Vernis à base de résine alkyde.

Dans cette catégorie, on retrouve les vernis uréthanes alkydes qui présentent l'inconvénient de jaunir après un certain temps. La résistance à l'usure des vernis à base de résine alkyde classique est plus faible que les autres types de vernis.

##### – Les vernis polyuréthanes en phase liquide.

Ces vernis sont à un ou deux composants.

Lorsqu'il s'agit de vernis à deux composants, le mélange doit se faire au moment du traitement du revêtement. Le délai d'application entre deux couches pour les vernis polyuréthanes est de 8 à 36 heures afin de s'assurer d'une bonne adhérence entre les couches.

Les monocomposants doivent être appliqués en fine couche. Pendant le durcissement, du gaz carbonique s'évapore. Si la couche est trop épaisse, le gaz ne peut pas s'échapper et de petites bulles apparaissent dans la couche de vernis.

##### – Les vernis polyuréthane en phase aqueuse.

Ce sont des vernis à base d'eau. Ces vernis ainsi que ceux en phase liquide se démarquent par leur résistance élevée à l'usure, leur résistance aux substances chimiques et leur longue durée de vie.

##### – Les vernis issus de dispersion polyuréthane-acrylate.

Ces vernis allient les propriétés favorables des vernis polyuréthanes et la facilité d'application des produits en phase aqueuse. Leur séchage est très rapide. Par conséquent, plusieurs couches peuvent être superposées quotidiennement. Ces vernis pénètrent moins profondément dans le bois et ont une action légèrement éclaircissante ce qui diminue légèrement la visibilité du dessin du bois.

### Finition et entretien

L'application du vernis en plusieurs couches (minimum deux, de préférence trois) augmentera nettement la durée de vie de la couche protectrice.

La résistance du vernis aux chocs, à l'humidité et à l'usure est très grande. Toutefois, l'inconvénient des finitions est qu'elles s'usent de manière hétérogène, c'est-à-dire de préférence aux endroits de passage fréquent. Cette usure se manifeste par un éclat plus mat. Dans le cas du vernis, l'application d'une couche à l'endroit usé ne suffit pas car la zone revernée n'aura pas la même couleur que le reste du revêtement. Il est donc nécessaire de poncer à nouveau l'ensemble de la pièce et de revernir afin de s'assurer d'une homogénéité de teinte.

Dès que la dernière couche de vernis a durci, l'application d'un polish va donner un éclat plus brillant au revêtement et protéger le vernis. En outre, lorsque la surface redevient mate, c'est le signe que la couche supérieure du vernis va commencer à s'user et qu'il est utile de réappliquer le métallisant. Ce dernier s'applique très facilement à la serpillière. A noter qu'il ne faut pas appliquer le polish avant 10 jours afin de laisser le vernis durcir totalement.

### **Les revêtements de sol stratifiés**

---

Etant donné que le parement n'est pas en bois, il n'y a pas de finition proprement dite. Ceci signifie que la pose doit être d'autant plus soignée que le parement est définitif et que tout coup, griffe ou autre altération de la surface ne pourra être réparé ou masqué.

L'entretien se fait en, général, avec un torchon légèrement humide. Certains produits sont vendus pour entretenir les revêtements de sol stratifiés. Ils n'ont, en réalité, qu'une fonction lustrante plus ou moins efficace mais ils n'entretiennent pas le

### **La finition et entretien à l'huile**

Les produits à base d'huile pour la finition et l'entretien des revêtements de sol à base de bois sont de plus en plus utilisés. L'huile est un produit non ou semi-filmogène qui pénètre plus en profondeur que les vernis. Elle présente le grand avantage que lorsqu'une retouche est à effectuer, une simple application locale suffit. Ce type de produit convient très bien pour des endroits de grands passages.

revêtement stratifié. Il est toutefois important de mentionner que certains produits classiques d'entretien contiennent des substances trop mordantes qui peuvent altérer irrémédiablement la couche superficielle des lames stratifiées. Afin d'éviter ce désagrément, il est, dès lors, conseillé d'utiliser un produit de la même marque que le revêtement de sol.



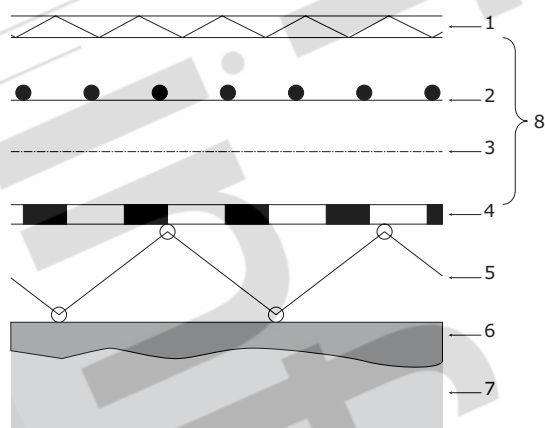
## 4.2.5. CAS PARTICULIERS

### Le chauffage par le sol

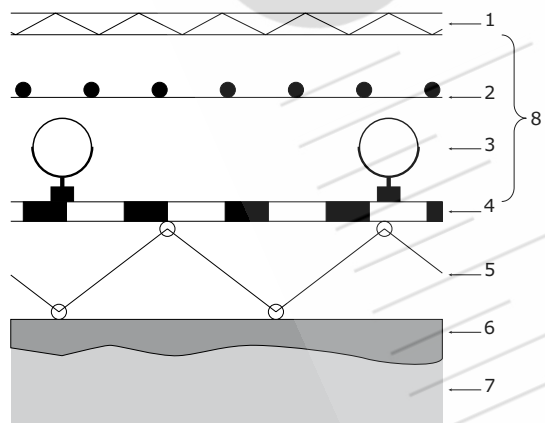
#### Généralités

Lorsque l'on dispose d'un chauffage par le sol (comme le chauffage par câbles électriques ou par circulation d'eau chaude dont les éléments sont noyés dans la chape), le choix du revêtement de sol doit **toujours** être envisagé avec soin. Les caractéristiques thermiques du revêtement de sol utilisé interviennent, en effet, dans le transfert de chaleur du système de chauffage vers la pièce.

Bien que la sensation de confort soit liée à des facteurs thermiques et hygroscopiques, nous ne traiterons ici que de l'aspect relatif à la température.



- 1 Revêtement de sol
- 2 Treillis d'accrochage
- 3 Résistance électrique
- 4 Membrane d'étanchéité
- 5 Isolation
- 6 Chape de réagrément
- 7 Béton
- 8 Chape



- 1 Revêtement de sol
- 2 Treillis d'accrochage
- 3 Tuyau d'eau chaude
- 4 Membrane d'étanchéité
- 5 Isolation
- 6 Chape de réagrément
- 7 Béton
- 8 Chape

#### Température du sol

Pour des raisons de 'bien-être', on admet généralement que la température au sol ne doit pas dépasser 27 °C. Cette température est suffisante pour atteindre une température moyenne au centre de la pièce de 20 °C.

#### Température ambiante

La température moyenne des différents lieux de vie se doit d'être homogène, l'évolution des températures doit se répartir dans une plage de 2 °C, entre la tête (1,80 m) et les pieds (0,10 m au-dessus du sol). Bien qu'il soit difficile d'atteindre ce critère, le chauffage par le sol est un des systèmes qui permet d'assurer l'homogénéité des températures. Un autre avantage réside dans le fait que la température au sol sera uniforme.

#### La résistance thermique des planchers

La résistance thermique (R) traduit la qualité isolante d'un plancher. Cette résistance est fonction de la conductivité thermique ( $\lambda$ ) de l'espèce de bois utilisée et de l'épaisseur (e) du parquet ou de chaque couche du parquet dans le cas d'un parquet contrecollé.

La résistance thermique s'exprime par la formule suivante :  $R = \sum e/\lambda$   
avec :

- R (en  $m^2 \cdot K / W$ ) : résistance thermique du parquet
- e (en m) : épaisseur de chaque couche du parquet
- $\lambda$  (en  $W / m \cdot K$ ) : coefficient de conductivité thermique de l'espèce utilisée

Le coefficient  $\lambda$  a les valeurs suivantes :

- $\lambda = 0,29$  pour les feuillus de densité supérieure à 0,8
- $\lambda = 0,23$  pour les feuillus de densité comprise entre 0,6 et 0,8
- $\lambda = 0,15$  pour les feuillus et les résineux de densité comprise entre 0,45 et 0,60
- $\lambda = 0,12$  pour les feuillus et les résineux de densité comprise entre 0,3 et 0,45

Au plus la valeur  $\lambda$  est faible, au plus la résistance thermique est grande.

**La résistance thermique du revêtement de sol, y compris l'isolation phonique éventuelle, située au-dessus du système de chauffage, ne doit pas dépasser 0,18  $m^2 \cdot K/W$ .**

Ci-dessous, deux exemples de calcul de résistance de revêtement de sol en fonction du type de revêtement sont présentés :

→ Calcul pour un parquet mosaïque en chêne de 8 mm d'épaisseur + parquet de chêne massif collé-cloué de 9 mm d'épaisseur :

$$R = 0,008/0,23 + 0,009/0,23 = 0,073 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$$

→ Calcul pour un parquet contrecollé avec un parement en chêne de 3 mm et une sous-couche en résineux léger de 8 mm :

$$R = 0,003/0,23 + 0,008/0,12 = 0,013 + 0,067 = 0,08 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$$

Pour chacun des exemples, les revêtements répondent à l'exigence de base ( $R < 0,18 \text{ m}^2 \cdot \text{°K/W}$ )

### Caractéristiques essentielles du parquet

L'objectif du chauffage par le sol étant de transmettre sa chaleur à la pièce, le rendement de l'installation sera d'autant meilleur que les éléments séparant la source de chaleur de l'air ambiant seront plus conducteurs. Or, comme le principal élément séparant ces deux milieux est le parquet, sa résistance thermique doit être faible ( $\lambda$  élevé).

D'autre part, le bois mis en œuvre sur un tel type de sol doit être très stable. En effet, il est connu que le bois est un matériau hygroscopique. Lorsque l'air devient plus sec, le bois perd de son humidité et le parquet se rétracte (ce phénomène s'accroît du fait de la proximité de la source de chaleur lors d'une pose sur sol chauffant). Inversement, lorsque l'air s'humidifie, le bois reprend de l'humidité et le parquet se dilate.

### Types de parquets convenant aux sols chauffants

Comme la résistance thermique est proportionnelle à l'épaisseur du matériau, elle sera d'autant plus faible que le parquet sera mince. D'autre part, la conductivité thermique du bois s'élevant avec sa densité, plus le bois sera dense, meilleure sera la conductivité du parquet. Enfin, la chaleur se transmettant idéalement par conduction, une liaison par collage entre le parquet et le sol chauffant constitue la meilleure solution. C'est donc le parquet collé, généralement mince, qui offre les meilleures garanties sur le plan thermique mais aussi au niveau de la stabilité.

Les revêtements de sol en bois qui peuvent répondre à ces critères sont :

- les parquets mosaïques (voir ci-dessus)
- le lamparquet ou parquet tapis (voir ci-dessus)
- les parquets contre-collés ou multicouches (voir ci-dessus)

On peut envisager d'autres types de parquets à coller, dans la mesure où leur épaisseur est compatible avec la résistance thermique maximale admise et où leur stabilité est démontrée (les lames larges sont à éviter). Les parquets en bois de bout sont à proscrire.

Les sols stratifiés et mélaminés, de par leur densité élevée et leur faible épaisseur, présentent une bonne conduction thermique et peuvent, par conséquent, être une solution intéressante dans le cadre de la pose sur sol chauffant.

### Règles de bon usage

- L'installateur du chauffage doit être clairement averti qu'un revêtement de sol en bois sera posé sur la chape.
- L'épaisseur de la chape au-dessus des tuyaux de chauffage doit être d'au moins 50 mm.
- Il est essentiel de **toujours** poser un parquet sur un support sec. Il est d'ailleurs nécessaire de bien veiller à ce qu'il n'y ait pas de risque de condensation possible sous le revêtement en bois.
- Il est important de s'assurer que la température maximale des tuyaux de chauffage n'atteigne pas plus de 55°C.
- Après le séchage naturel de la chape, il est nécessaire, avant d'entreprendre la pose d'un parquet, de procéder à une mise en température de l'installation de chauffage et à son maintien pendant une durée d'une semaine au moins. Ce chauffage sera interrompu au minimum 48 heures avant la pose du parquet. Néanmoins, la température de la pièce au moment de la pose devra, de préférence, être comprise entre 15 et 22°C.
- Vérifier l'humidité du bois. Sans chauffage par le sol, l'humidité relative du bois doit varier entre 8 et 12%, mais au regard des conditions desséchantes au niveau du sol en présence d'un chauffage par le sol, il est préférable que l'humidité relative des bois oscille entre 7 et 10%.
- L'humidité relative de la pièce devra être comprise entre 40 et 60%
- Ne pas oublier les espaces de dilatation
- Remettre progressivement le système de chauffage en route une semaine au moins après la pose du parquet. Il s'agit, en général, d'augmenter la température de 5°C par jour.

**La pose d'un parquet sur un sol chauffant doit être confiée à un professionnel.**

## L'utilisation du bois en salle de bains

### Généralités

Il est évident que le bois ne jouit pas d'une bonne réputation en ce qui concerne son comportement vis-à-vis de l'humidité. Il est néanmoins tout à fait concevable de l'utiliser dans des pièces dont le taux d'humidité relative de l'air peut être très important, mais cette utilisation ne peut se faire sans prendre certaines précautions.

Le bois étant un matériau hygroscopique, il va se mettre en équilibre avec son environnement. Pratiquement, il se dilatera ou se rétractera en fonction de la variation de la température et du taux d'humidité du local au sein duquel il se trouve. Si l'humidité augmente, le bois gonfle et si elle diminue, il se rétracte. Or, cette mise en équilibre se fait progressivement et dans une salle de bains, le taux d'humidité de l'air ne sera élevé qu'à certains moments de la journée et ce, pendant un laps de temps généralement peu important.



### Règles de bon usage

- 1) Choisir une espèce de bois stable et dont la classe de durabilité est comprise entre I et III (comme le châtaignier, le robinier, le padouk, le douglas, le merbau, l'afzélia, etc). Pour le revêtement mural, on peut choisir des bois plus tendres le western red cedar, le mélèze, le douglas, etc.
- 2) Il est important d'empêcher l'eau de pénétrer sous les éléments en bois du sol, par une mise en œuvre adaptée c'est-à-dire :
  - un soin particulier doit être apporté aux joints, tant entre les lames avec un collage soigné qu'en périphérie où l'on utilisera des silicones de bonne qualité.
  - on aura soin de prévoir des joints de dilata-tions et de les protéger contre une infiltration d'eau avec, par exemple, un cordon de silicone.
  - éviter que de l'eau ne stagne sur le bois en l'essuyant simplement avec un tissu absorbant.
  - prévoir une bonne ventilation, en recourant, par exemple à un extracteur qui se mettrait en route dès l'allumage de la lumière et qui s'arrêterait cinq minutes après l'extinction de la lumière. Ou encore en laissant la fenêtre de la salle de bains en position oscillo-battante afin de remplir les conditions ambiantes mentionnées ci-dessus.

### Lectures complémentaires

- [1] Franck Briatte, *Art et techniques du Parquet*, ed. Vial, 2002, 261 pages.
- [2] FCBA, *Guide parquets*, ed. FCBA, 2004, 148 pages.
- [3] Note d'Information Technique N° 218 : *Revêtements de sol en bois ou à base de bois*, Centre Scientifique et Technique de la Construction, Décembre 2000, 151 pages.

- [4] Hugues Frère, Marc Georges, *Le bois...en revêtement de sol*, Hout Info Bois, 34 pages.

- [5] C. DECAESSTECKER. *NIT 218 : Revêtements de sol en bois : Planchers, parquets et revêtements de sol à placage*. CSTC 2000/12.



## 4.3. REVÊTEMENTS DE FAÇADE EN BOIS : CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE

Auteurs: S. Charron et E. Defays

En milieu rural aussi bien qu'en milieu urbain, le bardage en bois a, en quelques années, presque pris rang de classique ; il apparaît, sous des formes très variées, sur tous les supports : maisons individuelles, logements collectifs, bâtiments industriels, agricoles, culturels, etc.

Fin 2011, le CSTC a publié une Note d'Information Technique (NIT n° 243) consacrée aux bardages en bois. Ce chapitre n'a pas pour objectif de fournir une version résumée de la NIT Bardages. Il s'agit plutôt de présenter, dans les pages qui suivent, les extraits de la NIT relatifs aux points

qui sont source des problèmes les plus fréquents selon l'expérience des organismes techniques ou des experts.

Autre restriction importante : dans le souci d'éviter toute confusion, il ne sera question ici que des revêtements faits de lames de bois massif ; ceux faits de bardeaux ou de panneaux à base de bois ne seront pas mentionnés. Les conditions de mise en œuvre de ces types de bardages sont très spécifiques et diffèrent considérablement de celles des lames de bois massif, qui restent, par ailleurs, les plus fréquemment utilisées.

### 4.3.1. FORME, AGENCEMENT ET DIMENSIONS DES LAMES

Ces éléments méritent une attention particulière dans la mesure où ils déterminent notamment le comportement des lames lors des cycles séchage / humidification auxquels le bardage est soumis.

#### Forme

En Belgique, il n'existe aucune réglementation concernant le type de profil. Les planches peuvent être profilées suivant le désir de l'acheteur à condition qu'il s'agisse de quantités suffisantes. Les formes courantes sont généralement rectangulaires, trapézoïdales ou en forme de parallélogramme. Les marges et les chants peuvent être pourvus d'un profilage spécial dont la forme est déterminée, d'une part, par des considérations d'ordre esthétique et, d'autre part, en vue de permettre un bon écoulement de l'eau de pluie et le jeu dans les assemblages.

Cependant, la NIT formule quelques exigences pour limiter les désordres ultérieurs. Les profils doivent être suffisamment biseautés, c-à-d disposer d'une inclinaison minimale de 15° (ou de 27 %) pour les parties horizontales exposées et un rayon de courbure minimal des arrondis de 3 mm, afin d'éviter les arêtes vives et toute stagnation d'eau. Les arrondis présentent, par ailleurs, l'avantage d'améliorer l'adhérence des éventuelles couches de finition.

#### Agencement

Trois types d'agencement des lames sont possibles :

– *par recouvrement (ou chevauchement)*

Les lames doivent se chevaucher suffisamment pour permettre les mouvements du bois suite aux variations de son taux d'humidité. La largeur d'un chevauchement simple varie selon le type de revêtement et se situe généralement entre 8 et 12 % de la largeur courante de la lame (avec un minimum de 15 mm afin de recouvrir le système de fixation).

– *par rainure et languette*


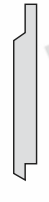


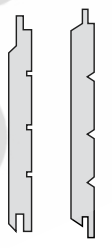
La longueur de la languette doit être supérieure ou égale à 10 % de la largeur totale de la lame. Comme l'illustre la figure 1, il est également recommandé de ménager, en fond de rainure, un jeu de 2 mm au minimum afin de ne pas entraver les variations dimensionnelles du bois.

– *pose ajourée*

C'est de loin le mode d'agencement le plus adapté car il permet une ventilation efficace sur tout le pourtour des lames.

#### Dimensions

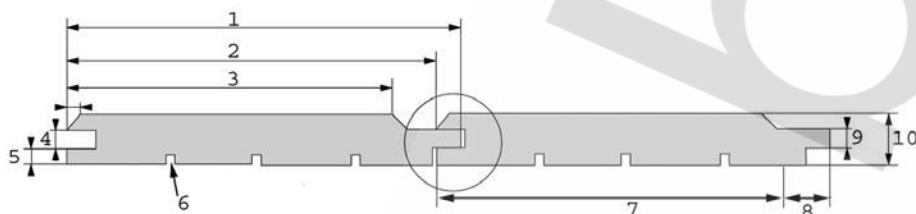
Les lames ont une épaisseur de 18 mm ou plus (8 mm là où les lames biseautées ont la plus faible épaisseur). Il faut souligner que les planches de 15 mm d'épaisseur disponibles sur le marché sont déconseillées compte tenu des risques accrus de déformations ultérieures. Les lames ne peuvent pas être trop larges afin de limiter l'ampleur des mouvements (retrait et gonflement) ainsi que les

Ajouré	CHEVAUCHEMENT			Rainure et languette
	Battée	Recouvrement	Clin	
				

déformations de chaque lame. À ce sujet, le facteur d'élançement des lames (rapport largeur/épaisseur) doit être inférieur ou égal à 8. Ce facteur dépend principalement de la stabilité dimensionnelle de l'espèce de bois, de sa nervosité, de sa qualité et du mode de débitage. Pour les lames à simple chevauchement et en pose ajourée, une largeur courante maximale de 145 mm est recommandée.

Néanmoins, des largeurs et/ou des rapports (largeur/épaisseur) plus importants que ceux mentionnés ci-dessus peuvent être envisagés si des précautions particulières sont prises lors du choix de l'espèce de bois (bois stable), de la qualité du bois et/ou de la mise en œuvre (fixation, positionnement) afin de permettre le mouvement normal du bois.

#### Coupe transversale de deux lames de type courant assemblées par rainure et languette



- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. largeur courante                     | 6. fente de soulagement         |
| 2. largeur utile                        | 7. contre-parement              |
| 3. parement                             | 8. longueur de la languette     |
| 4. largeur (épaisseur)<br>de la rainure | 9. épaisseur de la<br>languette |
| 5. joue sous la rainure                 | 10. épaisseur                   |

### 4.3.2. ESPÈCES, QUALITÉ ET HUMIDITÉ DU BOIS

#### Espèces

Une liste non limitative des espèces de bois adaptées à l'emploi en menuiserie extérieure est accessible sur le site [www.houtinfo Bois.be](http://www.houtinfo Bois.be) (outil > documents à télécharger). Voir également le chapitre traitant des terrasses dans ce document (Chap 4.4). Actuellement, en Belgique, les espèces de bois les plus couramment utilisées sont le cèdre western red cedar (WRC), l'oregon/douglas, le mélèze et certains bois exotiques (padouk, moabi, merbau, etc).

Lors de la spécification d'une espèce de bois dans un document contractuel, il est préférable de mentionner sa dénomination commerciale ainsi que son nom botanique.

#### Qualité

De manière générale, les exigences posées lors du choix du bois pour les portes et châssis de fenêtre sont également d'application pour les éléments de bardage : fil droit, pas d'aubier, faible proportion de nœuds, etc. Cependant, des exigences élevées en matière de qualité (par exemple absence de nœuds, teinte uniforme des lames, fil parfaitement droit) impliquent une sélection sévère qui aura une influence sur le coût. Il est même possible que de telles lames ne soient pas disponibles sur le marché.

Dans tous les cas, la qualité de bois désirée doit être clairement stipulée dans les documents contractuels. Cela peut se faire de 2 manières :

- soit en se référant aux classes d'aspect européennes (NBN EN 14519, 15146 et 14951) Ces trois normes définissent deux classes d'aspect, désignées par les lettres A et B, sur base de plusieurs singularités parmi lesquelles : nœuds, déformations, aubier, fentes, pente de fil, poches de résine, etc. Sauf spécification contraire, ce classement s'applique uniquement au parement, comprenant toute la surface visible de la lame.
- soit en reprenant une description détaillée des imperfections naturelles tolérées ou non. Pour un résultat optimal, il est conseillé de respecter les règles suivantes :
  - bois ne présentant pas de cœur ;
  - pas d'attaques de champignons ;
  - pas de poches de résines ;
  - nœuds sains seulement (le nombre et le diamètre des nœuds ont une influence sur la stabilité dimensionnelle) ;
  - pas de fil tors.

Il convient d'attirer l'attention sur le fait qu'il existe sur le marché des qualités supérieures à celles définies dans ces normes.

**Note :**

Même si la stabilité dimensionnelle ne constitue pas le critère de choix le plus important pour la réalisation de bardages, il est habituellement conseillé de choisir des essences de bois stables ou très stables. Il faut, en effet, tenir compte du fait qu'en bardage, les fortes variations hygrométriques provoquent un important travail (retrait-gonflement) du bois, ce qui rend également significatif le risque de déformations. L'utilisation en bardage d'essences réputées « moyennement stables » entraîne un risque de déformations plus important que les essences traditionnellement utilisées en menuiseries extérieures. Il est difficile de garantir que les déformations (cintrage des lames, par exemple) resteront dans les limites généralement tolérées.

Par conséquent, si un bois moyennement stable est choisi, il conviendra de respecter des dispositions particulières (p.ex. planches de plus faible largeur, fentes de soulagement, régularité du fil, etc.).

**Taux d'humidité**

Afin de réduire au maximum les déformations du bois après la pose du bardage, il est conseillé de sécher le bois, avant la mise en œuvre, jusqu'à un taux d'humidité moyen de  $17 \pm 1 \%$  (à l'exception du mélèze :  $15 \pm 1 \%$ ). Ponctuellement, un taux d'humidité de  $17 \pm 2 \%$  peut être accepté (à l'exception du mélèze :  $15 \pm 2 \%$ ).

Pour l'espèce afzélia doussié (*Afzelia bipindensis*), un taux d'humidité maximum de 25 % est admis lors de la mise en œuvre, pour autant que cela ne pose pas de problèmes lors de l'application d'une éventuelle finition ni suite au retrait, potentiellement plus important.

### 4.3.3. FIXATION DU BARDAGE (CLOUS, VIS, RIVETS)

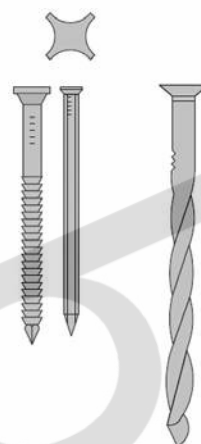
La longueur des fixations est d'au moins 2,5 fois l'épaisseur de la planche de bardage pour les clous et d'au moins 2 fois dans le cas de vis. Généralement, un diamètre de 3 à 4 mm est recommandé.

Les clous lisses et les agrafes sont déconseillés car ils ont tendance à ressortir sous l'action des mouvements hydriques du bois. Il est donc nécessaire de recourir à des moyens de fixation (clous, vis) dont la forme ne permette pas un arrachement ou un soulèvement des lames, par exemple des clous cannelés, torsadés, etc.

Certaines espèces de bois contiennent des matières corrosives, que ce soit par nature (contenus cellulaires acides), ou suite à un traitement de préservation ou d'ignifugation. Dans un milieu humide, ces espèces peuvent endommager les métaux ferreux et provoquer la formation de taches noirâtres par réaction entre les tanins et l'oxyde de fer. En conditions extérieures, il est donc conseillé d'utiliser des systèmes de fixation en acier inoxydable A2 (304L/X2CrNi18-9) ou A4 (316L/X2CrNiMo17-12-2) ou en métal non ferreux.

En bordure de mer (laquelle comprend le littoral sur une profondeur de 3 km, sauf conditions locales particulières), il est préconisé d'utiliser des systèmes de fixation en acier inoxydable de type commercial A4, dont la teneur en nickel et en molybdène plus élevée, offre une meilleure résistance à la corrosion.

**Types de moyens de fixation courants**



### 4.3.4. EXIGENCES TECHNIQUES ET RÉGLEMENTAIRES APPLICABLES AUX BARDAGES EN BOIS

#### Isolation thermique

En Belgique, la réglementation relative à l'isolation thermique des bâtiments relève de la compétence des Régions. Les informations les plus récentes au sujet des règlements thermiques régionaux peuvent être consultées sur le site internet de l'Antenne Normes « Énergie et Climat intérieur » du CSTC : [www.normes.be](http://www.normes.be).

Le placement d'une isolation derrière le revêtement de façade permet d'améliorer sensiblement la performance thermique des parois extérieures d'un bâtiment. Cependant, lors du calcul du coefficient de transmission thermique U, il convient, au sens de la NBN B62-002, de considérer la lame d'air extérieure comme une couche d'air fortement ventilée. De ce fait, le revêtement extérieur en bois et la lame d'air ne doivent pas être pris en compte dans le calcul de la résistance thermique totale de la paroi. Seuls les matériaux placés depuis l'intérieur jusqu'au niveau du pare-pluie sont pris en considération.

#### Sécurité incendie

En Belgique, la sécurité contre l'incendie fait l'objet d'une réglementation. Il s'agit principalement de l'arrêté royal du 7 juillet 1994 relatif aux normes de base en matière de prévention incendie qui s'appliquent à tous les nouveaux bâtiments (bureaux, appartements, etc.), à l'exclusion des maisons unifamiliales.

La nouvelle version de l'annexe 5 de cet arrêté (disponible sur le site de l'Antenne Normes « Prévention du feu » du CSTC : [www.normes.be](http://www.normes.be)), qui devrait être publiée prochainement au Moniteur belge, stipule que les revêtements de façade doivent présenter au moins la classe de réaction suivante :

- pour les bâtiments bas (hauteur inférieure à 10 m) : D-s3, d1
- pour les bâtiments moyens et élevés (hauteur supérieure à 10 et 25 m respectivement) : B-s3, d1

La décision 2006/213/CE a établi, sous certaines conditions, la classe de réaction des revêtements extérieurs en bois sans devoir procéder à un essai. Le tableau 1 résume cette décision. Il montre que les bardages en bois satisfont à l'exigence en vigueur pour les bâtiments bas, leur classe D – s2, d0 étant plus favorable que la classe D – s3, d1 requise.

Le cas du cèdre (WRC) doit ici faire l'objet d'une remarque importante, eu égard à son omniprésence en bardage. Sa densité est inférieure à 390 kg/m<sup>3</sup>, mais, sur la base de rapports d'essai et de classification du laboratoire ayant réalisé les essais dans le cadre de la décision 2006/213/CE, un système de revêtement de façade en lames de cèdre présente une classe de réaction au feu D -s2, d0, pour autant que les conditions suivantes soient respectées.

- épaisseur moyenne des lames ≥ 17,6 mm,
- densité moyenne des lames ≥ 350 kg/m<sup>3</sup>
- conditions de pose in situ: placement avec un vide ventilé (de 25 mm) et substrat (isolation par exemple) à l'arrière de l'intervalle d'air au moins de classe A2 – s1, d0. Selon de récentes directives européennes, le pare-pluie classique (membrane d'étanchéité) est considéré comme ayant une influence insignifiante sur le comportement au feu du système de façade.

Pour les bâtiments moyens et élevés, les critères en matière de réaction au feu des matériaux utilisés en revêtements de façades sont plus sévères : classe B-s3, d1 ou mieux. Sans traitement ignifuge, les revêtements en bois ne peuvent présenter une telle classe de réaction au feu.

Les exigences relatives à la stabilité et à l'isolation acoustique, dont traite également la NIT, ne seront pas abordées ici, toujours dans le souci de ne mentionner que les sources de difficultés potentielles.

#### Classe de réaction au feu d'un revêtement de façade en bois massif selon la décision 2006/213/CE

Densité moyenne minimale	Épaisseurs minimales (totale/ minimale)	Conditions de mise en œuvre	Classe de réaction
390 kg/m <sup>3</sup>	18/12 mm	Avec intervalle d'air libre derrière*	D – s2, d0

\* Le substrat (isolation, par exemple) à l'arrière de l'intervalle d'air doit au moins appartenir à la classe A2 - s1, d0 avec une densité minimale de 10 kg/m<sup>3</sup>.



### 4.3.5. PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ : DRAINAGE ET VENTILATION DE LA LAME D'AIR

Il s'agit évidemment d'une partie cruciale de la NIT, une mauvaise gestion des relations entre le bois et l'humidité étant la cause majeure des difficultés rencontrées.

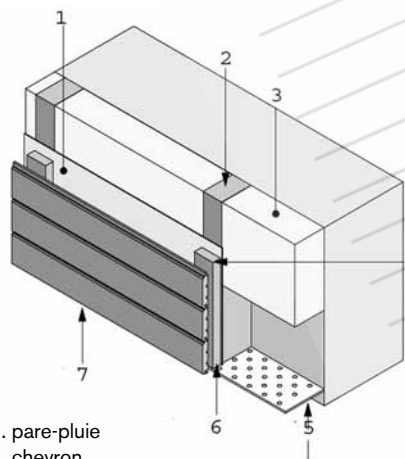
#### Lame d'air

- Quel que soit le type de bardage mis en œuvre, il est indispensable de ménager une lame d'air de minimum 15 mm de largeur au dos de celui-ci (25 mm dans le cas du cèdre lorsque des exigences relatives à la réaction au feu sont imposées à la façade). La lame d'air a de nombreux objectifs, parmi lesquels : évacuer l'eau qui pénètre par les joints entre lames et empêcher sa pénétration dans le mur sous-jacent ;
- permettre le séchage de l'humidité éventuellement présente dans le bardage ;
- maintenir des conditions hygrothermiques équivalentes de part et d'autre du bardage afin d'éviter un gradient d'humidité qui serait à l'origine de déformations trop importantes des éléments en bois.

