

Moyen d'enseignement



Spécialiste en
industrie du bois

2^e année d'apprentissage

Version 1.0, 2023

Formation professionnelle spécialiste en industrie du bois CFC 2^e année de formation

Impressum

Auteurs principaux	Simon Codourey, Christoph Fuhrmann, Valentin Liechti, Christoph Lüthi, Ralf Nessensohn, Pascal Schmider, Urs Stalder
Equipe d'auteurs étendue	Reto Besmer, Christian Eicher, Rolf Isler, Renato Iten, Simon Kalt, Andreas Lusti, Daniel Vetterli, Michael Widmer, Jan Zwicky
Relecture	David Coulin
Maquette	Pascal Graf, Björn Ittensohn, Valentin Liechti
Chef de projet	Bernhard Muhr
Accompagne- ment didactique et coordination	Barbara Vogt
Groupe d'accompagnement	Simon Codourey, Christoph Fuhrmann, Valentin Liechti, Bernhard Muhr, Pascal Schmider, Michael Widmer
Editeur	Industrie du bois Suisse, Berne, holz-bois.ch
Partenaires du projet avec soutien financier	Association suisse des raboteries, Zürich, vsh.ch Groupe spécialisé bois collé, Berne, holz-bois.ch/groupe-specialise-bois-colle
Edition	Août 2023 (version 1.0)
© 2023 Industrie du bois Suisse	Tous droits réservés, y compris les droits de réimpression, de reproduction intégrale ou partielle, d'enregistrement dans des systèmes de traitement de données et de traduction.

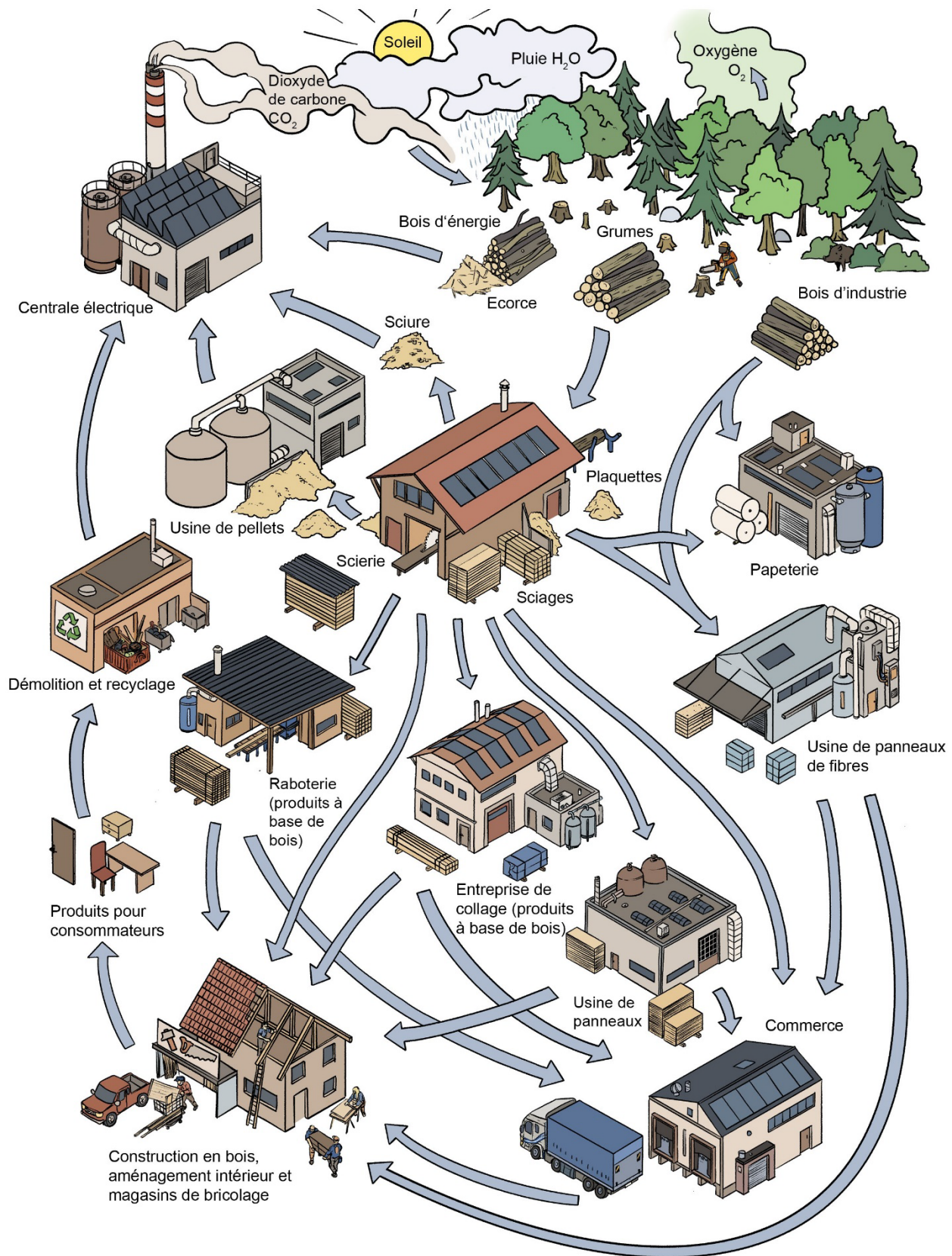
Remarque concernant l'écriture inclusive : pour des raisons de lisibilité, nous utilisons par endroits le masculin générique dans ce support didactique. Celui-ci comprend expressément les identités de genre féminine et autres, dans la mesure de ce qui est nécessaire pour l'énoncé.

holzindustrie schweiz
industrie du bois suisse

HIS	Fachgruppe Leimholz
IBS	Groupe spécialisé bois collé

VSH 
Verband Schweizerischer Hobelwerke
Association Suisse des Raboteries

Le cycle du bois



Aperçu des chapitres

1. Claculer le rendement (25 leçons)

Introduction au calcul du rendement – Rendement vs. Rentabilité –
Calcul du pourcentage

2. Grumes et organismes nuisibles (30 leçons)

Mesurer, saisir et classer les grumes – Reconnaître les organismes nuisibles
à l'aide d'images de dégâts – Bases légales pour le stockage des grumes

3. Installations électriques, hydrauliques et pneumatiques (25 leçons)

Installations électriques, mesures préventives, pertes d'énergie – Bases
pneumatiques, hydrauliques, électriques, électroniques, schémas
électriques

4. Répartition des grumes (45 leçons)

Produits en bois massif : Critères de classement et utilisations – Classifica-
tion des grumes – Calcul du diamètre en cime, relations économiques –
Technique de sciage, modes de débitage – Établir des listes de mesurage,
calculer – Pythagore

5. Machines auxiliaires sur le chantier à grumes (10 leçons)

Scie à tronçonner les grumes, Installation d'écorçage, Installations/machines
de réduction de racines

6. Sécher (30 leçons)

Niveaux d'humidité, domaines d'application – Défauts de séchage –
Densité avec comportement de gonflement et de retrait – Séchage à l'air
libre – Installations de séchage

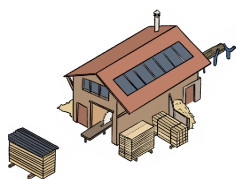
7. Traitement thermique et chimique (15 leçons)

Traitement chimique des sciages – Traitements thermiques – Modification thermique et chimique du bois

8. Produits à base de bois (20 leçons)

Produits en bois massif – Produits de rabotage typiques du marché –
Produits à base de fibres – Produits à base de placage – Produits à base de copeaux – Normes de produits, contrôle de la production

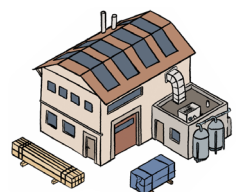
1. Calculer le rendement



Scierie



Raboterie



Usine de collage

L'un des indicateurs les plus importants dans une entreprise de l'industrie du bois est le rendement. Le rendement peut déterminer si l'entreprise est rentable ou non. Qu'est-ce que le rendement? Comment puis-je influencer le rendement? Quel doit être mon rendement? Existe-t-il un mauvais rendement?



Figure 1 : Du débitage au bois de sciage (source : Holz Stürm AG / Balteschwiler AG)

Vous apprendrez l'essentiel sur le thème du rendement dans ce chapitre.

Tâches pratiques en entreprise

- Calculer le rendement (3e année d'apprentissage)

Cours interentreprise 4

- Créer des listes de mesures
- Évaluer et calculer le rendement

Situations professionnelles

- Vous mesurez différents produits dans l'entreprise et vous documentez les résultats pour le calcul rétrospectifs.
- Vous effectuez des calculs rétrospectifs.

Objectifs d'apprentissage

- Vous expliquez la notion de rendement ainsi que son importance économique pour une entreprise.
- Vous expliquez les différences entre le rendement des grumes pour le sciage, le rendement du bois de sciage pour le rabotage et le rendement du bois de sciage pour la production de bois collé.
- Vous calculez les rendements des commandes et évaluez les résultats.
- Vous comparez les rendements avec les chiffres clés de la branche et identifiez les mesures d'amélioration du rendement.

1.1. Introduction

Le calcul de rendement est une mesure qui évalue l'efficacité d'un processus de production ou de transformation en termes de quantité de matière utilisée par rapport à la quantité de matière obtenue. Il est généralement exprimé en pourcent.

Matière utilisée



Matière obtenue



Figure 2 : Stock de grumes (source : Braun AG)

Figure 3 : Stock extérieur (source : Schilliger Holz AG)

Dans l'industrie de la scierie le rendement est le rapport entre le volume des grumes et les sciages produits lors de la transformation. Le volume grumes représente le 100% de la matière. Il est transformé en produits principaux, en produits secondaires et en sous-produits.

Les produits principaux sont les produits que l'on souhaite obtenir directement lors de l'opération de sciage. Par exemple : planches en plot, charpente, carrelots, planches à coller...

Les produits secondaires sont issus des planches de bords ou de planches de cœur. Ils servent à valoriser le maximum du reste de la grume en sciages. Ils sont généralement retransformés dans la chaîne de production par une machine secondaire en planches parallèles, lattes, carrelots...

Les sous-produits regroupent tous les produits ne pouvant pas être transformés en sciages. Soit la sciure, les plaquettes ou les couenneaux et délinures.

Dans les entreprises de la 2^{ème} transformation du bois, industrie de collage ou les raboteries, les sciages représentent le 100% de la matière qui est transformée en produits principaux (produits collés, lames rabotés) et en sous-produits (copeaux, chutes).

Connaître le rendement est déterminant dans la gestion de l'entreprise. Il sert de :

- **Base de calcul** : Permet de déterminer le pourcentage des différents assortiments lors du processus de production. Grâce à ses chiffres il est possible de définir le prix de vente des produits.
- **Chiffre clé de l'entreprise** : Permet par exemple de définir les meilleurs débits de sciage et évaluer le volume de bois nécessaire à la production.
- **Statistique** : Interne à l'entreprise elle permet surveiller la bonne marche de l'entreprise et le cas échéants de prendre les mesures qui s'imposent. Les statistiques externes à l'entreprise elle permet les comparaisons avec les chiffres de la branche.

Pour calculer le rendement, il est nécessaire de connaître les bases mathématiques suivantes :

- Le **calcul de la conicité** pour déterminer le diamètre moyen d'une grume.
- Le **calcul du cylindre** pour déterminer le volume de la grume.
- Le **calcul du parallélépipède rectangle** pour déterminer les volumes des sciages.
- Le **calcul de pourcentage** pour déterminer le rendement de matière.
- Les **facteurs de conversions** pour déterminer le volume en vrac de sous-produits en vue de leur vente.

Ce chapitre sur le rendement est structuré de manière à acquérir les notions mathématiques nécessaires (chapitre 1.2.) au calcul de rendement. Il est ensuite composé de 3 parties distinctes traitant la notion de rendement lors du processus de sciage (1.3), de rabotage (1.4) et de collage (1.5). La dernière partie aborde la notion de valeur ajoutée par rapport au rendement (1.6).

1.2. Bases de calcul

1.2.1. Calcul de la conicité et du diamètre moyen

Les grumes présentent une conicité. Autrement dit une diminution du diamètre en tête (d_k) au diamètre en cime (d_z). En admettant que cette diminution de diamètre est constante on peut déterminer un facteur de conicité (f_c). Rapport entre les 2 diamètres (en cm/m). **D'ordre général et sans autres indications, le facteur de conicité à prendre en compte est de 1 cm/m.** Le diamètre moyen (d_m) peut être déterminé lors du cubage, au moyen du compas forestier ou calculé au moyen du facteur de conicité (f_c) et de la longueur de la grume (L).

Facteur de conicité (cm/m)

$$f_c = \frac{d_k - d_z}{L}$$

Diamètre moyen (cm)

$$d_m = d_z + \frac{f_c \times L}{2}$$

Exemple

Une bille de 5 mètres de longueur à un diamètre en cime de 42,5 cm et un diamètre en tête de 47,5 cm.

Calcul:

$$f_c = \frac{47,5-42,5}{5} = \frac{5}{5} = \underline{1 \text{ cm/m}}$$

$$d_m = 42,5 + \frac{1 \times 5}{2} = 42,5 + \frac{5}{2} = 42,5 + 2,5 = \underline{45 \text{ cm}}$$

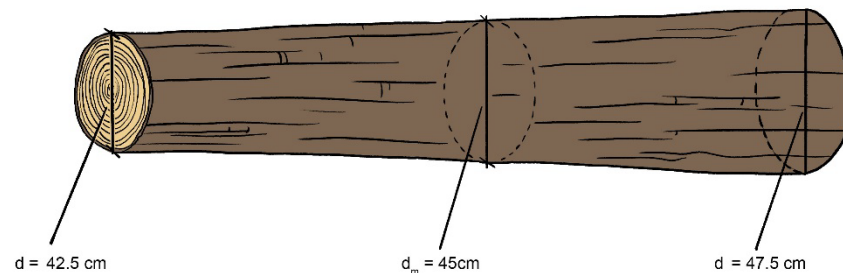


Figure 4 : exemple de calcul (source : IBS)

1.2.2. Calcul du volume grume

Pour calculer le volume de la grume (V_{gr}), il est nécessaire de connaître sa longueur (L) et son rayon (r) soit la formule

$$\pi \times r^2 \times L \text{ ou bien } 0.785 \times d_m^2 \times L. \quad 0,785 = \pi / 4$$

En pratique, nous calculerons le volume grume sur la base du diamètre soit « $\frac{\pi}{4} \times d_m^2 \times L$ ». A ce stade nous pouvons encore simplifier $\frac{\pi}{4}$ par 0.785.

Le volume de la grume se calcul en m^3_{gr} et doit être arrondi à 2 décimales. Pour arriver à une réponse en m^3_{gr} , il est nécessaire d'introduire que des chiffres en mètre dans la formule.

Volume grume (m^3_{gr})

$$V_{gr} = 0.785 \times d_m^2 \times L$$

Longueur (m)

$$L = \frac{V_{gr}}{0.785 \times d_m^2}$$

Diamètre moyen (m)

$$d_m = \sqrt{\frac{V_{gr}}{0.785 \times L}}$$

Exemple

Une bille de 5 mètres de longueur à un diamètre moyen de 45 cm

$$V_{gr} = 0.785 \times 0.45^2 \times 5 = \underline{0.79 \text{ fm} = 0.79 m^3}$$

1.2.3. Calcul du volume

Le volume de bois est l'indicateur principal de la quantité de bois scié. Pour calculer ce volume (V), il faut tenir compte de 4 variables. Le nombre de pièces (z), l'épaisseur des pièces (h) la largeur des pièces (b) la longueur des pièces (L). **Comme c'est du sciage, le volume se calcul en m³ et doit être arrondi à 3 décimales pour atteindre une valeur suffisamment précise. Pour arriver à une réponse en m³, il est nécessaire d'introduire que des chiffres en mètre dans la formule.**

Mètres courants (m)

$$m = z \times L$$

Mètres carrés (m²)

$$m^2 = z \times b \times L$$

Mètres cubes (m³)

$$m^3 = z \times h \times b \times L$$

Exemple

Vous sciez 4 pièces de 14/14 cm dans une bille de 5 mètres de longueur.

$$V = 4 \times 0.14 \times 0.14 \times 5 = \underline{0.392 \text{ m}^3}$$

1.2.4. Calcul de rendement

Le rendement est le rapport entre le volume finale (V) et le volume initiale (V_{gr}) exprimé en pourcent. Il s'arrondi à 2 décimales.

Rendement (%)

$$Rdt = \frac{V \times 100}{V_{gr}}$$

Exemple

Vous sciez une bille de 0.79 m³_{gr} (V_{gr}) et obtenez 0.392 m³ de produits principaux (V).

$$Rdt = \frac{0.392 \times 100}{0.79} = \underline{49.62\%}$$

1.2.5. Facteurs de conversion

Lors du calcul de rendement le volume de sous-produits est exprimé en volume de bois plein. Pour la vente, il convient de prendre en compte un facteur de foisonnement car il y a toujours de l'espace entre les sous-produits. Ils sont mesurés en m³ en vrac (aérés) et négociés au poids (t_{atro}). Les facteurs de conversion sont basés sur valeur moyenne établie pour toute la Suisse. Les facteurs suivants sont utilisés pour tenir compte du foisonnement.

Volume vrac -> volume effectif	Unité	Vol. plein	Facteur
Couenneaux et délignures en fagots	1 m ³ a	0.625 m3	1.6
Plaquette de scierie	1 m ³ vrac	0.370 m3	2.7
Sciure	1 m ³ vrac	0.333 m3	3.0
Copeaux de rabotage	1 m ³ vrac	0.200 m3	5.0

Poids atro -> volume en vrac	
1 t atro de plaquette de scierie sa/ép	7.0 m ³ vrac ou aéré
1 t atro de sciure sa/ép	7.8 m ³ vrac ou aéré
1 t atro de copeaux de rabotage sa/ép	12.3 m ³ vrac ou aéré

1.3. Rendement au sciage

1.3.1. Déterminer le rendement

Pour pouvoir comparer et évaluer les rendements précisément il est important d'avoir toujours la même base de mesure. En pratique il faut utiliser le diamètre moyen sous écorce. Pour les sciages il convient de se baser sur les mesures brutes de sciage. Il est possible de calculer le rendement à l'aide des méthodes suivantes :

Débit d'essai

Une série de billon est sciée à titre d'essai, tous les volumes sont mesurés et mis en comparaison. Le débit d'essai a plusieurs avantages. Il donne un résultat réel et permet de déceler des problèmes dans le processus de production. Il produit par conséquent un grand effet d'apprentissage. Toutefois il nécessite du temps et ne prend pas en compte un grand volume de production.

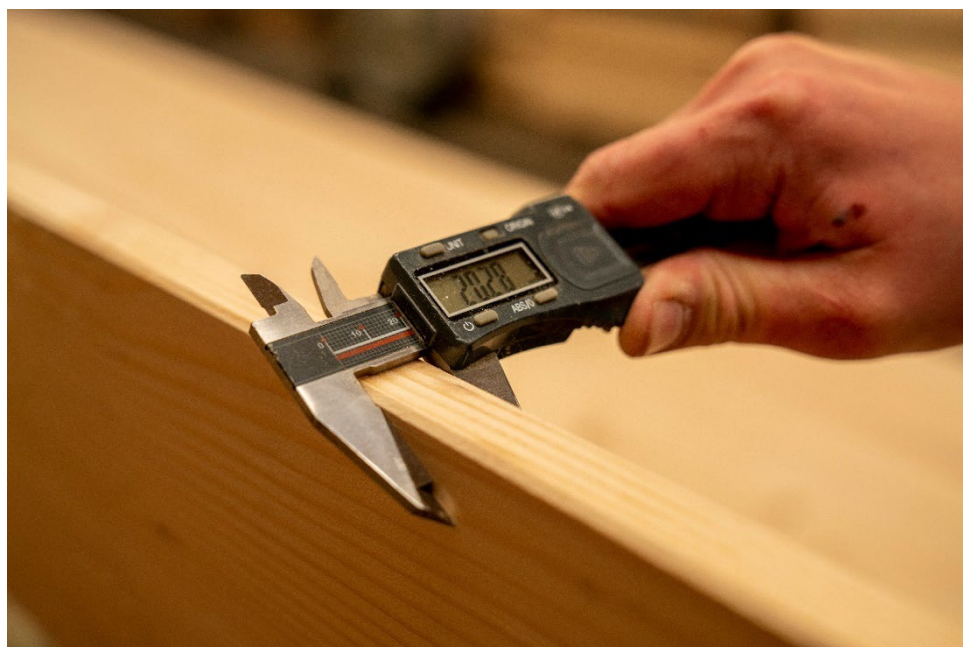


Figure 5 : Après le sciage, les différents produits de coupe sont mesurés (source : Lang Sägewerk AG)

Calcul

Selon le schéma de coupe, le rendement est calculé pour chaque assortiment. Il s'agit d'un calcul théorique qui ne tient pas compte des singularités du bois (ovalité, courbure...) Le rendement peut être déterminé sur la base des différents volumes ou sur la base des surfaces, dans ce cas il est important prendre en compte l'air circulaire de la grume à partir du diamètre moyen. Dans ce calcul il est facile définir le rendement des produits principaux et des produits secondaires. Si l'on désire différencier le rendement des sous-produits, il convient d'additionner la longueur des différents traits de scie. Le reste représente la part de plaquettes ou couenneaux et délignures.

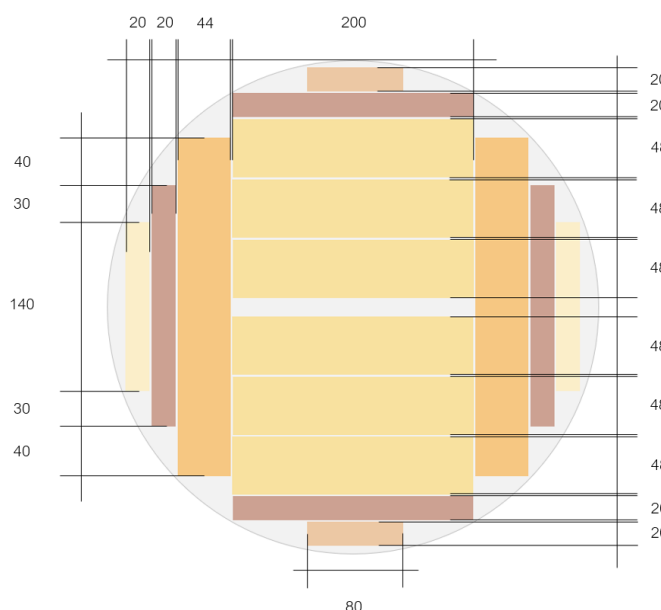


Figure 6 : Schéma de coupe simple, conforme aux normes du secteur, avec cotation (source : Liechti)

Logiciel de débit

Il s'agit d'un logiciel d'aide au débitage avec optimisation et calcul de prix. Ces logiciels ont l'avantage déterminer les rendements de manière précise et rapide, il ne requiert pas de calcul pénible, les résultats sont instantanés.

1.3.2. Valeurs indicatives et facteurs influençant le rendement

Rendement des sciages environ 60%

Moyenne de sciages qu'il est possible de sortir en moyenne d'une grume. Les 40% restant sont les sous-produits. Cette moyenne est donnée par l'office fédérale de la statistique. Elle ne varie que très peu entre les différentes années. Le rendement de sciage est entre-autres influencé par le diamètre, la conicité des grumes, le type de bois et les dimensions de sciage.

Planche en plot 65 à 70%

Ce rendement ne tient pas compte des réductions de volume intervenant lors des transactions commerciale.

Planche avivée 50 à 65%

Dépend de l'essence et des produits débités. Ce rendement peut chuter entre 35 et 45% lors de sciage de petits bois.

Assortiments et débits spéciaux
25 à 35%

Sciure

Dépend des spécifications demandées et de l'essence. Plus le niveau de valeur ajoutée augmentera et moins le rendement de matière aura une valeur forte. Dans ce cas, la valorisation devra être estimée sur la base du produit financier.

La proportion de sciure dépend de l'épaisseur du trait de scie et de la complexité des schémas de coupe, ceux-ci étant essentiellement caractérisés par le nombre de trait de scie. On a tendance à vouloir diminuer l'épaisseur des lames pour minimiser les pertes en sciure. Cela est indispensable lors de la production de nombreux débits de faible section. Il faut cependant noter que l'épaisseur du trait de scie comprend l'épaisseur de la lame, de la voie, mais aussi les fluctuations de la trajectoire de la lame. Il est nécessaire de trouver un bon compromis entre l'épaisseur de la lame et son aptitude à dévier de la trajectoire.

Produits	Sciure
Planche en plot (sans délignage et mise en longueur)	6 - 8%
Planche avivée (27 mm et plus)	9 - 13%
Planche avivée (moins de 27 mm)	12 - 15%

Couenneaux et délignures

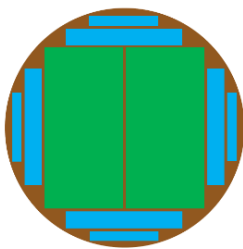
Les variations sont essentiellement tributaire de la complexité des modes de débits.

Essence	Couenneaux	Délignures
Essences à aubier distinct	9 - 12%	16 - 22%
Essences sans aubier distinct	7 - 9%	11 - 17%

1.3.3. Calcul de la grume au bois scié

Exemple

Deux poutres sont découpées dans un tronc d'un volume de 1 mètre cube (masse de bois solide). Il en résulte quatre planches pour les assortiments d'emballage ainsi que quatre planches plus petites pour la production de palettes comme marchandise latérale.



1,00 fm	Tronc	100%
0,450 m³	Produits principale (env. 45%) (Poutres)	45%
0,150 m³	Sous-produits (env. 15%) (planches de bords)	15%
0,400 m³	Bois résiduel (Sciure, dosses/délignures, copeaux de bois)	40%
Rendement = 60%		

En se basant sur les prix de marché de revente des produits secondaires et des sous-produits nous pouvons calculer le prix de vente des produits principaux. Pour ce calcul il est nécessaire de connaître les frais de production (selon la comptabilité analytique) et le prix d'achat de la matière première. Après déduction des recettes occasionnées par la vente des produits secondaires et des sous-produits (55%) il faut distribuer les recettes nécessaires (100% de matière) sur le rendement de produit principaux (45%). Soit le calcul 254.70 CHF / 45% x 100%. En guise de preuve nous pouvons faire le calcul de vente du produit. En vendant 0.45 m³ de produits à un prix de 566 CHF/m³ Nous allons réaliser une recette de 254.70 CHF.

	Rdt %	Fact. Fois.	Prix CHF/m ³	Valeur CHF/1m ³
Frais d'achat	100		120	120.00
Frais de production	100		180	+180.00
Apport pour les planches de bords	15	1	200	-30.00
Apport des plaquettes	25	2.7	16	-10.80
Apport de la sciure	15	3	10	-4.50
Recettes minimales, pour couvrir les coûts				= 254.70
Rendement 254.70 x 100% / 45%	45	1	566	= (566.00)

1.3.4. Améliorer le rendement

Afin de maximiser le résultat commercial, il est indispensable maîtriser le rendement de sciage toutefois, les opérations en amont (débitage, triage) et en aval (délignage, tronçonnage, conditionnement, stockage) ne doivent pas être négligées. Il est important de :

Trier les grumes	Maximise le rendement de produits principaux, permet de maîtriser la consommation de matière première.
Utiliser un diamètre adapté	Ceci permet d'éviter une surproduction d'assortiment de bord (produits secondaires) devant être retransformé et générant généralement un plus faible apport financier.
Orienter correctement la bille	Permet de valoriser le maximum de bois et d'atteindre les découverts minimaux souhaités. Selon la technologie de machine, ce travail délicat peut-être assisté par ordinateur ou carrément automatisé.
Optimiser la reprise des produits secondaires	Une perte considérable de matière quantitative et qualitative peut être générée au délignage et au tronçonnage. Il est également possible d'assister cette étape de production par informatique.
Organiser le tri et l'empilage des produits	Un conditionnement adéquat des produits assure la mise sur le marché d'un maximum de produits au meilleur prix possible en évitant toute dévalorisation.
Utiliser un système de contrôle du rendement	La précision des données récoltées permet le contrôle des rendements obtenus dans la chaîne de production. Il se justifie par le faible prix de vente des sous-produits qui sont d'autant plus difficile d'évaluer.

1.4. Rendement au rabotage

1.4.1. Facteurs influençant le rendement

Le rendement du rabotage dépend principalement des facteurs suivants :

La qualité du bois	Si la qualité du bois brut correspond à la qualité nécessaire à l'usinage du produit fini, le rendement n'en n'est que peu influencé.
--------------------	---

L'état du bois	Lors du séchage le bois se déforme et diminue. Pour retrouver une bonne rectitude et un bon équerrage le bois doit être dégauchi et dressé. Un bois bien plane et bien droit nécessitera un rabotage plus faible.
La qualité de la surface	Lors d'usinage de qualité industrielle et de produits calibrés un usinage plus léger et rapide peut être effectué. A contrario il est nécessaire d'enlever une plus grande quantité de matière lorsque les surfaces doivent être propres.
Le profil à réaliser	Plus le profilage est travaillé plus la quantité de matière enlevée est importante.
La dimension de la pièce	Influence significativement le rendement. Plus une pièce est de forte section plus le pourcentage de matière enlevé est faible.

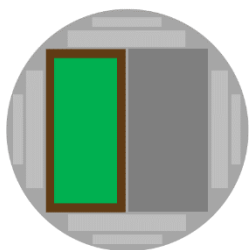
1.4.2. Valeurs indicatives de rendement

Les valeurs indiquées ci-dessous sont uniquement basées sur la perte liée à la dimension lors de l'usinage. Les éventuelles pièces ne correspondant pas à la qualité requise ne sont pas prises en compte.

- Liste 50 à 70%
- Latte 75 à 85%
- Contre-latte, petit carrelet 80 à 90%
- Carrelet 85 à 95%
- Planche rabotée, lames profilées 75 à 85%
- Charpente 75 à 95%

1.4.3. Calcul du sciage au produit raboté

Exemple



Sur la base du calcul précédent, nous allons définir le rendement de rabotage et le prix de vente des 2 poutres qui représentaient le 45% du volume de la grume.

0,450 m ³	Produits bruts de coupe (45% du Volume grume = 100% des sciages bruts)	100%
0,405 m ³	Poutre rabotée (90% = Valeur d'expérience)	90%
0,045 m ³	Sous-produits (Copeaux de bois)	10%

	Rdt %	Fact. Fois.	Prix CHF/m ³	Valeur CHF/0.45m ³
Frais d'achat	100		566	254.70
Frais de production	100		100	+45.00
Apport des copeaux de rabotage	10	5	16	-3.60
Revenu nécessaire sur la vente des produits principaux pour couvrir les frais de productions				= 296.10
Rendement 296.10 x 100% / 90% = 329.00 329.00 = 0.45m ³ 731.11 = 1 m ³	90		731.11	= (329.00)

Comme pour le calcul précédent il faut ajouter les frais de production et déduire l'apport généré par les sous-produits (10%). Il faut ensuite distribuer les recettes nécessaires (100% de matière) sur le rendement de produit principaux (90%). Soit le calcul $296.10 \text{ CHF} / 90\% \times 100\%$. Pour découvrir le prix unitaire par m³ Il faut encore diviser ce dernier prix par le volume de produit transformé soit $329 / 0.405 \text{ m}^3$. En guise de preuve nous pouvons faire le calcul de vente du produit. En vendant 0.405 m^3 de produits à un prix de 731.11 CHF/m^3 Nous allons réaliser une recette de 296.10 CHF .

1.4.4. Améliorer le rendement

Le rendement étant relativement haut lors du rabotage, il n'influence que peu le prix du produit. Toutefois, selon le volume de travail, améliorer le rendement peut représenter une source d'économie non négligeable à la fin de l'année. Voici les principaux leviers permettant d'optimiser le rendement.

Planification et conception	Une bonne planification en amont peut contribuer à optimiser l'utilisation du bois. Il est important de déterminer les dimensions et les spécifications requises pour minimiser les pertes lors du rabotage.
Tri et classification	Avant le rabotage, il est souvent judicieux de trier et de classer les pièces de bois en fonction de leurs caractéristiques, telles que la taille, la qualité et l'humidité. Cela permet d'adapter le processus de rabotage en fonction des besoins spécifiques de chaque pièce, réduisant ainsi les pertes de matière.
Minimiser l'épaisseur de rabotage	Lors du rabotage, il est important de déterminer l'épaisseur minimale nécessaire pour obtenir la qualité et les spécifications requises. Réduire l'épaisseur de rabotage peut aider à économiser de la matière.
Optimisation des réglages de la machine	Les paramètres de la machine de rabotage, tels que la vitesse d'avance, la profondeur de coupe et l'affûtage des couteaux, peuvent être ajustés pour améliorer le rendement de matière. Des réglages appropriés peuvent réduire les pertes et maximiser la qualité des pièces rabotées.
Formation des opérateurs	Assurez-vous que les opérateurs de la machine de rabotage sont bien formés et connaissent les meilleures pratiques pour minimiser les pertes de matière. Ils doivent être conscients des spécifications requises et être capables de prendre des décisions éclairées lors du processus de rabotage.

1.5. Rendement au collage

1.5.1. Facteurs influençant le rendement

Le rendement de matière dans la production de bois lamellé-collé peut être influencé par plusieurs facteurs. Voici quelques-uns des principaux éléments qui peuvent avoir un impact sur le rendement de matière :

Qualité du bois	La qualité du bois utilisé pour la production de bois lamellé-collé peut avoir un impact significatif sur le rendement de matière. Un bois de qualité inférieure ou présentant des défauts structurels peut entraîner une augmentation des pertes lors du processus de fabrication.
Dimension des lamelles	La dimension des lamelles utilisées pour la production de bois collé peut avoir un impact sur le rendement de matière. En ajustant la largeur et l'épaisseur des lamelles en fonction des besoins spécifiques du produit final, il est possible de réduire les pertes et d'optimiser le rendement.
Procédé de fabrication	Les méthodes et techniques utilisées tout au long du processus de fabrication du bois lamellé collé peuvent influencer le rendement de matière. Des processus de collage efficaces et des contrôles de qualité appropriés peuvent contribuer à minimiser les pertes et à maximiser l'utilisation du matériau.
Gestion des chutes	Une gestion efficace des chutes et des déchets peut aider à améliorer le rendement de matière. Les chutes de bois peuvent parfois être réutilisées pour d'autres applications ou transformées en sous-produits valorisables, ce qui réduit les pertes globales.

1.5.2. Valeurs indicatives de rendement

Le bois collé est fabriqué à partir de lamelles brutes produites en scierie. Lors de la production de bois collé, les lamelles sont le plus souvent aboutées ce qui génère un pourcentage de chutes qui peut être revaloriser en plaquette, par exemple. Avant l'encollage, il est nécessaire de raboter les lamelles pour garantir une surface de collage propre et précise. A la sortie de la presse l'élément entier est raboté pour obtenir la dimension finale souhaitée.

Il est important de noter que le rendement de matière optimal peut varier en fonction des spécifications et des exigences spécifiques du produit final, ainsi que des contraintes économiques et techniques liées au processus de fabrication du bois lamellé-collé. Les fabricants et les professionnels de l'industrie du bois lamellé-collé peuvent adopter des stratégies spécifiques pour améliorer le rendement en fonction de leur contexte. D'ordre général, les rendements moyens sont :

- Bois collé : 70 à 80%
- Chutes 3 à 8%
- Copeaux de rabotage 15 à 25%

1.5.3. Calcul du sciage au bois collé

Exemple

Le calcul suivant est basé sur un volume de 1 m³ de lame à coller 46/210 mm, dans le but de produire des éléments de 400/200 mm.

1.000 m ³	Lame brute	100%
0.780 m ³	Lamellé-collé (fini raboté)	78%
0,220 m ³	Sous-produits (Plaquettes + copeaux de rabotage)	22%

	Rdt %	Fact. Fois.	Prix CHF/m ³	Valeur CHF/1m ³
Frais d'achat (bois)	100		330	330.00
Frais d'achat (colle)				30
Frais de production	100		240	240
Apport des copeaux de rabotage	17	3	17	-5.00
Apport des plaquettes	5	5	21	-10.20
Revenu nécessaire sur la vente des produits principaux pour couvrir les frais de productions				= 584.80
Rendement 584.80 x 100% / 78%	78		749.75	= (749.75)

Toujours avec le même principe de calcul, on ajoute les frais de production et on déduit l'apport généré par les sous-produits (22%). On distribue ensuite les recettes nécessaires (100% de matière) sur le rendement de produit principaux (78%). Soit le calcul 584.80 CHF / 78% x 100%. En guise de preuve nous pouvons faire le calcul de vente des produits. En vendant 0.780 m³ de produits à 749.75 CHF/m³ nous allons réaliser une recette de 584.80 CHF.

1.5.4. Améliorer le rendement

Il existe plusieurs possibilités pour améliorer le rendement lors de la production de bois-collé. Voici quelques idées :

Optimisation de la découpe

Utiliser des logiciels de découpe avancés pour optimiser l'utilisation des matériaux.

Automatisation du processus

L'automatisation peut réduire les erreurs humaines, augmenter la précision et améliorer l'efficacité globale du processus de production.

Recyclage des déchets

Mettre en place un système de collecte et de recyclage des déchets de bois pour minimiser les pertes et réduire l'impact environnemental. Les déchets de bois peuvent être utilisés pour la production d'autres produits ou comme source d'énergie.

Formation du personnel

Assurez-vous que votre personnel est formé aux meilleures pratiques de production de bois-collé. Une formation adéquate peut réduire les erreurs et les pertes liées à une mauvaise manipulation des matériaux.

1.6. Apprécier le rendement et la valeur ajoutée

Le calcul du rendement renseigne sur le pourcentage de matière finale obtenue (output) lors de la production par rapport à la quantité de matière initiale (input) travaillée. Toutefois il est important de mettre en relation le rendement de matière et le rendement financier dégagé par les différents assortiments.

Selon les possibilités de valorisation il est peut-être plus intéressant d'avoir un rendement de produits principaux légèrement inférieur en produisant un assortiment de valeur supérieur. Par exemple en produisant un assortiment de planches rabotables qui nécessite un plus grand nombre de traits de scie mais qui génère de meilleures recettes qu'un assortiment de planches à coller.

A noter également que plus le prix des produits secondaires se rapproche du prix des produits principaux moins le rendement entre ces deux produits a de l'importance.

Du latin per cento
(de cent)

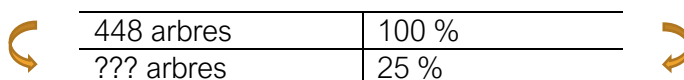
1.7. Digression : calcul de pourcentages

Le calcul des pourcentages est une méthode qui permet d'exprimer des proportions ou des variations par rapport à une grandeur donnée. Ainsi, lorsque nous parlons de 50%, cela signifie 50 sur 100.

Pour calculer un pourcentage, il faut d'abord connaître la quantité totale. Supposons que nous ayons 448 arbres et que nous voulions savoir combien d'entre eux représentent 25%. Nous pouvons ainsi appliquer la formule suivante:

$$\left(\frac{25\%}{100\%}\right) * 448 = 0.25 * 448 = 112 \text{ arbres}$$

Variante pour le calcul:



448 arbres	100 %
??? arbres	25 %

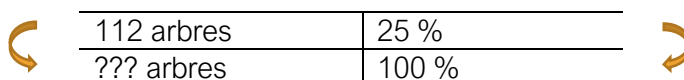
$$448 : 100 * 25 = 112 \text{ arbres}$$

La quantité totale est multipliée par la valeur décimale (divisée par 100) du pourcentage recherché. La solution est 112 arbres.

Cependant, la quantité totale n'est pas toujours connue. Si nous ne connaissons qu'une partie de la quantité et que nous voulons trouver la quantité totale, nous devons appliquer la formule suivante:

$$\frac{112}{\left(\frac{25\%}{100\%}\right)} = \frac{112}{0.25} = 448 \text{ arbres}$$

Variante pour le calcul:



112 arbres	25 %
??? arbres	100 %



$$112 : 25 * 100 = 448 \text{ arbres}$$

La partie de la quantité connue est divisé par la valeur décimale du pourcentage connu (de la partie de la quantité). Le résultat est 448 arbres.

Dans la troisième variante, le pourcentage d'une partie de la quantité n'est pas connu. Nous avons 448 arbres, dont 112 que nous voulons abattre. Quel est le pourcentage d'arbres abattus par rapport à la quantité totale?

$$\frac{112}{448} * 100 = 25 \%$$

Variante pour le calcul:

	448 arbres	100 %	
	112 arbres	??? %	

$$100 : 448 * 112 = 25 \%$$

La quantité partielle connue est divisée par la quantité totale connue. En pourcentage, 25% des arbres sont donc abattus.

Nous pouvons donc calculer le rendement si nous connaissons la quantité de bois rond et la quantité de bois scié. Nous pouvons également trouver la quantité de bois de sciage si nous connaissons la quantité de grumes et le rendement. Il en va de même dans l'autre sens.

Le rendement de 50,14 m³ de bois rond acheté et débité pourrait donc se présenter comme suit:

Produit(s)	Volume(s)	Pourcentage(s)
Bois de construction	23,845 m ³	47.6 %
Planches de bords	12,564 m ³	25.1 %
Couenneaux et délignures	3,000 m ³	6 %
Sciure	9,000 m ³	17,9%
Perte dimensionnelle	1,731 m ³	3,4%

Une autre application courante du calcul des pourcentages dans l'industrie du bois est l'offre de rabais.

Exemple

Une scierie offre une réduction de 15% sur les lattes à tuiles. Un client souhaite acheter 50 lattes, qui coûtent normalement 2,50 CHF (par latte). Combien le client économiserait-il s'il profitait de le rabais?

$$\frac{\text{Rabais en \%}}{100} * \text{Coût total} = \frac{15}{100} * 125 = \text{CHF } 18,75$$

La réduction sur cette quantité est donc de 18,75 CHF. Il faut maintenant déduire la réduction de la quantité totale.

$$\text{Coût total} - \text{Rabais} = 125 - 18,75 = \text{CHF } 106,25$$

Après déduction de la réduction, le prix s'élève encore à 106,25 CHF.

Exemple

Une scierie vend du bois en mètres cubes. Le prix du mètre cube est de 450 CHF. Si un client veut acheter 0,4 m³ de bois, combien cela coûte-t-il au total?

$$\text{Prix par m}^3 * \text{Quantité en m}^3 = 450 * 0,4 = \text{CHF } 180$$

Le prix au mètre cube est multiplié par la quantité. Le client paie 180 CHF pour les 0,4 m³ de bois.

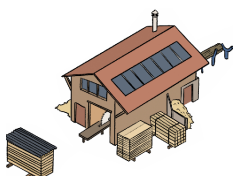
2. Grumes et organismes nuisibles



Forêt



Grumes



Scierie

CO b1 : Réceptionner les livraisons de bois brut

Le bois rond (grumes) est une ressource précieuse qui doit être traitée avec soin. Une réception correcte du matériau brut et une bonne manipulation des grumes sont des bases indispensables pour les étapes de transformation suivantes.

Pour l'acceptation, les « Usages suisses du commerce du bois brut » sont un outil indispensable. Ils définissent les règles pour la vente de bois rond de sciage, de bois d'industrie et de bois-énergie dans toute la Suisse. Dans ce chapitre, vous apprendrez à connaître la structure et l'application des usages du commerce.



Figure 7 : Grumes triés et classés (source : Brühwiler Sägewerk AG)

Vous apprendrez également à connaître les principaux organismes nuisibles qui apparaissent sur les grumes et qui peuvent nuire à la qualité du bois. Vous apprendrez comment les dommages causés par les insectes et les champignons peuvent être évités grâce à des mesures de protection organisationnelles, techniques et chimiques.

Lors de l'application de mesures de protection chimiques, vous respectez les prescriptions légales en matière de protection de l'environnement. Vous saurez quand, comment et où vous pouvez et devez utiliser des produits de protection du bois.

Tâches pratiques dans l'entreprise

- Réceptionner et trier les grumes mesurées
- Enregistrer, classer, trier les grumes non mesurées
- Reconnaître les organismes nuisibles sur le chantier à grumes

Cours interentreprise 4

- Contrôler et trier le bois rond selon les usages du commerce
- Déterminer les essences de bois, identifier les organismes nuisibles sur le bois brut et discuter des mesures à prendre

Situations professionnelles :

- En travaillant sur le parc à grumes, vous voyez des trous circulaires de 4 à 8 mm sur un tronc d'épicéa. Comment réagissez-vous ?

Objectifs d'apprentissage

- Vous expliquez la structure des usages commerciaux suisses pour le bois brut.
- Vous expliquez les règles de mesurage du bois rond, du bois d'industrie et du bois-énergie.
- Vous expliquez les règles de classement des bois ronds.
- Vous nommez les classes de longueur, d'utilisation, de diamètre et de qualité des bois ronds.
- Vous nommez les principaux aspects commerciaux du commerce des grumes.
- Vous appliquez les "Usages suisses du commerce du bois brut".
- Vous reconnaissez les parasites des grumes.
- Vous décrivez les différentes possibilités de protéger les grumes contre les attaques de parasites (champignons et insectes).
- Vous choisissez des produits phytosanitaires et/ou de protection du bois appropriés pour le traitement des grumes.
- Vous décrivez la procédure de traitement des grumes avec des produits phytosanitaires et/ou de protection du bois appropriés et expliquent les risques pour eux-mêmes et pour l'environnement.

- Vous extrayez de la fiche technique d'un produit phytosanitaire et/ou de protection du bois les informations pertinentes et expliquent les mesures qui en découlent pour la mise en œuvre.
- Vous extrayez des fiches de données de sécurité les informations importantes pour leur travail et expliquent les conséquences pour la mise en œuvre.

2.1. Usages suisses du commerce du bois brut

«Les «Usages suisses du commerce du bois brut» décrivent les assortiments de bois rond, de bois d'industrie et de bois-énergie avec les classifications usuelles, fixent la détermination de la masse de facturation et complètent, dans la partie commerciale, les définitions spécifiques à la branche (quantités, dates, délais, etc.) ainsi que les réglementations usuelles de la branche en cas de droit supplétif du CO (Code des obligations)». (LIGNUM, 2021)

Les « Usages suisses du commerce du bois brut » se composent des 6 parties suivantes :

1	Mesure
2	Classement des bois ronds
3	Classement des bois d'industrie
4	Classement du bois-énergie
5	Partie commerciale
A	Annexe

2.1.1. Mesure

Le premier chapitre, intitulé « Mesure », résume et explique les procédures de mesure des différents assortiments de bois rond. Pour commencer, les termes, unités et dimensions pertinents pour chaque produit sont définis. Par exemple :

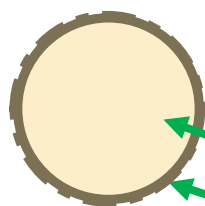
- Le bois rond est mesuré et indiqué en mètres cubes plein ($m^3 p$) « P », non en m^3
- Le poids peut être indiqué en tonnes lutro en tonnes atro.
- Les abréviations « E. » et « N. » sont utilisées pour séparer « écorcé » (sous écorce) et « non écorcé » (sur écorce)
- **Lutro** signifie Sec à l'air (**Lu**ft **tro**cken)
- **Atro** signifie Séchage absolu ou anhydre (**A**bsolut **tro**cken)

De plus, les règles de mesurage des différents assortiments de grumes peuvent y être consultées :

- Mesurage des bois ronds (grumes au sens strict)
- Mesure du bois d'industrie
- Mesure du bois-énergie

« plein » en référence à un mètre cube de bois **plein**

Dans les « Usages suisses du commerce du bois brut », le terme « bois rond » est utilisé indifféremment pour désigner le bois d'industrie et le bois-énergie. Lorsque l'on distingue le bois d'industrie (dépendant de la qualité et du diamètre) et le bois rond de scierie, le terme « grumes » est plus approprié.



Les méthodes de mesure pour les trois assortiments sont très similaires, mais il existe aussi des différences. L'une des principales différences réside dans la mesure du diamètre :

Les grumes sont mesurées sous l'écorce

Le bois d'industrie avec l'écorce

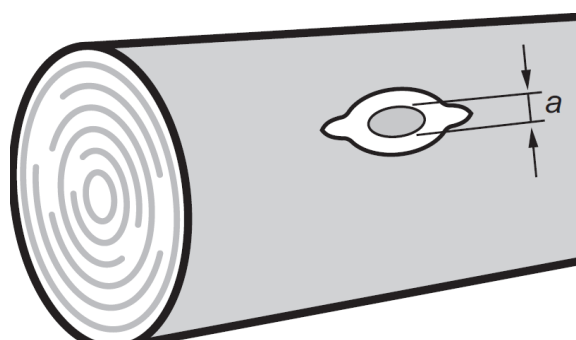
Le bois-énergie n'est souvent pas uniquement composé de bois rond et est donc généralement exprimé en volume (réel, d'encombrement, en vrac) ou en tonnes (atro ou lutro).

Mesure des caractéristiques de classement

Dans le chapitre "Mesure des caractéristiques de classement", les exigences relatives à la mesure de différentes caractéristiques de classement sont énumérées et expliquées. Il s'agit par exemple :

Nœuds

Le nœud est mesuré à son plus petit diamètre. Le cal (empatement des branches) qui entoure le nœud n'est pas pris en compte. Les nœuds et les bosses sont évalués sur les parties visibles du tronc exposé.



a = diamètre du nœud en cm

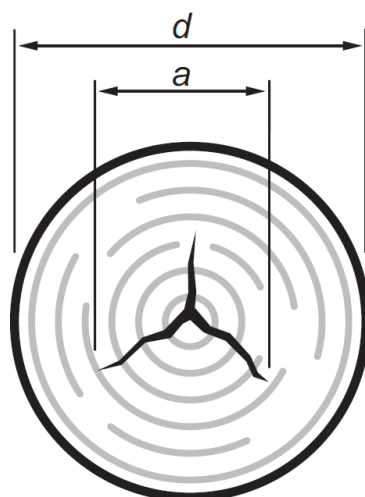
Figure 8 : Mesure des nœuds (source : Lignum, 2021)

Fentes

Les fentes sont dues à des tensions (tensions de croissance, vent, gel) qui sont déjà présentes dans l'arbre vivant. Lors de l'abattage, les tensions se relâchent et les fissures s'agrandissent. On distingue différents types de fissures :

- Par taille : fentes capillaires, fentes de bout, grandes fentes
- Par orientation : fentes droites et obliques
- Selon l'origine : fentes de cœur, fentes de séchage, roulures, cœur étoilé (cadrature) et fentes de gel.

Mesure de l'extension maximale de la fente, mesurée en ligne droite, par rapport au diamètre du tronc à cet endroit. L'indication est donnée en pourcentage. Attention : les fentes évoluent avec le temps !



a = étendue de la fente en cm

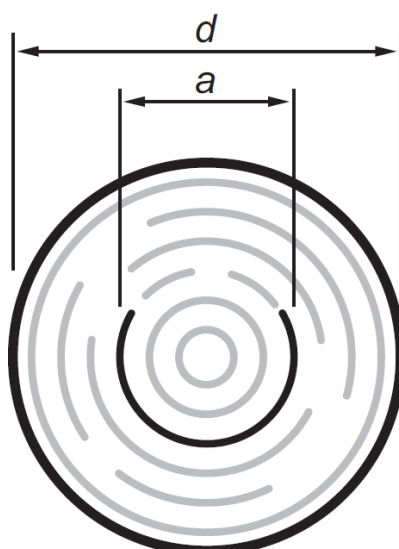
d = diamètre en cm

$$\frac{a}{d} \times 100 = x \%$$

Figure 9 : Mesure des fentes (source : Lignum, 2021)

Roulures

Mesure des roulures annulaires maximales en ligne droite, par rapport au diamètre du tronc à cet endroit. L'indication est donnée en pourcentage. Remarque : les roulures évoluent avec le temps.



a = roulure maximale en cm

d = diamètre en cm

$$\frac{a}{d} \times 100 = x \%$$

Figure 10 : Mesure des roulures (source : Lignum, 2021)

Autres caractéristiques

Les autres caractéristiques suivantes seront expliquées :

- courbures
- Conicité (défilement)
- excentricité de la moelle
- méplat
- fibre torse
- cœur
- largeur moyenne des cernes annuels
- côte rouge

Les caractéristiques sont décrites de manière détaillée dans le chapitre « Introduction » (1^{ère} année d'apprentissage).

2.1.2. Classement des bois ronds

Le deuxième chapitre, intitulé "Classement des bois ronds", résume les règles de classement des bois ronds.

Les grumes de conifères et de feuillus sont d'abord attribuées à une classe de longueur et/ou à une utilisation, puis classés d'après le diamètre et des critères de qualité, de même que d'éventuels critères supplémentaires spécifiques.

Classement d'après les classes de longueur et d'après les classes d'utilisation

Les **classes de longueur** indiquent la longueur d'une grume. En principe, les grumes sont mesurées lors de la livraison de la marchandise, mais si le bois est encore stocké provisoirement, cette mesure peut être effectuée plus tard.

Pour déterminer les classes de longueur, la longueur de la grume est mesurée après l'ébranchage. Il est également possible de commander directement les grumes à la longueur correspondante, par exemple pour le bois court. Les troncs sont ensuite coupés à la dimension commandée. Tout cela se passe en forêt.

Le bois de résineux est divisé et trié dans les catégories suivantes :

L0	Bois	Moins de 3,0 m de long
L1	Bois courts	3,0–6,0 m de long
L2	Bois mi-longs	6,5–14,5 m de long
L3	Bois longs	15,0–22,0 m de long

Il n'existe pas de classe de longueur pour le bois de feuillus. Seule une longueur minimale de 3 m est exigée. Pour les assortiments spéciaux, il est possible de renoncer à cette longueur minimale.

Surmesure

Chaque grume doit présenter une surmesure de longueur. Pour les bois de résineux, la norme est de 2% de la longueur, avec un minimum de 10 cm. Pour les bois de feuillus, la norme est de 3% de la longueur, avec un minimum de 15 cm. Toute autre disposition doit être convenues séparément.

Classe d'utilisation

En même temps que le tri par longueur, un **classement par utilisation** est effectué. Ce tri peut déjà avoir lieu dans la forêt, car il peut y avoir différents acheteurs pour les différentes utilisations. En même temps, il est plus facile de fixer les prix et de trouver les acheteurs correspondants. L'achat et la vente de bois rond deviennent ainsi plus efficaces.

Utilisation bois de résineux

Le bois de résineux peut être classé en fonction des utilisations suivantes :

PI	Perches : perches d'imprégnation, piquets, petites perches
BP	Bois de placage ou de déroulage
PS	Produits spécifiques : p.ex. carrelots pour cadres de fenêtres, bois de lutherie, utilisations spéciales

BC	Bois bostrychés, chablis et/ou bois endommagé (ex. : bois de tempête). Il est alors considéré comme une qualité dans la liste des bois. Il est facturé avec son propre prix.
RO	Bois rouge
BB	Bois ballé : bois contenant des corps étrangers (p. ex. métal et pierres) Ce bois est examiné au ferroscope (appareil de recherche de corps étrangers) dans la forêt ou dans la scierie afin de détecter la présence de corps étrangers.

Utilisation bois de feuillus

Le bois de feuillus peut être classé en fonction des utilisations suivantes :

TR	traverses (ex. : traverses de chemin de fer)
PI	perches : perches d'imprégnation, piquets
BP	bois de placage ou de déroulage
PS	produits spécifiques : p.ex. petits bois feuillus, bois de lutherie, utilisations spéciales
BC	bois bostrychés, chablis et/ou bois endommagé (ex. : bois de tempête)
CR	cœur rouge (hêtre, frêne)
BB	bois ballé : bois contenant des corps étrangers (p. ex. métal et pierres)

D'autres utilisations peuvent être définies en accord avec les parties concernées.

Hors-classe

Si une grume présente de grandes différences de qualité sur toute sa longueur (p. ex. dégâts dus à l'abrouissement du gibier dans les 2 m inférieurs), il est possible de diviser la grume et de l'attribuer à deux classes de qualité différentes, p. ex. en L1 et 2 A/B. Cette procédure est appelée "Hors-classe" et doit dans tous les cas faire l'objet d'une concertation avec les parties concernées.

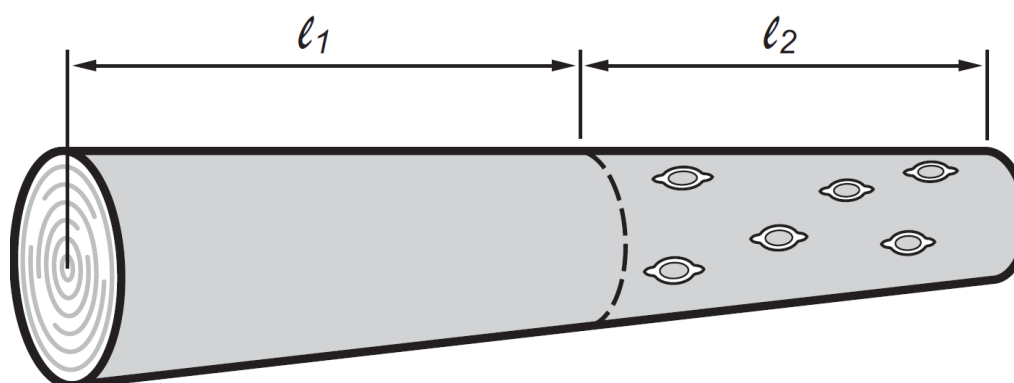


Figure 11 : Tronc divisé en deux sections (l_1 et l_2) (hors-classe) (source : Lignum, 2021)

Utilisations
spéciales

Les règles de **classement des grumes pour des utilisations spéciales** sont également définies. Par exemple, le classement des petites grumes et des traverses est expliqué.

Les petites grumes sont de jeunes troncs de conifères qui sont prélevés tôt dans les plantations et souvent imprégnés pour être utilisés comme piquets ou poteaux.

Classement
d'après le diamètre

Les **classes de diamètre** définissent le diamètre moyen d'un tronc. Il existe 7 classes (0–6), parfois avec des sous-catégories (a, b). Les sous-catégories « a » et « b » peuvent également être ignorées. Elles servent uniquement à un tri plus précis, mais sont souvent trop détaillées et donc inutiles.

Pour la classe de longueur L3 (très longue), des exigences minimales supplémentaires sont applicables au diamètre de la bille (voir le chapitre sur le classement des grumes, 2^{ème} année d'apprentissage).

Le classement selon le diamètre s'effectue selon les classes de diamètre suivantes. Le bois rond est mesuré sous l'écorce et le diamètre au centre est indiqué. Il s'agit du diamètre situé exactement au milieu de chaque rondin.

Les classes de diamètre suivantes s'appliquent aux bois de **résineux** et de **feuillus** :

0	moins de 10 cm
1a	10–14 cm
1b	15–19 cm
2a	20–24 cm
2b	25–29 cm
3a	30–34 cm
3b	35–39 cm
4a	40–44 cm
4b	45–49 cm
5	50–59 cm
6	60 cm et plus

Classement
d'après des critères
de qualités

Les critères de qualité ainsi que les caractéristiques de croissance sont définis plus en détail pour les principales essences commercialisées en Suisse.

Les **critères de qualité** servent à évaluer et à classer les grumes en fonction de leur qualité. Les caractéristiques suivantes sont prises en compte

Caractéristiques

- Nœuds adhérents
- Nœuds non adhérents (n. noirs)
- Courbure
- Conicité

- Fibre torse
- Largeur moyenne des cernes
- Croissance ondulée (sapin)
- Côte rouge
- Cadranure
- Roulure
- Poches de résines (épicéa)
- Dégâts d'insectes
- Colorations

En principe, quatre catégories sont disponibles pour le classement de qualité. Il existe toutefois des exceptions pour les produits spéciaux ou les essences rares. La meilleure qualité est désignée par la lettre A, la deuxième meilleure par la lettre B, la troisième meilleure par la lettre C et la pire par la lettre D. La définition des différentes qualités ainsi que d'autres règles (marge d'appréciation, hors-classe, etc.) sont résumées dans les « Usages suisses du commerce du bois brut ».

Qualités

Un extrait des « Usages suisses du commerce du bois brut » montre comment sont définies les classes de qualité pour le bois de **résineux** :

Critères de qualité pour le bois résineux

Qualité A	Grumes de qualité supérieure/exceptionnelle. Il s'agit de grumes sans nœuds. Ils sont exempts de défauts ou ne présentent que des défauts insignifiants qui n'entravent pas leur utilisation de manière significative. Structure régulière des cernes de croissance.
Qualité B	Bois rond de qualité bonne à moyenne, pas trop noueux et sans gros nœuds. Nœuds non-adhérents admis en nombre modéré. Légère côte rouge et légère fibre torse admises. Axe de la bille droit, légèrement conique.
Qualité C	Bois rond de qualité moyenne à médiocre, avec des défauts majeurs. Fortement noueux, gros nœuds en nombre modéré, nœuds non-adhérents, quelques taches colorées. Côte rouge modérée et fibre torse normale tolérés.
Qualité D	Bois apte au sciage qui, en raison de ses caractéristiques, ne peut être classé dans les qualités A, B, C. Entre autres, bois infesté d'insectes. Bois de compression autorisé. Forte tendance à la torsion.

Des critères similaires s'appliquent aux bois de **feuillus**, les exceptions ou les cas spéciaux sont décrits en détail dans les « Usages suisses du commerce des bois bruts » :

Qualité A	Bois rond de qualité supérieure/excellente. Les grumes sont exemptes de nœuds et d'excroissances, droites, sans fibres torsées. Elles sont exemptes de défauts ou ne présentent que des défauts insignifiants qui n'affectent que très peu leur utilisation.
------------------	--

Qualité B	Bois rond de bonne à moyenne qualité avec quelques nœuds isolés. Une légère croissance en torsion et une légère courbure sont autorisées.
Qualité C	Bois rond de qualité moyenne à inférieure à la moyenne, avec des défauts importants. Fortement noueux, gros nœuds en nombre modéré. La torsion, la courbure, le cœur rouge et le cœur brun sont autorisés.
Qualité D	Bois apte au sciage qui, en raison de ses caractéristiques, ne peut pas être classé dans les qualités A, B, C.

Exemple

Selon les critères de tri mentionnés jusqu'ici, une grume serait classée et triée comme suit :

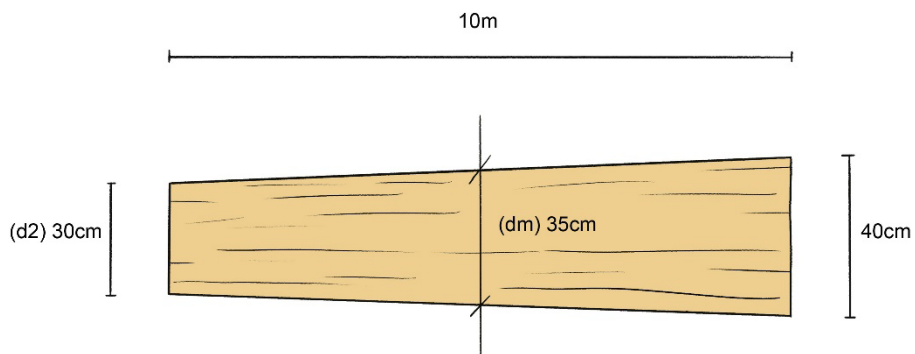


Figure 12 : Exemple de critères de tri (source : IBS)

Longueur	L2
Diamètre	3(b)
Qualité	A
Utilisation	PS

Une telle grume conviendrait à des produits de haute qualité tels que les carrelots de fenêtre et serait classée en classe PS en ce qui concerne son utilisation.

2.1.3. Tri de bois d'industrie

Dans le chapitre sur le classement du bois d'industrie, nous distinguons deux catégories :

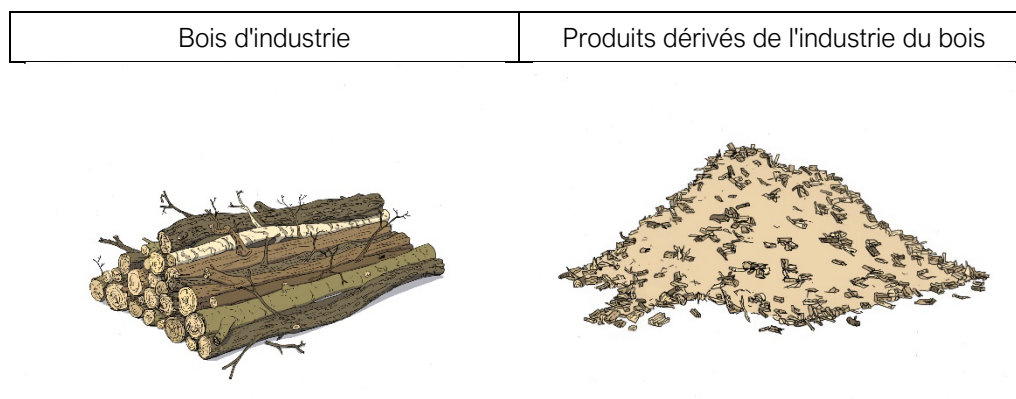


Figure 13 : Bois d'industrie, produits dérivés de l'industrie du bois (source : IBS)

Le bois d'industrie est défini comme suit dans les « Usages suisses du commerce du bois brut » :

« Le bois d'industrie en provenance de la forêt est du bois brut qui a été déchiqueté mécaniquement ou décomposé chimiquement et s'utilise pour la fabrication de pâte de bois et de cellulose (matières premières du papier et du carton, de panneaux de particules et de fibres, de laine de bois et d'autres produits industriels. » (LIGNUM, 2021)

Le bois d'industrie est classé et trié en quatre assortiments :

Assortiments principaux	Abréviations officielles
Bois de râperie (bois à papier)	R
Bois à cellulose	C
Bois à panneaux	P
Bois à laine de bois	L

Le bois d'industrie sera alors évalué selon des critères précis, définis dans la publication Lignum et énumérés en annexe. En raison du très faible nombre de transformateurs de bois de forêt d'industrie en Suisse, le classement selon ces quatre classes n'est plus que rarement utilisé dans l'industrie suisse du bois.

Les produits connexes de l'industrie du bois sont définis dans les « Usages suisses du commerce du bois brut » comme suit

« Par produits connexes de l'industrie du bois, on entend les sous-produits de la transformation des bois ronds. Ce sont des bois bruts déchiquetés mécaniquement ou décomposés chimiquement, qui sont utilisés pour la fabrication de pâte de bois et de cellulose (matière première du papier et du carton), des panneaux de particules et de fibres, de la laine de bois, des pellets et d'autres produits industriels. » (LIGNUM, 2021)

Les sous-produits de l'industrie du bois, souvent appelés résidus de bois, sont définis comme des produits primaires qui sont utilisés matériellement. Les panneaux MDF, les panneaux de fibres et de particules, la laine de bois ou les produits de

l'industrie papetière en sont des exemples. Les règles de tri des plaquettes, des dosses et des délignures sont définies à la page 57.

Mètre cube apparent (stère) : Mesure du volume de bois empilé, y compris les espaces vides

Mètre cube en vrac : Mesure du volume de bois en vrac. Les espaces sont nettement plus grands et varient massivement par rapport au mètre cube.

Alors que les plaquettes sont réceptionnées au mètre cube en vrac ($m^3 v$), les dosses et les copeaux sont pris en charge par mètre cube apparent ($m^3 a$). Ces deux produits peuvent également être pris en charge en poids atro ($t atro$).

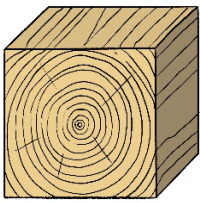

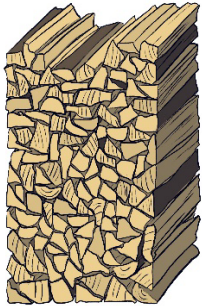
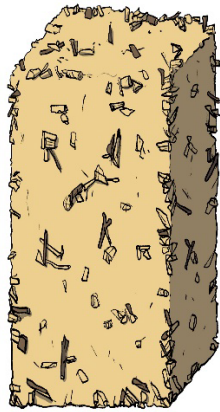
			
fm	fm bois non fendu	fm bois fendu	SRm
Grumes en mètre cube solide	Bois empilé en mètre cube apparent	Bois empilé en mètre cube apparent	Plaquettes en mètre cube en vrac
1.0	1.4	1.6	2.5
0.7	1	1.2	1.8
0.4	0.6	0.7	1.0

Figure 14: facteurs de conversion mètre cube solide et mètre cube en vrac (Source: IBS)

Pour les autres assortiments de résidus de bois, des accords particuliers doivent être conclus. Les produits tels que les copeaux ou les sciures sont toutefois principalement pris en charge en mètre cube en vrac ($m^3 v$) ou en poids atro ($t atro$) et trouvent très souvent preneur dans l'agriculture (à des fins de litière).