En général, les joints entre les planches ne rendent pas le bardage suffisamment perméable à l'air que pour assurer la ventilation du dos des planches. La vitesse et le débit doivent être augmentés par des ouvertures situées dans le bas et dans le haut du bardage (également en dessous et au dessus des ouvertures de fenêtres) de manière à permettre une ventilation uniforme de l'ensemble du bardage.

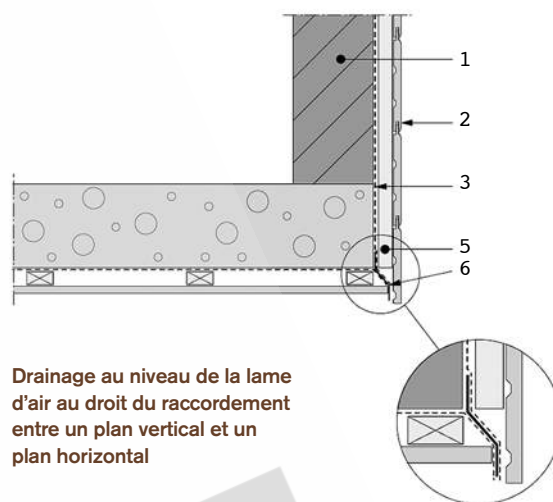
Pour empêcher toute intrusion d'insectes, d'oiseaux ou de petits rongeurs dans la lame d'air, il est conseillé de refermer celle-ci avec une grille de protection (cornière perforée en acier inoxydable ou galvanisé, etc). Il faut veiller cependant à ne pas nuire aux performances de la ventilation.

#### Grille de protection

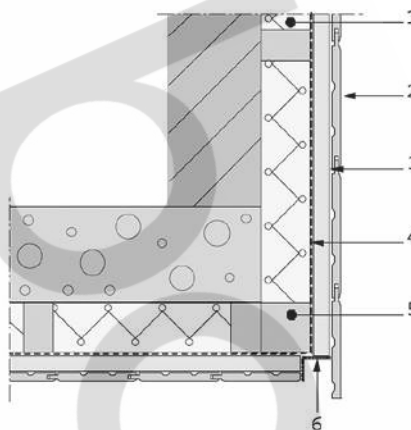


1. pare-pluie
2. chevron
3. isolant
4. contre-lattage
5. grille de protection
6. circulation d'air
7. élément de bardage

Comme mentionné précédemment, la lame d'air doit également permettre l'écoulement et l'évacuation de l'eau qui aurait pénétré derrière le revêtement de façade et empêcher toute stagnation d'humidité. Ces contraintes doivent être prises en compte lors de la conception du bardage, notamment au niveau des ouvertures ou baies de façade (fenêtres, portes). À ces endroits, il convient également d'éviter l'humidification de la construction sous-jacente par des détails d'exécution appropriés. La figure 4 fournit un exemple de raccord entre un plan vertical et un plan horizontal permettant une continuité du pare-pluie et un drainage optimal de la lame d'air.



Drainage au niveau de la lame d'air au droit du raccordement entre un plan vertical et un plan horizontal



1. Isolant / 2. Élément de bardage / 3. Pare-pluie / 4. Lattage
5. Chevron / 6. Grille de protection

#### Pare-pluie (membrane d'étanchéité)

Le pare-pluie, obligatoire pour la plupart des types de pose, doit être posé de façon continue sur l'isolation du côté de la lame d'air. Cet écran doit être étanche à l'eau et au vent. Il doit également être perméable à la vapeur ; le pare-pluie doit présenter une valeur  $\mu_d$  (également dénommée  $s_d$ ) inférieure à 0,5 m.

Dans le cas d'un bardage ajouré, il faudra prévoir un pare-pluie résistant au rayonnement UV, au gel et au vent afin d'éviter sa dégradation prématurée.

### 4.3.6. TRAITEMENTS DE PROTECTION

Les traitements de protection englobent deux approches distinctes mais complémentaires : la préservation et la finition.

#### Traitements de préservation

La nécessité d'effectuer un traitement de préservation dépend principalement de la durabilité naturelle de l'espèce de bois (lames ET structure portante) ainsi que de la présence et de la quantité d'aubier.

La sensibilité intrinsèque du bois aux attaques de champignons, variable suivant l'essence considérée, est exprimée par sa classe de durabilité biologique (NBN EN 350), allant de la classe 1 (très durable) à la classe 5 (non durable). Cette classification n'est applicable qu'au duramen (partie centrale de l'arbre) ; en effet, l'aubier de tous les bois appartient à la classe de durabilité 5.

Compte tenu des conditions régnant dans nos contrées, il est recommandé pour une utilisation en bardage de suivre les prescriptions suivantes en fonction de la durabilité naturelle de l'essence choisie :

1. éléments en bois totalement exempts d'aubier et constitués d'une espèce de bois présentant une durabilité naturelle élevée, à savoir de classe de durabilité 1, 2 et 3 : Aucun traitement de préservation nécessaire.
2. éléments en bois constitués d'une espèce de bois appartenant aux classes de durabilité 1, 2 et 3 mais sensibles au bluissement ou contenant des traces d'aubier : traitement peu pénétrant -, un produit C1 sera appliqué par trempage mi-long (procédé C1/T2). Ce mode d'application ne permet qu'une protection superficielle du bois. Ce traitement sera éventuellement suivi d'une finition. En effet, même si l'espèce de bois est naturellement durable, les lames les plus exposées à l'humidité ou aux intempéries peuvent à la longue subir des dégradations d'origine non biologique qui, en plus d'être inesthétiques, ouvrent la voie au développement de mousses, moisissures et champignons du bluissement.
3. éléments en bois constitués d'une espèce de bois appartenant aux classes de durabilité 4 et 5 ou contenant une proportion non négligeable d'aubier : Traitement profond. Selon les cas, cette protection profonde peut être réalisée au moyen de :
  - a) pour les revêtements extérieurs en bois : un produit C1 appliqué par trempage long (au moins 1 heure – C1/T3) ou en autoclave par la technique du « double vide » (procédé C1/O3) ou de « vide/pression » (procédé C1/O6) ;
  - b) pour les éléments de la structure portante en bois (chevron, latte, contre-latte) : un procédé A3 (classe d'emploi 3), appliqué en autoclave par la technique du « double vide » (procédé A3/O3) ou de « vide/pression » (procédé A3/O6).

Le produit de préservation est généralement teinté (couleur verte ou orange), mais il existe des traitements incolores. La coloration éventuelle s'atténuera au cours du temps et ce, d'autant plus rapidement que la façade est exposée aux intempéries (vent, UV, etc.), ce qui est particulièrement le cas de la façade sud-ouest, mais le produit de préservation restera présent dans la masse du bois. Un traitement de finition pourra éventuellement être appliqué de manière à modifier (ou maintenir) cette coloration. Toutefois, l'application d'une finition suppose obligatoirement un entretien périodique (toujours en fonction de l'exposition de la façade).

Pour plus d'informations concernant ces différents procédés, nous renvoyons le lecteur à la STS 04.3 Bois et panneaux à base de bois : traitements du bois (<http://economie.fgov.be>).

En solution de remplacement de ces traitements dits « traditionnels », quelques nouvelles techniques ont été élaborées qui permettent d'améliorer « artificiellement », entre autres, la durabilité naturelle d'un bois sans l'ajout de biocides. En fonction du procédé utilisé, ces nouvelles techniques peuvent être regroupées en 3 catégories :

#### – Modification chimique

Ces traitements ont pour objectif de modifier, de manière permanente, la structure chimique du bois pour lui conférer des propriétés qu'il ne possède pas ou pas suffisamment compte tenu de l'usage auquel il est destiné et ce, sans apport d'agents toxiques. Différents procédés existent actuellement, parmi lesquels l'anhydride acétique, l'alcool furfurylique, etc.

Le traitement chimique réduit le caractère hygroscopique du bois, donc sa susceptibilité à être dégradé, et améliore sa stabilité dimensionnelle. Ces procédés permettent également d'augmenter l'adhérence des finitions.

#### – Modification thermique

Cette technique consiste en une pyrolyse contrôlée du bois dont l'objectif est de dégrader thermiquement (température comprise entre 170 et 250 °C) les constituants responsables du caractère hygroscopique et biodégradable du bois.

Ce traitement augmente significativement la stabilité dimensionnelle du bois mais provoque une diminution de certaines caractéristiques mécaniques dans un ordre de grandeur variable en fonction du procédé envisagé. La durabilité est également améliorée (sauf si le bois est placé en contact avec le sol, c.à.d. en classe de risque 4 pour laquelle ce traitement n'est pas adapté).

– *Traitement oléothermique*

Cette technique consiste à immerger le bois dans une cuve contenant un mélange d'huiles d'origine végétale (exemple : huile de lin) et d'adjuvants naturels, chauffé à basse température (inférieure à 150°C). Elle combine donc l'action thermique expliquée ci-dessus avec l'injection de substances hydrophobes dans les tissus périphériques du bois.

Les substances hydrophobes présentes dans le bois constituent ainsi une barrière physique contre les échanges d'humidité et les agents pathogènes, ce qui conduit à une amélioration de la stabilité dimensionnelle.

Compte tenu de l'évolution permanente de ces différents traitements dits alternatifs, une comparaison de leurs performances n'est actuellement pas aisée. Par conséquent, il est conseillé de consulter les fiches techniques fournies par les fabricants de manière à effectuer le choix adéquat pour l'application envisagée.

### Traitements de finition

Le traitement de finition assure, contrairement au traitement de préservation, une protection physique de surface tout en conférant au bois un aspect esthétique particulier. Schématiquement, ce traitement poursuit 3 objectifs principaux :

- modifier l'esthétique du bardage en changeant la teinte du bois, sa brillance, etc.;
- protéger mécaniquement la surface du bois des agents physico-chimiques de dégradation et notamment du rayonnement UV ;
- s'opposer à la pénétration de l'eau liquide et réguler les échanges de vapeur d'eau. Par ce biais, la finition permet de réduire les variations dimensionnelles du bois, ce qui contribue à la stabilité de l'ouvrage et permet de limiter les risques d'une dégradation prématurée par des organismes biologiques. Toutefois, ces effets bénéfiques ne perdureront dans le temps que si la finition est correctement entretenue.

Il est important de préciser que la finition ne doit pas être totalement imperméable. En effet, plus la finition est étanche, plus l'eau qui pourrait pénétrer par le biais d'une fissure ou d'un joint ouvert risque d'être piégée à l'intérieur du bois. De plus, si la finition n'est appliquée que d'un seul côté, il est préconisé de choisir la finition la plus perméable à la vapeur possible afin de ne pas trop déséquilibrer la perméabilité des 2 faces. Les produits de finition pour élément de bardage doivent donc être imperméables à l'eau afin de former une barrière contre l'eau de pluie et perméables à la vapeur d'eau afin de permettre l'évacuation de l'eau piégée. La propriété de microporosité des finitions a cependant des limites puisqu'elle diminue avec le nombre de couches appliquées. Il est dès lors recommandé de ne pas augmenter inutilement la fréquence d'entretien ni le nombre de couches.

Les produits de finition peuvent former un film plus ou moins continu et hermétique à la surface du bois. Globalement, 4 grandes familles de produits sont disponibles sur le marché : les lasures, les top-coats, les peintures et les huiles. Le choix entre ces produits doit être dicté par des considérations d'ordre esthétique mais également par l'entretien indispensable qu'ils supposent (périodicité, ampleur).

Suite aux nombreux problèmes rencontrés sur chantier, il est important de préciser que les vernis filmogènes ne conviennent pas pour l'usage extérieur.

### Le grisaillement du bois

Soumis aux intempéries, le bois sans finition va grisaillement progressivement avec des nuances suivant l'environnement et, en particulier, en fonction du degré de pollution de l'air. Par exemple, en milieu urbain, où l'air est plus pollué, la teinte sera généralement plus sombre (gris foncé à noirâtre) que le gris argenté ordinaire en raison de la fixation des particules polluantes à la surface du bois. Le grisaillement est un phénomène superficiel naturel sans conséquence sur la durabilité de l'élément. Il convient de mentionner qu'un bardage en bois sans finition ne nécessite que peu d'entretien et sera durable dans le temps pour autant que sa mise en œuvre soit conforme aux prescriptions formulées dans la NIT 243.

S'il a fait le choix de laisser le bois grisaillement naturellement, le maître d'ouvrage doit être averti qu'il s'agit dans la plupart des cas d'un phénomène irrégulier, qui s'étale sur plusieurs années, selon l'exposition et les conditions climatiques. Le bardage d'une façade sud-ouest changera beaucoup plus vite de couleur que celui d'une façade nord-est. En outre, sur une même façade, toutes les parties ne sont pas également exposées. Sous les avant-toits ou le nez des appuis de fenêtres notamment, dans les coins rentrants, voire derrière un arbre proche de la façade, le bois est partiellement protégé et change donc moins rapidement de couleur, ce qui induit des variations de teinte souvent peu appréciées. Cependant, après plusieurs années, les nuances vont s'estomper et le bois présentera une coloration uniforme.

Il est également possible d'anticiper le grisaillement et ainsi éviter les effets d'un changement irrégulier de la couleur par l'application d'une lasure oxydante et/ou colorée (saturateur) sur le bardage.

### 4.3.7. MISE EN ŒUVRE DES BARDAGES

#### Lattes de fixation

Les bardages sont fixés sur des lattes horizontales ou verticales qui sont, à leur tour, rendues solidaires du mur porteur. Les chevrons, lattes et contre-lattes de la sous-structure sont habituellement en bois résineux et doivent avoir reçu un traitement préventif (code d'homologation A3).

L'épaisseur des lattes (ou de la contre-latte dans le cas d'un double lattage) doit être égale à 1,5 fois au moins celle des planches de bardage avec un minimum de 30 mm.

Leur largeur doit permettre un appui et une fixation des lames de bardage qui satisfont aux contraintes relatives aux distances minimales entre point de fixation et extrémités des lames d'une part, et entre point de fixation et chant de la latte (ou de la contre-latte), d'autre part.

$$d = n \times \varnothing$$

Où :

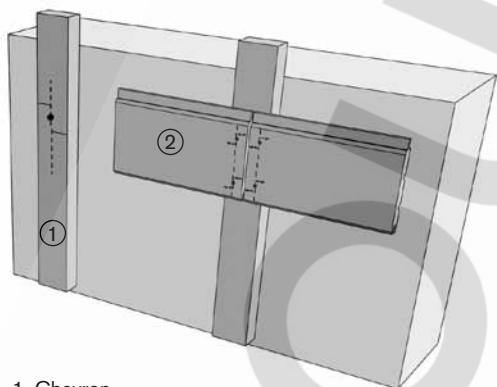
d : distance entre l'axe de fixation et le chant de la latte (ou de la contre-latte) ou l'axe de fixation et le bord de l'élément ;

n = 5 dans le cas de clous ;

n = 3 dans le cas de vis si le bois est préforé (le préforage de la latte ne peut dépasser 0.7\*d mais peut atteindre d dans la lame) ;

∅ : diamètre nominal de la fixation (mm).

#### Mesure de la largeur minimale des lattes de fixation



1. Chevron

2. Élément de bardage

La distance entre les lattes (ou les contre-lattes) restera idéalement limitée à maximum 600 mm. En cas d'utilisation d'un bardage peu épais (18 et 19 mm), cet écartement ne doit pas dépasser 400 mm. Cependant, avec un bois plus stable (tel que le WRC), une épaisseur de 18 mm est compatible avec un entraxe de 600 mm.

Dans la plupart des cas, la structure portante est fixée au mur porteur par des vis placées au centre de la largeur du chevron ou de la latte (pour éviter que le bois ne se fende). Pour des raisons de stabilité, un diamètre minimum de 6 mm est recommandé pour les vis, avec une distance maximale de 80 cm entre deux fixations.

La structure portante peut également être fixée par des attaches métalliques. Ce système a l'avantage de pouvoir rattraper les défauts de planéité, de verticalité et d'horizontalité éventuels du mur porteur mais a l'inconvénient d'être onéreux.

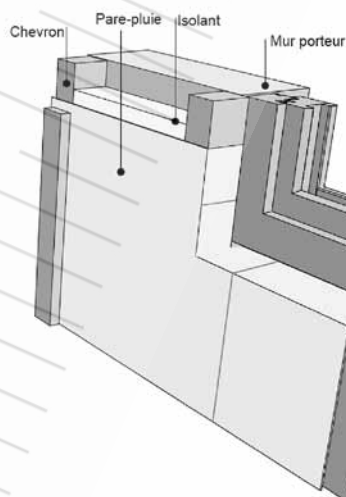
#### Pare-pluie

Le pare-pluie doit être posé de manière à éviter toute discontinuité susceptible d'autoriser le passage d'eau. Les joints horizontaux se feront avec un recouvrement minimum de 5 cm, les joints verticaux avec un recouvrement de 10 cm. Le pare-pluie doit être fixé par des pointes ou agrafes ou par les lattes fixées sur la structure. Cependant, il conviendra d'être attentif aux respects des prescriptions de pose particulières du produit mis en œuvre.

En cas de pose ajourée, il est recommandé de coller les bandes entre elles aux joints afin d'éviter l'arrachement par le vent.

Les raccords avec les baies méritent une attention toute particulière ; les défauts d'étanchéité y sont fréquents et sont la source de nombreux problèmes. Il est indispensable de rabattre correctement le pare-pluie au droit des baies de façade et de l'y fixer afin d'éviter toute entrée d'eau (figure 6). Ce raccord est particulièrement important quand l'élément de menuiserie est posé dans l'épaisseur de la lame d'air.

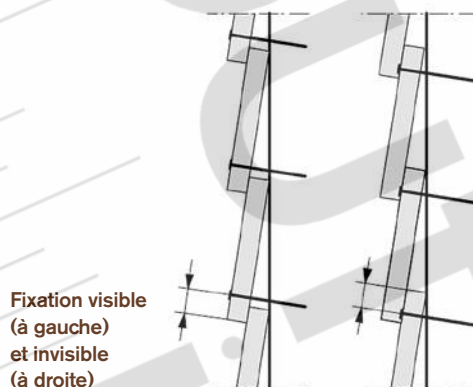
#### Mise en œuvre du pare-pluie



### Lames

Les moyens de fixation utilisés (clous et vis) doivent être enfoncés de 25 mm minimum dans la structure portante et de préférence de biais, en ce qui concerne les clous, pour éviter leur détachement.

Dans le cas de profils à chevauchement simple, les fixations se situeront à 15 mm minimum du bord inférieur ou supérieur de la planche selon que la fixation est visible ou invisible (figure 7).

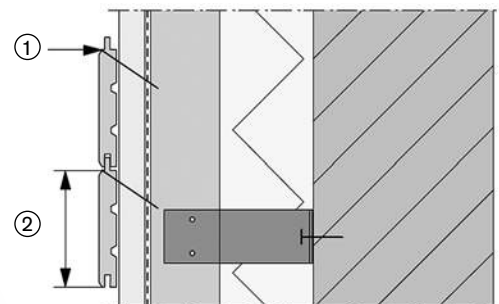


L'assemblage à rainure et languette permet une fixation visible aussi bien qu'invisible. Le choix dépendra de considérations esthétiques mais surtout de la largeur des planches.

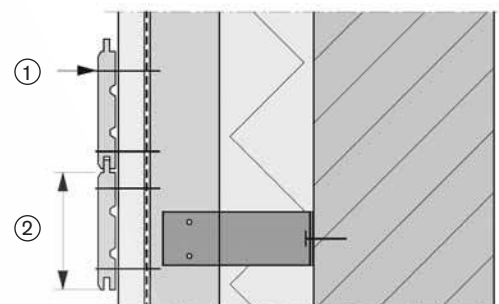
En effet, une fixation invisible n'est concevable que pour des lames rainurées languetées de faible largeur (largeur utile < 125 mm). La fixation se réalise alors dans l'assemblage, en partie basse de la languette (figure 8).

Si la fixation peut être visible, un ou deux points de fixation seront prévus selon la largeur exposée des lames. Pour les planches dont la largeur

### Fixations non apparentes



### Fixations visibles



1. Fixation mécanique (clou, vis)
2. Surface visible

exposée est inférieure à 125 mm, une seule fixation sera effectuée en partie centrale de la planche. Pour les largeurs exposées supérieures à 125 mm, deux fixations seront effectuées, dans le respect des règles évoquées précédemment ( $5 \times \Delta$  et min. 15 mm du bord - figure 9).

Dans le cas de bardages ajourés, les prescriptions relatives à la fixation sont similaires à celles mentionnées ci-avant pour la fixation visible des profilés rainurés-languetés.

## 4.3.8. DÉTAILS DE MISE EN ŒUVRE : À TITRE D'EXEMPLE...

Toute négligence au cours de la mise en œuvre d'un bardage en bois in situ est susceptible de réduire sensiblement les performances, les qualités esthétiques et la durée de vie de l'ouvrage. Il ressort des expertises menées par le CSTC que de nombreux désordres sont imputables à des défauts de conception ou de mise en œuvre et non réellement à un mauvais choix dans les matériaux.

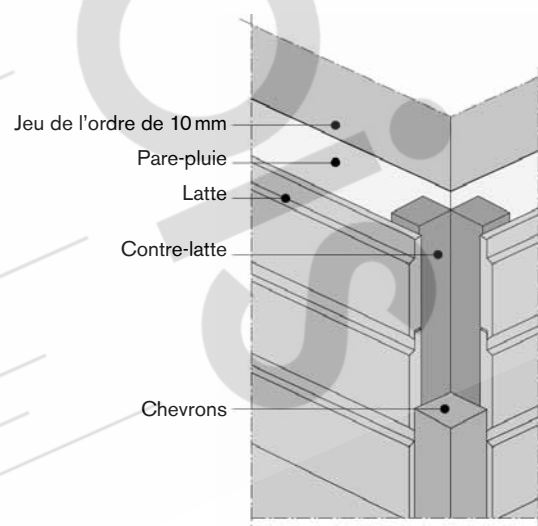
Entre les règles générales qui viennent d'être énoncées et le traitement adéquat de cas particuliers, ou simplement des angles, des raccords avec les baies ou d'autres matériaux, il existe une marge. Ce paragraphe fournit, de manière non exhaustive, quelques recommandations illustrées.

### Protection du bois debout

Il convient de protéger le bois debout d'une exposition directe aux intempéries tout en permettant sa ventilation. Partout où une absorption d'eau est possible, il faudra prévoir un espace d'1 cm au moins pour que le bois puisse sécher. Il faudra accorder à cette recommandation une

attention particulière lors de la conception des angles (figure 10) ainsi que lors du raccord avec d'autres éléments de construction (maçonnerie, etc).

### Exemples de raccord en butée sur pièce d'angle



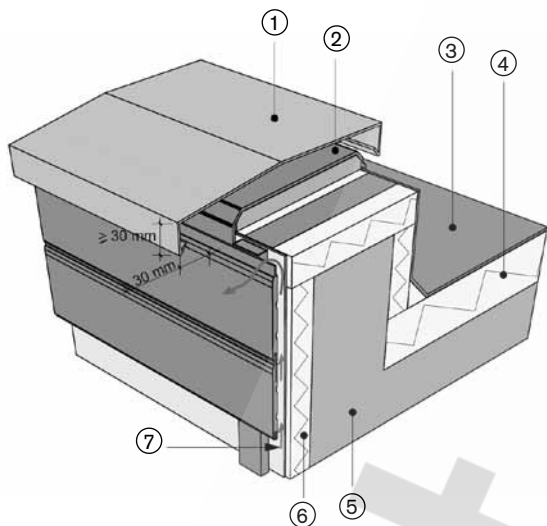
### Raccord avec la toiture

En partie haute, le bardage doit être protégé contre tout risque d'infiltrations soit par une avancée de la toiture, soit par une protection en zinc ou en tout autre matériau présentant une durabilité suffisante.

Les cotes présentées sur la figure 11 constituent un minimum à respecter de manière à assurer une bonne ventilation.

Sur le côté, les planches de rive seront également mises en œuvre de façon à ne pas entraver la ventilation du bardage. Afin d'éviter l'apparition de taches inesthétiques, il est conseillé d'utiliser des planches de rive dotées d'un larmier.

### Raccord entre un couvre-mur et le bardage



1. Couvre-mur
2. Pare-pluie ou membrane étanche
3. Étanchéité de toiture
4. Isolation de la toiture
5. gros oeuvre
6. Isolation de façade
7. Circulation d'air

### Raccord avec une menuiserie encastrée dans la façade

Un soin tout particulier devra être apporté dans ce cas à l'étanchéité à l'eau et au drainage.

La pose d'une membrane ou d'un profil hydrofuge (déflecteur) assurera la continuité de l'étanchéité (pare-pluie) au-dessus des baies (figure 12).

En complément, de manière à favoriser le rejet des eaux de ruissellement en avant de la façade,

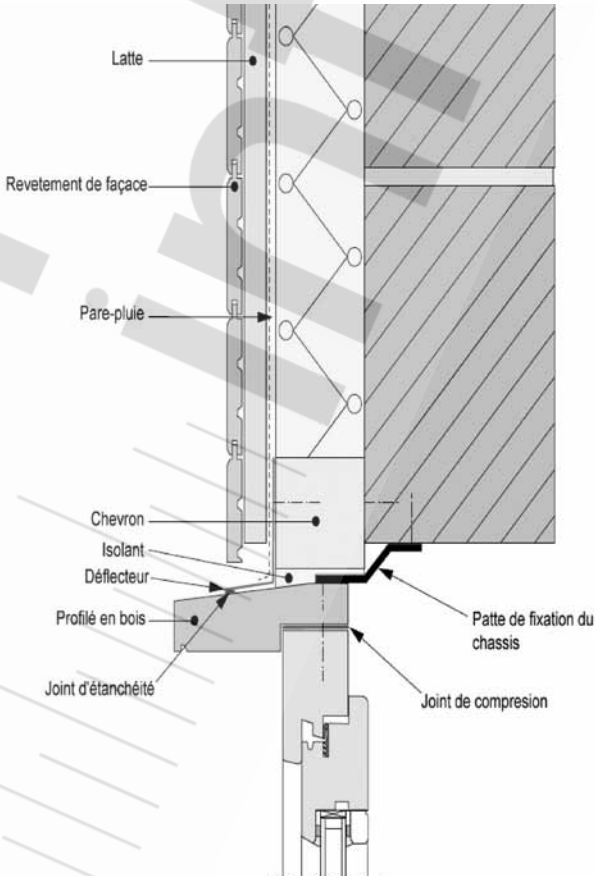
il est recommandé d'utiliser en partie haute soit :

- un profilé en bois pourvu d'un casse-goutte ;
- une bavette métallique. Le type de métal sera choisi de manière à éviter la corrosion par l'action des composants du bois.

Ces éléments doivent dépasser suffisamment (10 cm au moins) de part et d'autre de la fenêtre ou de la porte.

La mise en œuvre des châssis et des seuils devra se faire selon les prescriptions de la NIT 188 « La pose des menuiseries extérieures ». Il faut souligner que le poids du seuil ne pourra pas être repris par le bardage.

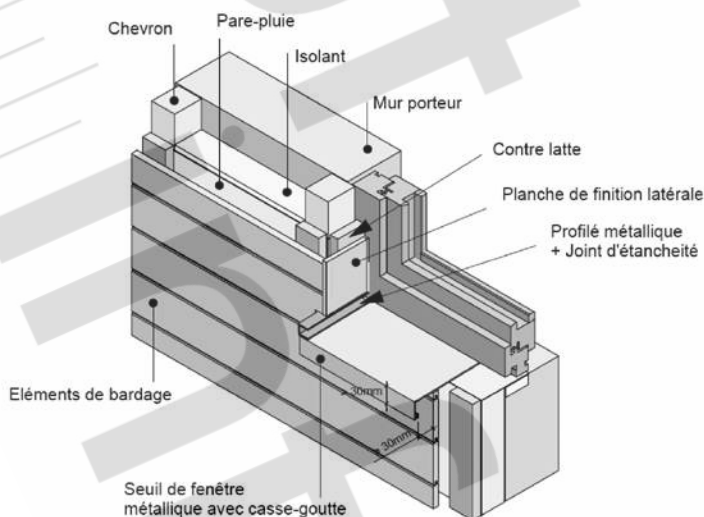
### Exemple conforme de drainage au niveau de la lame d'air à hauteur de la menuiserie extérieure



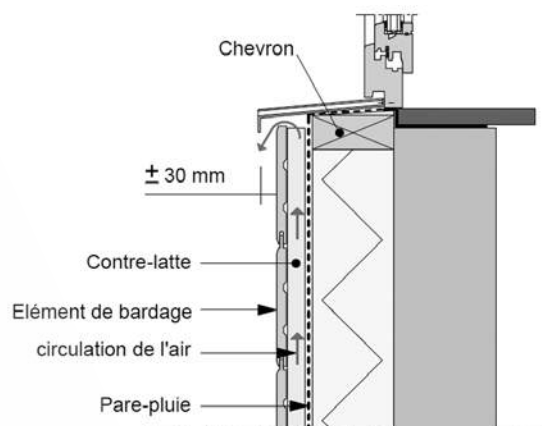
Les seuils auront une pente suffisante pour évacuer l'eau (5 %). Toutes les saillies seront munies, dans le bas, d'un larmier. De manière à éviter les infiltrations, le bord inférieur de celui-ci sera situé à 30 mm au moins du plan de la façade (figure 13).

Latéralement, le raccord du bardage à la menuiserie se fait idéalement à l'aide d'un profilé et d'un joint de mastic élastique afin d'assurer une continuité de l'étanchéité (figure 14). La pose du joint devra précéder la pose du profilé de manière à mettre le joint en compression.

#### Raccord avec menuiserie encastrée dans la façade



#### Raccordement Bardage- Menuiserie extérieure



#### Éléments rapportés

Divers équipements, tels que boîtes aux lettres, luminaires, grilles de ventilation, etc. peuvent également être insérés dans le bardage. L'insertion ne se limite pas simplement au percement du bardage ; ses éventuelles implications doivent être réfléchies afin de ne pas altérer les performances et la durée de vie du bardage.

Parmi les paramètres dont il faut tenir compte, les règles suivantes devront être respectées :

- le poids des éléments rapportés, a fortiori avec prise au vent, ne devra pas être repris par le bardage, sauf s'il s'agit d'éléments qui n'apportant pas de surcharge importante (petit luminaire, sonnette, etc.), pourront être fixés directement au bardage.
- l'étanchéité à l'eau entre le bardage et l'élément à insérer fera l'objet de beaucoup de précautions afin de limiter les pénétrations d'eau au dos du bardage. Il s'agira également d'éviter la stagnation d'eau (larmier, forme de l'élément adaptée, etc.).

→ l'air évacué des grilles de ventilation et autre système de conditionnement d'air ne devra pas entrer en contact avec les éléments constitutifs du bardage.

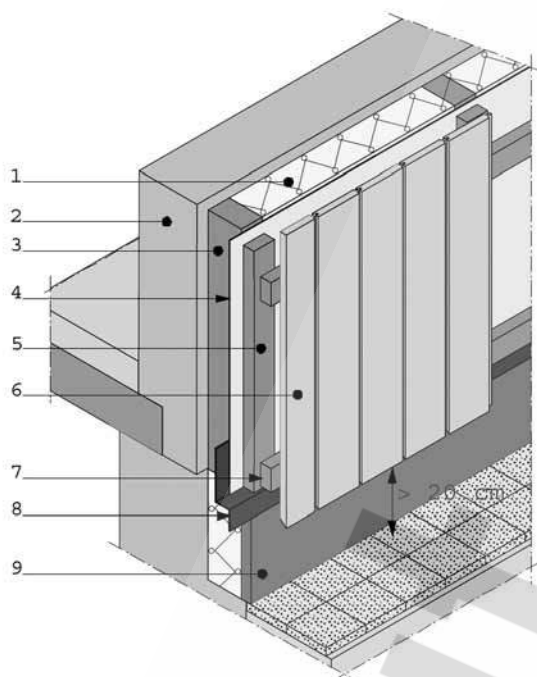
### 4.3.9. FINITION INTÉRIEURE

La NIT recommande de laisser au moins 20 cm entre le bas du bardage et toute surface horizontale (niveau du sol fini ou toiture plate). Cette disposition permet d'éviter une humidification et une souillure fréquentes par les rejaillissements d'eau et de terre. En présence d'une toiture inclinée adjacente, une distance minimale de 50 mm est recommandée.

Le bardage doit également être biseauté en sa partie inférieure ou un casse-gouttes (larmier) doit être prévu.

Au pied de la façade, il conviendra d'assurer la continuité de l'isolation afin d'éviter un pont thermique. Dans cette optique, le soubassement pourra être habillé de pierre naturelle ou de tout autre matériau imperméable.