2.1.4. Classement du bois-énergie

Le bois-énergie ou bois énergétique désigne les produits qui sont utilisés pour produire de l'énergie. Cela peut se faire d'une part dans une centrale électrique, où le bois énergétique est directement brûlé et produit de l'électricité ou de la chaleur. La facturation se fait en fonction de l'énergie produite (kWh).

Le bois énergétique peut également être transformé et vendu dans l'industrie (par ex. pellets, briquettes de bois, charbon de bois).

Les « Usages suisses du commerce du bois brut » définissent les règles de tri pour les produits suivants

- Rondins ou copeaux (bois de chauffage)
- Bois-énergie long
- Assortiments pour la fabrication de plaquettes de bois issus de la production primaire (forêt)
- Assortiments issus de la transformation du bois (résidus de bois de l'industrie)

- Bois usagés
- Assortiments mélangés

2.1.5. Partie commerciale

Les « Usages suisses du commerce du bois brut » décrivent également les aspects commerciaux du commerce du bois brut. Ils fournissent des réponses aux questions suivantes :

Quelles sont les règles applicables à la conclusion d'un contrat d'achat ou de vente de bois brut ?

Quels sont les éléments d'un contrat valable ?

Contrat et conclusion du contrat

Quelles sont les ventes possibles ?

Quand un contrat est-il conclu et quand est-il confirmé ?

Que doit contenir un contrat valable ?

Qu'est-ce qui peut être ajouté dans un contrat ?

Teneur du contrat

Qu'est-ce qui a été défini par certains termes dans le contrat ?

Où se trouve le lieu de livraison ?

Terminologie

Qui paie quelle partie des frais de transport ?

Qui est responsable de la marchandise négociée et à quel moment ?

Quelles sont mes obligations en tant que vendeur de bois brut ?

Dans quelle mesure suis-je responsable de la marchandise négociée ?

Obligations du vendeur

Dans quels cas particuliers faut-il faire une déclaration supplémentaire ?

Jusqu'à quand et comment dois-je payer la marchandise ?

Où cela est-il consigné ?

Obligations de l'acheteur

Que se passe-t-il si aucune condition n'est fixée ?

Comment dois-je procéder si je constate des défauts sur la marchandise ?

Combien de temps ai-je pour signaler les défauts ?

Réclamation pour défauts

Quels sont mes droits si la marchandise présente des défauts ?

Dois-je payer les marchandises présentant des défauts ?

Que dois-je faire s'il n'y a pas d'accord sur les défauts ?

Que se passe-t-il si le contrat en vigueur n'a pas été respecté ?

Quels sont mes droits si le contrat n'est pas respecté ?

Non-exécution du contrat

Une non-exécution peut-elle néanmoins être juridiquement valable ?

Quelles sont les bases juridiques applicables à l'importation ou à l'exportation ?

Quelles sont les lois de quel pays à respecter dans ce type de commerce ?

Commerce international	Où puis-je trouver des informations supplémentaires sur le commerce international ?
	<p>2.1.6. Annexe</p> <p>L'annexe des "Usages suisses du commerce des bois bruts" contient de nombreuses informations importantes et utiles.</p>
Facteurs de conversion	L'annexe A.1 présente les facteurs de conversion usuels dans la branche pour le bois brut et les résidus de bois. Ces facteurs permettent par exemple de convertir le volume d'une grume en son poids ou un mètre cube de plaquettes en sa matière sèche.
Teneur en eau et teneur en matière sèche	Un aperçu du calcul de la teneur en eau et en matière sèche se trouve dans les annexes (A.2).
Tableau de Schönbrunn	L'annexe A.3 contient le « tableau de Schönbrunn » pour la déduction de l'écorce lors de la mesure du diamètre de la grume. Elle définit les déductions à effectuer pour chaque type de bois. Une grume est mesurée au centre (avec l'écorce), mais comme les grumes sont déclarées sans écorce, une déduction doit être effectuée.
Classement du bois rond d'industrie	<p>L'annexe contient également des clarifications sur le classement du bois rond d'industrie, du bois connexe d'industrie et du bois-énergie (A4–A6). L'annexe A.7 décrit la procédure de réception du bois au poids à la livraison (lutro) et au poids anhydre (atro). Cela comprend entre autres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définition de l'unité de réception • Détermination du poids à la livraison • Détermination de la teneur en matière sèche • Assurance de qualité <p>Ces règles s'appliquent par exemple lorsque des grumes fraîches sont livrées à une scierie.</p>
Glossaire	Les annexes A.8 et A.9 regroupent les principaux termes dans un glossaire et les principales abréviations dans une liste. Ces deux annexes sont également très utiles pour le travail quotidien dans la filière bois.

2.2. Identification des organismes nuisibles

En tant que matériau organique naturel, le bois est attaqué par des insectes et/ou des champignons dans certaines conditions environnementales (température et humidité). Ceux-ci utilisent le bois soit comme « habitat », soit comme source de nourriture, soit pour se reproduire, voire pour les trois motifs.

Les insectes et les champignons remplissent tous deux des fonctions importantes dans l'écosystème. Ils contribuent au mécanisme de dégradation de la matière organique et bouclent les cycles naturels de la matière. Ils font partie, du moins en partie, des décomposeurs du cycle alimentaire.

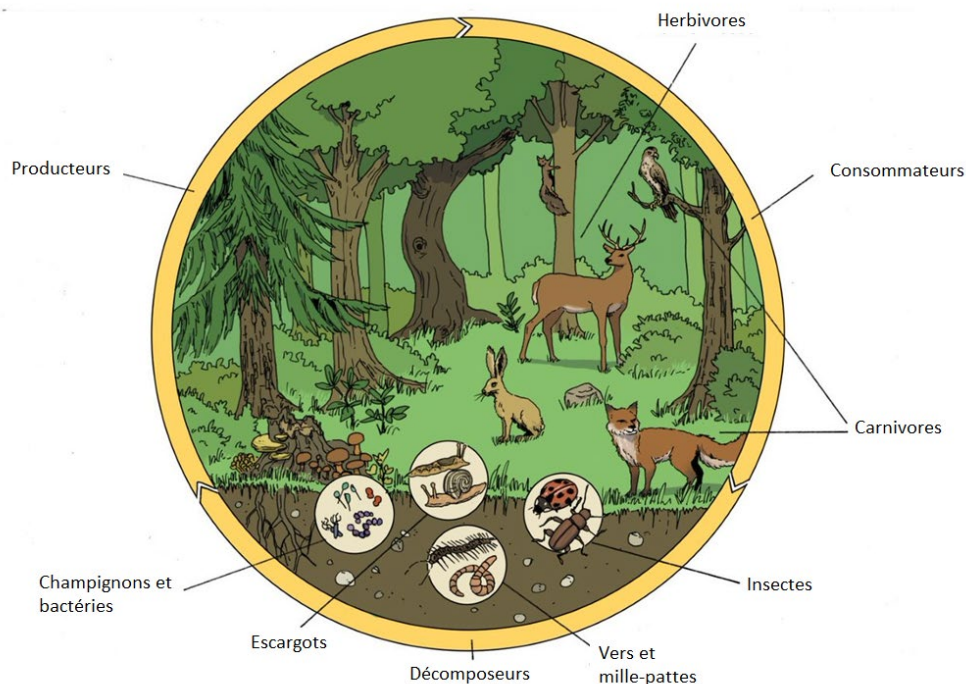


Figure 15 : Cycle de vie de la forêt (source : IBS)

Ainsi, les bostryches ouvrent l'écorce protectrice, ce qui permet aux spores de champignons de pénétrer dans le bois et d'y germer. Les bostryches pénètrent profondément dans le bois et ouvrent ainsi la voie aux champignons lignivores.



Figure 16 : Ecorce d'épicéa avec trous de forage d'un bostryche (source : Beat Wermelinger, WSL)

Ou alors, il existe des espèces d'insectes qui ne peuvent s'attaquer qu'au bois partiellement décomposé par les champignons et qui poursuivent le processus de décomposition. Un exemple en est le lucane cerf-volant, très rare et protégé, dont les larves se développent dans l'humus du bois de chêne. Ces insectes sont également appelés « insectes du bois en décomposition ».



Figure 17 : lucane cerf-volant (source : WSL)

D'autres champignons sont très importants pour les plantes. Les Champignons mycorhiziens (champignons racinaires) aident les plantes à absorber les nutriments et permettent à la plante de mieux pousser. Chaque espèce d'arbre, par exemple, possède son propre champignon racinaire.

Cela signifie que dans la nature, ces êtres vivants ne sont pas des parasites, mais ont leur fonction.



Figure 18 : Arbre pourri avec des attaques de champignons et d'insectes bien visibles (source : Stalder)

Si vous souhaitez prévenir ou éliminer une attaque d'insectes ou de champignons à l'aide d'un produit phytosanitaire chimique, vous devez toujours garder à l'esprit que les champignons et les insectes remplissent une fonction importante dans la nature. Dans un souci de protection de l'environnement, de tels produits ne devraient être utilisés que de manière très ciblée et de manière aussi modérée que possible.

Parmi les insectes vivant dans le bois, on distingue principalement les « insectes du bois frais » et les « insectes du bois sec ». Les insectes du bois frais se

développent dans le bois encore sur pied ou fraîchement coupé. Une infestation du bois fraîchement coupé est également possible. Les insectes du bois sec s'attaquent généralement au bois après le sciage et lorsque le bois est déjà mis en œuvre.

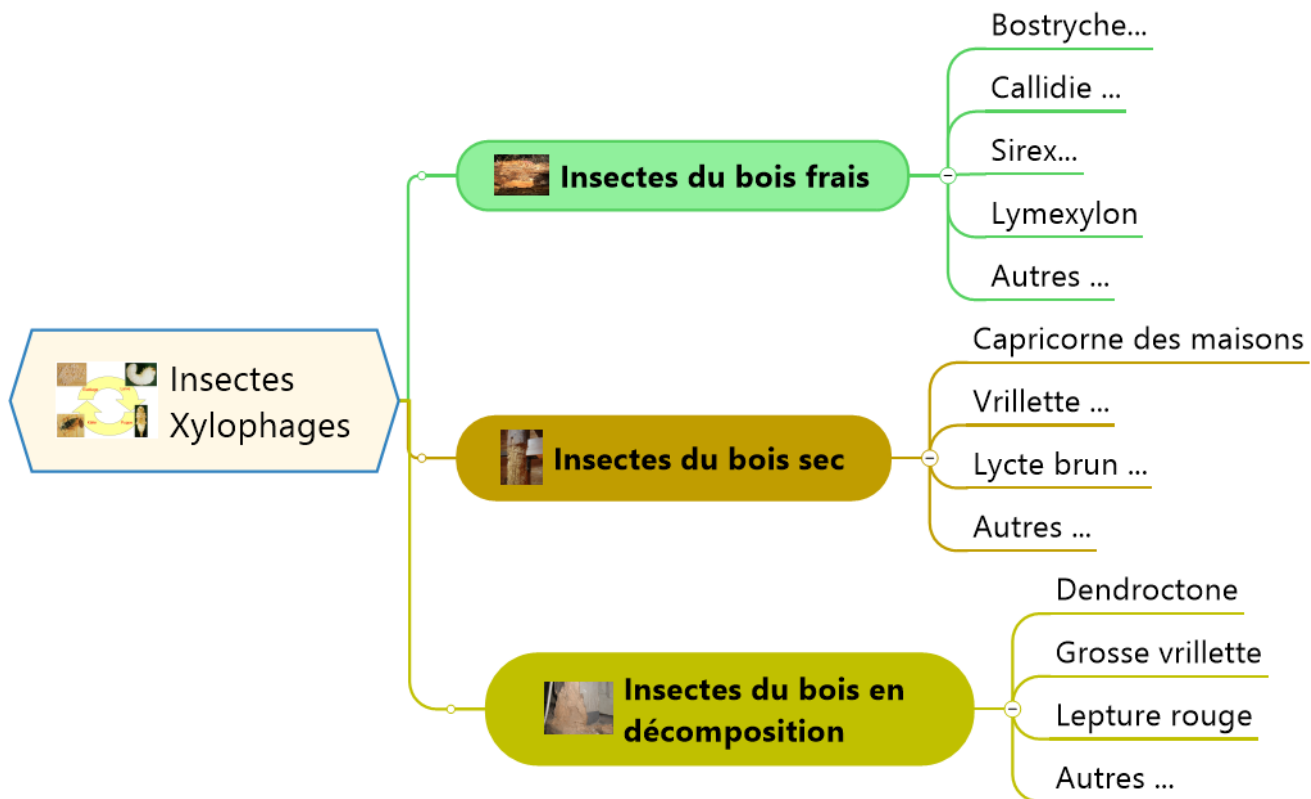


Figure 19 : Classification des insectes xylophages (source : Stalder)

Pour les grumes, ce sont les insectes du bois frais qui sont déterminants.

Parmi les champignons, on distingue les champignons qui « colorent le bois » et ceux qui « détruisent le bois ».

2.3. Reconnaissance des insectes xylophages

Les insectes ont besoin de certaines conditions de vie (température, humidité) pour pouvoir se développer. Certains insectes se reproduisent et vivent dans l'aubier et le bois de cœur, d'autres dans le liber et/ou l'aubier. Beaucoup sont spécialisés dans une ou plusieurs essences de bois. Certains n'attaquent que les bois de feuillus, d'autres que les bois de résineux ou les deux. De telles caractéristiques et particularités peuvent être utilisées pour déterminer les insectes xylophages.

L'aspect des dégâts donne également de bonnes indications sur le type d'insecte.

- Les trous de sortie sont-ils ronds ou ovales ?
- Quelle est leur taille ?
- Les galeries de nutrition s'enfoncent-elles profondément dans le bois ou restent-elles dans le liber ou l'aubier ?
- L'aspect de la sciure d'alimentation est-il à grains grossiers ou fins (granulation) ?
- Les galeries de nutrition sont-elles remplies ou vides ?
- Sont-elles noires ou non ?

Si vous connaissez les réponses à ces questions, consultez les descriptions ci-dessous.

La distinction à partir des larves est plus difficile. Elle nécessite quelques connaissances spécialisées et de la pratique.

L'illustration ci-dessous donne un aperçu de tous les signes de reconnaissance possibles.

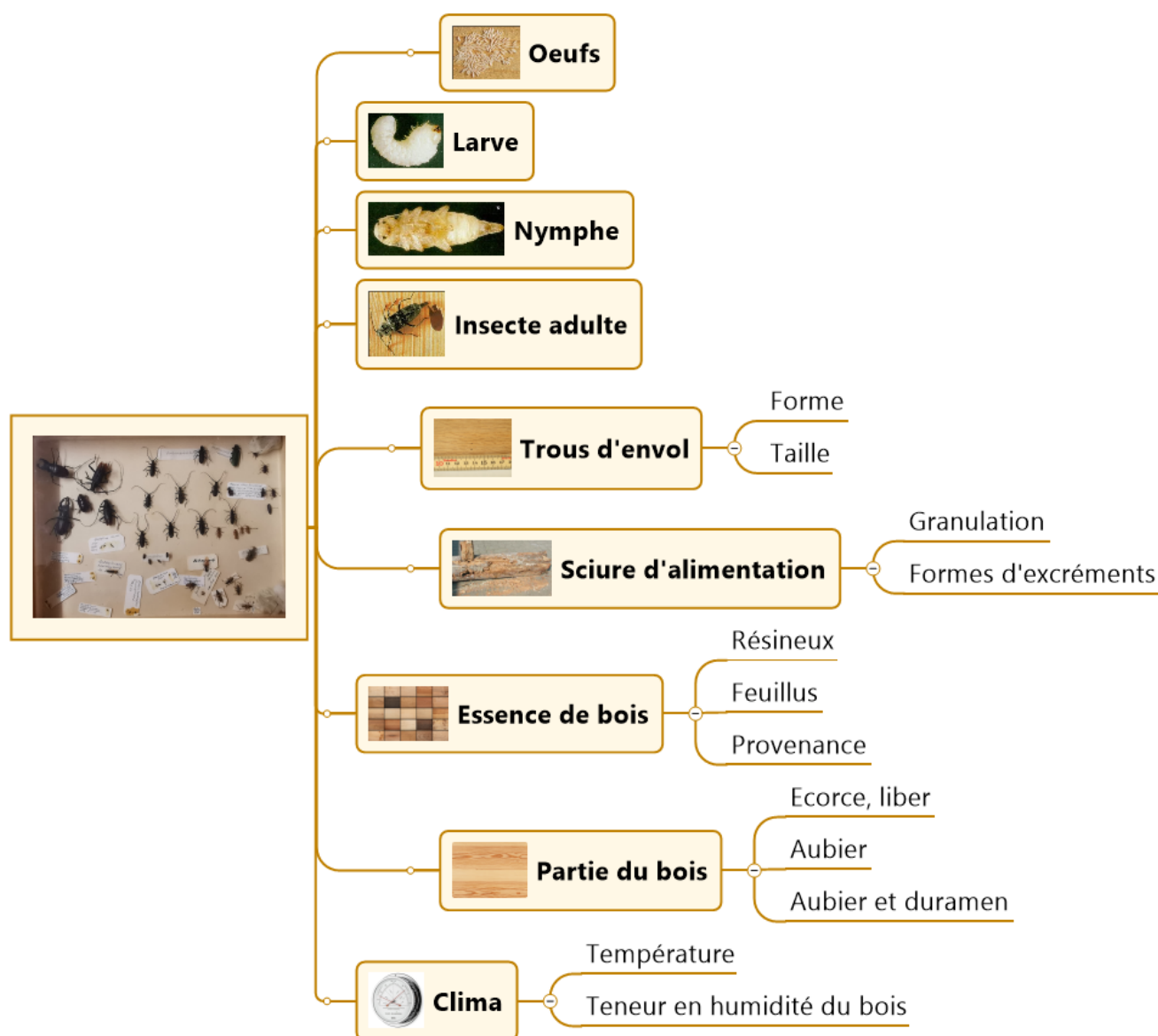


Figure 20 : Les signes de reconnaissance des insectes xylophages (source : Stalder)

Bien sûr, il n'est pas toujours possible de déterminer toutes les caractéristiques. Mais plus vous en découvrez, plus la détermination sera précise.

Comment procéder ensuite lorsque l'on découvre une infestation ?

Le plus simple est généralement de trouver des insectes adultes, que l'on peut ensuite comparer avec les descriptions à partir de la page 44 ou avec une image tirée d'un livre spécialisé ou d'Internet.

Conseil : lors de la recherche sur Internet, toujours utiliser les noms latins. Ceux-ci sont clairs et donnent de meilleurs résultats.

Souvent, une recherche d'images avec un moteur de recherche sur Internet donne également de bons résultats. Pour cela, télécharger une bonne image du coléoptère et comparer les résultats avec l'insecte trouvé.

Exemple :

Vous avez trouvé l'insecte illustré ci-dessous sur le parc à grumes et l'avez photographié.



Figure 21 : Recherche d'insectes sur Internet, exemple de photo de sirex géant (source : Stalder)

Vous téléchargez ensuite cette image dans le moteur de recherche d'images de Google (Google Lens) et obtenez le résultat suivant :

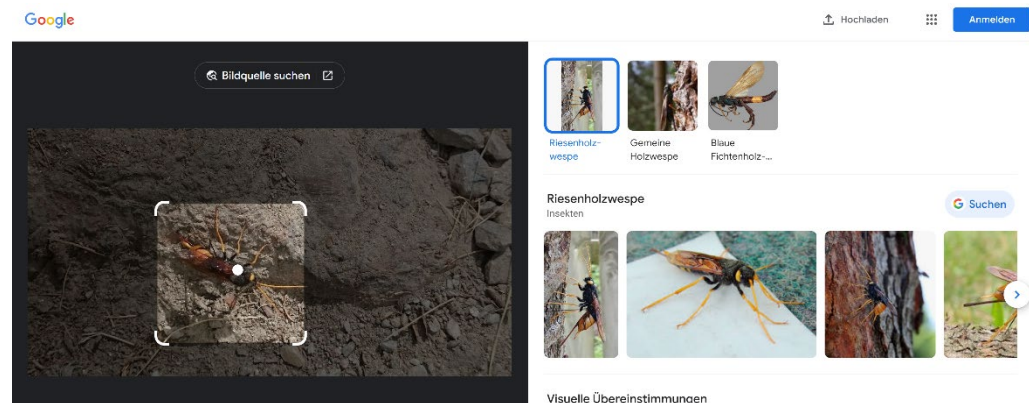


Figure 22 : Résultat Recherche d'insectes avec Google Lens (source : Stalder, consulté le 27.02.2023)

Le résultat proposé est le sirex géant, la guêpe commune du bois et la guêpe bleue du bois d'épicéa. Dans l'étape suivante, vous recherchez maintenant les autres caractéristiques décrites et les comparez à votre découverte. Vous devez maintenant également contrôler le bois rond à la recherche de traces d'infestation (trous de sortie, galeries de nutrition) et en informer votre supérieur.

2.3.1. Développement des insectes

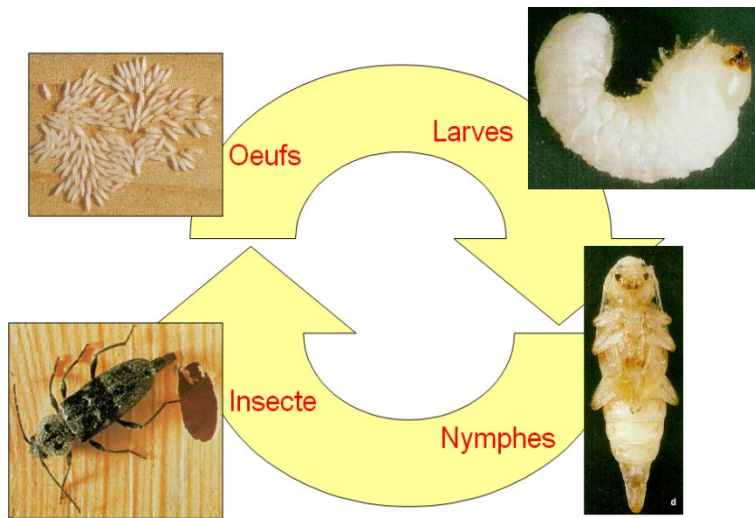


Figure 23 : Cycle de développement des insectes xylophages (source : Stalder)

Lors du développement de l'œuf en coléoptère, l'insecte passe par quatre stades : œuf – larve – nymphe – coléoptère (insecte complet). Ces stades sont appelés durée de génération et leur durée varie en fonction de l'espèce d'insecte.

Chez de nombreuses espèces de coléoptères indigènes, ce cycle de développement peut durer plusieurs années. Les stades de l'œuf et de la nymphe sont généralement très courts et ne durent que quelques semaines, voire quelques jours. La durée de vie du coléoptère fini est également très courte, généralement de trois à cinq semaines seulement. La durée de vie en tant que larve est donc très longue et peut s'étendre sur plusieurs années.

Œufs

La femelle du coléoptère pond des œufs minuscules à l'aide d'un tube de ponte dans de petites fissures, des crevasses, d'anciens trous de sortie et également dans des pores plus importants du bois. Les insectes du bois frais percent généralement un trou dans l'écorce et déposent leurs œufs dans le liber ou le bois. Un femelle produit et pond souvent plusieurs centaines d'œufs.

Larves

Les larves éclosent des œufs et commencent à ronger le bois. Ce faisant, elles laissent derrière elles les galeries de rongement caractéristiques de chaque coléoptère. Elles laissent derrière elles de la sciure et des particules d'excréments typiques de l'espèce. Lorsque les conditions de vie sont favorables et que la nourriture est abondante, les larves se développent rapidement. Pendant cette période, elles se nourrissent en conséquence. Si les conditions environnementales ou la teneur en nutriments du bois sont défavorables, le stade larvaire peut se prolonger de plusieurs années. Dans ce cas, elles ne mangent pas beaucoup et dépérissent ou meurent.

Nymphes

Lorsque les larves ont suffisamment mangé, l'étape suivante est la nymphose. Pour ce faire, les larves creusent dans le bois ce que l'on appelle un berceau de nymphose. Le berceau de nymphose se trouve généralement juste sous la surface du bois. C'est à ce moment-là qu'a lieu la transformation en insecte.

Insectes

L'insecte qui éclot se perce le bois et laisse derrière lui un trou d'envol caractéristique, qui peut être de taille variable, rond ou ovale.

2.3.2. Insectes du bois frais

Une caractéristique typique de ce groupe d'insectes est la ponte dans des arbres sur pied affaiblis, dans l'écorce ou du moins dans des rondins humides entreposés avec des restes de branches et dans des planches de dosses. Sur le bois dépourvu

de branchages et d'écorce, le développement d'une autre génération n'est plus à prévoir. Parmi les espèces les plus importantes, on trouve le bostryche liséré et le bostryche typographe qui se reproduisent dans le bois et y laissent des galeries de forage de couleur brune à noire.

Entre l'écorce et l'aubier vivent différentes espèces de bostryches mais également différentes espèces de longicornes (p.ex. : longicorne variable, callidie de l'épicéa) qui, la plupart du temps, ne creusent dans l'aubier qu'une courte galerie exempte de sciure de forage pour le berceau de nymphose.

Les galeries larvaires circulaires dans le bois, qui sont très densément obstruées par de la sciure de forage et se terminent par un trou de sortie circulaire de 4 à 8 mm de diamètre, sont dues à des attaques de guêpes xylophages dans nos bois de résineux indigènes. Là encore, il n'y a pas de risque de propagation dans le bois sec.

Si le bois frais est attaqué par des insectes, les conséquences sont généralement les suivantes :

- L'humidité et les spores de champignons peuvent s'infiltrer par les trous d'envol.
- Si les insectes ne terminent leur développement qu'après la pose du bois, ils peuvent percer des trous d'envol à travers les couches d'isolation, les peintures et les films plastiques. Cela crée de nouveaux points d'entrée pour l'humidité et les champignons.

Lors du triage du bois, le bois infesté doit être classé ou éliminé conformément aux consignes de triage.

Quelques insectes du bois frais sont brièvement décrits et illustrés dans les pages suivantes.

Autre désignation :

Trypodendron lineatum, « Lineatus »

Caractéristique :

Insecte : 2,5–3,8 mm de longueur, élytres jaune brun. Bouclier généralement noir, partiellement jaune rouge.

Envol / génération :

En fonction de l'altitude, de mars à mai avec une température de 10°C au sol et de 16°C dans l'air. Une génération, éventuellement une génération de frères et sœurs en été.

Essences attaquées :

Bois de résineux fraîchement abattus, principalement de l'épicéa, généralement avec écorce.

Domages causés :

Incubation dans le bois. Galeries noires d'une profondeur moyenne de 3 à 6 cm. Émet de petits tas de sciure de forage. Le bostryche liséré ne se nourrit pas directement du bois, mais d'un champignon ambroisie introduit par la femelle, qui donne une couleur sombre aux galeries.

Méthodes de lutes :

- enlèvement des grumes avant le vol
- stockage humide
- traitement chimique en temps utile des stocks de bois

Importance économique :

Tendance à se multiplier massivement, peut causer de gros dégâts au bois exploitable.



Insecte adulte.



Amas de poussière de perçage.



Déroulement bien visible de la formation du couvain sur une section transversale de tronc : galerie radiale de forage (verticale), dont 2 galeries mères bifurquant le long des cernes annuels.

Figure 24 : (sources : WSL / BFH)

Bostryche noir du Japon

Autre désignation :

Xylosandrus germanus

Caractéristique :

Insectes : femelle : 2,0 - 2,5 mm de long, noir brillant. Mâle : 1,0 - 1,8 mm de long, brun clair.

Envol / génération :

De mai à juin. Une seule génération en Europe.

Essences attaquées :

Chêne, hêtre et autres bois de feuillus fraîchement abattus. Épicéa avec et sans écorce.

Dommmages causés :

Incubation dans le bois. Expulsion de la sciure de forage sous forme de petites saucisses blanches pressées. Tube d'entrée court, suivi d'une galerie plus longue, large d'environ 4 mm à 6 mm, de couleur noire.

Méthodes de lutes :

- Abattage juste à temps : abattage lorsque le bois peut ensuite être évacué ou abattage en automne et évacuation avant le vol de printemps du bostryche liséré (*Trypodendron lineatum*).
- Stockage des grumes en dehors de la forêt.

Importance économique :

Peut se manifester en masse. Les dégâts techniques ne sont pas aussi importants que ceux du bostryche liséré.

Particularité :

Tous les produits chimiques de protection autorisés pour le stockage du bois en forêt ne sont pas ou pas suffisamment efficaces contre ce bostryche.

Le bostryche noir du Japon est originaire d'Asie de l'Est et s'est répandu en Suisse dans les années 1990.



Insecte adulte.



Galeries de forage de l'insecte femelle avec coloration bien visible due aux champignons ambrosie.



Forte infestation par le bostryche noir du Japon.

Figure 25 : (sources : WSL)

Bostryche typographe

Autre désignation :

Ips Typographus

Bostryche de l'épicéa à 8 dents

Caractéristique :

Insecte : 4,2 à 5,5 mm de long, collerette noire, élytres bruns avec 4 dents chacune.

Envol / génération :

Selon l'altitude, première génération d'avril à juin, éventuellement deuxième génération de juillet à août.

Essences attaquées :

Bois de résineux affaiblis sur pied, surtout l'épicéa.

Domages causés :

Incubation dans l'écorce. Galeries maternelles parallèles à l'axe du tronc, avec des galeries larvaires bifurquant verticalement, avec berceau de nymphose. Poussière de forage brune sur les écailles de l'écorce et la végétation du sol, trous de forage d'env. 2 mm de diamètre, décollement de l'écorce.

Méthodes de lutes :

- Abattre les arbres infestés avant l'envol des insectes, les évacuer hors de la forêt ou les écorcer.
- Si de jeunes coléoptères brun clair se trouvent déjà sous l'écorce, celle-ci doit être coupée ou brûlée.

Importance économique :

Dégâts importants dans les peuplements d'épicéas malades. Perte de valeur du bois rond toutefois faible.



Jeune insecte.



Insecte adulte.



Image de couvaison typique avec trois galeries maternelles (verticales dans l'arbre debout) et de nombreuses galeries larvaires.



La sciure brune expulsée est un signe infaillible de l'activité de forage des insectes sous l'écorce.

Figure 26 : (sources : WSL / Wikimedia Foundation)

Bostryche chalcographe (du cuivre)

Autre désignation :

Pityogenes chalcographus,
Bostryche de l'épicéa à 6 dents

Caractéristique :

Insecte : 1,2–2,9 mm de long, collerette noire très brillante, élytres bruns avec 3 dents chacune.

Envol / génération :

Selon l'altitude, de mi-avril à juin. Deuxième et troisième génération possible selon les conditions météorologiques.

Essences attaquées :

Peuplements de résineux malades, surtout l'épicéa et le pin.

Dommmages causés :

Incubation dans l'écorce. Galeries mères en forme d'étoile avec des galeries larvaires qui partent à la verticale.

Méthodes de lutes :

- Enlever l'écorce du bois. S'il y a déjà une infestation, l'écorce doit être coupée ou brûlée.

Importance économique :

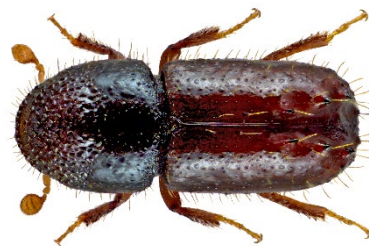
Dégâts importants dans les peuplements des épicéas malades. Diminution de la valeur du bois rond, mais faible.

Particularité :

Le bostryche chalcographe est souvent présent sur le même arbre que le bostryche typographe.



Insecte fraîchement éclos. Caractéristique : 3 dents sur la base de chaque coin de l'aile.



Insecte adulte (femelle).



Image des galeries dans l'écorce.



Image de galeries dans du bois d'épicéa.

Figure 27 : (sources : WSL / BFH / Wikimedia Foundation)

Autres espèces de bostryches s'attaquant dans ou sous l'écorce

En plus des quatre principaux insectes à l'origine des dégâts, il existe encore quelques espèces de scolytes aux caractéristiques similaires. Voici une liste des espèces de scolytes avec les essences concernées

Noms	Essences concernées
Petit bostryche typographe « <i>Ips amitinus</i> », petit bostryche de l'épicéa à 8 dents, bostryche de l'arolle à 8 dents	épicéa, arolle, pin de montagne, mélèze, sapin
Grand bostryche du mélèze « <i>Ips cembrae</i> », bostryche du mélèze à 8 dents	mélèze d'Europe, mélèze du Japon, rarement sur sapin, épicéa, arolle, douglasie (pin douglas)
Petit bostryche du sapin « <i>Cryphalus piceae</i> »	sapin blanc plus rarement épicéa, mélèze, douglasie (pin douglas)
Bostryche à dents courbes de l'écorce du sapin blanc « <i>Pityokteines curvidens</i> »	sapin blanc, rarement mélèze, cèdre, douglasie (pin douglas)
Bostryche du pin à 6 dents « <i>Ips acuminatus</i> »	pins
Bostryche du pin à 12 dents « <i>Ips sexdentatus</i> »	pins
Petit bostryche « <i>Tomicus minor</i> »	pin sylvestre autres espèces de pins
Bostryche de l'écorce du pin « <i>Tomicus piniperda</i> »	pin sylvestre, pin de montagne

Autre désignation :

Sirex juvencus (L.).

Caractéristique :

Guêpe : Femelle : 15–30 mm de long, uniformément bleu-noir, métalliquement brillant, court dard de ponte.

Mâle : 8–25 mm de long, partie antérieure bleu-noir, partie postérieure rouge-jaune.

Larve : jusqu'à 30 mm de long, blanchâtre, de largeur uniforme.

Envol / génération :

De juin à août. Durée de la génération : 2 à 6 ans.

Essences attaquées :

Épicéas, sapins et pins affaiblis. Bois fraîchement abattu avec l'écorce.

Dommmages causés :

Galeries de forage de 15 à 25 cm de long. Berceau de nymphose toujours proche de l'écorce. Trous d'envol circulaires d'environ 5 mm de diamètre.

Méthodes de lutes :

Evacuer le bois abattu avant la période de vol des guêpes du bois.

Importance économique :

Peut causer des dommages importants.



Sirex femelle en train d'introduire son dard de ponte (entre la paire de pattes centrale et la paire de pattes arrière).



Larves dans des galeries rondes avec de la poussière de forage comprimée.



Trous de forage circulaires typiques des guêpes écloses.

Figure 28 : (sources : WSL)

Autre désignation :

Urocerus gigas

Caractéristique :

Femelle : 15–45 mm de long, tête noire avec des taches jaunes derrière les yeux. Abdomen cylindrique, noir dans le bas, avec des marques noires et jaunes dans le haut, long aiguillon de ponte.

Mâle : 12–30 mm de long, pas de pédoncule.

Envol / génération :

De juin à août. Durée de la génération : 2 à 6 ans.

Essences attaquées :

Épicéas, sapins et pins affaiblis.

Dommages causés :

Galeries de forage de 15 à 25 cm de long. Berceau de nymphose toujours près de l'écorce. Trous d'envol ronds, de 4 à 7 mm de diamètre. Les galeries sont remplies de copeaux de bois et sont peu visibles dans le bois non raboté.

Méthodes de lutes :

Evacuer le bois abattu avant la période de vol des guêpes du bois.

Importance économique :

Peut causer des dommages importants.



Femelle de Sirex géant en train de percer son dard de ponte (dard fin et noir sous l'avant du corps).



Larve de Sirex géant avec l'épine terminale cornée (à droite).



Sirex géant avec trou d'envol. En bas, galerie de larves remplie de sciure.

Figure 29 : (sources : WSL / Wikimedia Foundation)

Autre désignation :

Phymatodes testaceus

Caractéristique :

Insectes : taille et couleur très variables, 6–17 mm de long. Collier : rougeâtre à noir. Couvertures : rouge-jaune/brun-jaune/bleu-noir, etc. Larves : 15–18 mm de long, blanchâtre.

Envol / génération :

De mai à juillet. Durée de la génération : généralement 1 an.

Essences attaquées :

Bois de feuillus encore sur pied, fraîchement abattus ou sur le point de dépérir, surtout le hêtre et le chêne.

Dommages causés :

Nombreuses et larges galeries d'alimentation entre le liber et l'aubier. Perce dans l'aubier un berceau de nymphose d'env. 4 cm de profondeur en forme de crochet.

Méthodes de lutes :

Ecorçage des troncs, traitement chimique préventif en cas d'apparition importante.

Importance économique :

Grosse perte de valeur possible des troncs de chênes en raison de leur présence massive.



Insecte adulte noir.



Insecte brun-rouge.



Galleries d'alimentation, partiellement remplies de farine d'alimentation. Les trous ovales sont le début des galeries à crochets pour la nymphose.

Figure 30 : (sources : WSL / Wikimedia Foundation)

Callidie violacée

Autre désignation :

Callidium violaceum, callidie violacée

Caractéristique :

Insectes : 8 à 16 mm de long. La tête, le bouclier et les ailes ont des reflets métalliques allant du violet au bleu ou au bleu-vert. Larves : 15–18 mm de long, blanchâtres.

Envol / génération :

De mai à juillet. Durée de la génération : généralement 1 à 2 ans.

Essences attaquées :

Bois de feuillus et de résineux fraîchement abattus, secs et encore écorcés. Aussi bien sur les troncs que sur les dosses ou le bois de chauffage empilé. Surtout épicéa et pin.

Dommmages causés :

Nombreuses et larges galeries d'alimentation entre le liber et l'aubier. Perce ensuite un berceau de nymphose en forme de galerie à crochets dans l'aubier. Trous de sortie ovales de 6–8 mm de diamètre.

Méthodes de lutes :

Écorçage des troncs.

Importance économique :

Peut aussi apparaître en masse si les conditions sont favorables.

Particularité :

La callidie violacée peut également terminer son développement dans le bois transformé.



Insecte avec une couleur bleu-métalisée.



La larve trapue dans des galeries d'alimentation aux bords vifs.



Couloirs d'alimentation se croisant avec les ouvertures des couloirs de crochets dans le bois.

Figure 31 : (sources: WSL / Wikimedia Foundation)

Autre désignation :

Tetropium castaneum (L.), capricorne brun

Caractéristique :

Insecte : 9 - 18 mm de long, corps plat, élytres brunes ou noires, antennes généralement brunes, collerette noire brillante.

Larve : 15-25 mm de long.

Envol / génération :

De mai à août. Une génération par an.

Essences attaquées :

Arbres sains et bois abattu, principalement de l'épicéa, mais aussi du pin et du mélèze dans certains cas.

Dommages causés :

Galeries larvaires entre l'écorce et l'aubier. Perce un berceau de nymphose de 2 à 4 cm de profondeur en forme de galerie à crochet dans l'aubier.

Méthodes de lutes :

Ecorcer et évacuer à temps les arbres fraîchement abattus.

Importance économique :

Peut causer des dommages considérables en cas de propagation massive.



La couleur de l'insecte peut varier du brun clair au noir. Les yeux sont presque divisés en deux. (tétropium=« quatre yeux »).



La larve dans le couloir avec des copeaux de bois.



Aspect typique des dégâts.

Figure 32 : (sources : WSL / Wikimedia Foundation / BFH)

Monochame

Autre désignation :

Monochamus sutor, *monochame cordonnier*

Caractéristique :

Insecte : 15–24 mm de long, ailes operculaires noires ponctuées de jaune, antennes une fois et demie à deux fois plus longues que le corps, collerette également noire avec deux pointes coniques.

Larve : 35–40 mm de longueur.

Envol / génération :

Juin et juillet. Une génération par année.

Essences attaquées :

Bois de résineux fraîchement abattu ou renversé par la tempête, principalement de l'épicéa.

Dommages causés :

Des galeries larvaires d'abord entre l'écorce et l'aubier, puis jusque dans le bois.

Méthodes de lutes :

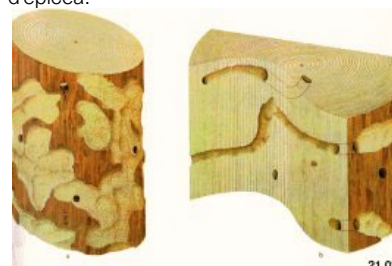
Ecorcer le bois avant l'infestation.

Importance économique :

Peut causer des dommages techniques importants en cas de prolifération.



Monochame cordonnier sur de l'écorce d'épicéa.



Galleries de larves sous l'écorce et galleries de forage dans le bois.

Figure 33 : (sources : WSL / Wikimedia Foundation / BFH)

Clype arqué

Autre désignation :

Plagionotus arcuatus

Caractéristique :

Insecte : 15–20 mm de longueur, tête et élytres noirs avec 3 à 4 bandes transversales jaunes incurvées. Pattes et antennes, jaune-rouge.

Larve : jusqu'à 40 mm de longueur.

Envol / génération :

Mai et juin. Une génération par année.

Essences attaquées :

Dépose ses œufs dans l'écorce des troncs de chênes ou de hêtres couchés ainsi que dans les arbres malades. Principalement à basse altitude ou dans les régions de basse montagne d'Europe centrale et méridionale.

Dommmages causés :

Galeries larvaires entre l'écorce et l'aubier. Celles-ci sont de plus en plus larges et remplies de sciure de forage. Perçage d'un berceau de nymphose de 6 à 8 cm de profondeur dans l'aubier, sous la forme d'une galerie à crochet.

Méthodes de lutes :

Ecorcer les grumes avant l'infestation.

Importance économique :

Tend à se multiplier en masse. En Suisse, fréquemment présent dans le bois de cheminée en hêtre. Il est impossible que le bois de cheminée se propage aux constructions en bois sec, car l'infestation est liée au bois frais, encore en écorce.



Insecte sur du bois de chêne.



Galeries de larves dans le bois ; ou dans le liber.

Figure 34 : (sources : Wikimedia Foundation, / BFH)

Foreur à peigne

Autre désignation :

Hylecoetus dermestoides

Caractéristique :

Insecte : 10–18 mm de longueur, très étroit.

Mâle : presque noir, femelle jaune-brun / brun-rouge.

Larve : corps étroit avec une longue queue pointue.

Envol / génération :

De fin mai à août. Durée de la génération : 1–3 ans.

Essences attaquées :

Bois de feuillus et de résineux, principalement des hêtres, chênes, épicéas et sapins abattus.

Dommmages causés :

Incubation dans le bois. Couloirs de forage de couleur noire, d'une largeur d'env. 2 mm, jusqu'au cœur du bois. Expulsion de la poussière de forage sous forme de tas de poussière de forage. Trous de forage circulaires, de 3 à 5 mm de diamètre, dans l'écorce ou à la surface du bois.

Méthodes de lutes :

Enlever le bois de la forêt avant la période de vol de l'insecte.

Stockage sec et aéré dans des parcs à bois.

Si nécessaire, traitement chimique préventif du bois stocké.

Importance économique :

Peut se multiplier massivement dans de bonnes conditions. Peut causer des dommages totaux au bois exploitable.



Les insectes mâles et femelles ont des couleurs différentes.



La larve présente un appendice typique en forme de sabre. En bas, le trou de forage.



Poussières de forage blanches rejetées en grande quantité.



Les insectes laissent derrière eux de nombreux trous circulaires lorsqu'ils éclosent.

Figure 35 : (sources : WSL / Wikimedia Foundation)

2.3.3. Nouvelles espèces d'insectes

Depuis quelques années, de nouvelles espèces d'insectes apparaissent, comme le capricorne asiatique des feuillus et le capricorne asiatique des agrumes, qui sont introduits avec du bois d'emballage mal traité (voir ISPN 15). Si de tels insectes sont découverts sur des grumes entreposées, il faut absolument le signaler au service phytosanitaire cantonal ou au service phytosanitaire fédéral.

Que faire en cas de suspicion d'infestation ?

- Capturer les insectes et les conserver dans un récipient en verre ou en métal fermé
- Photographier les insectes et vérifier qu'ils ne sont pas à confondre avec d'autres
- Informer le supérieur
- Annoncer rapidement par téléphone au Service phytosanitaire cantonal ou au Service de protection des forêts (adresse : www.blw.admin.ch > Production durable > Santé des végétaux > Contact) en indiquant le nom, l'adresse, le numéro de téléphone, l'e-mail, le lieu exact de la découverte et l'adresse du lieu de récolte.

En règle générale, cela signifie une dépréciation totale du bois rond, car le bois infesté doit être broyé et brûlé pour éviter une nouvelle propagation des parasites.

Ci-dessous, deux nouvelles espèces connues d'insectes qui apparaissent régulièrement et causent des dégâts.

Capricorne
asiatique

Autre désignation :

Anoplophora glabripennis

Caractéristique :

Insecte : 25–37 mm de longueur, noir brillant avec environ 20 taches claires irrégulières sur les élytres. Les antennes peuvent atteindre plus du double de la longueur du corps.

Larve : jusqu'à 50 mm de longueur.

Envol / génération :

D'avril à octobre. Durée de la génération 2–3 ans.

Essences attaquées :

Ponte dans l'écorce des érables, des peupliers, des châtaigniers, des bouleaux, des platanes, des hêtres et d'autres espèces de feuillus.

Dommages causés :

Pour pondre leurs œufs, les insectes creusent de petits entonnoirs dans l'écorce. Les larves se nourrissent d'abord dans le liber et pénètrent ensuite dans le bois. Après la nymphose, les insectes sortent d'un trou circulaire de 10 à 15 mm de diamètre, de mai à septembre.

Méthodes de lutes :

Le tronc entier doit être déchiqueté et brûlé.

L'infestation doit être signalée.

Les arbres voisins situés dans un rayon de 500 m doivent être contrôlés de près pour vérifier qu'ils ne sont pas infestés.

Importance économique :

Importé par du bois d'emballage mal traité. Peut se propager en masse dans certaines régions.



Insecte adulte.



Les trous circulaires ont une taille d'environ 1 cm.



Pour pondre ses œufs, l'insecte ronge de petits entonnoirs dans l'écorce. Les entonnoirs frais indiquent une nouvelle infestation.

Figure 36 : (sources : WSL)

Capricorne asiatique des agrumes

Autre désignation :

Anoplophora chinensis

Caractéristique :

Insecte : 25 à 40 mm de longueur, noir brillant avec une douzaine de taches claires sur les élytres. Les antennes peuvent atteindre environ le double de la longueur du corps.

Larve : jusqu'à 50 mm de longueur.

Envol / génération :

D'avril à octobre. Durée de la génération 2–3 ans.

Essences attaquées :

Le capricorne asiatique des grumes a un très large spectre d'hôtes et s'attaque à plus de 100 espèces de feuillus.

Dommages causés :

Fentes en forme de T de 3 à 4 mm de large dans l'écorce, sortie de copeaux de forage à la base du tronc et à la naissance des racines par des trous ovales. Trous de sortie ronds de 10 à 20 mm de diamètre.

Méthodes de lutes :

Le tronc entier doit être déchiqueté et brûlé.

L'infestation doit être signalée.

Les arbres voisins dans un rayon de 500 m doivent être contrôlés de près pour vérifier qu'ils ne sont pas infestés.

Importance économique :

Importé par du bois d'emballage mal traité. Peut se propager en masse dans certaines régions.



Insecte adulte.



La larve pourra atteindre 5 cm.



Les trous d'éjection ovales et peu visibles des larves dans l'écorce.



Tronc infecté avec des trous de forage circulaires.

Figure 37 : (sources : WSL)

2.4. Reconnaissance des champignons lignivores

L'identification des champignons est assez difficile et demande beaucoup d'expérience. Il existe de très nombreuses espèces de champignons, qui se distinguent par leur forme, leur mode de vie, leur fonction dans la nature, etc.

Mais que sont réellement les champignons et de quoi sont-ils composés ? La figure ci-dessous représente et explique schématiquement la structure d'un champignon avec chapeau.

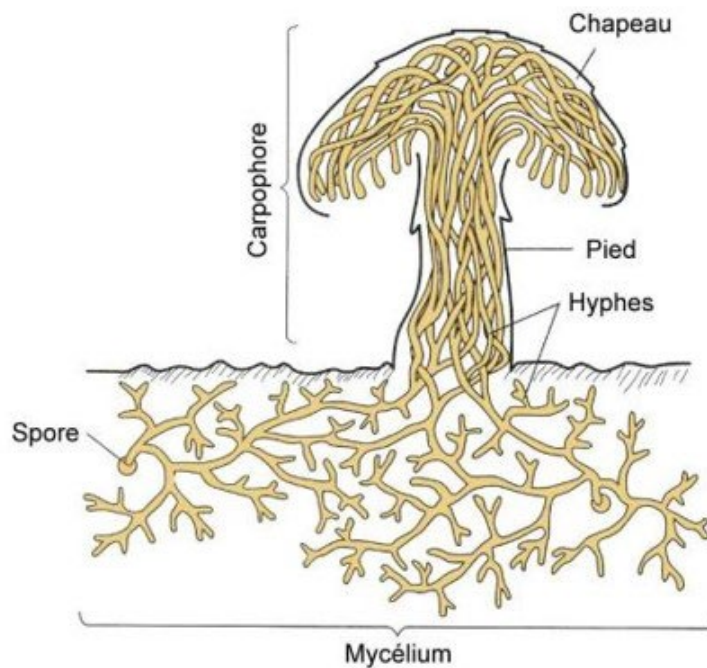


Figure 38 : Structure des champignons (source : BFH)

Les champignons sont constitués de filaments microscopiques, les **hyphes**. L'ensemble des hyphes est appelé **mycélium**. Différents champignons forment un corps fructifère sur le mycélium. La forme du corps fructifère peut varier considérablement d'une espèce à l'autre. La reproduction des champignons se fait par la dissémination de **spores**. Les champignons lignivores se nourrissent de substances organiques telles que la lignine, la cellulose, l'hémicellulose, le sucre, l'amidon et les protéines.

Une classification qui a quelque peu fait ses preuves dans la pratique est représentée dans l'illustration ci-dessous. Les champignons lignivores y sont classés en fonction de leurs dégâts.

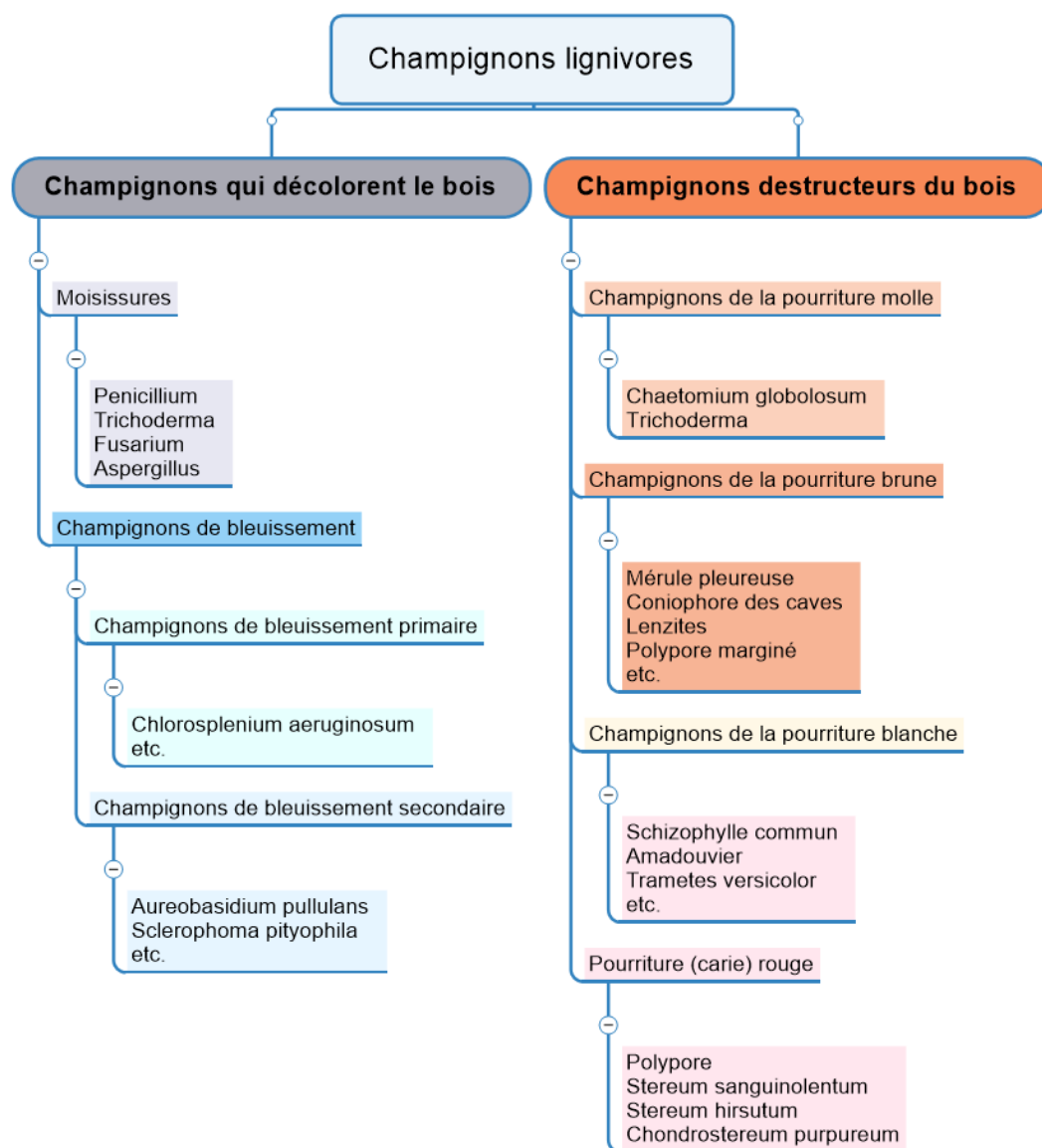


Figure 39 : Classification possible des champignons lignivores (source : Stalder)

Pour chacun de ces différents groupes, il existe de nombreuses espèces de champignons qui provoquent les dégâts mentionnés. Certaines d'entre elles sont décrites ci-dessous.

Pour une détermination sûre des champignons, de nombreuses caractéristiques doivent être prises en compte. L'illustration présente une compilation de caractéristiques permettant une identification précise.

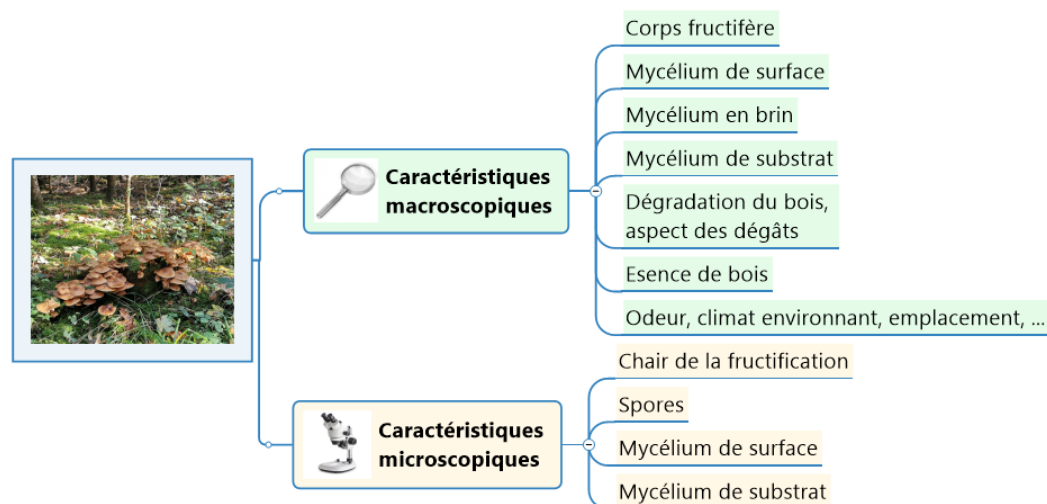


Figure 40 : Critères d'identification des champignons (source : Stalder)

Comme on ne dispose guère d'un microscope pour la détermination, il faut se contenter des caractéristiques macroscopiques visibles à l'œil nu ou à la loupe. Dans la pratique, cela suffit généralement amplement.

Par exemple, pour les champignons du bleuissement, on se contente de déterminer s'il s'agit d'un bleuissement primaire ou d'un bleuissement secondaire. Les deux types de dégâts sont causés par des dizaines d'espèces de champignons différentes.

Ensuite, il y a la méthode de détermination scientifique à l'aide de l'analyse génétique. Cela permet une détermination absolument précise.

2.4.1. Développement de champignons

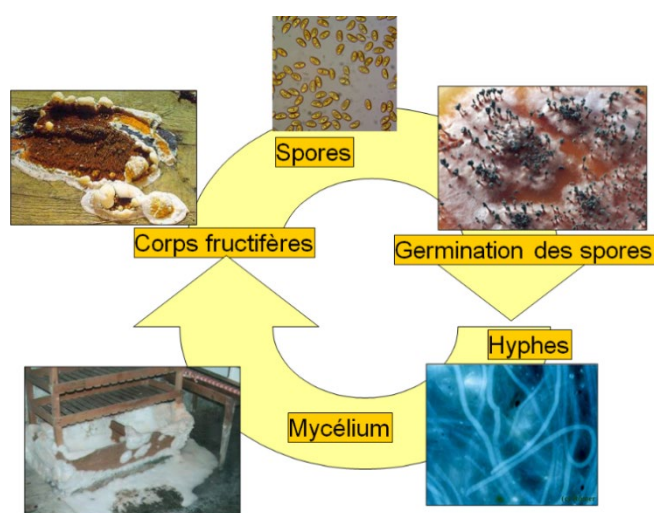


Figure 41 : Cycle de développement des champignons lignivores (source : Stalder)

Les spores de champignons sont toujours présentes dans l'air. Selon des études scientifiques, il y a toujours entre 1.000 et 10.000 spores dans un mètre cube d'air. Pour pouvoir se développer, les champignons n'ont donc besoin que de conditions environnementales favorables. Il s'agit notamment d'oxygène, d'une certaine plage de température et surtout d'humidité, et bien sûr d'un milieu de culture, appelé substrat. Pour les champignons lignivores, il s'agit logiquement du bois.

Le champignon a besoin de l'humidité, d'une part pour la germination des spores, d'autre part pour la sécrétion d'enzymes qui assurent la décomposition du bois ou de ses composants, et enfin pour le transport des substances nutritives.

Le développement des champignons peut être facilement représenté par un cycle.

Spores

Elles sont produites par le corps fructifère et assurent la dissémination du champignon. Les spores de champignons peuvent avoir une durée de vie très longue et,

dans des conditions favorables, germer même après une longue période d'inactivité. C'est pourquoi le risque de propagation par la dissémination des spores est important.

Germination des spores

Lorsque les spores tombent sur un milieu de croissance approprié (substrat) et que les conditions environnementales sont favorables, elles germent. Dans le cas des champignons lignivores, le substrat est le bois.

Hyphes

Les germes de spores forment des filaments fongiques qui se fondent en un réseau et forment dans leur ensemble le mycélium.

Mycélium

Les filaments mycéliens rendent les substances nutritives accessibles à la croissance du champignon. Par la sécrétion d'enzymes¹, ils dissolvent les contenus cellulaires ou les substances de la paroi cellulaire du bois. Ils sont donc responsables des véritables dommages et sont présents aussi bien à l'intérieur qu'à la surface du bois (mycélium de surface).

Corps fructifères

Les corps fructifères (fructifications) apparaissent généralement comme des formations spongieuses bien visibles, mais ne sont qu'une partie du champignon. Si le corps fructifère est enlevé, la dégradation du bois par le mycélium se poursuit de façon immuable. Le corps fructifère forme des spores à l'intérieur ou à la surface, grâce auxquelles le champignon se reproduit. Le cycle est ainsi bouclé.

A l'exception de la germination des spores, tous ces éléments et stades de développement servent également de signes distinctifs pour la détermination des champignons.

Ci-dessous, les conditions environnementales observées pour quelques espèces ou groupes de champignons. Selon la source, les données diffèrent parfois considérablement.

Champignons	Teneur en humidité du bois en %	Plage de température en °C (optimale)
Champignons de pourriture brune en général	Minimum env. 25 Optimal env. 50–60	18–31
Mérule pleureuse	Minimum env. 20 Optimal env. 30–40	18–22
Champignons de la pourriture blanche et de pourriture molle	Minimum env. 30 Optimal 40–70	18–28
Pourriture (carie) rouge	Minimum env. 30	18–28
Moisissures	Minimum env. 18 Optimal 25–70	24–28
Champignons de bleuissement	Minimum env. 30 Optimal 30–80	Env. 5–35

¹ Les enzymes sont des substances qui aident par exemple à dissoudre d'autres substances. Les enzymes nous aident également à digérer les aliments.

On remarque que de nombreuses espèces de champignons peuvent bien se développer dans la zone de saturation des fibres ($u = 28\text{--}32\%$). Si ces conditions sont réunies pendant une longue période (> 6 mois), une infestation fongique nuisible peut se développer.

Il faut donc veiller à ce que le bois ne soit pas stocké trop longtemps. Si cela ne peut pas être évité, le bois doit être stocké dans un entrepôt humidifié ou un traitement chimique préventif doit être envisagé.

En ce qui concerne la température, nécessaire pour le développement, il faudra compter avec une température comprise entre $-2,5^{\circ}\text{C}$ et 42°C . Des températures plus élevées peuvent détruire le mycélium.

Plusieurs types de pourriture sur le même bois

Différents types de pourriture peuvent apparaître simultanément ou successivement sur le même bois. Différentes espèces de champignons et différentes formes de pourritures dégradent le bois en parallèle ou de manière échelonnée dans le temps. Cela rend encore plus difficile une identification claire.



Figure 42 : Pourriture brune (en haut) et pourriture blanche (en bas) sur la même pièce de bois (source : Wikimedia Foundation)

2.4.2. Moisissures



Figure 43 : Moisissures sous sur les lambris d'un toit (source : advisan.net)

En cas de moisissure, des champignons microscopiques se développent à la surface du bois humide. Les champignons ne pénètrent pas dans le bois, ils se contentent de colorer la surface. Ils ne détruisent pas le bois, car ils ne dégradent ni la lignine ni la cellulose. Ils sont un bon indicateur d'humidité et indiquent ainsi un climat favorable aux champignons destructeurs du bois.

2.4.3. Champignons de bleuissement

Les champignons de bleuissement modifient la couleur du bois. Des hyphes sombres se développent dans les cavités cellulaires. Le bleuissement (effet visible des dégâts causés par les champignons) se produit surtout dans l'aubier du bois d'épicéa, de sapin et de pin. Ces champignons n'attaquent pas le bois lui-même (parois cellulaires), mais se nourrissent uniquement des substances contenues dans le bois (amidon et sucre) et dans les cavités cellulaires. On distingue deux types de bleuissement : le bleuissement primaire et le bleuissement secondaire.

Le **bleuissement primaire** se trouve sur l'aubier des arbres fraîchement abattus et sur le bois de sciage.



Figure 44 : Bleuissement primaire dans l'aubier de deux rondelles de résineux (source : Stalder)

L'illustration montre bien comment les champignons de bleuissement pénètrent radialement dans le bois le long des rayons médullaires et colorent l'aubier en bleu-noir.

Le bleuissement primaire se produit souvent lorsque les grumes sont stockées trop longtemps. Par exemple, lorsque des pins abattus en hiver sont laissés en forêt dans un tas de grumes jusqu'à une période avancée du printemps. L'idéal est donc de traiter le bois avant que les conditions de développement ne soient favorables aux champignons de bleuissement.

Comme nous l'avons déjà mentionné, le bleuissement primaire n'est qu'un préjudice visuel et les troncs bleus sont triés conformément aux pratiques commerciales.

Le **bleuissement secondaire** se produit lorsque le bois est à nouveau exposé à l'humidité pendant une longue période après le séchage. Cela signifie que ces champignons ne sont en fait présents que sur le bois de sciage.



Figure 45 : Bleuissement secondaire à gauche sur un bois de résineux, à droite sur un bois de feuillus (source : Stalder)

Les champignons de bleuissement n'ont qu'une faible influence sur les propriétés mécaniques du bois. Toutefois, comme le bois bleui absorbe davantage d'eau, les champignons de bleuissement peuvent favoriser l'attaque de champignons destructeurs du bois. De plus, les peintures adhèrent mal sur le bois bleui et les couches de peinture peuvent être détruites par la croissance du mycélium. Dans ce cas, on parle également de bleuissement secondaire ou de « bleuissement de la peinture ».



Figure 46 : Bleuissement secondaire (bleuissement de la peinture) sur un avant-toit dû à la formation permanente de condensation en automne et en hiver. (source : Kolb)

Même si les champignons de bleuissement n'endommagent pas la structure du bois, ils entraînent une dévalorisation visuelle du bois. De plus, comme les moisissures, ils sont un signe certain d'un climat favorable aux champignons.

2.4.4. Pourriture (carie) rouge

Au début de l'infestation, les dommages ne sont qu'esthétiques, mais au fur et à mesure de la propagation et de l'activité, les enzymes² commencent par démonter la lignine, puis la cellulose, ce qui réduit massivement la résistance à la flexion et à la compression. Cela signifie que les rayures rouges sont en fait une pourriture blanche à un stade précoce. Les caries rouges apparaissent lorsque le bois rond est stocké pendant une longue période. La dépréciation du bois est importante.

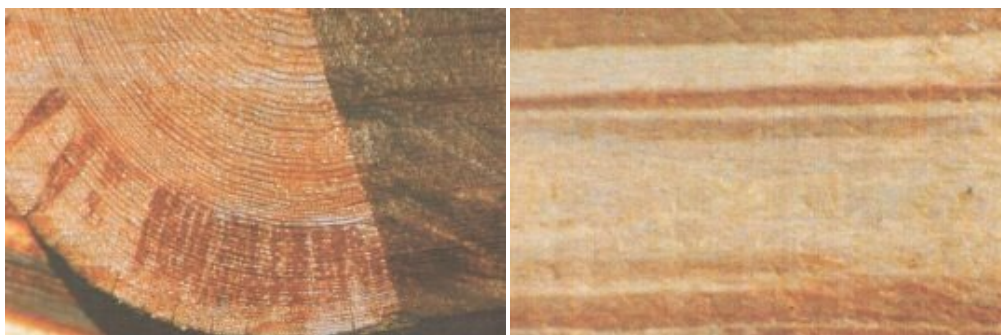


Figure 47 : Marque de rougissement dans la section transversale d'une grume et dans le bois de sciage (source : BFH)

² Les enzymes sont des substances qui accélèrent les réactions chimiques. Dans le cas des champignons, elles aident à décomposer les molécules de lignine ou de cellulose et à créer des molécules que le champignon peut utiliser comme nourriture. Nous aussi, les humains, avons besoin d'enzymes pour digérer les aliments.

Différents champignons et causes sont responsables de la pourriture rouge. D'une part, elles sont principalement causées par les espèces de champignons suivantes sur le bois à terre ou en piles :

- *Chondrostereum purpureum*
- *Stereum sanguinolentum* (stérée sanguinolent)
- *Stereum hirsutum*³ (stérée hirsute)

Les photos suivantes montrent des exemples de bois rond infesté par ces champignons.



Figure 48 : *Chondrostereum purpureum* (source : Wikimedia Foundation)

³ Pour les champignons également, il est recommandé d'utiliser les noms scientifiques pour la recherche sur Internet. On obtient des résultats plus précis et de meilleure qualité.



Figure 49 : *Stereum sanguinolentum* = Stérée sanguinolent (source : Wikimedia Foundation)



Figure 50 : *Stereum hirsutum* = stérée hirsute (source : Wikimedia Foundation)

En prévention, le bois stocké à l'état humide peut être arrosé d'eau afin de maintenir la teneur en humidité du bois à un niveau suffisamment élevé pour que les champignons ne trouvent pas de conditions favorables à leur développement.

Autres causes

Les traces rouges dans le bois peuvent également être causées par une infestation de l'arbre sur pied par un champignon des racines ou une espèce d'armillaire. Cela se produit souvent chez les épicéas lorsque des spores de champignons pénètrent dans l'arbre et peuvent y germer suite à une blessure de l'écorce au niveau des racines (racines peu profondes).



Figure 51 : Links A gauche, corps fructifère de l'armillaire mielleux, à droite, corps fructifère d'un amadouvier. (source : Wikimedia Foundation)

La coloration brun-rougeâtre apparaît alors plutôt à l'intérieur du tronc. Cette coloration se transforme ensuite en pourriture du cœur et le bois perd de sa résistance.



Figure 52 : Dommages causés au bois d'épicéa par la pourriture du cœur et les caries rouges dues à l'amadouvier ou à l'armillaire (source : Stalder)

Les dégâts causés par ces deux champignons peuvent toutefois être très différents. Ainsi, la pourriture des racines et l'armillaire peuvent également provoquer ce que l'on appelle une « pourriture blanche » ou une « pourriture blanche sélective ».



Figure 53 : « Pourriture blanche », « Pourriture blanche sélective » sur de l'épicéa
(source : Wikimedia Foundation)

Dans certains cas, une infestation par l'armillaire peut également être détectée par la présence d'un mycélium blanc directement sous l'écorce.



Figure 54 : Tapis blancs de mycélium d'armillaire sous l'écorce (source : WSL)

Le bois affecté par la pourriture rouge (carie rouge) doit être classé en conséquence, en fonction de l'avancement de la dégradation. Les parties résistantes au

clouage peuvent encore être utilisées pour des applications spéciales, p.ex. la construction de cercueils.

Si la résistance du bois est déjà affectée par l'infestation, les parties du tronc infectées doivent être coupées largement, car le mycélium peut encore se trouver dans du bois apparemment "sain". Les fins filaments du champignon (hyphes) sont à peine visibles à l'œil nu.

2.4.5. Pourriture brune ou pourriture cubique

Lors de la pourriture brune, c'est principalement la cellulose du bois qui est dégradée. Il ne reste que la lignine brune. Lorsque le bois sèche, il prend une structure cubique typique. Le bois décomposé peut être réduit en une fine poussière entre les doigts.



Figure 55 : Pourriture brune dans la section transversale du tronc et sur le banc public (sources : Wikimedia Foundation / Stalder)

La pourriture brune est causée par différentes espèces de champignons. Elle peut se produire aussi bien sur un arbre sur pied que sur un arbre abattu ou mis en œuvre, p.ex. du bois de construction. Elle se manifeste surtout sur le bois de résineux. Les espèces de champignons qui provoquent la pourriture brune sur l'arbre sur pied sont le polypore du mélèze (*Laricifomes officinalis*), le polypore soufré (*Laetiporus sulphureus*), le polypore marginé (*Fomitopsis pinicola*), la langue de bœuf (*Fistulina hepatica*), le polypore amère (*Spongiporus stipticus*) et bien d'autres.



Figure 56 : Gauche polypore marginé, droite polypore soufré (source : Wikimedia Foundation)

La pourriture brune entraîne une dépréciation totale du bois. Les parties du tronc atteintes par la pourriture brune doivent donc également être découpées largement afin de pouvoir éliminer également les hyphes invisibles à l'œil nu.

2.4.6. Pourriture blanche ou pourriture corrosive.

La pourriture blanche se manifeste généralement sur un arbre vivant. Mais elle se manifeste également sur le bois stocké dans des conditions humides et sur le bois de construction des bâtiments. Ce sont surtout les bois de feuillus qui sont touchés. Les champignons qui en sont responsables ont besoin d'une teneur en humidité du bois relativement élevée. Les champignons de la pourriture blanche les plus fréquents sont les *trametes versicolor* et les amadouiers.



Figure 57 : Champignons du genre *Trametes versicolor* (source : Wikimedia Foundation)

Lors de la pourriture blanche, la lignine est d'abord dégradée. Il en résulte la structure fibreuse typique du bois attaqué. Le bois prend alors une couleur claire à blanchâtre. L'infestation se présente toutefois sous différentes formes et à des degrés divers. Dans un deuxième temps, le champignon procède également à la dégradation de la cellulose.

Les illustrations suivantes montrent des exemples de bois atteints par la pourriture blanche.



Figure 58 : Pourriture blanche sur un poteau en chêne (source : Wikimedia Foundation)

Dans le cas de la « pourriture blanche », c'est surtout la lignine qui est démontée au début. Si cela ne se produit que ponctuellement, on parle de « pourriture blanche sélective ».



Figure 59 : Pourriture blanche sélective causée par l'amadouvier du pin (source : WSL)

Dans le cas des bois de feuillus atteints de pourriture blanche, l'infestation se traduit souvent par des lignes sombres dans le bois, qui délimitent le bois sain du bois infesté.



Figure 60 : Bois de feuillus atteint de pourriture blanche. Bien visible : la délimitation entre le bois sain et le bois infecté (source : Stalder)

2.4.7. Pourriture molle

Les champignons de la pourriture molle ont besoin d'une teneur en humidité du bois élevée à très élevée pour se développer. La pourriture molle apparaît donc généralement sur le bois qui est constamment exposé à une humidité élevée. Cela peut être le cas lorsque le bois est en contact avec de la terre ou qu'il est stocké dans un endroit inapproprié. Les champignons de la pourriture molle sont capables de procéder à la dégradation du bois, même dans des conditions extrêmes telles qu'une forte saturation en eau et une faible teneur en oxygène. Les dégâts causés par la pourriture molle ressemblent à ceux de la pourriture brune, car ici aussi, c'est principalement la cellulose qui est démontée et il reste de la lignine.



Figure 61 : Pièce de bois dégradée par la pourriture molle, avec une structure cubique fine typique (source : Wikimedia Foundation)

La pourriture molle part toujours de la surface et ne pénètre généralement que de quelques millimètres. Lorsqu'elle est humide, la surface du bois moisi est grasseuse et présente une couleur foncée (grisonnement). Le bois est doux et moisi au toucher et peut être enfoncé avec l'ongle. Après le séchage, la surface du bois prend une structure cubique. Elle se distingue de la pourriture brune par une structure nettement plus fine, c'est-à-dire que les cubes sont plus petits.

2.5. Protéger les grumes contre les attaques d'insectes ou de champignons

Dans l'idéal, le bois abattu est transporté hors de la forêt peu après l'abattage et transformé dans la scierie. Cependant, cela n'est pas toujours possible pour diverses raisons :

- Abattage hivernal : la plupart du bois est abattu pendant les mois d'hiver, mais la scierie a besoin d'une quantité égale de bois tout au long de l'année.
- Bois de tempête : le bois de tempête est produit en grandes quantités. Pour des raisons de capacité, il n'est pas possible de tout traiter en même temps.

Comme nous l'avons mentionné à plusieurs reprises dans les chapitres précédents, les champignons et les insectes peuvent se développer si les conditions environnementales (température et teneur en humidité du bois) sont favorables. Cela peut se produire lorsque les grumes sont laissées au sol pendant une longue période.

Les insectes xylophages cherchent alors un endroit approprié pour pondre leurs œufs et les spores de champignons commencent à germer.

Il convient d'empêcher ces conditions environnementales favorables. Différentes méthodes ont donc été développées pour pouvoir stocker les grumes plus longtemps sans qu'elles ne soient endommagées et perdent de leur valeur.

- **Stockage du bois en écorce** : stocker le bois abattu en grandes piles avant novembre ou après février, car c'est à cette période que le risque d'infestation par le bostryche liséré et le bostryche typographe est le plus faible.



Figure 62 : Piles de grumes (source : ForêtSuisse)

- **Stockage sans écorce** : le bois est écorcé avant le vol des insectes, de sorte que les callidies de l'épicéa et les monochames cordonnier n'ont pas la possibilité de s'installer. Il existe toutefois un risque accru d'infestation par des champignons de bleuissement et, par temps très sec, des fissures peuvent apparaître dans le bois.
- **Stockage sans écorce dans des piles bien aérées** : Dans les piles bien aérées, l'humidité est réduite si rapidement que le risque d'infestation par les insectes et les champignons diminue. Il existe toutefois un risque de formation de fissures en raison d'un séchage trop rapide.



Figure 63 : Empilage sec (source : FVA/Wonsack)

- **Couverture des piles par un film plastique** : la teneur en humidité du bois est maintenue à un niveau suffisamment élevé sur une longue période pour minimiser les attaques de champignons et d'insectes.
- **Stockage humide** : l'arrosage permanent permet de maintenir la teneur en humidité du bois aussi élevée que possible. Le stockage humide permet de conserver le bois très longtemps. Il nécessite toutefois beaucoup d'eau et des emplacements appropriés.



Figure 64 : Stockage humide à Ossingen au stade précoce (source : Winkler)

- **Lutte biologique** : la lutte biologique fait appel à d'autres organismes vivants tels que des prédateurs, des parasites, des micro-organismes, des virus ou des champignons pour éliminer les ravageurs ou empêcher une infestation. En outre, on utilise ce que l'on appelle des appâts (substances odorantes), soit pour attirer les parasites et les piéger, soit pour rendre le bois peu attractant pour les parasites.
- **Traitement des grumes avec des produits chimiques de protection** : Si les autres possibilités ne sont pas disponibles, il est possible d'effectuer un traitement avec des produits phytosanitaires ou des produits de protection du bois contre les insectes qui incubent dans le bois, dans les endroits appropriés. Les produits contre les insectes sont appelés « insecticides ».



Figure 65 : Bois rond traité avec des produits phytosanitaires et marqué (source : Grubenmann)

2.5.1. Lois et ordonnances relatives à la protection de l'environnement et à l'utilisation de produits phytosanitaires et de préservation du bois

Lois

Pour protéger l'environnement, il existe aujourd'hui une multitude de prescriptions qu'il convient également de respecter lors de la construction. En effet, dans une entreprise moderne, ni la santé des collaborateurs ni l'environnement ne doivent être soumis à des contraintes excessives. Les nuisances, par exemple le bruit inutile, doivent également être évitées ou réduites dans la mesure du possible.

Le chapitre « Sécurité au travail » du manuel d'apprentissage de 1ère année donne un aperçu complet de la thématique et il est recommandé de réviser ce chapitre avant de parcourir les pages suivantes.

Les lois et ordonnances suivantes constituent le cadre d'une utilisation sûre et respectueuse de l'environnement des produits phytosanitaires et des produits de protection du bois.

La **loi fédérale sur la protection de l'environnement** et la **loi fédérale sur la protection des eaux** contiennent les prescriptions fondamentales pour la protection de l'environnement et des eaux et pour la préservation de leurs fonctions. Toutes les lois et ordonnances dans ce domaine commencent par le numéro "814".

La **loi sur les produits chimiques** définit le cadre de la manipulation des substances dangereuses. Dans le recueil des lois suisses, tous les actes législatifs qui traitent de la protection de la santé humaine commencent par le numéro "813".

La **loi fédérale sur l'agriculture** constitue la base de l'ordonnance sur les produits phytosanitaires.

La **loi sur les forêts** a pour but de conserver la forêt dans sa superficie et sa répartition spatiale, de protéger la forêt en tant que biocénose proche de la nature et de veiller à ce que la forêt puisse remplir ses fonctions de protection, de bien-être et d'exploitation (fonctions forestières).

La **loi sur le travail** (LTr) et la **loi sur l'assurance-accidents** (LAA) s'appliquent également dans le cadre de la manipulation de substances dangereuses. La loi sur le travail régit, outre la protection de la santé au travail (notamment l'hygiène du travail, l'ergonomie), les horaires de travail, les locaux de travail et leurs installations, les voies d'évacuation et d'autres questions. La LAA est en premier lieu une loi sur les assurances sociales qui régit la prise en charge des frais de guérison et des éventuelles indemnités (rentes, indemnités pour atteinte à l'intégrité) en cas d'accident ou de maladie professionnelle. En outre, la LAA contient un chapitre sur la sécurité au travail et la prévention des maladies professionnelles.

Ordonnances

Les différentes lois ne font que fixer le cadre et les règles générales et permanentes. Les dispositions d'exécution relatives aux différents thèmes sont réglées dans de nombreuses ordonnances.

- L'**ordonnance sur les produits chimiques** (OChim, RS 813.11) régit l'obligation du fabricant de procéder à un autocontrôle, à une classification, à un étiquetage, à un emballage des produits et à une notification obligatoire.
- L'**ordonnance sur les produits biocides** (OPBio, RS 813.12) régit l'autorisation des produits biocides, dont font notamment partie les produits de protection du bois.
- L'**ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques** (ORR-Chim, RS 814.81) contient des dispositions particulières pour les produits qui présentent un danger particulier pour l'homme et l'environnement. Elle prévoit notamment que seules les personnes titulaires d'un permis pour la protection du bois sont autorisées à utiliser des produits de protection du bois à titre professionnel ou commercial ou à instruire d'autres personnes à cet effet.
- L'**ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits pour la conservation du bois** (OPer-B, RS 814.812.37) régit les conditions que les personnes doivent remplir pour obtenir le permis pour la conservation du bois et les autorisations qui y sont liées.
- L'**ordonnance du DETEC relative au permis pour l'emploi de produits phytosanitaires dans l'économie forestière** (OPer-Fo, RS 814.812.36) définit les activités que le permis autorise à exercer. Elle définit également les connaissances et les compétences requises pour l'obtention d'un tel permis.
- L'**ordonnance du DFI relative à la personne de contact pour les produits chimiques** (RS 813.113.11) règle les tâches de la personne de contact pour les produits chimiques et les exigences auxquelles elle doit satisfaire.

- L'ordonnance du DFI sur la classification et l'étiquetage officiels des substances définit la classification et l'étiquetage de certaines substances.
- L'ordonnance du DFI sur les connaissances techniques requises pour la remise de certaines substances et préparations dangereuses (RS 813.131.21) règle les exigences auxquelles doivent satisfaire les personnes qui remettent des substances et des préparations dangereuses à des utilisateurs professionnels ou au grand public.
- L'ordonnance sur la mise en circulation des produits phytosanitaires (RS 916.161) règle principalement les exigences relatives aux produits phytosanitaires et aux procédures d'autorisation. L'objectif est de garantir que les produits phytosanitaires sont efficaces, qu'ils ne nuisent pas à la santé des utilisateurs lors de leur application, qu'ils ne laissent pas de résidus nocifs sur les denrées alimentaires et qu'ils n'ont pas d'effets environnementaux excessifs.

Les principales prescriptions relatives à l'utilisation de produits pour la conservation du bois et de produits phytosanitaires sont énumérées ci-dessous.

Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques, ORRChim, RS 814.81

Les dispositions suivantes s'appliquent à l'utilisation de produits pour la conservation du bois dans les **zones de protection des eaux souterraines** (annexe 2.4, chiffre 1.4 Utilisation dans les zones de protection des eaux souterraines) :

¹ Dans les zones S1, S2 et Sh de protection des eaux souterraines, il est interdit :

- a. d'employer des produits pour la conservation du bois ;
- b. d'entreposer du bois traité avec des produits pour la conservation du bois.

² Toute personne qui a l'intention d'employer des produits pour la conservation du bois ou d'entreposer du bois traité avec ces produits dans les zones S3 et Sm de protection des eaux souterraines ou à proximité des eaux, doit prendre les mesures de construction nécessaires pour empêcher l'infiltration et l'entraînement par ruissellement des produits.

Pour les produits phytosanitaires, les dispositions suivantes s'appliquent conformément à l'annexe 2.5, chiffre 1.1 :

Il est interdit d'employer des produits phytosanitaires :

- a. dans des régions qui sont classées réserves naturelles en vertu de la législation fédérale ou cantonale, à moins que les prescriptions qui s'y rapportent en disposent autrement ;
- b dans les roselières et les marais;
- c. dans les haies et les bosquets, ainsi que sur une bande de 3 m de large le long de ceux-ci ;
- d. en forêt et sur une bande de 3 m de large le long de la zone boisée.
- e. dans les eaux superficielles et sur une bande de 3 m de large le long de celles-ci, sachant que la bande concernant les cours d'eau pour lesquels un espace réservé au cours d'eau au sens de l'art. 41a OEaux153 a été fixé ou pour lesquels

un espace réservé au cours d'eau n'a expressément pas été fixé, conformément à l'art. 41a, al. 5, OEaux, se mesure à partir de la ligne du rivage et pour les autres cours d'eaux et les plans d'eau à partir de la limite supérieure de la berge conformément à la brochure « Bordures tampon, Comment les mesurer, comment les exploiter ? », KIP/PIOCH 2009¹⁵⁴;

f. dans la zone S1 de protection des eaux souterraines ;

g. sur les voies ferrées et le long de celles-ci dans les zones S2 et Sh de protection des eaux souterraines.

Il existe également quelques exceptions qui sont importantes pour la pratique au chiffre 1.2 de l'annexe 2.5 de l'ORRChim.

3 Lorsque, en forêt, les produits phytosanitaires ne peuvent pas être remplacés par des mesures polluant moins l'environnement, l'autorité cantonale compétente délivre, en dérogation à l'interdiction au sens du ch. 1.1, al. 1, let. d, une autorisation au sens des art. 4 à 6 permettant l'usage de produits phytosanitaires :

a. pour le traitement du bois pouvant entraîner des dégâts aux forêts à la suite de catastrophes naturelles, ainsi que contre les agents pathogènes pouvant causer ces dégâts, si la conservation de la forêt l'exige ;

b. pour le traitement du bois coupé avec des insecticides qui, en vertu de l'ordonnance sur les produits phytosanitaires, sont homologués pour la culture nommée « grumes en forêt et sur les places de stockage », dans des sites appropriés et pour autant que ce bois ne puisse pas être évacué à temps, que ces sites ne se trouvent pas dans des zones S1, S2 et Sh de protection des eaux souterraines, et que des mesures efficaces soient prises pour empêcher l'infiltration et l'entraînement par ruissellement des produits ;

Elle règle également les conditions personnelles et professionnelles pour l'utilisation de certaines substances, préparations et objets particulièrement dangereux (permis spéciaux).

L'utilisation de produits phytosanitaires ou de produits pour la conservation du bois dans un cadre commercial ou professionnel nécessite un **permis** ou une qualification reconnue comme équivalente (art. 7 - 12, ORRChim ; ordonnance du DETEC du 28 juin 2005 relative au permis pour l'emploi de produits pour la conservation du bois OPer-B).

Ordonnance sur les produits chimiques RS 813.11

L'ordonnance sur la protection contre les substances et les préparations dangereuses (OChim) est, avec la loi sur les produits chimiques, l'instrument juridique déterminant pour l'utilisation de substances dangereuses.

Elle règle la classification et l'étiquetage des substances dangereuses.

Fiche de données de sécurité (FDS)

Pour les produits contenant des substances dangereuses, le fabricant ou l'importateur doit établir une fiche de données de sécurité. Si la fiche de données de sécurité est modifiée, le fabricant doit la mettre gratuitement à la disposition de tous les acquéreurs auxquels il a livré la substance ou la préparation concernée au cours des douze derniers mois. Aujourd'hui, cela se fait généralement par la publication sur le site Internet.

Veillez à toujours avoir à disposition les fiches de données de sécurité les plus récentes.

Obligations découlant de la réglementation sur les produits chimiques

Manipulation de substances, de préparations et de produits

- Le devoir général de diligence s'applique.
- Il convient de respecter les indications figurant sur l'emballage (étiquette) et sur la fiche de données de sécurité.
- Lire également le mode d'emploi et la fiche technique.
- Le produit ne doit être utilisé que pour l'usage indiqué.
- Le produit ne doit être utilisé que dans la quantité nécessaire à l'usage prévu.
- Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour éviter que le produit ne se répande dans l'environnement et ne nuise aux écosystèmes voisins.
- Pour l'application, il convient d'utiliser des appareils et des accessoires appropriés.
- Les quantités résiduelles doivent être éliminées conformément aux indications de la fiche de données de sécurité. Si celles-ci font défaut, il convient de clarifier la filière d'élimination.

Rangement et entreposage

- Respecter les indications figurant sur l'emballage (étiquette) et dans la fiche de données de sécurité (section 7 de la fiche de données de sécurité).
- Protéger les substances, les préparations et les récipients contre les effets mécaniques.
- Stockage bien ordonné ; séparé des autres marchandises ; pas de produits alimentaires, d'aliments pour animaux ou de médicaments à proximité immédiate !
- Séparer les substances et les préparations qui peuvent réagir dangereusement entre elles (respecter les indications de la fiche de données de sécurité).
- Conserver uniquement dans des récipients appropriés (distincts, étiquetés, durablement étanches).
- Conserver hors de portée des personnes non autorisées, par exemple des enfants. C'est-à-dire ne pas laisser traîner, mais enfermer dans la camionnette par exemple.

Consultez donc toujours les fiches de données de sécurité et les fiches techniques et suivez les instructions.

Ordonnance sur les produits biocides, OPBB RS 813.12

Sont considérés comme **produits biocides** les **substances**, préparation ou objet, sous la forme dans laquelle ils sont livrés à l'utilisateur, constitués **d'une ou plusieurs substances actives**, en contenant ou en générant, qui sont destinés à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir les dommages ou à les combattre de toute autre manière par une action autre qu'une simple action physique ou mécanique.

Les substances ou préparations générées par des substances ou des préparations qui ne sont pas elles-mêmes des produits biocides mais destinées au même but que les produits biocides (art. 2, let. a).

Les **produits phytosanitaires** et les **produits de protection du bois** sont considérés comme des produits biocides en raison des substances actives fongicides et insecticides qu'ils contiennent.

Manipulation des produits biocides

Toute personne qui manipule des produits biocides est soumise à un devoir de diligence particulier et doit satisfaire aux exigences suivantes :

- Les produits biocides doivent être utilisés de manière appropriée.
- Les produits biocides et leurs déchets ne doivent pas mettre en danger l'homme, les animaux et l'environnement.
- Les instructions figurant sur l'emballage et sur la fiche de données de sécurité ainsi que le mode d'emploi doivent être respectés.
- Les produits biocides ne doivent être utilisés que pour l'usage prévu.
- Seuls les appareils permettant une utilisation correcte et ciblée du produit biocide peuvent être utilisés.
- L'utilisation des produits biocides doit être limitée au strict minimum.

Élimination

Pour l'élimination, se référer aux prescriptions et recommandations de l'OPBio. Consultez néanmoins toujours la fiche de données de sécurité du produit.

Tableau 1 : Méthodes d'élimination des produits phytosanitaires et des produits de protection du bois.

Type d'emballage	Élimination
Emballage d'origine (encore dans le commerce)	Fabricant / Distributeur (contre frais de transport, petites quantités gratuites)
Ouvert, mais avec le contenu d'origine	Fabricant / distributeur (petites quantités gratuites)
Ouvert avec contenu mélangé	Entreprise spécialisée et concessionnaire (payant, avec le code du déchet)

2.5.2. Principes de base du traitement des grumes avec des produits chimiques de protection (biocides)

Comme nous l'avons déjà mentionné, un traitement avec des produits chimiques de protection peut être utile dans certains cas, afin d'éviter ou du moins de retarder la dépréciation due aux insectes xylophages. Pour les grumes, les produits de protection sont pulvérisés ou vaporisés pour des raisons techniques d'application.

Une quelconque et simple pulvérisation ou aspersion n'est pas possible. Il existe des dispositions légales à respecter impérativement pour le traitement du bois ou des plantes avec des produits phytosanitaires contre les insectes xylophages. Les nombreuses bases légales relatives à l'utilisation de produits chimiques de protection sur les bois ronds sont présentées ci-dessous.

Tout d'abord, vous ou une autre personne de l'entreprise devez disposer du **permis** correspondant. Sans cela, aucun traitement ne peut être effectué.

Il existe deux possibilités :

- Si le bois rond se trouve sur le parc à grumes de la scierie, il suffit d'un « **Permis pour l'emploi de produits pour la conservation du bois** ».
- Si le bois rond se trouve encore dans un tas en forêt, il faut un « **Permis pour l'emploi des produits phytosanitaires dans l'économie forestière** », plus une autorisation d'utilisation de l'autorité cantonale d'exécution. Il s'agit généralement des services forestiers cantonaux ou des responsables cantonaux de la protection des forêts.

Traitement en forêt

En principe, l'utilisation de produits phytosanitaires en forêt est interdite par la loi et l'ordonnance sur les forêts. Si le traitement doit déjà avoir lieu en forêt, diverses exigences supplémentaires en matière de protection de l'environnement s'appliquent.

Les grumes ne peuvent être traitées avec des produits phytosanitaires que si le tas de bois concerné se trouve sur une place autorisée. Ces places sont définies par les autorités d'exécution (voir ci-dessus).

Seuls les produits phytosanitaires figurant sur la liste "Produits phytosanitaires en forêt" de l'Office fédéral de l'agriculture OFAG peuvent être utilisés. Cette liste doit être consultée avant chaque traitement, car les autorisations de ces produits sont limitées dans le temps. Le plus simple est de consulter le site Internet correspondant.

Lien vers le site web : <https://waldschutz.wsl.ch/fr/diagnostic-et-conseil/produits-phytosanitaires-en-foret.html>

Produits phytosanitaires en forêt

Extrait de l'index fédéral des produits phytosanitaires
(OFAG, (<https://www.psm.admin.ch/fr/produkte>), version : 11 janvier 2023

(Certaines substances comme les phéromones pour des monitorings sont disponibles dans le commerce comme formulations et ne font pas partie de cette liste.)

En cas de doutes, seuls les documents originaux de l'homologation sont valables. La citation d'un produit, d'une substance active ou d'une entreprise ne représente pas une recommandation. La citation d'un produit ne signifie pas que le produit soit commercialisé.

Veuillez respecter les fiches de sécurité respectives avec les charges correspondantes (respecter en particulier la protection des eaux), les indications relatives aux dangers et les symboles de danger.

Insecticides homologués pour le traitement des grumes en forêt et sur les places de stockage.				
Substance active	Dénomination commerciale (produit)	Distributeur (Titulaire de l'autorisation)	Distance des eaux de surface	Délai d'utilisation
alpha-Cyperméthrin ^{1,2,3}	Fastac Forst	BASF Schweiz AG	20 m	30.06.2023 ⁴
	Storanet	BASF Schweiz AG	6 m	30.06.2023 ⁴
Cyperméthrin ^{1,2,3}	Cyperméthrin	Sintagro AG	20 m	Aucun
	Cyperméthrin	Sharda Swiss GmbH	20 m	Aucun
	Forester	UPL Switzerland AG	20 m	Avec numéro de l'homologation: W-6943: 25.01.2023. W-7411: aucun.
Lambda-Cyhalothrin ^{1,2,3}	Xerondo Forst	Syngenta Agro AG	20 m	Aucun
<p>Note à propos du FSC :</p> <p>En Suisse et dans la Principauté de Liechtenstein, les stocks de bois abattu dans les forêts certifiées FSC peuvent toujours être protégés par des insecticides sous certaines conditions. Deux substances actives sont autorisées dans le cadre de l'évaluation des risques environnementaux et sociaux (ESRA-CH/FL) :</p> <ul style="list-style-type: none">• Cyperméthrine sur les aires de stockage• Alpha-Cyperméthrine sur les aires de stockage et pour le traitement des filets de protection des stocks de bois (Jusqu'à 30.06.2023)				

1 Gefahrenkennzeichnungen u.a.: H410 = Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

2 Gefahrenkennzeichnungen u.a.: SPe 8 = Dangereux pour les abeilles.

3 Gefahrensymbole u.a. GHS09 = Dangereux pour le milieu aquatique

4 Selon OPPh article 86g

Figure 66 : Liste des produits phytosanitaires en forêt, état juin 2023 (<https://waldschutz.wsl.ch/fr/diagnostic-et-conseil/produits-phytosanitaires-en-foret.html>; consulté le 14.06.2023)

Traitement sur le parc à grumes

Le traitement ne peut pas non plus se faire partout sur le parc à grumes. Les scieries plus anciennes sont souvent situées à proximité d'un cours d'eau. Lors du traitement avec des biocides, il faut toujours respecter une distance minimale par rapport aux eaux de surface. Le produit ne doit pas non plus s'infiltrer et atteindre la nappe phréatique si l'on est surpris par une averse lors de la pulvérisation. C'est pourquoi il faut se renseigner pour savoir si l'on peut pulvériser à l'endroit prévu. Dans le cas contraire, le bois rond doit être déplacé vers un endroit approprié.

Conformément à l'Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim), le traitement est exclu dans les zones de protection des eaux souterraines S1, S2 et Sh. Dans ces zones, le stockage de bois traité est également interdit.

Des produits autorisés doivent également être utilisés pour le traitement sur le parc à grumes. Comme ces produits peuvent toujours changer, il faut en principe vérifier avant chaque traitement si le produit prévu est encore autorisé. Là aussi, il existe un site Internet qui permet de le vérifier à tout moment.

Lien vers le répertoire des produits phytosanitaires :

<https://www.psm.admin.ch/fr/produkte>

Les produits y sont répertoriés par ordre alphabétique avec leur nom dans le commerce.

2.5.3. Situation d'un traitement des grumes sur le parc à grumes

Un collègue a découvert des insectes suspects dans une petite pile de chênes (environ 30 m³) qui se trouve depuis quelques semaines sur le parc à grumes. Il a capturé quelques spécimens dans un pot de confiture qu'il vous confie. Nous sommes dans la dernière semaine de février et les derniers jours ont été ensoleillés et chauds. Vous recevez alors la mission de détecter une éventuelle infestation et, en cas de confirmation, de prendre les mesures nécessaires.

1. Vérification de l'infestation

Vous comparez les insectes avec les images du manuel de formation et pensez au foreur à peigne « *Hylecoetus dermestoides* ». Une recherche supplémentaire sur Internet confirme le soupçon. Vous contrôlez maintenant la pile concernée et constatez une infestation sur deux troncs. Vous trouvez l'image typique de dégâts et quelques trous d'envol circulaires de 3 à 5 mm de diamètre.



Figure 67 : Exemple de trous d'envol de foreur à peigne sur le chêne (source : FVA/ Wonsack)

Vous transmettez vos résultats à votre supérieur, qui examine à nouveau le lot avec vous et confirme votre diagnostic. Ensemble, vous ne trouvez pas d'autres souches atteintes. Vous marquez les deux troncs avec de la peinture. Ensuite,

vous enlevez l'écorce pour pouvoir mieux observer les zones infestées et pour que l'insecticide puisse agir plus directement à cet endroit.

Il est décidé de protéger la pile concernée contre toute nouvelle infestation avec un insecticide et de tuer les insectes présents. Le bois doit être transformé dans environ 10 semaines.

A gauche et à droite du tas se trouve deux tas de bois de résineux. Vous et votre supérieur estimez que le risque d'une infestation à ces endroits également est faible. Vous observerez toutefois la situation afin de pouvoir réagir rapidement en cas d'infestation.

Vous recevez maintenant l'ordre de faire tous les préparatifs pour le traitement avec un insecticide et de procéder aux clarifications nécessaires.

Que sont les insecticides et comment agissent-ils ?

Les insecticides sont des substances qui ont un effet toxique sur les insectes. Ils provoquent la mort des insectes en perturbant un organe ou une fonction métabolique quelconque dans le corps. L'effet des substances dangereuses qui tuent les insectes ne se limite toutefois pas aux insectes. Selon les cas, les oiseaux, les amphibiens, les poissons, les mammifères et l'homme peuvent également être touchés par des effets néfastes. L'ampleur du risque varie d'un produit à l'autre.

Il existe de nombreuses façons de distinguer les insecticides, par exemple en fonction de la manière dont ils agissent sur les insectes :

- **Toxines de contact** : en touchant les insectes avec leurs antennes, leur peau ou leur trompe, ils absorbent les toxines dans leur corps, où elles déploient leur effet.
- **Toxines alimentaires** : les parties de plantes aspergées de poison pénètrent dans le corps des insectes lorsqu'ils se nourrissent.
- **Poisons respiratoires** : les produits pulvérisés forment par évaporation des gaz toxiques qui pénètrent dans le corps des insectes par les organes respiratoires.

La plupart des insecticides utilisés agissent à la fois comme poisons de contact et d'ingestion.

2. Préparer le traitement

La première chose à faire est de vérifier si le bois se trouve dans un endroit où le traitement aux insecticides est autorisé par la loi (voir les dispositions de l'ORR-Chim). Dans ce cas, vous avez de la chance et le lieu de stockage est approprié.

Commencez maintenant les préparatifs. Les questions suivantes doivent être clarifiées :

- Quel produit/insecticide utilisons-nous pour le traitement ?
- Comment traitons-nous : par pulvérisation ou par vaporisation ?
- Quelle doit être la longueur de l'effet ?
- Quelle est la durée d'action du produit choisi ?
- De quelle quantité avons-nous besoin pour traiter la pile concernée ?
- Quel appareil utilisons-nous pour le traitement ?
- Quand traitons-nous ? A quel moment le traitement doit-il être effectué ?
- Quelles sont les conditions météorologiques idéales ?

Produit

Tout d'abord, vous déterminez avec votre supérieur le produit de traitement à utiliser.

Vous allez chercher au bureau la fiche technique et la fiche de données de sécurité du produit. Ensuite, vous vérifiez si le produit en question est encore autorisé. Pour cela, vous allez dans le répertoire électronique des produits phytosanitaires de l'OSAV⁴ et vous recherchez le produit.

The screenshot displays the OSAV (Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires) website interface. The top navigation bar includes 'Administration fédérale', 'DE', 'FR', and 'IT'. The main header identifies the 'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV - Index des produits phytosanitaires'. A search bar is located on the right. The left sidebar lists navigation options: 'Homologation produits phytosanitaires OSAV', 'Index produits phytosanitaires', 'Produits', 'Substances actives', 'Catégories de produits', 'Cultures', 'Organismes nuisibles', 'Domaines d'application', 'Adresses des entreprises', and 'Recherche standard'. The main content area is titled 'Dénomination commerciale: Fastac Forst' and includes a 'Version imprimable' link. Below this, it states 'Index des produits phytosanitaires (version:09.06.2023)'. A section for 'Autorisation révoquée' lists 'Délai d'écoulement des stocks: 30.06.2022' and 'Délai d'utilisation: 30.06.2023'. The product details are organized into three columns: 'Catégorie de produits: Insecticide', 'Titulaire de l'autorisation: BASF Schweiz AG', and 'Numéro fédéral d'homologation: W-6062'. Further details include 'Substance: alpha-cyperméthrine', 'Teneur: 1.48 % 15 g/l', and 'Code de formulation: SCsuspension concentrée'. The 'Substance active' is listed as 'alpha-cyperméthrine' and 'Coformulants à déclarer' as 'Tributyl phenol polyglycol ether'. An 'Application' table follows, with columns for 'A', 'Culture', 'Organismes nuisibles/Utilisation', 'Dosage', and 'Charges'. The table contains one entry for 'S' (grumes en forêt et sur les places de stockage) targeting 'lymexylons' and 'scolytes', with a dosage of 'Concentration: 2 %' and 'Application: 2.5 - 3 l de bouillie/m²'. The 'Charges et remarques' section at the bottom lists two points: 1. Testé contre le bostryche liseré on strié et Lymexylon dermeste. 2. Spé 3: Pour protéger les organismes aquatiques des conséquences liées à la dérive, respecter une zone tampon non traitée de 20 m par rapport aux eaux de surface. Cette distance peut être réduite en recourant à des mesures techniques de réduction de la dérive, conformément aux instructions du service d'homologation.

Figure 68 : Extrait du répertoire électronique des produits phytosanitaires de l'OFAG (source : www.psm.admin.ch/fr/produkte, consulté le 14.06.2023)

Au moment de la consultation du répertoire, ce produit est encore autorisé. Toutefois, l'autorisation de mise sur le marché expire prochainement, de sorte qu'il faudra peut-être chercher un autre produit pour les traitements futurs. Il est également possible que le fabricant prolonge l'autorisation.

Lisez attentivement la fiche d'information de la première à la dernière page et notez les informations nécessaires à la tâche.

- Application pour les « foreur à peigne » : Concentration 2% (2 L/100 L d'eau).
- Quantité : 2.5–3 l/ m³ de bois.
- Pression de travail du pulvérisateur inférieure à 3 bars.
- Mesures de sécurité au travail :
 - Préparation de la bouillie : porter des gants de protection.
 - Pulvérisation : Porter des gants et une combinaison de protection.
- Protection de l'environnement : le produit est dangereux pour les abeilles. Il ne doit être pulvérisé que lorsque les abeilles ne volent pas. C'est-à-dire le soir.

⁴ Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires

- En général : ne pulvériser que par temps sec, lorsqu'il n'y a pas de vent, afin d'éviter le ruissellement par la pluie et la dérive par le vent.

Dans la fiche de données de sécurité, examinez attentivement les sections suivantes :

- 2 : Dangers potentiels
- 7 : Manipulation et stockage
- 8 : Contrôle de l'exposition/protection individuelle
- 13 : Indications pour l'élimination

Vous vous procurez donc l'équipement de protection nécessaire et continuez avec le choix de l'appareil. Pour sélectionner l'appareil, il faut clarifier les points suivants:

- Le type de procédé
- Les objets à traiter, par exemple la quantité totale de bois / la quantité par lot de bois
- La période de traitement
- La taille de l'exploitation / les distances entre les dépôts de bois
- Accessibilité

Si la fiche technique indique que le produit doit être **pulvérisé**, calculez la quantité nécessaire :

$30 \text{ m}^3 \text{ de bois} \times 2,5\text{--}3 \text{ L/ m}^3 = 75\text{--}90 \text{ L de solution à pulvériser avec une concentration de 2\%}$.

Vous avez le choix entre les deux modèles suivants :



Figure 69 : A gauche, chariot de pulvérisation avec une cuve de 50 litres ; à droite, pulvérisateur à brouette avec une cuve de 130 litres (source : Birchmeier)

Vous optez pour le pulvérisateur à brouette avec un réservoir de 130 litres. La pile est facilement accessible et vous ne devez préparer la solution qu'une seule fois.

Avant de préparer la solution, vérifiez encore une fois les éléments suivants et rassemblez les éléments manquants :

- Le pulvérisateur et les accessoires sont-ils correctement choisis ?
- Tuyaux, lance de pulvérisation, buse en état de marche ?

- Le pulvérisateur n'est pas défectueux ? Aucune fuite n'est présente ?
- Équipement de protection disponible ? Masque correct ? Filtre correct ? Date de validité respectée ?
- Produit de pulvérisation prêt ? Produit de pulvérisation non altéré (précipitation ou dégradation de la substance active, changement de couleur) ? Vérifier la date de péremption. Le cas échéant, se renseigner auprès du fournisseur.
- De l'eau fraîche est-elle disponible pour les premiers secours ?
- La technique de pulvérisation et le déroulement du travail sont-ils connus et bien planifiés ?
- Des assistants éventuellement nécessaires sont-ils disponibles ? L'équipement de protection est-il aussi disponible pour eux ?

Après avoir tout contrôlé et préparé, vous préparez la solution à pulvériser. En collaboration avec votre supérieur, qui possède le « Permis pour l'emploi de produits pour la conservation du bois », vous définissez la quantité correspondante. Comme il ne s'agit pas encore d'une infestation massive, vous optez pour 2,5 litres/m³. Pour 30 m³ de bois, cela donne 75 litres de solution à pulvériser. Dont 2% :

$$\frac{75 \text{ litres}}{100} * 2 = 1.5 \text{ litres d'insecticide}$$

Vous vous équipez des EPI conformément à la fiche de données de sécurité et versez environ la moitié des 75 litres d'eau dans le réservoir du pulvérisateur. Vous ajoutez ensuite les 1,5 litres de produit insecticide. Ensuite, vous rincez soigneusement le gobelet gradué à l'eau douce et versez également cette eau de rinçage dans le réservoir. On verse maintenant le reste des 75 litres d'eau dans le réservoir, on remue bien la préparation et on est prêt à pulvériser la pile.

Remarque : la quantité nécessaire doit être calculée de manière à ce qu'il ne reste si possible aucun produit. Les petites quantités restantes doivent être pulvérisées sur les piles, les quantités plus importantes doivent être éliminées conformément à la réglementation (coûts et pollution inutile de l'environnement !).

Ensuite, discutez de la méthode de pulvérisation avec votre supérieur et effectuez la pulvérisation en suivant les instructions de la fiche technique ou du mode d'emploi.

Lors de la pulvérisation, il convient de respecter les points suivants :

- Avant de pulvériser, les appareils doivent être contrôlés et, si nécessaire, réparés ou entretenus.
- Il ne faut traiter qu'en l'absence de vent et de pluie.
- Ne pas traiter juste avant l'arrivée de la pluie. Le support de pulvérisation doit pouvoir sécher pendant quelques heures.
- Veiller à ce que la taille des gouttes soit correcte. Le brouillard de pulvérisation doit être suffisamment fin pour ne pas s'égoutter du bois, ni être pulvérisé dans l'air ou à côté du bois. La taille des gouttelettes dépend de l'ouverture de la buse et de la pression. Pour le réglage, il convient de respecter les instructions d'utilisation du pulvérisateur et du produit de protection.
- L'écorce ou le bois doit être bien mouillé.

- Ne pas pulvériser sur une écorce humide, mouillée ou gelée. L'absorption de la substance active est insuffisante, le produit s'égoutte plus rapidement. La surface traitée ne serait pas visible, ce qui rendrait difficile le contrôle du succès du traitement.
- Il ne doit pas y avoir de zones d'ombre de pulvérisation (surfaces non traitées). En cas d'écorce grossière, les angles de pulvérisation doivent être adaptés en conséquence. Les espaces dans la pile doivent être pulvérisés de manière à ce que le plus de bois possible présente une pellicule de pulvérisation.
- Ne pas pulvériser de produits toxiques pour les abeilles pendant le vol des abeilles ni sur les fleurs. N'appliquer qu'en l'absence de vent.
- Le bois traité doit être marqué. Ce marquage est très important pour le prochain façonnage et l'utilisation du bois.
- Il est interdit d'arroser le bois traité.
- Le bois traité ne peut être brûlé que dans des installations adaptées à cet effet (OPair, annexe 2, chiffre 72).

Application, procédure de pulvérisation

Seule une application systématique et réfléchie, cohérente et approfondie, permet de garantir le succès et de préserver l'environnement. Les échecs sont presque toujours dus au non-respect des règles de traitement. La procédure suivante a fait ses preuves lors de la pulvérisation de piles de bois.

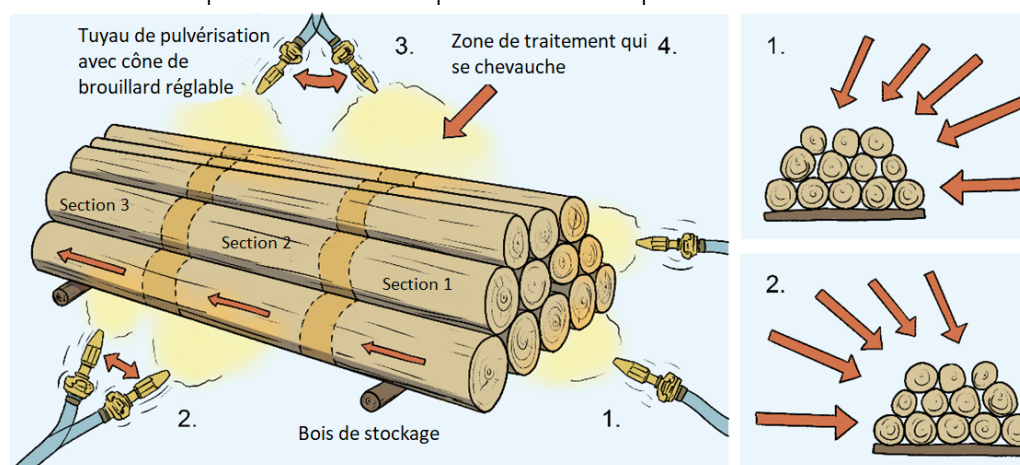


Figure 70 : Procédure pour le traitement par lots (à gauche). Zone de pulvérisation lors du premier [1] et du deuxième passage [2] (à droite) (source : IBS).

1. commencer par le bout des troncs (le gros diamètre, pied du tronc) [1]. Pulvériser dans les cavités, bien mouiller les troncs en haut, en bas et sur les côtés. En modifiant le cône de pulvérisation, pulvériser à quelques mètres de profondeur dans les cavités.

2. traitement de la face longitudinale derrière la pile [2]. Traiter le côté longitudinal des troncs par sections de 4 à 6 mètres. Pulvériser d'abord soigneusement la pile contre les insectes qui s'envolent du sol ou qui rampent vers le haut directement sous la pile. Ensuite, traiter la face inférieure, le côté et la face supérieure des troncs.

3. bien pulvériser la deuxième extrémité des troncs (côté de la cime) [4].

4. traiter l'autre face longitudinale devant la pile [3].

Après la pulvérisation

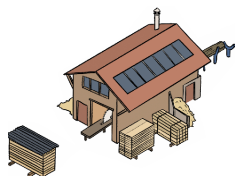
Le réservoir de pulvérisation doit être vidé après chaque utilisation. La solution de pulvérisation terminée ne doit jamais être conservée dans l'appareil.

Amener le pulvérisateur à un endroit approprié dans la scierie où il n'y a pas de risque que la solution de pulvérisation s'écoule de manière incontrôlée dans l'environnement. Ouvrir la vanne de vidange et vider le réservoir. Récupérer les restes et les éliminer selon les indications du fabricant (voir la fiche de données de sécurité et l'ordonnance sur les produits biocides OPA).

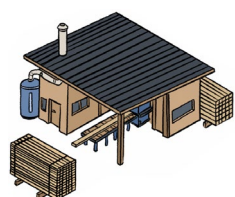
Nettoyer ensuite l'appareil avec un produit approprié (voir le mode d'emploi de l'appareil et la fiche technique sur les produits de pulvérisation). Versez un peu d'eau propre dans le réservoir et rincez l'appareil, y compris le tuyau et le dispositif de pulvérisation (filtre, tube et buse). L'eau restante dans le réservoir peut être vidée après le nettoyage.

Laissez l'appareil sécher à l'air libre après le nettoyage. Vérifiez que toutes les pièces ne sont pas endommagées et remplacez immédiatement les pièces défectueuses conformément au mode d'emploi de l'appareil. Il n'est pas possible d'effectuer tous les travaux soi-même. Certaines opérations de maintenance doivent être effectuées par le fabricant de l'appareil. Évitez les bricolages en tout genre. Seul un appareil parfaitement entretenu garantit de bons résultats de pulvérisation.

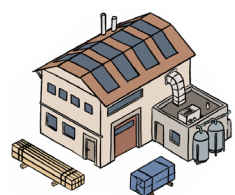
3. Installations électriques, hydrauliques et pneumatiques



Scierie



Raboterie



Usine de collage

CO e1 : Entretien des machines de la transformation du bois

CO e2 : Maintenance des machines de la transformation du bois

Une transformation efficace, précise et sûre du bois serait impensable sans machines. Une attention particulière sera par conséquent accordée aux moyens de production des entreprises. Les collaborateurs·trices des entreprises de transformation du bois connaissent les machines utilisées, entretiennent les installations, identifient et interprètent les dysfonctionnements et savent quand prendre quelles mesures d'urgence.

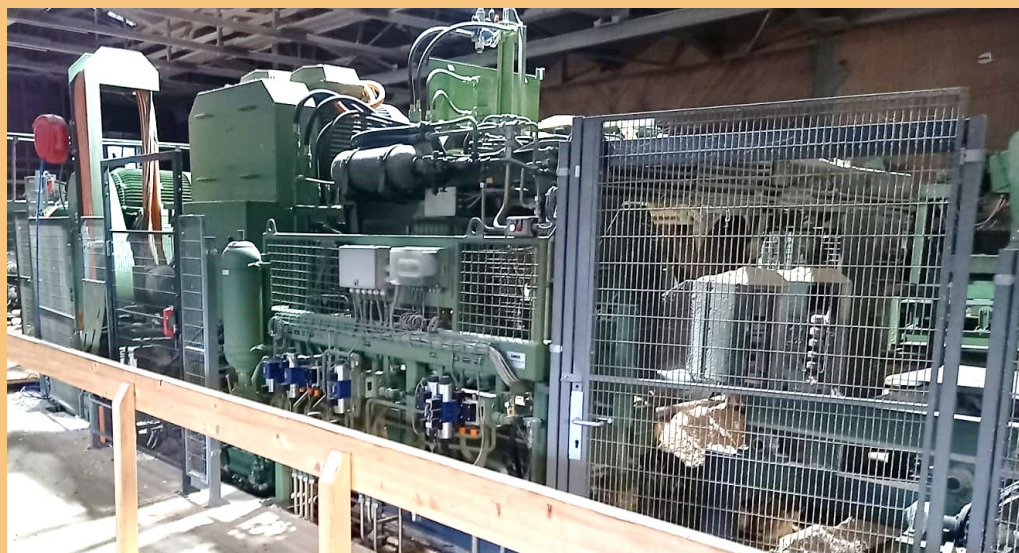


Figure 71 : installations hydrauliques d'une machine principale (source : P. Schmider, Schilliger AG)

Le support didactique de la 1^{ère} année présente les machines de la transformation du bois ainsi que leur nettoyage et lubrification. Il aborde également l'optimisation de la consommation d'énergie dans plusieurs étapes de travail. Au cours de la 2^e année, l'accent est mis sur les pertes potentielles d'énergie dans les installations et les processus, ainsi que sur les dangers et les risques sur le lieu de travail et la prévention.

Tâches pratiques dans l'entreprise

- Réduire la consommation d'énergie
- Localiser des dysfonctionnements mécaniques, hydrauliques et pneumatiques, et réagir correctement

Cours interentreprise 5

- Localiser des dysfonctionnements mécaniques, hydrauliques et pneumatiques, et réagir de manière adéquate

Situations professionnelles

- L'interrupteur à bascule est abaissé, mais la scie circulaire ne bouge pas. Le bouton de mise en marche est pressé, mais la raboteuse ne se met pas en marche. Que faire ?
- Dans ce chapitre, vous apprenez à identifier les signes de défauts sur les machines et les installations, et à réagir en conséquence.

Objectifs d'apprentissage

- Vous expliquez les termes pneumatique, hydraulique, électrique et électronique.
- Vous connaissez les principaux composants des machines électriques.
- Vous décrivez les causes de pertes d'énergie dans les installations et les processus d'une entreprise de transformation du bois, et engage des actions concrètes, dans son domaine de compétence, pour l'optimisation et la réduction de la consommation d'énergie.
- Vous décrivez, à l'aide d'images, les défauts typiques et les caractéristiques permettant de les identifier sur les composants mécaniques, hydrauliques, pneumatiques et électroniques des machines et installations, ainsi que les instruments de mesure adéquats pour leur évaluation.
- Vous décrivez et lisez des schémas électriques simples, comme base pour la communication avec le spécialiste et l'exécution d'interventions et d'évaluations selon les instructions de celui-ci.
- Vous expliquez, à l'aide d'exemples, les dangers et les risques sur le lieu de travail de l'industrie du bois en lien avec des installations hydrauliques, électriques et pneumatiques, et décrit les mesures préventives correspondantes, notamment les dispositifs de protection adéquats et l'EPI.

3.1.1. Notions de base

Dans chaque entreprise de transformation du bois, diverses machines et installations représentent des éléments importants de l'entreprise. Elles doivent travailler rapidement, proprement et précisément. De plus, elles sont souvent au cœur du processus de production ou de transformation. Afin d'assurer la sécurité de la production et la sécurité des collaborateurs·trices dans l'entreprise, une attention particulière sera accordée aux machines et installations. Des pannes imprévues des installations, des dispositifs de sécurité défectueux ou des accidents sont souvent très coûteux et peuvent paralyser l'entreprise pendant une longue période. Dans de nombreux cas, les collaborateurs·trices ou les opérateurs·trices de machines effectuent eux-mêmes de petits entretiens sur les machines. L'élimination de petits dysfonctionnements ainsi que le contrôle des machines et installations font partie du travail quotidien.

Afin que vous puissiez, en tant qu'opérateur·trice de machine, effectuer des interventions sur des machines, vous trouverez ci-après quelques notions bases sur la technologie des différentes machines.

Technologie	Caractéristiques	Avantages	Désavantages
Pneumatique	Entraînement par air comprimé	<ul style="list-style-type: none">• Disponibilité simple de l'air• Faibles coûts• Vitesses élevées possibles• Faible complexité• Propre, peu de risques pour l'environnement	<ul style="list-style-type: none">• Commande peu précise, impossible d'effectuer des mouvements précis• Danger d'explosion par échauffement rapide• Usure importante• Grandes installations nécessaires pour des puissances élevées• Besoin d'entretien élevé
Hydraulique	Entraînement par fluide sous pression	<ul style="list-style-type: none">• Permet de déplacer des charges importantes• Presque pas de perte d'énergie• Commande précise possible• Application dans un espace restreint• Installation sûr• Grande durée de vie	<ul style="list-style-type: none">• Plutôt cher• Complexité de l'installation• Une fuite de fluide peut nuire à l'environnement• Plutôt lent• Besoin d'entretien élevé
Electrique	Entraînement par moteur électrique rotatif	<ul style="list-style-type: none">• Commande facile• Grande flexibilité d'utilisation• Econome en énergie• Vitesse élevée• Faible encombrement• Grande durée de vie	<ul style="list-style-type: none">• Consommation d'énergie élevée et permanente lors de serrages et mises en tension• Moins de force• Plutôt cher

		<ul style="list-style-type: none"> Faible besoin d'entretien Insensible à la température 	
Electronique	Pour des systèmes de commande globaux	<ul style="list-style-type: none"> Permet une automatisation Améliore l'efficacité Améliore la productivité Améliore la sécurité Economise de l'énergie Qualité inchangée 	<ul style="list-style-type: none"> Plutôt cher Complexité Requiert des spécialistes

3.1.2. Installations pneumatiques

Dans la technique et la construction mécanique, les installations utilisant de l'air comprimé sont regroupées sous le terme d'installations « pneumatiques ». Pour que l'air puisse être utilisé comme vecteur énergétique, il doit d'abord être aspiré et comprimé par une machine. Cela est réalisé par un compresseur au moyen de pistons ou d'une vis sans fin. L'air ainsi comprimé est stocké dans un ou plusieurs réservoirs et amené vers les utilisateurs par un réseau de conduites. Il est utilisé dans diverses vannes pour l'émission, la transmission ou la réception de signaux. Il peut également être utilisé pour l'entraînement de vérins ou de moteurs.

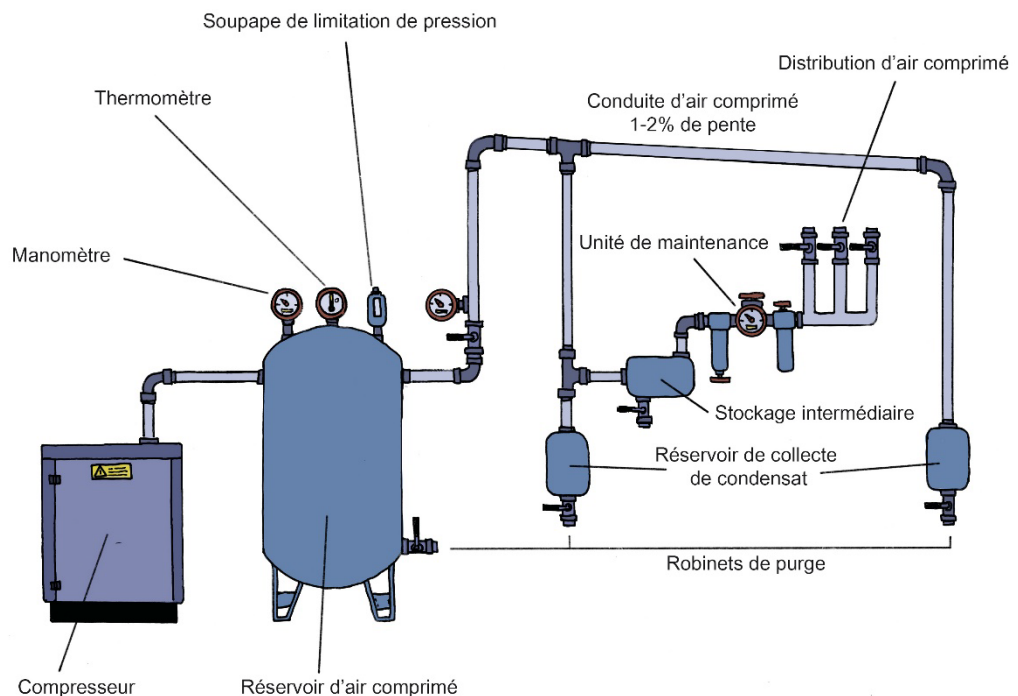


Figure 72 : schéma pneumatique (source : IBS)

L'énergie nécessaire à la compression de l'air est fournie sous forme électrique. C'est donc une énergie relativement chère. De plus, des pertes dans le réseau d'air comprimé ou sur les machines représentent des pertes d'énergie fréquentes. Comme illustré par la figure, une vanne d'arrêt est montée derrière le réservoir,

afin de pouvoir isoler le réseau du réservoir. Cela permet d'éviter des pertes d'air le soir et le week-end.

De nombreuses machines utilisent des vérins à air comprimé. Ceux-ci convertissent l'énergie de compression en mouvement ou l'utilisent par exemple pour le serrage d'une pièce. La figure ci-après illustre une coupe d'un vérin.

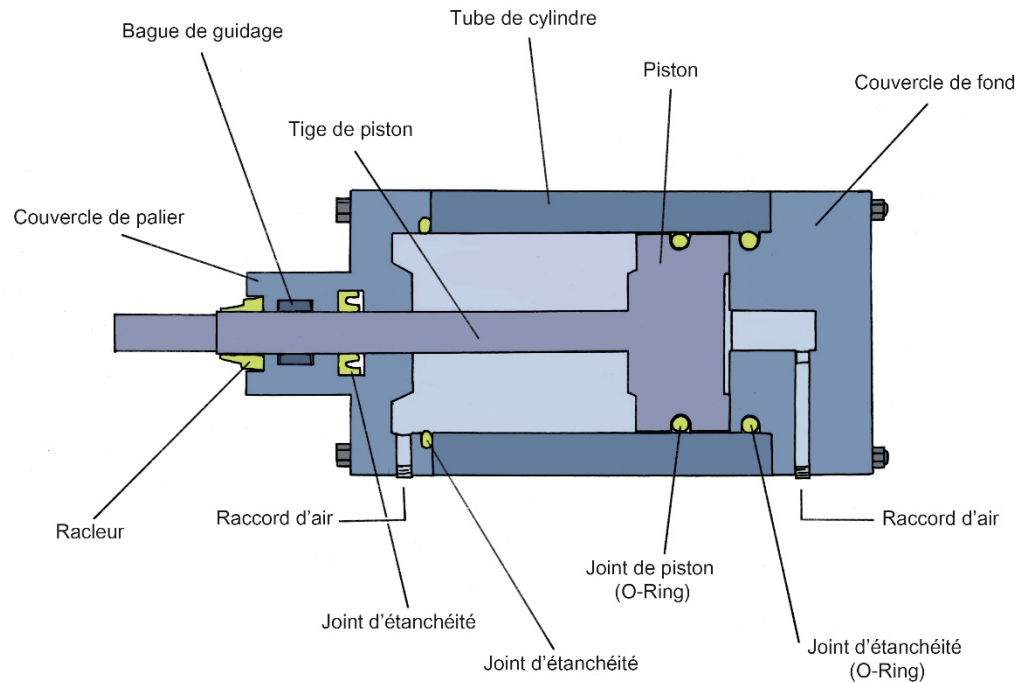


Figure 73 : vérin pneumatique (source : IBS)

Un vérin pneumatique est constitué d'un cylindre, des flasques avant et arrière, ainsi que du piston, des joints d'étanchéité, de la tige du piston, du joint racleur, de la bague de guidage ainsi que de divers éléments de liaison et d'étanchéité.

Cette construction relativement simple du vérin pneumatique assure un fonctionnement fiable. Dans la pratique, on utilise toutefois également des vérins de construction plus complexes.

3.1.3. Installations hydrauliques

Dans les systèmes et entraînements hydrauliques, l'énergie ou des signaux sont transmis par un fluide. Comme la pression se transmet uniformément dans un fluide, cette pression permet d'actionner des vérins. Cette pression est produite par une pompe hydraulique électrique. Le fluide est stocké dans un réservoir, passe par un filtre et est mis sous pression au moyen d'une pompe. Une conduite hydraulique transporte le fluide vers l'utilisateur.

Un domaine d'application typique est constitué par les vérins hydrauliques. Ceux-ci peuvent réaliser des mouvements ou mettre en pression. Dans le domaine de la transformation du bois, des éléments hydrauliques sont utilisés principalement pour réaliser des mouvements réguliers. Par exemple pour l'avancement d'une lame de scie ou le pressage lors d'un processus de collage.

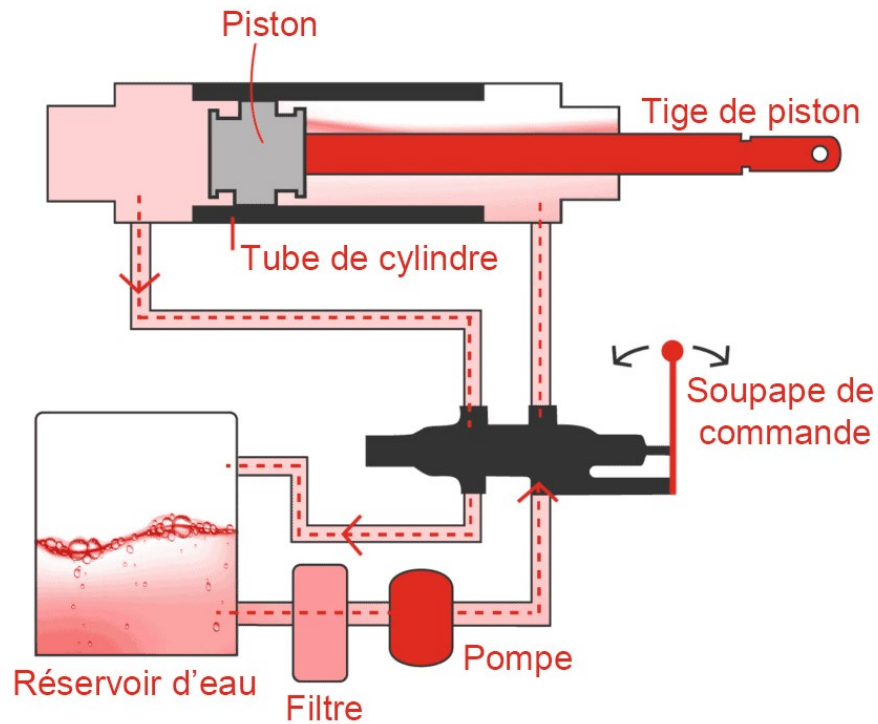


Figure 74 : système hydraulique (source : <https://busch-hydraulik.de/hydraulik-vs-pneumatik/>)

3.1.4. Installations électriques

Dans les entraînements électriques, on utilise la force d'un moteur électrique rotatif. Cette force est le plus souvent transmise à un outil par des engrenages ou des courroies.

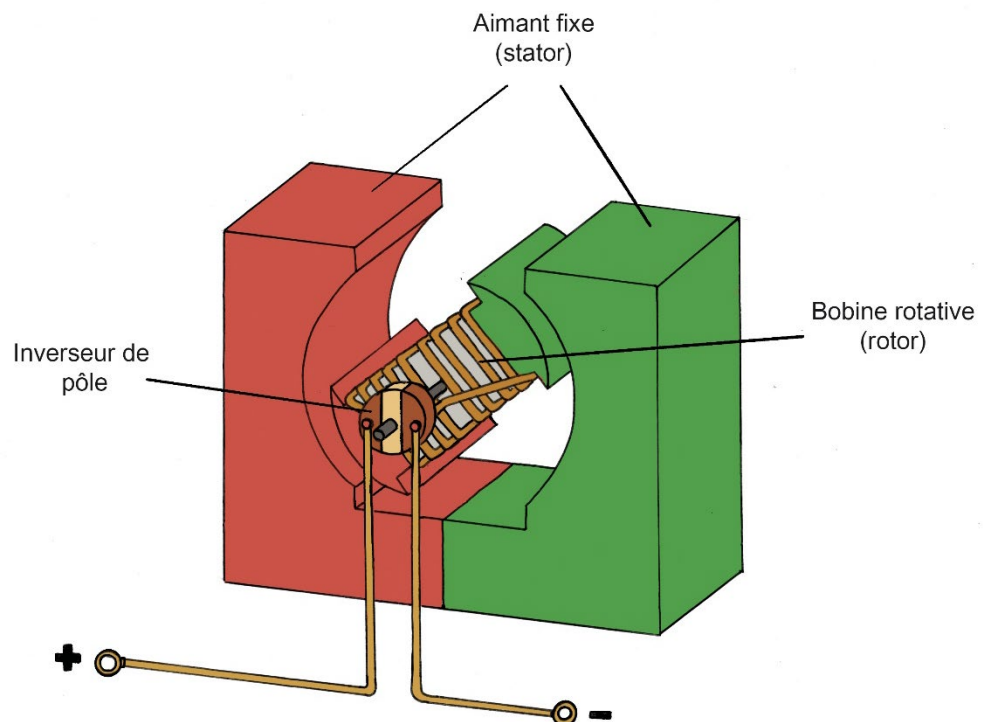


Figure 75 : moteur électrique (source : HIS)

Un moteur électrique est fondamentalement constitué de trois éléments : un aimant permanent (stator), une bobine mobile sur un axe (rotor) et un inverseur de polarité. Lorsqu'un courant électrique traverse la bobine, cela produit un champ magnétique. Celui-ci s'oppose au champ magnétique du stator, ce qui entraîne une rotation du rotor. Dès que la bobine atteint sa position d'équilibre, l'inverseur de polarité interrompt brièvement le courant, puis inverse la polarité du courant. De cette manière, le rotor tourne sans arrêt. Ce système permet de convertir un courant électrique en mouvement de rotation. Ce mouvement peut être transmis à un outil par des engrenages, des courroies ou directement. Dans la transformation du bois, des moteurs électriques entraînent par exemple des scies circulaires ou des toupies. Dans la pratique, on utilise des moteurs électriques plus ou moins puissants.

Autrefois, de nombreuses machines pour la transformation du bois étaient mues par la force hydraulique et des courroies de transmission. Mais d'une part, ces courroies étaient très dangereuses dans l'atelier ouvert, et d'autre part, la force hydraulique n'était pas toujours disponible de manière régulière.

Les moteurs électriques représentent une solution idéale. Leur puissance régulière et permanente permet de travailler proprement et précisément. De plus, le sens de rotation d'un moteur électrique peut être inversé simplement.

3.1.5. Dispositifs électroniques

On regroupe sous le terme de dispositifs électroniques les systèmes de commande du courant électrique par des circuits électroniques. Contrairement aux installations électriques, les dispositifs électroniques n'entraînent pas de machines. En revanche, ils actionnent ou commandent l'entraînement de ces machines. Ces dernières années, les dispositifs électroniques assurent de plus en plus de fonctions dans les machines. Aujourd'hui, on ne trouve presque plus de machines sans commande électronique. Dans la transformation du bois également, les machines sont dotées de commandes électroniques de plus en plus complexes. Les opératrices actionnent généralement ces commandes au moyen d'une interface utilisateur, p.ex. un écran tactile. L'introduction des données se fait à travers cette interface. Le traitement des données se fait généralement dans une armoire de commande à travers un circuit de commande et une commande SPS (commande à mémoire programmable).

3.2. Composants des machines

Ce chapitre propose une vue d'ensemble des composants les plus courants de machines. Cette liste n'est pas exhaustive, mais offre une bonne vue d'ensemble des différents composants.

3.2.1. Bouton d'arrêt d'urgence

La plupart des machines sont dotées d'un ou de plusieurs boutons d'arrêt d'urgence. Ceux-ci peuvent être actionnés simplement en les pressant. Ils arrêtent immédiatement la machine. Les boutons doivent être facilement accessibles, afin de pouvoir être actionnés immédiatement en cas de danger.



Figure 76 : Bouton d'arrêt d'urgence (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.2. Interrupteurs de sécurité

Des interrupteurs de sécurité sont montés sur de nombreuses machines comme éléments de sécurité. Ainsi, une machine ne peut pas être mise en marche si p.ex. son capot n'est pas fermé. Dans l'image ci-après, on voit l'interrupteur de sécurité d'une ponceuse avec la porte ouverte. Dans cette position, la machine ne peut pas être mise en marche, ce qui évite un risque de blessure. Lorsque la porte est fermée, l'interrupteur de sécurité est fermé et la machine peut être mise en marche.

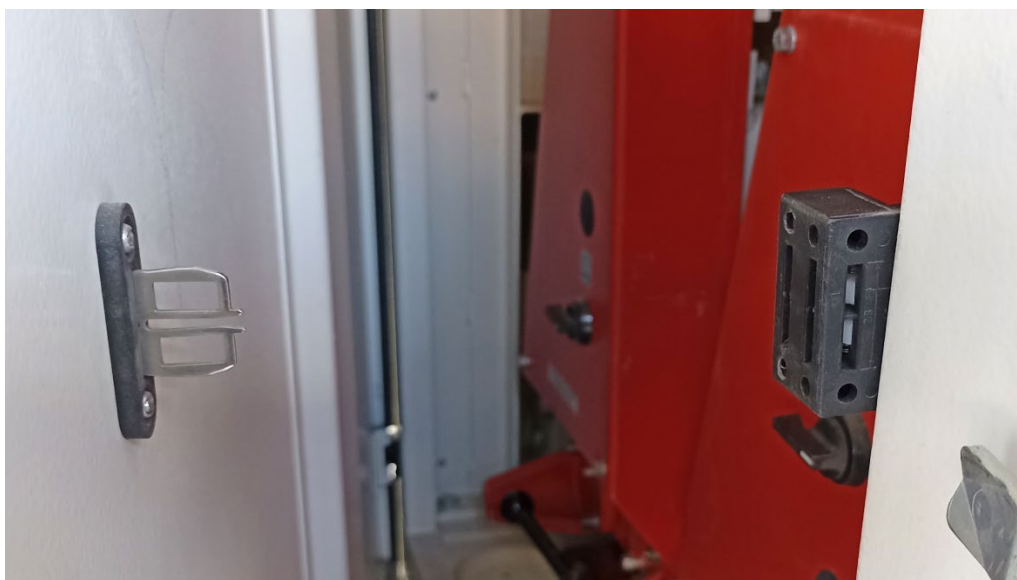


Figure 77 : Interrupteur de sécurité (source : Näf Service und Maschinen AG)

De tels dispositifs de sécurité sont montés par les fabricants des machines et ne doivent en aucun cas être démontés ou désactivés.