#### Exemple de finition intérieure



1. Pare-pluie
2. Chevron
3. Gros oeuvre
4. Isolant
5. Latte
6. Contre-latte
7. Habillage en pierre naturelle ou tout autre matériau imperméable
8. Bardage
9. Déflecteur

### 4.3.10. STOCKAGE

Trop de problèmes ont pour origine des conditions de stockage inadaptées qui conduisent soit à un séchage trop rapide des lames, soit à leur humidification. Les éléments de bardage doivent être stockés dans des endroits couverts et ventilés, dégagés du sol, protégés de l'humidité et de la chaleur.

### Lectures complémentaires

[1] S. CHARRON. *NIT 243 - Les revêtements de façade en bois et en panneaux à base de bois*. CSTC 2011/11.

[2] J. PIECHOWSKI. *Bardage rapporté sur ossature secondaire en bois*. France : CSTB et CTBA, 2005, 79p.

[3] T. HERZOG, R. KRIPPNER, W. LANG. *Construire des façades*. Lausanne, Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2007, 321p.

[4] CNDB (Ouvrage collectif). *Les Essentiels du Bois n°5 : revêtements extérieurs en bois*. France : CNDB et Fédération des industries forestières suédoises (Skogsindustrierna), avril 2008, 28p.

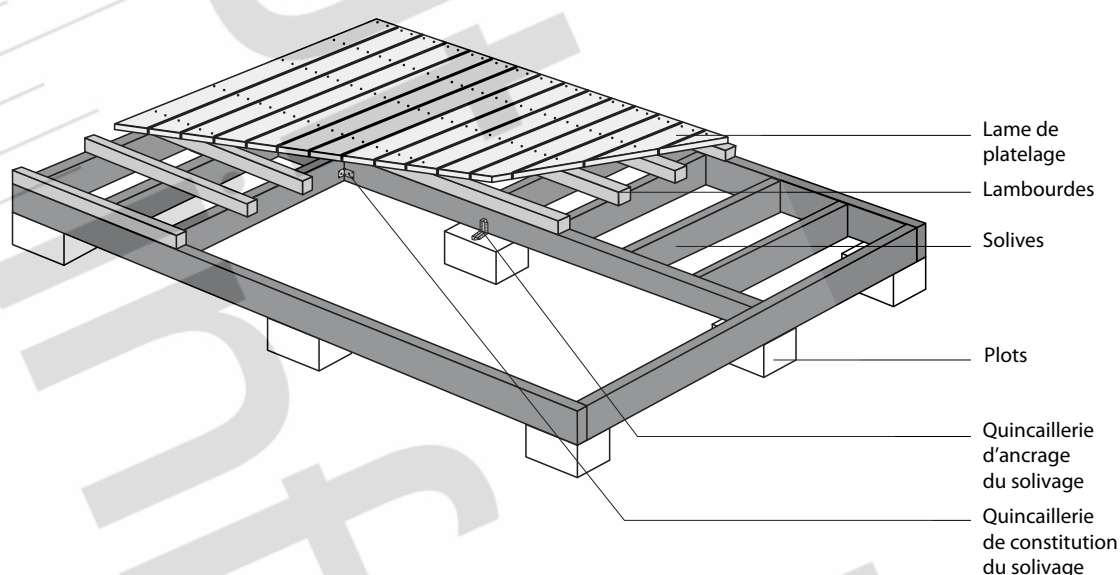


## 4.4. AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS : LES TERRASSES EN BOIS

La terrasse, est un espace qui permet la transition progressive du milieu intérieur, plus confiné, plus cloisonné, vers l'environnement extérieur, plus lumineux et s'ouvrant vers la nature. Lorsqu'elle est réalisée en bois, elle adoucit de façon harmonieuse la construction traditionnelle et la prolonge vers l'extérieur.

Ce chapitre décrit les différents types de terrasse et les éléments qui les composent. Il définit également les règles élémentaires de dimensionnement et les recommandations qui les accompagnent en termes de mise en œuvre.

La terrasse en bois est composée de différents éléments :



### 4.4.1. DURABILITÉ ET CLASSES D'EMPLOI

Avant de concevoir une terrasse en bois, il est primordial de choisir des essences de bois adaptées. Ce choix est déterminé par différents paramètres tels que la durabilité, l'esthétique, les performances mécaniques, la facilité d'usage, l'impact environnemental, la disponibilité et le prix.

Afin de choisir de façon judicieuse le bois qui compose la terrasse, une attention particulière doit être portée à l'identification des conditions climatiques propres à l'environnement où la terrasse va

être implantée ainsi qu'à la classe d'emploi (voir Chap. 2.6). Cette dernière permettra d'orienter le concepteur dans le choix de l'essence. En effet, l'essence de bois devra impérativement présenter une durabilité, naturelle ou conférée, adaptée aux conditions d'humidité en service (voir Chap 2.6).

Les terrasses en bois sont généralement affectées aux classes d'emploi 3 et/ou 4.

#### Classe d'emploi 3

- Bois pas en contact avec le sol
- Bois abrité ou non soumis à des alternances d'humidité et de sécheresse
- Humidité du bois parfois supérieure à 20%
- Pas de stagnation d'eau prolongée
- Pas d'humidification significative des bois de bout et des zones d'assemblage

#### Classe d'emploi 4

- Bois en contact avec le sol ou de l'eau douce
- Humidité du bois > 20% en permanence ou pendant une durée prolongée
- Rétention ou stagnation d'eau de surface ou localisées

La durabilité naturelle du bois est de toute évidence une des caractéristiques majeures à prendre en considération pour le choix de l'essence.

Rappelons que la durabilité naturelle rend compte de la résistance intrinsèque du bois aux attaques biologiques. Les classes de durabilité de 130 essences sont définies dans la norme EN 350-2. La norme EN 335 définit les classes d'emploi et la norme EN 460 fait le lien entre EN 335 et EN 350 ; elle est essentielle pour les concepteurs, architectes et maîtres d'ouvrage car elle leur permet de choisir une essence à prescrire et/ou la nature du traitement en fonction du type d'ouvrage, de sa destination et de sa situation.

Les bois affectés à la construction d'une terrasse doivent présenter une durabilité de types 1, 2 ou 3.

Le tableau suivant reprend de façon non exhaustive des essences de bois pouvant convenir à la construction de terrasses en bois.

Ce tableau a été élaboré par le Conseil scientifique du Belgian Woodforum, constitué de MM. : H. Beeckman (MRAC), S. Charron (CSTC), H. Coppens (CTIB-TCHN), C. Decaesstecker (WYCOR nv), E. Defays (Belgian Woodforum), H. Frère (Hout Info Bois), B. Jourez (CRNFB), J. Van Acker (RUG), M. Van Leemput (CTIB-TCHN), P. Verougstraete (Expert indépendant).

### Espèces de bois pour usages extérieurs

Non commercial Nom botanique (1)	Usage recom- mandé (2)	Classe de durabilité selon NBN - EN 350-2 (3)	Couleur	Préserva- tion (4)	Masse volumique moyenne kg/m <sup>3</sup> (H = 15%) (5)	Stabilité dimen- sion- nelle (6)	Remarques
Acajou d'Amérique <i>Swietenia macro- phylla</i> (AL)	M	2	rouge brun à brun clair	Pas nécessaire	550	très stable	Altération de la couleur au contact du fer ou du cuivre en milieu humide
Afromosia <i>Pericopsis elata</i> (AF)	M / B T	1/2	brun doré	pas nécessaire	700	stable	
Afzélia apa, bella, chanfuta, doussié, lingué, <i>pachyloba</i> <i>Afzelia spp.</i> (AF)	M / B T	1	ocre clair à rouge brun	pas nécessaire	800	très stable	Dégraisser les surfaces avant la finition. Risque de couleurs. Selon la NBN - EN 13556, tous les afzélias portent le nom vernaculaire de doussié. En Belgique, ce nom est réservé à l'espèce bipidensis qui a générale- ment une proportion de fil droit plus grande que les autres afzélias.
Amarante <i>Peltogyne spp.</i> (AL)	M / B T	2/3	mauve violet	pas nécessaire	850	stable	
Angelim / Sapupira <i>Hymenobium spp.</i> (AL)	B / T	2(a)	jaune orangé à brun	Pas nécessaire	750	moyen- nement stable	
Azobé <i>Lophira alata</i> (AF)	T	1/2	rouge mauve	pas nécessaire	1050	moyen- nement stable	Usage limité par le risque de déformations.
Balau / Bangkirai <i>Shorea spp.</i> (y compris <i>Shorea laevis</i> ) (AS)	T	2/3	brun jaune à brun rouge	pas nécessaire	950	moyen- nement stable	Parfois piqûres noires (7). Variabilité considérable des aspects et des masses volumiques. Il existe aujourd'hui sur le marché des espèces dont la durabilité est inférieure à celle indiquée.
Basralocus <i>Dicorynia guianensis</i> (AL)	B / T	2(a)	brun à brun mordoré	pas nécessaire	750	moyen- nement stable	
Bilinga <i>Nauclea diderrichii</i> et <i>N. gillettii</i> (AF)	B / T	1	jauné orangé à ocre	pas nécessaire	750	moyen- nement stable	Risque de déformations et d'esquilles.
Bossé <i>Guarea cedrata</i> et <i>G. laurentii</i> (Bossé clair) <i>Guarea thompsonii</i> (Bossé foncé) (AF)	M / B T	2 Variable chez le bossé clair	brun rosâtre	Pas nécessaire	600	stable	Exsudations de résine possibles avec <i>G. cedrata</i> . Poussières irritantes.
Bubinga <i>Guibourtia demeusii</i> (AF)	M / B T	2	Brun rougeâtre à violet	Pas nécessaire	850	moyen- nement stable	Risque de déformations.
Châtaignier <i>Castanea sativa</i> (EU)	M / B	2	jaune brun à brun	*	600	stable	En lamellé collé pour la menuiserie. Rare en grandes longueurs et largeurs.

Non commercial Nom botanique (1)	Usage recom- mandé (2)	Classe de durabilité selon NBN - EN 350-2 (3)	Couleur	Préserva- tion (4)	Masse volumique moyenne kg/m <sup>3</sup> (H = 15%) (5)	Stabilité dimen- sion- nelle (6)	Remarques
Chêne d'Europe <i>Quercus robur</i> et <i>Q. petraea</i> (EU)	M / B T	2	jaune à jaune brun pâle	*	700	moyen- nement stable	Noircit au contact du fer, en milieu humide. L'usage du chêne blanc d'Amérique ( <i>Quercus</i> spp.) peut également être envisagé.
Cumaru <i>Dipteryx spp.</i> (AF)	B / T	1 (a)	brun jaune à brun rougeâtre	pas nécessaire	1070	moyen- nement stable à stable	Contrefil marqué.
Framiré <i>Terminalia ivorensis</i> (AF)	M / B	2/3	jaune à jaune brun pâle	*/**	550	stable	Noircit au contact du fer, en milieu humide. Parfois piqûres noires (7).
Ipé <i>Tabebuia spp.</i> (AL)	B / T	1 (a)	brun jaunâtre à brun olive	pas nécessaire	1050	stable	Dépôt jaune verdâtre dans les vaisseaux : le lapachol.
Iroko (Kambala) <i>Milicia excelsa</i> et <i>M. regia</i> (AF)	M / B T	1/2	jaune doré à brun foncé	pas nécessaire	650	stable	Noircit au contact du fer en milieu humide Possibilité de grandes variations de teintes. Poussières irritantes.
Itauba <i>Mezilaurus itauba</i> et <i>M. navalium</i> (AL)	M / B T	1 (a)	brun jaune à brun foncé	pas nécessaire	850	moyen- nement stable	
Jarrah <i>Eucalyptus marginata</i> (AS, AU, plantations : AF)	B / T	1	brun rouge	pas nécessaire	800	moyen- nement stable	
Jatoba <i>Hymenaea courbaril</i> (AL)	M / B T	2(a)	rouge orangé à brun rouge	pas nécessaire	900	stable	
Kapur <i>Dryobalanops spp.</i>	B / T	1/2	Rouge brun	pas nécessaire	700	moyen- nement stable	Parfois piqures noires (7). Finition difficile.
Karri <i>Eucalyptus diversicolor</i> (AU, AS, plantations : AF)	B / T	2	brun rougeâtre	pas nécessaire	880	moyen- nement stable	
Keruing <i>Dipterocarpus spp.</i> (AS)	B / T	3	brun à brun rouge	pas nécessaire	800	moyen- nement stable	Parfois piqures noires (7). Finition difficile.
Kosipo <i>Entandrophragma candollei</i> (AF)	M / B T	2/3	rouge violacé à brun	pas nécessaire	650	stable	
Louro gamela <i>Ocotea rubra</i> (AL)	B / T	2	rose brun à brun rouge	pas nécessaire	660	moyen- nement stable	
Massaranduba - paraju <i>Manilkara spp.</i> (AL)	T	1 (a)	brun rose à pourpre brun	pas nécessaire	1050	moyen- nement stable	Poussières irritantes. Risques de fentes et de déformations.
Makoré <i>Tieghemella heckelii</i> (AF)	M / B T	1	brun rosâtre à brun rouge	pas nécessaire	660	stable	
Meranti, Dark Red <i>Shorea spp.</i> (AS)	M	2/3 (8)	brun rouge à brun rosâtre	*/**	680 (8)	stable	Possibilité de grande variabilité de teintes. Présence fréquente de « piqures noires » (7).

Non commercial Nom botanique (1)	Usage recom- mandé (2)	Classe de durabilité selon NBN - EN 350-2 (3)	Couleur	Préserva- tion (4)	Masse volumique moyenne kg/m <sup>3</sup> (H = 15%) (5)	Stabilité dimen- sion- nelle (6)	Remarques
Merbau <i>Intsia spp.</i> (AS)	M / B T	1/2	brun clair à brun rouge	pas nécessaire	800	très stable	Dégraisser les surfaces avant la finition. Risque de coulures importantes. Possibilité de grandes variations de teintes.
Moabi <i>Baillonella toxisperma</i> (AF)	M / B T	1	brun rosâtre à brun rouge	pas nécessaire	850	stable	Poussières irritantes.
Movingui <i>Distemonanthus benthamianus</i> (AF)	M / B T	3	jaune pâle à jaune brunâtre	*	700	stable	
Niangon <i>Heritiera utilis</i> et <i>H. densiflora</i> (AS)	M / B T	3	brun rosâtre à brun rouge	pas nécessaire	700	stable	Dégraisser les surfaces avant la finition.
Okan <i>Cylicodiscus gabunensis</i> (AF)	T	1	jaune brun à brun doré	pas nécessaire	910	moyen- nement stable	
Padouk <i>Pterocarpus soyauxii</i> (AF)	M / B T	1	rouge à brun violacé	pas nécessaire	750	très stable	Poussières irritantes.
Panga-Panga <i>Millettia stuhlmannii</i> (AF)	M / B T	2	brun noir	pas nécessaire	850	stable	Poussières irritantes.
Robinier <i>Robinia pseudoacacia</i> (EU)	B	1/2	vert jaune à brun doré	pas nécessaire	750	moyen- nement stable	Très rare en grandes longueurs et largeurs.
Sapelli <i>Entandrophragma cylindricum</i> (AF)	M / B T	3	brun rouge	pas nécessaire	650	stable	
Sipo <i>Entandrophragma utile</i> (AF)	M / B T	2/3	brun rouge	pas nécessaire	650	stable	
Tali <i>Erythrophleum ivorense</i> et <i>E. suaveolens</i> (AF)	T	1(a)	jaune brun à brun rougeâtre	pas nécessaire	900	moyen- nement stable	
Tatajuba <i>Bagassa guianensis</i> (AL)	M / B T	1/2(a)	brun doré à brun	pas nécessaire	800	Stable	
Teck <i>Tectona grandis</i> (AS, plantation : AF, AL)	M / B T	1	brun moyen à foncé	pas nécessaire	650	très stable	La durabilité de teck provenant de plantations varie de 2 à 3. Dégraisser les surfaces avant la finition.
Tiama <i>Entandrophragma angolense</i> (AF)	M / B T	3	Rouge brun	pas nécessaire	550	stable	Risque de déformations.
Tola <i>Gossweilerodendron balsamiferum</i> (AF)	M / B	2/3	brun jaune rosâtre	*	500 (5)	stable	Dégraisser les surfaces avant la finition.
Wengé <i>Millettia laurentii</i> (AF)	M / B T	2	brun noir	pas nécessaire	850	stable	Poussières irritantes.

Non commercial Nom botanique (1)	Usage recom- mandé (2)	Classe de durabilité selon NBN - EN 350-2 (3)	Couleur	Préserva- tion (4)	Masse volumique moyenne kg/m <sup>3</sup> (H = 15%) (5)	Stabilité dimen- sion- nelle (6)	Remarques
Douglas / Oregon pine <i>Pseudotsuga menziesii</i> (EU & AN)*	M / B T	3	Rose saumon à orange foncé	*/**	550	stable	« Dégraisser » les bois riches en résines avant finition.
Épicéa <i>Picea abies</i> (EU)	B	4	blanchâtre à brun jaunâtre	**	450 (5)	stable	Peu durable et peu imprégnable, l'épicéa ne convient en principe pas en menuiseries extérieures. Il arrive néanmoins qu'il soit utilisé mais la longévité de l'ouvrage sera limitée.
Mélèze <i>Larix spp.</i> (EU)	M / B T	3/4	brun rouge	*/**	600	moyen- nement stable	En lamellé collé pour la menuiserie. « Dégraisser » les bois riches en résines avant finition. Risque de déformations.
Pin sylvestre	B / T	3/4	jaune clair à brun rouge	**	500	stable	
Western red cedar <i>Thuja plicata</i> (AN)	M / B T	2	brun	*	370 (4)	stable	Clous et vis de préférence en acier inoxydable. Faible dureté superficielle (poinçonnement). Possibilité de grandes variations de teintes. Poussières irritantes.
Yellow pine <i>Pinus spp.</i> (AN)	M / B T	3	brun jaune clair	**	540	stable	« Dégraisser » les bois riches en résines avant finition. En Belgique, c'est essentiellement la qualité « SAPS » qui est importée, pratiquement exempte de défauts mais constituée presque totalement d'aubier.

Certaines essences (chêne, châtaignier, Western Red Cedar, etc.), notamment du fait de leur teneur en tanins, favorisent la corrosion des éléments de fixation. Certains traitements de préservation peuvent également accélérer la corrosion des éléments métalliques. Ces éléments doivent être considérés lors du choix des fixations (acier inoxydable) et les protections à base de zinc sont à éviter.

deux assurent ensemble la protection du bois contre la dégradation. En Belgique, il est admis que seuls les bois appartenant aux classes de durabilité 1, 2 ou 3 peuvent être utilisés à l'extérieur sans préservation, l'aubier n'étant pas toléré. Cependant, il n'est parfois pas possible, avec certaines essences, d'éviter une faible proportion d'aubier ; un traitement C1 (fongicide, anti-bleu, insecticide – cf. STS 04.3) est alors requis, (essences indiquées par \*) ; le traitement sera éventuellement suivi d'une finition. Avec les essences qui n'appartiennent pas aux 3 premières classes de durabilité, un traitement C1 est indispensable et l'aubier est toléré (essences indiquées par \*\*) ; le même traitement est nécessaire même avec les essences appartenant aux trois premières classes si une part importante d'aubier subsiste (essences indiquées par \*/\*\*).

- (1) Origines : AF : Afrique, AS : Asie, AL : Amérique latine, AN : Amérique du Nord, EU : Europe, AU : Australie
- (2) Trois grands types d'usages extérieurs sont considérés : la menuiserie (portes et fenêtres essentiellement), le bardage et la terrasse. L'usage en menuiserie n'est recommandé que moyennant une stabilité dimensionnelle et une usinabilité suffisantes. L'usage en terrasse réclame, dans la plupart des cas, de bonnes performances en termes de rigidité et de dureté.
- (3) Les classes de durabilité (1 = durable à 5 = non durable) sont celles indiquées dans la NBN EN 350-2 en ce qui concerne la résistance naturelle du bois aux attaques de champignons lignivores. La classification concerne la partie duraminisée du bois (bois de cœur coloré), l'aubier n'étant jamais durable. Les essences qui ne sont pas reprises dans la NBN EN 350-2 : 1994 sont indiquées par (a).
- (4) Il s'agit de la préservation au sens strict du terme, à savoir la protection chimique du substrat ligneux au moyen de fongicides et non pas la finition du bois au moyen de lasures ou de peintures. Les

- (5) La rigidité est liée à la masse volumique. Pour une rigidité suffisante, une masse volumique à partir de 500 kg/m<sup>3</sup> est conseillée avec le bois feuillu, à partir de 450 kg/m<sup>3</sup> avec le bois résineux. Il importe surtout, pour des fenêtres de grandes dimensions avec parties ouvrantes, de veiller à l'adéquation des sections et des moyens de fixation.
- (6) La stabilité dimensionnelle est basée sur le « travail » d'une espèce de bois en cas de variations de l'humidité relative de l'air entre 60 et 90%. Un séchage jusqu'au taux d'humidité du bois à l'usage est d'autant plus important que le bois est moins stable.
- (7) Les piqûres noires sont les traces d'une attaque antérieure d'insectes des bois « verts » (l'attaque est définitivement arrêtée une fois que l'humidité du bois est inférieure à 30-35%). Les piqûres noires sont admises en menuiserie extérieure sauf dans la meilleure classe de qualité (classe J2 selon NBN EN 942).
- (8) L'appellation Dark Red Meranti désigne plusieurs essences de l'Est de l'Asie qui appartiennent à des classes de durabilité différentes. Les bois dont la masse volumique est supérieure ou égale à 550 kg/m<sup>3</sup> sont considérés comme disposant d'une durabilité suffisante pour un usage en menuiseries extérieures.

## 4.4.2. COMPOSANTS

### Les supports de la terrasse

Les supports de type surfaces planes

Ces supports peuvent être de différents types et composés des matériaux suivants :

- dalle de béton (ciment dosé à 350kg/m<sup>3</sup>) avec treillis soudé, cales rigides et durables de désolidarisation des lambourdes, sable,
- géotextile
- empièchement drainant (diamètre > 40 mm) avec cale d'assise en béton (ciment dosé à 350 kg/m<sup>3</sup>)
- film anti-remontées capillaires
- terre stabilisée et égalisée (portance minimale de 2 bars).

Les plots de supports :

Différents types de plots peuvent être envisagés :

Les plots en béton sont coulés sur site ou préfabriqués (ciment dosé à 350 kg/m<sup>3</sup>). Les plots creux ne sont pas acceptés. Pour la constitution d'une terrasse surélevée (surélévation de plus de 25 cm par rapport au niveau du terrassement), les plots sont considérés comme des poteaux. Dans ce cas,

ils feront l'objet d'une étude spécifique comprenant l'intégration de ferrallages. L'ancrage des plots préfabriqués peut se faire au moyen de « gros béton » (dosé à 150 kg/m<sup>3</sup>) ou de sable.

Les plots polymères : sont généralement composés de polypropylène. Ils peuvent être utilisés sur des supports tels que la dalle de béton brute ou autres supports stables.

Ils sont légers et permettent un réglage en hauteur, ce qui rend la mise en œuvre plus aisée. Certains sont compatibles avec des dalles de bois et d'autres avec des lambourdes.

Les plots polymères doivent faire l'objet d'un cahier des charges et, lors de la mise en œuvre, les points suivants demandent une attention particulière :

- identification de la portance des plots et du support afin de définir leur disposition
- l'ouvrage doit être stabilisé par rapport aux sollicitations horizontales
- la tenue dans le temps du matériau composant le plot.

### Le solivage

Le solivage est composé de bois de section rectangulaire. Les solives jouent un rôle structurel, de soutien mécanique et de fixation pour le platelage. Leur forte section permet de restreindre le nombre d'appuis.

Le cadre périphérique est constitué de solives de rive. Les longueurs d'appui sont recoupées par les solives de refend. Les solives restantes sont les solives courantes (voir schéma de l'introduction).

Les essences qui composent le solivage doivent présenter une durabilité, naturelle ou conférée, de 1, 2 ou 3. Le tableau placé en début de chapitre permet de cibler ces essences.

La classe de résistance mécanique minimum exigée pour ce type d'élément est de C18, pour les résineux et de D18 pour les feuillus.

Les performances mécaniques du Western Red Cedar étant inférieures aux essences habituellement prescrites, une diminution de 15 % sera appliquée sur les entraxes du support.

Les solives doivent être dimensionnées car elles ne reposent pas de façon continue sur les assises. Ce dimensionnement a pour objectif de définir la portée des solives (longueur entre deux appuis) ainsi que sa section.

Les solives sont disposées dans le sens de la hauteur de la section, c'est-à-dire que la rive (le petit coté de la section) est horizontale et repose sur les appuis.

Lors de la mise en œuvre, il faut éviter que la solive ne reste en contact avec de l'eau stagnante.

### Le lambourrage

Les lambourdes sont des bois de section réduite par rapport aux solives, posées à intervalles réguliers, perpendiculairement aux solives courantes. Elles font partie du « platelage » et constitue l'interface entre la structure primaire (les solives) et les lames de la terrasse.

Le cadre périphérique est constitué de lambourdes de rives. Les longueurs d'appui sont recoupées par les lambourdes de refends. Il reste les lambourdes courantes (voir schéma de l'introduction).

Les lambourdes sont le support de fixation des lames de platelage. Leur dimensionnement est important et doit être suffisant pour assurer l'ancrage des fixations du platelage. Leur écartement est également essentiel. Elles doivent être suffisamment rapprochées afin d'éviter une trop

forte flexion du platelage sous l'effet de la charge.

Les lambourdes se posent dans le sens de la largeur, c'est à dire que la face (le grand coté de la section) repose parallèlement au sol.

D'une manière générale, la fixation d'un bois plus dur sur un bois plus tendre est à proscrire.

Comme pour les solives, les essences qui composent le lambourrage doivent présenter une durabilité, naturelle ou conférée, de 1, 2 ou 3. Le tableau placé en début de chapitre permet de cibler ces essences.

La classe de résistance mécanique minimum exigée pour ce type d'élément est de C18, pour les résineux et de D18 pour les feuillus.

Le dimensionnement du Western Red Cedar suit les mêmes recommandations que pour les solives.

## Les lames de platelage

### Essences (dimensions, résistance mécanique et aspect)

Les essences le plus couramment utilisées pour les lames ainsi que leurs caractéristiques sont reprises dans les tableaux suivants :

Essences tempérées	Dureté	Stabilité	Caractéristiques mécaniques	Élancement max. (λ) (largeur/épaisseur)	Épaisseur min (mm)
Douglas (traité ou non)	D2	MS	C18	6	20
Mélèze (traité ou non)	D3	MS	C18	6	20
Epicéa	D2	S	C18	6	20
Pin maritime	D3	MS	C18	6	20
Pin sylvestre	D2	MS	C18	6	20
Western Red Cedar	D1	S	C14	7	27
Western Hemlock	D2	MS	C18	6	20
Châtaignier	D3	MS	D30	5	22
Pin jaune	D2	MS	C18	6	20
Chêne rouvre ou pédonculé	D3	MS	D30	5	22
Robinier	D4	PS	D50	4	22

Comme pour les lambourdes, la fixation d'un bois plus dur sur un bois plus tendre est à proscrire.

Essences feuillues tropicales	Dureté	Stabilité	Caractéristiques mécaniques	Élancement max. (λ) (largeur/épaisseur)	Épaisseur min (mm)
Angelim vermelho	D5	PS	D50	4	50
Azobé	D5	PS	D50	4	50
Bongkirai	D4	MS	D50	6	19
Basralocus	D4	MS	D50	6	20
Bilinga	D4	MS	D30	5	27
Cumaru	D5	MS	D50	6	19
Doussié	D4	S	D30	6	19
Garapa	D4	MS	D30	5	20
Gonçalo alves	D4	MS	D30	5	19
Greenheart	D5	MS	D50	4	50
Ipé	D5	S	D50	7	19
Iroko	D4	MS	D30	5	21
Itauba	D3	MS	D50	5	19
Jatoba	D4	MS	D50	5	19
Kapur	D3	MS	D30	6	19
Keruing	D3	PS	D30	4	27
Maçaranduba	D3	PS	D50	5	21
Makoré	D3	MS	D30	6	27
Merbau	D5	S	D30	7	19
Moabi	D4	MS	D50	6	19
Mukulungu	D4	PS	D50	4	50
Padouk	D4	S	D30	7	19
Piquia	D3	MS	D30	4	27
Pynkado	D5	MS	D50	4	27
Tali	D5	MS	D30	4	27
Tatajuba	D4	PS	D30	4	21
Teck	D3	S	D30	7	19



### Fixation du platelage :

#### Vis apparentes

Il s'agit de vis en inox permettant un autoserrage sur le support :

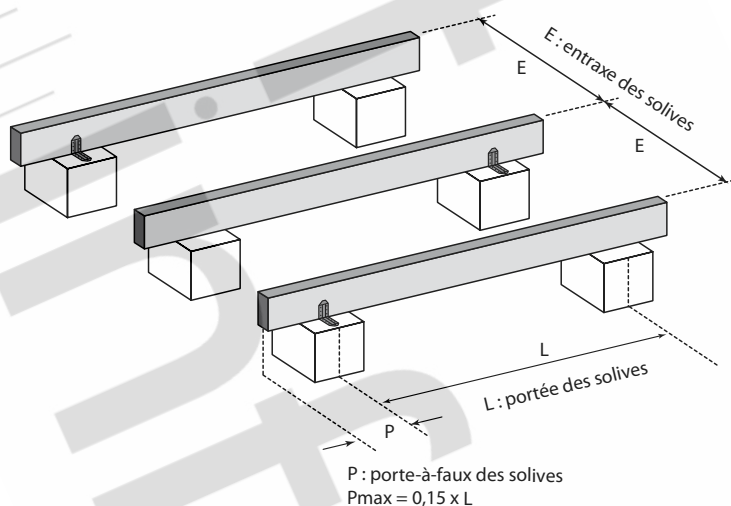
- A2 ou A4
- tête fraisée ou bombée
- double filetage ou congé de filet sous tête

#### Fixations non apparentes

Ce type de fixation est avantageux pour des questions de durabilité de l'ouvrage (diminution du nombre de points de rétention d'eau) mais également pour des raisons esthétiques. Différents systèmes permettent ce type de fixation (ancrage en sous-face de lame, bridage latéral sur les rives de lame, combinaison des deux). Ce type de système doit faire l'objet d'un cahier des charges de conception et de mise en œuvre.

## 4.4.3. CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE

### Réalisation du solivage



#### Dimensionnement des solives

Pour le dimensionnement des solives, les éléments suivants sont à prendre en considération :

- le calcul entre deux appuis
- la déformation inférieure au 1/400 de la portée sous charge répartie de 150 kg/m<sup>2</sup> ou sous charge ponctuelle de 200 kg
- des bois classé C18 ou D18
- une classe de service 3 selon l'Eurocode 5.

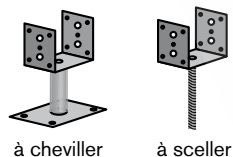
#### Fixation des solives

Le solivage doit être stable, notamment vis-à-vis des efforts horizontaux. Cette stabilité est assurée grâce aux ancrages.