3.2.3. Disjoncteurs

Les différents disjoncteurs d'une machine assurent que les composants électriques ne sont pas surchargés. Ainsi, un disjoncteur est par exemple branché à l'amont du moteur. Celui-ci surveille le courant passant à travers le moteur et réagit

si ce courant devient trop important. Ce mécanisme de protection permet dans de nombreux cas d'éviter des dégâts importants.

Le disjoncteur à courant de défaut (ou disjoncteur FI) protège non seulement contre une surcharge du circuit électrique, mais aussi contre l'électrocution. Ce disjoncteur coupe immédiatement le circuit en cas de courant de défaut (fuite de courant). Grâce à sa réaction rapide, ce disjoncteur peut sauver des vies.

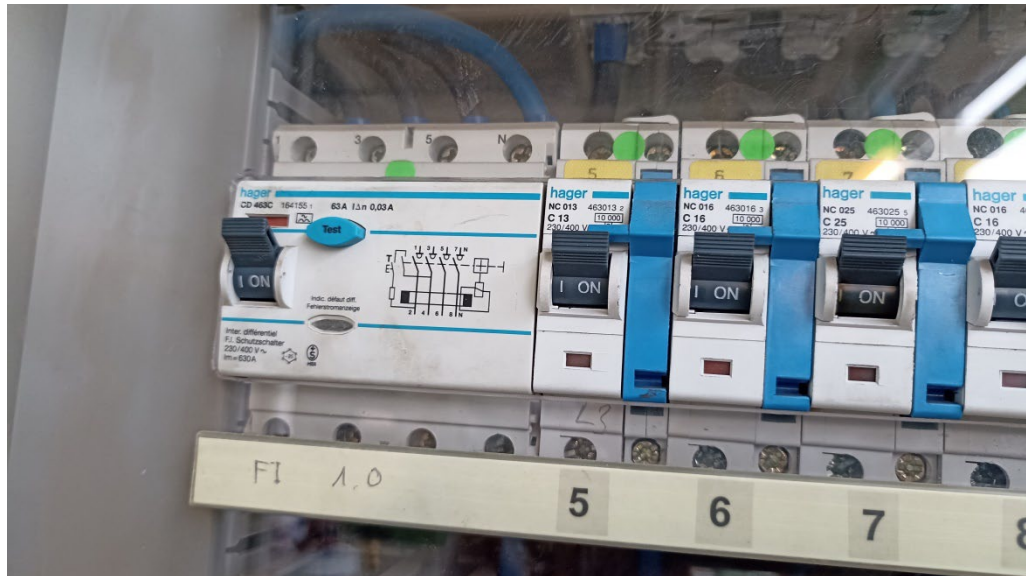


Figure 78 : Disjoncteur (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.4. Convertisseur de fréquence

Le convertisseur de fréquence d'une machine est utilisé pour la commande du moteur électrique. La modification de la fréquence et de la tension permet de modifier le régime du moteur. Un convertisseur de fréquence permet également de commander la mise en marche et l'arrêt du moteur. Ainsi, sur de nombreuses machines commandées en régime, on utilise actuellement un convertisseur de fréquence plutôt qu'un entraînement par courroie sur différentes poulies. Cela permet un réglage simple du régime (plutôt que de devoir déplacer la courroie d'une poulie à l'autre) ainsi qu'un réglage en continu du régime.



Figure 79: convertisseur de fréquence (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.5. Réducteur de pression

Les machines actionnées ou alimentées par de l'air comprimé sont le plus souvent dotées d'un réducteur de pression. Ce dispositif permet de régler la pression dans la machine. Tous les vérins et toutes les vannes ne peuvent pas être commandés avec la même pression. Ce réducteur permet d'abaisser la pression à la valeur souhaitée. Sous le réducteur, qui est muni d'une molette et d'un manomètre, se trouve un réservoir pour la collecte de l'eau de condensation.



Figure 80 : réducteur de pression (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.6. Vannes pneumatiques

La pression dans la machine est le plus souvent répartie et réglée par des vannes pneumatiques. Ces vannes sont reconnaissables aux tuyaux pneumatiques qui arrivent et partent de ces vannes. Ces vannes sont commandées par des dispositifs électroniques, reliés à la commande de la machine par un câble.



Figure 81 : vannes pneumatiques (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.7. Vérins pneumatiques

Les vérins pneumatiques déclenchent des mouvements dans la machine. Ces vérins sont reconnaissables aux tuyaux pneumatiques qui arrivent et en partent. Ces vérins existent en plusieurs dimensions et pour diverses applications. Ils sont généralement commandés par des vannes pneumatiques branchées sur le circuit du vérin.



Figure 82 : vérin pneumatique (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.8. Moteur électrique

Le moteur électrique est la pièce maîtresse de nombreuses machines. Il convertit le courant électrique en mouvement. Selon la machine, le moteur est monté en fixe ou sur un axe mobile. Il est relié au coffret électrique et son arbre (broche au milieu) entraîne directement ou indirectement des éléments. Dans la figure ci-après, on voit deux moteurs électriques avec, sur les broches, des poulies entraînant des courroies (partant vers le haut).

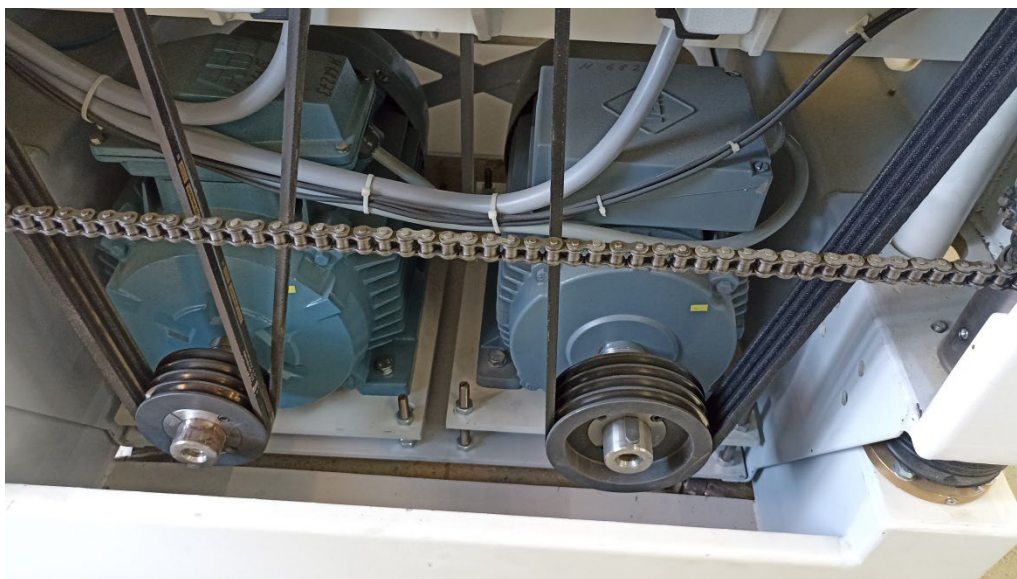


Figure 83 : Moteurs électriques entraînant des courroies (source : Näf Service und Maschinen AG)

Les courroies trapézoïdales sont reliées à des pièces mobiles de la machine. Celles-ci sont également munies de poulies, qui transmettent le mouvement. L'utilisation de différents diamètres de poulie permet de faire varier le régime.

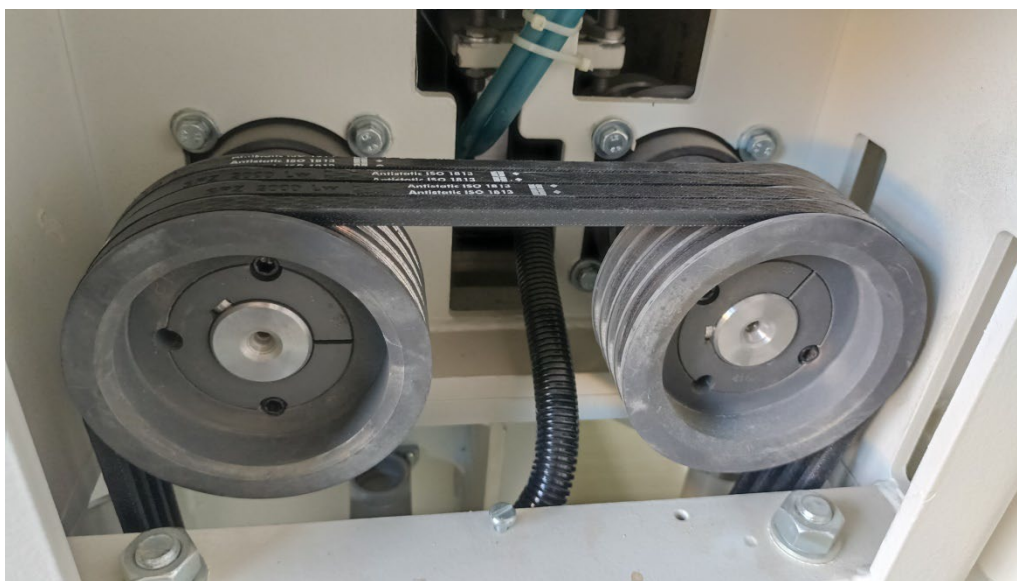


Figure 84 : poulies et courroies (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.9. Pompe hydraulique

La pompe hydraulique est une pompe électrique pour fluides. Elle possède un réservoir de fluide / huile et un moteur électrique. Cette pompe crée la pression nécessaire dans le système hydraulique pour entraîner des mouvements.



Figure 85 : pompe hydraulique (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.10. Vannes hydrauliques

Les flux du fluide dans le système hydraulique sont réglés par des vannes hydrauliques. Celles-ci se reconnaissent aux tuyaux robustes avec des embouts sertis. Ces tuyaux sont conçus spécialement pour l'utilisation dans des systèmes hydrauliques et sont capables de résister à des pressions élevées. Ces vannes sont commandées par des dispositifs électroniques, reliés à la commande de la machine par un câble.



Figure 86 : vanne hydraulique (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.11. Vérins hydrauliques

Les vérins hydrauliques sont actionnés par la pompe hydraulique. La pression entraîne des mouvements dans le vérin. Le vérin possède un tuyau d'entrée et un tuyau de sortie, afin de permettre la circulation du fluide.



Figure 87 : vérin hydraulique (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.12. Commande

La commande d'une machine est l'élément permettant d'opérer la machine. Plus le processus d'une machine est complexe, plus la commande l'est généralement aussi. Les opérateurs·trices utilisent généralement l'unité de commande pour commander la machine. Celle-ci peut être dotée de boutons ou, de nos jours, de plus en plus souvent d'un écran tactile.



Figure 88 : Ecran tactile (source : Näf Service und Maschinen AG)

Derrière l'unité de commande d'une machine se trouve toujours la commande proprement dite. Celle-ci transmet les informations aux éléments correspondants de la machine. La commande proprement dite se trouve dans l'armoire de commande et est expliquée dans le schéma de la machine, afin qu'un spécialiste puisse comprendre son fonctionnement.



Figure 89 : Commande (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.13. Capteurs

Les capteurs sont, d'une certaine manière, les « yeux » de la commande. Ils transmettent les informations et déclenchent p.ex. un mouvement. Il existe de nombreux types de capteurs. Ils peuvent être optiques ou mécaniques, et être utilisés pour mesurer ou déclencher.



Figure 90 : Capteurs (source : Näf Service und Maschinen AG)

3.2.14. Transmission des données

En raison de l'intelligence croissante des machines, de nos jours, de nombreuses données sont transmises directement par un logiciel à la machine. Ainsi, des listes de coupes sont par exemple optimisées automatiquement par un logiciel, afin de produire le moins possible de déchets. Les données optimisées sont ensuite transmises à la machine par câble. La machine effectue la liste de coupes et marque les pièces au moyen d'étiquettes de papier.

Dans un réseau, de telles interfaces ne sont pas seulement utilisées pour la transmission de données de traitement. Elles permettent également d'effectuer des maintenances à distance des machines. En cas de dysfonctionnement dans le déroulement du processus de commande, un technicien de service peut accéder à la machine par Internet et corriger le défaut dans le programme. Cela permet également de localiser des défauts dans des capteurs ou d'autres composants. Cet accès évite souvent un déplacement du technicien de service, ce qui fait gagner beaucoup de temps.

3.3. Schémas électriques

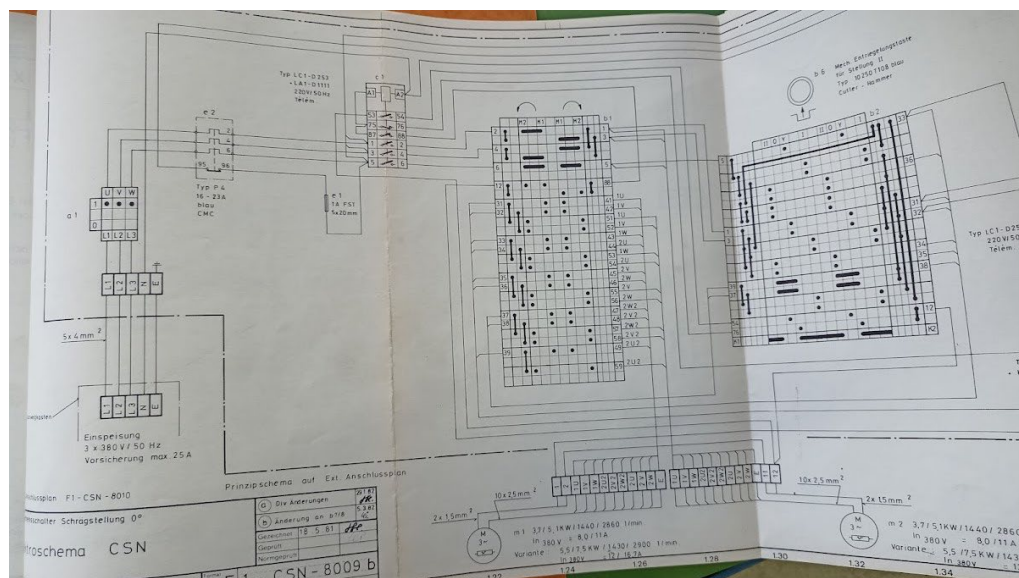
3.3.1. Notions de base

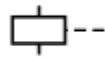
Le schéma électrique d'une machine est la représentation graphique des circuits électriques. Les différents composants ont différentes fonctions dans l'armoire de commande ou dans les éléments de commande. Le schéma électrique montre ces fonctions au moyen de liaisons et de symboles normalisés, et permet le contrôle et la recherche des dysfonctionnements d'une machine. En cas de dysfonctionnement, il est plus aisé de localiser les problèmes avec le schéma électrique que sans celui-ci. Le spécialiste peut identifier les différentes fonctions de la machine et comprendre les déroulements. Pour cette raison, il est recommandé de déposer en permanence le schéma électrique dans l'armoire de commande de la machine, et de ne jamais le jeter. Important : celui ou celle qui ne connaît pas une machine n'intervient pas lui-même sur la machine, mais fait appel à un spécialiste, personnellement ou par téléphone.

Lors du développement d'une nouvelle machine, on dessine d'abord le schéma électrique de la commande, et avec celui-ci la fonction de commande. Sur la base du plan de construction, on construit ensuite la commande et met en service la machine.

3.3.2. Structure

Un schéma électrique est constitué de symboles normalisés et des liaisons correspondantes entre les symboles. Chaque élément du schéma représente un composant de la machine et est donc important. Pour pouvoir lire un schéma électrique, il faut connaître les différents symboles et leur signification.





Elektromagnetischer Antrieb
Actionné par effet électromagnétique
Attuatore azionato da effetto elettromagnetico
Actuator actuated by electromagnetic effect



Antrieb durch Elektromotor
Commande par moteur électrique
Azionamento da un motore elettrico
Actuator operated by electric motor



Abschirmung
Ecran
Schermo
Screen



Energie-, Signalfluss in einer Richtung
Propagation dans un seul sens
Propagazione in un solo senso
Propagation (one way)



Leiter, Leitungen, Kabel, Stromkreise, allgemeines
Symbol
Liaison, symbole général
Conduttore, simbolo generale
Connection, general symbol



Trennlinie von funktionalen zusammengehörenden
Teilen
Séparation
Separazione
Boundary



In einer Richtung drehbar
Mouvement circulaire unidirectionnel
Movimento circolare unidirezionale
Circular motion (unidirectional)



Steckdose und Stecker
Fiche et prise
Presà e spina
Plug and socket



Sicherung, allgemeines Symbol
Fusible, symbole général
Fusibile, simbolo generale
Fuse, general symbol



Motor
Moteur
Motore
Motor



Dreiphasen-Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer
(Käfigankermotor)
Moteur asynchrone triphasé à rotor en court-circuit
Motore asincrono trifase con rotore in corto circuito (a gabbia)
Induction motor, three-phase, squirrel cage



Warnaufschrift «spannungsführende Teile»
Panneau d'avertissement parties sous tension
Iscrizione di avvertimento parti sotto tensione
Warning sign «live parts»

Reconnaissez-vous les différents symboles dans la figure ci-dessus ?

3.4. Dysfonctionnements et pertes d'énergie

3.4.1. Défectuosités et dysfonctionnements des installations électriques

Les installations électriques sont entraînées par un ou plusieurs moteurs électriques. L'élément central d'un moteur électrique est un bobinage de fils de cuivre. En cas de surchauffe ou avec le temps, ceux-ci peuvent brûler. Si la bobine n'est plus complète, le moteur ne fonctionne pas correctement ou pas du tout. Un moteur peut être diagnostiqué à l'aide d'un multimètre (appareil de mesure électronique). Cela permet de localiser précisément la défectuosité. Pour un tel diagnostic, il vaut la peine de faire appel à un spécialiste, du fait que celui-ci peut s'avérer assez complexe, selon le type de moteur.

Une autre défectuosité fréquente est liée au commutateur. La plupart du temps, le problème se situe entre le commutateur et la machine. Les commutateurs étoile/triangle peuvent s'user, suite à un usage fréquent.

Si la machine ne se met pas en marche lorsque le commutateur est enclenché ou qu'elle s'arrête soudainement en cours de fonctionnement, on contrôlera s'il y a une coupure d'électricité, si les outils de la machine ne fonctionnent plus

correctement ou si des éléments de sécurité ou de protection n'ont pas été correctement remis en place ou réarmés. Il est aussi possible que l'interrupteur de protection du moteur ait déclenché en raison d'une surchauffe. Dans ce cas, le moteur peut être remis en marche après l'avoir laissé refroidir.

3.4.2. Pertes d'énergie des machines

Partout où de l'énergie est utilisée pour un processus de travail, il peut aussi y avoir des pertes. Dans la transformation du bois, les pertes d'énergie les plus fréquentes sont les suivantes.

Fonctionnement à vide

Lorsqu'une machine fonctionne à vide, elle consomme inutilement de l'énergie. Cela peut être le cas, par exemple, entre deux étapes de travail. La consommation d'énergie d'un moteur tournant à vide est plus faible que sous charge, mais cette consommation reste inutile. On parle également de fonctionnement à vide pour un compresseur à vis pendant la montée et la descente en régime. C'est le temps nécessaire pour que le compresseur atteigne le régime nécessaire à son fonctionnement.

Pertes d'air comprimé

L'air comprimé n'est rien d'autre que de l'énergie stockée. Si de l'air s'échappe sans raison, c'est une perte d'énergie. Bien souvent, on n'accorde pas beaucoup d'importance à ces pertes d'air, du fait qu'elles ne sont pas directement perceptibles. Mais si on additionne toutes ces pertes, et qu'on considère les heures de fonctionnement d'un compresseur pour comprimer cet air, on constate que cette perte d'énergie n'est pas négligeable.

Fonctionnement à vide de l'installation d'aspiration

L'installation d'aspiration sert à aspirer la poussière, les copeaux ou la sciure. Pour cela, un ou plusieurs ventilateurs sont alimentés par de l'énergie électrique. Lorsque l'installation fonctionne sans que des travaux soient effectués sur des machines, cela représente une importante perte d'énergie.

3.4.3. Mesures contre les pertes d'énergie

Afin de réduire autant que possible la consommation d'énergie des machines, il s'agit d'éviter les fonctionnements à vide. Les opératrices ne doivent par conséquent mettre en marche les installations et les machines que lorsque celles-ci sont vraiment utilisées. Il en va de même pour des machines accessoires comme l'installation d'aspiration ou le compresseur. Pour le compresseur, il est possible de l'isoler du réseau en dehors des heures de travail en fermant une vanne à bille, afin d'éviter une consommation d'air inutile. Les compresseurs modernes sont munis, dans la commande, d'un compteur des heures de travail sous charge et à vide. Il est recommandé de contrôler régulièrement le rapport entre ces deux. Pour une installation d'aspiration, il est judicieux de prévoir un démarrage automatique. Ainsi, l'installation démarre automatiquement, dès qu'une machine est mise en marche. Par ailleurs, les installations modernes sont équipées d'un moteur commandé en fréquence. Celui-ci ne tourne pas toujours à plein régime, mais s'adapte au besoin d'aspiration de l'atelier.

Si quelqu'un constate une perte d'énergie sur une machine, il devrait en informer immédiatement une personne responsable. Un cas classique est la fuite d'air comprimé, lorsqu'un tuyau ou un raccord ne sont plus étanches. Cette perte d'énergie est audible et devrait être éliminée le plus rapidement possible.

3.5. Dangers, risques et prévention

Toute machine effectuant un travail est également source de dangers. Des personnes peuvent ainsi être pincées, coupées, électrocutées ou blessées d'une autre manière. Fondamentalement, chaque fabricant de machine doit effectuer une analyse des dangers. Sur la base de celle-ci, le fabricant équipe la machine des dispositifs de sécurité nécessaires, afin de limiter au maximum le risque d'accident. De plus, une homologation est réalisée à intervalles réguliers par un organe indépendant. Dans ce cadre, on contrôle si les directives sur les machines sont respectées. Les mesures de protection sont également contrôlées quant à leur existence et à leur efficacité.

Lorsque les machines sont en marche, c'est l'exploitant qui est responsable en premier lieu de la sécurité au travail. Des contrôles internes réguliers évitent que les dispositifs de sécurité soient démontés ou désactivés. En Suisse, l'assurance accidents SUVA effectue régulièrement des contrôles en entreprise portant sur la sécurité générale au travail.

Afin de réduire autant que possible le danger lié aux machines, le personnel utilisant ces machines doit être formé. Cette formation se fait généralement lors de la formation professionnelle initiale, dans le cadre des cours interentreprises.

3.5.1. Dangers et risques sur le lieu de travail

Les collaborateurs·trices sont exposés à des dangers et à des risques dans le cadre de pratiquement tous les travaux. Afin d'éviter autant que possible des accidents, il est important de connaître les dangers et les risques.

Installations pneumatiques

L'air comprimé est un vecteur énergétique invisible. Comme son nom l'indique, il peut transporter des énergies importantes et par conséquent entraîner des blessures. Il est important que les raccords du réseau d'air comprimé soient correctement effectués. Les raccords rapides doivent impérativement être des raccords de sécurité. Cela évite le débranchement soudain et violent de tuyaux ou d'outils manuels. L'air comprimé sortant avec force peut entraîner des blessures à la peau et aux membres. L'air comprimé n'est pas visible, mais il est d'autant plus audible. Le bruit produit par l'air comprimé sortant sous pression peut entraîner des lésions auditives. Si ce bruit ne peut pas être évité, il faut porter des protections auditives (SUVA, Air comprimé : le danger invisible, 2014).

Installations hydrauliques

Dans les installations hydrauliques, les fluides sont sous très haute pression. Ces fluides peuvent s'échapper de tuyaux ou de raccordements défectueux et entraîner des blessures. L'avantage est que les fuites peuvent être facilement localisées, par le fluide qui en sort. En présence de telles fuites, celles-ci doivent être réparées. Sinon, on court le risque qu'un tuyau hydraulique se détache violemment sous haute pression et blesse quelqu'un. Le remplacement d'éléments hydrauliques doit impérativement se faire avec les composants prévus pour cela. La pression dans le système est très élevée, et les tuyaux utilisés doivent par conséquent être explicitement conçus pour l'usage prévu. Dans les installations hydrauliques,

l'énergie potentielle – c'est-à-dire l'énergie pouvant être libérée par la chute d'un objet – représente aussi un danger. Dans le cas d'une plate-forme élévatrice soutenue par un vérin hydraulique, par exemple, celle-ci peut tomber subitement en cas de baisse soudaine de la pression dans le vérin. Il ne faut donc jamais se tenir dans la zone de danger d'une énergie potentielle ou sécuriser les objets susceptibles de tomber.

Installations électriques

L'électricité est un vecteur énergétique invisible, inodore et inaudible. Les travaux impliquant du courant électrique peuvent par conséquent être extrêmement dangereux. Fondamentalement, tous les travaux électriques seront réalisés par un spécialiste. Si on constate une défectuosité sur une machine, on commencera par débrancher la machine (retirer la prise, relever l'interrupteur principal, retirer le fusible, etc.) et informera son supérieur. Chaque année, on compte 600 accidents professionnels avec électrocution ([suva.ch/praevention](https://www.suva.ch/praevention), 2023). Le pontage de fusibles ou d'éléments de sécurité est interdit et peut entraîner de graves accidents.

3.5.2. Prévention

Comme déjà relevé, tous les fabricants de machines doivent réaliser une analyse des dangers. Sur la base de celle-ci, des dispositifs de sécurité sont montés sur la machine. Par exemple un interrupteur de sécurité, qui ne permet pas de mettre en marche la machine lorsque le capot est ouvert, ou une protection des pièces mobiles. Malgré ces dispositifs de sécurité, l'opérateur·trice doit aussi se protéger lui·elle-même. Pour cela, chaque collaborateur·trice dispose d'un équipement de protection individuelle. Dans la transformation du bois, une protection auditive fait partie de l'équipement standard. Selon le type de travail, cet équipement est complété par des lunettes de protection et des gants. Des vêtements appropriés / de protection et des chaussures de sécurité font également partie de l'équipement. Si l'équipement de protection nécessaire fait défaut, on s'adressera au chargé de sécurité. C'est le premier interlocuteur pour la sécurité au travail.

Afin que les machines continuent de correspondre aux standards de sécurité en vigueur après leur mise en service, la SUVA met à disposition des check-lists correspondantes. Celles-ci permettent de contrôler les machines et d'identifier d'éventuels manquements. Dans ce cas également, on s'adressera en premier lieu au chargé de sécurité de l'entreprise. C'est à lui d'informer les supérieurs d'éventuels manquements et de veiller à ce qu'ils soient éliminés.

1. Remplissez la liste de contrôle.

Si vous avez répondu «non» ou «en partie» à une question, des mesures s'imposent. Veuillez les noter à la dernière page. Si une question ne s'applique pas à votre entreprise, il y a tout simplement lieu de la barrer.

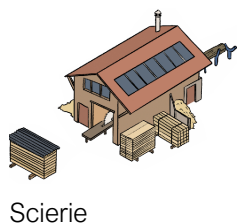
2. Mettez en œuvre les améliorations nécessaires.

Éléments de transmission		
1 Les éléments de transmission (p. ex. courroies) sont-ils protégés par une couverture ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> en partie <input type="checkbox"/> non	
Couverture de la lame de scie		
2 La lame est-elle encaissée au-dessous de la table?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	
3 Une cape de protection est-elle installée? (Fig. 1) <ul style="list-style-type: none"> • Les machines à lame inclinable doivent être également équipées d'une cape large. (Fig. 2) • Les machines à inciseur doivent être équipées d'une couverture appropriée. (Fig. 1) • Sur les scies circulaires à table d'un diamètre < 315 mm fabriquées à partir de 1997, la cape de protection peut être également montée sur le couteau diviseur. (Fig. 3) 		
4 La cape de protection est-elle en parfait état de fonctionnement (p. ex. liteaux de la cape, mécanisme de réglage) et sans dommages?		
Couteau diviseur		
5 Le couteau diviseur est-il réglé correctement et est-il bien dans l'alignement de la lame? (Fig. 4)	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	
6 L'épaisseur du couteau diviseur est-elle adéquate? Le couteau diviseur doit être plus mince que la largeur de coupe, mais au moins aussi épais que le corps de la lame.		
7 Y a-t-il un poussoir latéral et un poussoir longitudinal à portée de main? (Fig. 5 et 6)		
Guide longitudinal et guide transversal		
8 Un guide parallèle réglable dans le sens de la longueur est-il à disposition? (Fig. 7)		<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
9 Veille-t-on à ce que la hauteur du guide transversal et du guide longitudinal ne dépasse pas 15 mm à proximité de la cape de protection? Le guide ne doit jamais limiter l'effet protecteur de la cape de protection. La cape doit toujours pouvoir être abaissée sur la pièce à travailler.		<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> en partie <input type="checkbox"/> non

Figure 92 : Check liste scies circulaires à table (source : SUVA)

Fondamentalement, l'opérateur·trice est lui·elle-même responsable du bon fonctionnement de la machine. Si on constate une défectuosité, qu'elle soit pneumatique, hydraulique ou électrique, on en informera son supérieur. Ce n'est qu'ainsi que l'on pourra s'assurer que la défectuosité sera réparée. Avant de mettre en marche une machine, les collaborateurs·trices s'informent brièvement de son fonctionnement et des dangers potentiels (coupure, pincement, énergie potentielle, etc.). En étant conscient du danger, il est plus facile d'éviter un accident.

4. Débitage des grumes



CO c1 : Préparation de la production de sciages

Le chantier à grumes, avec ses postes de mesurage et de débitage en billons⁵, est au début du processus de production de toute scierie. Un chantier bien ordonné est essentiel pour chaque scierie. Ce n'est qu'ainsi que l'on peut assurer le standard de qualité nécessaire à la production et amener les grumes ou les billons dans les assortiments et les longueurs souhaités vers l'installation adéquate.



Figure 93 : Travail sur le chantier à grumes (source : Lang-Sägewerk AG)

Le débitage optimal en billons est aussi extrêmement important pour la rentabilité économique de la scierie. Pour le débitage en billons, les grumes sont classées selon la longueur, le diamètre et la qualité, sur la base de listes de cubage. Dans ce cadre, on s'efforce d'utiliser des grumes correspondant au mieux à la liste et d'obtenir le meilleur rendement en choisissant le mode de débitage optimal.

⁵ Dans ce chapitre, nous avons distingué le *débitage en billons* et le *débitage en sciages*. Dans les autres chapitres, *débitage* utilisé sans précision désigne toujours le débitage en sciages. Le *mode de débitage* concerne toujours le débitage en sciages.

Tâches pratiques dans l'entreprise

Stade de production 1 :

- Exécuter avec un soutien des commandes complexes, p.ex. préparer une liste de bois de construction
- Déterminer avec un soutien la technique et le mode de débitage pour différents produits
- Etablir des listes de cubage (3^e année)
- Calculer le rendement (3^e année)

Stage pratique en stade de production 1 (sous supervision)

- Préparer une commande y c. le calcul des dimensions
- Déterminer la technique et le mode de débitage, préparer le débitage

Cours interentreprises 4 & 5

- Contrôler et trier les grumes
- Identifier les ravageurs du bois et discuter les mesures à prendre
- Préparer le débitage
- Débiter les grumes en billons, calculer le diamètre au petit bout, déterminer la technique et le mode de débitage
- Etablir des listes de cubage
- Evaluer et calculer le rendement
- Evaluer, mesurer et classer les sciages et les bois massifs

Situations professionnelles

- A travers des discussions avec les machinistes de la scierie, vous vous assurez de la qualité des sciages.
- Vous recevez des listes de cubage du bureau et vous débitez les grumes en billons selon les usages suisses du commerce des bois.
- En choisissant le mode de débitage correct, vous vous efforcez d'obtenir toujours le meilleur rendement possible d'une grume.
- Vous contrôlez les listes de grumes et vous les transmettez à l'acheteur de grumes.
- Vous accordez une grande attention à la sécurité dans le chantier à grumes, y compris concernant la hauteur des piles.

Objectifs d'apprentissage

- Vous décrivez le déroulement du débitage des grumes en billons.
- Vous décrivez les caractéristiques spécifiques du bois massif pour l'utilisation comme matériau, bois de construction ou matière première pour des produits à base de bois.
- Vous expliquez le classement des grumes de résineux et de feuillus selon leur diamètre et leur qualité, sur la base des usages suisses du commerce du bois brut.
- Vous classez les grumes sur la base d'aides visuelles.
- Vous évaluez les grumes en fonction des exigences posées aux sciages et vous les débitez de manière optimale en billons.
- Vous classez correctement les singularités des différentes essences, afin d'obtenir le rendement maximum des grumes.
- Vous distinguez entre le mesurage manuel et le mesurage automatisé, sur le chantier à grumes, et vous êtes capable de décrire ce procédé.
- Vous calculez le diamètre au petit bout sur la base des commandes ou des listes de cubage.
- Vous expliquez l'importance, pour l'entreprise, d'une création de valeur ajoutée optimale à partir des grumes.

4.1. Triage et débitage en billons dans le chantier à grumes

Chaque arbre est un produit de la nature. Les singularités liées à la croissance (nodosité, irrégularités dans les cernes, conicité, fibre torse, bois de compression, etc.), les défauts dans le bois (poches de résine, dégâts de tempête, gélivures, coups de soleil, etc.) ainsi que les conséquences de maladies (coloration du cœur chez le hêtre, lunures chez le chêne, etc.) sont très variés. Les dimensions des arbres sont également très variables. Même au sein d'une même essence, chaque arbre est par conséquent unique et possède des caractéristiques hétérogènes. Afin d'exploiter de manière optimale le bois brut, celui-ci est classé selon quatre différents critères, voir les « Usages suisses du commerce du bois brut » (HGR Lignum, 2021) (appelés ci-après « UC bois brut ») chapitre 2 :

- d'après la longueur
- d'après l'utilisation
- d'après le diamètre
- d'après les qualités

La mesure des caractéristiques de classement est définie au chapitre 1.3 des UC bois brut.

De nos jours, le classement du bois brut est souvent réalisé, au moins partiellement, dans le cadre du mesurage automatisé, sur le chantier à grumes. En fonction du classement, les grumes sont ensuite dirigées vers la pile correspondante, où elles sont entreposées pour être débitées plus tard.



Figure 94 : Chantier à grumes (source : OLWO AG)

Les sciages sont généralement réalisés en tant que produit intermédiaire et classés par « classes d'aspect ». Les critères de ce classement sont définis en fonction des exigences pour la deuxième transformation des sciages. Voir à ce propos le chapitre « Connaissance des assortiments ».

Afin d'assurer un rendement optimal, le scieur utilise, pour le débitage d'un produit, un bois brut avec

- la longueur adéquate,
- le diamètre au petit bout nécessaire,
- la qualité suffisante.

Les caractéristiques du bois peuvent restreindre son aptitude à l'emploi.

Exemple : un nœud d'un diamètre de 40 mm...

- prendra pratiquement toute la section d'une latte à tuile de 24/48 mm, et réduira par conséquent sa résistance. Avec un tel nœud, la latte à tuile se brisera déjà avec une faible sollicitation en flexion. Ce nœud restreint l'aptitude à l'emploi de la latte à tuile.
- dans un carrelet de 100/200 mm est relativement petit. Selon son emplacement dans la section, ce nœud peut plus ou moins réduire la résistance du carrelet. Malgré cela, l'aptitude à l'emploi du carrelet n'est guère restreinte.

Lors du choix de la grume, il est par conséquent judicieux de réfléchir à la qualité la mieux adaptée à l'usage prévu pour les sciages.

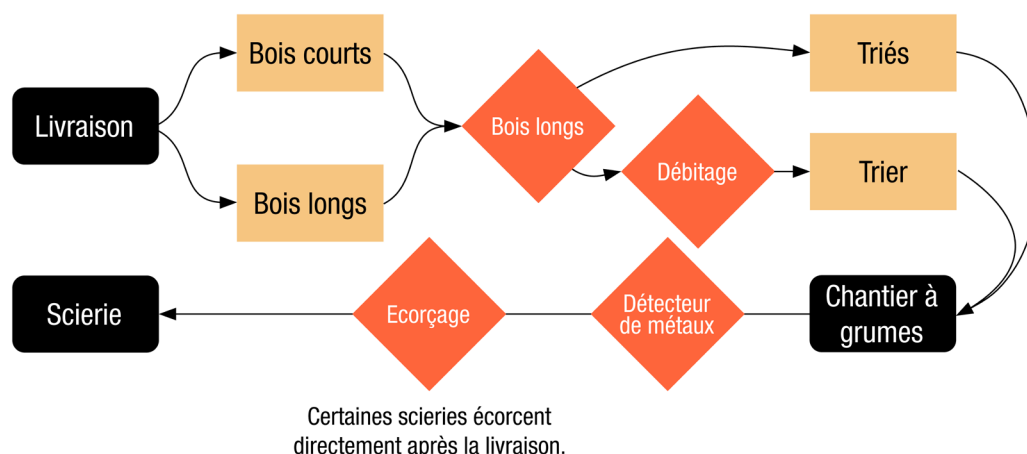


Figure 95 : de la livraison jusqu'à la scierie (source : IBS)

4.2. Débitage des grumes en billons

Les grumes sont achetées sur la base des quantités nécessaires pour la production des différents sciages. Les grumes sont d'abord triées sur le chantier à grumes, comme décrit ci-dessus. Dans la prochaine étape, les grumes sont débitées en billons, en fonction des sciages à produire. L'objectif du débitage en billons est d'assurer un rendement maximum, c'est-à-dire de produire le plus possible de pièces « avivées » à partir des grumes (voir chapitre Rendement, 2^e année). Bien entendu à partir de l'essence demandée et dans la qualité définie dans les UC bois brut et les CQ Bois+DB. Une fois la grume débitée en billons, le mode de débitage ou les données de l'assortiment doivent être inscrites sur la tranche du billon, afin que le scieur dans la scierie sache comment le débiter.

Le débitage des grumes en billons est par conséquent déterminant pour la rentabilité d'une scierie, et représente l'une des tâches avec la plus grande responsabilité, dans une scierie.

Pour les bois courts, c'est principalement un triage optimal selon les critères mentionnés ci-dessus (essence, longueur, diamètre au petit bout et qualité) qui contribuera au rendement optimal.

Le débitage des grumes en billons concerne principalement les bois mi-longs à longs.

Pour cela, on procède comme suit :

- Acquérir la vue d'ensemble des commandes des clients (listes de cubage)
- Mesurer les grumes
- Déterminer l'essence et la qualité (A, B, C)
- Déterminer le diamètre au petit bout à l'aide du compas forestier (est le plus souvent déjà fourni par le mesurage automatisé)
- Définir, pour chaque tronçon de grume, le mode de débitage optimal
- Diviser la grume en billons, manuellement ou avec un programme d'optimisation (dessiner les traits de coupe sur la grume)
- Tronçonner la grume en billons et inscrire les données de l'assortiment ou le mode de débitage sur la tranche de chaque billon
- Placer les billons dans les différentes piles (trier)

4.2.1. Commandes de clients (listes de cubage)

Dès qu'une commande d'un client est réceptionnée et enregistrée dans le bureau par la préparation du travail, celle-ci établit une liste de cubage. Le responsable de la production vient ensuite la chercher au bureau et la transmet aux différents postes au sein de la scierie, par exemple la préparation des commandes, le paquetage, le grutier, le machiniste et la station de débitage des grumes en billons.

Sur la base de cette liste de cubage, les grumes sont débitées en billons dans le chantier à grumes, puis débitées en sciages dans la scierie.

L'établissement rapide et efficace de documents de sortie de tout type est une nécessité administrative dans toute entreprise. Efficace, signifie qu'à côté de processus automatisés, des programmes d'ordinateur sont capables d'enregistrer et de reproduire efficacement certains déroulements répétitifs. Les offres, confirmations de commande, listes de bois, bulletins de livraison, factures et justificatifs peuvent ainsi être coordonnés. Dans ce cadre, les flux de documents peuvent bien entendu être définis de façon à s'accorder de manière optimale aux processus organisationnels et de production.

La succession de documents est généralement la suivante :

Offre > Confirmation de commande > Liste de cubage / de bois > Bulletin de livraison > Facture

La liste de cubage ou de bois comprend tous les produits avec les essences correspondantes. Cette liste est utilisée pour la production et le contrôle. La facture est établie sur cette base.

La liste de bois doit par conséquent être complétée précisément, pour que la commande puisse être effectuée correctement et finalement facturée.

La liste de cubage doit comprendre les données suivantes :

Liste de cubage (liste de bois)					Feuille n°		
Entreprise Scierie Dusapin SA Tél..... Fax.....					Client : Dujardin SA N° de commande : 145.02 Date commande : 21.10.20...		
Collaborateur responsable : Max Planer					Fournisseur :		
Date : 01.11.20...					Délai de livraison : 03.11.20...		
Bois massif généralement à cœur fendu selon norme SIA					Marquer clairement les grumes sur la tranche		
N°	Désignation	Pièces	Dim		Longueur en mètres	m³	Remarques
1	Traverses	4	140	100	7.500	0.420	brut de sciage
2	Poutres	16	140	140	8.500	2.666
3	Poutres	6	140	220	4.600	0.850	
4	Planches parallèles	50	160	30	5.000	0.960	

4.2.2. Mesurage des grumes (UC bois brut, chapitre 1)

La longueur, le diamètre ou le poids des grumes sont déterminés soit manuellement en forêt, soit dans la scierie au moyen du mesurage automatisé. De cette manière, on détermine s'il s'agit de bois courts, mi-longs ou longs. Cette information sera également utilisée pour le calcul de la grume et par conséquent pour la facturation (voir chapitre Bois ronds et ravageurs, 2^e année).

La grume peut être mesurée d'une seule pièce ou par tronçons. Elle peut aussi être pesée. La détermination de la longueur et du poids se fait au moyen d'une chevillière, d'un double mètre, d'un mètre à griffe, de compas forestiers étalonnés, d'appareils électroniques étalonnés ou de balances étalonnées.

Jusqu'aux environs du tournant du millénaire, les données des grumes étaient normalement déterminées et transmises par le propriétaire forestier. Les grumes étaient donc mesurées manuellement. Seules les grandes scieries modernes de notre pays pouvaient effectuer un mesurage automatisé. Aujourd'hui, les moyennes et petites scieries en sont également équipées. Cela n'est toutefois possible que si l'entreprise forestière l'accepte et si la scierie possède une installation de mesurage correspondante. Ci-après, nous décrivons les deux procédés.

Mesurage manuel

Le **mesurage manuel** signifie qu'après avoir abattu l'arbre, le forestier classe la grume en fonction de différentes classes de longueur. Pour cela, il utilise des outils de mesurage manuels comme une chevillière et un compas forestier. La procédure est décrite de manière détaillée dans les Usages suisses du commerce du bois brut (UC bois brut). Le mesurage du tronc comprend les étapes suivantes :

1. Détermination de l'essence de la grume de bois brut (grume BB)
2. Définition de l'utilisation de la grume BB
3. Mesurage de l'axe longitudinal de la grume BB avec la chevillière, en tenant compte de la surmesure obligatoire
4. Détermination du diamètre au milieu
5. Attribution de la grume BB à l'une des qualités (A, B, C, D)

Sur les grumes d'un diamètre jusqu'à 19 cm, on mesure un diamètre au milieu (c.-à-d. à mi-longueur) au compas, sur les grumes à partir de 20 cm, on mesure deux diamètres au compas, perpendiculaires entre eux.

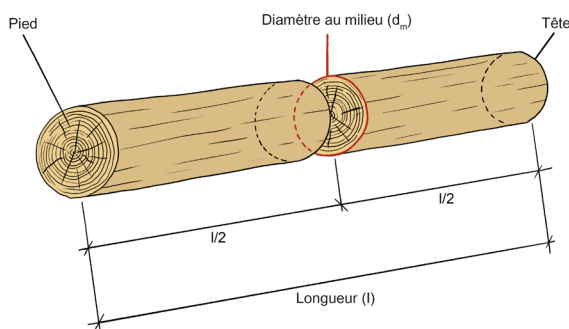


Figure 96 : Diamètre au milieu (source : IBS)

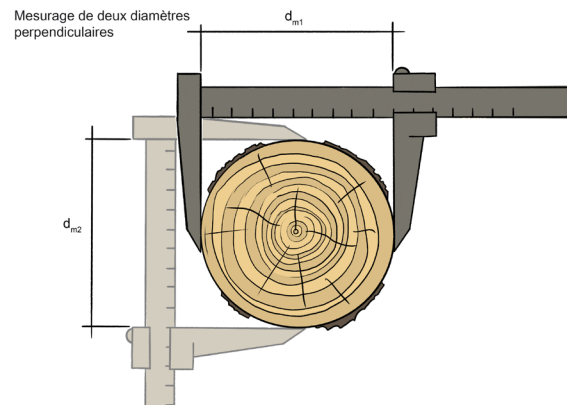


Figure 97 : Mesurage de deux diamètres perpendiculaires (source : IBS)

Après cela, la grume est amenée en bord de forêt ou du chemin forestier et empilée (pile de bois ronds). Un grumier viendra charger les grumes en temps voulu. Après la livraison, la facture avec les données des grumes est envoyée à la scierie.

Le mesurage manuel des grumes en forêt représente un travail et un temps important. Si la scierie ne dispose pas d'un système de mesurage électronique (mesurage automatisé), cette méthode doit malgré tout être appliquée. Toutefois, même en présence d'un mesurage automatisé, des échantillons doivent être mesurés à intervalles réguliers en forêt, au moyen de la méthode manuelle. De cette manière, on s'assure que le mesurage automatisé détermine correctement les mesures.

Le compas de forestier pour le mesurage manuel doit également être périodiquement étalonné.

Mesurage
automatisé

D'une part, les scieries transforment des quantités toujours plus importantes de grumes. D'autre part, la technologie a également fait d'énormes progrès dans le sens de la numérisation. De ce fait, la plupart des scieries disposent actuellement d'une infrastructure moderne sur le chantier à grumes. Celle-ci comprend un **système de mesurage automatisé**, permettant d'effectuer le mesurage sur le site de la scierie. Le mesurage laborieux en forêt et en terrain escarpé est ainsi pratiquement abandonné.

Selon les UC bois brut, les données suivantes doivent être déterminées : numéro de référence, essence, longueur, diamètre, volume net et qualité. Après le

mesurage, ces données doivent être mises à disposition du vendeur sous forme électronique.



Figure 98 : mesurage automatisé (source : Baljier & Zembrod GmbH & Co. KG)

Le procédé de mesurage doit s'intégrer dans les déroulements de l'entreprise et ne doit pas gêner la réception des grumes. Le mesurage automatisé se fait sans contact, au moyen d'un rideau infrarouge, par ultrasons, scanner de gabarit intégral, laser (3D), ainsi qu'au moyen de scanners radiographiques et de gabarit intégral.

Le déroulement usuel du mesurage automatisé est le suivant :

1. Déchargement de la grume depuis le grumier
2. Séparation des grumes
3. Evaluation de la qualité par le personnel spécialisé
4. Chargement sur la station de mesure par wagonnet (bois courts) chargeur (bois longs) ou avec la grue de triage, dans le cas d'une station de mesure intégrée
5. Mesurage de la longueur et du diamètre par des appareils électroniques
6. Triage ou débitage de la grume en billons

Dans les scieries modernes, l'écorçage se fait automatiquement. Selon les installations, le mesurage se fait avec ou sans écorce.

Mesurage de la longueur

Pour le mesurage de la longueur, on détermine la plus courte distance entre les deux extrémités de la grume.

La grume passe à travers des capteurs (p.ex. barrières photoélectriques). Durant le mesurage, des impulsions sont données au fur et à mesure de l'avancement de la grume. A l'aide de ces impulsions, on détermine la distance parcourue par la grume ou par le dispositif de mesurage, et donc la longueur de la grume.

Mesurage du diamètre

Dans le cadre d'un système de mesurage électronique, celui-ci détermine deux diamètres perpendiculaires. Un rideau infrarouge détermine le diamètre dans le plan vertical, tandis qu'un dispositif à ultrasons détermine le diamètre dans le plan

horizontal. L'évaluation de ces mesures se fait au moyen d'un processeur numérique. Alternativement, on utilise également des scanners de gabarit intégral basés sur une technologie laser. Les données de mesure peuvent être transmises au moyen d'une interface standard. La mesure par infrarouge avec une fréquence de 200 mesures par seconde garantit un mesurage précis des deux diamètres et une reconnaissance fiable des grumes, ce qui permet une attribution directe de la longueur aux valeurs de diamètre. La surface de la grume est scannée en continu selon deux axes et subdivisée en tronçons de 25 cm, le long de l'axe principal de la grume.

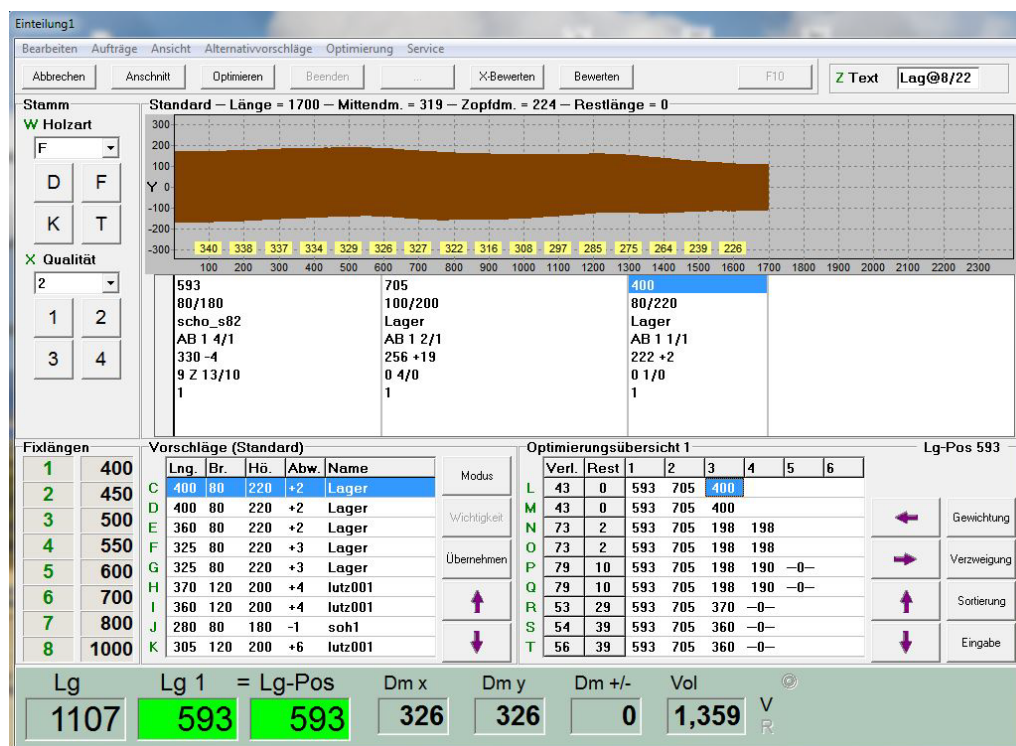


Figure 99 : débitage des grumes (source : Baljier & Zembrod GmbH & Co. KG)

Le plus petit diamètre mesuré de chaque grume (diamètre au petit bout) dans ces intervalles est déterminé séparément pour chaque axe de mesure et enregistré pour la détermination du diamètre.

Etalonnage du système de mesurage électronique

Les données relatives aux grumes sont des données cruciales pour la scierie, et ont une grande influence sur sa rentabilité économique. Elles sont utilisées en premier lieu pour la facturation des grumes, mais aussi comme base pour le calcul des prix et les statistiques d'exploitation. Les systèmes de mesurage électronique sont par conséquent soumis aux dispositions de la loi sur la métrologie. Ces systèmes doivent par conséquent être contrôlés périodiquement par l'entreprise, selon les directives des normes ISO. Les protocoles de tests doivent être conservés.

4.2.3. Détermination de l'essence et de la qualité (UC bois brut, chapitre 2)

Avant le débitage des grumes en billons, on commence par déterminer l'essence et la qualité, autrement dit, les caractéristiques de croissance (voir chapitre Bois ronds et ravageurs, 2^e année).

La détermination de l'essence est essentielle, et aucune erreur ne peut être tolérée, dans la perspective du produit fini. Une telle erreur peut avoir de lourdes conséquences, notamment dans les scieries qui transforment de nombreuses essences.

Aussi bien lors du débitage en billons que lors du triage, il s'agit de déterminer la qualité des grumes (A, B, C, D). Dans ce cadre, on se basera sur les UC bois rond et les CQ bois+DB ou sur les conventions avec le client (voir chapitre Bois ronds et ravageurs, 2^e année).

Pour la rentabilité économique de l'entreprise, il est important de ne pas utiliser une qualité plus élevée que nécessaire, sans quoi les recettes des sciages ne couvriraient pas les coûts d'achat des grumes. D'un autre côté, une qualité insuffisante pourrait entraîner des réclamations des clients. Dans le pire des cas, il faudrait alors remplacer les produits livrés.



Figure 100 : wualité de grumes et sciages (source: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

4.2.4. Détermination du diamètre au petit bout

Fondamentalement, il s'agit toujours d'obtenir le meilleur rendement du produit principal, par exemple du bois de construction. Car les produits connexes comme les planches de bord pour des planches parallèles ou similaires seront de toute manière produits en quantité suffisante et sont économiquement moins intéressants. A partir du diamètre au petit bout, c'est-à-dire de la partie la plus fine du

billon, on visera si possible une section carrée du produit principal, du fait qu'une telle section offre le meilleur rendement. Plus on s'écarte de cette section, plus le rendement diminue, et donc les recettes. Car en règle générale, la vente des produits principaux est plus rentable que celle des produits connexes. Si ce n'est pas le cas pour certains produits, on peut bien entendu s'écarter de ce principe et d'une section carrée.

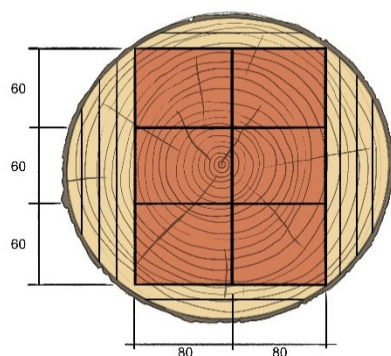
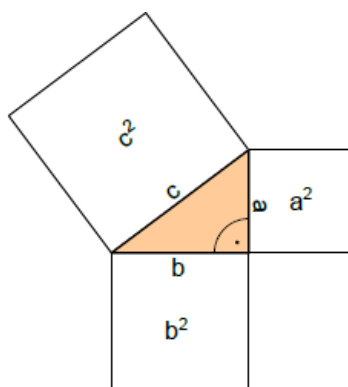


Figure 101 : diamètre au petit bout (source : IBS)

Pour la scierie, c'est le plus petit diamètre du billon, c'est-à-dire le diamètre au petit bout (dz), qui est déterminant. C'est ce diamètre qui va déterminer si un produit aura ou non des flaches, une fois débité. C'est aussi, avec le mode de débitage, l'élément déterminant pour le rendement du produit principal. Plus le billon est débité précisément sur la base du diamètre au petit bout, plus le rendement du produit principal sera élevé, après le débitage en scierie. C'est pourquoi, dans la plupart des scieries de résineux, les piles de billons sur le chantier à grumes sont formées selon le diamètre au petit bout, la qualité et l'essence. Comme, pour des raisons de place, il n'est souvent pas possible de former des piles pour chaque diamètre au petit bout, on définit des fourchettes et des classes de diamètres au petit bout. La plupart du temps,

ces fourchettes sont de 2 cm, ce qui donne par exemple une classe de 30 – 31,9 cm. Ainsi, les billons d'un diamètre au petit bout de 30 à 31,9 cm sont débités dans la même classe. Si la place est vraiment très limitée, on applique aussi des fourchettes plus importantes. Cela a toutefois des conséquences directes sur le rendement et sur la part de produits avec flache, du fait que le mode de débitage est le même pour toute la classe. La proportion de flache sur les sciages est réglée dans les CQ Bois+DB. Lorsque nous voulons débiter des carrelets ou des planches en largeur fixe de certaines dimensions, nous devons déterminer le diamètre au petit bout (dz) du billon. Pour cela, nous utilisons le théorème de Pythagore.

Dans un triangle rectangle, le carré de l'hypoténuse c^2 est égal à la somme des carrés de autres côtés a^2 et b^2 .



$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$a^2 = c^2 - b^2$$

$$b^2 = c^2 - a^2$$

$$\sqrt{a^2 + b^2} = c$$

$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

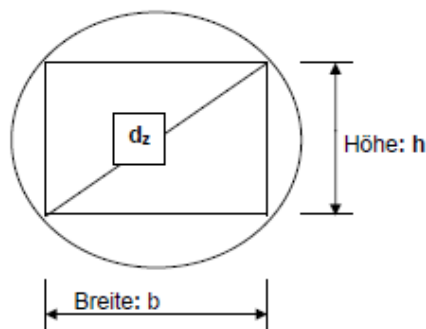
$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

Le diamètre au petit bout est la diagonale de la section de la poutre et donc la racine carrée de la somme des carrés de la hauteur et de la largeur de la poutre. Afin d'obtenir le meilleur rendement, on recherche toujours une section la plus proche possible du carré. p.ex. 2 pièces de X 10 cm / 20 cm

Pour l'usage quotidien et pour les sections carrées, nous utilisons la formule simplifiée pour déterminer le diamètre au petit bout pour la production de bois de construction sans flache :

$d_z = 0.71 \times$ la somme de la hauteur (cm) et de la largeur (cm) du madrier

ATTENTION : cela ne vaut que pour les sections à peu près carrées !!



$$d_z = 0,71 \cdot (h + b)$$

$$b = \frac{d_z}{0.71} - h$$

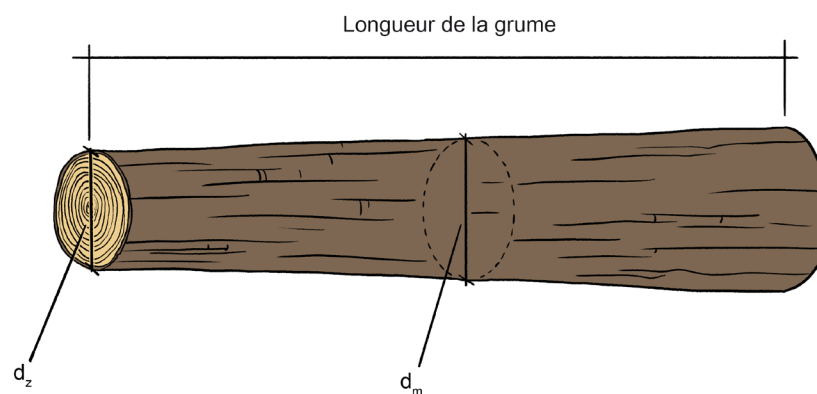
$$h = \frac{d_z}{0.71} - b$$

Le calcul du volume de la grume est au moins aussi important que celui du diamètre au petit bout. Le volume est une grandeur extrêmement importante pour l'économie forestière et l'industrie du bois. Le volume se calcule en mètres cubes (1 m³) de bois sous forme de grume ou de sciages. Dans une scierie, tous les calculs et statistiques se font en mètres cubes. Sur le chantier à grumes, le calcul du volume est également important pour contrôler la liste des grumes ou estimer le poids d'une grume. C'est notamment parfois nécessaire, par rapport à la capacité de charge des engins de levage et de transport.

Pour le calcul du volume d'une grume, nous avons besoin de la longueur et du diamètre au milieu (d_m). Celui-ci est mesuré au moyen d'un compas de forestier au milieu de la grume. Enfin, nous avons encore besoin du nombre Pi (π) pour calculer le volume de la grume.

Une fois que nous connaissons le diamètre au petit bout (d_z), nous pouvons calculer le diamètre au milieu (d_m) sur la base de la conicité.

Le diamètre des grumes diminue de la base au sommet, c'est ce que nous appelons la conicité. Celle-ci est normalement de 1 cm/m. On admet que le diamètre diminue régulièrement de la base au sommet.



Conicité par m¹ = 1cm

Figure 102 : conicité (source : IBS)

$$V = l \cdot r^2 \cdot \pi$$

$$V = l \cdot d_m^2 \cdot \pi / 4 \quad \pi/4 = 0,785$$

$$V = l \cdot d_m^2 \cdot 0,785 \quad \text{Exemple : } 10 \text{ m} \times (0,35 \text{ m})^2 \times 0,785 = \underline{0,96 \text{ m}^3}$$

Pour le calcul du volume, nous utilisons la formule simplifiée avec 0,785.

Le volume est arrondi à deux décimales.

4.2.5. Définition du mode de débitage

La technique de débitage en sciages dépend souvent de facteurs tels que le choix des machines principales et l'essence. Quant au mode de débitage, il va plutôt dépendre du produit principal et de son utilisation. Les machines principales peuvent bien entendu aussi avoir une influence sur le mode de débitage, du fait que les billons ne peuvent pas être débités de la même manière sur toutes les machines (voir chapitre Débitage, 1^{re} année).

Pour transformer les billons en sciages, il faut une technique de débitage adaptée. Celle-ci dépend des essences et du programme de production (sciages). C'est donc une question de structure et de philosophie de la scierie. Celles-ci vont à leur tour dépendre du positionnement de la scierie sur le marché.

On distingue les types de scieries suivants :

Scierie commerciale

- Principalement assortiments de résineux
- Grand stock de sciages (choix)
- Peu de grumes (peu d'assortiments différents)
- Dimensions standardisées

Scierie travaillant à la demande

- Transformation de résineux et de feuillus
- Grand stock de grumes (différents assortiments)
- Peu de sciages en stock (production selon la demande des clients)

Scierie avec deuxième transformation du bois

- Grand stock de grumes
- Grande capacité de séchage
- Raboterie et usine de collage rattachée
- Généralement deuxième transformation (fabrique de caisses, etc.)
- Assortiments pour sa propre distribution

Scierie d'exportation

- Emplacement souvent dans des régions à surplus de bois
- Dimensions standardisées
- Assortiments de masse

Sur la base des distinctions ci-dessus selon le programme de production, la prochaine distinction est basée sur le choix des essences. Celui-ci est souvent déterminant pour la technique de débitage et par conséquent pour le choix des machines principales et le mode de débitage. Aujourd'hui, le débat pour savoir laquelle des machines – entre la scie multiple, la scie à ruban, la scie circulaire ou le canter – est la meilleure est dépassé. Le critère déterminant est plutôt la rentabilité économique, qui est propre à chaque machine et à sa technique de débitage.

On distingue les techniques de débitage en sciages suivantes, en fonction des essences :

Scierie de résineux

- Scie multiple
- Scie circulaire
- Groupe de scies circulaires
- Ligne de canter

Scierie de feuillus

- Scie à ruban (horizontale ou inclinée)

Scierie de résineux et de feuillus

- Scie à ruban (verticale ou inclinée)
- Scie multiple
- Groupe de scies circulaires

Scierie de bois tropicaux / scierie mobile ou spécialisée

- Scie à ruban (souvent horizontale)

Selon l'essence et les singularités de croissance de l'arbre (voir chapitre Débitage, 1^{ère} année), le billon doit être positionné (tourné) et donc débité différemment dans la machine principale.

Voici quelques exemples de positionnement d'un billon :

Débitage en plot

Lors du débitage en plot, la courbure sera si possible placée dans le plan vertical, car c'est ainsi que les fibres seront le moins recoupées et que le rendement sera le plus élevé.

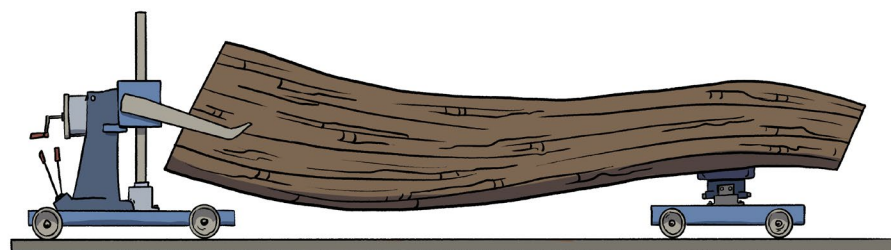


Figure 103 : courbure placée dans le plan vertical (source : IBS)

Si l'on veut produire des planches parallèles, on placera plutôt la courbure dans le plan horizontal pour obtenir le rendement le plus élevé. Car la largeur après déli-gnage ne dépasse jamais la largeur au petit bout.

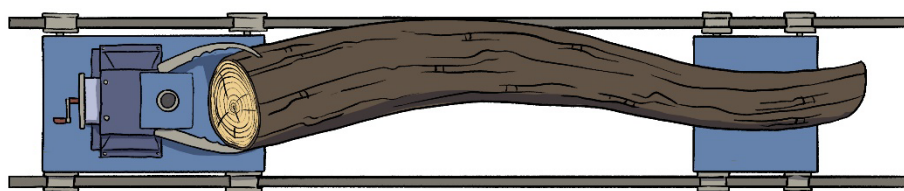


Figure 104 : courbure placée dans le plan horizontal (source : IBS)

Si la grume présente une grande cadranure, on positionnera la grume de manière à ce que la cadranure soit dans le plan horizontal. Cela, du fait que le cœur est de toute manière éliminée dans la plupart des cas pour les planches en plots. Il est aussi possible de positionner la grume pour que la cadranure soit dans le plan vertical ; de cette manière, il ne concernera qu'une seule planche, qui sera ensuite réduite en plaquettes.

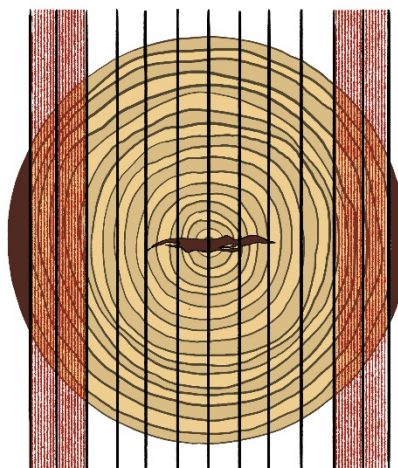


Figure 105 : positionnement de la cadranure dans le plan horizontal (source : IBS)

Dans la mesure du possible, on s'efforcera toujours de placer les défauts du bois sur les côtés. De cette manière, ils affectent seulement les produits connexes, et non le produit principal.

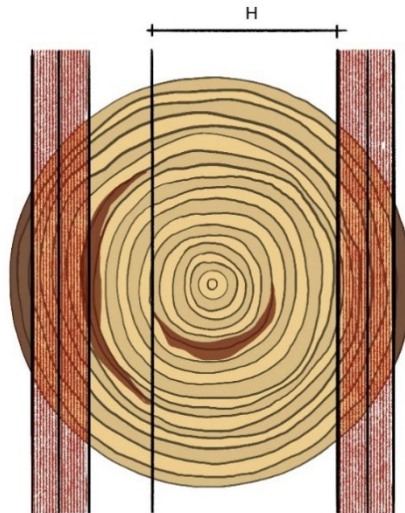


Figure 106 : positionnement avec défauts du bois (source : IBS)

Sciage sur dosse

Dans la plupart des cas, les sciages sont réalisés à cœur fendu. Lors du premier passage, on placera donc la courbure dans le plan horizontal, afin que le cœur soit bien centré et puisse être fendu précisément lors du deuxième passage.