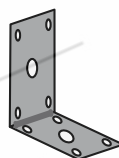
Les solives sont fixées au moyen :

- d'ancrages par pieds en U à cheviller ou à sceller
- d'ancrages par pieds avec platine en âme avec pied en T à cheviller ou à sceller
- d'ancrages par équerres (nombreux types différents selon le cas de figure)

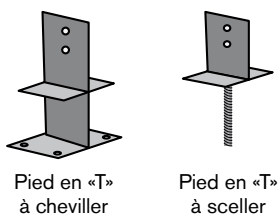
#### Pieds en U



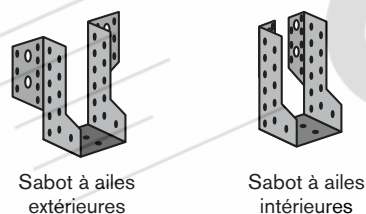
#### Equerre



#### Pied avec platine en âme



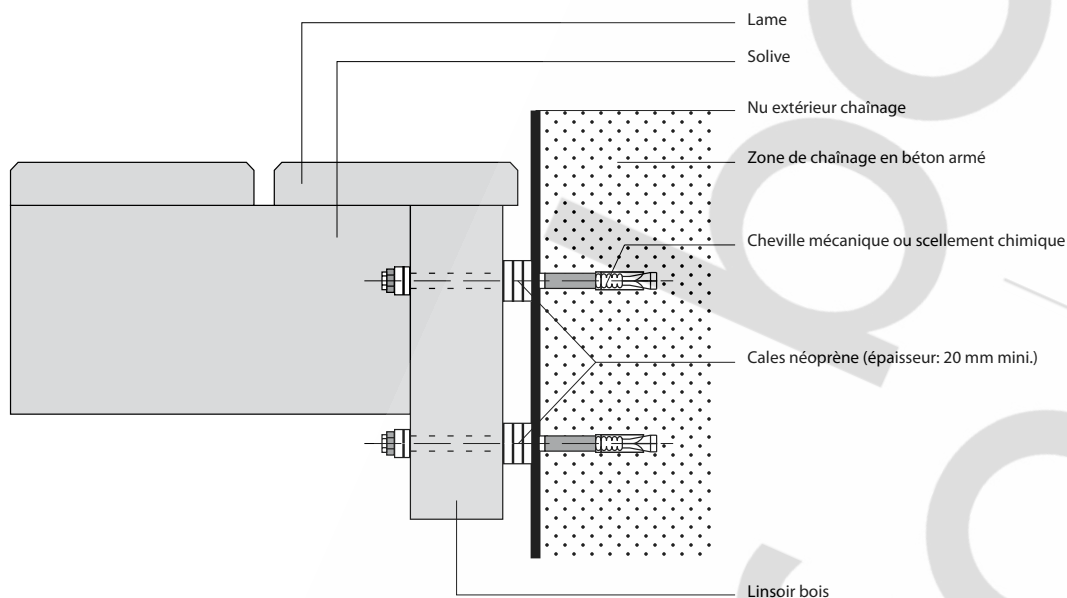
#### Fixations entre solives ou support vertical en béton



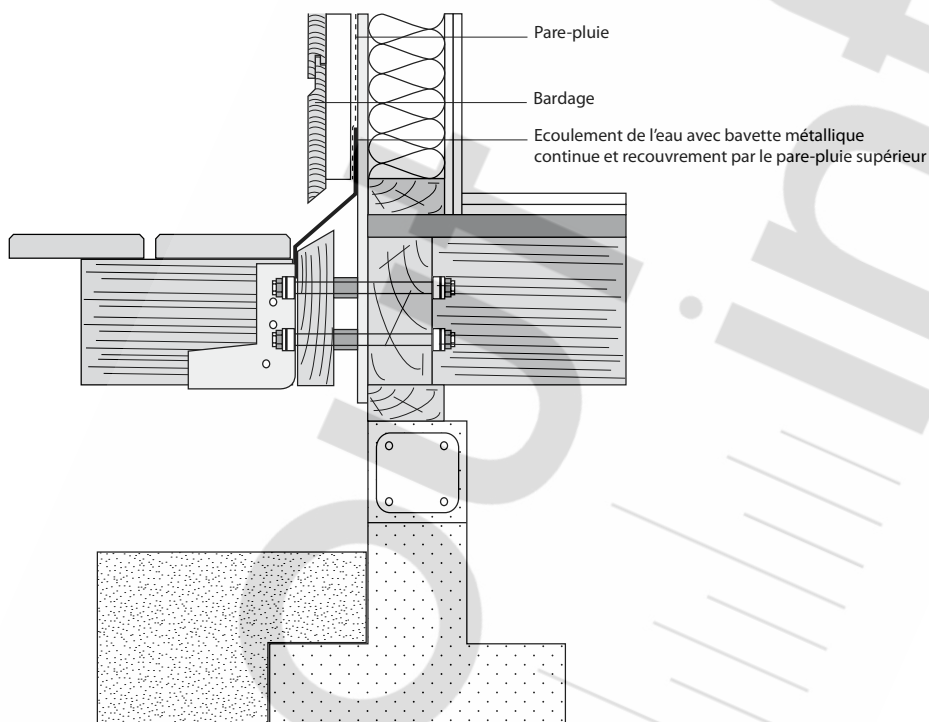
Les ancrages latéraux se font de la manière suivante :

→ **Sur bâti en béton**

Les solives doivent impérativement être écartées de la paroi pour laisser l'eau s'écouler. D'autre part, pour ce type d'assise latérale, la zone réceptrice doit être en béton armé et un ancrage dans des corps creux tels que brique ou aggloméré de béton est vivement déconseillé.



→ **Sur paroi à ossature bois**



## Réalisation du platelage

### Dimensionnement des lames

Le dimensionnement des lames du platelage s'effectue selon deux niveaux :

**Confort** : la flèche maximale instantanée sous sollicitations doit être inférieure à 3 mm

**Standard** : la flèche maximale instantanée sous sollicitations doit être inférieure à 5 mm

Le dimensionnement dit « de confort » procure une sensation de rigidité importante sous les pas et supporte parfaitement les sollicitations dues aux meubles de jardin et aux jardinières. Le dimensionnement « standard », quant à lui, donne une impression de rigidité satisfaisante lors des déplacements et supporte les sollicitations d'éléments non pesants (tables, chaises, etc.).

### Tableau pour platelages de niveau « confort »

Flèche maximale de 3 mm sous une charge ponctuelle de 200 kg, sections finies et classe de service 3 selon l'Eurocode 5.

#### Entraxes des lames entre appuis multiples (lambourdes ou supports linéaires) (2) (cm)

Épaisseur (mm)	Largeur (mm) (3)	Lames en résineux		Lames en feuillus			
		C18 min. (1)	C24 min.	D18 min.	D24 min.	D30 min.	D50 min.
19 à 20	90	Non retenu	Non retenu	Non retenu	Non retenu	39	50
	120	Non retenu	41	Non retenu	41	51	55
	140	36	48	36	48	54	58
21 à 23	90	Non retenu	37	Non retenu	37	46	55
	120	37	49	37	49	56	61
	140	43	58	43	57	59	64
28 à 27	90	35	47	35	47	58	63
	120	47	63	47	62	64	70
	140	55	68	55	66	68	73
28 à 32	90	47	62	47	62	68	74
	120	62	75	62	73	75	81
	140	73	79	73	77	79	86

- (1) réduction de 15 % de ces valeurs d'entraxe pour le Western Red Cedar  
 (2) réduction de 15 % de ces valeurs d'entraxe en cas de pose sur deux appuis  
 (3) la largeur est liée à l'épaisseur de la lame (voir tableau page 8 du même chapitre)

### Tableau pour platelages de niveau « standard »

Flèche maximale de 5 mm sous une charge ponctuelle de 200 kg, sections finies et classe de service 3 selon l'Eurocode 5.

#### Entraxes des lames entre appuis multiples (lambourdes ou supports linéaires) (2) (cm)

Épaisseur (mm)	Largeur (mm) (3)	Lames en résineux		Lames en feuillus			
		C18 min. (1)	C24 min.	D18 min.	D24 min.	D30 min.	D50 min.
19 à 20	90	Non retenu	Non retenu	Non retenu	Non retenu	39	59
	120	Non retenu	41	Non retenu	41	52	65
	140	36	48	36	48	60	69
21 à 23	90	Non retenu	37	Non retenu	37	46	66
	120	37	49	37	49	62	72
	140	43	58	43	58	70	76
28 à 27	90	35	47	35	47	59	75
	120	47	63	47	63	76	83
	140	55	73	55	73	80	87
28 à 32	90	47	62	47	62	78	88
	120	62	83	62	83	89	96
	140	73	94	73	91	94	101

- (1) réduction de 15 % de ces valeurs d'entraxe pour le Western Red Cedar  
 (2) réduction de 15 % de ces valeurs d'entraxe en cas de pose sur deux appuis  
 (3) la largeur de la lame est liée à son épaisseur, et son élancement (voir tableau page 8 du même chapitre)

### Humidité des lames

L'humidité des lames lors de la mise en œuvre doit être inférieure à 18%. L'idéal est de poser du bois dont l'humidité est proche de celle du site d'implantation. Dans ce cas, les mouvements du bois qui apparaissent entre les périodes humides et sèches seront limités.

L'humidité optimale pour une lame de platelage est estimée de la façon suivante :

$$(H \text{ été} + H \text{ hiver}) / 2.$$

D'une manière générale, il est fortement déconseillé de mettre en œuvre des lames de terrasses durant des périodes desséchantes (p.ex. avril et mai).

L'humidité du bois n'aura pas eu le temps d'être en équilibre avec le milieu ambiant et le séchage trop rapide engendrera de fortes tensions, sources de fissurations et de déformations.

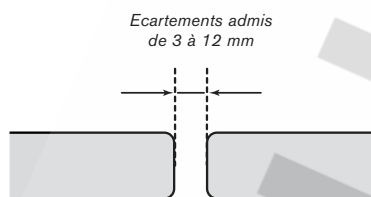
Pour la Belgique et le nord de la France, les valeurs sont les suivantes :

	Eté	Hiver
Humidité relative moy. de l'air (%)	71	89
Température moy. (°C)	18	3,5
Humidité relative moy. du bois (%)	14	22

### Ecartement entre lames

La succession des saisons, avec les variations d'humidité relative de l'air, entraîne le gonflement et le retrait du bois. Une grande rigueur est nécessaire pour que la maîtrise du jeu entre les lames soit bonne.

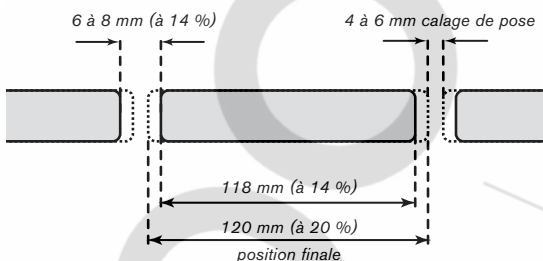
Afin que les lames puissent jouer librement, l'écartement ne doit jamais être inférieur à **3 mm** et ne peut excéder **12 mm**.



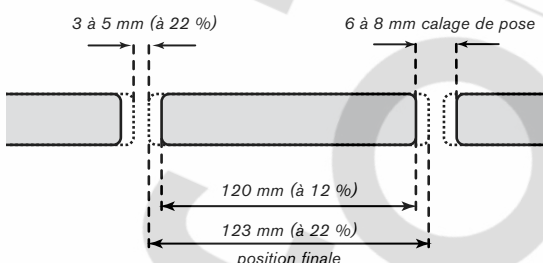
L'écartement des lames dépend de l'humidité de la lame, de sa largeur et des conditions climatiques extrêmes du site (température et humidité relative de l'air en été et en hiver).

Deux exemples :

→ Bois résineux mis en œuvre à 20%



→ Bois résineux mis en œuvre à 12%

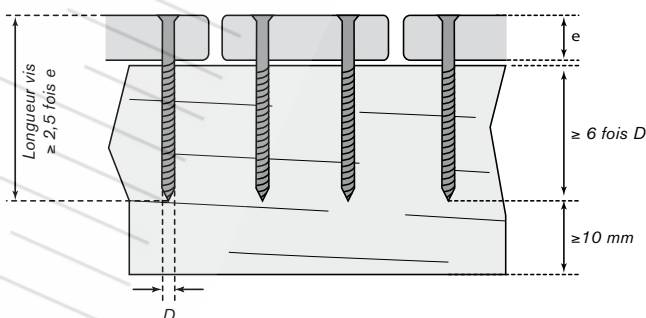


### Fixation du platelage

Les règles générales qui prévalent en matière de fixation du platelage sont les suivantes :

- les vis doivent être en acier inoxydable
- les têtes de vis doivent être larges et robustes pour supporter l'effort de serrage sans poinçonner le bois et en évitant la rupture
- deux vis de fixation dans la largeur, par point d'appui
- pour les lames de largeur inférieure à 60 mm une seule fixation suffit avec un élargissement adéquat du support pour une fixation en quinconce dans le sens longitudinal.

### Mise en œuvre d'une vis



### Le pré-perçage

Pré-perçage de la lame de platelage :

Le pré-perçage est toujours recommandé.

Il est indispensable :

- pour des bois dont la masse volumique est supérieure à  $800 \text{ kg/m}^3$
- en bout de lames.

Pour les vis à tête fraisée, le perçage se fait avec une butée intégrant le fraisage d'insertion de la tête.

Pour les vis à double filetage auto-serrant, le diamètre de pré-perçage équivaut à 0,8 fois le diamètre extérieur du filet (def).

Pour les vis à congé de filet sous-tête, le diamètre de pré-perçage équivaut au diamètre sous-tête (dst).

Pré-perçage du support (lambourdes ou solives) :

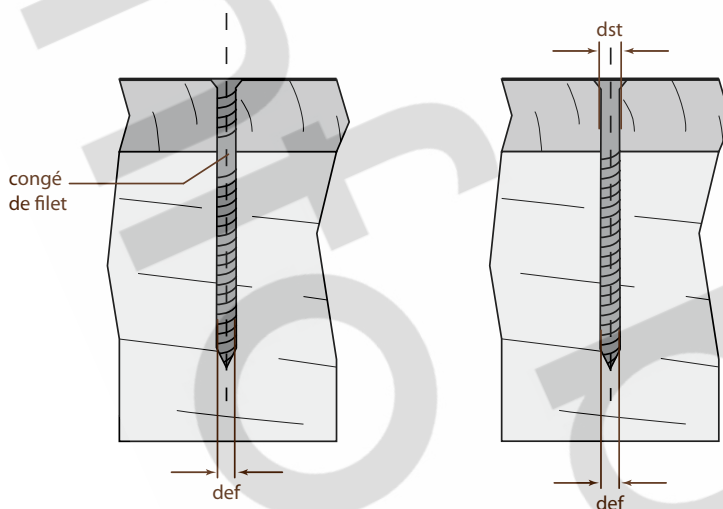
Le pré-perçage du support est indispensable pour les bois dont la masse volumique est supérieure à  $800 \text{ kg/m}^3$ . Lorsqu'il est réalisé, il est fait en même temps que le pré-perçage des lames. Les diamètres de pré-perçage sont d'ailleurs souvent identiques.

Ces mesures de pré-perçage ne sont pas nécessaires lors de l'utilisation de vis autoforeuses.

### Le diamètre des vis de fixation des lames de platelage

Le diamètre des vis de fixation dépend de la densité du bois, ainsi que de l'épaisseur des lames. Ces valeurs correspondent au diamètre « extérieur filet ».

Épaisseur des lames (mm)	Masse volumique < $800 \text{ kg/m}^3$	Masse volumique $\geq 800 \text{ kg/m}^3$
19 - 23	4,5	5
24 - 27	4,5	6
28 - 32	6	8

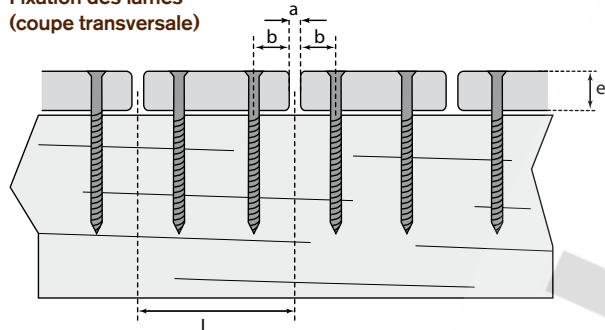


def : diamètre extérieur filet  
dst : diamètre sous tête

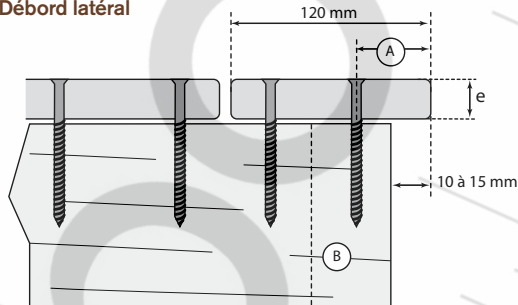
### Exemples de mise en œuvre

Ce point présente quelques exemples non exhaustifs de détails de mise en œuvre.

#### Fixation des lames (coupe transversale)

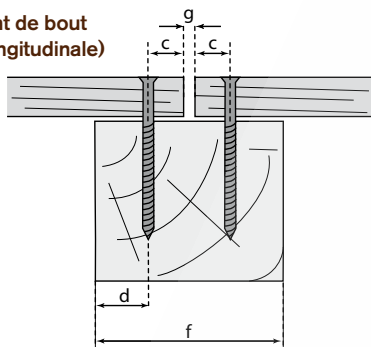


#### Débord latéral

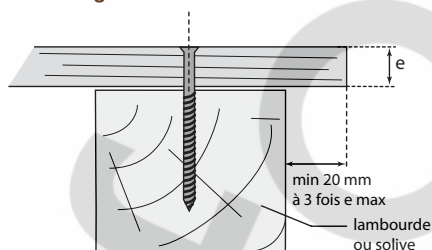


- A. Fixation décalée  
- de 22 à 27 mm pour diam. vis de 4,5 à 5 mm  
- de 28 à 33 mm pour diam. vis de 8 mm  
B. Lambourde/solive sans cache d'embout  
ou lambourde/solive en retour (pointillés)

#### Jointement de bout (coupe longitudinale)

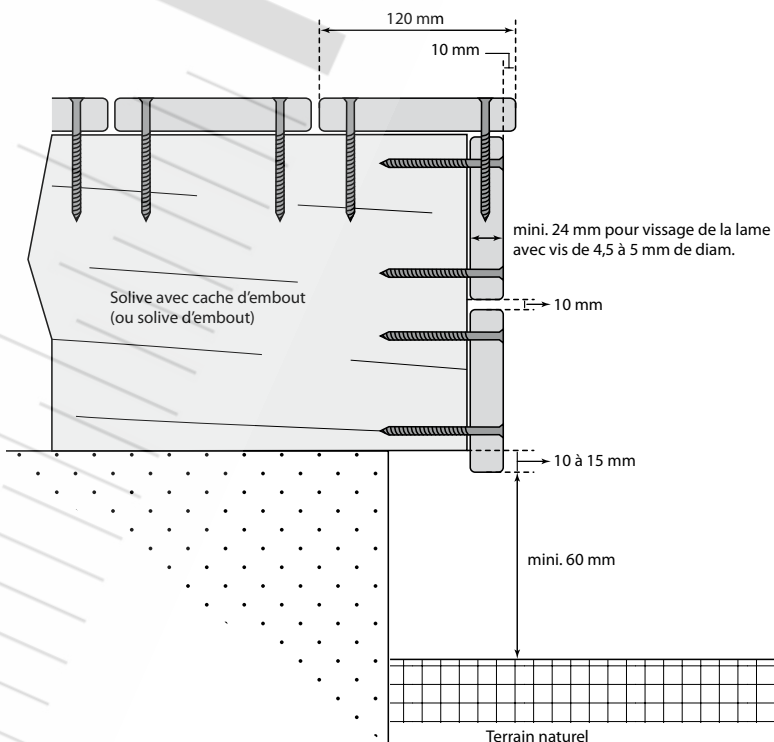


#### Débord longitudinal



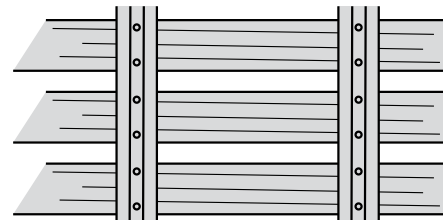
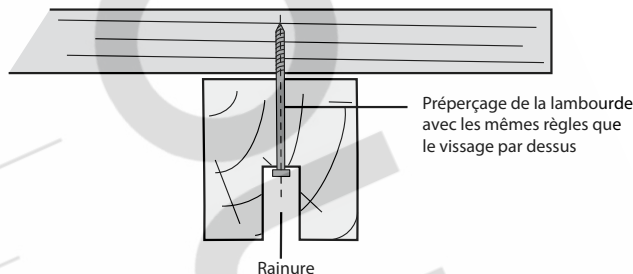
- a 4 à 7 mm à la pose (en fonction de l'humidité du bois)  
3 à 12 mm dans la mise en œuvre de l'ouvrage  
b compris entre 15 mm et L/5 pour des vis de  $\varnothing \leq 6$  mm  
compris entre 18 mm et L/5 pour des vis de  $\varnothing 8$  mm  
c  $\geq 15$  mm pour des vis de  $\varnothing \leq 5$  mm  
 $\geq 17$  mm pour des vis de  $\varnothing 6$  mm  
 $\geq 20$  mm pour des vis de  $\varnothing 8$  mm  
d  $\geq 12$  mm pour des vis de  $\varnothing \leq 5$  mm  
 $\geq 14$  mm pour des vis de  $\varnothing 6$  mm  
 $\geq 18$  mm pour des vis de  $\varnothing 8$  mm

- e épaisseur de la lame  
f  $\geq 57$  mm pour des vis de  $\varnothing \leq 5$  mm  
 $\geq 65$  mm pour des vis de  $\varnothing 6$  mm  
 $\geq 79$  mm pour des vis de  $\varnothing 8$  mm  
g 0 à 5 mm

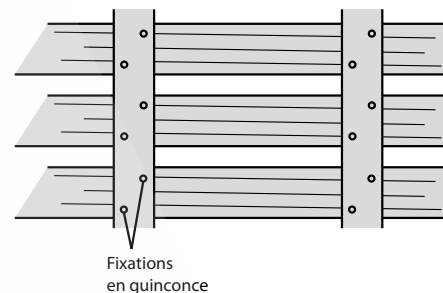
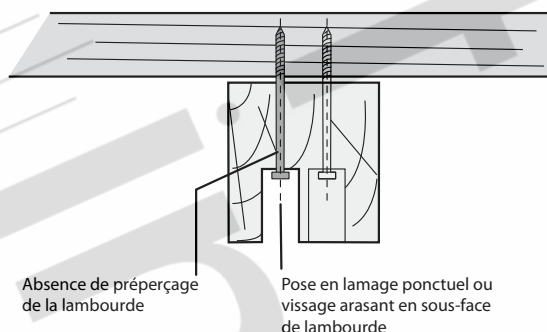


### Pratiques courantes (non exclusives)

→ Vis en fond de rainures avec pré-perçage de la lambourde



→ Vis en quinconce sans pré-perçage de la lambourde



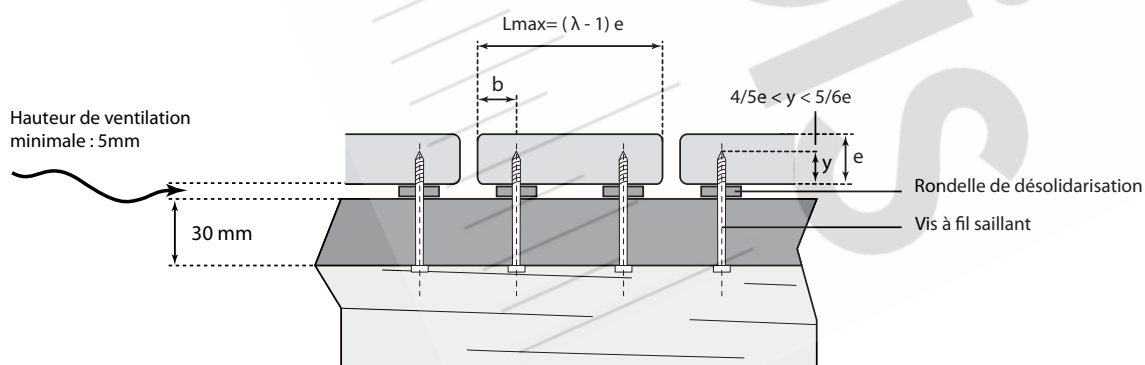
### Les règles générales de fixation du platelage

- La pénétration des vis (Y) de la lame doit être au minimum de 20 mm et satisfaire à la règle suivante :  $4/5$  de l'épaisseur de lame  $\leq Y \leq 5/6$  de l'épaisseur de lame
- L'épaisseur minimum de la lame doit être de 27 mm

Idéalement, il faut décoller la sous-face de la lambourde, par exemple au moyen d'une rondelle de néoprène (épaisseur  $\geq$  à 5 mm). Ce système assure une bonne ventilation autour des zones critiques et un bon séchage. En outre, la souplesse du néoprène, permet le jeu du gonflement et du retrait du bois.

Afin d'éviter que la lame n'éclate si elle est fixée trop près du bord, les règles de bord à respecter en fonction du diamètre de vis seront les suivantes :

- $y = 20$  mm minimum et  $4/5 e < y < 5/6 e$
- $e = 27$  mm minimum
- $L = 60$  mm minimum
- $\lambda =$  élancement maximal
- $b$  pour  $L \geq 90$  mm :  
 $15 \text{ mm} \leq b \leq L/5$  pour un  $\varnothing$  de vis 4,5 à 6 mm  
 $18 \text{ mm} \leq b \leq L/5$  pour un  $\varnothing$  de vis 8 mm
- $b$  pour  $L < 90$  mm :  
 $15 \text{ mm}$  pour un  $\varnothing$  de vis 4,5 à 6 mm  
 $18 \text{ mm}$  pour un  $\varnothing$  de vis 8 mm



## Lambourdes du platelage

### Largeur des lambourdes

La largeur des lambourdes doit être de minimum 50 mm pour la partie courante de la lame de platelage et de 70 mm au niveau des deux extrémités de lames alignées.

Pour simplifier, on peut ne prendre que des lambourdes de 70 mm. Il est également possible de doubler la lambourde de 50 mm aux endroits des joints en bout de lames. Dans ce cas, un espace de 5 mm sera aménagé entre les deux lambourdes afin de garantir une bonne évacuation de l'eau et une ventilation acceptable.

### Hauteur des lambourdes et taille des vis

Les vis de fixation du platelage doivent être vissées dans la hauteur de la lambourde à une profondeur d'au moins 6 fois le diamètre des vis. D'autre part, la longueur de la vis doit être d'au moins 2,5 fois l'épaisseur de la lame de platelage. Dans tous les cas, il doit rester au minimum 10 mm de lambourde sous la pointe de la vis ; celle-ci ne peut pas traverser toute la hauteur de la lambourde.

### Sections des lambourdes et portées entre appuis :

Les sections et portées entre appuis sont les suivantes :

- dans le cas de bois C18/D18 pour une classe de service 3 selon l'Eurocode 5
- pour des charges réparties de 150 kg/m<sup>2</sup> et des charges ponctuelles de 200 kg/m<sup>2</sup>
- avec une flèche maximum autorisée de 1/400

Pour une épaisseur de platelage supérieure, la hauteur de la lambourde doit être spécifiquement calculée en respectant la règle suivante :

- la longueur de la vis doit être supérieure ou égale à 2,5 fois l'épaisseur du platelage
- la profondeur de pénétration doit être supérieure à 6 fois le diamètre de la vis plus 10 mm

### Fixation des lambourdes :

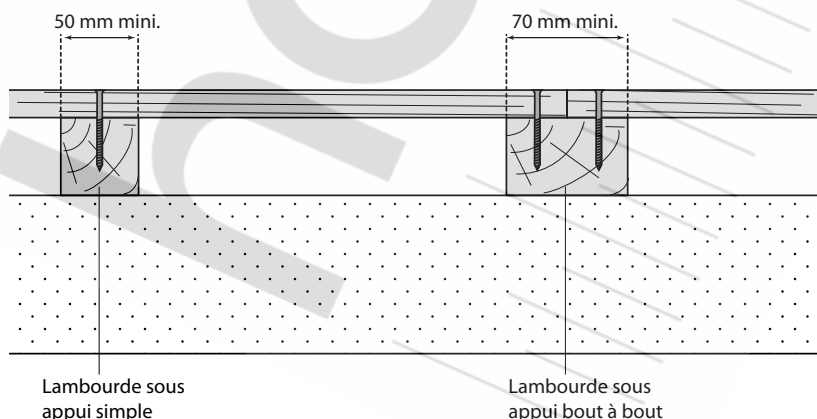
- Pour garantir l'écartement entre lambourdes, celles-ci doivent être solidarisées entre elles au moyen d'entretoises, de lambourdes de ceintures, etc.
- Les modes de pose avec ancrages sont à privilégier
- Lorsque qu'on réalise une pose flottante (plots de polymère), l'ancrage sur support n'est pas nécessaire.

Épaisseur du platelage (mm)	Hauteur minimale des lambourdes (mm)	Entraxe maximal entre appui des lambourdes (cm)
-----------------------------	--------------------------------------	---

19 - 23	42 pour vis de 5 mm	49
19 - 23	48 pour vis de 6 mm	59
24 - 27	48 pour vis de 6 mm	59
28 - 32	50 pour vis de 6 mm	63
28 - 32	60 pour vis de 8 mm	83

### Calculs :

- pour une largeur de lambourde en partie courante de 50 mm
- dans le cas de 3 appuis.
- diminution de 15 % de ces valeurs d'entraxe à prévoir dans le cas de 2 appuis.



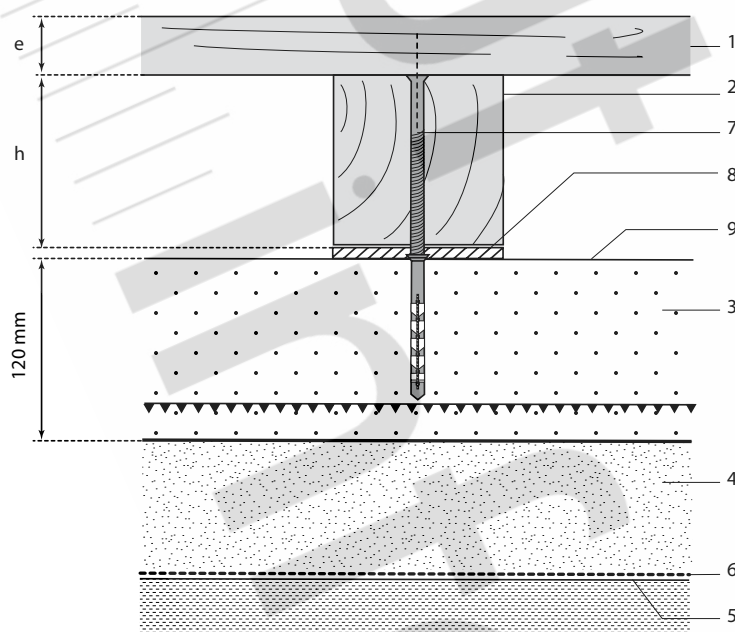


## Terrasses sur supports plans

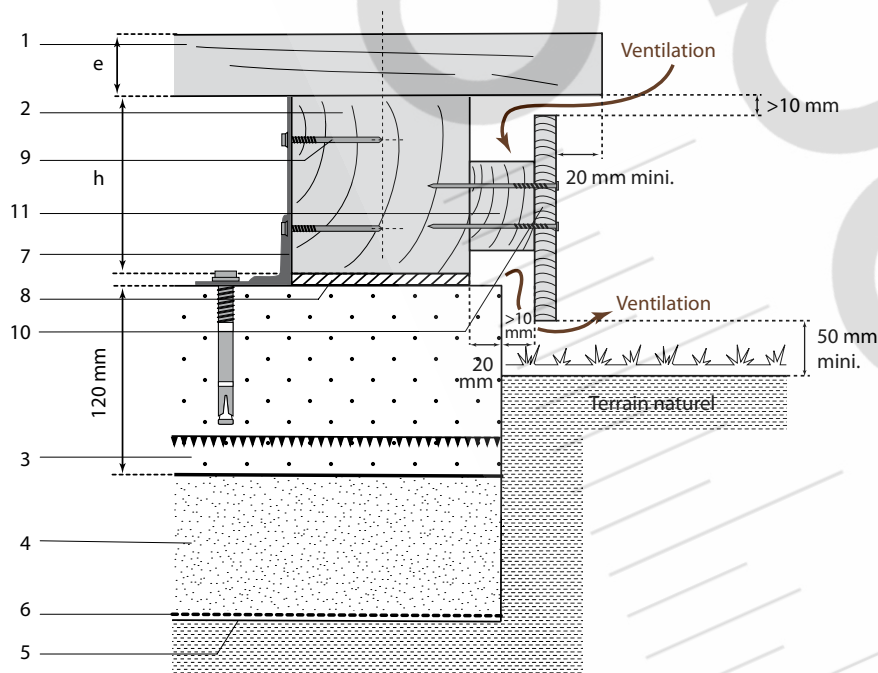
### Sur dalle bétonnée

La dalle de béton doit être d'une épaisseur minimale de 12 cm, être armée et reposer sur un lit de sable. Un film empêchant la remontée capillaire doit être posé sous le lit de sable. Lors du terrassement, une épaisseur minimum de 20 cm de terre végétale doit être retirée.

Afin d'assurer un écoulement satisfaisant de l'eau sur la dalle, celle-ci aura une pente minimum de 1% avec le point haut du côté de la maison.



- 1 lame de platelage d'épaisseur e
- 2 Lambourde de hauteur h
- 3 Dalle de béton armé d'épaisseur de 120 mm (350 kg de ciment par m<sup>3</sup> de béton – ferrailage treillis soudé)
- 4 Sable (épaisseur de 50 à 100 mm)
- 5 Niveau fond de fouille – Niveau du décapage: < 200 mm par rapport au terrain naturel
- 6 Barrière anti-remontées capillaires
- 7 Fixation
- 8 Calage ponctuel (matériau rigide de synthèse). Épaisseur de 10 à 20 mm selon le sens de la lambourde par rapport à la pente du dallage
- 9 Pente de 1 % minimum



- 1 lame de platelage d'épaisseur e
- 2 Lambourde de hauteur h
- 3 Dalle de béton armé d'épaisseur de 120 mm (350 kg de ciment par m<sup>3</sup> de béton – ferrailage treillis soudé)
- 4 Sable (épaisseur de 50 à 100 mm)
- 5 Niveau fond de fouille – Niveau du décapage: < 200 mm par rapport au terrain naturel
- 6 Barrière anti-remontées capillaires
- 7 Fixation par équerres latérales nervurées ou raidies
- 8 Calage ponctuel (matériau rigide de synthèse). Épaisseur de 10 à 20 mm selon le sens de la lambourde par rapport à la pente du dallage
- 9 Clou cranté ou vis (inox ou galvanisé)
- 10 Planche cache d'embout
- 11 Tasseaux ponctuels, supports du cache d'embout

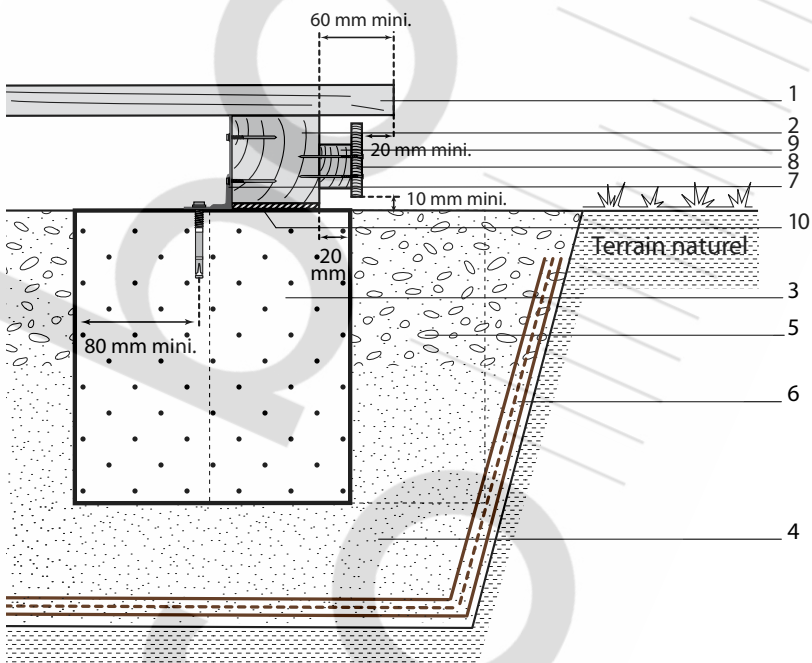
### Sur surface préparée autre que bétonnée

Pour ce type de conception, les lambourdes sont toutes posées sur des cales d'assise assurant une portance homogène par rapport au sol. Ceci permet d'éviter le tassement différentiel de la terrasse.

- 1 Lame de platelage d'épaisseur  $e$
- 2 Lambourde de hauteur  $h$
- 3 Cale d'assise béton plein, dosé à 350 kg/ciment/m<sup>3</sup> de béton mini. Dimensions : minimum 200 x 300 mm / hauteur mini. de 150 mm.
- 4 Sable (épaisseur minimum de 50 mm) servant au réglage des plots
- 5 Empierrement ou galets de Ø moyen de 40 mm environ
- 6 Géotextile sur fond de fouille damé avec forme de pente de 2 à 5 %
- 7 Fixation par équerres latérales nervurées ou raidies. Une équerre par cale d'assise
- 8 Planche cache d'embout
- 9 Tasseaux ponctuels, supports du cache d'embout
- 10 Calage ponctuel (matériau rigide de synthèse). Épaisseur de 10 mm

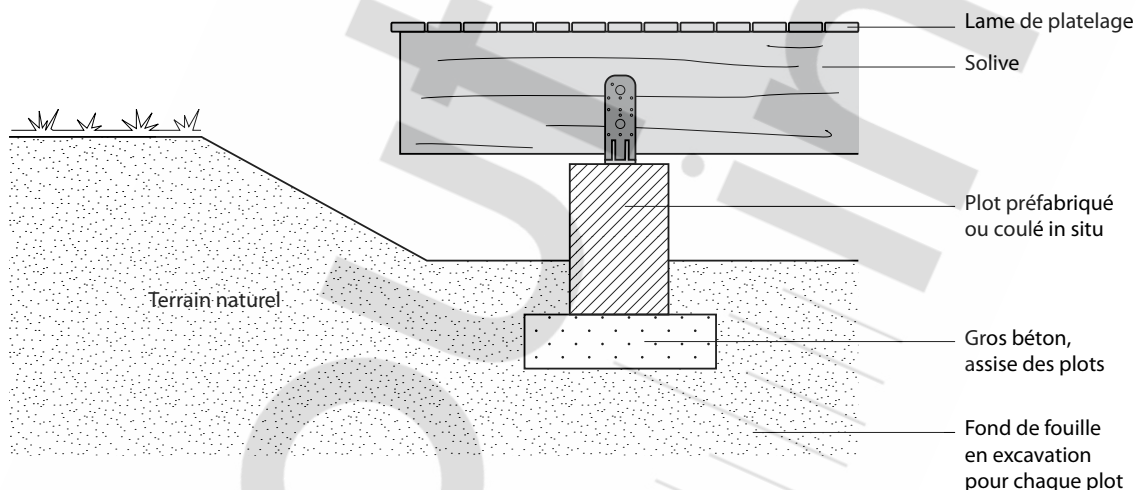
### Coupe verticale surface drainée

Détail en rive. Cales d'assise en quinconce.



### Sur plots

Coupe verticale sur plot béton



### Lectures complémentaires

- [1] S. LE NEVE. *Guide de conception et de réalisation des terrasses en bois - 3<sup>ème</sup> version*. Tourcoing : FCBA, ATB, 2012, 119p.
- [2] B. CAILLARD. *Construisez votre terrasse en bois vous-même - Tome 1, 2, 3, 4. 3<sup>ème</sup> édition*. Goyrans : Editions du MEGA-Bricoleur, 2010.
- [3] W. ANDRES. *Construire sa terrasse en bois*. France : Ed. Eyrolles, 2010, 143p.
- [4] A. THIEBAUT, B. ROTH. *Terrasses en bois - choix des matériaux, préparatifs, pose*. Colmar : Ed. SAEP, 2011, 68p.

# 5

## ASPECTS ÉNERGÉTIQUES

<b>5.1.</b>	<b>APPROCHE THÉORIQUE</b>	<b>1/22</b>
5.1.1.	Le transfert de vapeur	1
5.1.2.	L'étanchéité à l'air	3
5.1.3.	La continuité thermique – les nœuds constructifs	4
5.1.4.	Les propriétés d'isolation et d'inertie thermique	4
<b>5.2.</b>	<b>APPROCHE PRATIQUE</b>	<b>6</b>
5.2.1.	Simulation et processus d'évaluation d'une paroi	6
5.2.2.	Conclusion de l'approche pratique	8
5.2.3.	Contenu des fiches	8
<b>5.3.</b>	<b>LE CLIMAT INTÉRIEUR</b>	<b>9</b>
5.3.1.	La gestion de la chaleur	9
5.3.2.	La ventilation	9
	<b>EXEMPLES</b>	<b>10</b>
	M6 – Isolation de mur dans son épaisseur – OSB côté extérieur (très peu utilisé en Belgique)	10
	M7 – Isolation de mur dans son épaisseur – OSB côté extérieur	12
	M8 – Isolation de mur en bois massif par l'extérieur	14
	M9 – Isolation de mur en madriers de bois par l'extérieur	16
	T3 – Isolation de toiture inclinée par l'extérieur – cellulose	18
	T5 – Isolation de toiture inclinée en bois massif par l'extérieur	20

hout info bois

## 5. ASPECTS ÉNERGÉTIQUES

Auteur : Brouae snc – architecture & énergies – www.brouae.be

Ce chapitre aborde les différents aspects liés à l'isolation thermique des constructions en bois et, par extension, quelques notions de climat intérieur. Il propose également un échantillon de solutions pratiques relatives aux aspects énergétiques de la construction à ossature bois.

La viabilité des parois constituées de matériaux bois n'est garantie que par une conception et une mise en œuvre irréprochables. Le bois adapte son humidité aux conditions environnantes. En construction bois, le taux d'humidité des pièces de bois se situe idéalement entre 9 et 18% selon les cas et usages ; il ne devrait en tout cas pas dépasser 20% sous peine de voir se développer des organismes biologiques (champignons, moisissures). Dès la conception, les systèmes mis en œuvre doivent permettre la protection des éléments contre toute forme d'humidification (liquide ou vapeur).

D'autre part, l'air mobile transporte, par convection, de grandes quantités de chaleur et de vapeur d'eau. Seul l'air sec rendu immobile devient un isolant. Bien que la paroi étanche à l'air n'ait pas

pour fonction d'assurer l'étanchéité à la vapeur d'eau, elle reste cependant fondamentale pour limiter ces courants de convection et réguler les variations d'humidité.

Ce point est à la fois essentiel et complexe car les différents phénomènes physiques qui y sont liés ne sont pas toujours bien connus du concepteur.

Les documents qui suivent reflètent une approche de la situation couramment pratiquée aujourd'hui, même si, en la matière, les techniques de construction sont en évolution constante et sont donc appelées à changer.

L'idée est de sensibiliser à un sujet essentiel mais délicat de la construction en bois. Certaines méthodes ou approches développées plus loin résultent de simulations informatiques ou de l'expérience pratique sans pour autant avoir fait l'objet d'une validation unanime de la part d'organismes officiels ou normatifs. Les différentes pistes de réflexion proposées dans ce chapitre sont données à titre informatif et ne dispensent pas d'avoir recours à l'avis d'un spécialiste.

### 5.1. APPROCHE THÉORIQUE

Le comportement physique des parois d'une construction en bois doit être bien maîtrisé par le concepteur dans la mesure où la viabilité dans le temps de l'ouvrage en dépend.

Les aspects liés au transfert de vapeur, à l'étanchéité à l'air, à la continuité thermique, au risque de pont thermique au droit des nœuds constructifs et à la capacité thermique sont expliqués ci-dessous.

#### 5.1.1. LE TRANSFERT DE VAPEUR

La conception d'une paroi à structure bois et la mise en œuvre de l'isolant devront prendre en compte une série de facteurs à commencer par ceux qui concernent l'hygrométrie : il est ainsi impératif d'empêcher l'accumulation de vapeur d'eau au sein de la paroi, laquelle peut conduire à la formation de condensation interne. Notons que cette notion est importante pour tous les types de construction.

##### Phénomène de condensation dans la paroi :

La faculté de l'air de contenir la vapeur d'eau augmente en fonction de la température : plus l'air est chaud, plus il peut contenir de vapeur d'eau avant d'arriver à saturation. Mais quelle que soit la température de l'air, cette capacité de contenir de la vapeur d'eau est limitée : au-delà de cette limite, la condensation est inévitable.

Le transfert de vapeur d'eau au sein de la paroi peut s'opérer de 2 manières :

→ **Par convection** : suite à une défaillance de l'étanchéité à l'air, un flux par convection se crée et l'air intérieur entre directement en contact avec une couche interne dont la température est plus basse. Cet air ayant conservé son humidité

absolue va condenser dès qu'il rencontre une surface dont la température est inférieure à sa température de rosée (température à laquelle la pression partielle de vapeur d'eau est égale à sa pression de vapeur saturante).

Les problèmes liés au transport de vapeur par convection sont bien plus fréquents que ceux liés à la simple diffusion de vapeur et les quantités de condensat interne sont également plus élevées. Par conséquent, l'étanchéité à l'air est donc fondamentale pour maîtriser ces courants de convection.

→ **Par diffusion** : la différence entre le climat intérieur et extérieur, notamment du point de vue de la température et de l'humidité relative, entraîne une différence de pression de vapeur d'eau de part et d'autre de la paroi. Ces pressions partielles, différentes entre l'intérieur et l'extérieur, tendent à s'équilibrer par le passage d'une certaine quantité de vapeur d'eau à travers la paroi, toujours plus ou moins poreuse, c'est-à-dire ouverte à la diffusion dans le sens de la pression la plus forte vers la pression la plus faible.

En hiver, sous nos latitudes, la teneur en vapeur d'eau de l'air intérieur chauffé (p.ex. 20°C) est plus élevée que la teneur en vapeur d'eau de l'air extérieur (p.ex. 5°). Cette vapeur d'eau provient de l'ensemble des sources d'humidité liées à l'occupation du bâtiment : douche, cuisine, nettoyage ou, tout simplement, la présence humaine.

Comme la nature tend à l'équilibre, cette haute pression intérieure de vapeur d'eau va induire une migration de la vapeur au travers des différents matériaux qui composent la paroi vers la basse pression extérieure. Simultanément, en fonction de la nature et de l'épaisseur des matériaux, la température de la paroi diminue progressivement depuis la face intérieure chauffée vers la face soumise au climat extérieur.

Si la pression partielle (pression de vapeur d'eau au sein du matériau) atteint la pression de saturation (à partir de laquelle la vapeur d'eau passe en phase liquide) il y a formation de condensation.

Concrètement, deux approches sont possibles afin d'éviter ou, à tout le moins, de gérer au mieux ce phénomène :

- Soit on « empêche » la migration de vapeur d'eau au sein de la paroi par la pose d'une **barrière « étanche » au transfert de vapeur** : le pare-vapeur. Avec la condition sine qua non que sa pose soit absolument parfaite (une attention particulière doit être portée à la continuité de la membrane elle-même ainsi qu'avec les raccords périphériques). Les pénétrations (passages de câbles, de conduites) ne sont envisagées que si aucun autre passage n'est possible. En effet, comme expliqué plus haut, le phénomène de convection au travers de la paroi peut y amener une quantité importante de vapeur d'eau.
- Soit on « contrôle » la migration de la vapeur d'eau au sein de la paroi. Ce type de construction porte également le nom de « paroi perspirante » en France. Dans ce cas, il faut satisfaire à des règles de conception précises :
  - du côté intérieur, le plus chaud, on aura soin d'utiliser un matériau permettant de freiner et de limiter le transfert de vapeur d'eau. Typiquement, il s'agira d'une membrane dénommée « frein-vapeur ». A noter que d'autres matériaux que ces membranes ont une capacité à freiner ce transfert de vapeur (voir tableau ci-après).
  - la continuité du frein-vapeur doit être irréprochable ;
  - on privilégiera le choix d'un matériau isolant qui permettra, dans une certaine mesure, la migration de cette faible quantité de vapeur d'eau vers la paroi extérieure, sans diminuer son pouvoir isolant, c'est-à-dire un matériau ouvert à la diffusion de vapeur.
  - enfin, les couches successives, de l'intérieur vers l'extérieur, seront de plus en plus diffusantes, à savoir ouvertes au transfert de vapeur dans un rapport minimal qui dépend de nombreux paramètres, parmi lesquels les

conditions d'utilisation et le climat extérieur. En Belgique, ce rapport est généralement compris entre 6 et 15, ce qui signifie que le matériau intérieur doit être 6 à 15 fois plus hermétique au passage de vapeur d'eau que celui placé à l'extérieur. Pour une paroi donnée, plus ce rapport sera faible, plus le risque de condensation et donc de dégradation augmentera.

**ATTENTION : dans une paroi, le choix des matériaux est interdépendant, toutes les associations ne sont pas viables, de même que l'ordre dans lequel ils sont placés a une importance prépondérante. Chaque paroi doit former un ensemble cohérent dans le choix de ses composants.**

Valeur  $\mu$  : coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau. Valeur sans unité qui compare la résistance à la vapeur d'eau d'un matériau à celle d'une couche d'air immobile de même épaisseur.

Valeur Sd ou  $\mu_d$  (exprimée en mètres) : valeur plus couramment utilisée pour caractériser les propriétés « diffusantes » d'un matériau mis en œuvre, c'est-à-dire avec une épaisseur définie. Sd est le résultat du produit du coefficient  $\mu$  et de l'épaisseur du matériau. Plus la valeur Sd est élevée, moins le produit laisse passer de vapeur d'eau. Inversement, plus la valeur Sd est faible, plus le produit laisse passer de vapeur d'eau.

Pare-vapeur : matériau ou membrane qui limite fortement le transfert de vapeur d'eau par diffusion au travers de la paroi. Il est placé du côté chaud de l'isolant. Dans la littérature, on considère généralement qu'une membrane est pare-vapeur si sa valeur Sd (produit de la valeur  $\mu$  par l'épaisseur) est supérieure à 10 m ou 15 m.

Frein de vapeur : matériau ou membrane qui limite moins fortement le transfert de vapeur d'eau par diffusion au travers de la paroi. Il est placé du côté chaud de l'isolant. En regard de la littérature, sa valeur Sd (produit de la valeur  $\mu$  par l'épaisseur) est inférieure ou égale à 10 m.

Frein de vapeur à diffusion variable : membranes qui présente la caractéristique de laisser plus ou moins passer de vapeur d'eau selon le taux d'humidité : plus l'humidité relative est élevée au niveau du frein-vapeur, plus sa résistance à la diffusion de vapeur sera faible et donc plus le matériau sera perméable à la vapeur et inversement. Généralement, dans nos contrées, en hiver, lorsque la vapeur d'eau a tendance à migrer de l'intérieur vers l'extérieur, la membrane se ferme et la valeur Sd est élevée. A l'inverse, en été, afin d'optimiser le séchage de la paroi, le transfert est favorisé de l'extérieur vers l'intérieur. La membrane est alors plus ouverte.

Sous-toiture perspirante (toiture inclinée ventilée) : sous-toiture ouverte à la diffusion de vapeur. Cela concerne la famille des sous-toitures à base de géotextile, plaque de fibre de bois ou fibre-ciment. Sont exclues les membranes de polyéthylène ou membranes bitumineuses. Une sous-toiture non perspirante impose la pose d'un pare-vapeur fort.

Quelques valeurs pour information :

Matériau	Épaisseur (e)	Valeur Sd ( $\mu \times e$ )
<b>Air – valeur de référence</b>	<b>1m</b>	<b>1m</b>
Plâtre	0,015 m	0,06 à 0,15 m
Laine minérale	0,2 m	0,2 m
Ouate de cellulose	0,2 m	0,4 m
Panneau de sous-toiture isolant en fibre de bois	0,022 m	0,11 m
Panneau OSB	0,022 m	0,066 à 4,4 m
Frein-vapeur	0,001 m	4,5 m
Frein-vapeur à Sd variable	0,0002 m	0,25 à 10 m*
Pare-vapeur	0,0002 m	10 m*
Béton armé	0,2 m	20 m
Polyéthylène	0,00015 m	50 m
Feuille d'aluminium	0,00005 m	1500 m
Feuille de PE (agrafée)	0,00015	8 m
Verre	0,006 m	+ $\infty$

\* Valeurs commerciales n'ayant pas fait l'objet de vérification

Remarque : pour les matériaux très minces, souvent seule la valeur Sd est renseignée.

### 5.1.2. L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Comme énoncé dans l'introduction, chaque fuite d'air dans la paroi entraîne avec elle :

- d'une part, une certaine quantité de vapeur d'eau avec les risques de condensation interne que cela induit ;
- d'autre part, une perte de chaleur et donc une consommation énergétique supplémentaire. En posant un écran au transfert de la vapeur d'eau on peut également assurer l'étanchéité à l'air, mais pour cela, il faut absolument éviter toute « fuite ».

La qualité de la conception est primordiale pour chaque paroi. Si on devait résumer la marche à suivre en une formule ce serait : « assurer une continuité parfaite » :

- entre les différents lés de la membrane assurant l'étanchéité ;
- au droit des jonctions avec les autres parois : changement de plan (sol, toiture, mur) ou changement de matière (ossature / mur plafonné ou dalle de sol par exemple) ;
- au droit de chaque jonction avec une pénétration (gainage vers l'extérieur ou vers un espace situé hors de l'enveloppe protégée) ou une ouverture (porte, fenêtre dans un mur ou une toiture, cheminée, etc.)
- et minimiser au maximum les pénétrations : proscrire les encastresments de prise ou d'appareil et privilégier un contre-lattage technique ou déplacer ces équipements sur une paroi intérieure qui ne nécessite pas d'étanchéité à l'air.

Une conception minutieuse est indispensable. Le concepteur devra réaliser une étude approfondie des points critiques, faire un choix réfléchi des matériaux et assurer une bonne communication et continuité entre les corps de métiers. Le meilleur produit qui soit ne sera d'aucune efficacité si la mise en œuvre n'a pas été exécutée dans les règles de l'art.

Dans la pratique, l'étanchéité à l'air est un des aspects les plus importants de la mise en œuvre et celui qui requiert la plus grande attention sur chantier. Cette étape doit être soigneusement planifiée et un rappel de la succession des tâches s'avère souvent utile. On peut valider la bonne mise en œuvre en procédant à des tests d'orientation en cours de réalisation puis, quand les travaux sont à un stade plus avancé, à une vérification pointue à l'aide d'une caméra thermique et d'un test d'étanchéité à l'air (Blower Door Test). Il convient de rappeler que la réalisation de ces essais et l'interprétation des mesures requiert une expertise particulière dont seuls des professionnels peuvent se prévaloir.

Quelques exemples de mise en œuvre sont illustrés plus loin dans ce chapitre ainsi qu'au chapitre 4.1 « Systèmes constructifs ».

**Blower-door** : aussi appelé test d'infiltrométrie. Il est fortement conseillé afin de vérifier la qualité de l'étanchéité à l'air d'un bâtiment. Ce test est réalisé en mettant le bâtiment en surpression, puis en dépression par rapport à l'extérieur au moyen d'un ventilateur placé dans une ouverture (une porte ou une fenêtre, p. ex.). Les débits d'air nécessaires à maintenir différents niveaux de pression au sein du bâtiment sont mesurés au droit du ventilateur. Sur base des mesures, le renouvellement d'air moyen

à 50 Pa occasionné par les fuites du bâtiment est déterminé. Lors de cette opération, au stade du bâtiment non achevé, on peut détecter les fuites ou entrées d'air à l'aide d'un fumigène et ainsi rectifier la mise en œuvre. Un second test est réalisé en fin de chantier, lorsque celui-ci est totalement terminé.

### 5.1.3. LA CONTINUITÉ THERMIQUE – LES NŒUDS CONSTRUCTIFS

Un bâtiment n'étant pas constitué d'une paroi unique assurant à la fois le sol, les murs et la toiture, et ne comprenant aucune ouverture, etc. le concepteur est amené à réfléchir à la manière dont chaque paroi va rencontrer une autre paroi ou un autre élément de construction : il s'agit des nœuds constructifs. On a pu aborder ci-dessus la nécessité de réaliser une continuité parfaite de l'étanchéité à l'air, nous allons voir maintenant que la continuité de l'isolation thermique revêt également une très grande importance. En effet, la pose imparfaite ou non continue d'un isolant, ou de plusieurs isolants entre eux, peut engendrer un pont thermique, c'est-à-dire une rupture dans l'enveloppe isolante qui va provoquer une perte de chaleur et la présence de points froids à la surface des parois, ce qui aura pour effet de favoriser la condensation de surface avec éventuellement le développement de moisissures.

Typiquement, ces ponts thermiques peuvent se rencontrer au droit des linteaux des portes et fenêtres, aux seuils de fenêtre, à la fermeture de la coulisse au droit des battées des portes et fenêtres,

aux planchers en contact avec la paroi extérieure, aux rives de toiture, aux terrasses en porte-à-faux, aux colonnes ou poutres traversantes, aux bords de dalle de fondation, etc.

Ces différents raccords devront donc être minutieusement étudiés afin d'éviter toute discontinuité dans l'isolation thermique.

Des logiciels de simulation permettent d'analyser ces nœuds et de définir le risque de condensation superficielle au droit des ponts thermiques. Ces programmes permettent également de calculer la déperdition thermique linéique correspondant à ces nœuds, qui s'additionnera aux déperditions surfaciques des parois. Ils constituent un outil d'aide à la conception permettant d'anticiper tout désordre lié à une faiblesse dans l'isolation.

Le chapitre « systèmes constructifs » analyse plus en détail une série d'exemples de nœuds constructifs localisés aux raccords mur/sol, mur/plancher, mur/toiture et jonction entre 2 murs. Chaque exemple est accompagné d'une simulation thermique commentée.

### 5.1.4. LES PROPRIÉTÉS D'ISOLATION ET D'INERTIE THERMIQUE

Le tableau ci-dessous reprend les propriétés physiques de quelques matériaux courants :

- leur densité  $\rho$  : ou masse volumique en  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,
- leur capacité thermique massique (également appelée chaleur spécifique ou chaleur massique)  $c$  : qualifie la quantité de chaleur qui est nécessaire pour augmenter la température d'un kilo du matériau d'un degré Kelvin, en  $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  ou en  $\text{Wh}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ .
- leur coefficient de conductivité thermique  $\lambda$  : représente la quantité de chaleur traversant par unité de temps, un  $\text{m}^2$  de matériau homogène ayant une épaisseur d'un mètre et soumis à une différence d'un degré Kelvin entre ses deux faces, exprimé en  $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,
- leur diffusivité thermique  $a$  : représente la vitesse à laquelle le matériau monte en température lorsqu'il est soumis à une source de chaleur, exprimée en  $\text{m}^2/\text{s}$ . Plus la valeur  $a$  est basse,

plus le matériau se prête à contrer de grandes fluctuations de température de l'air ambiant.

Pour un temps donné, plus la valeur  $a$  est haute, plus la chaleur se transmet rapidement au sein du matériau et, par conséquent, plus cette chaleur va « atteindre » profondément le matériau.

Les valeurs reprises dans le tableau ci-dessous sont données à titre indicatif. L'abondante littérature et les données techniques des fabricants sur le sujet donnent parfois des valeurs sensiblement différentes.

Les matériaux qui ont une petite valeur  $a$  et une petite valeur  $\lambda$  augmentent, entre autres, les possibilités de confort thermique dans le bâtiment, mais présentent une grande inertie thermique.



Matériau	Densité	Capacité thermique spécifique c	Coefficient de conductivité thermique $\lambda$	Coefficient de diffusivité thermique a
	Kg/m <sup>3</sup>	J/(kg.°K)	W/(m.K)	m <sup>2</sup> /s
Panneau de sous-toiture isolant	270	2068	0,048	3,16
Bois	550	1880	0,14	4,87
Panneau isolant de fibre de bois	160	2099	0,04	4,29
Béton cellulaire	650	839	0,2	13,2
Flocon de cellulose	45	2150	0,039	14,51
Brique de structure	1600	839	0,55	14,75
Béton	2200	839	1,3	25,35
Mousse de polyuréthane	30	1404	0,03	25,64
Polystyrène expansé	30	1404	0,034	29,06
Laine de verre	25	839	0,035	60,07

Il est important de noter que les matériaux isolants peuvent voir leur performance évoluer dans le temps. Leurs performances isolante et leur durabilité peuvent parfois s'altérer de manière irréversible.

Ils ont, par ailleurs, des comportements divers à l'humidité.

Le calcul de l'inertie thermique dépend d'un grand nombre de facteurs et ne peut être outrancièrement simplifié. Les facteurs qui entrent en compte sont, notamment : la nature des matériaux, leur position dans la paroi, la rugosité des parois, la couleur des parements, etc. En outre, rappelons, une fois encore que c'est avant tout une bonne conception du bâtiment qui permettra une gestion optimale de la chaleur: orientation, protection solaire, etc.

## 5.2. APPROCHE PRATIQUE

Les fiches « parois » développées ci-après proposent différentes solutions d'isolation faisant usage du bois et de ses dérivés. Elles ont toutes fait l'objet de différentes simulations statiques et dynamiques. Notons que les compositions présentées sont une solution parmi d'autres, tant pour le choix des isolants que pour le choix des autres matériaux.

L'ensemble complet des fiches, y compris leurs données de simulation chiffrées et le cheminement qui a accompagné la conception, sont également reprises sur le site [www.houtinfo.be](http://www.houtinfo.be) et s'attachent tant à de nouvelles parois qu'à des parois à rénover. Les fiches ci-après ciblent uniquement de nouvelles parois.

### 5.2.1. SIMULATION ET PROCESSUS D'ÉVALUATION D'UNE PAROI

Des simulations successives au moyen de plusieurs logiciels nourrissent la réflexion de la conception de la paroi afin de l'optimiser dans son comportement isolant et hygrométrique :

- une seconde couche isolante (on remarque à nouveau la chute de la courbe rouge)
- un matériau de fermeture extérieur en couche mince (dans ce cas-ci, un panneau OSB)

Simulation statique par la méthode Glaser : méthode de calcul qui permet d'évaluer les risques de condensation interne d'une paroi en un point donné à un moment donné (généralement propice à la formation de condensation). Au moyen d'un logiciel ou d'un tableur classique, le concepteur encode les données relatives aux milieux intérieur et extérieur de la paroi, à savoir leur résistance thermique d'échange ( $R_{si}$  et  $R_{se}$ ), les températures intérieures et extérieures, le taux d'humidité, de même que les valeurs  $\lambda$  et  $\mu$  ainsi que les épaisseurs des différents matériaux.

Cette paroi présente un risque de condensation interne, en témoigne la courbe de pression partielle (en vert) qui croise la courbe de pression de saturation (en bleu), ce qui signifie que le point de rosée est atteint : il y a formation de condensation dans la paroi. Le cas ne peut pas être validé. Il faudrait, au vu de l'analyse Glaser, un matériau susceptible de mieux ralentir le transfert de vapeur d'eau du côté chaud du premier isolant afin d'éviter d'atteindre le seuil de saturation ou un matériau de fermeture extérieur moins étanche à la vapeur d'eau.

Le logiciel peut générer sous forme de graphe l'évolution de la température, de la pression partielle et de la pression de saturation au travers de la paroi.

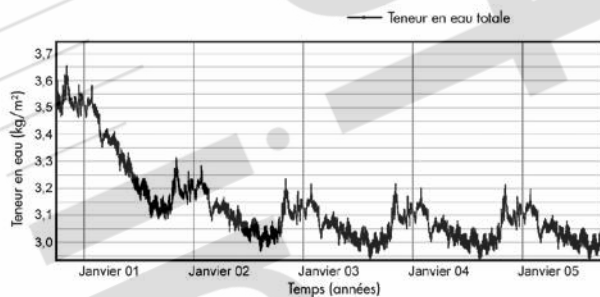
La méthode Glaser permet de donner une information précise sur le comportement d'un système constructif pour autant qu'il n'y ait pas de condensation ; dans le cas contraire, le modèle devient trop simpliste.

L'exemple ci-dessous illustre le comportement interne de la paroi de la fiche M6 composée, depuis l'intérieur à gauche vers l'extérieur à droite, de :

- une couche de finition mince (par exemple, une plaque de type plâtre)
- une première couche isolante mince (cfr la chute de la courbe des températures en rouge)
- un matériau de type pare-vapeur (cfr la chute brutale de la pression partielle en vert ; dans le cas présent, il s'agit d'une membrane de frein-vapeur à propriétés variables. En hiver, la membrane est nettement plus freinante qu'en été).



Simulation dynamique : méthode analysant le transfert et le stockage de chaleur et de vapeur d'eau au travers et dans les parois, sur une période de plusieurs années. Elle prend en compte les phénomènes de transfert dans les 2 sens ainsi que des possibilités d'assèchement de la paroi en fonction des saisons. (logiciel WUFI mis au point par le Fraunhofer Institut für Bauphysik à Holzkirchen en Allemagne, par exemple). Le concepteur encode ici la composition de la paroi avec l'ensemble des matériaux choisis, l'orientation de la paroi, sa hauteur, les coefficients de transfert de surface, les conditions initiales de simulation (humidité de construction, etc.), la durée de la simulation et le climat intérieur et extérieur.



Le logiciel génère des résultats exprimés sous forme de graphes ou de simulation vidéo. Une bonne connaissance de la physique du bâtiment, mais aussi du logiciel de simulation sera nécessaire afin que le concepteur puisse ou non valider le cas.

On éliminera toujours les cas où il y a une accumulation de vapeur d'eau dans la paroi au fil des années (durée choisie par l'utilisateur). Le graphe ci-dessous représentant la paroi M6 est, quant à lui, validé : même si on remarque des périodes d'accumulation de la teneur en vapeur d'eau en hiver (mis en évidence par la simulation Glaser), on constate que la paroi est capable de sécher en été. De plus, la teneur en vapeur d'eau diminue d'année en année.

Si le profil tendait à augmenter d'année en année, cela signifierait qu'il y a accumulation d'eau dans la paroi et donc un danger que cela nuise à son intégrité.