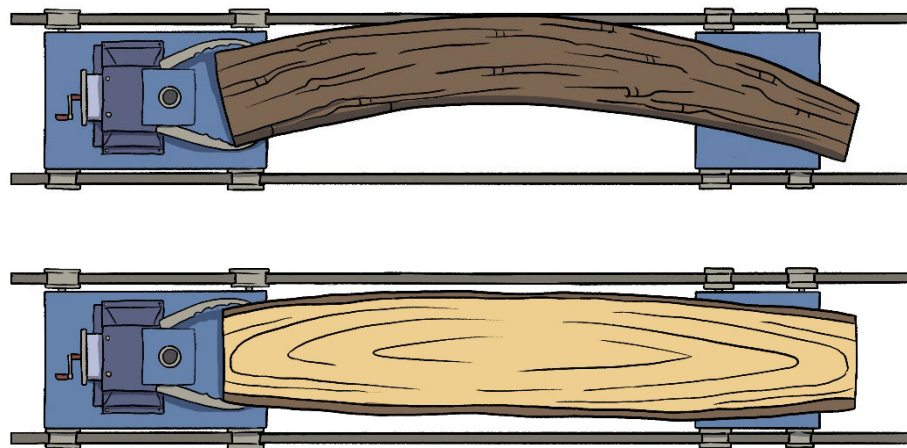


Figure 107 : sciage sur dosse (source : IBS)

En présence d'une grande cadranure dans le billon, on recherchera un compromis entre la courbure et la cadranure. Pour la production de carrelets, on positionnera la cadranure dans le plan vertical pour le premier passage, afin de pouvoir le positionner dans le plan horizontal et en position centrale dans les deux carrelets, lors du deuxième passage.

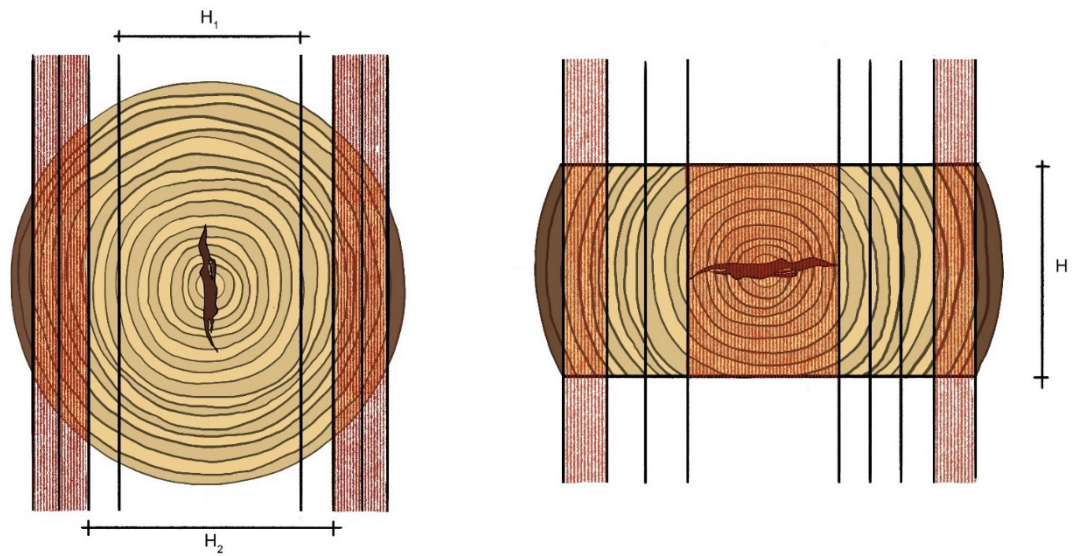


Figure 108 : positionnement de la cadranure (source : IBS)

On peut aussi choisir la variante avec une planche de cœur. Dans ce cas, on cherche à placer la cadranure dans une planche, qui sera ensuite réduite en plaquettes. Dans ce cas, la cadranure sera positionnée dans le plan horizontal pour le premier passage et dans le plan vertical pour le deuxième passage.

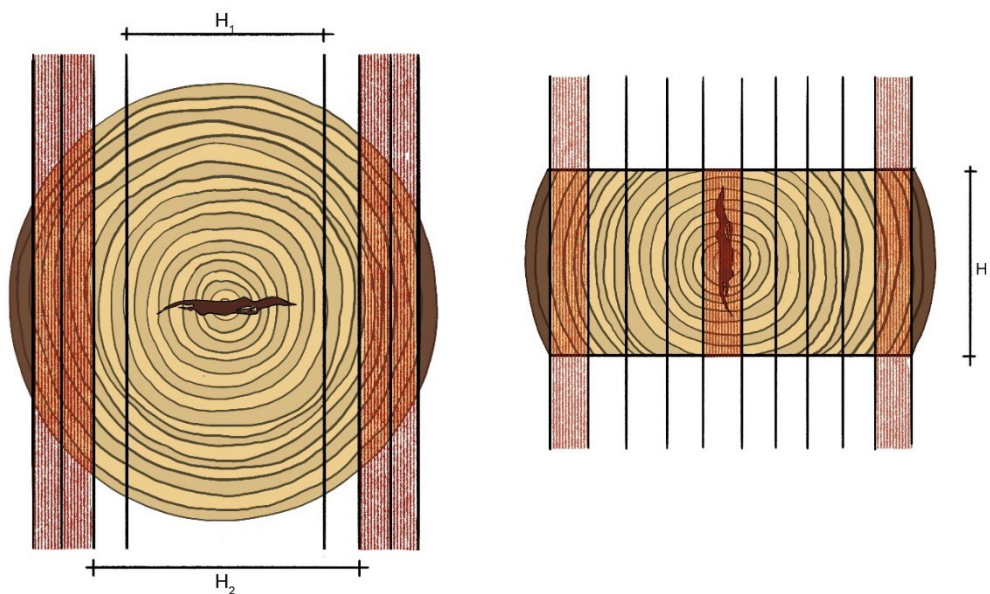


Figure 109 : variante cadranure (source : IBS)

En présence de nombreuses fissures extérieures, de pourriture rouge ou de bleuissement, on commencera toujours par scier sur dosse. De cette manière, les défauts affectent les produits connexes lors du premier et du deuxième passage, et non le produit principal.

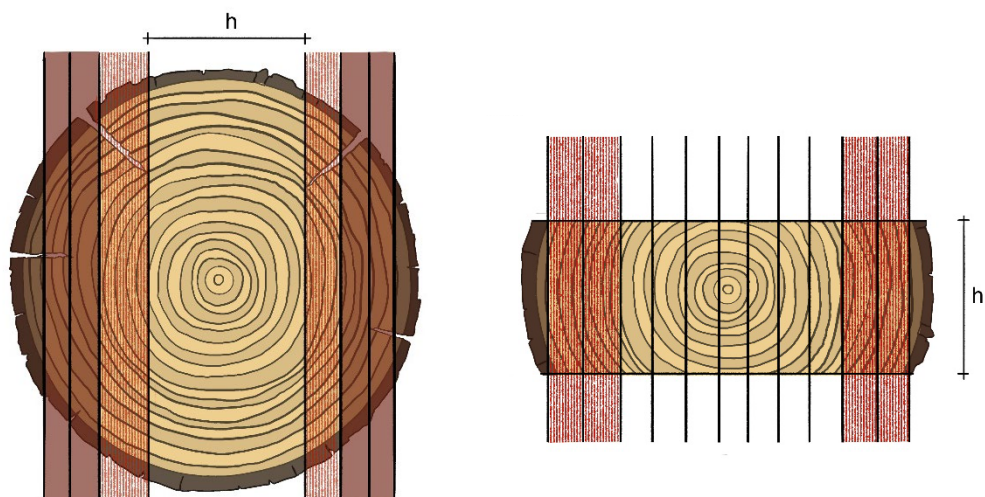


Figure 110 : scier sur dosse en cas de fissures extérieures, pourriture rouge, bleuissement (source : IBS)

A cœur fendu

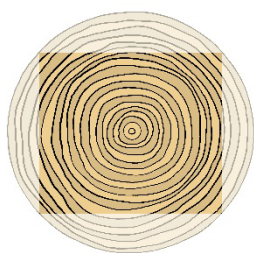
Lors du choix du mode de débitage, on tiendra compte de la résistance exigée pour le produit fini. Pour le bois de construction, par exemple, seuls les pannes et les chevrons peuvent être débités à cœur fendu, du fait que, pour ces pièces, la courbure est compensée lors de la mise en place. Pour les poteaux et les autres sections carrées, le cœur ne devrait en revanche pas être fendu. Pour les planches en largeur fixe, on essaie de refendre le cœur jusqu'à une épaisseur d'env. 30 mm, mais pas en dessous.

Ci-après, nous décrivons quelques modes de débitage, en fonction des sciages à produire.

Débitage de bois massif (carrelets / bois de construction)

Ces modes de débitage peuvent être réalisés sur toutes les machines principales. Tous font partie de ce qu'on appelle le sciage sur dosse. Ils sont par conséquent réalisés en deux passages.

Bois massif avec cœur / à cœur fendu



- Est utilisé pour les poteaux et les carrelets
- Risque élevé de fissuration et de torsion
- Inévitable à partir d'une certaine section

Figure 111 : à cœur fendu (source : IBS)

Bois massif à cœur fendu / refendu

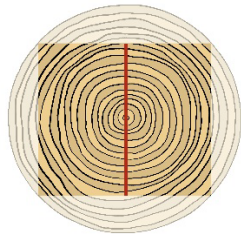


Figure 112 : refendu (source : IBS)

- Mode de débitage le plus fréquent pour du bois massif
- Le cœur est fendu, et donc visible dans le bois
- Risque de fissuration nettement moindre, en raison du cœur fendu

Bois massif hors cœur / à cœur refendu

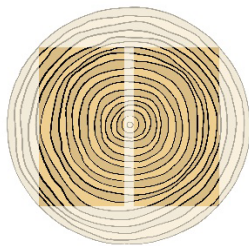


Figure 113 : à cœur refendu (source : IBS)

- Variante sur quartier des modes de débitage de bois de construction
- Pas de cœur dans le produit principal, du fait que la planche de cœur est découpée (30-50 mm)
- Très faible risque de fissuration et déformation

Bois massif : bois sur quartier hors cœur et/ou à cœur fendu / refendu

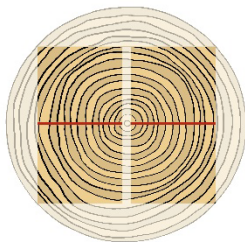


Figure 114 : à cœur fendu / refendu (source : IBS)

- Utilisé principalement pour des carrelots de petite section
- Le plus souvent seulement fend
- Rendement optimal

Bois massif : planches en largeur fixe et/ou à cœur fendu / refendu

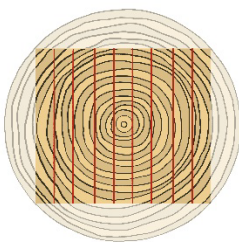


Figure 115 : à cœur fendu / refendu (source : IBS)

- Possibilité d'obtenir des planches hors cœur ou à cœur fendu
- La largeur des planches est déterminée par la hauteur du madrier, l'épaisseur est définie lors du deuxième passage
- Utilisation aussi bien pour lames de bois lamellé-collé que pour planches d'échafaudage, planches de coffrage ou bois massif

Débitage de planches parallèles sur quartier / sur faux quartier / en coupe tangentielle

Avec ces modes de débitage, le but est de produire des planches et des lames avec des cernes presque entièrement de perpendiculaires aux faces ou au contraire essentiellement parallèles à celles-ci. Ces modes de débitage sont utilisés principalement pour des gros bois et des usages spéciaux, par exemple des planches rabotables, des lames de parquet, des appareils de sport et des carrelets de fenêtre. La machine idéale pour ces modes de débitage est la scie à ruban. Une scie multiple peut également être utilisée, en partie.

Coupe sur quartier
/ radiale

Les rayons médullaires ressortent particulièrement bien en coupe radiale, notamment sur certains feuillus comme le chêne, le frêne et le hêtre. Pour ce mode de débitage, on utilise principalement des billons sans nœuds d'un diamètre de plus de 40 cm.

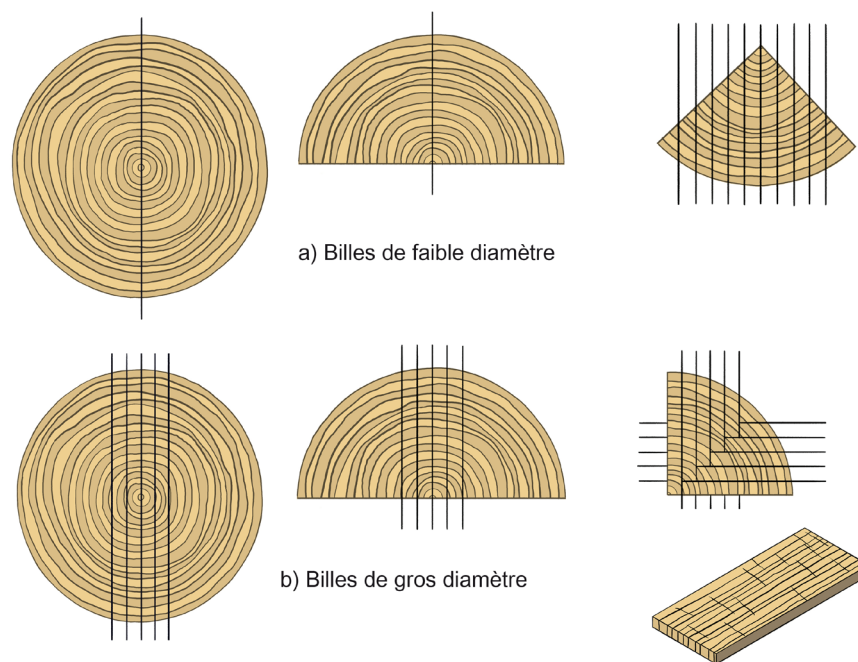


Figure 116 : coupe sur quartier et radiale (source : IBS)

Coupe sur quartier

Ce mode de débitage était autrefois souvent demandé par les charrons. Suivant le diamètre, on coupe plusieurs planches de cœur ; le cœur lui-même sera découpé. Les deux moitiés de la grume sont ensuite tournées de 90 degrés pour le deuxième passage. On obtient des planches de largeurs différentes, avec une flache d'un côté. Le rendement de planches sur quartier est élevé.

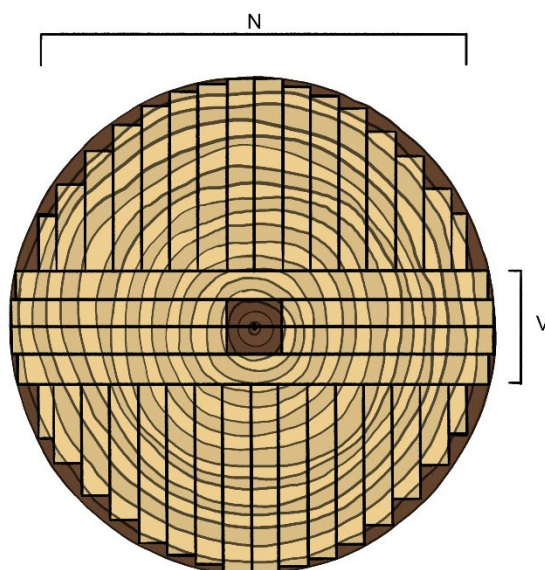


Figure 117 : coupe sur quartier (source : IBS)

Coupe sur faux quartier

Les planches de bord font souvent également partie du produit principal. Après cela, on scie deux madriers, qui sont ensuite débités en planches sur faux quartier en largeur fixe, dont la part n'est toutefois pas très élevée. Dans ce cadre, les planches du milieu sont sur quartier. Elles contiennent toutefois du cœur sur leur chant intérieur, qui doit encore être déigné.

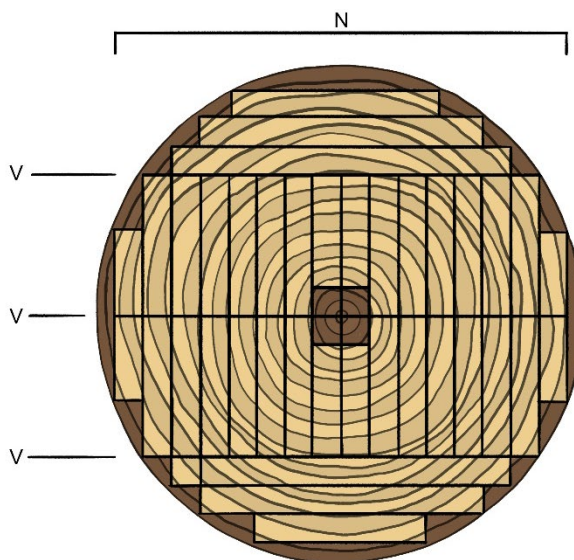


Figure 118 : coupe sur faux quartier (source : IBS)

Coupe sur quartier avec planche de cœur

Contrairement à la coupe sur faux quartier, deux à quatre planches de cœur sont d'abord sciées au premier passage. Leur nombre dépend du diamètre de la grume. Après avoir scié ces planches et enlevé le cœur, on obtient des planches sur quartier. Dans le deuxième passage, les deux madriers sont ensuite débités en planches sur faux quartier en largeur fixe.

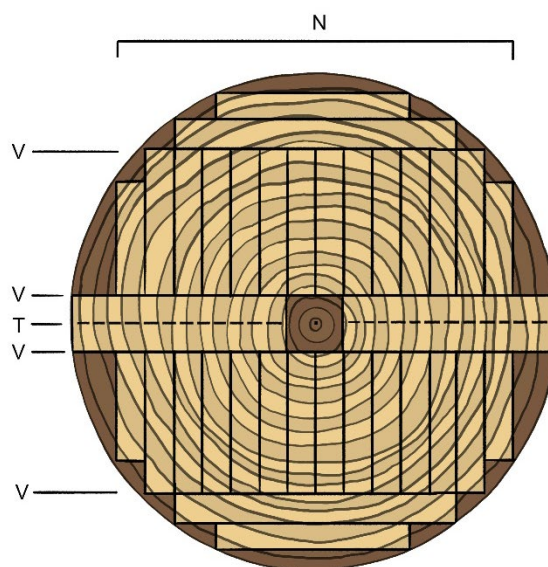


Figure 119 : coupe sur quartier avec planche de coeur (source : IBS)

Avec ce mode de débitage, on obtient un rendement de 50–55%, dont environ 75% sur quartier.

Coupe tangentielle

La coupe tangentielle est le contraire de la coupe radiale. Avec celle-ci, on cherche à obtenir des sciages avec les cernes essentiellement parallèles aux faces et non perpendiculaires à celles-ci. Pour ce faire, on débite d'abord environ 1/8 du diamètre d'un côté du billon. Après cela, le billon est tourné de 90° et débité jusqu'à la moelle. Après une nouvelle rotation de 90°, il est débité jusqu'à proximité de la moelle. Après une dernière rotation de 90°, la pièce restante est entièrement débitée. De cette manière, on obtient des sciages de structure très similaire, mais de largeurs très différentes.

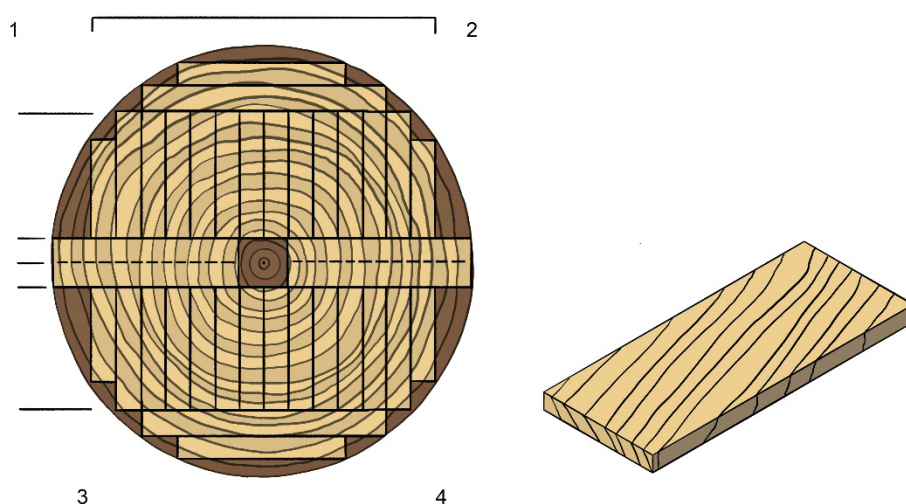


Figure 120 : coupe tangentielle (source : IBS)

Débitage en plot /
en plot / sur dosse

Le débitage en plot est le plus utilisé pour les grumes de qualité. On obtient des planches (aussi appelées plateaux ou madriers) non délignées de différentes largeurs. Dans les planches du milieu, les cernes sont perpendiculaires aux faces (= sur quartier).

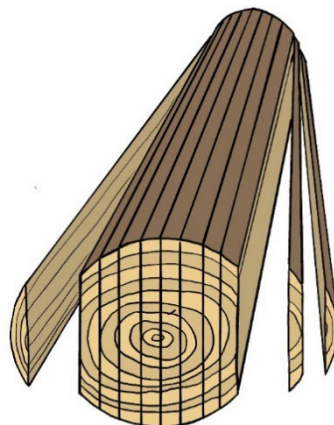


Figure 121 : débitage en plot (source : IBS)

4.2.6. Débitage des grumes en billons

Le débitage des grumes en billons vise à optimiser le rendement de la grume. Le débitage en billons commence toujours au gros bout. De cette manière, une éventuelle chute sera au petit bout et la perte de volume sera moins importante. D'un autre côté, on ne négligera pas le diamètre important pour le rendement du produit principal.

Sur la base de l'image complète de la grume et des commandes reçues, c'est une personne ayant de l'expérience dans cette tâche qui va débiter la grume en billons. En présence de plusieurs commandes, on se basera d'abord sur l'assortiment avec la meilleure rentabilité économique (planches rabotables, bois de construction, etc.), et après seulement sur l'assortiment avec le plus grand rendement matière (planches en plots, planches en largeur fixe, etc.).

Pour les résineux, les grumes avec une forte courbure ou une forte conicité sont généralement dédoublées en billons de même longueur. Cela améliore le rendement et évite des perturbations techniques ou opérationnelles lors du débitage ultérieur en sciages. En cas de singularités importantes dans ou sur le bois, par exemple d'importants nœuds groupés, des portions pourries ou des cassures, on s'efforce souvent de découper ces portions.

Tronçonnage de
résineux

- Courbure
- Taille des nœuds
- Forte conicité
- Pourritures et cassures
- Corps étrangers (clous ou éclats)

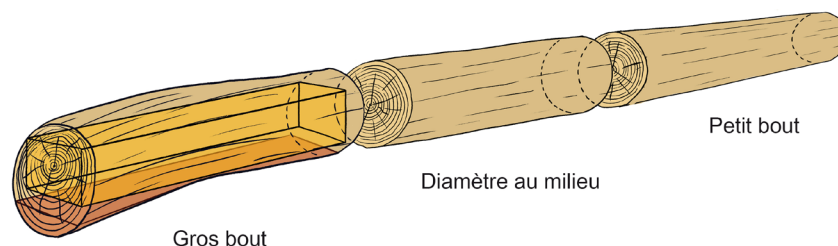


Figure 122 : Exemple de découplage d'une grume de résineux (source : IBS)

Tronçonnage de feuillus

Les feuillus obéissent à d'autres règles concernant la courbure, du fait que les sciages de feuillus sont en règle générale livrés non délignés. Les grumes avec une forte courbure ne pouvant pas être utilisées telles quelles pour des raisons techniques ou opérationnelles doivent être débitées en billons. Les sciages ne doivent pas contenir d'éclats ou autres parties métalliques, celles-ci pouvant être mis en évidence par des détecteurs de métaux dans les entreprises modernes. Selon leur profondeur dans le bois, ces corps étrangers sont extraits à la hache ou la partie concernée est éliminée par tronçonnage. Par ailleurs, une attention particulière sera accordée aux singularités suivantes, lors du débitage en billons :

- Fibre torse
- Nodosité
- Bois de réaction (de compression)
- Défauts dus au stockage

Ainsi, une grume avec des bords défectueux n'est généralement pas débitée en planches en plots.

Zones de nœuds

Chaque grume a trois zones de nœuds :

- Zone sans nœuds
- Zone à nœuds non adhérents
- Zone à nœuds adhérents

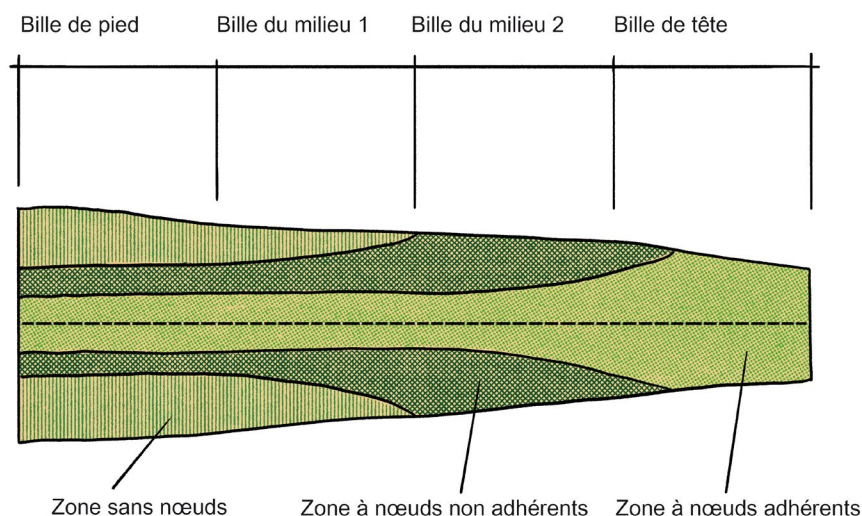


Figure 123 : zones des nœuds (source : IBS)

Une attention particulière sera accordée à ces zones, lors du débitage en billons. Dans la zone sans nœuds, on produit régulièrement des planches en plots, des carrelets et d'autres assortiments de valeur. Dans la zone à nœuds adhérents, où on peut s'attendre à des nœuds sains, on produit des planches rabotables, des lames, des carrelets, etc.

Lors du débitage en billons, la priorité sera accordée aux assortiments de valeur.

A côté de ces défauts et points essentiels, on tiendra compte d'une certaine surmesure en longueur. On compte env. 10 mm de surmesure pour le trait de scie de tronçonnage, plus 10% du diamètre à l'endroit du tronçonnage, si le tronc est tronçonné à la main avec une tronçonneuse, auxquels on ajoute encore 20 mm si les sciages doivent encore être tronçonnés. Lors du tronçonnage manuel à la tronçonneuse, on tiendra compte d'au moins 5 cm de surmesure.

Ne pas compter plus de surmesure que celle nécessaire pour le tronçonnage.

Afin d'améliorer la commerciabilité des assortiments de bord, on se basera sur les longueurs commerciales usuelles, tant que la différence ne dépasse pas 15 cm. Un produit de liste à 4,92 m sera donc tronçonné à 5.00 m.

4.3. Choix du billon pour le débitage de bois de construction à l'aide d'un exemple concret

Vous êtes face à la situation suivante :

Situation initiale	Une entreprise de construction en bois vous commande du bois massif de section 100/200 mm d'épicéa et de classe d'aspect N selon CQ Bois+DB, chapitre 4.1 (HHG Lignum, 2021).
Problème 1	Quelle qualité devez-vous choisir pour le billon de résineux selon UC bois brut chapitre 2.1.4 pour obtenir du bois massif de section 100/200 mm et de classe d'aspect N ?

Amorce de solution

Le billon doit présenter globalement les caractéristiques remplissant les principaux critères de la classe d'aspect pour le bois massif.

Recherche

Pour répondre à cette question, vous devez tout d'abord analyser les critères selon CQ Bois+DB, tableau 4.1-1. Nous nous limitons ici aux nœuds, à la pente du fil et à la largeur moyenne des cernes :

- Pour le bois massif, la dimension d'un nœud est celle de son plus petit diamètre apparent. Pour les nœuds d'arête, on considère la hauteur de l'arc de cercle, si celle-ci est inférieure au diamètre. Voir CQ Bois+DB, figure 1.4-5. Selon CQ Bois+DB, tableau 4.1-1, les nœuds sont admis dans le bois massif si le plus petit diamètre apparent ne dépasse pas les 2/5 de la dimension du côté correspondant de la section. Dans le petit côté du bois massif de 100 mm de largeur, le plus petit diamètre ne peut donc dépasser $2/5 \times 100 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$. Le plus petit diamètre apparent correspond au diamètre effectif du nœud. Le diamètre des nœuds du billon doit donc être plus petit ou égal à 40 mm. Les billons de qualité B remplissent cette exigence, voir UC bois brut tableau 2.1-2.
- Pour le bois massif, la pente du fil est mesurée sur la forme des cernes annuels ou des fentes de retrait. La pente du fil est calculée en tant qu'écart x du fil rapporté au segment de mesure y et exprimée en valeur de proportion (x sur y), voir CQ Bois+DB, figure 1.4-7. Selon CQ Bois+DB, tableau 4.1-1, une pente de fil jusqu'à 12% est admise pour le bois massif de classe d'aspect N.
- Lors du classement des billons de résineux en fonction de la qualité, les critères suivants sont déterminants : la courbure, la conicité et la fibre torse. Une comparaison directe des critères est par conséquent difficile. Les critères limitatifs pour les grumes de qualité A, B et C, qui vont de 1% (1 cm/m) à 6% (6 cm/m), sont toutefois plus stricts que la fibre torse admise jusqu'à 12% (12 cm/m) pour les sciages de la classe de triage S10, voir UC bois brut, tableau 2.1-2. Les billons de qualité C remplissent probablement cette exigence pour le bois massif.
- Pour le bois massif, la largeur moyenne des cernes est mesurée dans la section sans les premiers 25 mm autour de la moelle, voir CQ Bois+DB, figure 1.4-6.

- Selon CQ Bois+DB, tableau 4.1-1, une largeur moyenne des cernes de 6 mm est admise pour le bois massif de classe d'aspect N. Pour le classement selon la qualité des billons de résineux, des critères sont définis pour la singularité « largeur moyenne des cernes », voir UC bois brut, tableau 2.1-2. Les billons de qualité B remplissent ces exigences, voir UC bois brut, tableau 2.1-2.

Solution

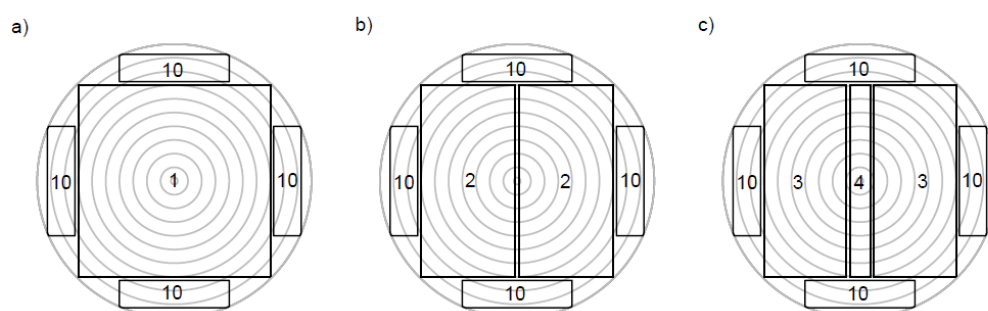
Sur la base des critères ci-dessus pour du bois massif de section 100/200 mm, il faut débiter un billon de qualité B.

Problème 2

Quel doit être le diamètre minimum au petit bout du billon d'épicéa pour pouvoir débiter du bois massif de section 100/200 mm de classe d'aspect N ?

Amorce de solution

Commencer par déterminer si la classe d'aspect N impose un mode de débitage particulier.



La figure montre les modes de débitage usuels :

Figure 124 : désignation des modes de débitage et des sections selon l'orientation des cernes. Extrait des CQ Bois+DB, figure 1.4-9 (HHG Lignum, 2021)

Légende de la figure :

- 1 Pièce à plein cœur
- 2 Pièce à cœur fendu, moelle visible
- 3 Pièce hors cœur, sans moelle visible
- 4 Planche de cœur
- 10 Planche de bord

Recherche

Pour répondre à cette question, vous devez analyser les critères pour la classe d'aspect N et la singularité « mode de débitage » dans CQ Bois +DB, tableau 4.1-1. Vous y trouverez le critère « cœur fendu exigé ».

Solution

Le billon doit être débité à cœur fendu, parce que le bois massif de classe d'aspect N doit être « à cœur fendu », voir schéma b) dans la figure. Le diamètre du billon au petit bout doit par conséquent être calculé pour un débitage à cœur fendu.

4.4. Éléments économiques

L'objectif d'une scierie est de produire des sciages de manière la plus rationnelle possible, indépendamment du diamètre au petit bout et de la longueur des grumes. Le débitage des grumes en billons est par conséquent une étape indispensable de ce processus.

Pour produire les sciages économiquement, le débitage des billons doit se faire avec les coûts les plus faibles possibles.

Les coûts d'une scierie peuvent être subdivisés grossièrement comme suit :

Coûts totaux	100%	
=		
Coûts des matériaux (grumes)	env. 60%	(valeur moyenne)
+		
Coûts généraux (coûts fixes)	env. 22%	(valeur moyenne)
+		
Coûts de personnel (salaires)	env. 18%	(valeur moyenne)

L'utilisation la plus économique possible des grumes requiert la résolution de plusieurs optimisations :

- La réalisation d'un rendement matière maximum, du fait que les coûts des matériaux représentent la plus grande part des coûts d'une scierie (coûts totaux)
- La réalisation des débitages dans le bon ordre, afin de réduire autant que possible les temps de déplacement et d'assurer un taux d'utilisation maximum de l'infrastructure de production
- La réalisation des débitages dans le temps le plus court possible, afin de réduire les coûts de personnel

Au niveau du débitage des grumes en billons, cela implique par exemple de définir le mode de débitage pour un ou plusieurs billons de manière à produire l'assortiment de sciages avec le moins de chutes possible. Normalement, on commence par débiter les grumes en billons. Après cela, chaque billon est attribué à un assortiment et à un mode de débitage. Les différents billons sont amenés, l'un après l'autre, dans la halle de production de la scierie, où ils sont débités en sciages selon le mode de débitage défini. On s'efforce d'amener les billons à la scie par classe de diamètre, de manière à avoir au moins une mesure identique avec le billon précédent.

Le rendement matière est déterminé par le diamètre au petit bout, la longueur et la conicité de la grume. Ce rendement représente le rapport entre le volume de la

grume et le volume de sciages obtenus. Une technologie informatique et de mesure moderne permet aujourd'hui de calculer le volume de chaque grume et donc le mode de sciage optimal pour celle-ci.

Un débitage des grumes en billons et un classement rigoureux sont indispensables pour assurer une création optimale de valeur ajoutée. Cela requiert, entre autres, une grande expérience dans ce domaine. Pour cela, les déroulements de travail doivent être continus et l'évaluation de l'essence et de la qualité doit pouvoir être réalisée assez tôt, pour ne pas perdre de temps. Fondamentalement, il est avantageux de disposer de nombreuses listes de bois (commandes de sciages). De cette manière, la personne responsable du débitage des grumes en billons a plusieurs options, ce qui lui permet d'exploiter les grumes de manière optimale, au centimètre près, en fonction de leur qualité et de leur diamètre. Pour la tolérance lors du classement selon le diamètre au petit bout, on pourra appliquer la règle suivante :

Jusqu'à un diamètre au petit bout de 30 cm, on appliquera une tolérance de 2 cm, au-delà une tolérance de 3-4 cm.



Figure 125 : station de triage des grumes (source : IBS)

Les aspects suivants sont importants pour le débitage des grumes en billons :

Triage des grumes

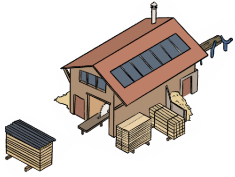
Lors de la réception des grumes, celles-ci doivent être contrôlées quant aux dimensions, au triage et à la quantité déchargée. Les divergences doivent être mises en évidence et les mesures correspondantes doivent être prises

Connaissances des bois ronds

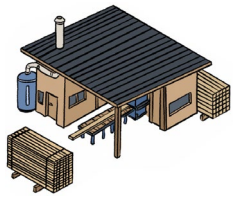
Les singularités liées au bois et à la croissance doivent être identifiées, de manière à pouvoir attribuer les grumes aux assortiments de sciages adéquats.

Triage des sciages	Pour le débitage correct en billons, on se basera sur les usages suisses du commerce du bois brut ainsi que sur les critères de qualité pour le bois et les panneaux à base de bois.
Exigences des clients	Notamment dans les petites et moyennes scieries, il est indispensable de connaître les différentes exigences des clients. Car c'est le client qui décide ce qu'il achète ou non, indépendamment des critères de qualité du bois.
Situation du marché	Dans la situation actuelle du marché, il est particulièrement important que les cadres des scieries (dont fait partie la personne responsable du débitage des grumes en billons) s'intéressent aux conditions du marché. Il faut absolument éviter de produire des assortiments inintéressants pour le marché et de constituer des stocks excessifs. L'entreprise doit trouver ses points forts et les développer, et ne pas produire les mêmes assortiments que la concurrence. Cela permet aussi de réduire les assortiments de masse. Pour cela, la personne responsable du débitage des grumes en billons doit s'intéresser aux attentes du marché en matière de sciages.
Technologie de sciage	Afin de débiter les grumes de manière optimale en billons, il faut une bonne connaissance de la technologie de sciage de la scierie, ainsi qu'une bonne communication entre les collaborateurs·trices sur le chantier à grumes et les machinistes sur les machines principales.
Réserves de matières premières	Les informations relatives aux réserves de bois sur pied sont essentielles pour une planification optimale de la production. Cela permet d'éviter un fonctionnement à vide de la scierie ou la formation de stocks excessifs dans le chantier à grumes.

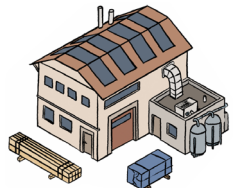
5. Machines secondaires sur le chantier à grumes



Scierie



Raboterie



Usine de collage

CO c2 : Produire des sciages

Sur le chantier à grumes, les grumes sont livrées sous forme de bois courts, de bois mi-longs ou de bois longs.



Figure 126: livraison de bois (source : Blumer-Lehmann AG)

Ces grumes sont alors classées selon la longueur, le diamètre et la qualité, ou seulement triées pour les bois courts. Les grumes sont ensuite placées dans des boxes de stockage ou préparées pour leur débitage. Avant leur débitage, on réduit généralement les empattements sur la bille de pied et on enlève l'écorce à l'aide d'une installation d'écorçage. Pour ce processus de production et le transport des grumes dans la halle de scierie, on utilise souvent diverses machines secondaires et auxiliaires, afin de réaliser ces travaux sûrement et efficacement.

En tant que spécialiste en industrie du bois CFC, vous connaissez les principales machines secondaires et auxiliaires sur le chantier à grumes, et vous êtes en mesure de les opérer et de les entretenir correctement.

Tâches pratiques dans l'entreprise

Stade de production 1 :

- Dégliner, opérer des machines auxiliaires complexes (scier à dimension, raboter) sous supervision (raboter des produits simples), effectuer des calculs simples pour les réglages/changements.

Stage pratique en stade de production 1 (sous supervision) :

- Dégliner, effectuer des calculs pour les réglages/changements.

Cours interentreprise 4

- Deuxième passage sur des machines secondaires (scie circulaire simple, multiple ou de reprise).

Situations professionnelles

- Vous écorcez des grumes et les préparez pour le débitage en billons.
- Vous réduisez les empattements lorsque cela est nécessaire.
- Vous opérez la scie à tronçonner les grumes pour le débitage des grumes en billons, mais aussi pour obtenir une tranche propre.
- Sur les machines secondaires sur le chantier à grumes, vous effectuez des travaux d'entretien simples tels que des changements d'outil et de liquide.

Objectifs d'apprentissage

- Vous décrivez les tâches du débitage des grumes en billons sur le chantier à grumes.
- Vous décrivez les différences entre les machines secondaires et les moyens auxiliaires sur le chantier à grumes.
- Vous citez les quatre catégories principales de machines secondaires sur le chantier à grumes et expliquez leurs fonctions principales.
- Vous expliquez la construction, la fonction, les domaines d'utilisation ainsi que les avantages et les désavantages des six principales installations d'écorçage.
- Vous décrivez les domaines d'utilisation et les différences des trois principales scies à tronçonner.
- Vous expliquez les domaines d'utilisation ainsi que les avantages et les désavantages des cinq engins de levage et de transport.

- Vous décrivez les domaines d'utilisation et les différences des différents moyens auxiliaires sur le chantier à grumes.

5.1. Le chantier à grumes

Une scierie comprend généralement trois ou quatre secteurs : le chantier à grumes, la halle de scierie, le parc à sciages et éventuellement une seconde transformation. Rares sont les scieries qui peuvent se passer d'un chantier à grumes. C'est là que commence le processus de production d'une scierie.



Figure 127 : Vue plongeante sur un chantier à grumes (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Normalement, le chantier à grumes est une grande place non couverte, asphaltée ou bétonnée, afin de pouvoir y installer des machines et des boxes pour le triage des grumes. Ces boxes de triage sont constitués de grandes poutrelles métalliques, afin que les grumes n'entrent pas en contact avec le terrain et ne puissent pas rouler. C'est sur le chantier à grumes que se trouvent les machines secondaires comme la grue de triage, la scie de tronçonnage et l'installation d'écorçage.

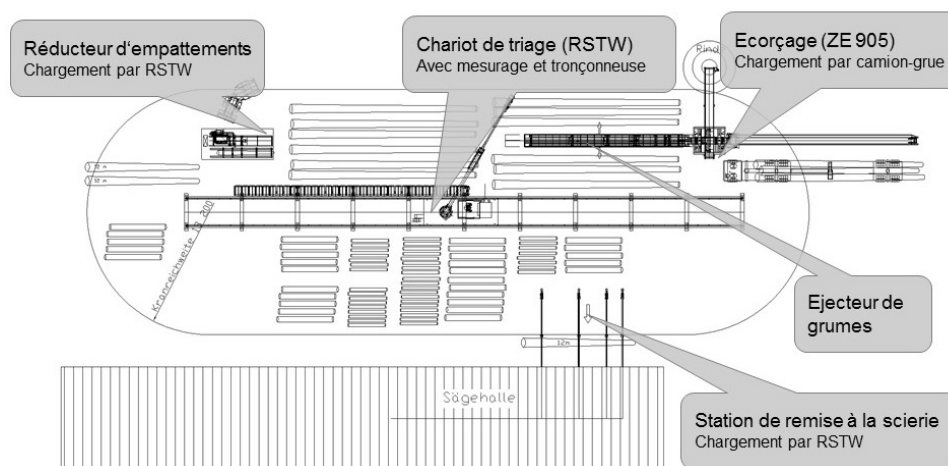


Figure 128 : Concept pour le chantier à grumes (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Les grumes sont chargées à différents endroits de la forêt et transportées vers le chantier à grumes par des grumiers. Les grandes scieries utilisent plutôt des bois courts, qui sont triés sur le chantier à grumes selon la qualité, l'essence, le diamètre et la longueur. Les petites et moyennes scieries sont plutôt conçues pour des bois courts, mi-longs et longs, qui doivent d'abord être classés selon la longueur et le diamètre, puis être triés. Sur le chantier à grumes, une scierie gère un certain stock de grumes, avec une grande diversité d'assortiments et d'essences. Cela permet à la scierie de maintenir la production malgré des goulets d'étranglement, qui peuvent par exemple résulter de conditions météorologiques défavorables, d'une pénurie de matière première ou de pannes de machines.

Le chantier à grume remplit ainsi plusieurs fonctions :

- Place pour la réception des grumes
- Stock / réserve de matière première
- Triage des grumes
- Débitage des grumes en billons
- Ecorçage des grumes
- Conservation de la qualité de la matière première
- Assurer l'alimentation en grumes de la machine principale dans la halle de scierie

5.2. Machines secondaires sur le chantier à grumes

Les machines secondaires sur le chantier à grumes d'une scierie assurent une partie importante du processus de production. Afin de préparer les grumes pour le débitage en sciages, les machines principales sont assistées par des machines secondaires pour le débitage en billons et le triage. Fondamentalement, le processus de production fonctionnerait également sans ces installations. Cela serait toutefois moins pratique et la qualité en souffrirait au plus tard dans la halle de scierie. Les machines secondaires comprennent également diverses machines auxiliaires, qui assistent les machines secondaires sur le chantier à grumes.

Machines secondaires sur le chantier à grumes	Machines auxiliaires sur le chantier à grumes
Installation d'écorçage Réducteur d'empattements Tronçonneuse à grumes Engins de levage et de transport	Convoyeur transversal de stock Séparation Convoyer à rouleaux d'accélération Convoyer à barrettes Retourneur de grumes Détecteur de métaux Ejecteurs de grumes

Ci-après, nous étudierons en détail les différentes machines secondaires et auxiliaires.

5.3. Installations d'écorçage

L'écorce est la couche de protection de l'arbre. Elle le protège des influences extérieures dues à l'homme, aux animaux et aux conditions météorologiques (voir chapitre délignage et débitage, 1^{ère} année). Lors de l'abattage et du débardage, des graviers et de la terre s'incrudent dans l'écorce. Ces dépôts doivent être enlevés, car ils peuvent entraîner une perte de performance de jusqu'à 20% des outils (lames de scie). De plus, l'écorçage permet d'éliminer des ravageurs du bois.

L'écorçage du bois peut déjà se faire en forêt au moyen d'un écorçoir ou d'une installation d'écorçage mobile. Cela permet d'abaisser les coûts de transport, du fait que l'écorce représente environ 10% du volume d'une grume d'épicéa ou de sapin. Après l'écorçage en forêt, la grume n'est toutefois plus protégée contre le rayonnement solaire et la saleté, lors du stockage et du transport.



Figure 129 : Installation d'écorçage (source : Schilliger Holz AG)

Types d'écorçage

D'une manière générale, on distingue l'écorçage par voie humide et l'écorçage à sec. Dans le cas de l'écorçage par voie humide, on enlève l'écorce en utilisant de l'eau. Ce type d'écorçage est surtout utilisé lorsqu'il faut enlever complètement le liber et le cambium, deux couches externes de l'arbre. Des procédés d'écorçage typiques sont l'écorçage par jet d'eau et l'écorçage à tambour, qui sont utilisés principalement dans les usines de papier et de cellulose. Les scieries utilisent majoritairement l'écorçage à sec. Dans ce cas, on distingue l'écorçage par fraisage et l'écorçage par raclement, qui sont traités dans les chapitres suivants.



Figure 130 : Ecorçage par voie humide (source : falch gmbh)



Figure 131 : Ecorçage à sec (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Exigences posées
aux installations
d'écorçage

Lors de l'acquisition d'une nouvelle installation d'écorçage, on tiendra compte des exigences relative à la qualité de l'écorçage et aux sous-produits du bois (briques, écorce broyée, plaquettes). Par ailleurs, les machines doivent répondre aux exigences suivantes :

- Faible perte de bois
- Ecorçage propre
- Fonctionnement indépendant du diamètre des grumes
- Pas d'arrachement de bois
- Fonctionnement indépendant de la forme de la grume
- Ecorçage de grumes sèches et gelées
- Faible consommation d'énergie
- Fonctionnement en continu
- Sécurité au travail
- Ecorçage simple, si possible sans surveillance

5.3.1. Ecorceuse à tête de fraisage

L'installation est constituée par une tête de fraisage et un dispositif de rotation de la grume, fixés par des boulons sur un socle en béton. Le dispositif de rotation de la grume est généralement stationnaire et est constitué de deux séries opposées de disques munis de dents et tournant dans le même sens, de manière à tourner progressivement la grume. Selon que la tête de fraisage écorce le tronc en opposition et en avalant, la grume sera tournée dans le sens opposé de la tête de fraisage ou dans le même sens.

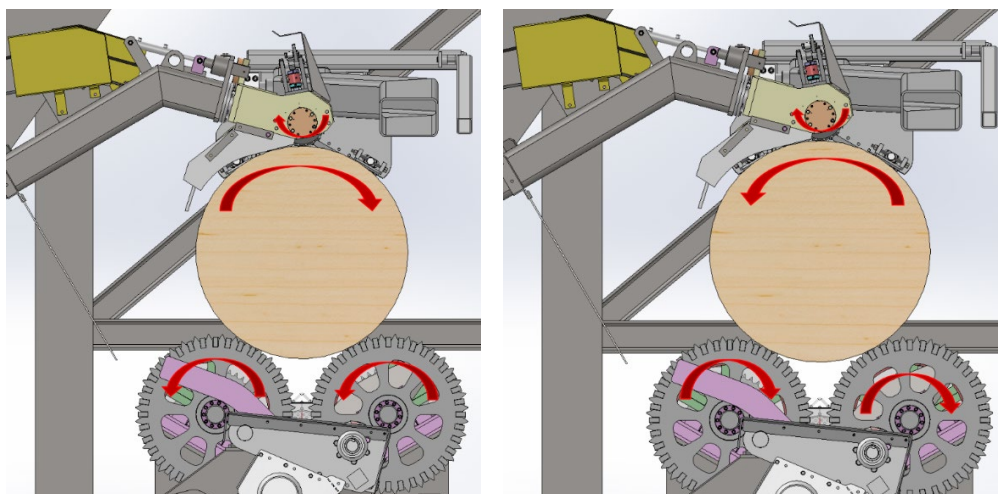


Figure 132 : Ecorçage en opposition et en avalant (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Le dispositif d'écorçage est constitué d'un bâti massif avec un bras articulé en métal. A l'extrémité inférieure du bras se trouve le moteur, qui entraîne la tête de fraisage à l'extrémité supérieure du bras au moyen de courroies (généralement courroies trapézoïdales ou dentées). La disposition en spirale des couteaux garnis de métal dur, sur la tête de fraisage, assure une coupe franche, permettant d'obtenir une surface propre des grumes. La tête de fraisage est dotée d'un limiteur de profondeur réglable, afin d'enlever une épaisseur plus ou moins importante d'écorce, en fonction de la grume et de l'essence.

Dès que la grume commence à tourner dans le dispositif de rotation, le bras articulé avec la tête de fraisage s'abaisse sur la grume et commence à écorcer. Avec l'avancement horizontal de la grume, celle-ci est écorcée en quelques minutes. Si la tête de fraisage est entraînée de manière entièrement électrique, le bras articulé peut être entraîné de manière hydraulique ou pneumatique.



Figure 133 : Ecorceuse à tête de fraisage (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Les écorceuses à tête de fraisage peuvent être conçues en tant qu'installation complète, dans laquelle les grumes sont déposées sur le dispositif de rotation des grumes par un convoyeur transversal. Le dispositif d'écorçage est alors abaissé vers l'axe de la grume sur un chariot porte-outil, et détermine ainsi l'avancement. Une fois écorcée, la grume est évacuée par un autre convoyeur transversal ou à barrettes. Le dispositif d'écorçage peut aussi être monté sur un véhicule mobile tel qu'un chariot de triage des grumes. Dans ce cas, c'est le véhicule qui détermine la vitesse d'avancement du processus d'écorçage, et on n'a plus besoin de chariot porte-outil.

L'écorceuse à tête de fraisage peut être conçue de manière très diverse et peut même être combinée avec un réducteur d'empattements (voir chapitre 5.6).

Presque tous les éléments de commande comme la pression d'appui de la tête de fraisage, le limiteur de profondeur ainsi que le chargement de la grume sur le dispositif de rotation et l'éjection de celle-ci sont commandés depuis une cabine de commande ou sont partiellement automatisés.

Domaines d'utilisation de l'écorceuse à tête de fraisage

L'écorceuse à tête de fraisage est appréciée dans les petites à moyennes scieries, avec une production maximale d'environ 50'000 m³/an. Le rendement dépend du diamètre, de la longueur et de la vitesse de rotation des grumes. La vitesse des systèmes de chargement et d'éjection est également déterminante.

Souvent, cette installation d'écorçage est également utilisée par des scieries débitant plusieurs essences ou uniquement des feuillus, du fait que ces grumes présentent plusieurs caractéristiques de croissance (voir chapitre débitage, 1^{re} année) et formes. La tête de fraisage s'adapte à la forme de la grume, ce qui lui permet d'écorcer efficacement, quelle soit la forme de celle-ci. Ce type d'écorçage est également très apprécié pour les grumes hors gabarit, jusqu'à un diamètre de 1,20 m ainsi que pour grumes très courtes, de 1,50 m et très longues, jusqu'à 12 m.

Vue d'ensemble des avantages et désavantages de l'écorceuse à tête de fraisage :

Avantages de l'écorceuse à tête de fraisage

- Convient pour toutes les essences
- Économiquement avantageuse
- Convient pour diverses exigences
- Large plage de diamètres acceptés

Désavantages de l'écorceuse à tête de fraisage

- Faible vitesse d'avancement
- Max. 40 m³ par heure
- Demande beaucoup d'entretien (outils, lubrification, usure)

5.3.2. Ecorceuse à rotor

Construction et fonctionnement de l'écorceuse à rotor

L'écorceuse à rotor est constituée par un bâti massif en métal, fixé par des boulons sur un socle en béton. Ce bâti robuste d'un volume d'environ 8 m³ est en forme de caisson fermé, ce qui permet de travailler en sécurité. Le cœur de la machine est constitué par le rotor doté de trois à six bras, dont les couteaux sont garnis de métal dur. Ces couteaux sont fixés par des boulons sur les bras et sont donc simples à changer.



Figure 134 : Ecorceuse à rotor (source : Blumer-Lehmann AG / Schilliger Holz AG)

Les éléments principaux de l'écorceuse à rotor sont deux cylindres à pointes superposés, qui amènent la grume vers le rotor. En fonction de la construction, ces cylindres sont assistés par un lit de chaînes. Ils sont suivis par le rotor proprement dit, dont les bras peuvent être déployés hydrauliquement hors du bâti, pour les travaux de nettoyage et d'entretien. A la sortie du rotor, la grume est extraite par deux cylindres à pointes superposés, éventuellement un lit de chaînes, et amenée sur le convoyeur à barrettes. Les cylindres d'aménage et d'extraction assurent l'avancement de la grume, et leur écartement doit être adapté au diamètre de la grume.

Cette construction relativement simple, mais robuste, permet un fonctionnement sans perturbation et à faible entretien. Tous les composants sont actionnés par un système hydraulique ou pneumatique, au choix du client. Les écorceuses à rotor travaillent selon le principe de l'écorçage par raclement. Le rotor est un anneau tournant, sur lequel sont fixés des bras en forme de faucille, qui sont pressés hydrauliquement sur la surface de la grume, afin que les outils s'adaptent aux grumes irrégulières ou légèrement courbes.

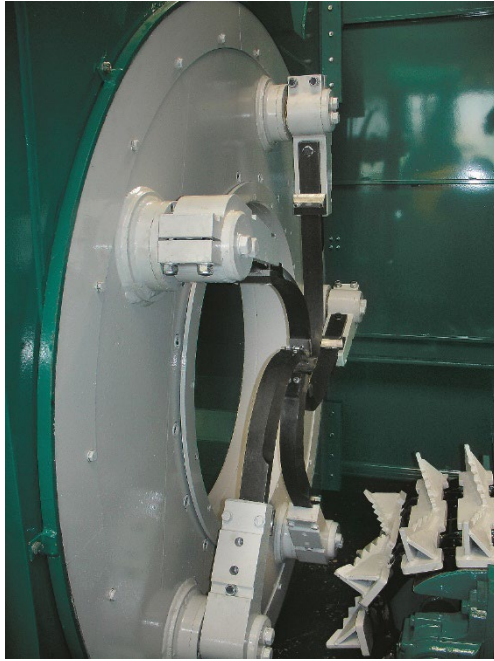


Figure 135 : Rotor d'une écorceuse à rotor (Source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Tous les éléments de commande tels que la pression d'appui des bras, la vitesse d'avancement ou la pression des cylindres peuvent être commandés depuis une cabine de commande ou sont automatisés. La taille de la machine dépend du diamètre maximum des grumes à écorcer et est adaptée aux assortiments de bois de faible ou de gros diamètre.

Domaines d'utilisation de l'écorceuse à rotor

L'écorceuse à rotor convient avant tout aux scieries de résineux de taille moyenne à grande, avec une production de 50'000 m³/an ou plus. Elle est utilisée principalement par des scieries et des usines de panneaux, mais aussi pour l'écorçage en forêt, sur des installations mobiles montées sur camion.

L'écorceuse à rotor est idéale pour des billons et des bois mi-longs à longs, mais aussi pour des bois de faible diamètre ou au contraire de gros diamètre (voir chapitre délignage et débitage, 1^{ère} année). Pour ce qui concerne la longueur, on est limité par une longueur minimum de 2 m, alors qu'il n'y a presque pas de limite pour les bois longs. Le diamètre maximum des grumes est toutefois limité sur l'écorceuse à rotor. Selon le modèle, celui-ci va de 75 cm à 110 cm. En revanche, elle peut déjà écorcer à partir d'un diamètre au petit bout de 5 cm.

Vue d'ensemble des avantages et désavantages de l'écorceuse à rotor :

Avantages de l'écorceuse à rotor

- Capacité élevée
- Peu d'entretien
- Vitesse d'avancement élevée
- Presque pas de limite en longueur
- Commande simple

Désavantages de l'écorceuse à rotor

- Limitation en diamètre
- Coûts d'acquisition élevés
- Ne convient pas pour des longueurs de moins de 2 m

Indépendamment de l'installation d'écorçage, la qualité de l'écorçage dépend toujours de l'essence, de l'état de la grume et des outils.

5.4. Réducteur d'empattements

Généralités sur le réducteur d'empattements

Notamment pour les bois de gros diamètre, qui présentent le plus souvent des empattements prononcés, ainsi que dans les scieries qui utilisent des technologies de profilage et de réduction (voir chapitre débitage, 1^{ère} année), le réducteur d'empattements est une machine importante. Dans les lignes de scie automatisées, où le facteur temps a une grande importance, il s'agit d'éviter un arrêt de toute l'installation pendant de longues minutes parce qu'une grume trop courbe s'est coincée. Des empattements trop prononcés, des chicots et des bosses peuvent également entraîner des arrêts de production dans la halle de scierie. Le fraisage de ces irrégularités permet de réduire considérablement ces dérangements, tout en déchargeant les machines principales et les machines secondaires. Des processus de production largement automatisés requièrent par conséquent un réducteur d'empattements.

5.4.1. Réducteur avec arbres de fraisage bas

Construction et fonctionnement de réducteur avec arbres de fraisage bas

Ces machines sont constituées par des arbres de fraisage fixes d'une longueur d'environ 1200 mm, munis de couteaux réversibles disposés en spirale. Le contact de la grume sur un interrupteur à pression déclenche automatiquement le processus de réduction, et les arbres de fraisage se mettent en action. Le bras presseur hydraulique maintient la grume au moyen d'un prisme à chaînes actionné (ou de roues à pneus). La grume commence alors à tourner autour de son axe, ce qui permet le processus de réduction. Grâce au prisme à chaînes du bras presseur, la grume reste toujours bien centrée. Des prismes à chaînes actionnés supplémentaires placés sous la grume, à la hauteur des arbres de fraisage, tournent la grume.

Des supports supplémentaires permettent de réduire des bois longs jusqu'à une longueur de 23 m. Des bras éjecteurs hydrauliques placés entre les supports et les prismes à chaînes assurent l'éjection de la grume.

Domaines d'utilisation

Les réducteurs à arbres de fraisage bas sont généralement couplés à des convoyeurs à chaînes latéraux ou transversaux. Ils déchargent les machines à l'aval. C'est le processus le plus utilisé en Suisse pour la réduction des empattements. On l'utilise principalement pour les résineux et les petits feuillus.



Figure 136 : Différents réducteurs d'empattements (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.4.2. Réducteur avec arbre de fraisage périphérique / réglable

Construction et fonctionnement du réducteur avec arbres de fraisage périphérique / réglable

Le réducteur avec arbre de fraisage périphérique ou réglable est généralement placé directement avant l'installation d'écorçage.

Dans le cas de l'arbre de fraisage réglable, la grume placée sur un convoyeur à barrettes est amenée vers l'installation d'écorçage et est immobilisée sous l'arbre de fraisage. Elle est alors légèrement levée et tournée par des prismes à chaînes. Pendant ce temps, l'arbre de fraisage d'environ 1200 mm de longueur est approché de la grume et enlève toutes les irrégularités et empattements, jusqu'à ce que la grume ait une forme à peu près cylindrique. La grume est ensuite redescendue sur le convoyeur à barrettes et amenée à l'installation d'écorçage.

Dans le cas de l'arbre de fraisage périphérique, un arbre de fraisage de 1200 mm tourne autour de la grume dès que celle-ci est posée sur le convoyeur à barrettes, jusqu'à obtenir une forme cylindrique. Sur cette machine, l'arbre de fraisage est

Domaines d'utilisa-
tion

fixé sur une plaque de base pouvant tourner sans fin. La grume est maintenue par un bras presseur et n'est relâchée qu'à la fin du processus. La grume est ensuite amenée à l'installation d'écorçage. Comme pour d'autres installations de réduction, l'arbre de fraisage est muni d'env. 40 couteaux réversibles, pouvant être utilisés plusieurs fois et être affûtés.

Ce type de réducteur d'empattements convient pour les bois mi-longs et longs de résineux, avec un diamètre maximum de 1,20 m. Ce réducteur est intéressant pour les grandes scieries, du fait qu'il exige un investissement important et est plutôt destiné à des déroulements entièrement automatisés sur le chantier à grumes.



Figure 137 : Réducteur d'empattements avec arbre de fraisage périphérique
(source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Construction d'une
machine combinée
de réduction et
d'écorçage

5.4.3. Machine combinée de réduction et d'écorçage

Ce type de réducteur d'empattements présente une structure similaire à un réducteur à tête de fraisage. Dans cette machine combinée, la grume est souvent levée hydrauliquement, puis fixée et centrée à ses deux extrémités par des mandrins permettant de tourner la grume autour de son axe, afin de l'écorcer. En même temps, un réducteur réduit les empâtements, si nécessaire. Selon l'installation, cela peut être réalisé par une tête de fraisage avec un arbre de fraisage plus long ou par un arbre de fraisage placé dans le dispositif de rotation de la grume, sous celle-ci. Cette machine combinée peut tout à fait être conçue avec des dispositifs de rotation de la grume.



Figure 138 : Machine combinée de réduction et d'écorçage (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

Domaines d'utilisa-
tion

La machine combinée de réduction et d'écorçage est utilisée pour l'écorçage et la réduction simultanées. Dans ce cadre, la grume est écorcée et les irrégularités telles que les empattements, les chicots et les bosses sont fraisées. Les empattements sont ainsi réduits. En comparaison avec des machines indépendantes (écorceuse à tête de fraisage et réducteur d'empattements), cette machine permet d'économiser non seulement de la place, mais aussi des coûts. Elle est utilisée principalement pour des feuillus (hêtre, chêne, frêne) et pour des bois courts, du fait qu'il est difficile de les traiter avec une écorceuse à rotor, vu que ces essences ont tendance à avoir de gros diamètres et une forme moins régulière. Au niveau du diamètre, les machines combinées ne connaissent presque pas de limites.

5.5. Tronçonneuse à grumes

Généralités sur la
tronçonneuse à
grumes

Sur les chantiers à grumes de petites à moyennes scieries, les grumes sont encore souvent débitées en billons ou au moins coupées en longueur. Pour cela, on utilise des tronçonneuses à grumes. Il peut s'agir de scies circulaires ou de scies à chaîne. Comme les grumes en forêt sont souvent encrassées de terre et gravier sur leur tranche, on enlève une rondelle dans presque toutes les scieries, afin d'avoir au moins une tranche propre. Selon les exigences en matière de capacité de production, on utilise trois différents types de scies, sur le chantier à grumes.

5.5.1. Scie circulaire

La lame de la scie circulaire est placée au bout d'un bras articulé, sous un capot de protection. La grume avance sous la scie circulaire ou la scie se déplace sur celle-ci, selon la conception de l'installation. Dès que la commande de tronçonnage est donnée, des paires de griffes saisissent la grume avant et après la scie. La lame au bout du bras articulé sort alors de son capot et s'abaisse pour tronçonner la grume. Le mouvement est effectué de manière hydraulique.

Les scies circulaires utilisées sur le chantier à grumes sont toutefois limitées en diamètre et peuvent tronçonner des grumes d'un diamètre maximum de 750 mm. Cela nécessite toutefois une lame de 2 m de diamètre. Ce dispositif de tronçonnage requiert une puissance de 75 kW, entre autres, du fait que le trait de scie a 1 cm de largeur. Cette machine est souvent utilisée dans des scieries de bois de faible diamètre, avec une production de plus de 50'000 m³/an.



Figure 139 : Lame de scie (source :Schilliger AG)

5.5.2. Scie à chaîne

La scie à chaîne est souvent utilisée lorsqu'on ne doit pas effectuer trop de tronçonnages par minute et qu'il s'agit de tronçonner des grumes de gros diamètre. Cette scie est constituée simplement d'une tronçonneuse avec un long guide-chaîne, d'un bras articulé hydraulique et de paires de griffes. Ces dernières lèvent la grume dès que la commande de tronçonnage est donnée. Selon le diamètre des grumes, on utilise des guide-chaîne de 100 à 250 cm de longueur, ce qui permet de tronçonner des grumes de jusqu'à 200 cm de diamètre.

Le plus souvent, cette scie est stationnaire, et la grume est avancée sur un convoyeur à barrettes sous la scie. Mais il est aussi possible de placer la scie sur un chariot ou des rails de guidage, et de la déplacer vers l'endroit de la coupe. Cette scie est souvent utilisée dans des scieries de bois de gros diamètre, avec une production jusqu'à 50'000 m³/an.



Figure 140 : Scie à chaîne (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.5.3. Combinaison de scie circulaire et de scie à chaîne

Dans les chantiers à grumes avec une capacité de production élevée et traitant des bois de gros diamètre, il est possible d'utiliser une combinaison de scie circulaire et de scie à chaîne. On utilise alors la scie adéquate, selon le diamètre de la grume. La scie à chaîne est placée quelques centimètres avant ou après la scie circulaire. Cela permet à l'opérateur de décider librement de la scie à utiliser pour le tronçonnage. Pour les grumes d'un diamètre supérieur à 750 mm, il faut utiliser la scie combinée.

5.6. Engins de levage et de transport

Généralités sur les engins de levage et de transport

Des engins de levage et de transport sont nécessaires sur le chantier à grumes pour le triage, le chargement et le débitage. Les facteurs suivants sont déterminants pour le choix de l'engin :

- Taille de la scierie
- Nature des grumes (résineux/feuillus, bois courts, mi-longs, longs)
- Technologie de débitage (profilage, scie à ruban, scie alternative)
- Assortiment de sciages (planches en plots, carrelots de fenêtres, bois de construction, etc.)

Sur la base des facteurs ci-dessus, on a le choix entre les engins de levage et de transport suivants :

5.6.1. Elévateur à fourche frontale et chargeur sur pneus

Avantages de l'élévateur à fourche frontale / chargeur sur pneus

- Chargement et transport rapides
- Maniabilité
- Domaines d'utilisation diversifiés
- Indépendant de rails
- Adapté aux petites, moyennes et grandes scieries

Désavantages de l'élévateur à fourche frontale / chargeur sur pneus

- Requiert une surface de roulement résistante (coûteux)
- Besoin de place important pour manœuvrer
- Ne convient pas pour le débitage en billons
- Hauteur des piles limitée



Figure 141 : Elévateur à fourche frontale et chargeur sur pneus (source : Ruedersäge AG / Blumer-Lehmann AG)

5.6.2. Grue à tour pivotante (stationnaire ou mobile)

Avantages de la grue à tour pivotante

- Fonctionnement silencieux
- Permet une grande hauteur des piles
- Pas besoin de manœuvres
- Utilisation très efficace de la place
- Charge utile élevée

Désavantages de la grue à tour pivotante

- Investissement important
- Impossible de travailler par fort vent
- Stationnaire
- Charge suspendue
- Déplacement lent

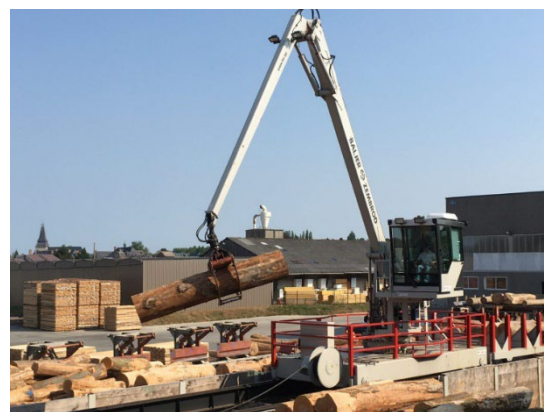


Figure 142: Grues à tour pivotante (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.6.3. Grue à portique

Avantages de la grue à portique

- Fonctionnement silencieux
- Permet une grande hauteur des piles
- Pas besoin de manœuvres
- Utilisation très efficace de la place
- Charge utile élevée
- Capacité de manutention élevée
- Grand volume de pince

Désavantages de la grue à portique

- Investissement important
- Impossible de travailler par fort vent
- Liée à des rails
- Seulement pour grandes scieries
- Grande distance aux grumes



Figure 143 : Grue à tour pivotante sur portique (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.6.4. Pelle mécanique sur pneus

Ce véhicule est très apprécié dans les scieries suisses, et par conséquent très répandu. Il convient aussi bien pour le chargement que pour le triage et le débitage en billons. Alors que les petites scieries utilisent uniquement une pelle mécanique sur pneus sur le chantier à grumes, les grandes scieries en utilisent plusieurs, afin d'assurer l'alimentation en grumes des machines principales et auxiliaires. La pince peut être adaptée en fonction des besoins. Sur certains modèles, la cabine de conduite peut également être avancée, afin que les collaborateurs·trices aient une meilleure vue sur la pile de grumes. Le bras peut aussi être équipé d'une scie à chaîne. Cela permet de tronçonner commodément des grumes depuis la cabine de conduite. Cela requiert toutefois le marquage préalable de l'emplacement du tronçonnage.