Le détail de la teneur en eau dans chaque matériau (information générée par la simulation) est également intéressant car il permet de valider le bon choix de matériau : si une quantité importante d'eau est présente en permanence dans un matériau, cela peut lui nuire et diminuer, voire annihiler ses propriétés (notamment isolantes) de manière irréversible. D'autres compositions seront simulées, jusqu'à pleine satisfaction.

Cette interprétation est fondamentale mais malheureusement pas toujours aisée. En effet, la teneur en vapeur d'eau qu'un matériau peut admettre sans être endommagé est propre à chacun et cette information n'est pas toujours facilement accessible. Un premier moyen de contrôle est possible via les données de capacité de stockage de l'humidité donné dans la fiche des propriétés du matériau.

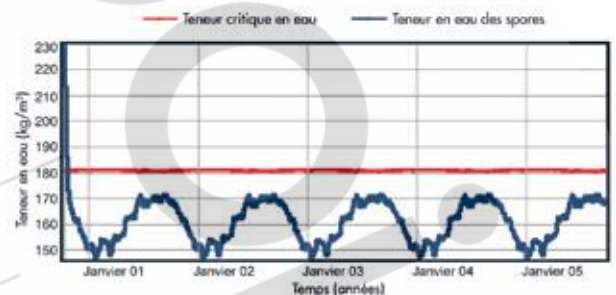
Si la quantité d'eau contenue dans un matériau au cours de la simulation approche sa quantité de saturation, il est fort probable que cette composition ne soit pas viable. Dans le cas de certains isolants, comme la fibre de bois ou l'ouate de cellulose, les fabricants fournissent l'information. Dans le cas du bois, il est admis comme valeur de référence la limite des 20% d'humidité à partir de laquelle des moisissures peuvent se développer.

Remarque : dans les simulations réalisées, l'humidité de départ a été choisie à 80% afin de simuler un chantier qui aurait été exposé aux intempéries (ou qui a fait l'objet d'un cas d'infiltration accidentelle), le but étant d'observer les capacités de séchage de la paroi.

Simulation dynamique complémentaire évaluant le risque de formation de moisissures à la surface interne des parois. (logiciel WUFI bio, par exemple) Pour se développer, les moisissures ont besoin de se trouver dans certaines conditions de température et d'humidité. La nature de la surface joue également un rôle dans l'aggravation du risque.

Toute spore présente en permanence dans l'air ambiant dispose d'un potentiel osmotique qui lui permet d'utiliser l'eau dans son environnement. Ce potentiel est caractérisé par la capacité de stockage de l'humidité. Quand le seuil critique de stockage est atteint, l'activité biologique peut se déclencher et la spore peut germer. En dessous de ce seuil, les spores sont présentes mais inactives. Le graphe ci-après donne la courbe de la valeur critique de capacité de stockage d'eau des spores ainsi que celle de la quantité d'eau contenue dans les spores propre au cas simulé. Si la valeur critique est dépassée, il y a formation de moisissures sur la paroi.

Dans l'exemple ci-dessus de la paroi M6, seule la période de mise en place durant le chantier peut présenter un développement de champignons. Dès que des conditions normales sont atteintes, la situation est totalement validée.



### 5.2.2. CONCLUSION DE L'APPROCHE PRATIQUE

Une composition de paroi non validée par la méthode Glaser peut s'avérer tout à fait viable si l'on se réfère à la simulation dynamique. Cette dernière devient un outil de plus en plus courant dans la conception.

Lorsqu'on désire mettre en œuvre le bois et/ou ses matériaux dérivés, ces simulations peuvent aider à anticiper un problème éventuel lié au choix des matériaux et à la composition de la paroi. La réalisation et l'interprétation de ce type de simulation requièrent une certaine expertise. Cette démarche préalable ne fournit pas d'information sur les nœuds constructifs et ne met pas à l'abri d'une mauvaise exécution. Le contrôle de la mise en place reste indispensable. Il est essentiel que les travaux d'isolation soient réalisés par un professionnel ou,

tout au moins, supervisés par celui-ci. Il est également important de prendre en considération la durabilité des performances des matériaux au cours du temps. Par conséquent, toute simulation doit être analysée avec précaution.

Chaque cas étant différent, la conception des ouvrages devra être réalisée avec soin pour en garantir une durabilité maximale.

Le choix des valeurs  $\lambda$  et  $S_d$  pour les simulations nécessite une sélection critique de l'information qui n'est, par ailleurs, pas toujours facilement accessible. Dans les fiches étudiées, les valeurs retenues émanent de différentes sources : du logiciel Wufi, de la norme NBN EN ISO 10456 (2007) et des fabricants de matériaux.

### 5.2.3. CONTENU DES FICHES

Pour chaque type de paroi de mur ou toiture présenté ci-après, la fiche reprend les informations suivantes :

- la composition de la paroi avec pour chaque matériau son épaisseur, sa valeur  $\lambda$  et sa valeur  $\mu$  ou  $S_d$  ;
- les informations générales (mur, toiture, sol), le type d'isolation (par l'intérieur, l'extérieur) et la synthèse du résultat des simulations avec validation de la solution ;
- des commentaires relatifs à la mise en œuvre de la solution ;

- des remarques quant aux conditions d'usage et une information sur les matériaux sont également détaillées ;
- une comparaison des critères d'efficacité, de coût et de technicité de mise en œuvre complète l'information.

**ATTENTION – Ces fiches sont informatives et ne dispensent pas du recours à un spécialiste.**

## 5.3. LE CLIMAT INTÉRIEUR

### 5.3.1. LA GESTION DE LA CHALEUR

Avant toute chose, afin de garantir un confort intérieur optimal en été, on aura soin de concevoir un bâtiment en fonction de son environnement : orientation du bâtiment et des surfaces vitrées, présence d'ombrage naturel ou intégré à l'architecture, etc.

En période estivale, on évitera une augmentation trop importante de la température intérieure. Lors de la conception, on peut intégrer différents moyens complémentaires afin d'assurer un minimum de stockage de chaleur :

- utilisation de l'inertie des dalles de sol ou chape des étages (s'il y en a) pour autant qu'elles soient réalisées dans un matériau présentant un potentiel de stockage de chaleur,
- utilisation de l'inertie de la paroi intérieure présentant une capacité thermique importante : maçonnerie de béton, de briques, d'argile, etc.

### 5.3.2. LA VENTILATION

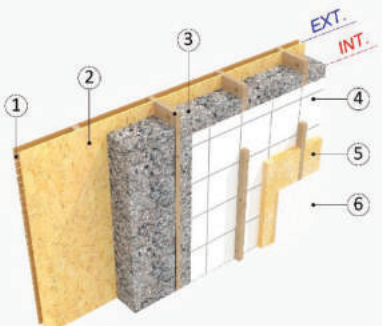
Le rôle de la ventilation dans un bâtiment quel qu'il soit est essentiel pour garantir sa pérennité ainsi que le confort de ses occupants. Dans le cas d'une construction bois, il revêt un intérêt complémentaire. En effet, ce type de construction reste une entité vivante dont les composants réagissent aux variations du taux d'humidité. Il est impératif de respecter le taux d'humidité des bois lors de leur mise en œuvre mais aussi durant la vie du bâtiment. De plus, afin d'assurer un confort intérieur optimal, il est important que les locaux soient ventilés et que le taux d'humidité soit maintenu à son niveau de

En période hivernale, les constructions à faible inertie thermique présentent cependant l'avantage d'avoir une grande réactivité au chauffage : l'air des pièces sera plus rapidement chaud, étant donné que l'énergie est très peu « absorbée » par les parois. A l'inverse, et toujours en hiver, dans une construction en maçonnerie lourde, l'essentiel de l'énergie sera d'abord emmagasinée par les parois avant que l'air des pièces ne soit chauffé, ce qui présentera un avantage en été lorsque les parois permettront de stocker la chaleur dans leur masse.

confort. Cette sécurité supplémentaire permettra d'éviter un transfert de vapeur trop important au travers des parois. L'installation d'un système de ventilation mécanique contrôlée double flux avec by-pass nocturne permet en outre de contribuer à la limitation du risque de surchauffe, notamment parce qu'il répartit mieux la chaleur à l'intérieur du bâtiment tout en assurant un renouvellement permanent de l'air et l'évacuation de l'air (vicié) chargé des calories du bâtiment.

### Lectures complémentaires

- [1] CSTC (A. ACKE, S. CAILLOU, K. DE CUYPER, C. DELMOTTE, F. DOBBELS, O. GERIN, L. LASSOIE, X. LONCOUR, E. MAHIEU, Y. MARTIN, C. MEES, B. MICHAUX ET J. SCHIETECAT). *CSTC-Contact n° 33 (1-2012) Edition spéciale : étanchéité à l'air*. Belgique : CSTC, 2012, 28p.
- [2] Antennes normes du CSTC : L'énergie et le climat intérieur. Voir site internet.
- [3] CNDB (Ouvrage collectif). *Les Essentiels du Bois n°3 : Performance thermique et économies d'énergie*. France : CNDB et Fédération des industries forestières suédoises (Skogsindustrierna), février 2007, 16p.
- [4] CNDB (Ouvrage collectif). *Les Essentiels du Bois n°6 : Bâtiments bois basse consommation et passifs*. France : CNDB et Fédération des industries forestières suédoises (Skogsindustrierna), avril 2009, 28p.
- [5] J-P. OLIVA, S. COURGEY. *L'isolation thermique écologique*. Terre Vivante Editions, 2006, 256p.
- [6] T. GALLAUZIAUX, D. FEDULLO. *Le grand livre de l'isolation*. Paris : Ed. Eyrolles, 2010, 683p.
- [7] PEB : site de la Région wallonne <http://energie.wallonie.be/fr/la-reglementation-peb.html?IDC=6232>  
EPB : site pour la Région flamande [www.energiesparen.be/epb/energieprestatiegevelgeving](http://www.energiesparen.be/epb/energieprestatiegevelgeving)  
Efficacité énergétique France : [www.developpement-durable.gouv.fr/Pour-une-meilleure-performance,1888.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Pour-une-meilleure-performance,1888.html)

M6 – ISOLATION DE MUR DANS SON ÉPAISSEUR – CÔTÉ EXTÉRIEUR (très peu utilisé en Belgique)						M6
GLASER	WUFI	WUFI BIO	VALEUR U	RENO	NEUF	
x	✓	✓	0.16 W/m²K	-	✓	
			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finition de façade ventilée</li> <li>2. Panneau OSB non exposé (pare-pluie anti-UV) Épaisseur 1,5 cm - <math>\lambda</math> : 0,14 W/m.K - <math>\mu</math> : 175</li> <li>3. Cellulose entre montants bois (tous les 60 cm) Épaisseur 22 cm - <math>\lambda</math> : 0,046 W/m.K - <math>\mu</math> : 1,5</li> <li>4. Pare-vapeur à mu variable Épaisseur 0,02 cm - <math>\lambda</math> : 2,4 W/m.K - <math>\mu \approx 37500</math></li> <li>5. Contre-lattage technique isolé de laine de bois Épaisseur 5 cm - <math>\lambda</math> : 0,046 W/m.K - <math>\mu</math> : 1,5</li> <li>6. Panneau plâtre armé de fibres de bois Épaisseur 1,25 cm - <math>\lambda</math> : 0,36 W/m.K - <math>\mu</math> : 8</li> </ol>			<b>Technicité</b> +++
						<b>Efficacité</b> +++
						<b>Coût</b> +++

### Commentaires sur la solution

Cette solution optimise l'épaisseur de la paroi car elle intègre l'isolation dans l'épaisseur de la structure. Cette composition est la composition « classique » suivant laquelle on a construit un bon nombre de maisons à ossature bois en Belgique. Actuellement la pose de l'OSB à l'extérieur tend à disparaître au profit d'une pose à l'intérieur permettant une meilleure diffusion de la vapeur d'eau vers l'extérieur.

### Épaisseur requise

Chaque Région exige une valeur minimale pour l'isolation des parois. Celle-ci dépendra de tous les matériaux mis en œuvre, leurs performances et leurs épaisseurs. Un spécialiste du bâtiment pourra vous guider dans le meilleur choix.

### Le choix de la cellulose

La laine de cellulose offre une conductivité thermique intéressante.

Grâce à sa composition cellulaire, elle tolère une grande variation de sa teneur en eau (jusqu'à 15 à 20% de sa masse sèche). C'est pour cela qu'elle convient particulièrement bien dans le cas de rénovation, lorsque la teneur en eau des parois peut s'avérer variable. En outre, la densité du matériau mis en œuvre (et sa nature organique) permet un déphasage du transfert de chaleur (inertie thermique), ce que ne permet pas un matériau comme une laine minérale. Ceci pallie partiellement la faible inertie des bâtiments en ossature bois en améliorant le confort d'été et en limitant la surchauffe.

### L'influence de la variation des paramètres composant la paroi

On constate, sur base de simulations, que la teneur en vapeur d'eau a tendance à augmenter avec l'épaisseur de l'ossature isolée. Si l'on place un contre-lattage technique, isolé, côté intérieur, cette augmentation est d'autant plus marquée. La teneur en vapeur d'eau du panneau d'OSB peut, dans ce cas, dépasser les 18%.

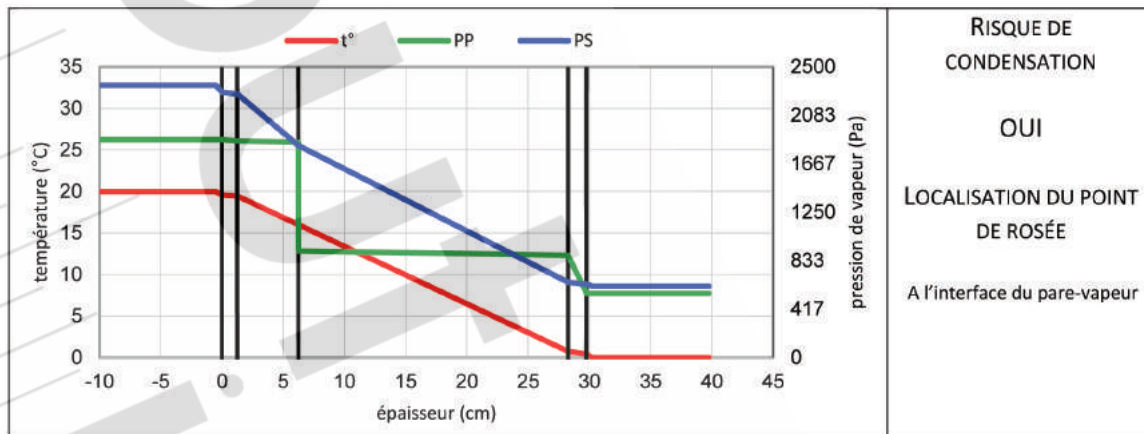
L'influence du pare-vapeur dans la gestion de la teneur en vapeur d'eau de la paroi est à cet effet primordiale : il faut que celui-ci soit suffisamment résistant à la diffusion de la vapeur d'eau pour limiter le transfert de vapeur dans la paroi et éviter une teneur en eau trop importante dans le panneau d'OSB (qui sera l'élément le plus sensible de la composition), mais suffisamment respirant pour ne pas empêcher l'assèchement de la paroi vers l'intérieur. La solution du pare-vapeur à mu variable est dans ce cas idéale, car elle permet de maintenir la paroi plus sèche, tant pour l'isolant que pour le panneau OSB.

Si la paroi est habillée d'un bardage ajouré, à nouveau un pare-vapeur à mu variable garantit un bon assèchement de celle-ci, alors que des pare-vapeur à faible résistance à la diffusion de la vapeur d'eau exposent l'OSB à des teneurs en vapeur d'eau proches des valeurs limites. Le choix du pare-vapeur sera d'autant plus important que le taux d'humidité dans la pièce sera élevé. Si la paroi concerne une pièce d'eau, le pare-vapeur à  $\mu$  trop faible risque d'entraîner de la condensation en période hivernale à l'interface du panneau OSB. Un pare-vapeur de polyéthylène, par exemple, pourra, pour ce genre de cas, s'avérer plus probant qu'un frein-vapeur à mu variable.

CONDITIONS D'ANALYSE DU CAS

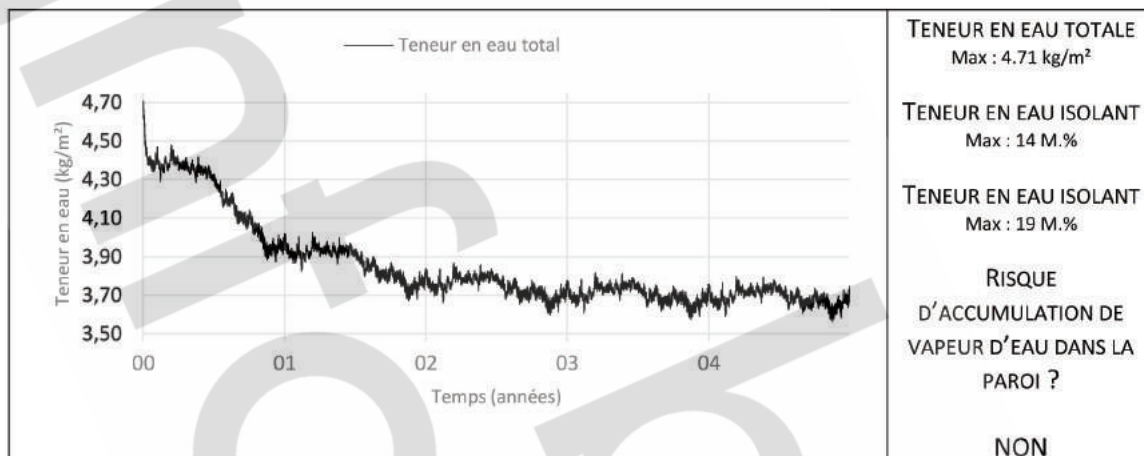
Ri	Ti	Hri	Re	Te	HRe	<b>M6</b>
0.13	20	80	0.13	0	90	

ANALYSE GLASER



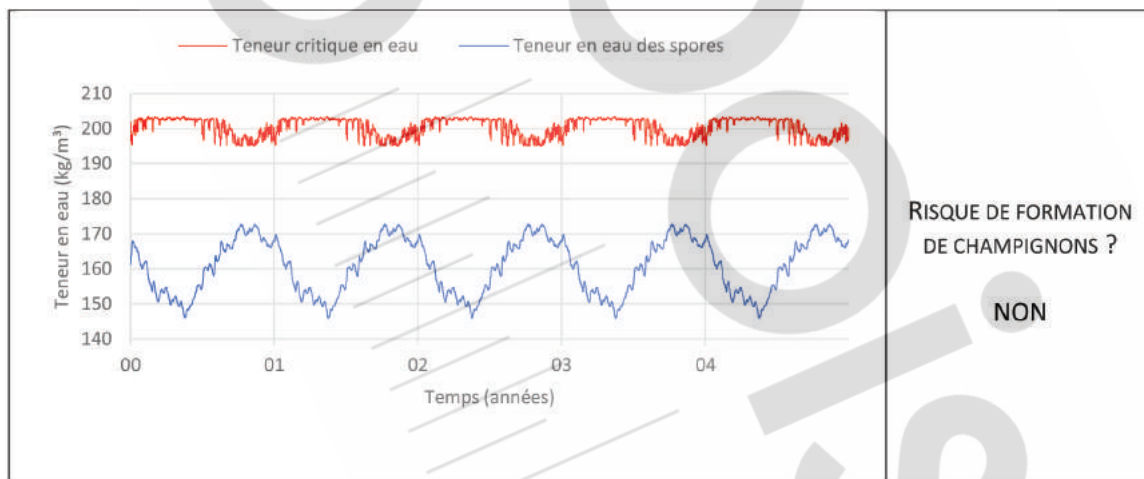
**RISQUE DE CONDENSATION**  
**OUI**  
**LOCALISATION DU POINT DE ROSÉE**  
A l'interface du pare-vapeur

ANALYSE WUFI

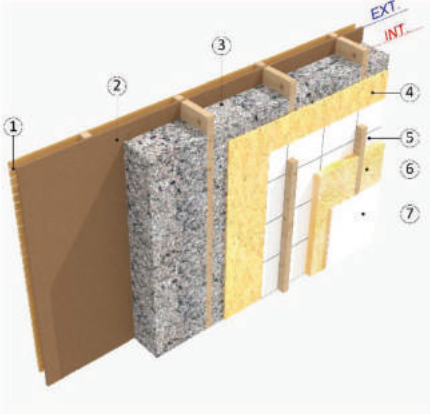


**TENEUR EN EAU TOTALE**  
Max : 4.71 kg/m²  
**TENEUR EN EAU ISOLANT**  
Max : 14 M.%  
**TENEUR EN EAU ISOLANT**  
Max : 19 M.%  
**RISQUE D'ACCUMULATION DE VAPEUR D'EAU DANS LA PAROI ?**  
**NON**

ANALYSE WUFI BIO



**RISQUE DE FORMATION DE CHAMPIGNONS ?**  
**NON**

M7 – ISOLATION DE MUR DANS SON ÉPAISSEUR – OSB CÔTÉ INTÉRIEUR						M7	
GLASER	WUFI	WUFI BIO	VALEUR U	RENO	NEUF		
×	✓	✓	0.15 W/m²K	-	✓		
			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finition de façade ventilée</li> <li>2. Panneau de fibres de bois bitumineux (+pare-pluie anti-UV) Épaisseur 1,8 cm - <math>\lambda</math> : 0,055 W/m.K - <math>\mu</math> : 5</li> <li>3. Cellulose entre montants bois (tous les 60 cm) Épaisseur 22 cm - <math>\lambda</math> : 0,046 W/m.K - <math>\mu</math> : 1,5</li> <li>4. Panneau OSB contreventant Épaisseur 1,5 cm - <math>\lambda</math> : 0,14 W/m.K - <math>\mu</math> : 175</li> <li>5. Pare-vapeur à mu variable Épaisseur 0,02 cm - <math>\lambda</math> : 2,4 W/m.K - <math>\mu</math> ≈ 37500</li> <li>6. Contre-lattage technique isolé de laine de bois Épaisseur 5 cm - <math>\lambda</math> : 0,046 W/m.K - <math>\mu</math> : 1,5</li> <li>7. Panneau plâtre armé de fibres de bois Épaisseur 1,25 cm - <math>\lambda</math> : 0,36 W/m.K - <math>\mu</math> : 8</li> </ol>			Technicité	+++
						Efficacité	+++
						Coût	+++

### Commentaires sur la solution

Cette solution optimise l'épaisseur de la paroi car elle intègre l'isolation dans l'épaisseur de la structure. Cette composition illustre bien le principe de paroi perspirante, c'est-à-dire une gestion naturelle et libre du transfert de vapeur d'eau au travers de la paroi.

### Épaisseur requise

Chaque Région exige une valeur minimale pour l'isolation des parois. Celle-ci dépendra de tous les matériaux mis en œuvre, de leurs performances et de leurs épaisseurs. Un spécialiste du bâtiment pourra vous guider dans le meilleur choix.

### Le choix de la cellulose

La laine de cellulose offre une conductivité thermique intéressante. Grâce à sa composition cellulaire, elle tolère une grande variation de la teneur en eau du matériau (jusqu'à 15 à 20% de sa masse sèche). C'est pour cela qu'elle convient particulièrement bien dans le cas de rénovation, lorsque la teneur en eau des parois peut s'avérer variable.

En outre, la densité du matériau mis en œuvre (et sa nature organique) permet un retardement du transfert de chaleur (inertie thermique), ce que ne permet pas un matériau non-écologique comme une laine minérale. Ceci pallie partiellement la faible inertie des bâtiments en ossature bois en améliorant le confort d'été et en limitant la surchauffe.

### L'influence de la variation des paramètres composant la paroi

On constate, sur base de simulations, que la teneur moyenne en vapeur d'eau a tendance à augmenter avec l'épaisseur de l'ossature isolée.

Si l'on place un contre-lattage technique isolé, d'une épaisseur de 5 cm, côté intérieur, on constate que l'augmentation de la teneur en vapeur d'eau, est plus importante. Cette influence est cependant légère car la teneur en vapeur d'eau du panneau d'OSB ne dépasse pas 15%, ce qui assure, par conséquent, une plus grande viabilité que la paroi avec l'OSB posé côté extérieur (fiche M6).

Ceci illustre bien que les premiers centimètres d'isolant placés sont les plus efficaces en matière d'isolation, ce qui ne dispense bien évidemment pas de réaliser une isolation généreuse.

Si la paroi est habillée d'un bardage ajouré, il faudra veiller à protéger le panneau de fibre de bois de l'action des UV et de la pluie.

### Remarques complémentaires

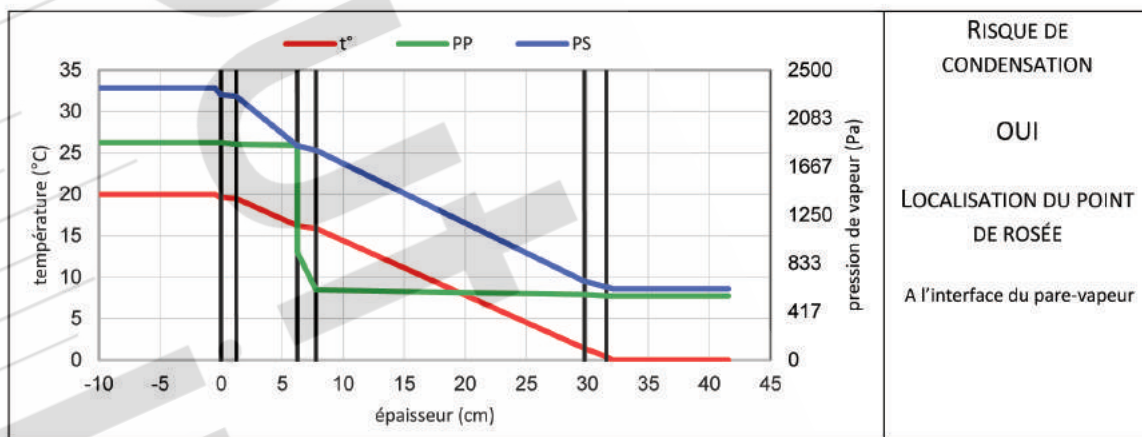
De manière générale, cette solution est plus efficace en terme de gestion du transfert de vapeur que la solution avec pose de l'OSB à l'extérieur. L'OSB ayant ici un rôle de freine-vapeur, il est indispensable que sa mise en place soit parfaite. Certains panneaux d'osb ne sont pas étanches à l'air. Si cette performance ne peut être certifiée par le fabricant, une membrane d'étanchéité à l'air devra être mise en œuvre sur le panneau.



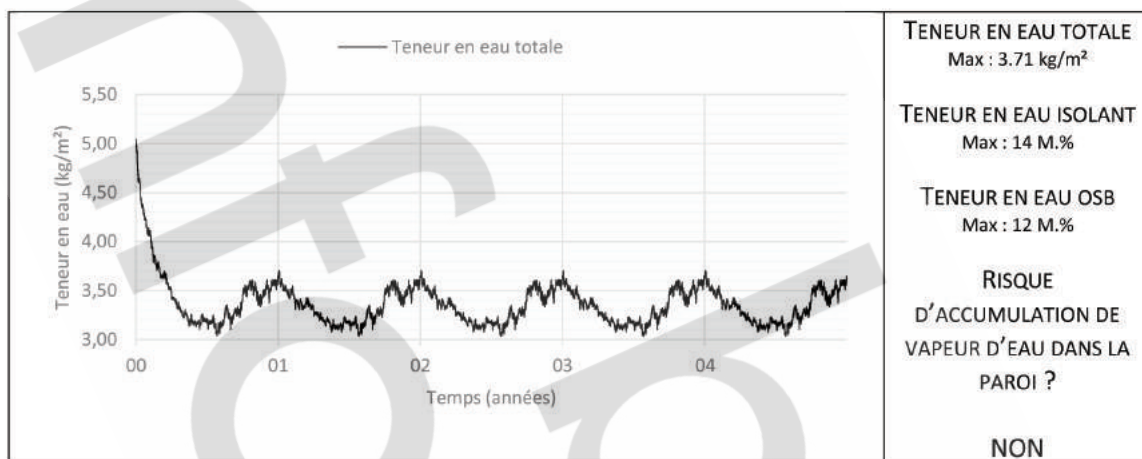
CONDITIONS D'ANALYSE DU CAS

Ri	Ti	HRi	Re	Te	HRe	<b>M7</b>
0.13	20	80	0.13	0	90	

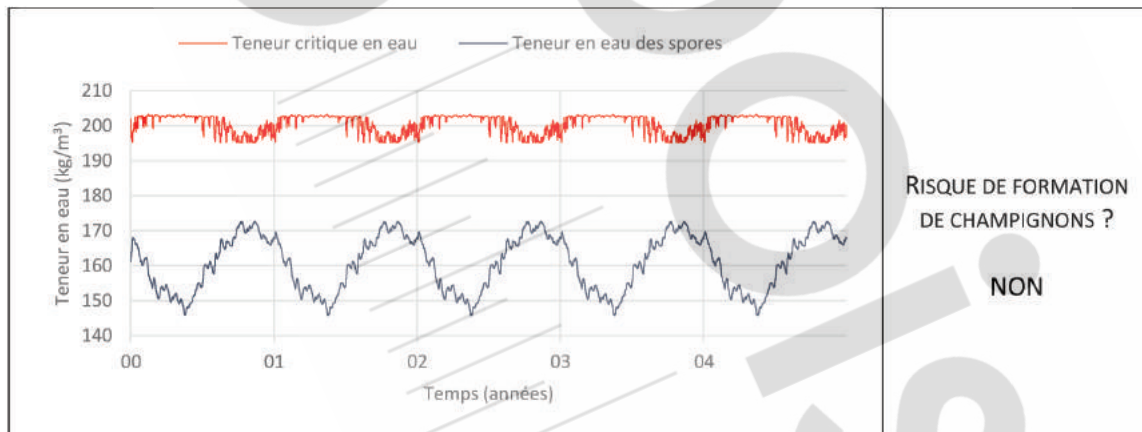
ANALYSE GLASER

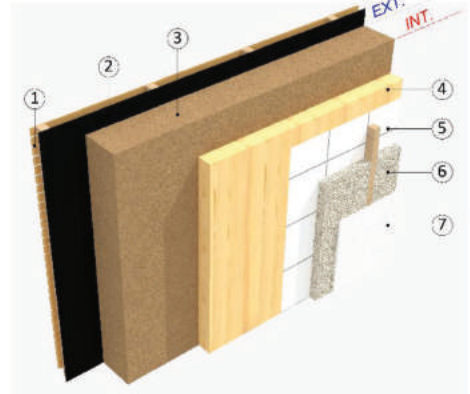


ANALYSE WUFI



ANALYSE WUFI BIO



M8 – ISOLATION DE MUR EN BOIS MASSIF PAR L'EXTÉRIEUR						M8
GLASER	WUFI	WUFI BIO	VALEUR U	RENO	NEUF	
✓	✓	✓	0.14 W/m²K	-	✓	
			<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finition de façade ventilée</li> <li>2. Membrane pare-pluie anti-UV</li> <li>3. Panneau de fibres de bois Épaisseur 22 cm - <math>\lambda</math> : 0,045 W/m.K - <math>\mu</math> : 5</li> <li>4. Panneau de bois massif Épaisseur 9 cm - <math>\lambda</math> : 0,14 W/m.K - <math>\mu</math> : 15</li> <li>5. Pare-vapeur à mu variable Épaisseur 0,02 cm - <math>\lambda</math> : 2,4 W/m.K - <math>\mu</math> ≈ 37500</li> <li>6. Contre-lattage technique isolé de laine de bois Épaisseur 5 cm - <math>\lambda</math> : 0,046 W/m.K - <math>\mu</math> : 1,5</li> <li>7. Panneau plâtre armé de fibres de bois Épaisseur 1,25 cm - <math>\lambda</math> : 0,36 W/m.K - <math>\mu</math> : 8</li> </ol>			<b>Technicité</b> +++
						<b>Efficacité</b> +++
						<b>Coût</b> +++

### Commentaires sur la solution

L'isolation par l'extérieur est la technique la plus appropriée pour les parois en bois massif. En effet, l'isolation par l'intérieur créerait de nombreux ponts thermiques et empêcherait tout raccord avec l'isolation des toitures, usuellement posée à l'extérieur. De plus, le bois contrecollé est souvent destiné à être apparent.

### Épaisseur requise

Chaque Région exige une valeur minimale pour l'isolation des parois. Celle-ci dépendra de tous les matériaux mis en œuvre, de leurs performances et de leurs épaisseurs. Un spécialiste du bâtiment pourra vous guider dans le meilleur choix.

### Le choix de la fibre de bois

Que ce soit en vrac ou en panneau, la fibre de bois dispose d'une conductivité thermique intéressante.

Grâce à sa composition cellulaire, elle tolère une grande variation de sa teneur en eau (jusqu'à 10 à 20% de sa masse sèche). C'est pourquoi elle convient particulièrement bien pour les constructions massives en bois, lorsque la teneur en eau des parois peut s'avérer variable.

En outre, la densité du matériau mis en œuvre et sa nature organique permettent en moyenne un confort supérieur grâce au déphasage du transfert de chaleur (inertie thermique) en période estivale.

### Remarques complémentaires

Le complexe de paroi peut être réalisé sans la couche d'isolation complémentaire par l'intérieur, sans pour autant modifier le comportement de la paroi, le bois étant laissé apparent (cas du bois contrecollé).

L'installation d'un système de ventilation dans le bâtiment et plus particulièrement dans les pièces d'eau reste primordial ; les propriétés hygroscopiques du bois n'étant pas suffisantes pour éviter

toute attaque cryptogamique si les pièces se trouvent plongées dans une ambiance humide combinée à de basses températures intérieures et ce, durant une longue période.

Il est intéressant de noter que la simulation est réalisée sur base d'un panneau en bois contrecollé. Le résultat thermique et hygrométrique est similaire pour un panneau de bois contre-cloué. Cependant, l'étanchéité à l'air d'un panneau contre-cloué peut être moins bonne que pour les panneaux contrecollés. De même, tous les panneaux contrecollés ne présentent pas les mêmes qualités d'étanchéité.

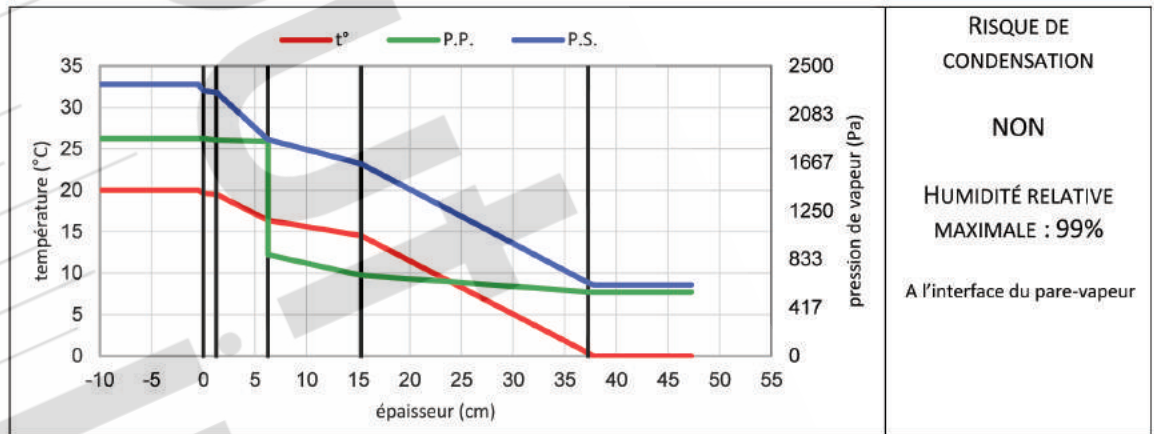
Ceci peut avoir un impact si l'on a des exigences importantes en matière d'étanchéité à l'air et nécessiter une membrane d'étanchéité complémentaire. Les panneaux contre-cloués sont prévus pour être parachevés.

Malgré la faculté de régulation hygrométrique du bois, une membrane pare- ou frein-vapeur est à prévoir : côté extérieur du CLT si celui-ci doit rester visible, côté intérieur s'il est destiné à accueillir un vide technique.

CONDITIONS D'ANALYSE DU CAS

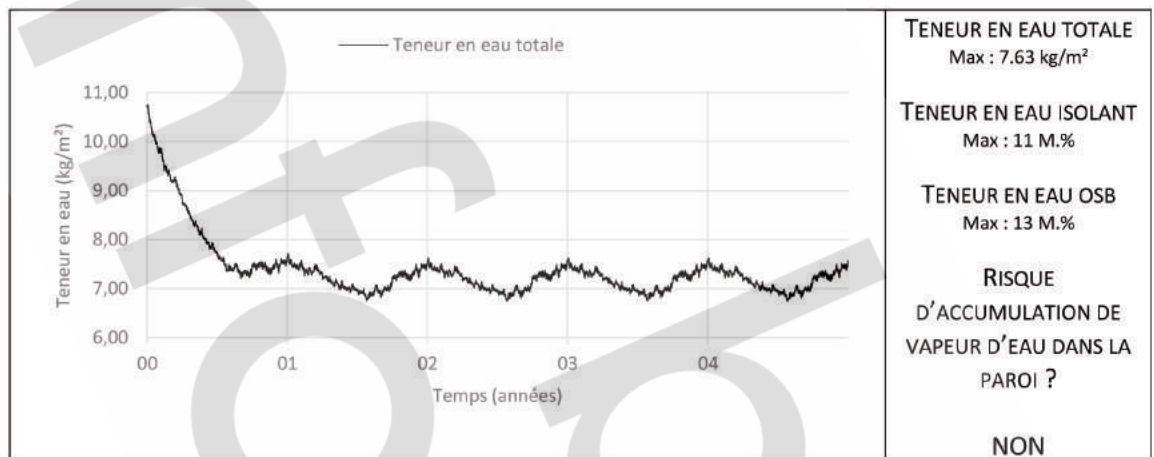
Ri	Ti	HRi	Re	Te	HRe	<b>M8</b>
0.13	20	80	0.13	0	90	

ANALYSE GLASER



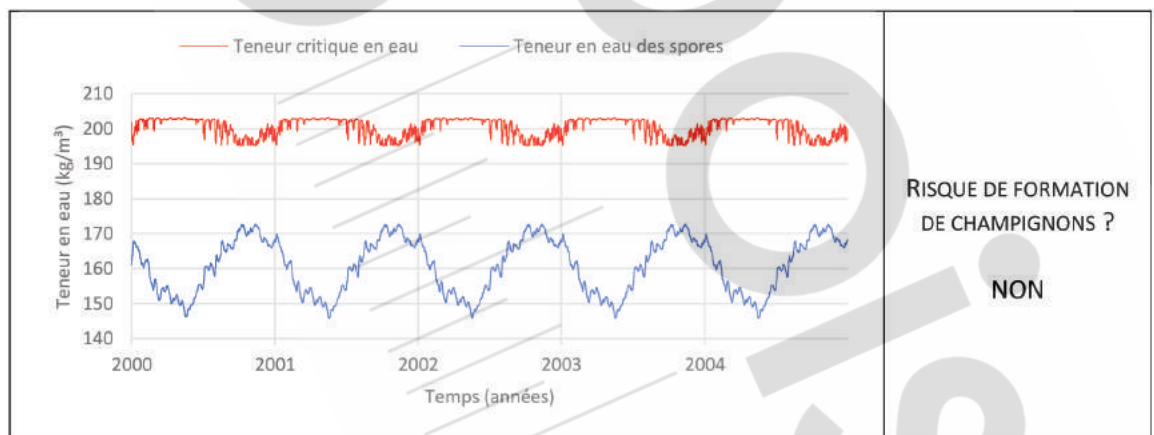
RISQUE DE  
CONDENSATION  
  
NON  
  
HUMIDITÉ RELATIVE  
MAXIMALE : 99%  
  
A l'interface du pare-vapeur

ANALYSE WUFI

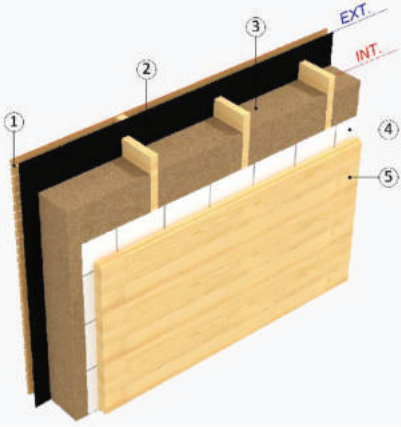


TENEUR EN EAU TOTALE  
Max : 7.63 kg/m<sup>2</sup>  
  
TENEUR EN EAU ISOLANT  
Max : 11 M.%  
  
TENEUR EN EAU OSB  
Max : 13 M.%  
  
RISQUE  
D'ACCUMULATION DE  
VAPEUR D'EAU DANS LA  
PAROI ?  
  
NON

ANALYSE WUFI BIO



RISQUE DE FORMATION  
DE CHAMPIGNONS ?  
  
NON

M9 – ISOLATION DE MUR EN MADRIERS DE BOIS PAR L'EXTÉRIEUR						M9
GLASER	WUFI	WUFI BIO	VALEUR U	RENO	NEUF	
✓	✓	✓	0.20 W/m²K	-	✓	
						<b>Technicité</b> +++
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Finition de façade ventilée</li> <li>2. Membrane pare-pluie anti-UV</li> <li>3. Panneau de fibres de bois (92.50%) et chevrons (7.50%) Épaisseur 22 cm - <math>\lambda</math> : 0,051 W/m.K - <math>\mu</math> : 5</li> <li>4. Pare-vapeur à mu variable (assurant également l'étanchéité à l'air) Épaisseur 0,02 cm - <math>\lambda</math> : 2,4 W/m.K - <math>\mu</math> ≈ 37500</li> <li>5. Paroi en madriers de bois empilé Épaisseur 6 cm - <math>\lambda</math> : 0,14 W/m.K - <math>\mu</math> : 13</li> </ol>						<b>Efficacité</b> +++
						<b>Coût</b> ++

### Commentaires sur la solution

Cette technique constructive peut être isolé par l'intérieur ou par l'extérieur. Les madriers, présentant un tassement vertical important, une attention particulière sera portée à la désolidarisation de ceux-ci et de la couche isolante (voir infra.)

### Épaisseur requise

Chaque Région exige une valeur minimale pour l'isolation des parois. Celle-ci dépendra de tous les matériaux mis en œuvre, de leurs performances et de leurs épaisseurs. Un spécialiste du bâtiment pourra vous guider dans le meilleur choix.

### Le choix de la fibre de bois

Que ce soit en vrac ou en panneau, la fibre de bois dispose d'une conductivité thermique intéressante. Grâce à sa composition cellulaire, la fibre de bois tolère une grande variation de la teneur en eau du matériau (jusqu'à 10 à 20% de sa masse sèche). C'est pourquoi elle convient particulièrement bien pour les constructions massives en bois, lorsque la teneur en eau des parois peut s'avérer variable. En outre, la densité du matériau mis en œuvre et sa nature organique permettent en moyenne un confort supérieur grâce au déphasage du transfert de chaleur (inertie thermique) en période estivale.

### Remarques complémentaires

Les madriers massifs présentent un tassement vertical lié à la mise en place du bâtiment d'environ 1 cm/m construit. Cela implique que la finition de façade et les couches isolantes doivent pouvoir s'adapter à ce tassement. L'isolant est, dans ce cas, placé entre des chevrons indépendants des madriers (fixations libres à boutonnières et appui sur la dalle).

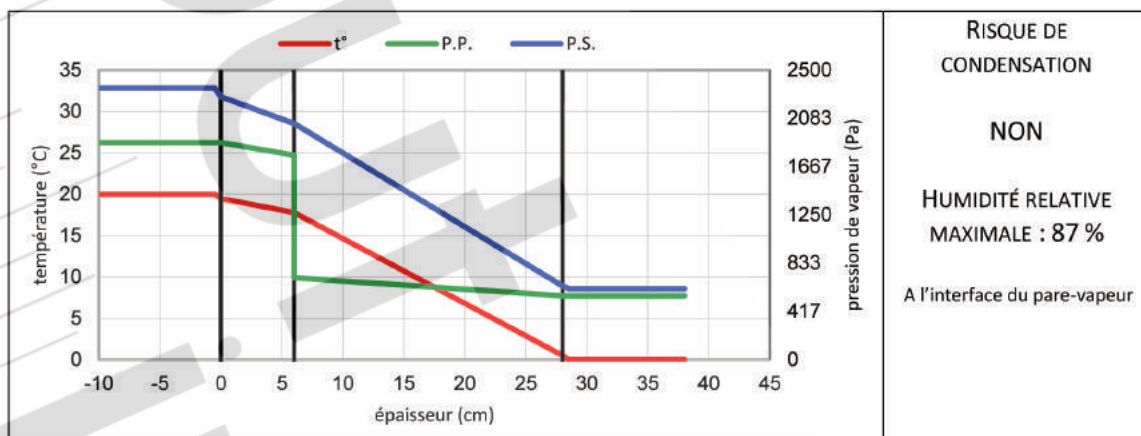
Afin d'assurer l'étanchéité à l'air tout en maintenant les madriers visibles à l'intérieur, une membrane est fixée sur les chevrons destinés à accueillir l'isolant.

L'installation d'un système de ventilation dans le bâtiment et plus particulièrement dans les pièces d'eau reste indispensable. Les propriétés du bois ne sont pas suffisantes si les pièces se trouvent plongées dans une ambiance humide durant une longue période, a fortiori si la température ambiante devait être basse.

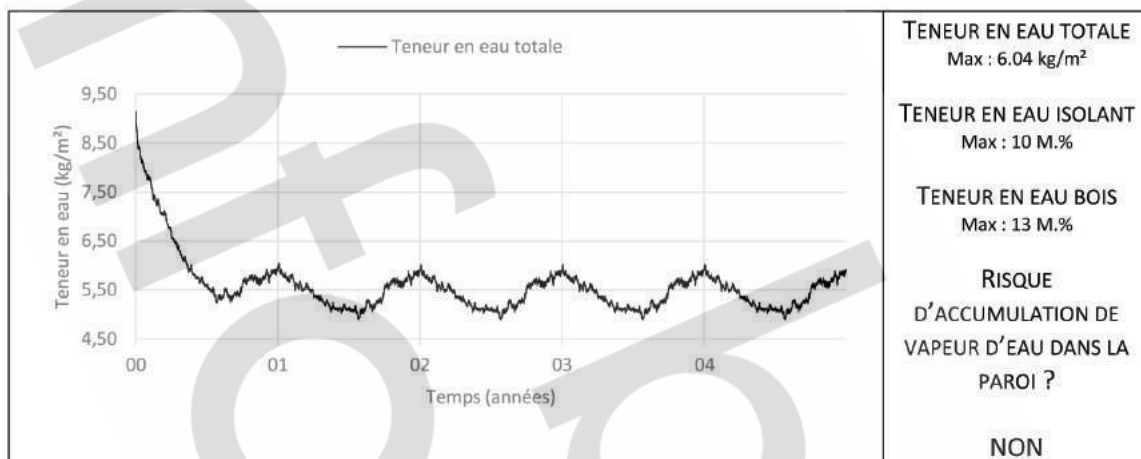
CONDITIONS D'ANALYSE DU CAS

Ri	Ti	HRi	Re	Te	HRe	<b>M9</b>
0.13	20	80	0.13	0	90	

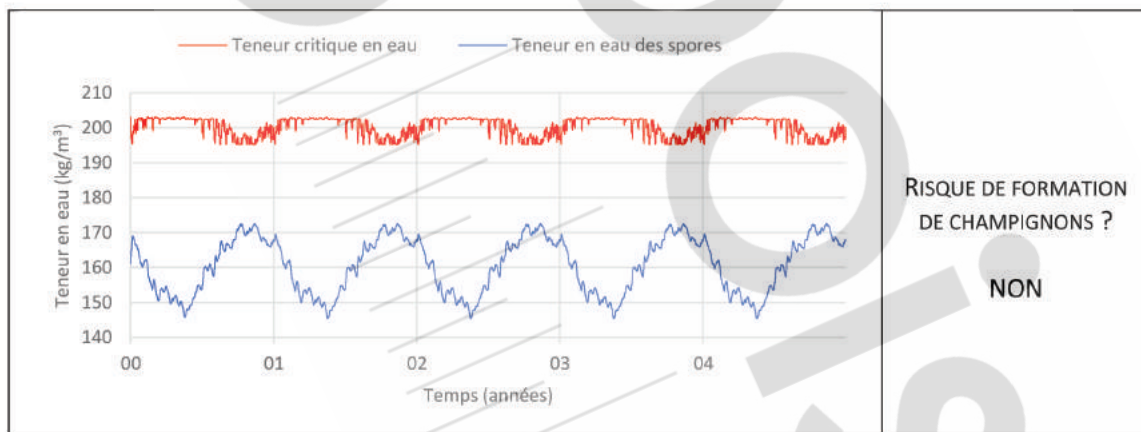
ANALYSE GLASER

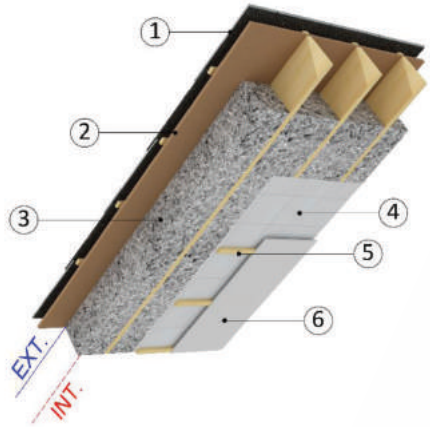


ANALYSE WUFI



ANALYSE WUFI BIO



T3 – ISOLATION DE TOITURE INCLINÉE PAR L'INTÉRIEUR - CELLULOSE						T3
GLASER	WUFI	WUFI BIO	VALEUR U	RENO	NEUF	
✓	✓	✓	0.18 W/m²K	✓	✓	
						<b>Technicité</b>
						+++
						<b>Efficacité</b>
						+++
						<b>Coût</b>
						+++

### Commentaires sur la solution

Cette technique n'est applicable que dans le cadre du remplacement complet de la toiture (avec ou sans le remplacement de la charpente). Elle est assimilée à une construction neuve.

### Épaisseur requise

Chaque Région exige une valeur minimale pour l'isolation des parois. Celle-ci dépendra de tous les matériaux mis en œuvre, de leurs performances et de leurs épaisseurs. Un spécialiste du bâtiment pourra vous guider dans le meilleur choix.

### Le choix de la cellulose

Que ce soit en vrac ou en panneau, la laine de cellulose dispose d'une conductivité thermique intéressante.

Grâce à sa composition cellulaire, elle tolère une grande variation de la teneur en eau du matériau (jusqu'à 15 à 20% de sa masse sèche) qui n'affecte pas son pouvoir isolant.

En outre, la densité du matériau mis en œuvre et sa nature organique permettent en moyenne un confort supérieur grâce au déphasage du transfert de chaleur (inertie thermique) en période estivale.

Ceci s'avère être un avantage très intéressant dans l'application en toiture où la surchauffe peut être rapidement importante. Le choix de la cellulose en vrac à insuffler s'avère ici être un choix économique.

### Remarques complémentaires

La membrane frein-vapeur doit être posée de manière impeccable: raccord entre lés, raccords périphériques, étanchéité des éventuelles pénétrations. Aucune convection de l'air ne peut être admise.

La cellulose pourrait également être posée en panneaux mais cette technique n'assure pas la même satisfaction de qualité du remplissage entre chevrons et le matériau est nettement plus onéreux.

Par contre, dans le cas d'une sous-toiture existante, et compatible avec ce type de composition, c'est suffisamment respirante, le choix de pose de panneaux est une bonne alternative au flocage. En effet, les panneaux pourront être posés directement contre la sous-toiture existante. L'idéal étant de croiser une nouvelle épaisseur de chevrons qui, elle, pourrait éventuellement être insufflée.

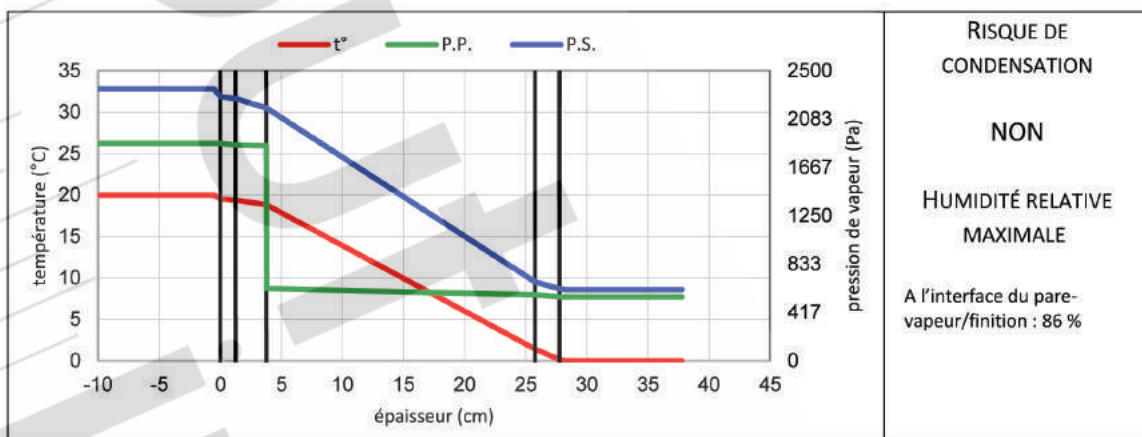
Des poutrelles en bois profilées à âme mince sont une bonne variante à préconiser.

La sous-toiture en fibre de bois remplit un double rôle: celui de diminuer le pont thermique créé au droit des chevrons et d'augmenter l'inertie du complexe et donc retarder l'échauffement de la toiture. A cet effet, un espace de ventilation entre la couverture et la sous-toiture sera de minimum 5 cm afin de favoriser la ventilation et d'éviter une surchauffe du complexe de toiture. Ces panneaux sont fabriqués à partir d'un mélange de fibre de bois et de bitume afin de les rendre insensibles à l'humidité.

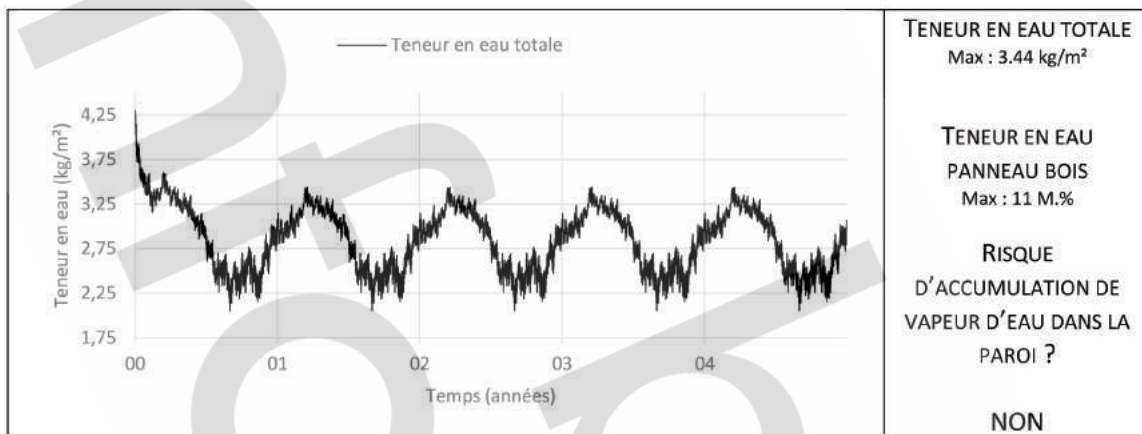
CONDITIONS D'ANALYSE DU CAS

Ri	Ti	HRi	Re	Te	HRe	<b>T3</b>
0.13	20	80	0.04	0	90	

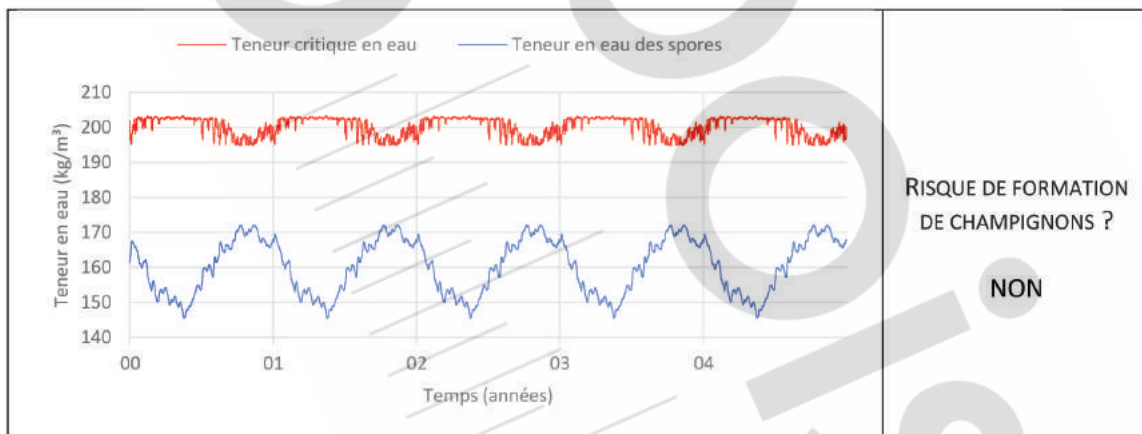
ANALYSE GLASER

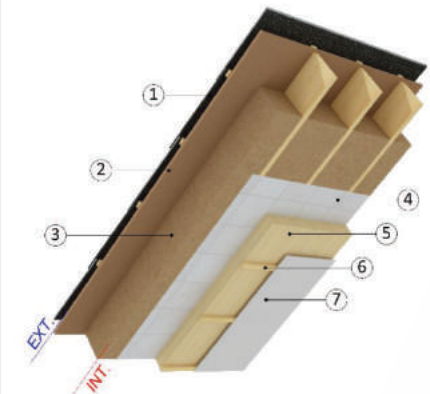


ANALYSE WUFI



ANALYSE WUFI BIO



T5 – ISOLATION DE TOITURE INCLINÉE EN BOIS MASSIF PAR L'EXTÉRIEUR						T5
GLASER	WUFI	WUFI BIO	VALEUR U	RENO	NEUF	
✓	✓	✓	0.18 W/m <sup>2</sup> K	✓	✓	
			<ol style="list-style-type: none"> <li>Couverture ventilée en sous-face</li> <li>Sous-toiture isolante en fibre de bois Épaisseur 2 cm - <math>\lambda</math> : 0,055 W/m.K - <math>\mu</math> : 5</li> <li>Panneaux de fibre de bois (93.50%) et chevrons (6.50%) Épaisseur 22 cm - <math>\lambda</math> : 0,050 W/m.K - <math>\mu</math> : 5</li> <li>Pare-vapeur à mu variable (assurant également l'étanchéité à l'air) Épaisseur 0,02 cm - <math>\lambda</math> : 2,4 W/m.K - <math>\mu</math> ≈ 37500</li> <li>Panneau en bois massif contrecollés Épaisseur 9 cm - <math>\lambda</math> : 0.14 W/m.K - <math>\mu</math> ≈ 80</li> <li>Vide technique</li> <li>Panneaux de plâtre armé de fibres de bois Épaisseur 1.25 cm - <math>\lambda</math> : 0.36 W/m.K - <math>\mu</math> ≈ 8</li> </ol>		<b>Technicité</b> +++	
					<b>Efficacité</b> +++	
					<b>Coût</b> +++	

### Commentaires sur la solution

L'isolation par l'extérieur est la technique d'isolation la plus appropriée pour une toiture en pente en panneaux de bois massif. En effet, l'isolation par l'intérieur empêche tout raccord avec l'isolation des parois verticale et crée de nombreux ponts thermiques.

### Épaisseur requise

Chaque Région exige une valeur minimale pour l'isolation des parois. Celle-ci dépendra de tous les matériaux mis en œuvre, leurs performances et leurs épaisseurs. Un spécialiste du bâtiment pourra vous guider dans le meilleur choix.

### Le choix de la fibre de bois

Que ce soit en vrac ou en panneau, la fibre de bois dispose d'une conductivité thermique intéressante. Grâce à sa composition cellulaire, elle tolère une grande variation de sa teneur en eau (jusqu'à 10 à 20% de sa masse sèche). C'est pour cela qu'elle convient particulièrement bien pour les constructions massives en bois, lorsque la teneur en eau des parois peut s'avérer variable.

En outre, la densité du matériau mis en œuvre et sa nature organique permettent en moyenne un confort supérieur grâce au déphasage du transfert de chaleur (inertie thermique) en période estivale. Ceci s'avère un avantage très intéressant dans l'application en toiture où la surchauffe peut être importante.

### Remarques complémentaires

Des poutrelles en bois profilées à âme mince sont une bonne variante à préconiser.

Dans le cas étudié de la pose de l'isolant entre chevrons, la sous-toiture en fibre de bois remplit un double rôle : celui de diminuer le pont thermique créé au droit des chevrons et celui d'augmenter l'inertie du complexe en participant au déphasage

du transfert de chaleur. A cet effet un espace de ventilation entre la couverture et la sous-toiture sera de minimum 5 cm afin de favoriser la ventilation et d'éviter une surchauffe du complexe de toiture. Ces panneaux sont fabriqués à partir d'un mélange de fibre de bois et d'additif hydrofuge afin de les rendre insensibles à l'humidité.

Malgré la faculté de régulation hygrométrique du bois, une membrane pare ou frein-vapeur est à prévoir : côté extérieur du panneau si celui-ci doit rester visible, côté intérieur s'il est destiné à accueillir un vide technique.

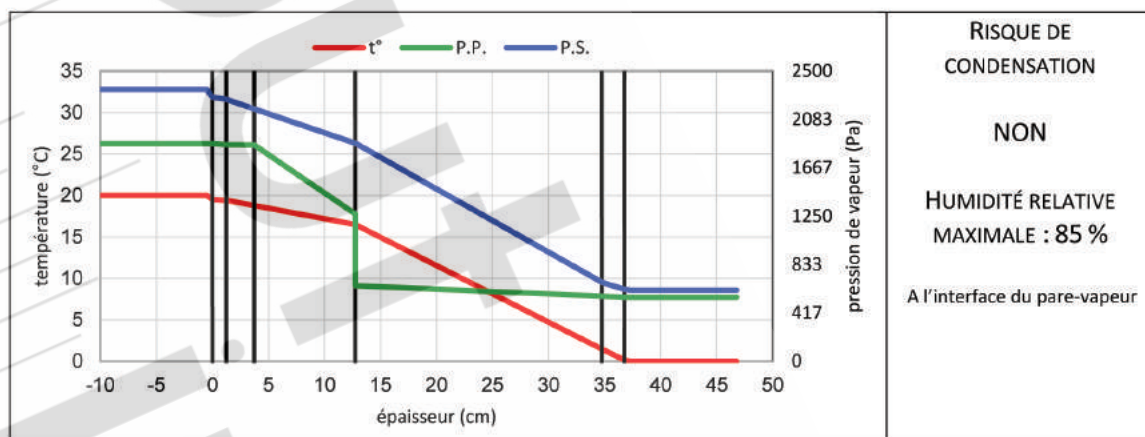
Cependant, dans les pièces d'eau, on veillera à une ventilation de qualité, a fortiori si ce type de pièce est exposé à des taux d'humidité importants combinés à de basses températures et ce durant une longue période.



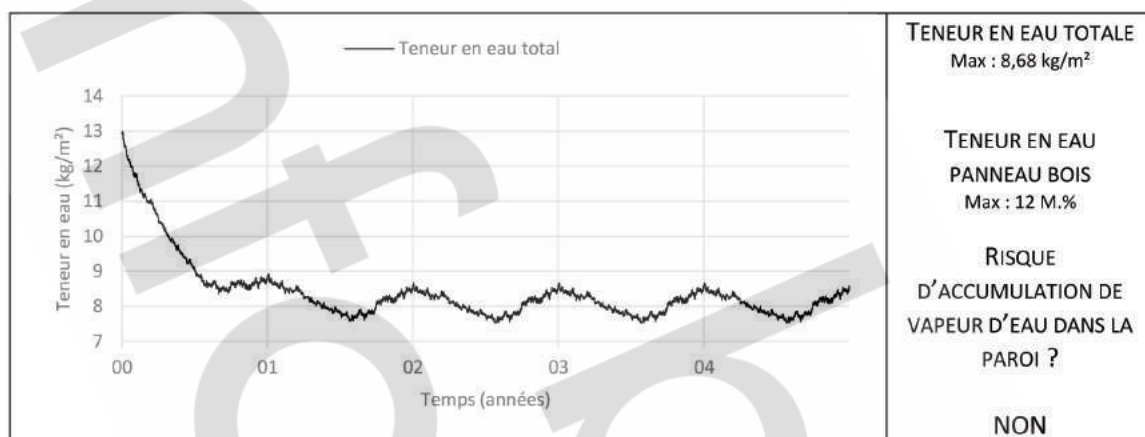
CONDITIONS D'ANALYSE DU CAS

Ri	Ti	H <sub>Ri</sub>	Re	Te	H <sub>Re</sub>	<b>T5</b>
0.13	20	80	0.04	0	90	

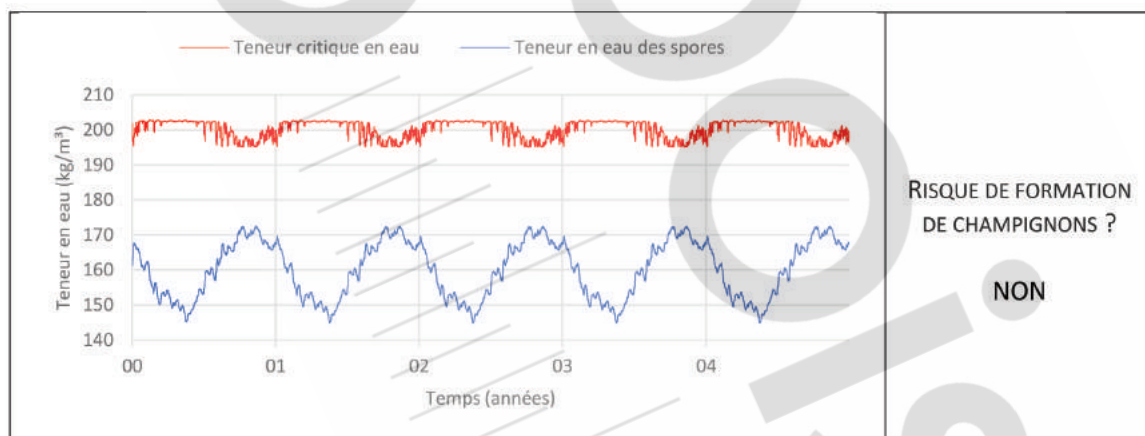
ANALYSE GLASER



ANALYSE WUFI



ANALYSE WUFI BIO



hout info bois

# 6

## LEXIQUE



hout info siog bois

## 6. LEXIQUE

**Abouter** Action d'assembler deux pièces de bois dans le sens du fil par leurs extrémités pour en faire un élément de plus grande longueur.