Avantages de la pelle mécanique sur pneus

- Pile de triage accessible
- Souplesse d'utilisation
- Indépendant de rails
- Maniabilité

Désavantages de la pelle mécanique sur pneus

- Faible portée
- Hauteur des piles limitée
- Requiert une surface de roulement résistante (coûteux)
- Emploi limité pour les bois longs



Figure 144 : Pelle mécanique sur pneus (source : Schilliger Holz AG)

5.6.5. Véhicule sur rails avec grue de triage

Le véhicule de triage et de transport est un véhicule sur rails. Il est doté d'une grue et de scies, et permet de débiter les grumes en billons, de les tronçonner et de les trier, ainsi que d'alimenter en grumes les machines principales. Cet engin de levage et de transport fonctionne à l'électricité et est par conséquent doté d'un rouleau de câble à l'arrière. Dans les petites scieries, la grue de triage des grumes est souvent équipée d'une station de mesure. Cela permet de placer la grume sur la table de débitage et de déterminer ainsi sa longueur. La grume peut ensuite être débitée en billons, et ces derniers être triés. Toutes les opérations peuvent être commandées par une personne depuis la cabine.

En Europe, le véhicule sur rails est l'engin de levage et de transport le plus courant sur les chantiers à grumes, dans les petites et moyennes scieries, parce qu'il offre une grande souplesse pour le débitage en billons, le triage et l'alimentation en grumes des machines principales. En raison de sa faible charge utile, cet engin est plutôt adapté aux scieries de résineux. En raison des sollicitations élevées auxquelles la couronne d'orientation est soumise, la grue doit impérativement être contrôlée une fois par an par un spécialiste.

Avantages du véhicule sur rails avec grue de triage

- Rapide, car sur rails
- Station de débitage et de tronçonnage
- Pile de triage accessible
- Fonctionnel par tous les temps
- Tout en un

Désavantages du véhicule sur rails avec grue de triage

- Coûts d'investissement et de réparation élevés
- Faible portée
- Hauteur des piles limitée
- Faible charge utile
- Lié à des rails



Figure 145 : Véhicule sur rails avec grue de triage (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.7. Moyens auxiliaires sur le chantier à grumes

Généralités sur les installations de transport

Les installations ou moyens de transport sont des machines et des installations utilisées pour le transport de produits. On distingue les installations pour le transport de produits unitaires (p.ex. grumes) et celles pour le transport de matériaux en vrac (p.ex. sciure). On peut aussi distinguer les moyens de transport en continu et les moyens de transport intermittents, ou les installations de transport pour produits unitaires en fonction de leur conception (.



Installation ou moyens de transport	
En continu	intermittents
	

Figure 146 : Moyens de transport en continu et intermittents (source : flaticon.com)

Mécanisation des transports dans l'industrie du bois

Plusieurs constructeurs proposent aux scieries des installations tout compris, de la conception à la mise en service. Le programme de production et de livraison comprend l'ensemble de la mécanisation, avec installations de transport pour les bois de faible et de gros diamètre. En tant que fournisseurs de l'industrie des scieries, ils conçoivent et fournissent par exemple des composants pour le chargement et la séparation des grumes, des convoyeurs transversaux, des distributeurs, des

chaînes de mesurage, des trieurs à paliers, des retourneurs de grumes et des installations de triage.

La technologie de transport modulaire comprend plusieurs éléments (modules). Elle assure un transport efficace des grumes sur le chantier à grumes. Le transport des grumes depuis la réception de celles-ci jusqu'à la halle de scierie est hautement automatisé. Comme relevé dans le paragraphe précédent, les constructeurs proposent actuellement des installations tout compris, ce qui favorise une planification et une conception rapides. La conception modulaire des installations de transport permet d'agrandir ou de transformer facilement des installations existantes. Une construction robuste, de faibles coûts d'entretien et un haut degré d'automatisation permettent d'abaisser les coûts d'exploitation.

La technologie de transport modulaire peut comprendre les moyens de transport suivants :

5.7.1. Convoyeur transversal de stock

Les chaînes tournent sur un bâti métallique. Des poulies et un arbre de transmission assurent la rotation des chaînes dotées d'éléments de transport. Des supports pour le chargement et une paroi de réception permettent un chargement sûr des grumes. Le nombre de chaînes dépend de la longueur des grumes.

L'entraînement est assuré par un moteur électrique avec réducteur, le plus souvent avec chaîne triplex vers l'arbre de transmission. Pour faciliter le nettoyage, on utilise un bâti surélevé. Des convoyeurs à raclettes placés sous le transport transversal permettent d'évacuer les chutes d'écorce de manière ciblée.



Figure 147 : Convoyeur transversal de stock (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.7.2. Séparation

Après la zone de stockage, les grumes sont séparées, afin d'assurer leur remise sur le convoyeur longitudinal. Deux technologies se sont imposées pour cela, sur le chantier à grumes. D'une part, il y a le convoyeur latéral à barrettes, un convoyeur incliné doté de barrettes continues, qui est utilisé principalement pour des bois longs. D'autre part, il y a le trieur à paliers, qui sépare des bois courts (jusqu'à 6 m) par escaliers. Dans certains cas, lorsqu'une capacité de production élevée

est requise et que le convoyeur transversal de stock est très chargé, un trieur à paliers est placé derrière le convoyeur latéral à barrettes, afin d'assurer une séparation sûre. La distinction des domaines d'utilisation du convoyeur latéral à barrettes et du trieur à paliers est basée sur la longueur des grumes. Le trieur à paliers peut être entraîné de manière hydraulique ou en fréquence. Il peut effectuer jusqu'à 24 levages par minute.



Figure 148 : Séparation (source : Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.7.3. Convoyeur à rouleaux d'accélération

Afin d'accélérer dans le sens de la longueur les grumes arrivantes latéralement, on utilise le convoyeur à rouleaux en V breveté, qui transmet les forces aux grumes de manière optimale, grâce à ses rouleaux disposés à 90°. Cela permet des vitesses d'avancement de plus de 200 m/min. Ce convoyeur à rouleaux d'accélération peut être utilisé pour les grumes de tous diamètres. Une alternative économiquement avantageuse est constituée par un convoyeur à rouleaux coniques. Celui-ci permet d'accélérer les grumes jusqu'à env. 110 m/min.



Figure 149 : Convoyeur à rouleaux d'accélération (source: Schilliger Holz AG)

5.7.4. Convoyeur à barrettes

Les convoyeurs à barrettes transportent les grumes longitudinalement. Les barrettes se déplacent sur un bâti métallique et sont munies en haut et en bas

d'éléments en matière plastique remplaçables. De l'eau augmente leur durée de vie. Les convoyeurs sans éléments en matière plastique sont lubrifiés idéalement avec de l'huile biologique. Les deux chaînes de transport sont reliées par les barrettes. Cette technologie de transport est relativement lente, mais d'autant plus robuste et demande peu d'entretien. Elle est utilisée principalement avant et après les machines principales sur le chantier à grumes telles que les stations de mesurage et de triage, ou les machines auxiliaires comme l'installation d'écorçage.



Figure 150 : convoyeur à barrettes (source: Baljer & Zembrod GmbH & Co. KG)

5.7.5. Retourneur de grumes

Pour un débitage optimal, les grumes doivent toujours arriver dans la halle de la scierie avec le petit bout ou le côté pied en avant. Le retourneur de grumes retourne la grume dans le bon sens. Il existe différents retourneurs de grumes :

- Retourneur en arc de cercle. Prend beaucoup de place
- Dispositif de levage, avec rotation de 90°. Prend peu de place, mais sa capacité est limitée
- Dispositif de rotation pour un transport à 45°

5.7.6. Détecteur de métaux

Sur le chantier à grumes, on utilise fréquemment des détecteurs de métaux, afin de déceler des inclusions métalliques telles que des clous, etc. et de protéger les outils vulnérables de la scierie. Ces détecteurs permettent de déceler des inclusions métalliques de la taille d'un écrou M6. Les grumes concernées sont soit marquée au spray, soit rejetées dans un box spécial. Comme ces détecteurs doivent travailler dans une zone sans métal, le convoyeur à bande ou à barrettes est intégré dans une construction en bois.



Figure 151: Retourneur de grumes (source: Schilliger Holz AG)



Figure 152 : Détecteur de métaux (source : Schilliger Holz AG)

5.7.7. Ejecteurs de grumes

Sur le chantier à grumes, il existe plusieurs possibilités de triage, en fonction de la longueur des grumes, de leur diamètre et de la capacité de production recherchée. Il est donc nécessaire de placer les grumes dans les différents boxes, lors du triage des grumes. Les éjecteurs de grumes peuvent aussi être utilisés après un détecteur de métaux, afin de rejeter les grumes contenant des éléments métalliques.

Il existe de nombreuses possibilités d'éjecter des grumes :

Flipper rotatif	Principalement pour des grumes de faible diamètre, on utilise un convoyeur à bande avec des flippers rotatifs placés au-dessus, après la section de triage.
Plateau inclinable	Pour les grumes de fort diamètre, on utilise souvent, sur le chantier à grumes, un bloc de triage avec des plateaux inclinables. Ces plateaux (à entraînement hydraulique ou électrique) soulèvent un côté des barrettes, et la grume roule de l'autre côté dans le box de triage ou sur un autre convoyeur. Est également utilisé pour la remise des grumes aux scies.
Poussoir à grumes	En règle générale, on utilise des lignes de triage avec des poussoirs à grumes sur le chantier à grumes. Ces poussoirs sont entraînés par des moteurs à réducteur et éjectent les grumes à droite ou à gauche.
Ejecteur à plateau tournant	L'éjecteur à plateau tournant représente un nouveau développement breveté pour le triage des grumes. Celui-ci permet le triage de 40 sections par minutes dans un box. Le plateau à support excentrique est pivoté par un mécanisme à courroies trapézoïdales, qui éjecte la grume. Ce type d'éjecteur (utilisable avec un convoyeur à barrettes ou à bande) permet des vitesses de triage de 300 m/min.



Figure 153 : Ejecteur de grumes (source : Schilliger Holz AG)

5.8. Optimisation de la consommation d'énergie (source : energie.ch)

Dans les scieries et les raboteries, l'énergie utilisée pour le fonctionnement des installations et des machines est généralement l'énergie électrique. Le chauffage est le plus souvent assuré avec des chutes de bois, et n'entre donc pas en ligne de compte pour la consommation d'énergie.

Dans une scierie ou une raboterie moderne, une grande partie de l'énergie électrique est utilisée pour les installations de séchage ainsi que pour les machines et les installations pour la transformation du bois.

5.8.1. Installations et machines de production

Dans les processus de production, un fonctionnement à pleine charge et la réduction des temps de fonctionnement permettent notamment d'économiser de l'énergie :

- Arrêter : notamment les machines avec une consommation élevée en fonctionnement à vide devraient être arrêtées lorsqu'elles ne travaillent pas. Cela vaut également pour les appareils annexes (pompe hydraulique, ventilation, éclairage, etc.). Les installations les plus efficaces sont celles qui s'enclenchent et s'arrêtent automatiquement. Des éléments critiques tels qu'une commande par ordinateur peut rester en fonction ou seules les lampes infrarouges sont arrêtées sur une machine. Les installations devraient également être arrêtées lors de courtes pauses. Comme règle générale, il vaut la peine, du point d'énergétique, d'arrêter une installation dès que la pause est cinq fois plus longue que la montée en régime.
- Fonctionnement à pleine charge : sur de nombreuses machines de l'industrie du bois, le fonctionnement à vide représente la plus importante perte d'énergie. Ces installations seront donc utilisées à plein régime (vitesse d'avancement), puis arrêtées. En sciant lentement (moins de 4 m/min), on

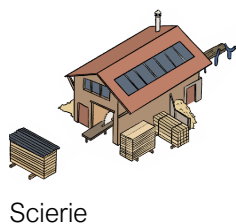
n'économise pas de l'énergie, mais perd du temps et de l'énergie. Exemple : une machine de 50 kW à pleine charge pendant 400 heures consomme 20'000 kWh/an ; à mi-charge, elle consomme 40 kW pendant 800 heures, soit 32'000 kWh/an.

- Réglage : l'adaptation de la vitesse de processus en fonction des besoins effectifs se fait le plus efficacement à travers le régime du moteur. Un convertisseur de fréquence pour des installations de grande puissance coûte moins de 200 francs par kW de puissance du moteur et permet également d'effectuer de manière progressive les montées en régime et les arrêts de la machine (moins d'usure).
- Systèmes d'entraînement : pour les entraînements, les moteurs électriques sont à peu près deux fois plus efficaces que des entraînements hydrauliques et environ dix fois plus efficaces que des entraînements à air comprimé. Pour les machines très utilisées (nombre élevé d'heures de service), il vaut la peine d'utiliser des moteurs à faible consommation d'énergie. Lors de l'acquisition, on comparera les coûts d'exploitation et non les coûts d'investissement.
- Contrôle des processus : une machine de production importante devrait être équipée d'un compteur d'heures de service et d'un compteur d'électricité (50 à 300 francs). Il est aussi possible de saisir ces données en ligne avec un système de gestion de l'énergie. Une évaluation régulière des données permet de surveiller l'état de la machine.

5.8.2. Autres possibilités d'optimisation

- Installation d'air comprimé : pour la plupart des appareils à air comprimé, une pression de réseau de 6 bar est suffisante. Les grandes installations présentent notamment des possibilités d'économie d'énergie intéressantes. A partir d'une puissance du compresseur de 5,5 kW, une optimisation est généralement rentable.
- Installation d'aspiration : l'adaptation du débit d'air au besoin effectif permet des économies d'électricité de 40 à 70%. Les nouvelles installations avec une efficacité énergétique élevée ne sont pas beaucoup plus coûteuses que les installations standard. Il vaut la peine d'effectuer une analyse détaillée pour les installations à partir d'env. 7,5 kW de puissance du ventilateur et plus de 500 heures de service par an.

6. Séchage



CO c3 : Sécher des sciages et les traiter

Le séchage du bois est l'une des premières étapes du traitement du bois après le sciage des grumes. Le séchage permet d'extraire l'humidité du bois afin d'éviter qu'il ne se rétracte, ne pourrisse ou ne devienne spongieux. En d'autres termes, le bois doit être séché jusqu'à la teneur en humidité finale souhaitée en fonction de son utilisation ultérieure. Et ce, avec le moins de dommages possibles dus au séchage.

Le séchage se fait soit par séchage naturel (séchage à l'air libre), soit par séchage technique dans des installations appropriées. En règle générale, il s'agit d'un processus long et coûteux qu'il ne faut pas sous-estimer. En effet, si le bois n'est pas séché correctement, il risque de ne pas pouvoir être transformé.



Figure 154 : séchage (source : Blumer-Lehmann AG)

Tâches pratiques dans l'entreprise

Stade de production 1 :

- Séchage à l'air libre et stockage approprié (1^{re} année d'apprentissage)
- Utiliser l'installation de séchage, contrôler et trier les sciages après le séchage (2^e année d'apprentissage)

Stade de production 2 :

- Stocker les sciages et les produits à base de bois (3^e année d'apprentissage)

Stage pratique en stade de production 1 (sous surveillance) :

- Séchage à l'air libre et stockage approprié
- Utiliser l'installation de séchage

Cours interentreprises 5

- Séchage à l'air libre
- Installations de séchage (sous vide, conventionnelles) : chargement, remplissage, pose de sondes
- Mesurer l'humidité du bois, calculer le retrait et le gonflement, effectuer un échantillon de séchage, calculer le poids et la densité de la charge de séchage

Situations professionnelles

- Vous empilez le bois de sciage pour le faire sécher.
- Vous contrôlez la teneur en humidité du bois (initiale et finale).
- Vous alimentez l'installation de séchage et placez les sondes correctement et au bon endroit.

Objectifs d'apprentissage

- Vous expliquez les bases physiques (température, pression atmosphérique, humidité de l'air) qui sont importantes pour le séchage du bois.
- Vous expliquez les définitions de la teneur en eau, du séchage anhydre, de la saturation des fibres, de la teneur en eau maximale, de l'humidité d'équilibre et de la teneur en humidité du bois.
- Vous expliquez les méthodes directes et indirectes de détermination et de calcul de la teneur en humidité du bois.

- Vous expliquez les notions de gonflement et de retrait : Densité brute, gonflement et retrait, masse de retrait, retrait et gonflement différentiels.
- Vous expliquez quelle teneur en humidité du bois est valable pour quelle utilisation et déterminent à titre d'exemple la teneur en humidité adéquate pour certaines utilisations.
- Vous comparez le séchage naturel et le séchage technique et déterminent à titre d'exemple les procédés de séchage appropriés.
- Vous décrivez les 4 phases de séchage.
- Vous expliquez la chute de séchage et décrivent les facteurs et les relations qui influencent la chute de séchage.
- Vous expliquez le temps de séchage et décrivent les facteurs et les relations qui influencent le temps de séchage.
- Vous déterminez l'empilage correct pour différentes entreprises.
- Vous expliquez les causes des erreurs de séchage et reconnaissent les erreurs de séchage (tension de séchage, cémentation, fentes capillaires, fentes de surface, fentes de bout, fentes internes, collapse cellulaire, écoulement résine, coloration).
- Vous décrivez les conditions, la procédure et les principaux critères pour un séchage en plein air réalisé dans les règles de l'art.
- Vous comparez les procédés de séchage technique et déterminent à titre d'exemple les procédés appropriés (préséchage, séchage par évaporation, séchage par condensation, séchage sous vide).
- Vous expliquez les mesures d'économie de coûts et d'énergie pour les installations de séchage et montrent les possibilités d'optimisation.

6.1. Introduction

Le séchage du bois est l'une des premières étapes de la transformation du bois après le sciage des grumes. Dans la plupart des cas, il s'agit d'une condition préalable à la transformation ultérieure du bois. Il s'agit généralement d'un processus long et coûteux.

L'objectif principal est de sécher le bois à l'humidité finale souhaitée pour son utilisation ultérieure. Et ce, avec le moins de dommages possibles dus au séchage.

Le bois séché dont la teneur en humidité est inférieure à 20 % est moins sensible aux attaques de champignons et/ou d'insectes xylophages. De plus, les frais de transport peuvent être réduits. Si l'humidité du bois correspond à l'humidité d'utilisation ultérieure, le gonflement et le retrait du bois sont également réduits au minimum.

L'évaluation de la qualité du bois séché dépend d'une part fortement de la qualité du matériau de départ et est d'autre part étroitement liée à l'utilisation ultérieure du bois séché. Il existe par exemple des exigences nettement différentes pour le bois destiné à des applications extérieures et pour le bois destiné à l'aménagement intérieur ou aux meubles.

Ces relations sont abordées dans les paragraphes suivants.

6.2. Teneur en humidité du bois

Pendant la phase de vie et de croissance d'un arbre, l'eau est, avec le dioxyde de carbone, la substance de base décisive pour l'alimentation de l'arbre. En outre, l'eau est responsable des différents processus de transport dans les tissus du bois. Lors de la récolte du bois, il n'est donc pas rare de voir des teneurs en humidité initiales allant jusqu'à 200% et plus. Selon l'espèce de bois, on observe également des différences considérables dans la teneur en humidité au sein d'un même arbre. Pour les bois dits de cœur, en particulier pour les résineux comme le pin ou le mélèze, on peut partir du principe que le cœur présente une teneur en humidité d'environ 30% et que l'aubier se situe en partie dans la zone de saturation en eau. Cela signifie que dans le cœur, seules les parois cellulaires contiennent de l'eau et que les cavités des cellules sont pratiquement exemptes d'eau, tandis que dans l'aubier, pratiquement toutes les cavités des cellules et des parois cellulaires sont remplies d'eau.

Au moment de l'abattage, l'eau est plus ou moins liée au bois en fonction de sa teneur en humidité, ce qui est également important pour le séchage ultérieur du bois. À partir d'une teneur en humidité d'environ 30% (selon l'essence), on parle d'eau libre, qui se trouve dans les vaisseaux ou les cavités des fibres. En dessous de 30% de teneur en humidité, l'eau est liée physiquement dans les parois cellulaires ou chimiquement pour une teneur en humidité du bois de 0 à 6%. Pour une teneur en humidité jusqu'à environ 30%, on parle donc de la zone de saturation des fibres du bois. Ce n'est que dans cette plage de saturation des fibres, entre 0 et 30%, que le stockage de l'eau dans la paroi cellulaire entraîne un gonflement ou un retrait du bois, plus ou moins prononcé dans les différentes directions du bois (radiales, tangentielles et axiales).

6.3. Bases physiques

Le bois peut absorber ou libérer de l'eau dans l'air par sorption à l'intérieur de la zone hygroscopique. Ce comportement perdure jusqu'à ce que le bois soit en équilibre avec son environnement. Si le bois a adapté son humidité aux conditions ambiantes, il se trouve en équilibre d'humidité (équilibre hygroscopique). Si les conditions ambiantes changent, le bois tente de s'adapter à nouveau aux nouvelles conditions en absorbant ou en rejetant de l'eau. Cette loi est appelée comportement hygroscopique. Il est provoqué par la modification de ce que l'on appelle les théorèmes de sorption.

- Température
- Humidité relative de l'air
- Pression atmosphérique
- Composition chimique et structurelle du bois.

6.3.1. Température

Chaleur Q

Il s'agit de la quantité d'énergie thermique nécessaire pour chauffer le bois et l'eau qu'il contient jusqu'à ce que l'eau puisse s'évaporer. Le réchauffement augmente la pression de vapeur de l'eau contenue dans le bois, ce qui accélère l'évaporation. L'unité de masse pour l'énergie est le joule = [J].

Température T

La température est une variable d'état qui découle de la sensibilité au chaud ou au froid du sens du toucher. Elle n'est toutefois pas identique à la chaleur.

Unité de mesure de la température T : [°C] degrés Celsius

La température influence l'état physique des corps solides, liquides et gazeux. Elle influence également la teneur maximale en eau de l'air à pression atmosphérique constante.

6.3.2. Pression atmosphérique

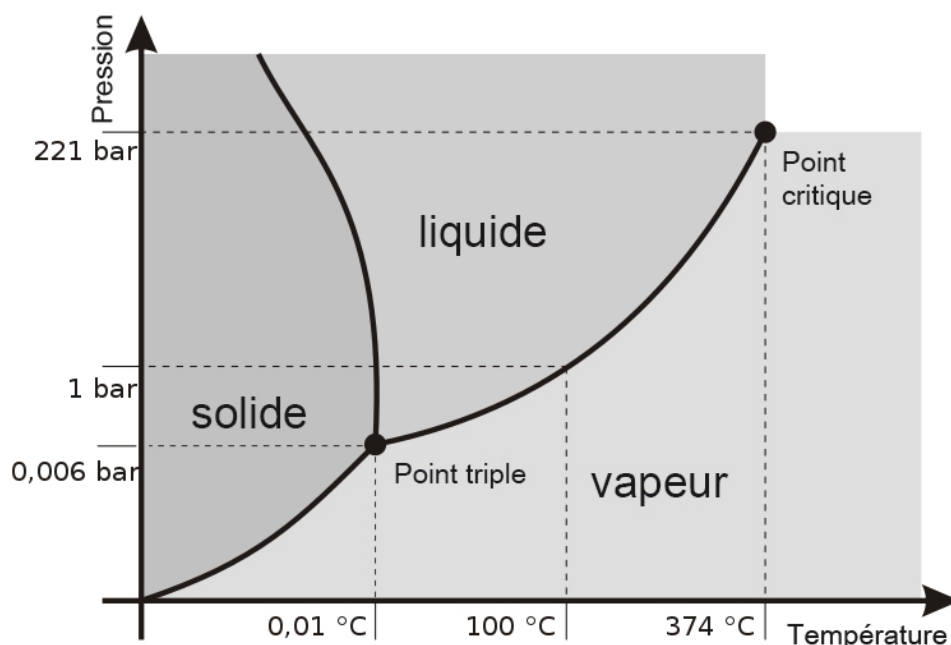


Figure 155 : Pression atmosphérique (source : wikipedia)

La pression atmosphérique joue un rôle dans le séchage du bois dans la mesure où elle a une influence directe sur le point d'ébullition de l'eau. Ces lois sont utilisées dans le séchage technique du bois, notamment dans le séchage sous vide et dans des procédés de séchage spéciaux (incubation/décompression).

Il existe une relation directe entre la température, la pression atmosphérique et l'humidité de l'air, qui influence l'état physique de l'eau, mais aussi d'autres substances.

6.3.3. Humidité de l'air

Humidité de l'air maximale h_{\max}

La quantité maximale d'eau pouvant être portée par l'air dépend de la température. Lorsque l'air porte la quantité d'eau maximale possible à une température donnée, on dit qu'il est saturé. La quantité d'eau maximale pouvant être contenue dans 1 m³ est appelée quantité de vapeur saturée h_{\max} . Voir le tableau et la représentation graphique de la quantité maximale de saturation dans un m³ d'air.

Température	Pression partielle p	Quantité de vapeur saturée h_{\max}	Température	Pression partielle p	Quantité de vapeur saturée h_{\max}
° C	kPa	g / m ³	°C	kPa	g / m ³
-10	0.285	2.36	28	3.780	27.21
-5	0.421	3.41	30	4.242	30.34
0	0.611	4.85	35	5.624	39.56
2	0.705	5.56	40	7.378	50.07

4	0.813	6.36	45	9.586	65.31
6	0.935	7.26	50	12.34	82.77
8	1.072	8.27	60	19.92	129.64
10	1.227	9.40	70	31.16	196.86
12	1.401	10.66	80	48.34	290.67
14	1.597	12.06	85	57.81	349.78
16	1.815	13.63	90	70.10	418.37
18	2.062	15.36	95	84.51	497.51
20	2.337	17.28	100	87.68	588.36
22	2.642	19.41			
24	2.984	21.76			
26	3.361	24.36			

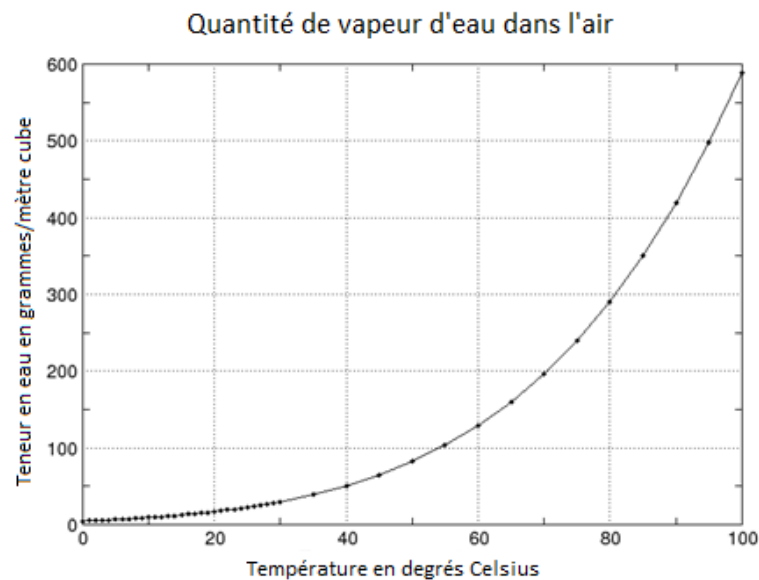


Figure 156 : Représentation graphique de la quantité de vapeur d'eau saturant l'air (source : wikipedia)

Humidité absolue
 h_a

L'humidité absolue décrit la quantité d'eau présente dans l'air en fonction de la température. L'unité est le g/m^3 .

Exemple : à 20°C , l'air est saturé de $17,28 \text{ g/m}^3$. Toutefois, si l'humidité relative de l'air à la même température n'est que de 50%, l'humidité absolue de l'air est de $8,64 \text{ g/m}^3$. En général, l'air n'est que partiellement saturé d'humidité et l'humidité h_a est inférieure à la valeur de saturation maximale h_{\max} . Si l'on met la quantité absolue en relation avec la quantité maximale de saturation, on parle d'humidité relative ϕ (h_r).

Une humidité de l'air de 50...67% est considérée comme normale pour le bien-être humain.

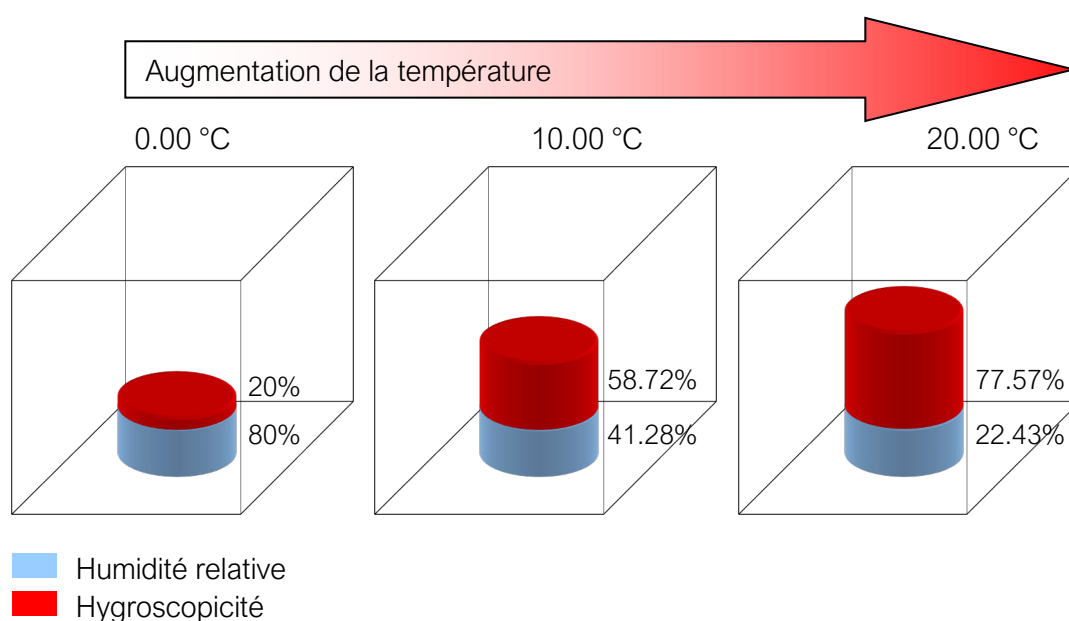
Humidité relative
 ϕ (h_r)

L'humidité relative, symbolisée par la lettre ϕ représente en % l'humidité maximale réellement présent dans l'air. En d'autres termes, elle mesure la quantité d'humidité présente dans l'air par rapport à la quantité maximale d'humidité que l'air peut contenir à une certaine température

Formules	Unités
$\varphi = \frac{f_{abs} \cdot 100\%}{f_{max}}$	$\varphi = \%$
$f_{abs} = \frac{f_{max} \cdot \varphi}{100\%}$	$f_{abs} = \text{g/m}^3$
$f_{max} = \frac{f_{abs} \cdot 100\%}{\varphi}$	$f_{max} = \text{g/m}^3$

L'hygroscopicité

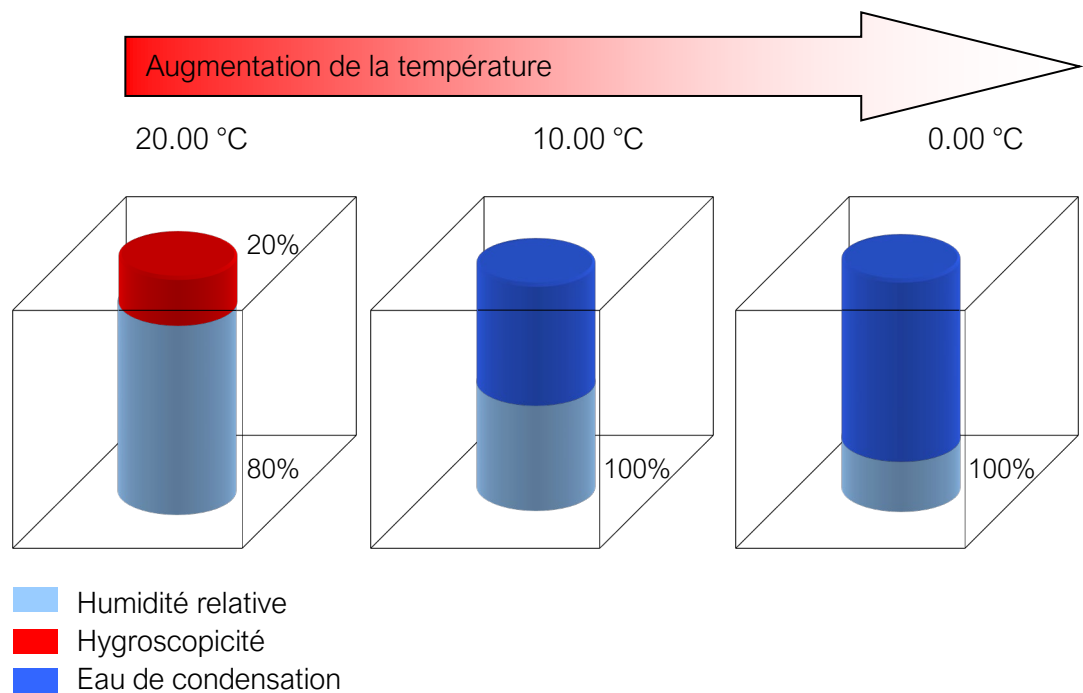
Lorsque l'air se réchauffe, sa capacité d'absorption d'eau augmente. Toutefois, tant que l'air ne contient pas le maximum d'humidité possible, il s'efforce d'absorber l'eau de l'environnement. Cette différence d'humidité ($h_{max} - h_a$) est appelée "hygroscopicité".



Température de l'air	°C	0,00	10,00	20,00
Humidité absolue de l'air	g/m ³	3,88	3,88	3,88
Humidité relative de l'air	%	80,00%	41,28%	22,45%
Humidité maximale	g/m ³	4,85	9,40	17,28
Hygroscopicité	%	20,00%	58,72%	77,55%
Hygroscopicité	g/m ³	0,97	5,52	13,40

Le point de rosée (T_r) et l'humidité de condensation

Lorsque l'air se refroidit, l'humidité maximale de l'air diminue également. Par point de rosée, on entend donc la température à laquelle l'eau commence à se séparer de l'air après refroidissement (par dépassement de la quantité de saturation). Cette séparation de l'humidité de l'air est également appelée condensation.



Température de l'air	°C	20,00	10,00	0,00
Humidité absolue	g/m ³	13,82	9,40	4,85
Humidité relative	%	80,00%	100,00%	100,00%
Humidité maximale	g/m ³	17,28	9,40	4,85
Eau de condensation	g/m ³	0,00	4,42	8,99
Hygroscopicité	g/m ³	3,46	inférieur	inférieur

6.4. Définitions de l'humidité du bois

6.4.1. Teneur en humidité

Le critère d'évaluation de l'humidité du bois est la teneur en humidité. La teneur en humidité désigne la masse d'eau contenue dans le bois en pourcentage par rapport à la masse du bois à l'état absolument sec (anhydre). Elle dépend de l'essence de bois.

$$u = \frac{\text{Masse humide} - \text{Masse anhydre}}{\text{Masse anhydre}} \cdot 100\%$$

$$u = \frac{m_u - m_0}{m_0} \cdot 100\%$$

Grandeurs:

u Teneur en humidité
 m_u Masse humide
 m_0 Masse anhydre

6.4.2. Etat anhydre u_0

Le bois est considéré comme anhydre après avoir été séché selon la méthode de séchage, la teneur en humidité du bois est alors de $u = 0\%$ ou, en abrégé, décrite par u_0 . A l'état anhydre, le bois a également atteint le poids anhydre (signe de formule m_0). Ainsi, la densité brute (symbole de formule ρ_0) peut être clairement déterminée à $u = 0\%$. L'état de séchage sert de base au calcul de l'humidité, du rendement, de la concentration en fibres, de l'utilisation de produits chimiques et de la détermination du poids du bois brut qui est négocié au poids. Pour le bois à l'état anhydre, on utilise également le terme A_{tr} .

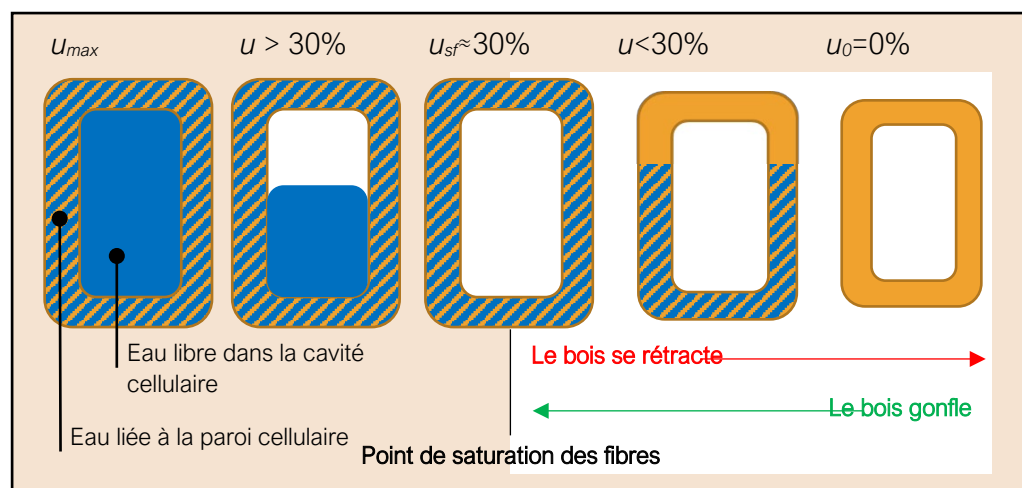
6.4.3. Saturation des fibres u_{sf}

Le point de saturation des fibres signifie que les parois cellulaires (le microsysteme) sont remplies d'eau au maximum. Cet état s'établit lorsque l'humidité relative de l'air est légèrement inférieure à 100%. Selon l'essence de bois, le point de saturation des fibres se situe entre 22%...**28.5%**...35%.

u_{sf} en %	Types et essence de bois
32.... 35%	Bois de feuillus à pores dispersés sans cœur coloré. (tilleul, saule, peuplier, aulne, hêtre, bouleau).
30.... 34%	Bois de résineux sans cœur coloré (sapin, épicéa)
26.... 28%	Bois de résineux avec noyau coloré et teneur modérée en résine. (pin, mélèze, douglasie (pin Douglas))
22.... 24%	Bois de résineux avec cœur coloré et forte teneur en résine. (pin Weymouth, pin très résineux, mélèze).
22.... 24%	Bois de feuillus à pores circulaires et semi-circulaires avec un cœur coloré prononcé (robinier, châtaignier, chêne, frêne, noyer).

6.4.4. La teneur en humidité maximale u_{max}

La teneur en humidité maximale est la quantité maximale de liquide qui peut être stockée dans les parois et la cavité des cellules. Selon le type de bois, la teneur en humidité peut atteindre 800 %.



L'eau stockée dans le bois jusqu'à la zone de saturation des fibres, c'est-à-dire dans les parois cellulaires, est appelée eau liée.

L'eau stockée au-dessus de la zone de saturation des fibres, c'est-à-dire dans les cavités cellulaires, est appelée eau libre.

6.4.5. La teneur en humidité d'équilibre u_{eq} : comportement hygroscopique

En raison de sa structure cellulaire naturelle, le bois est un matériau à porosité capillaire qui présente un comportement particulier d'absorption et de restitution de l'humidité. Il adapte sa teneur en eau aux conditions climatiques de son environnement. Ainsi, si les conditions climatiques changent (théorèmes de sorption), le bois s'adapte en libérant ou en absorbant de l'humidité. Cet état est appelé équilibre hygroscopique. Afin d'éviter tout dommage, l'humidité d'équilibre des produits en bois doit être réglée de manière à correspondre aux conditions climatiques respectives du lieu d'utilisation ultérieur. Cette humidité rapportée au matériau est appelée humidité d'équilibre du bois u_{eq} . L' u_{eq} peut être calculée, mais des tableaux sont disponibles pour la pratique (illustration 2).

En général, cela signifie que pendant le processus de séchage, le climat ambiant est modifié par étapes de manière à ce que l'humidité d'équilibre souhaitée dans le bois s'établisse dans un temps donné. Le bois est alors réchauffé et l'eau contenue dans le bois s'évapore ou s'évapore et est évacuée avec l'air ambiant.

Exemple

Avec une température extérieure de 35°C et une humidité relative de l'air de 64%, on obtient par exemple une humidité du bois u_{eq} de 11%. Voir l'exemple de lecture marqué en rouge dans la figure ci-dessous.

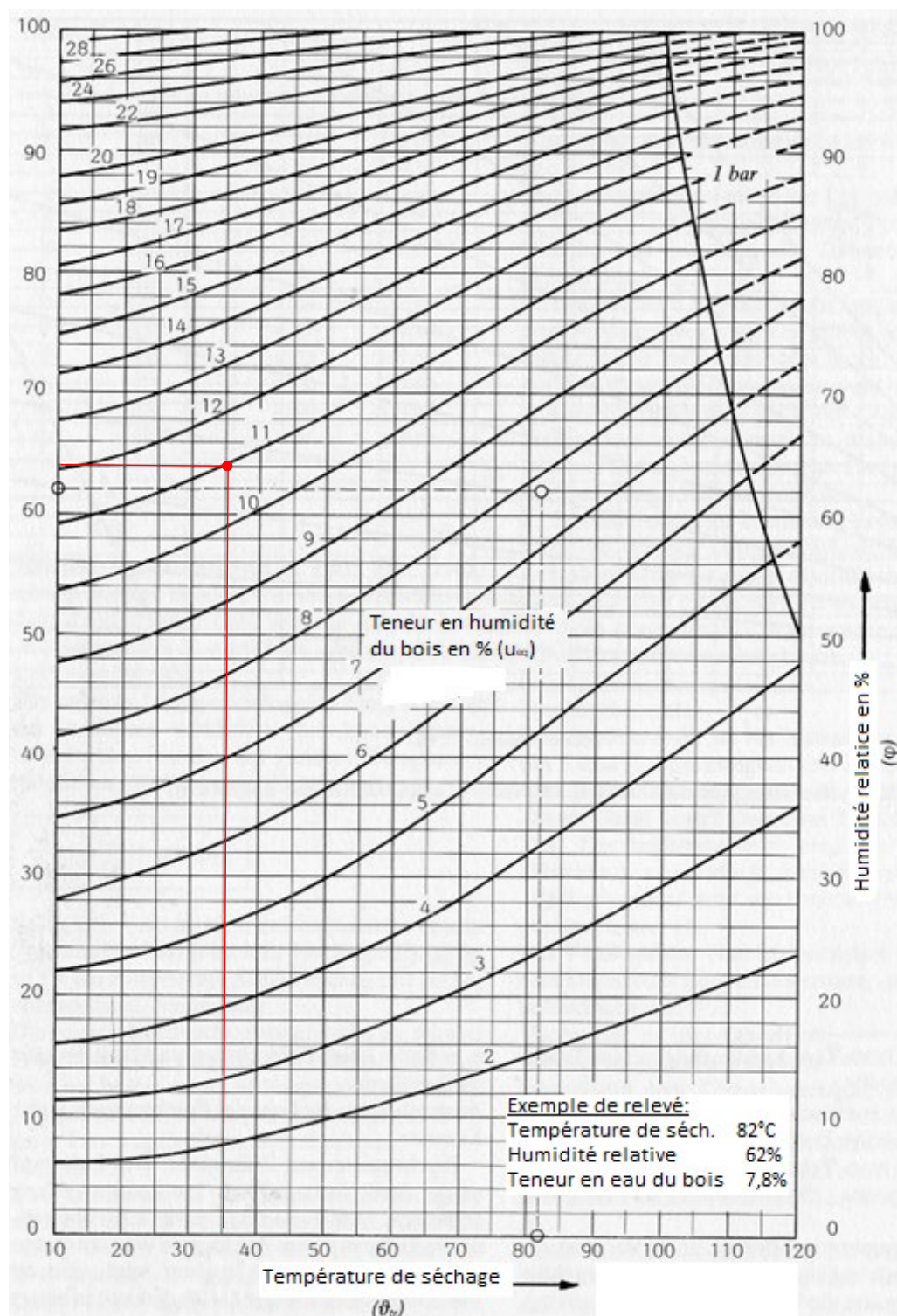


Figure 157 : Lignes d'équilibre hygroscopique pour déterminer la teneur en humidité du bois
(source : Eisenmann, 1972)

6.4.6. Teneur en humidité du bois durant le séchage

Teneur en humidité
initiale u_i

La teneur en humidité du bois au début du séchage est mesurée pour la régulation du séchage comme valeur maximale ou comme valeur moyenne de toutes les valeurs mesurées ou de valeurs sélectionnées. Il convient de noter qu'une grande dispersion de l'humidité initiale rend le séchage plus difficile et peut conduire à des humidités finales irrégulières.

Teneur en humidité
finale u_f

Teneur en humidité du bois à la fin du séchage, mesurée comme valeur maximale, valeur minimale ou valeur moyenne de toutes les valeurs de mesure ou de valeurs sélectionnées. Une faible dispersion de l'humidité finale est une caractéristique d'un séchage de haute qualité.

Chute de séchage

On entend par là le profil d'humidité qui s'établit sur l'épaisseur pendant le séchage. Le profil d'humidité résulte du fait que le bois sèche d'abord en surface. Il se forme ainsi un gradient d'humidité de l'intérieur vers l'extérieur, qui est compensé par le conditionnement à la fin du séchage.

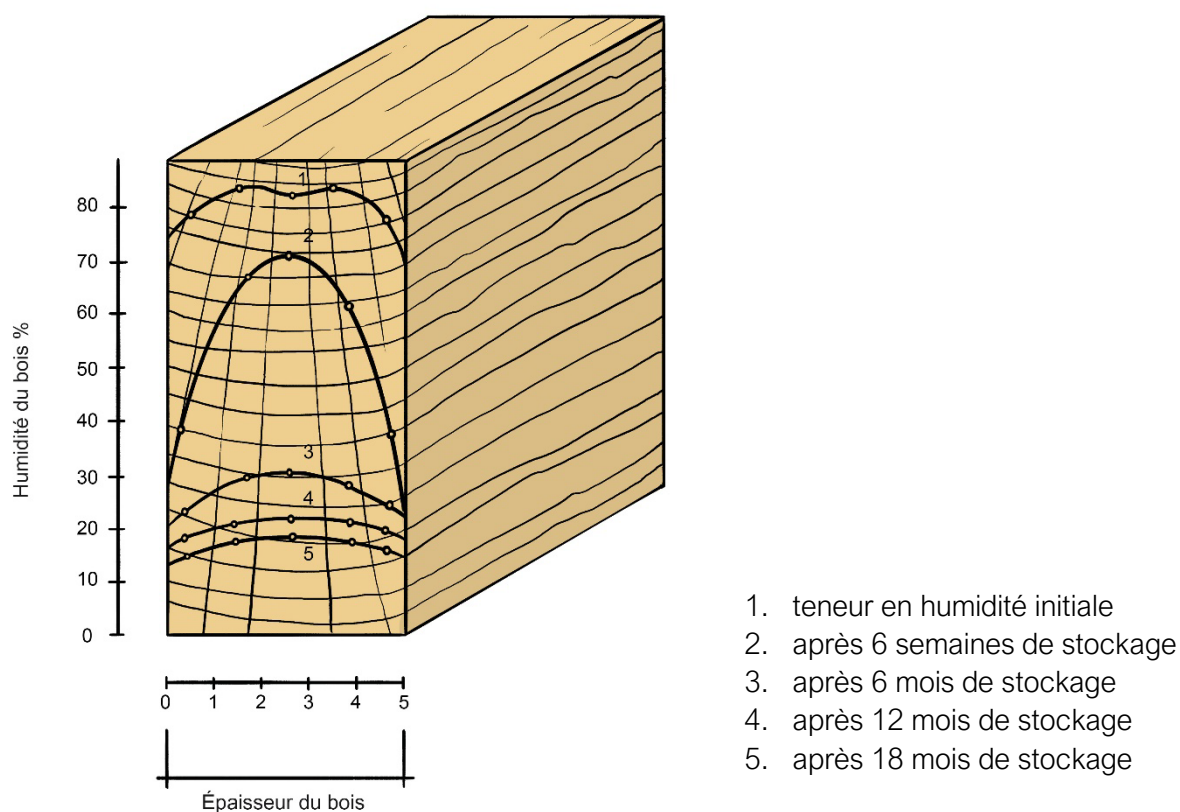


Figure 158 : Modification de la répartition de la teneur en humidité du bois dans un carrelet de hêtre de 50 mm d'épaisseur lors du séchage à l'air libre (source : IBS selon Hildebrand Holztechnik GmbH / Brunner Trockentechnik GmbH)

6.5. Possibilités de déterminer et de calculer la teneur en humidité du bois

Il existe différentes méthodes pour déterminer la teneur en humidité du bois, en distinguant les méthodes directes et indirectes.

La mesure de la teneur en humidité du bois est réglée pour la Suisse dans les critères de qualité pour le bois et les panneaux à base de bois « Usages du commerce : critères de qualité dans la construction et l'aménagement intérieur » au

chapitre 1.2.2 à partir de la page 13. Le procédé de mesure de la résistance électrique et la méthode par dessiccation (procédé anhydre) y sont décrits pour le bois et les matériaux dérivés du bois.

6.5.1. Méthode directe

Méthode par
dessiccation

La méthode par dessiccation est la méthode standard selon EN 13 183 pour déterminer avec précision la teneur en humidité du bois. Par séchage jusqu'à l'état anhydre, on entend le séchage jusqu'à une teneur en humidité du bois de 0 %. Plusieurs échantillons sont prélevés sur l'objet à déterminer sous forme de copeaux, d'éclats ou de petits morceaux. Ces échantillons sont pesés sur une balance de précision. Ils sont ensuite séchés dans un séchoir à $103\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ jusqu'à obtention d'un poids constant. Après le séchage jusqu'à l'état anhydre, les échantillons sont refroidis et pesés une seconde fois. La différence de poids entre les deux états d'humidité permet alors de déterminer avec précision la teneur en humidité du bois.

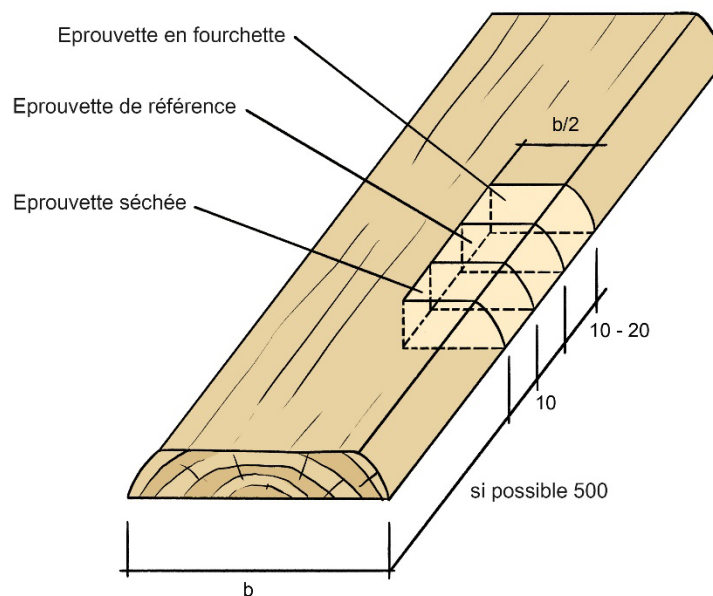


Figure 159 : Prélèvement des échantillons de séchage (source : IBS selon Hildebrand-Brunner)

La formule 1 à la page 9 permet ensuite de calculer la teneur en humidité du bois initiale.

Exemple :

Vous pesez un échantillon de bois qui a une masse de $m_u = 195\text{ g}$ à l'état humide et une masse de $m_o = 150\text{ g}$ après le séchage anhydre. La teneur en humidité du bois est calculée selon la formule ci-dessous.

$$u = \frac{195 - 150}{150} \cdot 100\% = 30\%$$

6.5.2. Méthodes de mesure indirectes

Mesure de la résis-
tance électrique

La détermination de la teneur en humidité du bois par la mesure de la résistance électrique repose sur la relation entre la teneur en humidité du bois et la

conductivité électrique du bois entre deux électrodes. La teneur en humidité du bois est déterminée à partir de la dérivée de la résistance ohmique.

Pour les appareils disponibles dans le commerce, la plus grande précision de mesure se situe dans la plage d'absorption de 6% à u_{sf} . En dessous de 6%, il n'est pratiquement plus possible d'effectuer des mesures fiables, car la conductivité électrique diminue dans la zone de chimisorption.

Les mesures sur les bois avec $u > u_{sf}$ sont également imprécises, car la résistance électrique ne peut être mesurée que par la saturation en eau des parois cellulaires.

La précision de mesure des appareils usuels est de $< 1\%$ (absolu) dans la plage de mesure indiquée. La température de l'objet à mesurer influence considérablement les résultats de mesure. Il est donc important d'adapter les paramètres de mesure (type de bois, température du bois) à l'objet à mesurer. La résistance du bois ne dépend pas seulement de la teneur en humidité du bois, mais aussi de la teneur en sel et de la température.

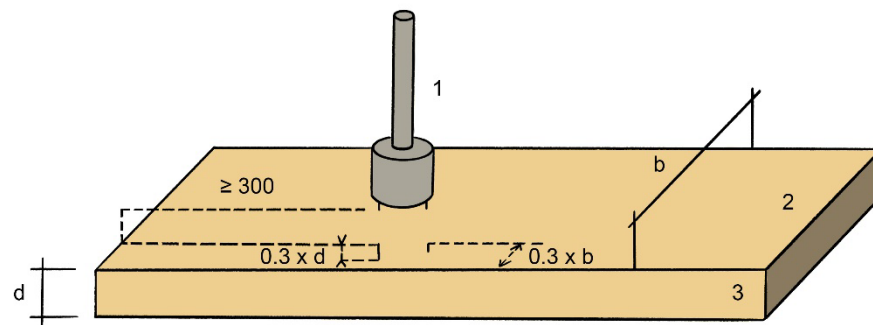


Figure 160 : Position du point de mesure (1 électrode marteau, 2 surface, 3 chant) (source : IBS)

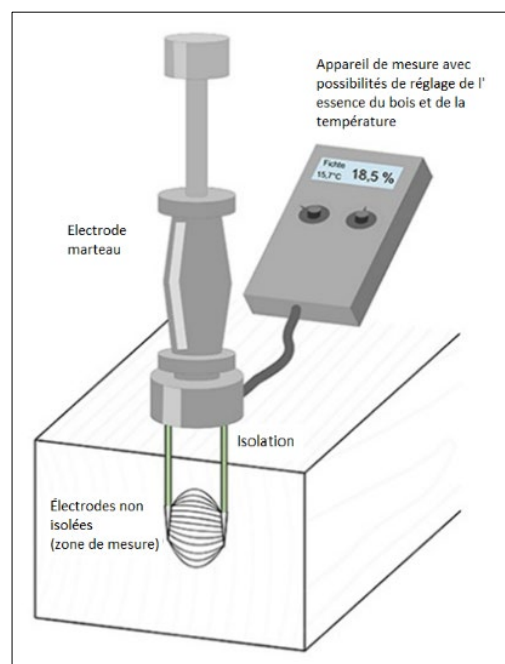


Figure 161 : Fonctionnement de la mesure de la résistance électrique (source : Der Bausachverständiger, 2023)

Pour les appareils à haute fréquence, la plage de mesure commence déjà à partir d'une teneur en humidité du bois de 0%. Ces appareils de mesure déterminent la teneur en humidité du bois en mesurant la résistance capacitive de la densité dans le bois. La mesure s'effectue au moyen d'ondes haute fréquence émises qui pénètrent dans le bois sur environ 50 mm. La mesure s'effectue en posant les plaques de condensateur sur le bois.

La plage de mesure commence déjà à 0% de teneur en humidité du bois. Contrairement à l'appareil de mesure avec des électrodes à aiguille, ce n'est pas la couche de bois la plus humide qui détermine le résultat de la mesure, mais la valeur moyenne respective sur le lieu de mesure. La précision de ce principe de mesure dépend en premier lieu de la densité du bois.

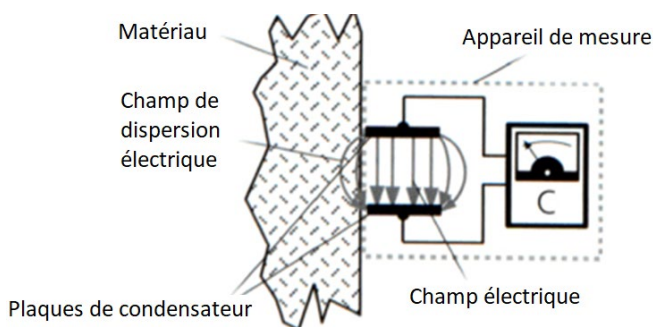


Figure 162 : Fonctionnement de la mesure capacitive de l'humidité (source : FTA Trocknung Aktuell, 1996)

6.6. Densité avec comportement au gonflement et au retrait, y compris les calculs

6.6.1. Masse volumique

Le bois n'est pas une matière homogène, sa masse volumique varie fortement d'une essence à l'autre, mais aussi au sein d'une même essence et même d'un même arbre, et est particulièrement influencée par la teneur en humidité du bois.

- La masse volumique $[\rho]$ du bois désigne le rapport entre le poids et le volume pour une valeur d'humidité donnée (qui doit toujours être spécifiée). (Les espaces vides dans les vaisseaux et les trachéides sont inclus).
- Elle est déterminée dans des conditions de laboratoire (par séchage à 103 °C).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{en g/cm}^3 \text{ ou kg/m}^3$$

Grandeurs :

ρ Masse volumique
 m Masse
 V Volume

ρ_N masse volumique normalisée, indiquée pour une température de 20°C et une humidité relative de 65%.
 P_0 bois absolument sec ("Atro" ou "anhydre")

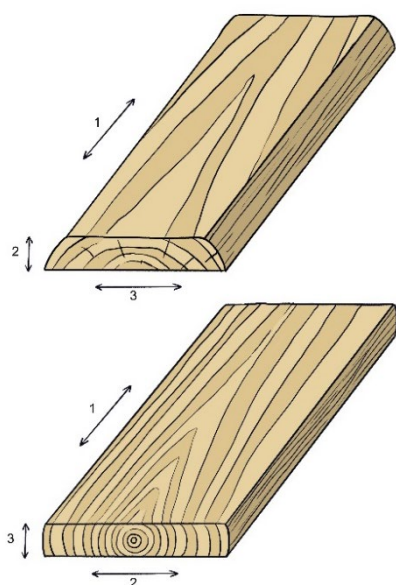
Principes généraux :

- Le bois de printemps (initial) a une densité plus faible que le bois final.
- Les épicéas (de montagne) à croissance étroite sont plus lourds (plus denses) que ceux à croissance rapide et à larges cernes.
- Les chênes à croissance rapide et à larges cernes ont tendance à être plus lourds (plus denses) que les chênes à croissance lente.

Tableau 2 : Densité d'une sélection d'essences de bois (Sell, 1989)

Essence	Masse volumique kg/m ³ ρ_0 (anhydre)	Masse volumique kg/m ³ ρ_{15} (sec à l'air)
Résineux		
Arolle	350-450	380-480
Pin Douglas	470-530	510-580
If	590-640	630-690
Epicéa	400-430	430-470
Pin Sylvestre	460-510	510-550
Mélèze	500-580	540-620
Sapin blanc	400-450	430-480
Feuillus		
Erable	570-620	610-660
Bouleau	610-680	650-730
Poirier	630-700	680-760
Hêtre	640-720	700-790
Châtaignier	520-590	560-680
Chêne	600-700	650-760
Frêne	640-700	680-760
Cerisier	520-620	560-660
Tilleul	450-530	480-570
Noyer	600-640	640-680
Peuplier	400-450	430-490
Platane	570-610	620-660
Robinier	690-750	740-800
Orme	560-640	600-680

6.6.2. Retrait et gonflement



Le bois est anisotrope. Cela signifie que ses propriétés dépendent du sens du bois. La cause en est la structure de la paroi cellulaire et la disposition des cellules dans le tissu du bois. On distingue donc trois directions de coupe :

- Longitudinales ou parallèles au sens des fibres
- Radiale par rapport à la direction de coupe
- Tangentielle à la direction de coupe

En dessous de la zone de saturation des fibres, l'absorption d'humidité entraîne une dilatation / un gonflement par stockage d'eau dans la paroi cellulaire. Le dégagement d'humidité dans cette zone entraîne une réduction de volume, appelée retrait. Le retrait et le gonflement se limitent donc essentiellement à la zone située entre la saturation des fibres et le séchage au four.

Figure 163 : Sens de retrait en fonction de la position des anneaux de croissance (1 retrait longitudinal, 2 retrait radial, 3 retrait tangential) (source : IBS)

Les différences dans les directions radiales et tangentielles sont dues aux facteurs suivants.

- La plus grande différence des lamelles centrales gonflantes s'étendant radialement,
- Les différences dans la structure des fibrilles de la paroi radiale et tangentielle,
- Le meilleur ancrage des parois cellulaires dans le sens radial par les rayons du bois.

La teneur en lignine a également une nette influence. Les essences fortement lignifiées se rétractent moins que les essences faiblement lignifiées.

Le bois de compression présente un retrait longitudinal nettement plus important que le bois normal. Le retrait dans le sens radial et tangential est toutefois inférieur à celui du bois normal. Le retrait longitudinal accru entraîne des déformations considérables (p. ex. déformation des carrelets de fenêtres, bois de construction) et des difficultés d'usinage (blocage de la scie) lors du traitement ultérieur du bois de compression séché.

En règle générale, plus la densité est élevée, plus le comportement de retrait et de gonflement est important.

Sens de la coupe	min. - max.	Valeur moyenne
Retrait longitudinal	0.1% - 0.5%	0.3%
Retrait radial	2 % - 7 %	4.5%
Retrait tangential	5 % - 13.5%	9.3%

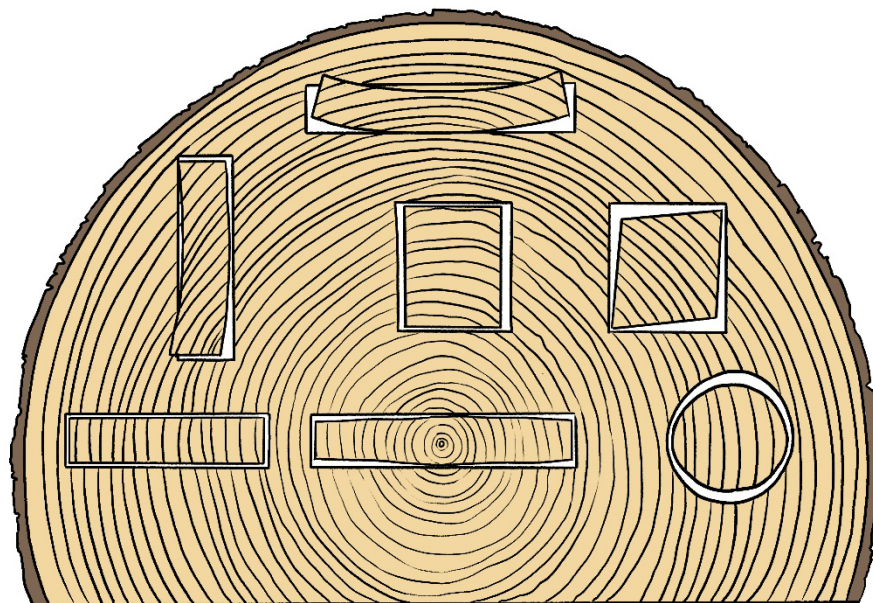


Figure 164 : Comportement au gonflement et au retrait du bois, déformation du bois due à différents retraits (source : IBS)

6.6.3. Mesure de retrait « α »

Le paramètre permettant d'évaluer le comportement au retrait du bois est la mesure de retrait α . Il se rapporte à l'état gonflé maximal du bois et comprend le retrait total du bois depuis la saturation des fibres jusqu'à 0 % de teneur en humidité du bois.

Le calcul de la perte dimensionnelle se réfère toujours à des teneurs en humidité du bois inférieures à la saturation des fibres.

Les indices l (longitudinal), r (radial), t (tangential) et v (volume) sont utilisés pour faire la distinction selon le sens de la coupe. Le retrait volumétrique permet de déterminer la variation dimensionnelle du bois au cours du processus de séchage.

Un exemple en est la perte de dimension du bois fraîchement coupé qui doit être amené à une humidité de consigne déterminée. Comme la mesure de retrait α se réfère au retrait complet, le rapport relatif entre u_{sf} et l'humidité finale u_f doit être calculé de manière différentielle en cas de retrait partiel.

6.6.4. Retraits et gonflements différentiels

Le coefficient de déformation $\alpha_{1\%}$ (calcul du changement de dimension)

L'indice de gonflement différentiel ou l'indice de déformation $\alpha_{1\%}$ décrit la variation dimensionnelle en % du bois pour une variation de 1 % de la teneur en humidité du bois. Il se rapporte à la dimension du bois à l'état sec et dépend du sens de la coupe.

Pour distinguer le sens de la coupe, on utilise les abréviations l (longitudinal), r (radial) et t (tangential). Dans la pratique, la direction de coupe n'est souvent pas

exclusivement radiale (planche de ripage) ou tangentielle (planche latérale), c'est pourquoi, pour le bois de sciage dont la direction de retrait n'est pas évidente, on calcule la valeur moyenne à partir de la différence de gonflement radiale et tangentielle.

$$\alpha_{1\% \perp} = \frac{\alpha_{t \ 1\%} + \alpha_{r \ 1\%}}{2}$$

Exemple de valeur moyenne pour l'épicéa :

$$\alpha_{1\% \perp} = \frac{0.17 + 0.32}{2} = 0.25 \frac{\%}{\%}$$

La dimension qui résulte d'un **retrait** ou d'un **gonflement** :

$$d_f = d_i - \frac{d_i \cdot \alpha_{l,r,t \ 1\%} \cdot (u_i - u_f)}{100\%}$$

$$d_i = d_f + \frac{d_f \cdot \alpha_{l,r,t \ 1\%} \cdot (u_i - u_f)}{100\%}$$

Grandeurs :

d_f dimension finale

d_i dimension initiale

u_f teneur en humidité finale

u_i teneur en humidité initiale

$\alpha_{l,r,t \ 1\%}$ gonflement ou retrait différentiel pour 1% de variation d'humidité $\left(\frac{\%}{\%}\right)$

Exemple :

Vous séchez après le sciage une planche d'épicéa non délignée en tas à l'air libre, qui présente à l'état humide une humidité initiale $u_i = 32 \%$ et une épaisseur de planche $d_i = 40 \text{ mm}$, et après le séchage une teneur en eau du bois $u_f = 15 \%$. Le retrait est calculé comme ci-dessous.

$$d_f = 40 - \frac{40 \cdot 0.25 \cdot (32 - 15)}{100\%} = 38.3 \text{ mm}$$

Tableau 3 : Propriétés et caractéristiques des essences de bois, taux de retrait et de gonflement (Sell, 1989)

Essence	Saturation des fibres SDF	Taux de retrait / gonflement maximal α_{\max} entre SDF et anhydre				Taux de retrait / gonflement différentiel, en % par 1% de variation de teneur en humidité du bois				Ratio anisotropique
	U _{sf}	$\alpha_{l \max} \%$	$\alpha_{r \max} \%$	$\alpha_{t \max} \%$	$\alpha_{v \max} \%$	long. α_l 1%	radial α_r 1%	tangentiel α_t 1%	volume α_v 1%	$A = \frac{\alpha_t}{\alpha_r}$
Résineux										
Arolle	22	0.24	2.4	5.1	7.7	0.01	0.11	0.23	0.35	2.1
Pin Douglas	23	0.24	3.9	6.2	10.3	0.01	0.17	0.27	0.45	1.6
If	22	0.24	3.7	5.9	9.8	0.01	0.17	0.27	0.45	1.6
Epicéa	32	0.23	5.4	10.2	15.8	0.01	0.17	0.32	0.50	1.9
Pin Sylvestre	28	0.24	4.8	8.7	13.7	0.01	0.17	0.31	0.49	1.8
Mélèze	28	0.24	4.5	9.0	13.7	0.01	0.16	0.32	0.49	2.0
Sapin blanc	32	0.16	4.5	9.6	14.3	0.01	0.14	0.30	0.45	2.1
Feuillus										
Erable	33	0.38	5.0	8.6	14	0.01	0.15	0.26	0.42	1.7
Bouleau	33	0.45	6.9	9.2	16.6	0.01	0.21	0.28	0.50	1.3
Poirier	32	0.38	5.1	10.6	16.1	0.01	0.16	0.33	0.50	2.1
Hêtre	32	0.23	6.4	13.1	19.7	0.01	0.20	0.41	0.62	2.1
Châtaignier	24	0.35	3.6	6.2	10.2	0.01	0.15	0.26	0.42	1.7
Chêne	23	0.33	4.1	7.1	11.5	0.01	0.18	0.31	0.50	1.7
Frêne	23	0.16	4.4	7.4	12	0.01	0.19	0.32	0.52	1.7
Cerisier	25	0.24	4.3	7.3	11.8	0.01	0.17	0.29	0.47	1.7
Tilleul	35	0.22	6.7	9.8	16.7	0.01	0.19	0.28	0.48	1.5
Noyer	25	0.37	3.3	5.0	8.7	0.01	0.13	0.20	0.34	1.5
Peuplier	32	0.23	4.8	9.0	14	0.01	0.15	0.28	0.44	1.9
Platane	24	0.22	3.8	7.2	11.2	0.01	0.16	0.30	0.47	1.9
Robinier	23	0.24	5.3	8.1	13.6	0.01	0.23	0.35	0.59	1.5
Orme	24	0.24	4.3	6.7	11.2	0.01	0.18	0.28	0.47	1.6

6.7. Les domaines d'application : Quelle teneur en humidité convient à quel usage (classe d'utilisation - intérieur/extérieur) ?