**Âme (n.f)** 1. Portion centrale d'une poutre comprise entre deux membrures ou semelles.

2. Partie centrale d'un matériau multicouche (par exemple, un panneau).

**Anhydre** Bois qui ne contient plus d'eau et qui a été séché (à 0% d'humidité) à une température de 103°C +/- 2°C, jusqu'à poids constant.

**Arête (n.f)** Angle saillant que forment deux côtés d'une pièce de bois.

**Arête flacheuse (n.f)** Se dit d'une arête lorsqu'elle présente une ou plusieurs flaches

**Arête vive (n.f)** Arête nette de toute flache.

**Aubier (n.m)** Partie périphérique du tronc comprise entre le duramen et l'écorce. Il est constitué des cernes les plus récents dont les cellules vivantes assurent un rôle de conduction de la sève brute.

**Avivé (n.m)** Pièce de bois sciée de section carrée ou rectangulaire à arêtes vives.

**Bardage (n.m)** Revêtement extérieur de façade constitué d'éléments minces fixés mécaniquement à une sous-structure.

**Battant (n.m)** Partie mobile d'un châssis, d'une porte.

**Bille (n.f)** Partie tronçonnée d'une grume.

**Bleuissement (n.m)** Défaut d'aspect provoqué par un champignon de la famille des ascomycètes mais qui ne présente pas d'incidence sur les propriétés mécaniques du bois.

**Bois de cœur (n.m)** Partie centrale du tronc sous l'aubier.

**Bois contrecollé (n.m)** Surface plane ou panneau composé de lits de bois collés à fil croisé.

**Bois de compression (n.m)** Nom donné au bois de réaction des résineux. Les zones de bois de compression sont typiquement plus denses et plus foncées que le bois normal.

**Bois de réaction (n.m)** Bois qui présente des caractéristiques anatomiques distinctes en se formant dans les portions de tiges penchées ou courbées et dans les branches. Le végétal s'efforce de reprendre une position normale en produisant le bois de réaction.

**Bois de tension (n.m)** Nom donné au bois de réaction des feuillus.

**Bois d'industrie (n.m)** Bois généralement de dimensions inférieures à celles des bois d'œuvre, destiné à la trituration, au bois de mine, aux poteaux, aux pieux, etc.

**Bois d'œuvre (n.m)** Bois ronds aptes au sciage (y compris les bois de traverses), au tranchage et au déroulage.

**Bois final (n.m)** Partie extérieure du cerne d'accroissement, formée à la fin de la période de végétation. Aussi appelé «bois d'été».

**Bois frais (n.m)** Bois récemment abattu ou dont l'humidité se situe au-dessus de 30%

(point de saturation des fibres).

**Bois de feuillus (n.m)** Bois provenant d'essences forestières dites feuillus, appartenant à la classe des Angiospermes.

**Bois de feuillus à zones poreuses (n.m)** Bois dans lequel les pores du bois initial sont visiblement plus gros que ceux du bois final et forment une zone ou un anneau bien marqué.

**Bois de feuillus à porosité diffuse (n.m)** Bois dans lequel les cernes présentent des pores de taille et de répartition relativement uniformes ou avec des modifications progressives.

**Bois initial (n.m)** Partie intérieure du cerne d'accroissement, formée au début de la période de végétation. Aussi appelé «bois de printemps».

**Cadranure (n.f)** Fentes radiales partant de la partie centrale de la grume jusqu'à sa périphérie.

**Cambium (n.m)** Assise de cellules génératrices sous l'écorce qui assure la croissance en diamètre de l'arbre.

**Canal résinifère (n.m)** Canal intercellulaire contenant des résines et présent chez certaines espèces (épicéa, pin, mélèze, douglas, etc.).

**Cerne d'accroissement (n.m)** En section transversale, couche d'accroissement concentrique constituée des cellules produites au cours d'une année.

**Champignon de discoloration (n.m)** Taches superficielles dues à l'action de micro-organismes.

**Chanfrein (n.m)** Surface étroite formant un petit pan coupé à 45° et obtenue par l'abattage de l'arête d'une pièce de bois. Les chanfreins ont pour objet de supprimer les arêtes.

**Charpente (n.f)** Ensemble de pièces de bois qui ont une fonction portante dans la construction.

**Cœur rouge (n.m)** Discoloration rouge ou brune affectant la partie centrale du bois de façon nettement délimitée.

**Collage (n.m)** Action consistant à mettre en contact deux surfaces de façon durable. L'ensemble ainsi formé doit résister aux sollicitations mécaniques extérieures envisagées mais aussi aux variations prévisibles d'humidité et de température.

**Colle (n.f)** Composition destinée à maintenir ensemble des matériaux par adhérence. Synonyme d'adhésif.

**Composites bois polymère (n.m)** Produits composés de fibres de bois mélangées à différentes substances (polypropylène, polyéthylène, PVC). Le contenu en cellulose peut atteindre 70%.

**Conifères (n.m)** cf. Résineux

**Contrainte (n.f)** Tension prenant naissance dans un matériau par suite de l'application d'une force.

**Contrainte admissible (n.f)** Contrainte maximale qui peut être supportée de façon permanente, en toute sécurité (sans risque de rupture ou de déformation permanente), par une pièce de bois dans des conditions données de service et de charges.

**Contrainte de rupture (n.f)** Plus petite contrainte, exprimée en MPa, qui provoque la rupture de la pièce.

**Contrefil (n.m)** 1. Se dit du bois dont les éléments axiaux (fibres) sont successivement inclinés en sens différent par rapport à l'axe de l'arbre.

2. Apparaît également lorsqu'on débite sans suivre le fil du bois.

**Contreplaqué (n.m)** Panneau dérivé du bois, obtenu par collage de plis (placages superposés), dont le fil est alternativement placé dans des directions perpendiculaires, le plus souvent disposés symétriquement de part et d'autre d'un pli central ou d'une âme.

**Débit (n.m)** 1. Pièce de bois sciée.

2. Opération ayant pour but d'obtenir des sciages.

**Débit sur liste (n.m)** Bois sciés selon des dimensions spécifiques. Synonyme de débit sur bordereau ou de sciage à façon.

**Densité (n.f)** Rapport de la masse d'un certain volume d'un corps à celle d'un même volume d'eau.

**Déroulage (n.m)** Mode de débit circulaire d'une bille de bois produisant une feuille mince continue à l'aide d'une dérouleuse.

**Dimensions standards (n.f)** Dimensions des sciages les plus couramment commercialisés sur le marché.

**Discoloration (n.f)** Modification de coloration naturelle du bois qui n'induit aucune perte de résistance.

**Dosse (n.f)** Première planche issue du sciage d'une grume. Elle présente une face plane dressée à la scie et une surface convexe formée par la périphérie de la grume.

**Durabilité naturelle (n.f)** Résistance intrinsèque aux attaques d'organismes destructeurs. L'aubier n'étant pas naturellement durable, seule la durabilité naturelle du duramen est considérée.

**Duramen (n.m)** Partie centrale de la tige, généralement colorée, qui résulte de la transformation progressive plus ou moins poussée de l'aubier dont les cellules perdent leur fonction conductrice et se chargent de produits de sécrétion et de pigments. La partie centrale de la tige est nommée «bois parfait» lorsqu'elle ne présente aucune différence appréciable de coloration avec l'aubier.

**Dureté (n.f)** Résistance opposée à la rayure ou à l'empreinte d'un corps dur sous l'effet d'une charge ou d'un choc. On la mesure par la pénétration d'une bille ou d'un cylindre en acier (dureté Janka ou dureté Chalais-Meudon). Dans une large mesure, elle conditionne la résistance à la compression transversale et à l'usure, ainsi que la tenue à l'abrasion.

**Eau liée (n.f)** Aussi nommée «Eau d'imprégnation», elle imprègne les parois cellulaires au sein desquelles les molécules d'eau sont «liées» aux chaînes de cellulose et d'hémicellulose par des forces à caractère électrique appelées «ponts hydrogènes».

**Eau libre (n.f)** Eau contenue dans les cavités cellulaires ou intercellulaires.

**Échauffure (n.f)** Altération provoquée par un champignon (famille des basidiomycètes) avant séchage, entraînant une modification de la structure chimique du bois. Elle se manifeste par une légère coloration du bois (rouge ou blanche) et une destruction plus ou moins marquée des fibres ligneuses. Elle a pour conséquence une transformation des propriétés physiques et mécaniques du bois.

**Écorce (n.f)** Partie externe de l'arbre composée de plusieurs couches distinctes.

**Élagage (n.m)** Action de couper les branches de l'arbre pour soigner sa forme et la qualité du bois.

**Encollage (n.m)** Phase du collage pendant laquelle on applique l'adhésif sur le ou les support(s).

**Enture (n.f)** Jonction de deux pièces de bois mises bout à bout au moyen d'assemblages de dispositions différentes (sifflet, queue d'aronde, en trait de Jupiter, etc.). Une enture a pour but de suppléer à la longueur des bois et aussi, parfois, de remplacer des parties en mauvais état.

**Équarrir** Tailler, couper une pièce de bois de façon à lui donner une forme se rapprochant d'un parallélépipède à section carrée ou rectangulaire.

**Espèce (n.f)** Principale catégorie de la classification taxonomique groupant des individus semblables qui ont de nombreux caractères communs et sont la plupart du temps interféconds.

**Essence (n.f)** Synonyme d'espèce, appliqué aux arbres et autres végétaux ligneux.

**Face (n.f)** N'importe lequel des côtés longitudinaux opposés les plus larges du bois scié, ainsi que n'importe quel côté longitudinal du débit à section carrée.

**Fente (n.f)** Séparation des fibres dans le sens longitudinal.

**Ferme (n.f)** Ensemble structurel composé de pièces de bois qui, dans une charpente, soutiennent les faîtages et les pannes.

**Fermette (n.f)** Ferme triangulaire composée de bois de plus petite section.

**Fibre (n.f)** Longue cellule étroite dont le bois est largement constitué.

**Fil (n.m)** Orientation générale des éléments allongés du bois (fibres, trachéides).

**Fil tors (n.m)** Fil qui suit un trajet en spirale autour de la moelle.

**Fissilité (n.f)** Propension du bois à se fendre dans le sens du fil.

**Flaches (n.f)** Dans la région des angles d'une pièce de bois équarri ou débité, vestiges de la surface de la grume d'où provient la pièce, laissés par un avivage incomplet.

**Gauchissement (n.m)** Déformation d'allure hélicoïdale de la pièce dans le sens de la longueur.

**Gélivure (n.f)** Fente radiale causée par l'action du gel dans le bois sur pied et s'étendant de l'aubier vers la moelle, ayant longitudinalement une étendue notable (accompagnée d'une teinte plus foncée du bois adjacent et d'une déviation des cernes annuels).

**Gerce (n.f)** Fente de surface étroite, courte et peu profonde.

**Gonflement (n.m)** Phénomène physique d'accroissement des dimensions d'une pièce de bois qu'entraîne une augmentation de son humidité en-dessous du point de saturation des fibres.

**Grain (n.m)** Impression visuelle que donne, selon le cas, la grosseur des éléments apparents du bois (feuillus) ou la largeur et la régularité des cernes (résineux) : grain fin ou serré, grain moyen, large ou grossier. Chez les feuillus, cette impression peut résulter de la grosseur des pores (ou vaisseaux), laquelle dépend de l'espèce mais également, pour les essences à bois hétérogène, de la largeur des cernes. Les conifères n'ayant pas de vaisseaux, le grain s'apprécie seulement d'après la largeur des cernes.

**Grume (n.f)** Tronc d'arbre abattu, ébranché et écimé.

**Houppier (n.m)** Partie supérieure de l'arbre, comprenant les branches et les rameaux et, éventuellement, une partie de la tige.

**Humidité (du bois) (n.f)** Egalement « teneur en eau du bois ». Correspond à la masse d'eau contenue dans le bois, exprimée en pourcentage de sa masse anhydre.

**Humidité d'équilibre (n.f)** Teneur en humidité à laquelle un bois ne reprend ni ne cède de l'eau à un environnement donné (température et humidité relative de l'air données).

**Humidité relative de l'air (n.f)** Mesure du rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans des conditions de pression et de température données.

**Lambourde (n.m)** Pièce de bois de sciage que l'on fixe sur un support pour y clouer le parquet.

**Lambris (n.m)** Revêtement en menuiserie que l'on applique sur les parois des murs, d'un plafond.

**Lasure (n.f)** Produit de finition non filmogène laissant apparaître le veinage et le grain du bois.

**Ligneux** Qui caractérise des tissus dont les parois sont imprégnées de lignine et qui possèdent de ce fait une certaine rigidité.

**Lignine (n.f)** Un des constituants principaux des parois cellulaires du bois.

**Lignivore** Se dit d'un champignon qui se nourrit de bois.

**Loupe (n.f)** Excroissance ligneuse de forme plus ou moins globuleuse. Les fibres enchevêtrées et nouées du bois de loupe forment des motifs caractéristiques. A ce titre, les loupes sont très recherchées pour l'ébénisterie et la marqueterie.

**Lunure (n.f)** Présence, dans le duramen, d'un anneau, complet ou non, ayant la couleur et les propriétés de l'aubier.

**Maille (n.f)** Rayures ou mouchetures longitudinales irrégulières, provenant de la coupe longitudinale des rayons ; elles apparaissent sur une face d'un bois scié sur quartier.

**Masse volumique (n.f)** Quotient de la masse d'un corps par son volume.

**MDF (n.m)** Medium Density Fiberboard : panneaux de fibres à densité moyenne fabriqué à partir de fibres lignocellulosiques pressées auxquelles on ajoute un adhésif.

**Méristème (n.m)** Tissu constitué de cellules vivantes en division active et qui est responsable de la croissance de la plante (allongement et épaissement).

**Mérule (n.f)** *Serpula lacrymans* : champignon lignivore susceptible de dégrader le bois dont l'humidité est supérieure à 22%.

**Module d'élasticité (n.m)** Rapport entre la contrainte et la déformation d'une pièce. Un module élevé exprime une rigidité importante.

**Moelle (n.f)** Partie centrale du tronc (quelques mm de diamètre) composée de tissus primaires (parenchyme), généralement mous, se différenciant des tissus secondaires qui constituent le bois.

**Montant (n.m)** Pièce verticale d'un assemblage (porte, châssis, ossature, etc.).

**Mortaise (n.f)** Cavité dans laquelle vient se loger le tenon pour réaliser un assemblage entre deux pièces de bois.

**Nœud (n.m)** Partie de la branche englobée dans le bois

**Nœud adhérent (n.m)** Nœud sain produit par une branche vivante et dont la couche externe présente une continuité avec le bois environnant sur au moins 3/4 du périmètre de la section du nœud au niveau d'une face du sciage.

**Nœud non adhérent (n.m)** Nœud mort dont la couche externe présente une continuité avec le bois environnant sur une étendue inférieure au 1/4 du périmètre de la section du nœud au niveau d'une face du sciage.

**Nœud sain (n.m)** Nœud ne présentant pas de trace de pourriture.

**Nœud sautant (n.m)** Nœud mort qui ne présente pas de continuité avec le bois environnant et se détache.

**OSB (n.m)** Oriented Strand Board = Panneau à particules orientées constitué de plusieurs couches de lamelles de bois minces, longues et orientées auxquelles on ajoute un liant.

**Ossature bois (n.f)** Système constructif. Une ossature bois est l'assemblage d'un squelette formé de montants de section standard (chevrons) posés verticalement à intervalles réguliers (de 40 à 60 cm) et reliés entre eux par des chevrons de même section fixés horizontalement et formant des cadres.

**Panneau latté (n.m)** Panneau constitué de lattes de bois collées bord à bord et couvert d'une feuille collée de déroulage.

**Panneaux de particules (n.m)** Panneau à base de bois fabriqué sous pression et haute température à partir de particules de bois (éclats, copeaux de rabotage, sciures, etc.) et/ou d'autres matières

lignocellulosiques sous forme de particules, avec addition d'un liant.

**Parenchyme (n.m)** Tissu de stockage ayant pour fonction de maintenir en réserve les matières nutritives. On distingue le parenchyme horizontal qui forme les rayons ligneux et le parenchyme vertical ou axial.

**Parquet (n.m)** Revêtement de sol en bois dont l'épaisseur de la couche d'usure est supérieure à 2,5 mm lors de la pose.

**Patte de chat (n.f)** Groupement de picots très rapprochés les uns des autres.

**Pente de fil (n.f)** Déviation de la direction des fibres par rapport à l'axe longitudinal de la pièce

**Phloème (n.m)** Tissu mince produit par le cambium vers l'extérieur réalisant la circulation de la sève élaborée.

**Photosynthèse (n.f)** Processus biochimique qui permet aux plantes, grâce à l'énergie apportée par le soleil, de transformer l'eau et le CO<sub>2</sub> en matière organique (hydrates de carbone) et en oxygène.

**Picot (n.m)** Rameau ou trace d'un rameau visible sur la surface périphérique de la tige. Sur un sciage, nœud rond ou ovale, adhérent ou partiellement adhérent, ayant une dimension de maximum 5 mm.

**Plan radial (n.m)** Plan longitudinal interceptant les cernes.

**Plan tangentiel (n.m)** Plan longitudinal tangent aux cernes.

**Plan transversal (n.m)** Plan perpendiculaire à l'axe longitudinal des fibres.

**Plancher (n.m)** Élément structurel de construction qui sépare deux étages d'un bâtiment ou (nom générique) d'un revêtement de sol en bois.

**Plaquettes (n.f)** Produit connexe obtenu par broyage de chutes de bois massif (dosses, délinures...) ou directement au cours du sciage de tête.

**Plateau (n.m)** Bois scié possédant deux faces parallèles et une ou deux rives entièrement flacheuses.

**Plot (n.m)** Ensemble de plateaux obtenus en sciant longitudinalement une grume par traits successifs parallèles et replacés, après sciage, l'un sur l'autre, de façon à reconstituer la grume sans les dosses.

**Poche de résine (n.f)** Cavité lenticulaire provenant de la rupture d'un canal résinifère et contenant ou ayant contenu de la résine.

**Point de saturation des fibres (n.m)** Etat d'une pièce de bois lorsque les membranes cellulaires sont saturées en humidité mais sans qu'il y ait d'eau dans les cavités cellulaires.

**Poteaux-poutres (n.m)** Système constructif constitué d'une grande structure ouverte, formée de poteaux et de poutres supportant les planchers, les cloisons et la toiture.

**Pourriture (n.m)** Décomposition du bois sous l'action d'un champignon ayant pour conséquence une profonde altération des caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques du bois. Elle se traduit par un ramollissement du bois, une perte de masse et de résistance, un changement de texture ou de couleur.

**Premier choix (n.m)** Dans un système de classement, le bois premier choix correspond à la plus belle qualité pour l'usage qui en est fait.

**Produit connexe (n.m)** Produit résultant de l'usinage d'une grume et non valorisé en sciage. Il constitue la matière première pour la fabrication de pâte à papier et de panneaux.

**Raboter** Consiste à enlever les inégalités et à aplanir les faces d'une pièce de bois.

**Rainure (n.f)** Espace ménagé sur le chant d'une pièce de bois destiné à recevoir la languette de la pièce voisine.

**Rayon (n.m)** Tissu composé principalement de cellules de parenchyme orientées perpendiculairement à l'axe des fibres et destinées au stockage de substances nutritives.

Lorsque ces structures sont de taille importante, elles constituent la maille sur un débit sur quartier.

**Résine (n.f)** Substance semi-fluide, translucide et insoluble dans l'eau sécrétée par les cellules formant le contour du canal résinifère.

**Retrait (n.m)** Phénomène physique de diminution des dimensions d'une pièce de bois engendrée par une diminution de son humidité en-dessous du point de saturation des fibres. Il résulte de l'évacuation de l'eau située dans les parois cellulaires.

**Retrait axial (n.m)** Retrait du bois dans une direction parallèle aux éléments allongés du bois (fibres, trachéides).

**Retrait radial (n.m)** Retrait du bois dans une direction parallèle aux rayons ligneux ou perpendiculaire aux cernes d'accroissement.

**Retrait tangentiel (n.m)** Retrait du bois dans une direction perpendiculaire aux rayons ligneux ou tangentielle aux cernes d'accroissement.

**Rive (n.f)** N'importe lequel des deux cotés longitudinaux opposés les plus étroits d'une pièce de bois équarrie ou d'un panneau, par opposition aux deux autres faces.

**Ronce (n.f)** Bois provenant de la souche des arbres ou formé à la naissance des branches et présentant des éléments irrégulièrement enchevêtrés ; les ronces sont très utilisées dans le placage décoratif.

**Roulure (n.f)** Fente circulaire, complète ou incomplète, longitudinale suivant un cerne d'accroissement.

**Sciage (n.m)** 1. Action de débiter le bois à l'aide d'une scie.

2. Pièce de bois brute obtenue par débit de la grume.

**Sciage sur dosse (n.m)** Bois scié qui a une face perpendiculaire ou approximativement perpendiculaire aux rayons, ou, si les rayons ne sont pas visibles, bois scié qui a une face tangentielle ou approximativement tangentielle aux cernes d'accroissement.

**Sciage sur maille (n.m)** Bois scié dans lequel l'angle entre les rayons et une face est de 10° ou moins. Si les rayons ne sont pas visibles, bois scié où l'angle entre les cernes d'accroissement et une face est de 80° ou plus.



**Sciage sur quartier (n.m)** Bois scié ayant une face parallèle ou approximativement parallèle aux rayons, ou, si les rayons ne sont pas visibles, bois scié qui a une face perpendiculaire ou approximativement perpendiculaire aux cernes d'accroissement.

**Sciures (n.f)** Particules de bois résultant de l'action de la dent de scie sur la matière première.

**Séchage (n.m)** Diminution de la teneur en eau du bois, soit naturellement à l'air libre, soit artificiellement par divers procédés (air chaud, sous vide, etc.).

**Seconde transformation (n.f)** Production de produits finis ou semi-finis (emballages, éléments de construction, piquets et poteaux, boissellerie, meubles, panneaux, etc.)

**Section (n.f)** Surface droite transversale de la pièce de bois.

**Sève brute (n.f)** Substance liquide constituée d'eau et de sels minéraux, absorbée par les racines et transportée par les vaisseaux (feuillus) ou par les trachéides (résineux) jusque dans les feuilles pour y contribuer à la photosynthèse.

**Sève élaborée (n.f)** Substance produite dans les feuilles par le processus de la photosynthèse à partir de sève brute, de lumière et de CO<sub>2</sub>. La sève élaborée est acheminée à travers le liber afin de «nourrir» les cellules ou d'y être stockée.

**Solive (n.f)** Élément structurel d'un plancher qui soutient les lames.

**Stabilité dimensionnelle (n.f)** Comportement d'une pièce de bois soumise à des variations hygrométriques.

**Stère (n.m)** Quantité de bois empilés (rondins et quartiers) correspondant à un volume de 1 m<sup>3</sup>.

**Structure (bois de) (n.f)** Bois destiné à un usage de construction où il sera soumis à des contraintes mécaniques (bois de charpente, par exemple).

**Sylviculture (n.f)** Ensemble des méthodes et des pratiques contribuant au développement, à la gestion et à la mise en valeur d'une forêt.

**Tanin (n.m)** Substance phénolique naturelle, soluble dans l'eau, produite par la plante et présente dans les feuilles, les fruits, l'écorce, le bois et les racines de nombreuses plantes.

**Tenon (n.m)** Partie taillée (partie mâle) d'une pièce de bois destinée à se loger dans la cavité de la mortaise pour former un assemblage.

**Texture (n.f)** Dans les bois hétérogènes, rapport de la largeur du bois final et de la largeur du cerne exprimée en %.

**Trachéide (n.f)** Chez les résineux, cellule fusiforme de plusieurs millimètres de longueur assumant un rôle de soutien et contribuant à la conduction de la sève dans le bois.

**Traitement de finition (n.m)** Traitement dont le rôle est de protéger la surface du bois des altérations physico-chimiques dues au vieillissement.

**Traitement de préservation (n.m)** Traitement visant à conférer au bois une durabilité artificielle pour le protéger des altérations biologiques par l'application de produits de préservation.

**Tuilage (n.m)** Déformation d'une pièce de bois dans le sens de la largeur et dont une face devient concave ou convexe perpendiculairement au fil.

**Vaisseaux (n.m)** Chez les feuillus, empilement de cellules formant un canal qui assure la conduction de la sève.

**Verticille (n.m)** Chez les résineux, zone du tronc regroupant les branches produites la même année.

**Xylème (n.m)** Tissu ligneux produit par le cambium vers l'intérieur du tronc. Terme correspondant au bois.

**Xylophage (n.m)** Se dit d'un organisme animal (insecte) qui se nourrit de bois (vrillette, capricornes, scolytes, lyctus, etc.)

hout info bois

# 7

## APPROCHE PRATIQUE

- Étude 1 La problématique incendie d'un bâtiment en bois
- Étude 2 La problématique acoustique d'un bâtiment en bois
- Étude 3 La problématique structurale d'un bâtiment en bois
- Étude 4 La problématique hygro-thermique d'un bâtiment en bois

hott info  
hott info

## 7. APPROCHE PRATIQUE

Dans le cadre du volet scientifique de la formation continuée de l'UCL *Le Bois dans la Construction*, un projet de diffusion de bonnes pratiques concernant l'utilisation du bois dans la construction a été imaginé afin de guider les concepteurs à l'abord d'un projet de construction avec le bois.

Ce projet comprend les analyses de cinq bâtiments exemplaires en bois (quatre projets présentés dans cet ouvrage), tous implantés en Wallonie. Ces analyses ont pour objectif de récapituler les difficultés rencontrées pour atteindre de bonnes performances dans un bâtiment en bois si l'approche du concepteur est mauvaise. Chaque dossier récapitule les différents aspects de l'une de ces problématiques et illustre l'approche qui a été suivie par le concepteur pour viser à la performance souhaitée. Ils illustrent au travers des plans, des coupes et des détails techniques les particularités du projet et l'approche qui a été suivie par les concepteurs pour viser à la performance étudiée.

Les dossiers d'étude de cas sont consultables en ligne à l'adresse suivante : [www.houtinfo Bois.be](http://www.houtinfo Bois.be)

- ↳ Construction
- ↳ Pratiques du bois
- ↳ Etudes de cas

**Ces études de cas n'ont pas pour vocation de donner des règles, des détails types ou un quelconque mode d'emploi eu égard à une performance. Ils ont pour objectif d'illustrer une approche possible de la problématique avec une illustration des solutions auxquelles cette approche a mené.**

hout info Bois



### ÉTUDE 1: LA PROBLÉMATIQUE INCENDIE D'UN BÂTIMENT EN BOIS

#### Maison de l'enfance «Les Charmettes» Rixensart, 2007

**Auteurs de l'étude :** Delaunoy, Gilles ; Zastavni, Denis (mars 2010).

**Comité scientifique :** Frère, Hugues (Hout Info Bois) ; Vincke, Caroline (Eaux et Forêts, UCL) ; Zastavni, Denis (Architecture, Ingénierie architecturale, Urbanisme, UCL).

**Programme :** Maison de l'enfance/crèche pour 60 enfants et rénovation/agrandissement d'un bâtiment pour les mouvements de jeunesse.

**Situation :** 50 rue du Tilleul à Rixensart, Brabant Wallon

**Surface du bâtiment :** 750m<sup>2</sup>

(+300m<sup>2</sup> de rénovation/agrandissement)

**Auteur(s) de projet :** TRAIT sa.- F. Norrenberg & P. Somers – Architects (Bruxelles)

**Maître d'ouvrage :** Commune de Rixensart (Marché public)

**Entreprise(s) :** Lixon sa

**Bureau(x) d'études spécialisé(s) :** Bureau d'étude

Matriche sprl (stabilité)

### ÉTUDE 2: LA PROBLÉMATIQUE ACOUSTIQUE D'UN BÂTIMENT EN BOIS

#### Immeuble d'appartement Renard à Eghezée

**Auteurs de l'étude :** Delaunoy, Gilles ; Zastavni, Denis.

**Comité scientifique :** Frère, Hugues (Hout Info Bois) ; Vincke, Caroline (Eaux et Forêts, UCL) ; Zastavni, Denis (Architecture, Ingénierie architecturale, Urbanisme, UCL).

**Programme :** 14 appartements, immeuble collectif

**Situation :** rue de la Gare, 34 à 5310 Eghezée

**Surface du bâtiment :** 1325 m<sup>2</sup>

**Auteur(s) de projet :** Atelier 5 : P. Meilleur et J.P. Grégoire, architectes, rue du Haut Cortil 1, boîte 26, 5190 Jemeppe-Sur-Sambre.

**Maître d'ouvrage :** Immobilière Renard Boom

**Entreprise(s) :** STS, 10 rue des Praules à 5030 Gembloux.

**Fabrication et usinage des panneaux MHM :** Stabilame

**Bureau(x) d'études spécialisé(s) :** stabilité, préfabrication et montage, détails d'exécution : STS

## ÉTUDE 3 : LA PROBLÉMATIQUE STRUCTURALE D'UN BÂTIMENT EN BOIS

### Espace Capital et Croissance – 2008

**Auteurs de l'étude:** Van Obbergh, Lionel ;  
Zastavni, Denis.

**Comité scientifique:** Frère, Hugues (Hout Info Bois) ; Vincke, Caroline (Eaux et Forêts, UCL) ; Zastavni, Denis (Architecture, Ingénierie architecturale, Urbanisme, UCL).

**Programme:** Immeuble de bureaux passif

**Situation:** Marche (Wallonie)

**Surface du bâtiment:** 1800 m<sup>2</sup>

**Auteur(s) de projet:** Synergy International (Sébastien Cruyt et Anne Dessaer), Bruxelles

**Maître d'ouvrage:** Investsud

**Entreprise(s):** Thomas et Piron

**Bureau d'étude structure:** MC- carré (Sébastien

Maréchal, Pierre Cloquette), Louvain-la-Neuve

**Bureau(x) d'études spécialisé(s):** Synergy

International, MK Engineering

## ÉTUDE 4 : LA PROBLÉMATIQUE HYGRO-THERMIQUE D'UN BÂTIMENT EN BOIS

### IFPC – Nivelles 2007

**Auteurs de l'étude:** Haynes, Jeremy ;  
Nyssen-Dehaye Damien ; Zastavni, Denis.

**Comité scientifique:** Frère, Hugues (Hout Info Bois) ; Vincke, Caroline (Eaux et Forêts, UCL) ; Zastavni, Denis (Architecture, Ingénierie architecturale, Urbanisme, UCL).

**Programme:** Institut Professionnel de Formation Continué – Rénovation basse-énergie et agrandissement passif.

**Situation:** Rue Demulder 1 – Nivelles, Brabant Wallon

**Surface du bâtiment:** 2580 m<sup>2</sup> (1168 m<sup>2</sup> passif)

**Auteur(s) de projet:** A2M sprl – Arch. Moreno-Vacca Sebastian

**Maître d'ouvrage:** Province du Brabant Wallon

**Entreprise(s):** TWT sa

**Bureau(x) d'études spécialisé(s):** Cenergie SCRL (énergie)

Ney & Partners sa (stabilité)

Solyremi sprl (techniques spéciales)