6.7.1. Usages suisses du commerce du bois brut

Sciage frais

L'humidité du bois dépend de la provenance et de l'état des bois en grumes.

Secs à l'expédition

Par bois « secs à l'expédition » on entend des sciages avec un degré d'humidité susceptible de garantir que les sciages ne perdent pas de valeur lors du transport.

Secs à l'air

Par bois commercialement « secs à l'air » on entend, sauf convention contraire, des sciages avec une teneur en humidité de 20% au maximum (sauf pour les planches brutes et les carrelets de fenêtres).

Séchés au four

On entend par bois « séchés au four » des sciages séchés en séchoir avec une teneur en humidité maximale de 15% (sauf pour les lames rabotées et les carrelets de fenêtres). Le degré de siccité peut être défini entre les deux parties en fonction de l'emploi ultérieur du bois

Mesure exacte

Les sciages doivent avoir la pleine mesure à l'état sec à l'air.

- Avec une teneur en humidité maximale de 20%
 - planches parallèles, non avivées, dédoublées
 - planches en plots
 - lamelles pour bois lamellé-collé
 - lattes
- Avec une teneur en humidité maximale de 20%
 - planches brutes rabotables
 - carrelets de fenêtres non aboutés (les carrelets de fenêtres aboutés sont toujours séchés au four)

Les sciages doivent avoir la pleine mesure à l'état frais, sauf accords spéciaux

- charpente sur liste
- carrelets de coffrage et charpente normalisée

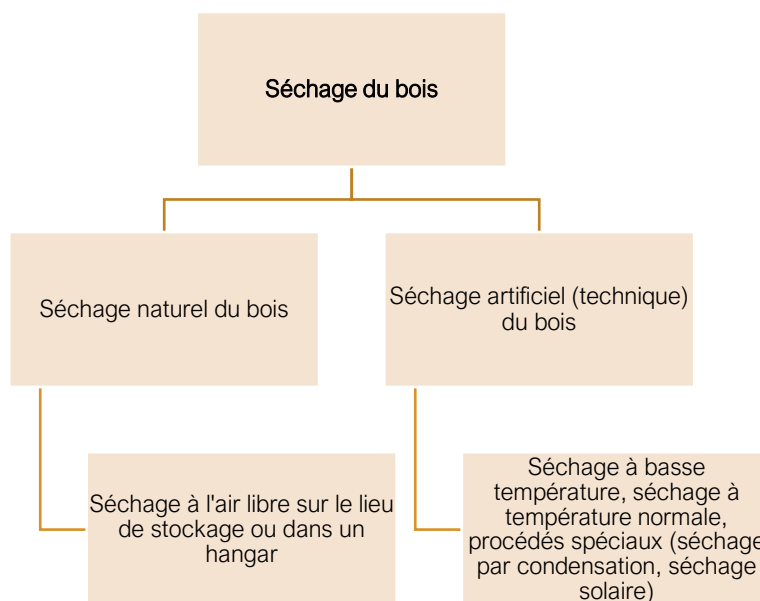
6.7.2. Classe d'utilisation

Les données relatives à l'humidité définies dans la norme SIA 265 ne concernent que le domaine d'application des éléments de construction. Rien n'est défini sur les conditions de livraison des classes de résistance C30, C24 et C16 par rapport à l'humidité. Il est donc laissé à l'appréciation du fabricant de répondre aux différents souhaits des clients.

Classe d'humidité	Situation des éléments de construction	Environnement : température / humidité relative	Teneur en humidité-moyenne ¹⁾
1	protégés contre les intempéries	20°C / 65% ¹⁾	≤ 12 %
2	partiellement protégés contre les intempéries ou exposés aux intempéries	20°C / 85% ¹⁾	12 bis 20 %
3	humides ou immergés		> 20 %
¹⁾ Ces valeurs peuvent être dépassées pendant quelques semaines par an.			

6.8. Introduction au séchage naturel et technique

Le séchage du bois est un aspect important de la transformation du bois. Il peut se faire de deux manières différentes : naturellement ou par un procédé de séchage technique. Le séchage naturel se fait par l'environnement naturel et peut être un processus très lent. Dans le cas du séchage technique, le bois est séché dans des installations techniques spéciales.



Il est important de comprendre le fonctionnement des deux méthodes de séchage du bois afin d'obtenir un produit de haute qualité. Dans le cas du séchage naturel, l'humidité est retirée du bois par l'environnement naturel. Ce processus peut durer plusieurs semaines ou mois.

Dans le cas du séchage technique, le bois est placé dans une chambre prévue à cet effet, dans laquelle l'humidité est retirée. Ce procédé permet un séchage plus rapide et retire l'humidité du bois en moins de temps.

Les deux méthodes de séchage du bois ont leurs avantages et leurs inconvénients.

6.9. Les 4 phases du séchage

Le séchage air frais/air d'échappement et la plupart des autres types de séchage technique se déroulent généralement selon les quatre phases suivantes :

Phase de chauffage
et d'échauffement

Avant que le bois puisse être séché, l'air de la chambre doit être chauffé, puis le produit à sécher doit être réchauffé. Le réchauffement est nécessaire pour qu'un transport d'humidité constant et réglable puisse avoir lieu de l'intérieur du bois vers la surface pendant le processus de séchage qui suit. Pendant ces deux phases, il faut veiller à ce que le bois ne se dessèche pas ou peu. Cela n'est toutefois possible que si l'on choisit un climat dans la chambre qui permette une chute de séchage proche de 1.

La température du bois est adaptée à celle de la chambre. Le bois et l'eau qu'il contient sont amenés de la température initiale à la température souhaitée pour la phase de séchage. Ce processus s'effectue par étapes en augmentant les températures de manière échelonnée en fonction des exigences de l'essence de bois, de la teneur en humidité du bois et de la qualité de séchage à obtenir.

Comme règle générale pour le calcul du temps de chauffage, on peut choisir l'approche suivante pour la vitesse maximale de chauffage. Les valeurs indiquées ci-dessous ne sont qu'indicatives. Elles dépendent du modèle de chambre et de la quantité d'énergie disponible.

Règle générale pour le temps d'échauffement :

Bois résineux par cm d'épais- = 1 à 2 heures
seur de bois

Bois de feuillus par cm d'épais- = 2 à 3 heures
seur de bois

Les valeurs les plus élevées s'appliquent plutôt au bois sec à l'air. Le bois humide conduit mieux la chaleur et peut être chauffé plus rapidement.

Attention : Le bois ne doit pas sécher pendant cette phase !

Le cas échéant, le climat de la chambre doit être maintenu très humide par pulvérisation ou les surfaces en bois sèches doivent être humidifiées avant d'être chargées.

Phase de séchage

Lorsque le bois est réchauffé, le séchage proprement dit peut commencer. Selon le type de bois, la chute de séchage est réglée de manière à ce que le séchage se déroule plus ou moins rapidement.

Pendant la phase de séchage, le bois est déshumidifié ou séché jusqu'à atteindre la teneur en humidité du bois prédéfinie. Le contrôle du séchage dépend du type de bois. Les facteurs les plus importants sont la température (→ Tableau : *caractéristiques de séchage d'essences de bois sélectionnées*) et l'humidité relative de l'air de séchage. La grandeur de régulation pour cela est la chute de séchage. En modifiant le climat de la chambre, les conditions sont adaptées de manière à ce

que la teneur en humidité du bois u s'ajuste à une nouvelle valeur $[u_{eq}]$ correspondant aux valeurs climatiques.

Si le bois à sécher a une teneur en humidité initiale $[u] > [u_{sf}]$, le climat de séchage est divisé en deux phases de séchage :

1^{re} phase : séchage au-dessus de la saturation des fibres

2^e phase : séchage en dessous de la saturation des fibres.

A la fin de la phase de séchage, la plus grande partie du bois a atteint le degré de séchage souhaité. Cependant, selon l'importance du gradient de séchage, il existe des différences plus ou moins importantes réparties sur l'ensemble du lot.

Séchage rapide = grandes différences.

Séchage lent = petites différences.

Phase de
conditionnement

Des différences dans la teneur en humidité du bois sont à prévoir en cas de séchage rapide et sont compensées durant cette phase. À la fin, l'ensemble du lot doit présenter la teneur en humidité finale souhaitée. En règle générale, on ne peut tolérer que des écarts de 1 à 2%. Parallèlement, les tensions résiduelles dans le bois doivent être éliminées.

La teneur en humidité finale u_f souhaitée est maintenue avec précision pendant une durée déterminée.

Le temps de compensation doit être défini individuellement pour chaque installation et dépend fortement du taux de remplissage de l'installation. Un bon taux de remplissage de l'installation de séchage entraîne une circulation régulière de l'air et donc une dispersion moindre. En règle générale, on fixe des durées similaires à celles de la phase de chauffage.

Étant donné qu'une grande quantité d'énergie est nécessaire pour la circulation de l'air pendant le séchage, on a tendance à sécher plutôt plus rapidement et à égaliser un peu plus longtemps. En effet, la circulation de l'air doit ici être constante, mais avec une intensité moindre.

Les commandes modernes permettent déjà de refroidir légèrement le bois dans cette phase afin de gagner du temps dans la phase suivante. Dans les installations plus anciennes, la température de séchage est généralement encore maintenue.

Refroidissement du
bois

Lorsque le bois est retiré de la chambre de séchage, la différence de température avec l'environnement ne doit pas dépasser 30 °C.

Si la différence est supérieure, il faut s'attendre à des tensions de type choc. Le bois se fend immédiatement sur toute la longueur des planches. Ces tensions thermiques sont clairement audibles en raison des craquements qui se produisent.

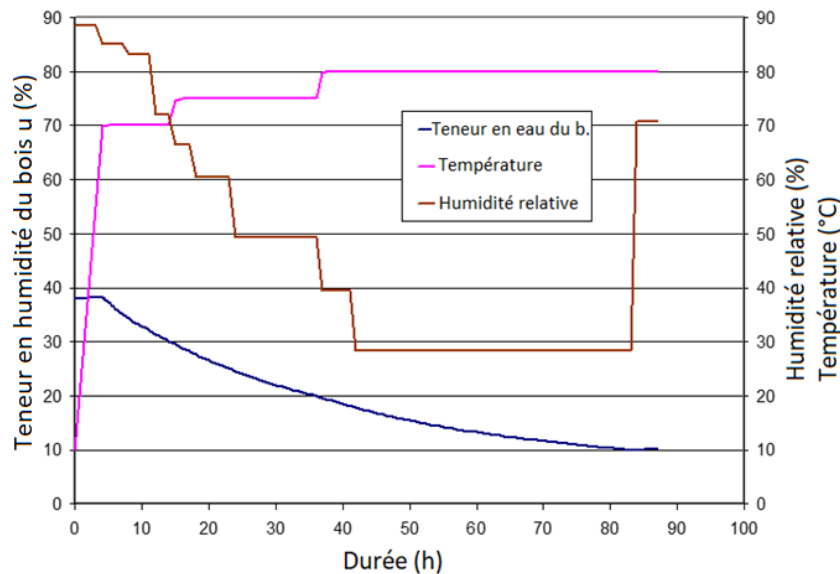


Figure 165 : Evolution de la teneur en humidité du bois en fonction de l'humidité relative de l'air et de la température de séchage à pression normale (source : Lüthi)

6.10. Chute de séchage (CDS)

La chute de séchage est le rapport entre la teneur en humidité du bois effective momentanée et l' u_{eq} .

Elle décrit le rapport entre la teneur en humidité du bois actuelle et l'humidité d'équilibre visée. La CDS dépend directement des théorèmes de séchage (température T , masse volumique ρ , humidité relative ϕ).

$$CDS = \frac{u_m}{u_{eq}}$$

Grandeurs :

CDS	:	Chute de séchage
u_m	:	Teneur en humidité du bois effective momentanée
u_{eq}	:	Teneur en humidité d'équilibre

La CDS est l'une des valeurs les plus importantes du programme de séchage pour la gestion de l'installation. Cette valeur permet d'influencer aussi bien la qualité du séchage que la vitesse de séchage. La CDS optimale ne peut en principe pas être calculée, mais représente dans la pratique une valeur empirique. Les facteurs supplémentaires importants qui influencent la CDS sont :

- Plage d'humidité du bois,
- Epaisseur du bois,
- Essence de bois,
- La qualité du séchage à atteindre

Lors du séchage, certains principes concernant la CDS s'appliquent.

- Une CDS élevée entraîne un séchage rapide.
- Une CDS faible entraîne un séchage lent.

- Les essences nobles et difficiles à sécher sont séchées lentement.
- Les essences faciles à sécher peuvent être séchées rapidement.
- Les faibles épaisseurs peuvent être séchées plus rapidement.
- Les grandes épaisseurs sont séchées lentement.
- Les essences de bois qui ont tendance à se couvrir de moisissures doivent être séchées lentement. (Châtaignier, chêne, orme, robinier, noyer)

Exemple :

En été, vous empilez des planches d'épicéa fraîchement coupées sur l'aire de stockage.

Epicéa fraîchement scié = Teneur en humidité du bois 60 %

Température 30 °C, ϕ 71% = $u_{eq} = 13\%$ (selon Figure 157 Page 185)

$$CDS = \frac{60}{13} = 4.6$$

6.11. Temps de séchage

La connaissance du temps de séchage nécessaire pour sécher le bois de sciage à l'humidité finale requise est essentielle pour garantir la capacité de séchage d'une entreprise. Cependant, le temps de séchage dépend d'un grand nombre de facteurs et ne peut donc pas être toujours être calculé ou prédit de manière fiable.

Facteurs influençant le temps de séchage

Facteurs d'influence liés à la cellule de séchage :

- Vitesse de l'air [m/s]
- Type de cellule
- Durée de fonctionnement des séchoirs
- Température de séchage [T]
- Dispositif d'humidification (vapeur ou eau)
- Dispositif de déshumidification (air frais/air évacué ou appareil de condensation)

Facteurs d'influence liés au produit à sécher :

- Essence de bois
- Teneur en humidité du bois (humidité initiale et finale, différence d'humidité)
- Epaisseur du bois [d]
- Chute de séchage [CDS]
- Type de débit du bois
- Qualité du bois avant le séchage

Autres facteurs d'influence

- Empilage du bois
- Erreur commise par le personnel
- Réduction des sections libres dans le séchoir
- Qualité souhaitée du bois séché

Règle générale
pour le temps de
séchage

En principe, il n'existe pas de formule universelle permettant de prédire de manière impérative le temps de séchage. Cette simplification ne peut pas tenir compte de toutes les différences spécifiques au bois et au climat. En règle générale, les bois de faible masse volumique sont plus faciles à sécher que les bois de forte masse volumique.

Séchage à l'air libre

Il existe différentes formules approximatives pour la durée du séchage à l'air libre.

1 an pour chaque pouce (~2,5 cm) et 1 an pour la planche
ou
1 an pour 1 cm d'épaisseur de bois.

Dans la pratique, ces formules approximatives ne doivent toutefois être considérées que comme des indications très estimatives. Le séchage à l'air libre dépend de nombreux facteurs qui sont malheureusement imprévisibles.

Ainsi, un hiver ou un été humide et pluvieux peut déjà fortement retarder le séchage, tandis qu'un été ou un hiver sec peut fortement accélérer le séchage. D'autres facteurs tels que la direction et la force du vent ainsi que l'essence et l'épaisseur du bois influencent considérablement la durée du séchage.

Ce qui est décisif pour le succès ou la qualité du séchage à l'air libre, c'est avant tout la structure de la pile, c'est-à-dire la manière dont l'espace de stockage est aménagé. Attention, pour certaines essences de bois, il faut également tenir compte du moment de la coupe.

Tableau 4 : Temps de séchage (valeurs indicatives) lors du séchage à l'air libre pour du bois de sciage de 25 mm d'épaisseur séché au taux d'humidité résiduelle de 20%. (Lüthi, 2020)

Essence	Temps de séchage en jours	Essence	Temps de séchage en jours
Résineux		Bouleau	70 à 200
Pin	60 à 200	Chêne	100 à 300
Epicéa	90 à 200	Chêne rouge	70 à 200
Pitchpin	30 à 150	Frêne	60 à 200
Pin Douglas	20 à 200	Hikory	60 à 200
		Châtaigner	60 à 150
Feuillus		Cerisier	70 à 200
Erable	50 à 200	Acajou	60 à 150
Hêtre	70 à 200	Noyer	70 à 200

Séchage technique

En raison de trop nombreux facteurs, il n'est pas non plus possible d'indiquer une formule universelle pour le séchage technique.

Par approximation, on peut adopter la règle générale suivante pour une teneur en humidité initiale définie $u_i = 20\%$ et une teneur en humidité finale souhaitée $u_f = 10\%$:

- Bois résineux (sans mélèze) 1 mm d'épaisseur de bois = 1-2 heures de temps de séchage pur -> 50 mm = 50 - 100 heures.
- Bois feuillus (sans chêne) 1 mm d'épaisseur de bois = 2-4 heures de temps de séchage pur -> 50 mm = 100 - 200 heures.
- Chêne, châtaignier 1 mm d'épaisseur de bois = 6-12 h. Temps de séchage pur -> 50 mm = 300 - 600 h.



Figure 166 : séchage technique (source : Brühwiler Sägewerk AG)

6.12. Empilage correct

Une condition essentielle pour un séchage de qualité est l'empilage correct des paquets. Il ne faut en aucun cas sous-estimer le nombre de dégâts de séchage qui peuvent être causés uniquement par un empilage incorrect ou non approprié. Le bois transformé est empilé et dépilé en piles de planches, ce qui se produit d'innombrables fois dans une entreprise de transformation du bois.

La logistique interne et externe à l'entreprise est un facteur essentiel. Elle détermine surtout la taille et la manière dont les bois sont empilés et dépilés, ainsi que la fréquence de ces opérations.

Objectifs logistiques :

- Manipulation aisée du bois
- Utiliser au mieux l'espace de stockage
- Réduire les coûts de stockage et de transport

Ces objectifs doivent être adaptés individuellement à l'entreprise et à ses processus. Le deuxième aspect, non moins important, est la qualité. L'objectif de l'empilage doit être le maintien ou l'augmentation de la valeur, les facteurs qui réduisent la qualité doivent être évités.

Aspects qualitatifs :

- endommagement du bois par des manipulations
- qualité de la surface (pas de décoloration)
- fentes dues au séchage
- dégradation en cas de stockage à l'extérieur

En raison des différentes exigences en matière de logistique et de qualité, des conflits d'objectifs apparaissent inévitablement. Il n'est pas possible de déterminer de manière définitive où doivent se situer les priorités et cela variera d'une entreprise à l'autre.

6.12.1. Types de piles

Les piles en caisses sont utilisées pour le bois de sciage trié par planches ou par plots ouverts. La distance entre deux piles de caisses doit être d'au moins 300 mm.

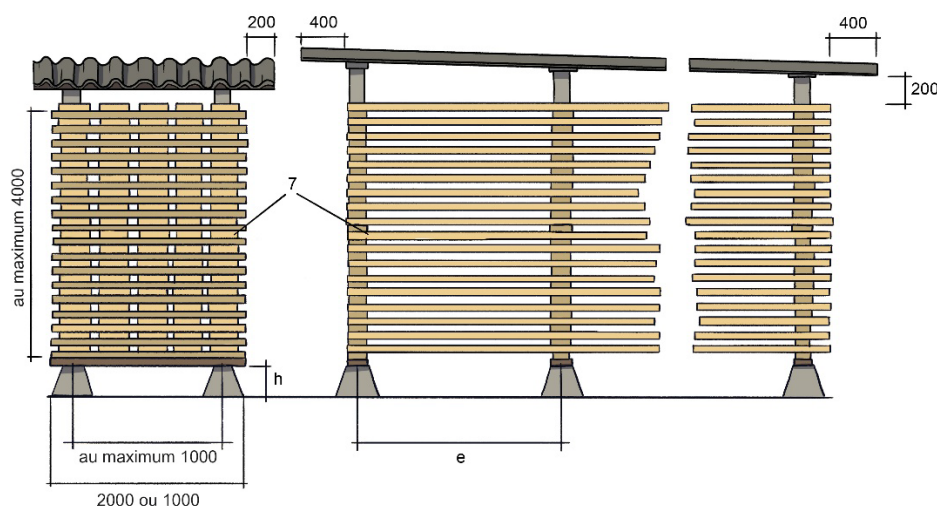


Figure 167 : Piles en caisses (source : IBS)

Les piles en plots sont utilisées dans le cas exceptionnel de sciages de feuillus indigènes de qualité supérieure triés en plots et de sciages non indigènes.

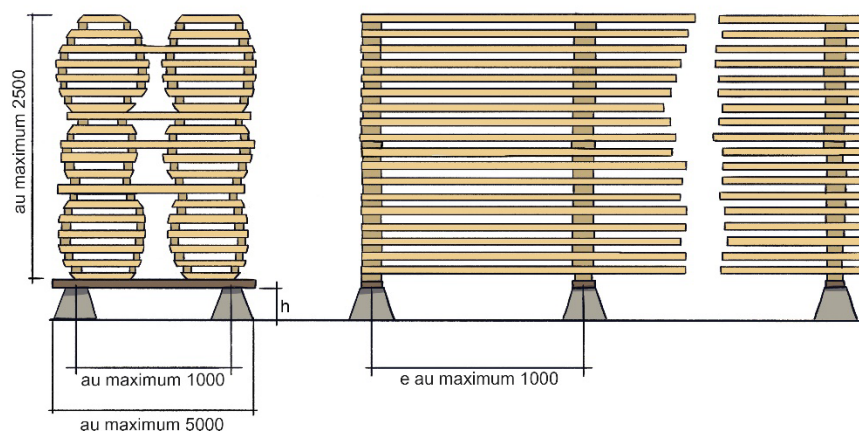


Figure 168 : Piles en plots (source : IBS)

La distance entre deux plots juxtaposés doit être d'au moins 200 mm. Pour garantir la stabilité de l'empilement, la largeur de la planche inférieure doit être au moins égale à un tiers du diamètre du tronc. Si ce n'est pas le cas, la planche inférieure est empilée sur la planche supérieure. Pour les piles ne comportant qu'un seul plot dans la largeur, deux plots au maximum peuvent être empilés l'un sur l'autre. Dans le cas de piles composées de plus d'un plot, tant dans la largeur que dans la hauteur, les plots adjacents doivent être reliés par au moins une latte d'empilage continue.

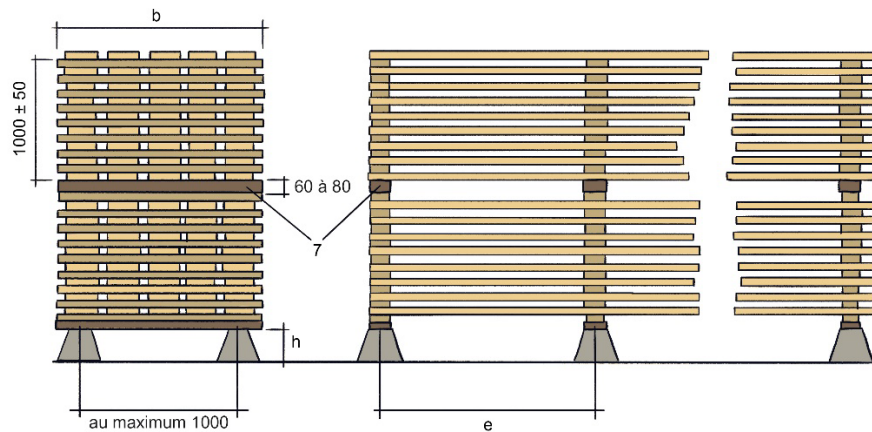


Figure 169 : Pile de paquets (source : IBS)

Pour le bois de sciage trié par planche, des piles de paquets doivent être constituées. Pour une largeur de paquet de 1200 mm, quatre paquets au maximum peuvent être empilés les uns sur les autres, et pour une largeur de 1000 mm, trois paquets au maximum. La distance entre deux piles de paquets doit être d'au moins 300 mm. Les intercalaires et les lattes d'empilage doivent être superposés verticalement.

Les paquets de bois de sciage empilés les uns sur les autres qui ont perdu leur stabilité en raison d'un séchage sur une seule face doivent être immédiatement réarrangés.

6.12.2. Empiler le bois de feuillus

En particulier pour les bois feuillus sensibles, les surfaces étroites de la section sont protégées afin d'éviter un séchage trop rapide et donc des fentes de séchage trop nombreuses et trop profondes. On utilise souvent à cet effet des lattes d'empilage larges et saillantes ou des lattes d'empilage spécialement entaillées. Il est également courant d'appliquer des peintures et de créer de l'ombre.

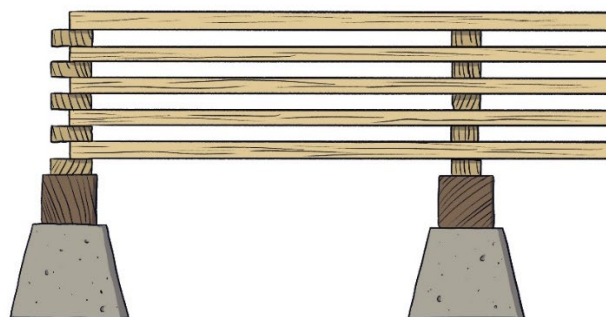


Figure 170 : Surfaces de coupe protégées par l'empilement sSource : IBS)

Les planches en hêtre rouge, aulne et bouleau s'empoussièrent facilement. Elles sont donc empilées de manière appropriée dans des hangars de séchage avec un bon passage d'air. De nombreux bois feuillus se décolorent rapidement lorsqu'ils sont empilés à l'extérieur. Dans le cas du chêne, les tanins sont partiellement lessivés par la pluie. C'est pourquoi on empile souvent à l'extérieur sans couverture pendant la première année. Pour éviter une décoloration plus importante et la formation de fentes, le séchage se poursuit ensuite sous couverture et avec un apport d'air limité.

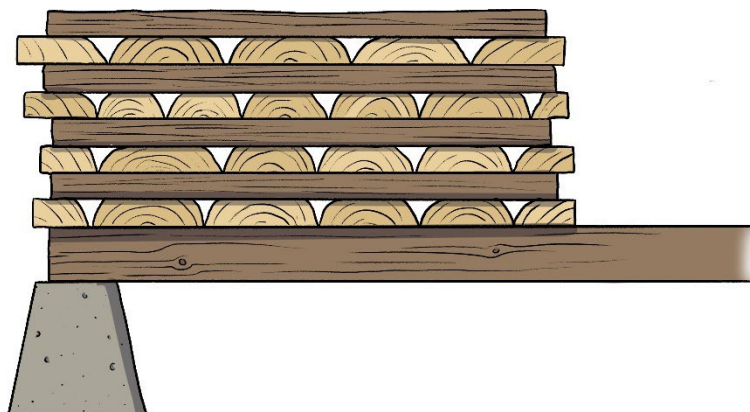


Figure 171 : Lattes d'empilage encochées (source : IBS)

6.12.3. Lattes d'empilage spéciales

Le bois d'érable, en particulier, ne doit pas être stocké à l'extérieur. Pour conserver la couleur blanche, les planches sont empilées avec des lattes spéciales immédiatement après le sciage à la scierie. Celles-ci minimisent la surface de contact, ce qui permet à l'humidité de s'évaporer également au niveau des lattes d'empilage et d'éviter ainsi une décoloration du bois. Ces lattes d'empilage sont également utilisées pour le séchage technique lorsque l'essence de bois l'exige. Les bois qui séchent lentement doivent être empilés avec des lattes plus fines (15 mm) afin d'éviter une circulation d'air et un séchage trop rapide du bois.



Figure 172 : Lattes d'empilage réduisant la surface d'appui (source : Lüthi)

6.13. Défauts de séchage

Comme différentes influences plus ou moins contrôlables agissent sur le bois pendant le processus de séchage, les erreurs de séchage ne peuvent pas toujours être évitées. Les erreurs de séchage peuvent toutefois entraîner des dommages importants, quel que soit le procédé de séchage. Un défaut de séchage est un défaut du bois causé par un séchage inapproprié du bois et décrit ci-dessous.

6.13.1. Tensions de séchage, cémentation

La cémentation est une situation dans laquelle le bois n'est pas exempt de tensions pendant ou à la fin du séchage, lorsque les tensions de séchage qui apparaissent sont la conséquence de déformations plastiques rigidifiées.

Elles apparaissent lors du séchage du bois, en particulier en cas d'humidité initiale élevée, en raison d'une libération rapide de l'humidité de la planche dans les couches extérieures. La cémentation et les autres déformations peuvent entraîner la formation de fentes.

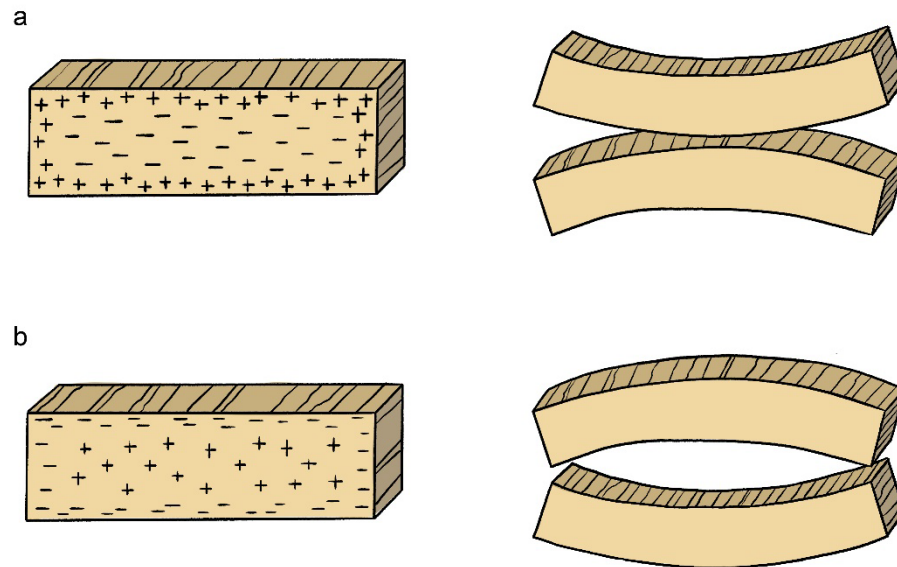


Figure 173 : Cémentation du bois scié ; a) tensions préalables externes (tensions de traction à l'extérieur, tensions de compression à l'intérieur) ; b) tensions préalables internes (tensions de compression à l'extérieur, tensions de traction à l'intérieur) (source : IBS)

Une détection précoce permet d'éviter la formation de fentes dues à une cémentation excessive.

Selon KOLLMANN et KÜBLER, on peut considérer comme un principe directeur important que « tout séchage s'accompagne directement d'une cémentation plus ou moins important, qui doit être éliminé à la fin par un conditionnement soigneux ».

6.13.2. Fentes capillaires

Les fentes capillaires sont de fines fissures superficielles plus ou moins légères, parallèles au sens des fibres. Elles peuvent apparaître sur la surface de la planche pendant le séchage. Lors du séchage à l'air libre, il est généralement difficile d'éviter les fentes capillaires. En revanche, lors du séchage technique, leur apparition peut être évitée par un séchage soigneux et pas trop rapide.

Selon la norme DIN 68336, la profondeur des fentes capillaires ne doit pas dépasser $\frac{1}{10}$ de l'épaisseur du bois.

6.13.3. Fentes de surface

Les fentes de surface sont dues aux tensions externes. Elles apparaissent principalement pendant la première phase de séchage et sont le signe d'un séchage trop rapide ou trouvent leur origine dans le séchage à l'air libre par le rayonnement direct du soleil ou des vents de foehn secs. Avant le début du séchage, il faut donc faire attention aux fentes de séchage déjà présentes, afin qu'elles ne soient pas imputées plus tard au séchage technique ou à des conditions de séchage mal choisies. Elles peuvent être évitées par un séchage technique lent et minutieux.

6.13.4. Fentes de bout

Elles apparaissent lors d'un séchage rapide des extrémités du bois de sciage, et ce généralement dès le stockage à l'air libre. La cause principale est le mouvement relativement rapide de l'humidité dans le sens des fibres et le séchage plus rapide qui en résulte dans la zone du bois de bout.

En empilant soigneusement les bois et en empêchant leur séchage pendant la phase de chauffage, il est possible d'éviter dans une large mesure les fentes de bout.

Pour les bois nobles, il est recommandé d'appliquer en plus sur le bois de bout une couche de résine synthétique, d'émulsion de cire ou de paraffine afin d'éviter un séchage trop rapide.

6.13.5. Fentes internes

Les fentes internes sont provoquées par les tensions internes lorsque les tensions transversales ou de traction présentes dans le bois deviennent plus importantes que la résistance à la traction correspondante dans les zones où la structure est déjà affaiblie par les rayons du bois. Les essences de bois avec de grands rayons de bois comme le chêne ou le hêtre sont particulièrement menacées. Il se forme des cavités en forme de nid d'abeille qui s'étendent juste en dessous de la surface de la planche. Elles ne sont donc visibles que lorsque la planche est coupée. Le bois séché présentant des fentes internes importantes n'a aucune valeur.



Figure 174 : Coupe transversale d'une planche de chêne mal séchée avec de fortes fentes internes (source : Lüthi)

6.13.6. Collapse cellulaire

En cas de températures trop élevées et de séchage trop rapide, des forces d'aspiration capillaires apparaissent dans le bois et peuvent entraîner un rétrécissement ou un effondrement des cellules avant même que la saturation des fibres ne soit atteinte. Dans ce cas, les parois cellulaires ne peuvent pas résister à la dépression dans les grandes cavités cellulaires, provoquée par une évaporation trop rapide de l'eau à la surface de la planche, et s'effondrent.

L'effondrement des cellules se reconnaît à une mesure de retrait particulièrement importante, à des enfoncements de la surface du bois auparavant plane et à une déformation importante et irrégulière de la section transversale du bois. L'état de déformation est réversible jusqu'à un certain point. Toutefois, le bois dont les cellules se sont détériorées n'a aucune valeur. Ce sont surtout les bois de feuillus saturés d'eau et fortement tylisés qui sont menacés, comme le chêne, le robinier, l'eucalyptus, le tremble, le hickory.



Figure 175 : Collapsus cellulaire du chêne lors de séchage sous vide (source : Lüthi)

6.13.7. Ecoulement de résine

Dans le cas des bois résineux, la résine se liquéfie à $T > 60...65^{\circ}\text{C}$ et s'échappe des canaux et des poches de résine. La résine se dépose sur la surface de la planche et modifie la couleur de la surface de la pièce. Ces dépôts ont un effet négatif, surtout lors du rabotage. En outre, des problèmes peuvent survenir lors du collage si les colles sont durcies par haute fréquence.

L'écoulement de résine n'est pas un dommage direct du séchage. Pour éviter l'écoulement de résine, la température de séchage $T = 60^{\circ}\text{C}$ ne doit pas être dépassée.

6.13.8. Colorations

Les colorations sont des écarts irréguliers par rapport à la couleur naturelle du bois. Elles représentent parfois une diminution considérable de la qualité du bois de sciage. Les colorations ont différents caractères. On distingue plusieurs types de colorations :

- colorations causées par des micro-organismes
- colorations causées par des réactions physiologiques dans le bois
- colorations dues à des réactions chimiques

Colorations causées par des micro-organismes

Il s'agit principalement de décolorations provoquées par des champignons, comme le bleuissement ou la rougeur. Elles n'ont aucune influence sur les propriétés de résistance du bois, mais réduisent la qualité du bois de qualité apparente, car la coloration ne peut pas être éliminée même lors d'un traitement ultérieur par rabotage.

La moisissure superficielle n'altère pas la qualité des produits sciés. Il s'agit d'une coloration noir grisâtre ou blanc jaunâtre à caractère mousseux qui ne laisse pas de traces sur la surface du bois lors du traitement ultérieur à l'aide de raboteuses.

Colorations causées par des réactions physiologiques dans le bois

Elles sont également appelées décolorations biotiques. Il s'agit d'une réaction de cellules parenchymateuses encore vivantes dans le bois $u > u_{sf}$. Ce processus est essentiellement influencé par la température et la teneur en humidité du bois. Dans le cas du hêtre, cette réaction est appelée « asphyxie ». L'une des causes est l'abatage du bois en dehors de la période de repos de la végétation [Brunner].



Figure 176 : Hêtre taché (source : Lüthi)

Coloration due à des réactions chimiques

Les mesures préventives recommandées sont le sciage immédiat et le séchage de ces bois. Le dernier sciage de tels assortiments ne devrait pas avoir lieu plus tard que début/mi-juin.

Elles sont déclenchées par des influences extérieures telles que la température, l'humidité et le contact avec des éléments métalliques. La réaction la plus connue est la coloration bleu-noire du chêne suite à une réaction oxydative entre le fer et le tanin (réaction au tanin). Ces réactions se produisent également lors du traitement du bois humide avec des outils métalliques.

6.14. Séchage à l'air libre

Par séchage en plein air (ou séchage naturel), on entend le séchage de bois de sciage sur le site de production de bois ou dans des halles sans autres moyens techniques et peut également être une sorte de pré-séchage avant le séchage technique. Le séchage s'effectue exclusivement par le passage de l'air.

Comme le séchage n'est pas contrôlé, il dépend du climat local. Cette circonstance détermine également la teneur en humidité du bois minimale (u_{eq}) qui peut être atteinte lors du séchage à l'air libre. Dans le climat d'Europe centrale, elle est de $u = 12-18\%$, on parle alors de «sec à l'air».

En raison de ces conditions extérieures, l'influence sur le séchage est très limitée et se limite à :

- le choix du moment de la coupe du bois rond,
- le choix d'un emplacement approprié,
- la conception et l'entretien corrects de la zone de stockage du bois et
- l'utilisation de méthodes d'empilage correctes.

Le choix du moment de la coupe du bois rond,

La date de sciage détermine les conditions climatiques auxquelles le bois de sciage est exposé immédiatement après l'empilage. Les essences claires, sensibles au bleuissement et difficiles à sécher, comme l'érable, le pin ou le chêne, doivent être sciées si possible au plus tard fin avril. Sinon, le stockage de bois de sciage frais sous le climat chaud qui règne déjà peut entraîner un séchage accéléré, une attaque fongique et des dommages dus au séchage sous forme de stratification extérieure avec pour conséquence des fentes en surface.

Le choix d'un emplacement approprié,

Le choix de l'emplacement de stockage est généralement déterminé par la situation locale du site de l'entreprise. L'emplacement doit être dégagé et ventilé. Le support doit être tel que le bois ne soit pas mouillé. Pour le bois très difficile à sécher, un revêtement en gravier est préférable à un revêtement en asphalte, car le soleil se réfléchira moins.

La conception et l'entretien corrects de la zone de stockage du bois et

L'utilisation de méthodes d'empilage correctes.

Le bois doit être stocké de manière à ce qu'il soit bien ventilé. Le bois doit être empilé à une distance d'environ 25 cm et à au moins 30 cm du sol afin de garantir une bonne circulation de l'air. L'exposition directe au soleil et à la pluie doit être évitée en recouvrant les piles de manière appropriée. Pour éviter la prolifération de la vermine et des moisissures, le lieu de stockage du bois doit être nettoyé régulièrement.

Les bois qui ont tendance à se colorer doivent être empilés sur des lattes appropriées immédiatement après le sciage. Les planches doivent être débarrassées de la sciure qui pourrait y adhérer. Voir aussi (6.12.3. Latte d'empilage spéciales).

Le séchage à l'air libre est en principe un procédé de pré-séchage, car de nombreux bois doivent encore être séchés techniquement pour une utilisation correspondante.



Figure 177 : sàchage à l'air libre (source: HedingerHolz AG)

6.15. Installations de séchage

6.15.1. Installations de pré-séchage

Le séchage à basse température est un procédé dans lequel le séchage s'effectue à des températures comprises entre 15 et 45 °C.

1. le séchage à basse température avec des conditions de température et de climat constantes

Dans ces séchoirs, un « climat de beau temps » constant est appliqué, par exemple une température de séchage de 35°C et un u_{eq} de 12–14%, ce qui correspond à une humidité relative de 68–76%.

Il n'y a pas de programme de séchage à proprement parler, mais on retire toujours de la chambre la pile qui a été séchée de préférence avec une teneur en humidité du bois d'environ 20%.

2. Séchage à basse température avec des conditions de température et de climat modifiées

Dans ce procédé de séchage à basse température, des cycles de séchage sont effectués. Contrairement au système décrit précédemment, la cellule de séchage alterne les valeurs de température et de climat en fonction de la diminution de la teneur en humidité du bois.

Séchage à température normale

Une fois la teneur en humidité finale atteinte, qui ne devrait pas être inférieure à 20 % de teneur en humidité du bois, y compris avec ce procédé de séchage à basse température, l'ensemble du contenu du séchoir est sorti et le séchage est terminé dans des chambres avec des possibilités de réglage de température plus élevées.

6.15.2. Séchage par évaporation à l'aide d'air frais et d'air vicié

Caractéristiques principales :

- Plage de température : 30 à 100 °C
- Domaine d'application : toutes les essences de bois
- Retrait de l'humidité : toute humidité initiale jusqu'à 6% d'humidité finale
- Temps de séchage : moyen à rapide
- Dimension du bois : toutes épaisseurs

Le procédé le plus courant dans la pratique est le séchage à l'air frais et à air vicié (également appelé séchage à l'air pulsé). De l'air chauffé en conséquence (selon le procédé, jusqu'à 60–80 °C, parfois plus) est amené sur le bois à l'aide de ventilateurs, perpendiculairement à la pile de planches. L'air s'enrichit alors de vapeur d'eau et éloigne l'humidité du bois. L'air enrichi en eau est ensuite évacué du séchoir par des clapets. En même temps, de l'air frais et sec est à nouveau aspiré et dirigé sur le bois en fonction des réglages climatiques dans la cellule.

Pendant les premières phases de séchage, le bois doit être continuellement aspergé de vapeur d'eau ou d'eau afin que la surface du bois ne se dessèche pas avant que tout le volume de bois ne soit réchauffé.

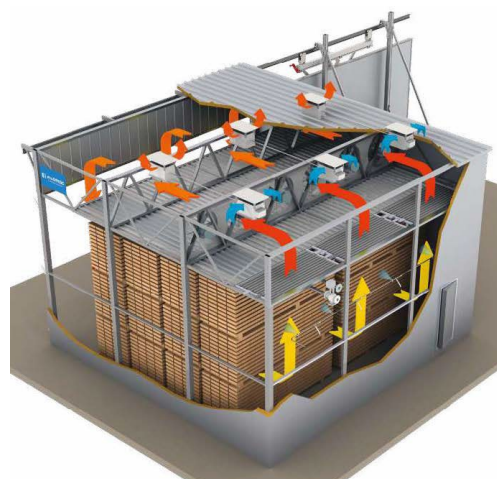


Figure 178 : Structure du système d'extraction d'air frais (source : Incomac)

La phase d'équilibrage à la fin du séchage marque la fin du cycle de séchage et est déterminante pour la qualité du séchage. Au cours de cette phase, l'air est à nouveau conditionné à 100% d'humidité relative et une compensation de la teneur en humidité du bois est effectuée avec le bois de cœur.

Outre la température de l'air et l'humidité relative, la vitesse de circulation de l'air a une grande influence sur la vitesse et le déroulement du séchage du bois. Selon le type de bois, la vitesse optimale est d'environ 3 m/s. En outre, il est essentiel pour un séchage uniforme sur l'ensemble de la charge à sécher que l'air soit soufflé en alternance à travers la chambre de séchage à des intervalles de temps périodiques afin de compenser les différences de flux.

Le processus de séchage (teneur en humidité du bois et les conditions climatiques dans la cellule) est surveillé en permanence par des électrodes de mesure. La mesure de la teneur en humidité du bois et son interprétation n'ont toutefois de sens qu'en dessous de 30 %, l'écart d'erreur étant trop important pour des teneurs en humidité du bois supérieures.

Selon le type de bois et ses dimensions, un programme de séchage spécial est nécessaire pour chaque processus de séchage : ce programme correspond pratiquement à une spécification des conditions climatiques respectives pendant le séchage en termes de température, d'humidité et de durée.

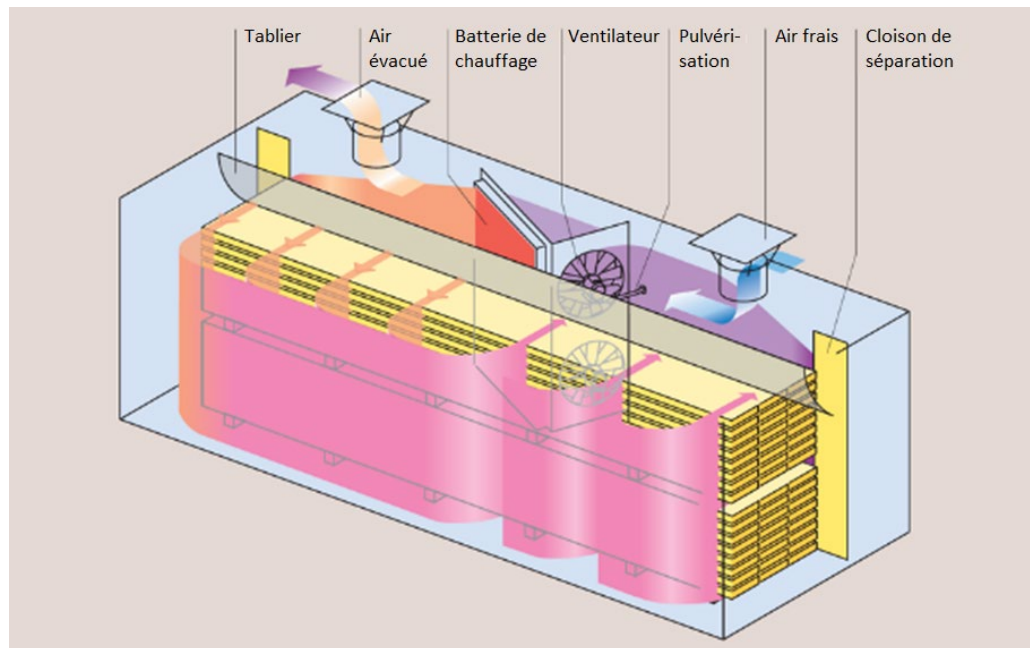


Figure 179 : Structure de la cellule de séchage à air frais et à air vicié avec ventilation longitudinale (source : Lauber Trocknungstechnik)

Séchage à haute température

Caractéristiques principales :

- Plage de température : 100 °C–130 °C(150 °C)
- Domaine d'application : principalement des résineux
- Retrait de l'humidité : toute humidité initiale jusqu'à 6% (4%) d'humidité finale
- Temps de séchage : rapide à très rapide
- Dimension du bois : de 18 mm à environ 100 mm d'épaisseur

Dans ce procédé, le climat de séchage est constitué de vapeur d'eau pure surchauffée (vapeur chaude) ou d'un mélange de vapeur chaude et d'air.

Le séchage avec des températures de séchage supérieures à 100°C et des températures de bulbe humide inférieures à 100°C (par exemple entre 75°C et 95°C) permet d'obtenir des temps de séchage nettement plus courts avec ce type de séchage, mais aussi un séchage plus pointu avec des pertes de séchage plus élevées.

La cause du raccourcissement du temps de séchage lors de séchages dans une plage supérieure à 100°C est un mouvement accéléré de l'humidité dans le bois.

Celui-ci est d'autant plus important que la température de séchage est élevée.

En raison de la forte demande de chaleur et du flux d'humidité important, il faut utiliser des ventilateurs puissants avec un débit élevé.

Ce séchage à haute température convient surtout au séchage rapide des bois résineux comme l'épicéa, le sapin, le pin, le pin de Monterey, etc.

Les types de bois séchés jusqu'à présent se limitent principalement aux bois résineux d'une épaisseur de 40 à 50 mm, sachant que, comme on le sait par la pratique, la limite des 100 °C n'est généralement dépassée qu'à partir d'une teneur en humidité du bois d'environ 30%.

Une condition importante pour cette application est également que des températures élevées du fluide de chauffage soient disponibles (vapeur à haute pression, chauffage électrique d'appoint, huile thermique, eau chaude, etc.)

6.15.3. Séchage par condensation

Les principales caractéristiques des **séchoirs à condensation** sont les suivantes :

- Plage de température : 25 °C – 70 °C (75 °C)
- Domaine d'application : toutes les essences de bois
- Retrait de l'humidité : env. à partir de 70% jusqu'à 12% (10%)
- Temps de séchage : très lent à lent
- Dimension du bois : toutes épaisseurs

Le séchage par condensation utilise de la même manière les propriétés physiques de l'air, mais au lieu d'aspirer de l'air frais et froid et de souffler de l'air chaud et réchauffé, l'air réchauffé reste dans la chambre en circuit fermé. L'air humide est aspiré par les ailettes de refroidissement d'un évaporateur et est ainsi refroidi jusqu'au point de rosée, l'humidité étant évacuée sous forme de condensation.

Les températures de séchage se situent entre 20 °C et 40 °C environ, et exceptionnellement entre 55 °C et 60 °C ; dans ce dernier cas, des circuits de refroidissement spéciaux sont nécessaires.

Grâce à la condensation de la vapeur d'eau provenant de l'air recyclé, la chaleur d'évaporation contenue dans la vapeur d'eau est réinjectée dans l'appareil au niveau de la surface de condensation. Cet effet est appelé récupération de chaleur, car la chaleur est restituée à l'air ambiant par un réchauffeur d'air après avoir été affinée dans le compresseur de l'appareil de condensation.

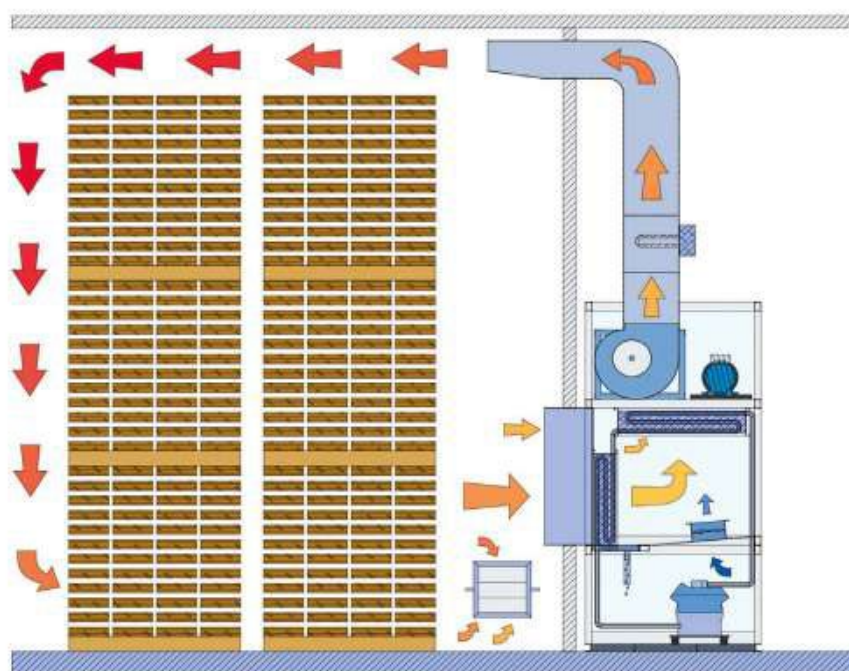


Figure 180 : Structure de l'installation de séchage par condensation (source : Incomac)

Avantages du séchage par condensation

Les arguments en faveur du séchage du bois selon le procédé de condensation et le principe de la déshumidification complète de l'air sont les suivants :

- Des installations d'un volume utile compris entre 1 et 175 m³ peuvent être construites avec un investissement faible à moyen.
- Comme cellules de séchage, il est possible d'utiliser aussi bien des pièces existantes, après les avoir complétées en conséquence par une isolation thermique et un pare-vapeur, que des cellules compactes entièrement en aluminium, construites par éléments.
- Une production de vapeur ou d'eau chaude n'est pas nécessaire. Les séchoirs à condensation du type mentionné peuvent toutefois être raccordés à des installations plus petites et moins puissantes. Dans de nombreux cas, un chauffage domestique suffit même. Cela permet d'économiser des coûts considérables en énergie de chauffage électrique.

6.15.4. Séchage sous vide (par vacuum)

Le séchage sous vide est, avec le séchage à l'air frais et à air vicié, le deuxième procédé le plus fréquemment utilisé pour le séchage du bois. Ces dernières années, on constate une forte augmentation de l'utilisation de la technique sous vide pour des assortiments et des types de bois spéciaux (bois feuillus à pores circulaires à partir de 40 mm d'épaisseur).

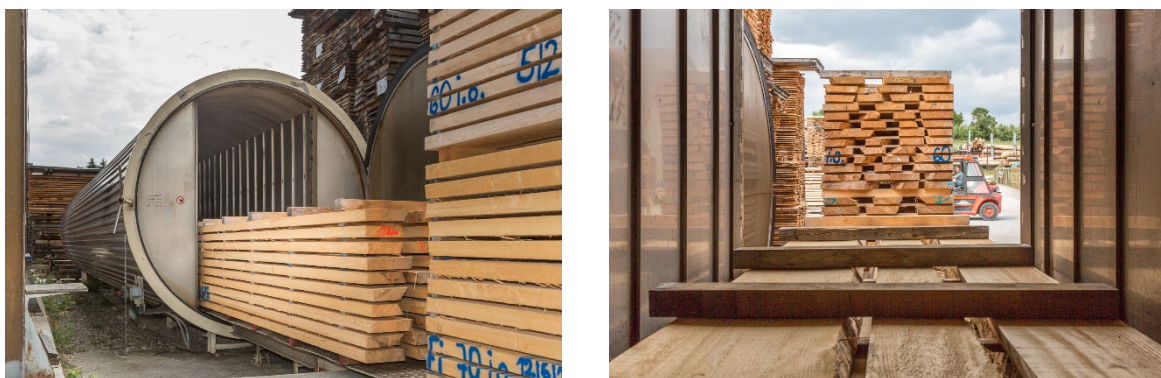


Figure 181 : Séchage sous vide (par vacuum) (source: HedingerHolz AG)

Contrairement au séchage à l'air frais et à air vicié, ce procédé permet de travailler sous vide dans des récipients hermétiquement fermés à une dépression pouvant atteindre 100 mbar. Avec l'abaissement de la pression ambiante, la température d'ébullition de l'eau diminue également. Cela a pour conséquence que le processus de séchage peut se dérouler à des températures plus basses. Comme dans le cas du séchage à l'air frais et à air vicié, le fluide de séchage (mélange d'air et de gaz) est guidé à travers le produit à sécher à l'aide de ventilateurs et absorbe ainsi l'humidité dégagée par le bois. La température de la matière à sécher et du milieu de séchage se situe entre 40 et 60 °C.

Le séchage sous vide peut en principe se faire de deux manières différentes : en continu ou en discontinu.

Dans le cas du procédé continu, le vide est maintenu constamment pendant toute la durée du séchage et l'eau extraite est amenée en continu par le biais de tôles de condensation placées sur le côté et évacuée du séchoir.

Dans le cas du procédé discontinu, il y a une alternance permanente entre la phase de vide, pendant laquelle le bois est déshumidifié, et la phase de pression normale, pendant laquelle le bois est chauffé et l'eau de condensation est évacuée.

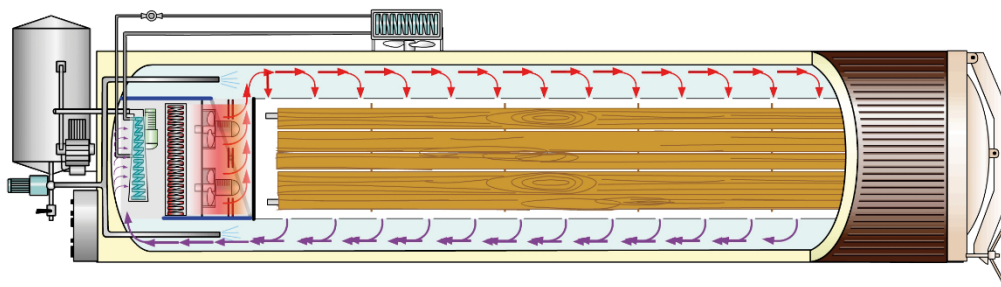


Figure 182 : Coupe transversale d'une installation de séchage sous vide avec écoulement longitudinal (source : Eberl)

6.15.5. Autres méthodes de séchage

Pour les opérations de séchage spéciales, on utilisait autrefois le séchage à haute fréquence.

Le bois très épais et humide ne peut être chauffé jusqu'au cœur qu'au prix de grands efforts.

Dans un champ à haute fréquence, ce type de bois peut être chauffé très rapidement. Sous l'effet des vibrations à haute fréquence, les molécules d'eau se frottent les unes contre les autres. Plus il y a d'humidité, plus le réchauffement est rapide. Bien entendu, la plus grande chaleur est toujours générée à l'intérieur du bois et s'échappe vers l'extérieur. L'air au-dessus de la surface du bois est évacué comme lors d'un séchage à l'air frais.

Très grande consommation d'électricité, donc aujourd'hui non rentable et plus utilisé.

Le séchage à haute fréquence est cependant très répandu pour le collage des matériaux en bois.

6.15.6. Facteur de coût de l'installation de séchage / Potentiel d'efficacité énergétique

Les coûts d'investissement et d'exploitation d'une installation de séchage dépendent des propriétés physiques du bois et des exigences techniques.

Des aspects tels que l'approvisionnement en chaleur et en électricité, la viabilisation, le terrain et le type de séchoir doivent donc être considérés de manière différenciée lors de l'investissement de base. Selon le type de séchoir, des fondations plus coûteuses et un approvisionnement en chaleur plus important sont nécessaires. C'est justement la mise à disposition de la chaleur par une installation de chauffage aux dimensions adéquates qui peut déclencher des investissements supplémentaires très élevés.

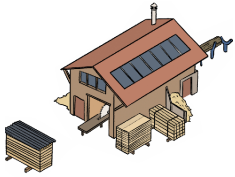
Il convient en outre de faire la distinction entre les coûts d'exploitation et les coûts de personnel. Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, les séchoirs sous vide sont, en raison de leur principe de fonctionnement (production de vide), plus exigeants sur le plan technologique que les chambres d'extraction d'air frais, ce qui se traduit par des coûts de maintenance/réparation plus élevés. D'autre part, la consommation d'énergie de chauffage, c'est-à-dire de combustible, peut être jusqu'à 2,5 fois inférieure à celle d'un séchoir conventionnel. D'autres facteurs tels que l'assurance des biens, les frais d'électricité et de chariot élévateur ne diffèrent que très peu entre les deux types.

Un facteur souvent sous-estimé est le coût de la main-d'œuvre nécessaire à l'exploitation d'un séchoir. Si, au début, les heures d'initiation, de dépannage, de préparation du travail, de changement de charge sont perceptibles, il ne faut pas non plus sous-estimer les dépenses pour les travaux nécessaires en continu. En raison du fonctionnement du séchage 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, une certaine organisation du service de piquet/de dépannage est indispensable.

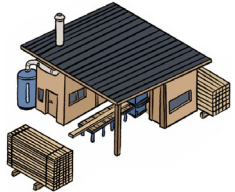
Bien entendu, une installation recèle toujours un potentiel d'optimisation. Des facteurs tels que l'épaisseur des lattes d'empilage, l'harmonisation des paquets et

l'épaisseur du bois ont un impact direct sur le taux d'utilisation de la cellule de séchage. Si la longueur et la largeur de la cellule de séchage peuvent être pleinement exploitées grâce à une bonne harmonisation des paquets, cela a également un effet positif sur le comportement de l'air. Si un espace de stockage est disponible pour le séchage à l'air, il peut être utilisé en introduisant les assortiments appropriés dans la chambre de séchage seulement après le séchage, ce qui permet d'économiser du temps et de l'énergie. Les temps de travail lors du changement de charge et de la préparation du travail peuvent être réduits grâce à des processus bien organisés et contribuent à un séchage efficace et économique. Si l'on résume les points précédents, on peut dire qu'il existe toute une série de possibilités d'optimisation dans le but de réaliser le séchage du bois en réduisant les coûts et en gagnant du temps.

7. Traitement thermique et chimique



Scierie



Raboterie

DO c3 : Sécher des sciages et les traiter

Une bonne protection du bois commence par une conception, une planification et une réalisation correctes du bâtiment. Grâce à une multitude de matériaux en bois et à des solutions constructives adaptées, il est aujourd'hui possible de se passer de la protection chimique du bois dans la plupart des cas.

Si la protection constructive du bois ne permet pas d'atteindre la durabilité souhaitée de la construction, il faut recourir à la protection chimique préventive du bois. Si le bois de sciage ou une structure est attaqué par des champignons ou des insectes, on procède à un traitement chimique.

Le traitement thermique est une modification durable du bois, respectueuse de l'environnement. Il est réalisé à l'aide d'une chaleur supérieure à 150 degrés Celsius et sans additifs chimiques. Cela rend par exemple le bois plus stable dimensionnellement et moins sensible aux dommages causés par les champignons.



Figure 183 : Hêtre étuvé (source : HedingerHolz AG)

Vous découvrirez dans ce chapitre les différents procédés de traitement thermique et chimique, la manière dont ils sont appliqués et les prescriptions à respecter.

Tâches pratiques dans l'entreprise

Stade de production 1 :

- Préparer le bain d'immersion, traiter le bois dans le bain d'immersion (1^{re} année d'apprentissage)
- Réaliser un traitement thermique contre les organismes nuisibles (2^e année d'apprentissage)

Stage pratique en stade de production 1 (sous surveillance):

- Réaliser un traitement thermique contre les organismes nuisibles

Cours interentreprise 5

- Reconnaître les organismes nuisibles, discuter des mesures de prévention et de limitation des dégâts (séchage à l'air libre, stockage)

Situations professionnelles :

- Vous préparez le bain d'immersion et traitez le bois dans le bain d'immersion.
- Vous préparez la marchandise pour l'imprégnation à façon.
- Vous informez le client sur la manière de protéger le bois.

Objectifs d'apprentissage

- Vous expliquez les avantages et les inconvénients du traitement du bois.
- Vous décrivez et reconnaissez les principaux organismes nuisibles dans le bois de sciage et/ou le bois mis en œuvre.
- Vous décrivez les mesures NIMP15 (ISPN15 en anglais).
- Vous décrivez le but et les procédés de modification thermique du bois ainsi que les propriétés du bois modifié thermiquement.
- Vous décrivez le but et les procédés d'étuvage du bois ainsi que leurs avantages et inconvénients.
- Vous expliquez les classes d'utilisation et l'efficacité des produits chimiques de protection du bois.
- Vous expliquez les propriétés, le type de substances actives et la préparation des produits de protection du bois.

- Vous expliquez le stockage et l'élimination appropriés des produits de protection du bois.
- Vous décrivez les procédés les plus courants de traitement chimique du bois et distinguent les domaines d'application.
- Vous expliquez comment éliminer correctement le bois traité chimiquement.
- Vous décrivez les procédés de modification chimique du bois et leur objectif.
- Vous décrivez les possibilités d'imprégnation du bois sans biocide.

7.1. Traitement du bois

Le bois en tant que matériau de construction présente un certain nombre d'avantages et d'inconvénients qui sont décrits ci-dessous. Il ne s'agit que d'une petite sélection.

Avantages :

Durabilité : le bois est une matière première durable, car il est issu de ressources renouvelables. Il est biodégradable et peut être recyclé ou utilisé comme combustible à la fin de sa vie.

Efficacité énergétique : le bois est un bon isolant et a une capacité naturelle à emmagasiner la chaleur. Les maisons en bois sont donc plus efficaces sur le plan énergétique et nécessitent moins d'énergie pour le chauffage et la climatisation.

Esthétique : le bois a une beauté et une esthétique naturelles qui sont difficiles à reproduire. Il peut être travaillé dans différentes teintes et textures pour créer différents designs.

Longévité : le bois a une longue durée de vie s'il est traité, mis en œuvre et entretenu correctement.

Bienfaits pour la santé : Le bois peut avoir des effets positifs sur la santé en améliorant la qualité de l'air et en régulant le climat intérieur.

Inconvénients :

Risque d'incendie : le bois est inflammable et peut présenter un risque d'incendie.

Sensibilité aux insectes et aux champignons : toutes les essences de bois ne sont pas naturellement protégées contre les champignons et les insectes. Le bois non protégé est vulnérable aux insectes et aux champignons, ce qui peut entraîner des dommages structurels.

Le Tableau 5 présente la durabilité naturelle face aux attaques fongiques, complétée par des valeurs indicatives de la durée d'utilisation.

Tableau 5 : Classes de durabilité vis-à-vis des champignons selon SN EN 350 :2016, complétées par des valeurs indicatives pour la durée d'utilisation selon SIA 269/5

Classe de durabilité		Valeurs indicatives pour la durée d'utilisation des bois en années		
CD	Description	En plein air avec contact permanent avec la terre	En plein air sans contact permanent avec la terre	En plein air, à l'abri de la pluie sous un toit
1	très durable	Plus de 25	Plus de 50	Illimité
2	durable	15–25	40–50	Illimité
3	moyennement durable	Moins de 5	25–40	Illimité
4	peu durable	Moins de 5	12–25	Illimité
5	non durable	Moins de 5	Moins de 5	Jusqu'à 20
Ces valeurs sont valables si les règles de la protection constructive du bois sont respectées et si les conditions sont favorables. Elles peuvent être plus courtes dans des conditions défavorables, telles qu'une mauvaise conception des détails, le climat, une importante contamination par des champignons et des insectes, un traitement de surface inadapté, etc.				

La durabilité naturelle face aux insectes est divisée en 2 catégories.

Classe de durabilité	Description
CD D	Durable
CD S	Non durable

Sensibilité à l'humidité : le bois peut être endommagé par une exposition prolongée à l'humidité s'il n'est pas traité correctement. Des déformations et des fissures peuvent en résulter.

Entretien : le bois nécessite un entretien régulier afin de préserver sa durabilité et son esthétique.

Les avantages du bois sont très appréciés pour de nombreuses applications. Pour contrer ses inconvénients, nous avons mis au point plusieurs moyens de les atténuer ou de les éviter complètement.

Les possibilités de traitement du bois

Pour pallier ces inconvénients, il existe différentes **possibilités de traitement du bois**.

Traitement de surface : le traitement de surface consiste à appliquer des vernis, des peintures, des huiles ou des cires sur la surface du bois afin de le protéger contre l'humidité, les rayons UV et d'autres influences environnementales.

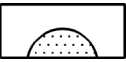
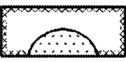
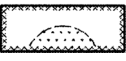




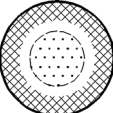





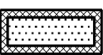
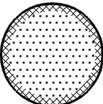
Traitement chimique, modification chimique : le traitement chimique consiste à appliquer des produits chimiques sur le bois afin de le protéger contre les organismes qui détruisent le bois, tels que les champignons et les insectes. Les produits chimiques pénètrent dans le bois et forment une barrière contre les processus de dégradation. Selon le type de traitement, différentes profondeurs de pénétration sont atteintes.

Modification thermique : la modification thermique consiste à chauffer le bois à des températures élevées afin de modifier ses propriétés. La chaleur modifie la structure cellulaire et réduit la capacité du bois à absorber et à libérer l'humidité. Le bois devient ainsi plus résistant à la pourriture, aux moisissures et aux attaques d'insectes.

Traitement physique : le traitement physique comprend des procédés tels que le séchage, le chauffage et l'étuvage. Ces procédés rendent le bois plus résistant à l'humidité et aux moisissures. Il peut également contribuer à améliorer la résistance et la durabilité.

Combinaison de procédés : Il est fréquent de combiner plusieurs procédés afin d'augmenter la durabilité du bois. Par exemple, un traitement chimique peut être combiné à une modification thermique.

Tableau 6 : Classes de profondeur de pénétration avec les exigences de profondeur de pénétration et des zones d'analyse correspondantes pour la détermination de l'absorption d'agent de protection (de SN EN 351-1:2007).

Classe de pénétration	Exigences de pénétration (b)	Zone d'analyse	Illustration stylisée des exigences de pénétration
NP1	Aucune	3 mm en latéral	
NP2	Au moins 3 mm en latéral	3 mm en latéral dans l'aubier (c)	  Si la distinction entre aubier et duramen est impossible
NP3	Au moins 6 mm en latéral	6 mm en latéral dans l'aubier (c)	    Si la distinction entre aubier et duramen est impossible
NP4 (a)	Au moins 25 mm en latéral	25 mm en latéral dans l'aubier (c)	 Epaisseur de l'aubier > 25 mm
NP5	Tout l'aubier	Tout l'aubier (c)	    Si la distinction entre aubier et duramen est impossible
NP6	Tout l'aubier et au moins 6 mm dans le duramen exposé	Tout l'aubier et au moins 6 mm dans le duramen exposé	   Seulement si le duramen est présent

Légende des illustrations :

_____ limite de l'aubier quand il est distingué du duramen

----- limite de l'aubier quand il ne peut être distingué du duramen.

(a) S'applique uniquement au bois rond des espèces réfractaires.

(b) L'aptitude à répondre aux exigences d'une classe de pénétration dépend de l'imprégnabilité de l'essence concernée. Il convient d'admettre qu'avec certaines essences de bois il n'est pas toujours possible de satisfaire à certaines exigences de pénétration, et qu'avec certaines d'entre elles, des mesures particulières peuvent être exigées pour les pénétrations cibles, (par exemple des incisions, des séchages particuliers, du trempage-diffusion). L'expérience montre que c'est le cas pour les traitements NP5 et NP6 de l'épicéa (*Picea spp*).

(c) Si la distinction entre aubier et duramen est impossible, l'exigence de pénétration et la zone d'analyse sont supposées être l'épaisseur de l'aubier spécifiée pour chaque classe de pénétration respectivement.

7.2. Organismes nuisibles dans le bois de sciage (et/ou dans le bois mis en œuvre)

Pour les bases concernant les champignons et les insectes xylophages, voir également le chapitre « Réceptionner les livraisons de bois brut ».

L'attaque du bois par des champignons et des insectes exige toujours que quatre conditions essentielles soient remplies : La présence d'organismes vivants, le bois comme base de nourriture, une température supérieure à 0 °C et de l'eau sous la forme d'une teneur en humidité minimale du bois.

Tableau 7: Conditions climatiques (teneur en humidité du bois et température) pour le développement des champignons lignivores et des insectes du bois sec (Haute école spécialisée bernoise, Architecture, bois et génie civil, 2009)) (Graf & Meili, 2001) (Kempe, 2009)

Organismes	Teneur en humidité in %		Température en °C
	Minimum	Optimale	Optimale
Insectes :			
Capricorne des maisons	11	28–30	24–30
Petite vrillette	10	20–35	18–24
Lycte brun (Lyctus)	7	16	26–27
Moisissures	18	25–70	24–28
Champignons destructeurs du bois :			
Ch. de pourriture brune			
– De manière générale	25	30–60	18–31
– Mérule pleureuse	20	30–40	18–22
Ch. de pourriture blanche	30	40–70	18–28
Ch. de pourriture molle	30	40–70	18–28

Les champignons qui détruisent le bois ne peuvent se développer que sur du bois dont la teneur en humidité du bois leur convient. Si la teneur en humidité du bois est abaissée en dessous de la valeur critique pour la survie, le bois ne peut plus être dégradé par les organismes ni colonisé par les champignons. Les larves d'insectes présentes dans le bois peuvent encore se développer en insectes à la teneur en humidité du bois minimale pour elles. Une nouvelle génération ne peut toutefois plus se former, elle a besoin d'une teneur en humidité minimale du bois pour se développer.

7.2.1. Insectes du bois frais

Des galeries d'alimentation d'insectes du bois frais, y compris des larves encore vivantes, peuvent apparaître dans le bois de sciage. Cela se produit parce que les larves ont souvent une longue, voire très longue période de développement. Cela se produit typiquement en cas d'infestation par le Sirex.

Les insectes d'origine européenne sont tués de manière fiable lorsqu'ils sont exposés à une température de 60°C ou plus pendant au moins une heure.

Cela peut être obtenu par un traitement thermique selon la norme NIMP15 ou par un séchage technique approprié (air frais-air vicié).

7.2.2. Insectes du bois sec

Les larves d'insectes du bois sec peuvent se développer à partir d'une teneur en humidité du bois de 7 à 16%, selon les espèces. Ces insectes peuvent vivre plusieurs générations dans le bois et détruire complètement la pièce de bois infestée. Dans les pièces habitées et chauffées, le risque de propagation des insectes est faible. Certains insectes du bois sec préfèrent l'aubier, d'autres s'attaquent à l'aubier et au bois de cœur. Certains sont spécialisés dans les bois de résineux, d'autres peuvent s'attaquer à une grande variété de bois de feuillus et de résineux.

Essence de bois	Capricorne des maison	Petite vrillette	Lycte brun
Épicéa	X	X	
Sapin	X	X	
Mélèze	X	X	
Pin sylvestre	X	X	
Hêtre		X	
Chêne		X	X
Noyer / orme		X	X
Abachi / Limba		X	X

Les principaux insectes du bois sec sont brièvement décrits ci-dessous.

Capricorne des maisons

Autre désignation :

Hylotrupes bajulus

Caractéristique :

Insectes : femelles de 10 à 25 mm de longueur, mâles de 8 à 15 mm. Corps plat, noir, partiellement brun foncé. Sur les élytres, il possède de petites taches gris-blanc typiques, composées de fins poils.

Larve : 15–30 mm de longueur. De couleur ivoire. Corps nettement plus large sur la tête que sur l'abdomen. Les trois paires de pattes sur le thorax sont à peine perceptibles.

Envol / génération :

De juin à août. Durée de vie de l'insecte : environ 25 jours, celle de la larve : 2 à 8 ans, selon l'humidité ambiante et la valeur nutritive du bois.

Essences attaquées :

Bois de résineux mis en œuvre, tels que l'épicéa, le sapin, le pin, le mélèze, etc. L'aubier étant presque exclusivement attaqué.

Dommages causés :

Trous de sortie ovales d'environ 3 x 7 mm. A la surface du bois, on peut souvent voir les galeries d'alimentation sous-jacentes, qui se dressent comme des veines dans le sens des fibres. Comme il n'y a pas de projection de sciure, l'infestation est généralement détectée très tard.

Importance économique :

Peut causer de très gros dégâts aux charpentes et aux constructions en bois infestées. Le capricorne des maisons est probablement le parasite animal du bois le plus important en Europe centrale.



Insecte femelle en train de pondre ses œufs.



Larve du capricorne des maisons



Insecte



Image des dégâts sur une coupe transversale d'épicéa

Figure 184 : (source : Wikimedia Foundation / Stalder)

Autre désignation :

Anobium punctatum, Holzwurm

Caractéristique :

Insecte : 2,5–6 mm de longueur. Brun foncé à noir. Tête encapuchonnée, élytres striés de points. Larve : 4–6 mm de longueur, ressemblant à un asticot, blanc-jaunâtre. Partie thoracique munie de 3 paires de pattes bien visibles.

Envol / génération :

D'avril à août. Durée de développement de la larve : 8 à 36 mois, mais jusqu'à 10 ans si les conditions de développement sont défavorables.

Essences attaquées :

Bois de conifères et de feuillus, de préférence l'aubier. Bois de cœur uniquement en cas d'attaque préalable d'humidité et de champignons.

Dommages causés :

Trous d'envol ronds, à arêtes vives, de 1 à 2 mm de large.

Importance économique :

Principal ravageur des biens culturels (sculptures, tableaux). Les escaliers et les sols en bois sont également souvent attaqués. Les dommages causés au bois de construction sont de moindre importance.



Larve



Insecte adulte



Image des dégâts

Figure 185 : (source : Wikimedia Foundation / Stalder)

Autre désignation :

Xestobium (Anobium) rufovillosum

Totenuhr, Horloge de la mort

Caractéristique :

Insectes : 5–8 mm de longueur. La plus grande espèce indigène de cette espèce de coléoptères. De couleur brun foncé. Aspect tacheté grâce aux poils jaune-rouge-gris sur la tête et les ailes.

Larve : jusqu'à 10 mm de longueur, ressemblant à un asticot, de couleur blanc-jaune. Ressemble à celle de la petite vrillette, mais est nettement plus grande.

Envol / génération :

Avril et mai. Durée de développement de la larve : 3 à 6 ans, voire 10 ans en cas de conditions défavorables.

Essences attaquées :

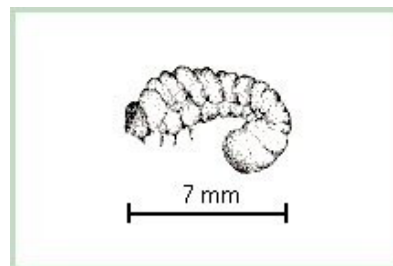
Principalement du vieux bois de chêne, mais aussi d'autres bois de feuillus comme le bouleau, l'aulne, l'orme et en partie des bois de résineux. S'attaque généralement au bois déjà endommagé par des champignons.

Dommages causés :

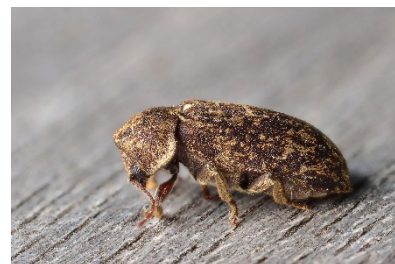
Trous d'envol ronds, de 2 à 3, 5 mm de longueur. On remarque les excréments plats et lenticulaires des larves.

Importance économique :

Plutôt rare chez nous.



Larve schématisée



Insecte



Image des dégâts dans une poutre de chêne

Figure 186 : (source : BFH / Wikimedia Foundation)

Autre désignation :

Lyctus brunneus, *Lyctus*, *Lycte strié*

Caractéristique :

Insecte : 2,5–8 mm de longueur. Corps très mince de couleur rouge à brun foncé, partie supérieure généralement plus foncée. Rangs de points sur les élytres.

Larve : jusqu'à 6 mm de longueur, ressemblant à un asticot, de couleur ivoire, partie thoracique pourvue de 3 paires de pattes bien perceptibles.

Envol / génération :

D'avril à juillet. Génération normalement annuelle.

Essences attaquées :

Bois exotiques et bois de feuillus à forte teneur en amidon comme le koto, le limba, l'abachi, le chêne, le frêne.

Dommages causés :

Trous de sortie de 0,8 à 1,5 mm, légèrement effilochés. Les galeries de forage sont rebouchées avec de la sciure de forage, c'est pourquoi une infestation est généralement détectée très tard, même lors du traitement du bois.

Importance économique :

Le bois peut être complètement détruit, car plusieurs générations successives attaquent le même bois. Dégâts principalement sur les portes et les encadrements de portes en bois tropical. Pour les bois européens, seules les espèces dont l'aubier est plus important sont attaquées.



Larve schématisée



Insecte adulte



Figure 187 : (source : BFH / Wikimedia Foundation / Stalder)

Le lycte brun n'est qu'une des nombreuses espèces de coléoptères de l'aubier qui se développent chez nous. Les coléoptères de l'aubier ont été et sont toujours importés par du bois insuffisamment contrôlé et/ou traité.

7.2.3. Champignons lignivores dans le bois d'œuvre ou dans le bois de construction

Comme nous l'avons déjà mentionné dans le chapitre sur les bois ronds et les organismes nuisibles, on distingue différentes espèces et différents types de champignons détruisant le bois. La répartition entre les champignons qui colorent le bois et ceux qui le détruisent, la pourriture brune, la pourriture blanche ou la pourriture molle est également applicable aux champignons présents dans le bois de sciage ou dans le bois mis en œuvre.

La compilation des caractéristiques pour la reconnaissance des champignons dans le chapitre « Grumes et organismes nuisibles » peut également être utilisée pour la reconnaissance des champignons dans le bois de sciage.

Des champignons de bleuissement du type bleuissement primaire peuvent se développer dans le bois de sciage fraîchement scié et stocké dans des conditions défavorables. C'est pourquoi la teneur en humidité du bois de sciage doit être

rapidement abaissée en dessous de l'humidité critique du bois (voir également la section «Traitement des grumes»).

Lorsque le bois a séché et qu'il redevient humide (teneur en humidité du bois supérieure à 18%), des moisissures peuvent se développer à la surface du bois ou des champignons de bleuissement du type bleuissement secondaire peuvent se développer dans les cellules du bois.

Les moisissures se développent sur le bois humide et se nourrissent des substances du bois contenant des sucres et de l'amidon à la surface du bois. Sur le bois fraîchement scié, les substances ligneuses sont naturellement encore plus nombreuses. Les conditions de croissance idéales pour les champignons sont une teneur en humidité du bois autour ou juste au-dessus de la zone de saturation des fibres. Un environnement humide avec une humidité relative supérieure à 80 pour cent et de l'air confiné favorisent la croissance des champignons. Le mycélium des moisissures forme un dépôt fongique gris-noir, comparable à celui que l'on trouve sur les aliments. Une moisissure récente est donc facilement reconnaissable à l'œil nu ou à la loupe. Lorsque la surface du bois sèche, le champignon cesse de se développer et la couche de moisissure s'effondre sur elle-même et peut être broyée ou, à moyen terme, enlevée par les intempéries. Il reste cependant des taches sombres sur la couche supérieure du bois jusqu'à une profondeur d'environ 0,5 mm.



Figure 188 : Moisissures et champignons de bleuissement sur la planche latérale d'un érable sycomore après un stockage inapproprié (source : Stalder)

Les spores de moisissures peuvent provoquer des allergies et des problèmes respiratoires dans les espaces intérieurs lorsqu'elles sont présentes en grande quantité. Les champignons de bleuissement se développent surtout sur le bois exposé aux intempéries. Ils y provoquent une coloration généralement indésirable du bois. Cette coloration peut aller du bleuâtre au gris-noir.



Figure 189 : Attaque de champignons de bleuissement sur la façade du bâtiment de l'école BFH-AHB Bienne (source : Stalder)

Un stockage approprié des sciages permet d'éviter le développement de champignons de bleuissement. Cela implique, outre de bonnes conditions de stockage, de débarrasser les sciages de la sciure avant de les entreposer et de recourir à des piles de bois à faible surface de contact (profilé en H et lattes cannelées).

Dans tous les cas, les champignons qui colorent le bois sont un signe évident d'un climat favorable aux champignons. Il faut donc agir immédiatement en cas d'apparition de ces espèces de champignons.

7.2.4. Champignons destructeurs du bois

Les champignons destructeurs du bois se nourrissent des substances contenues dans le bois (hémicellulose, cellulose et lignine) et provoquent ainsi une perte de poids. Cela entraîne également une diminution des propriétés mécaniques telles que la résistance, la dureté et l'élasticité du bois. Comme nous l'avons déjà mentionné dans le chapitre sur les grumes, nous faisons la distinction entre les champignons qui attaquent spécifiquement la cellulose (pourriture brune, pourriture destructrice) et ceux qui attaquent la lignine (pourriture blanche, pourriture fibreuse). Le troisième groupe que nous distinguons est celui de la pourriture molle, qui présente un aspect de dégâts similaire à celui de la pourriture brune.

Classification :

Champignons destructeurs du bois de type pourriture brune.

Autre désignation :

Serpula lacrymans

Caractéristique :

Mycélium : Tapis de mycélium blanc et cotonneux. Filaments pouvant atteindre plusieurs mètres de longueur, de couleur gris argenté, pouvant également traverser les murs. Une fois séchés, les filaments deviennent cassants.

Carpophores : Masse épaisse, de 1 à 2 cm d'épaisseur, de couleur brun-rouge. Forme ronde à elliptique avec un bord de croissance blanc.

Conditions de développement :

Température : 5–26 °C / Optimale 18–22°C.

Teneur en humidité du bois : 30–50%, peut se développer à partir de 20%.

Destruction du bois :

Dégrade principalement la cellulose. Bien que la mérule puisse traverser les murs, elle ne les détruit pas.

Origine et cause :

Apparaît dans les vieux bâtiments au niveau des caves et des rez-de-chaussée mal ventilés et humides.

Importance économique :

La mérule est le champignon destructeur du bois le plus important dans les bâtiments. Dans certains cantons, le propriétaire d'une maison est tenu d'annoncer aux autorités la présence de champignons.



Attaque sur un mur intérieur suite à une infiltration d'humidité



Infestation du plafond de la cave en raison d'une conduite d'eau non étanche

Figure 190 : (source: BFH)

Coniophore des caves

Classification :

Champignons destructeurs du bois de type pourriture brune.

Autre désignation :

Coniophora puteana

Caractéristique :

Mycélium : contrairement à la mérule, le mycélium n'est que très peu développé. Celui-ci est blanc au début, puis gris-brun à brun foncé avec l'âge.

Carpophores : Peau fine, jaune-brun, en forme de croûte, très fragile à l'état sec. Zone de croissance : blanc jaunâtre à brun jaunâtre.

Conditions de développement :

Température : 5–35 °C / optimale 22–26 °C

Teneur en humidité du bois : 50–60%.

Destruction du bois :

Dégrade principalement la cellulose.

Origine et cause :

Le coniophore des caves se trouve aussi bien dans les caves que dans les combles (construction et planchers en bois), dans les bâtiments anciens et neufs.

Importance économique :

Après la mérule, il s'agit du champignon destructeur du bois le plus important dans les bâtiments.



Mycélium de la coniophore des caves



Corps fructifère du coniophore des caves

Figure 191 : (source : BFH)

Classification :

Champignons destructeurs du bois de type pourriture brune.

Autre désignation :

Poria vaillanti

Caractéristique :

Mycélium : Des filaments blancs, parfois épais, ressemblant à des cristaux de glace. Contrairement à la méréule, ils restent blancs et ne deviennent pas cassants lorsqu'ils sont secs.

Carpophores : Forme des corps fructifères plutôt petits, à la peau fine, avec des pores bien visibles à l'œil nu.

Conditions de développement :

Température : 3–36 °C / optimum 26–27 °C,

Teneur en humidité du bois : 35–45 %.

Destruction du bois :

S'attaque principalement aux bois de résineux.

Dégrade en premier lieu la cellulose.

Origine et cause :

Bâtiments anciens humides, dans les mines et à l'extérieur.

Importance économique :

Avec la méréule et le coniophore des caves, c'est le principal champignon destructeur du bois en Europe.



Poria au plafond d'une cave



Corps fructifère sur un nœud posé au sol

Figure 192 : (source: BFH / Wikimedia Foundation)

Classification :

Champignons destructeurs du bois de type pourriture brune.

Autre désignation :

Gloeophyllum

Caractéristique :

Mycélium : En tant que champignon de substrat, ne forme généralement pas de mycélium de surface visible. Un mycélium peut toutefois être observé, par exemple entre des planches bien serrées ou dans des fentes de bois.

Carpophores : Formes diverses, plutôt petites. Se forment principalement dans les fissures de séchage et sur les faces du bois attaqué.

Conditions de développement :

Température : 5–35 °C / Optimale 29–30 °C.

Teneur en humidité du bois : env. 38%.

Destruction du bois :

Attaque principalement les bois de résineux.

Origine et cause :

A l'extérieur, sur le bois mis en œuvre comme les clôtures, les poteaux, les bacs à fleurs et les balcons. Les fenêtres sont presque exclusivement attaquées par les lenzites.

Importance économique :

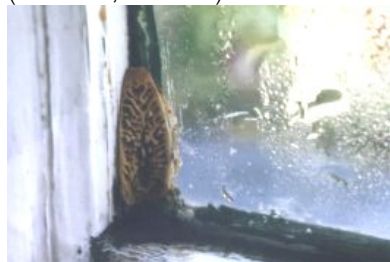
Difficile à estimer.



Corps fructifère du lenzites



Attaque de lenzites sur la structure porteuse d'une tour d'observation (Lothurm, Macolin)



Attaque de lenzites sur une fenêtre

Figure 193 : (source : Wikimedia Foundation / Stalder / BFH)

Classification :

Champignon destructeur du bois de type pourriture blanche

Autre désignation :

Trametes versicolor, Coriolus versicolor

Caractéristique :

Mycélium : Généralement cachées à l'intérieur du bois.

Carpophores : Corps fructifères particulièrement esthétiques, rayés de brun, de jaune et de brun-rouge, en forme de tuile ou de rosette, formés toute l'année. Bord de croissance blanc.

Conditions de développement :

Le corps fructifère peut se former tout au long de l'année.

Destruction du bois :

S'attaque au bois de feuillus, en particulier au hêtre. Dégrade la lignine.

Origine et cause :

Bois ronds et meubles de jardin en bois de feuillus stockés à l'extérieur.

Importance économique :

Difficile à estimer.



Pied infesté d'une chaise de jardin en hêtre.

Figure 194 : (source : BFH)

7.3. Traitement thermique

Le traitement thermique du bois est une technique qui permet de modifier et/ou d'améliorer les propriétés du bois en augmentant la température dans des conditions d'humidité et de pression contrôlées. Le bois peut ainsi être utilisé pour certaines applications telles que l'emballage, les applications extérieures ou le mobilier. Le traitement thermique du bois peut également être utilisé pour modifier la couleur, la brillance et la texture du bois.

7.3.1. Traitement NIMP15 (ISPM15)

Ces dernières années, des parasites du bois ont été introduits avec du matériel d'emballage en bois brut, ce qui représente une menace pour les forêts locales.

En guise de mesure préventive contre cette menace, de nombreux pays ont adopté des dispositions de quarantaine. Afin d'uniformiser ces dispositions d'importation, la FAO a publié en mars 2002 la «Norme internationale pour les mesures phytosanitaires n° 15» (ISPM15 en anglais) pour l'expédition d'emballages en bois non traité.

La norme NIMP 15 décrit des mesures visant à réduire le risque d'introduction d'organismes nuisibles au bois. La norme comprend des normes techniques et organisationnelles (par exemple l'obligation d'enregistrement).

Matériaux
concernés

La norme NIMP 15 stipule que les emballages tels que les caisses, les cageots, les tonneaux, les palettes ainsi que les supports de charge similaires, fabriqués entièrement ou partiellement en bois massif de feuillus/résineux⁶ non traité, doivent être soumis à un traitement phytosanitaire. Les méthodes autorisées sont le traitement thermique (température à cœur de 56°C pendant 30 minutes) ou la fumigation au bromure de méthyle. En Suisse, le traitement thermique est utilisé, la fumigation est interdite. Le séchage peut s'effectuer par un procédé de séchage technique ou par étuvage.

Exigences
techniques

Quel que soit le type de traitement thermique, il convient d'utiliser uniquement du bois propre (non contaminé, par exemple par de la terre), exempt d'écorce et de restes d'écorce et ne présentant pas de trous de perçage ou d'autres signes d'infestation par des insectes ou des champignons.

Pour la mise en œuvre du traitement thermique, il convient de s'assurer que

- que la cellule de traitement existante est en mesure de chauffer le bois à une température à cœur de 56°C pendant au moins 30 minutes (traitement HT, haute température).
- que la cellule de traitement dispose d'un appareil de mesure permettant de mesurer et d'enregistrer la température de traitement dans le bois. Les enregistrements relatifs au traitement HT du bois d'emballage doivent être conservés pendant au moins deux ans et doivent pouvoir être consultés à tout moment.
- La chambre de traitement doit être soumise périodiquement à un contrôle technique de fonctionnement par un organisme de contrôle reconnu par

⁶ Bois transformé = produits en bois composés d'éléments en bois qui ont été collés, chauffés ou pressés pendant la transformation (panneaux de particules, contreplaqués, placages) ainsi que laine de bois et sciure.

l'OFEFP. Le rapport de contrôle doit être présenté au Service phytosanitaire fédéral tous les deux ans. En cas d'absence de contrôle ou de mauvais état technique de la cellule de traitement, l'homologation est annulée.

Le tableau suivant présente des exemples de durées de traitement en fonction de la température de la cellule.

Température de référence de la cellule [°C] 21	Epaisseur [mm]						
	<20	>20 - 40	>40 - 60	>60 - 100	>100 - 160	>160 - 200	>200 - 250
Température initiale du bois $\geq 20^{\circ}\text{C}$							
65 ¹	2h	4h	6h	8h	10h	11h	12h
75	1h	2h	4h	5h	7h	8h	9h
Température initiale du bois $\geq 0^{\circ}\text{C}$ et $< 20^{\circ}\text{C}$							
65 ¹	3h	6h	9h	11h	13h	14h	15h
75	1h	3h	5h	7h	9h	10h	11h

¹ Dans certains pays, une température de traitement minimale de 70°C ou 74°C est exigée.

² Différence de température par rapport à la température humide $< 5^{\circ}\text{C}$

7.3.2. Modification thermique du bois

La caractéristique de la modification thermique du bois repose sur la modification chimique des composants de la paroi cellulaire, qui ne peut être obtenue qu'à des températures très élevées. Les procédés qui poursuivent cet objectif sont regroupés sous le terme de Thermally Modified Timber (TMT). En règle générale, le processus commence après le sciage et le séchage en chambre du bois. À la pression normale ou à la surpression dans un milieu (vapeur, huile, azote), le bois est soumis à un traitement thermique à 170...240 °C. Le bois est ensuite soumis à un traitement thermique à l'air chaud.

Procédés physiques et chimiques

Une modification de la composition chimique a lieu dans les parois cellulaires : Décomposition de l'hémicellulose (à partir de 140–150 °C) et de la cellulose (au-delà de 150°C), groupes dits OH, décomposition et transformation partielle de la lignine (condensation de la lignine), expulsion des composants volatils (résines, etc.). Toutefois, plus l'intensité du traitement est élevée, plus les températures sont élevées, plus la résistance du bois diminue au cours de la modification. Il devient plus fragile et se casse plus facilement.

	Type de procédé de modification thermique
1	Procédé vapeur d'eau - chaleur / procédé conventionnel
2	Procédé huile-chaleur / OHT
3	Procédé de séchage par compression sous vide

Procédé convention-
tionnel :

Le procédé conventionnel se compose de 3 phases :

1. phase de chauffage : le bois est chauffé pendant une période d'environ 30 heures et amené en douceur à la température de traitement. L'espace de traitement est maintenu exempt d'oxygène et la formation de fissures à cœur est minimisée par la pulvérisation d'eau.

2. phase de modification : la température de traitement est maintenue constante pendant une période de quelques heures (en fonction de l'essence, de l'épaisseur du bois et de l'intensité de traitement souhaitée). C'est au cours de cette phase qu'a lieu la décomposition des groupes OH.

3. phase de refroidissement : elle dure aussi longtemps que la phase de chauffage. Le bois est amené à l'humidité d'équilibre future par aspersion d'eau.

2. OHT= Oil Heat
Treatment

Le procédé OHT, comme les autres procédés, passe par les trois phases de chauffage, de modification et de refroidissement dans un temps similaire à celui du procédé conventionnel.

Cependant, dans ce procédé, le bois est chauffé dans de l'huile de colza à des températures supérieures à 200°C dans une chaudière sous pression. Pendant la phase de chauffage, la cuve OHT une fois remplie est presque entièrement inondée d'huile de colza préchauffée. Une fois la température de traitement atteinte, la phase de modification commence. Après la phase de modification, l'huile de colza chaude est repompée dans le préchauffeur. Le bois continue à être refroidi dans la chaudière avant d'être évacué.

Ce procédé est très coûteux sans avantage notable et n'est mentionné ici que par souci d'exhaustivité.

3. Procédé de sé-
chage par pres-
sage vacuum
(Vacu³)

Contrairement au procédé conventionnel, le bois de sciage est empilé entre des plaques chauffantes. Ceux-ci sont chauffés après une mise sous vacuum. Un système d'airbags permet d'appliquer une pression afin d'améliorer la transmission de la chaleur. Cela a pour effet secondaire de réduire le gaspillage des planches.



Figure 195 : Installation pour procédé de séchage par pressage vacuum (source : Balz Holz AG)

Le reste du processus est similaire à celui du traitement conventionnel. Le procédé Vacu³ présente toutefois les avantages suivants :

Transfert de chaleur par contact au moyen de plaques chauffantes

- propriétés techniques très homogènes sur l'ensemble de la section transversale
- grande efficacité énergétique grâce au transfert de chaleur par contact directement sur la pièce, d'où un processus thermique particulièrement respectueux de l'environnement
- temps de traitement courts grâce à la transmission directe de la chaleur
- la stabilité à la rupture du bois est plus élevée que celle des autres bois thermiques

Traitement sous vacuum

- l'eau s'évapore déjà à 54 °C – préséchage très efficace et rapide
- les substances nocives sont aspirées tout au long du processus (certificat AgBB pour les produits d'intérieur disponible).

Contrôle du processus via des capteurs

- le moment de la siccité peut être déterminé avec précision
- La siccité est la condition préalable à un traitement thermique optimal et la garantie d'une parfaite reproductibilité des produits.

Pression de pressage jusqu'à 70 t

- Le transfert de chaleur est considérablement augmenté par la pression exercée sur l'ensemble de la pile
- Le bois est «repassé» de manière lisse - pas de gaspillage ou de bosses pendant le procédé. Cela permet d'augmenter le rendement du rabotage jusqu'à 20%.

Plusieurs transformations se produisent au cours du processus de modification contrôlé obtenu par ces procédés :

Propriétés du bois
thermo traité (modifié
thermiquement)

- Stabilité dimensionnelle (réduction de la masse de retrait et de gonflement)
- Durabilité accrue
- Teinte plus foncée
- Réduction du pH
- Réduction de la teneur en humidité d'équilibre
- Diminution de la résistance à la flexion
- Odeur de fumée
- Formation de molécules de goudron libres dans le bois
- Conductivité thermique réduite de 10% à 30%
- Réduction de la masse volumique

Durabilité des TMT contre les champi- gnons destructeurs du bois



Figure 196 : Frêne thermo traité et natif (source : Balz Holz AG)

Le bois modifié thermiquement (TMT) présente une durabilité accrue face aux champignons destructeurs du bois. Celle-ci repose essentiellement sur le désassemblage des composants du bois, notamment des hémicelluloses (sucres du bois), et sur une teneur en humidité d'équilibre réduite d'environ 50 % en moyenne. Malgré la réduction de la teneur en humidité hygroscopique d'équilibre, une absorption d'eau par capillarité est possible. C'est pourquoi le TMT peut être attaqué par des champignons destructeurs du bois en cas d'humidification prolongée ou permanente dans des conditions défavorables.

La norme EN 350-2 contient des informations sur la durabilité naturelle des essences de bois ayant une importance particulière en Europe ; les bois modifiés ou traités d'une autre manière ne sont pas mentionnés ici. Les exigences en matière de durabilité, par exemple celles de la norme EN 460 ou de la norme DIN 68800, s'appliquent cependant aussi par analogie aux bois modifiés.

Jusqu'à présent, les indications de durabilité pour les TMT reposent généralement sur des essais en laboratoire. Les durabilités déterminées pour les TMT ont pu être en partie confirmées lors d'essais en plein air (Plaschkies, 2010) et ainsi être classées selon la norme DIN 350-2.

Tableau 8 : Classification de la durabilité naturelle contre les champignons destructeurs du bois selon la norme DIN 350-2

Classe de durabilité (CD)	Essence de bois
1 – très durable	Accoya, teck, ipé, frêne thermo , massaranduba
2 - durable	Bangkirai, épicéa thermo , pin thermo , robinier
3 - moyennement durable	Mélèze de Sibérie, garapa, pin Douglas
3-4 - peu durable à moyennement durable	Mélèze européen, pin Douglas européen
4 – peu durable	Sapin, épicéa, orme, chêne rouge américain
5 - non durable	Frêne, hêtre, bouleau, érable, aulne, peuplier

Selon l'essence, le procédé et l'intensité du traitement, le TMT permet d'obtenir différentes classes de durabilité. Pour une même intensité de traitement, on obtient des durabilités plus élevées pour les bois de feuillus que pour les bois de résineux.

Le TMT des bois de feuillus se trouve généralement dans les classes 1 et 2, le TMT des bois de résineux dans les classes 2 et 3.

Durabilité des TMT contre les champignons qui altèrent la couleur du bois

Par rapport au bois naturel, le risque d'infestation par des moisissures et des champignons de bleuissement du bois est plus faible dans le TMT et sa croissance est moins intense. Cependant, en cas de conditions défavorables, une infestation ne peut pas être exclue, car le TMT est également un substrat organique sans composants biocides et avec une certaine teneur en humidité, même si elle est faible.

Durabilité des TMT contre les insectes destructeurs du bois

Comme l'ont montré différentes études, le TMT possède une résistance accrue aux insectes xylophages tels que les capricornes ou les longicornes, qui utilisent le bois comme milieu de reproduction et d'alimentation. En revanche, aucune résistance accrue n'a été constatée jusqu'à présent contre les termites.

7.3.3. Etuvage

Objectif

L'étuvage (plastification) est le ramollissement du bois par l'action de la chaleur en vue de l'opération suivante, par exemple le cintrage. Le vecteur de chaleur utilisé est la vapeur saturée ou l'eau chaude (environ 90°C). La vapeur saturée est soit produite dans la cellule de séchage par chauffage d'un bain-marie, soit injectée directement dans la cellule de séchage. Outre le ramollissement dû à l'action de la chaleur et de l'humidité, l'écorce est également détachée. L'opération dure environ 0,8...1,5 h par cm de diamètre du tronc, en fonction de l'essence.

L'étuvage est utilisé pour la fabrication de placages, le cintrage du bois, la coloration du bois, par exemple du hêtre, et la fabrication de panneaux de fibres. On distingue les fosses d'étuvage et les cellules d'étuvage, ainsi qu'une variante spéciale, la hotte à vapeur pour l'étuvage des douves de tonneaux.

Etuvage du bois

Dans le cas de l'étuvage direct, de la vapeur faiblement chargée (généralement de la vapeur d'échappement déshuilée) est introduite au fond de la cellule d'étuvage fermée ou de la fosse d'étuvage, sans toucher le bois. Le bois est baigné de tous côtés et uniformément par la vapeur montante. Dans le cas de l'étuvage indirect (voir photo en bas à droite), la vapeur est produite dans un réservoir d'eau (8) situé au fond de la fosse à vapeur, l'eau qui s'y trouve étant chauffée et vaporisée par des tubes de chauffage (7) dans lesquels circule la vapeur d'échappement ou l'eau chaude. Cet étuvage indirect est plus doux pour le bois, car la vapeur n'est pas soufflée en quelques points seulement.

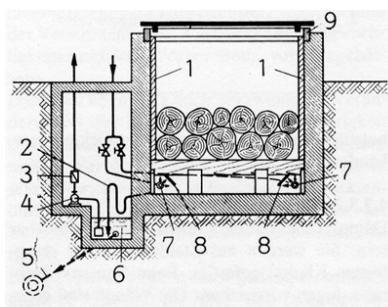


Figure 76b Fosse d'étuvage pour chauffage direct (selon Doffiné) 1. planches de protection 2. fermeture du siphon 3. clapet anti-retour 4. pompe à eaux sales 5. si possible, raccordement direct 6. eaux sales 7. vapeur d'échappement 8. déflecteurs 9. bois de contour

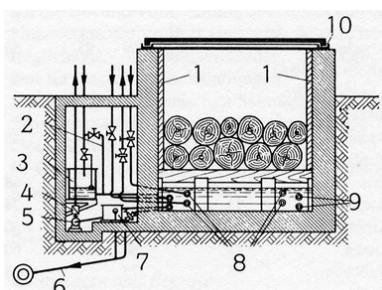


Figure 76a Fosse d'étuvage pour chauffage indirect (selon Doffiné) 1. planches de protection 2. conduite de remplissage 3. réservoir d'eau froide 4. clapet anti-retour 5. pompe de réinjection de condensat 6. eau sale 7. collecteur de condensat 8. serpentins d'eau chaude 9. serpentins d'évacuation de vapeur 10. couvercle de fermeture de l'eau

Figure 197 : Méthode d'étuvage direct (à gauche) et méthode d'étuvage indirect (à droite) (source : Hildebrand Holztechnik GmbH / Brunner Trockentechnik GmbH)

Le procédé direct convient plutôt à l'échelle industrielle pour les produits de masse et le procédé indirect est plus souvent utilisé pour les bois nobles. Les deux procédés d'étuvage présentent donc leurs avantages et inconvénients individuels, dont certains sont présentés dans le tableau ci-dessous.



Figure 198 : étuvage direct (source: HedingerHolz AG)

Tableau 9: Avantages et inconvénients des méthodes d'étuvage (selon Doffiné)

Avantages

Etuvage direct	Etuvage indirect
Disposition plus simple des tuyauteries	Traitement du bois particulièrement doux, afin de minimiser les dommages
Possibilité d'exploiter la vapeur d'échappement à une pression moindre	Possibilité de récupérer les eaux de condensation ; donc bonne rentabilité
Une régulation plus efficace et plus rapide	Pas de difficultés pour l'évacuation des eaux de condensation
	La vapeur n'a pas besoin d'être exempte d'huile
	Possibilité de raccordement à des installations d'eau chaude à haute pression, d'où une rentabilité particulière

Inconvénients

Surveillance plus rigoureuse nécessaire pour éviter d'endommager le bois	Pression de vapeur plus élevée
Récupération des eaux de condensation impossible, donc défavorable à une économie de chaleur	Tuyauterie plus importante et plus coûteuse
La vapeur doit être totalement exempte d'huile, ce qui est difficile à obtenir.	Régulation moins réactive
Grande quantité d'eaux usées	Concentration de polluants dans les eaux usées élevée

Consommation de vapeur

Celui-ci dépend de très nombreux facteurs, mais les valeurs indicatives suivantes peuvent être appliquées :

- Etuvage direct : 10–15 kg/h et m³ transformé.
- Etuvage indirect : 7–11 kg/h et m³ transformé.

Pour les grumes et le bois scié, on peut compter sur 15–25 kg par m³ de bois et par heure.

Pour les pièces de cintrage, cette valeur peut augmenter jusqu'à 100 kg/ m³.

Temps d'étuvage

Ceux-ci dépendent principalement de la masse volumique du bois et du diamètre de la pièce. Un stockage dans l'eau avant l'étuvage permet de réduire les temps d'étuvage de moitié ; si l'on souhaite obtenir des changements de couleur, il faut souvent compter 1,5 à 2 fois plus de temps d'étuvage. La règle générale est la suivante (Lohmann, 1991)

Pour $p_0 = 0.5$ $t = \frac{1}{2} D^2$

Pour $p_0 = 0.64$ $t = \frac{2}{3} D^2$

Cuisson

Lors de la cuisson (prétraitement à l'eau chaude), le bois de placage est "cuit" dans des marmites ou des cuves de cuisson en métal (petites dimensions de bois - bois de déroulage) ou dans des fosses de cuisson en béton, immergé dans de l'eau chaude (60...80°C). Il se ramollit alors par absorption d'eau. Ce procédé n'est toutefois que rarement utilisé en raison de la consommation élevée d'énergie et d'eau, et uniquement pour les bois nobles.

L'étuvage et la cuisson rendent le bois plus facile à travailler, la cuisson entraînant une modification plus importante du bois que l'étuvage.

L'étuvage modifie la teinte naturelle de différents bois, de manière souhaitable ou non. Lors de la cuisson, la modification de la couleur est moindre. Les bois qui ne doivent pas changer de couleur sont conservés pendant une longue période dans de l'eau froide, ce qui leur confère une certaine plasticité. Il n'y a toutefois pas de modification de l'état physique et chimique due à la chaleur lors de l'étuvage et de la cuisson.

En résumé, les raisons suivantes peuvent être invoquées pour l'étuvage :

- Equilibrer les tensions dans le bois
- Obtention d'une couleur uniforme (changement de couleur)
- Harmonisation de la couleur de l'aubier avec celle du cœur du bois
- Lessivage de la sève et accélération du séchage
- Destruction des insectes et des champignons
- Le bois peut être façonné après l'étuvage (cintrage).
- Fabrication de placage (déroutage et tranchage)

7.4. Traitement chimique du bois de sciage

Une bonne protection constructive du bois et le choix de bois appropriés ne suffisent pas toujours à protéger le bois de manière fiable contre les dommages causés par les champignons et les insectes. Selon le domaine d'utilisation, il est conseillé, voire nécessaire, de protéger les bois mis en œuvre avec des produits de protection du bois. Les bois qui sont en contact permanent avec la terre ou l'eau doivent généralement être protégés par imprégnation sous pression si l'on vise une longue durée d'utilisation.

«Aussi peu de produit chimique de protection du bois que possible, autant que nécessaire».

Les risques d'infestation varient en fonction du lieu où le produit est mis en œuvre. Pour pouvoir prendre les mesures nécessaires contre une infestation, les risques doivent être connus. Ceux-ci découlent du lieu de mise en œuvre ou du microclimat auquel un élément de construction donné est exposé, ainsi que de la manière dont l'élément de construction est installé.

La section transversale du bois joue également un rôle. En raison des propriétés hygroscopiques du bois, les grandes sections deviennent plus humides à l'intérieur lorsqu'elles sont exposées aux intempéries. Elles doivent donc être protégées de manière constructive contre l'exposition directe aux intempéries ou, lorsque cela n'est pas possible, de manière préventive contre les attaques de champignons et d'insectes. Dans certaines situations, un traitement de surface hydrofuge peut également s'avérer utile. L'eau liquide doit pouvoir s'écouler rapidement et ne doit pas être absorbée par le bois par capillarité. C'est pourquoi les éléments de construction en bois exposés aux intempéries sont souvent chanfreinés et dotés de bords d'égouttage afin que l'eau ait un contact aussi bref que possible avec le bois.

Selon la situation de mise en œuvre, le bois est plus ou moins sensible aux attaques de champignons et d'insectes. La norme EN 335 a été créée pour pouvoir évaluer ces situations ou lieux de mise en œuvre dans les bâtiments. Elle décrit différentes situations de mise en œuvre et s'applique au bois massif ainsi qu'aux produits dérivés du bois.

Selon EN 335, les différents lieux de mise en œuvre et donc les risques sont répartis dans les classes d'emploi 1 à 4 (voir illustration). Une cinquième classe concerne les bois exposés au milieu marin. La Suisse n'est pas concernée.

En Suisse, nous utilisons également la classe d'emploi 0, qui correspond à une situation dans laquelle il n'existe aucun risque de champignons ou d'insectes (intérieur chauffé en permanence).

Classes d'emploi /
classes de risque
CR

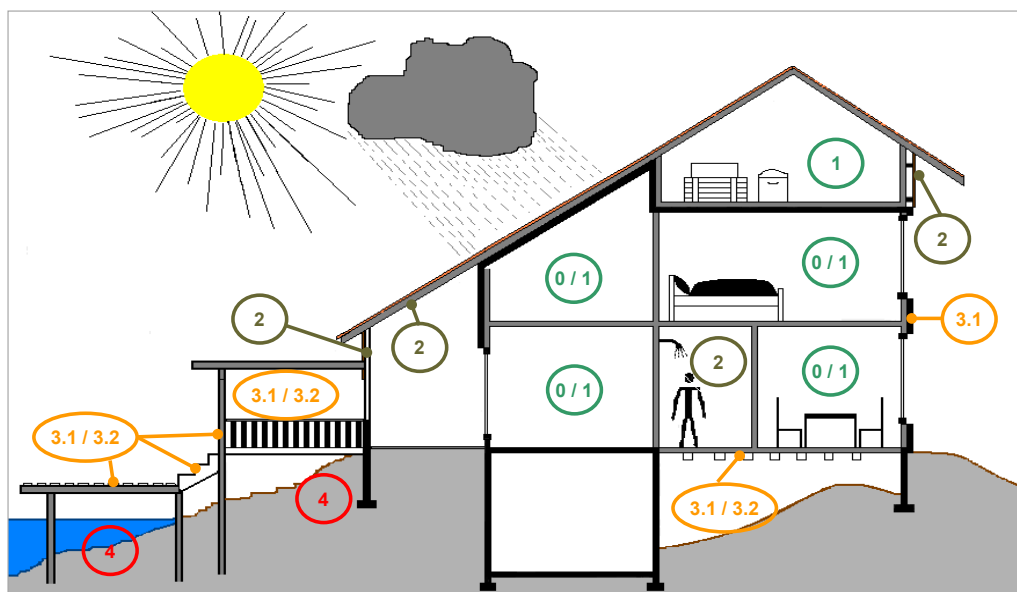


Figure 199 : Classes d'emploi selon EN 335 :2013, complétées par la classe d'emploi CH 0, représentées sur un ouvrage (source : BFH)

Selon la classe d'emploi, il faut s'attendre à des dangers différents. Les mesures de protection du bois correspondantes en sont déduites. Le tableau 9 explique les classes et conditions d'utilisation et indique les mesures recommandées.

Ces données doivent être considérées comme des valeurs indicatives. Les conditions peuvent également varier en fonction de la situation climatique sur place. Les mesures effectives doivent donc être définies dans un concept spécifique de protection du bois par des spécialistes bien formés.

Tableau 10 : Classes de risque pour le bois mis en œuvre et mesures de protection conseillées
(Bernser Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau, 2009), (SN EN 335 :2013)

CR	Domaine d'application Conditions générales d'utilisation et teneur en humidité du bois	Type d'exposition / danger	Mesures recommandées	
			Variante 1 Sans protection chimique du bois. Durabilité naturelle de l'essence ¹⁾	Variante 2 Avec protection chimique du bois. Efficacité ²⁾ et Classe de profondeur de pénétration (NP) ³⁾
0/1	Éléments de construction dans des pièces avec chauffage central ou non. Sec en permanence. Teneur en humidité du bois 10–18%.	Aucun (Rarement des insectes destructeurs du bois.)	1, 2, 3, 4, 5	Aucune (Eventuellement Iv, NP1)
2	Eléments en bois dans les pièces humides. Protégés des intempéries directes à l'extérieur. Risque d'humidification à court terme. Humidité relative de l'air parfois supérieure à 70%. La teneur en humidité du bois peut occasionnellement et brièvement dépasser 20%.	Infection par des insectes. Attaque de champignons qui colorent le bois (champignons de bleuissement, moisissures). Possibilité de champignons destructeurs du bois dans des conditions défavorables.	1, 2, 3, (4), [5] Si difficilement contrôlable et plus grandes sections 1, 2	B Si difficilement contrôlable P, Iv NP1 Pas de traitement HSM dans les espaces intérieurs habités.
3	Extérieur, sans contact avec la terre, exposé aux intempéries. Teneur en humidité du bois souvent supérieure à 20%.			
3.1	Petites sections à l'extérieur. (Façades, revêtements, lattes de clôture). L'eau peut toujours s'écouler, par exemple à travers des surfaces inclinées. Le bois peut toujours sécher.	Faible danger, à condition que l'eau puisse s'écouler. Insectes Champignons de bleuissement (bleuet secondaire) Moisissures Altération	1, 2, (3), [4], {5}	P, Iv, év. B év. W en cas d'exposition directe aux intempéries. NP1 – NP3
3.2	Sections moyennes à grandes à l'extérieur (bois de construction ; fenêtres et volets). Le bois peut rester humide en permanence au cœur du bois. Teneur en humidité du bois supérieure à 20% en permanence.	Insectes Champignons de bleuissement Moisissures Altération Pourriture brune et blanche	1, 2, [3], {4}	P, B, Iv, W NP2 év. NP1
4	Poteaux, semelles, bois immergés, sols, constructions sur les rives. En contact avec la terre ou l'eau. Teneur en humidité du bois constamment supérieure à 20%.	Insectes Champignons de bleuissement Altération Pourriture brune et blanche Pourriture molle Bactéries	1, [2], {3} D	P, Iv, W, E (Selon le domaine de mise en œuvre) NP3 jusqu'à NP6

Légende des mesures de protection recommandées :

- 1) Variante 1 : Pour la classification des durabilités naturelles, voir le Tableau 5 ci-dessus.
- 2) Pour l'efficacité, voir le Tableau 11 ci-dessous.
- 3) Classe de profondeur de pénétration selon SN EN 351-1 :2007, voir Tableau 6 ci-dessus.
- () = La durabilité naturelle est généralement suffisante, mais dans des conditions défavorables (forme d'application, conception détaillée, climat, exposition, etc.), une protection chimique du bois peut être recommandée.
- [] = La durabilité naturelle peut être suffisante si les conditions sont favorables (forme d'application, conception détaillée, climat, exposition, etc.) ou si la durée d'utilisation est limitée. Dans le cas contraire, une protection chimique du bois est nécessaire.
- { } = La durabilité naturelle ne peut être suffisante que pour une durée d'utilisation courte (5 à 10 ans maximum) ou dans des conditions particulièrement favorables (forme d'application, climat, exposition, etc.). Une protection chimique du bois est généralement nécessaire.

Selon la sollicitation et les exigences posées à l'élément de construction, l'absorption du produit de protection doit être plus ou moins importante. Elle va de la simple protection de surface à l'imprégnation complète. Cela dépend d'une part de l'essence de bois, d'autre part du type de traitement de protection et du produit de protection du bois utilisé.

Dans le répertoire suisse des produits de protection du bois, l'efficacité des produits de protection du bois autorisés est indiquée par des symboles abrégés. Ce marquage est courant dans les pays du DACH⁷.

Tableau 11 : Abréviation de l'efficacité (spectre d'action) avec l'application correspondante des produits de protection du bois (Schwarze & Hach, 2018)

Abréviation de l'efficacité	Application avec effet et utilisation
Préventif	
Bf	Agit de manière préventive contre les champignons de bleuissement (bleuissement primaire du bois de sciage) ainsi que les moisissures superficielles sur le bois de sciage fraîchement scié et protégé contre les intempéries.
B	Agit de manière préventive contre les champignons de bleuissement sur le bois de construction. Efficace contre le bleuissement du bois transformé.
Ip/lv	Agit de manière préventive contre les insectes xylophages dans le bois de construction (indication de l'espèce d'insecte testée : capricorne des maisons, vrillette, lycte brun).
P	Agit préventivement contre les champignons destructeurs du bois, responsables de la pourriture brune sur le bois de construction (indication supplémentaire si également efficace contre les champignons responsables de la pourriture blanche).

⁷ DACH représente l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse.

W	Convient au bois de construction qui est exposé en permanence aux intempéries, mais qui n'est pas en contact permanent avec la terre ou l'eau.
E	Agit de manière préventive contre les champignons responsables de la pourriture brune, blanche et de la moisissure dans et sur le bois de construction exposé à une humidité extrême (en contact permanent avec la terre ou l'eau ainsi qu'en cas de dépôts de saleté dans les fissures et les joints).
Curatif	
Ic/lb	Agit rapidement contre les insectes destructeurs du bois de construction (indication du type d'insecte testé : capricorne des maisons, vrille, lycte brun).
M	Lutte contre la mûre dans la maçonnerie.

Pour que la protection du bois soit efficace, il est donc nécessaire de déterminer les risques et de choisir le produit et le procédé de protection du bois appropriés.

Cela nécessite un niveau élevé de connaissances techniques et une bonne coopération entre les scieries, les usines d'imprégnation et les entreprises de transformation.

7.4.1. Les produits de protection du bois

Sont considérés comme produits de protection du bois au sens de l'ordonnance sur les produits biocides tous les produits destinés à protéger le bois ou les produits en bois, dès leur coupe dans la scierie, contre les attaques d'organismes xylophages ou nuisibles à la qualité du bois.

Les produits de protection du bois sont des produits contenant des substances actives (biocides) contre les champignons destructeurs du bois (fongicides) ou les insectes (insecticides).

Cette catégorie de produits comprend à la fois des produits préventifs pour le traitement préventif du bois et des produits curatifs pour lutter contre les champignons destructeurs du bois et les insectes.

Caractéristiques des produits préventifs :

- Bonne pénétration dans le bois
- Bonne fixation et durabilité
- Faible évaporation ; pas de lavage, pas de dégradation photochimique

Propriétés des produits curatifs :

- Bonne et rapide pénétration dans le bois
- Tue rapidement l'organisme nuisible

Le type de substance active ou de préparation

Les produits de protection du bois peuvent être classés en cinq catégories selon les propriétés physiques et chimiques de leurs substances actives, conformément au Tableau 12. Pour savoir quelles substances actives sont contenues dans un produit de protection du bois donné, il convient de consulter la liste des substances autorisées pour la protection du bois. Toutes les substances actives autorisées sont également mentionnées dans l'annexe de l'ordonnance sur les produits biocides.

Tableau 12 : Classification des substances actives selon leurs propriétés physiques et chimiques

Substance active	Description
Soluble dans l'eau	Produits de protection du bois aqueux ou diluables à l'eau (p. ex. certains sels ou mélanges de sels)
Soluble dans les solvants organiques	Produits de protection du bois contenant des solvants
Emulsion	Substances actives insolubles sous forme d'émulsion dans l'eau
Huiles de goudron (créosote)	Distillat de goudron de houille. Substance cancérigène. (Utilisation limitée selon l'ORRChim, annexe 2.4)
Gaz	Gaz très toxiques. Ne peut être utilisé qu'en tant que produit curatif et nécessite un permis spécial.

Pour l'utilisation professionnelle et/ou commerciale, au moins une personne dans l'entreprise doit disposer d'un **permis pour l'utilisation de produits pour la conservation du bois**. Les personnes ne disposant pas d'un permis professionnel ne peuvent effectuer des traitements avec des produits pour la conservation du bois que sur les instructions et sous la surveillance de la personne disposant d'un permis professionnel.

L'utilisation de produits pour la conservation du bois est soumise aux mêmes prescriptions et règles que le traitement des bois ronds avec des produits phytosanitaires (voir chapitre Bois ronds et organismes nuisibles).

Avant le traitement, il faut toujours consulter la fiche technique et la fiche de données de sécurité du produit et se renseigner sur l'autorisation du produit de protection du bois.

Les produits de protection du bois actuellement autorisés en Suisse peuvent être consultés en ligne dans le registre public des produits chimiques (www.rpc.admin.ch). Il est également possible d'y trouver des informations sur l'étiquetage et la concentration en substances actives.

Pour les préparations, il convient également de consulter la partie 1 du Répertoire suisse des produits de protection du bois. Bibliographie : (Schwarze & Hach, 2018). Informations complémentaires et téléchargement du Répertoire suisse des produits de protection du bois :

www.lignum.ch > Technique > Préservation

7.4.2. Stockage et élimination des produits de protection du bois et des produits traités

Des prescriptions particulières doivent être respectées pour le stockage et l'élimination des produits de protection du bois. La loi sur la protection des eaux (article 22), l'ordonnance sur la protection des eaux (articles 32, 32a et annexe 4, chiffres 221, 222 et 223) ainsi que l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (annexe 2.4) contiennent principalement les dispositions à respecter.

Stockage des produits de protection du bois	<p>En ce qui concerne le stockage des produits de protection du bois, il convient de tenir compte des points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les produits chimiques doivent être stockés de manière claire et ordonnée dans des emballages conformes à la réglementation, séparément des autres marchandises telles que les denrées alimentaires, les aliments pour animaux ou les produits thérapeutiques. • Les produits chimiques qui réagissent entre eux et qui peuvent donc devenir dangereux doivent être stockés séparément. Les fiches de données de sécurité fournissent des informations sur les dangers potentiels. • Toute personne qui stocke des substances particulièrement dangereuses doit veiller à ce qu'elles ne soient pas accessibles aux personnes non autorisées. 								
Obligation de déclaration	<p>Si des installations d'entreposage de liquides de nature à polluer les eaux sont construites, modifiées ou mises hors service, les détenteurs de ces installations doivent, en vertu de l'art. 22, al. 5, LEaux, en informer le canton conformément aux instructions de ce dernier. Font exception à cette règle les installations qui ne peuvent pas ou peu mettre en danger les eaux (art. 22, al. 7, LEaux).</p>								
Obligation d'obtenir une autorisation	<p>Selon l'article 32 OEaux, une autorisation est nécessaire dans les secteurs particulièrement menacés (A_u, A_o, Z_u und Z_o) pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • > 2000 litres par récipient de stockage pour les liquides dangereux pour l'eau, qui en petites quantités peuvent polluer l'eau. <p>Stockage de produits de protection du bois et zones de protection des eaux souterraines :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans les zones de protection des eaux souterraines S3, les réservoirs de stockage contenant des liquides dangereux pour l'eau d'un volume utile supérieur à 450 l par ouvrage de protection ne sont pas autorisés. • Dans les zones de protection des eaux souterraines S1, S2 et S_h, ainsi que dans les zones de protection des eaux souterraines, les réservoirs de stockage contenant des liquides dangereux pour l'eau ne sont pas autorisés. 								
Élimination des produits de protection du bois	<p>Pour éliminer correctement les produits de protection du bois, il faut distinguer les trois catégories suivantes :</p> <p>Tableau 13: Type d'emballage des produits de protection du bois et lieu d'élimination</p> <table> <tr> <th>Emballage des produits de protection du bois</th><th>Elimination</th></tr> <tr> <td>Emballage d'origine (encore dans le commerce)</td><td>Fabricant (contre frais de transport)</td></tr> <tr> <td>Ouvert avec contenu original</td><td>Fabricant (contre prise en charge des frais / gratuit en petites quantités)</td></tr> <tr> <td>Ouvert avec contenu mélangé</td><td>Entreprise spécialisée avec autorisation (avec code déchet, payant)</td></tr> </table>	Emballage des produits de protection du bois	Elimination	Emballage d'origine (encore dans le commerce)	Fabricant (contre frais de transport)	Ouvert avec contenu original	Fabricant (contre prise en charge des frais / gratuit en petites quantités)	Ouvert avec contenu mélangé	Entreprise spécialisée avec autorisation (avec code déchet, payant)
Emballage des produits de protection du bois	Elimination								
Emballage d'origine (encore dans le commerce)	Fabricant (contre frais de transport)								
Ouvert avec contenu original	Fabricant (contre prise en charge des frais / gratuit en petites quantités)								
Ouvert avec contenu mélangé	Entreprise spécialisée avec autorisation (avec code déchet, payant)								

7.4.3. Préparation du bois pour le traitement avec des produits de protection du bois

Le traitement ciblé du bois avec des produits de protection du bois peut prolonger la durée de vie d'un élément de construction en bois. Ou encore, il empêche l'infestation par des champignons qui colorent le bois et permet de conserver la couleur naturelle du bois.

Toutefois, cela ne peut être garanti que si l'élément de construction est pourvu de la protection correspondante sur tout son pourtour à l'état installé. Les traitements ultérieurs perturbent cette couche protectrice et entraînent souvent une défaillance prématurée.

C'est pourquoi tous les façonnages doivent être effectués si possible avant le traitement avec un produit de protection du bois. Si des travaux doivent néanmoins être effectués après le traitement, ils doivent être retraités avec un produit de protection du bois tout aussi efficace. Cela est pratiquement impossible, en particulier pour les bois imprégnés sous pression, car un procédé artisanal (peinture, roulage, pulvérisation) ne permet jamais d'atteindre les profondeurs de pénétration nécessaires.

Dans ce contexte, il convient également de noter que le bois traité doit être éliminé en tant que déchets spéciaux (voir chapitre 7.4.5. Élimination du bois traité). Un traitement de préservation du bois bien planifié et bien réalisé permet donc également de réaliser des économies et de préserver l'environnement.

7.4.4. Procédés de traitement du bois

Nous faisons la distinction entre les procédés artisanaux comme le badigeonnage/application au rouleau, la pulvérisation et le trempage et les procédés industriels comme le tunnel de pulvérisation, l'imprégnation en cuve et l'imprégnation en autoclave.

Procédés manuels	Les procédés artisanaux ne permettent d'obtenir qu'une protection du contour avec une faible profondeur de pénétration. Au pinceau, au rouleau et au pistolet : NP1 maximum. Avec le trempage, pour les essences de bois bien imprégnables, au maximum NP2.
------------------	---

Procédés industriels	Les procédés industriels tels que le tunnel de pulvérisation et l'imprégnation en cuve permettent en général un traitement plus régulier. Comme le travail se fait ici aussi sans pression, il est également possible d'atteindre au maximum une profondeur de pénétration de la classe NP2.
----------------------	--

Imprégnation en autoclave	Si la profondeur de pénétration doit être supérieure à NP2, le bois est imprégné sous pression.
---------------------------	---

Lors du traitement, il faut tenir compte du fait que tous les produits de protection du bois ne sont pas autorisés ou adaptés à chaque type de traitement. Ces informations figurent sur la fiche technique (voir l'exemple).

BLÄUESCHUTZ MV50I 2168-00

Description

Description du produit	BLÄUESCHUTZ MV50I est un produit de protection du bois concentré, incolore et diluable à l'eau, destiné à être appliqué en surface avec un effet préventif temporaire contre les champignons qui décolorent le bois dans le bois fraîchement scié et contre les insectes. Il s'agit d'un produit industriel qui s'applique par pulvérisation ou par immersion et qui ne peut être utilisé que par des professionnels. Le produit est livré sous forme de concentré et doit être dilué avec de l'eau.
Base de matière première / base du liant / agent actif	500,0 mg/g (50,0 %) Borate de Didécylpolyoxyéthylammonium ; 0,3 mg/g (0,03 %) Phénoxy-carbe
Domaine d'application	Bois de sciage et charpente frais, liteaux, etc.
Certificats / Label	Numéro fédéral d'agrément : CHZN4624
Teintes	Incolore

Caractéristiques techniques

Caractéristiques techniques	Produit	
Fiche de Données de Sécurité	21680400	
Densité (20°C)	1.010	g/cm³
Extraits secs	54	± 1 % en poids
Conservation à 20 °C en emballage d'origine bien fermé	max. 60 mois	
Ces données sont valables pour le produit : incolore. Ces caractéristiques peuvent diverger en fonction de la teinte ou du degré de brillance.		




		Propriétés : BLÄUESCHUTZ MV50I est un concentré qui permet d'éviter la formation de moisissures et de bleuissement lorsqu'il est utilisé correctement. Toutefois, aucune garantie ne peut être donnée, car la possibilité de formation de bleuissement et de moisissures dépend en premier lieu des facteurs décrits ci-dessus.
	Pinceau	Non
	Rouleau	Non
	Autres remarques	Les meilleurs résultats sont obtenus en trempant deux fois le bois de sciage et de construction fraîchement scié. Le bac de trempage doit être protégé par un revêtement résistant aux produits chimiques (par ex. résine époxy à deux composants). La résistance du revêtement au BLÄUESCHUTZ MV50I doit être vérifiée avant le premier remplissage du bac de trempage.

Figure 200 : Extraits de la fiche technique du produit de protection du bois BLÄUESCHUTZ MV50I 2168-00 de la société (source : Teknos)

Badigeonnage /
rouleaux

Les peintures n'assurent qu'une protection de surface. Le produit de protection ne pénètre pas très profondément dans le bois, même en cas d'applications répétées (au moins deux fois).

Pulvérisation /
vaporisation

Le produit de protection est appliqué sur le bois à l'aide d'un pulvérisateur manuel ou d'un tunnel de pulvérisation.

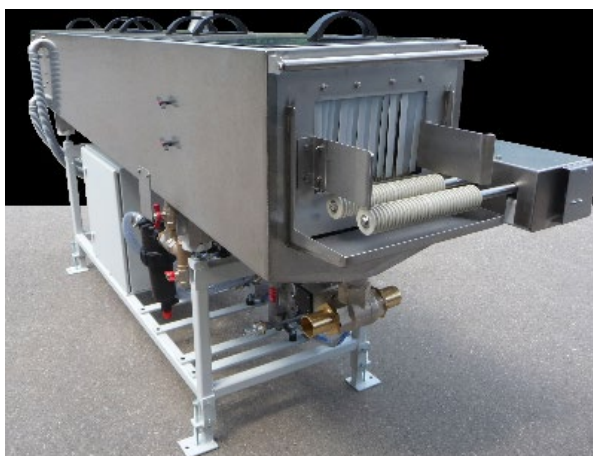


Figure 201 : Tunnel de pulvérisation pour l'application d'imprégnations (source : Neumann GmbH)

Trempage

Lors du trempage, le bois flotte sur ou dans le produit de protection du bois. Pour un traitement sur toutes les faces, le bois doit être retourné de temps en temps. La durée du traitement dépend de différents facteurs d'influence (type de bois, type de produit de protection du bois, protection souhaitée) et ne dure généralement que quelques minutes à quelques heures. Une profondeur de pénétration de quelques millimètres est alors atteinte.

Imprégnation en cuve

Lors de l'imprégnation en cuve, le bois est maintenu immergé dans des cuves équipées de dispositifs spéciaux pendant plusieurs heures (généralement plus de 24 heures), voire quelques jours. La profondeur de pénétration est plus importante dans le cas de l'imprégnation en cuve et les quantités de produits de protection du bois absorbées sont nettement plus élevées que dans le cas du badigeonnage, de la pulvérisation ou du trempage.

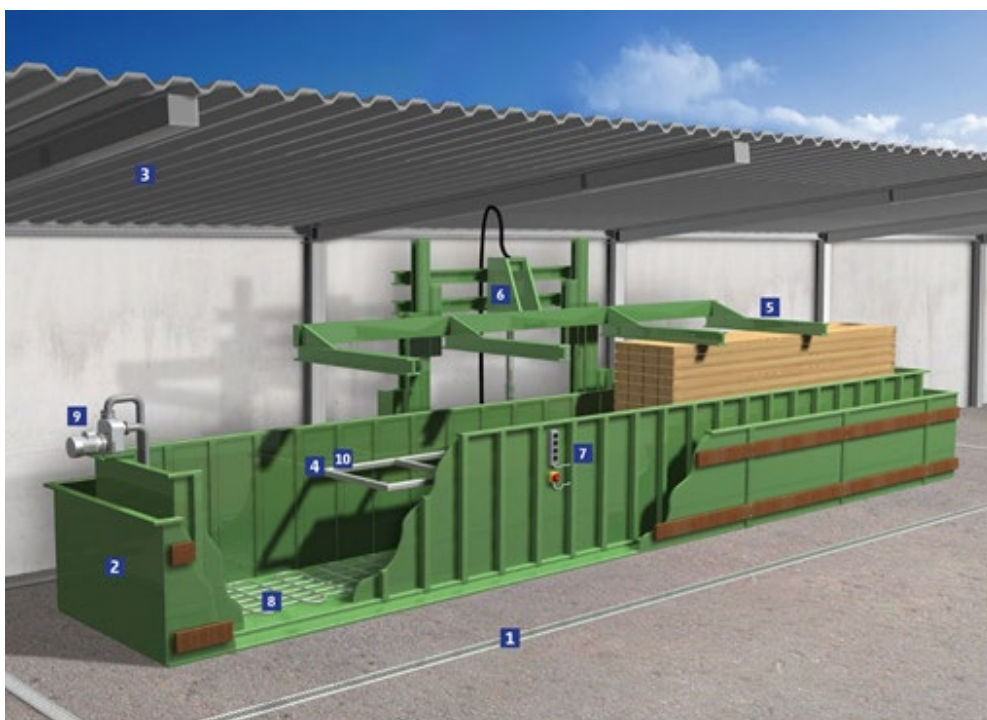


Figure 202 : Installation pour l'imprégnation en cuve (source : Deutsche Bauchemie e.V., Frankfurt am Main)

1. Surface d'appui
2. Cuve d'abreuvement
3. Couverture
4. Support du bois
5. Presseur
6. Mécanisme de levage
7. Commande
8. Chauffage
9. Pompe de circulation
10. Surface d'égouttage

Imprégnation en autoclave

Lors de l'imprégnation en autoclave, des produits de protection du bois aqueux sont introduits dans le bois sous pression et sous vide pendant plusieurs heures et y sont fixés chimiquement.

Le bois frais est imprégné par pression alternée, le bois sec par pression en autoclave. Le bois imprégné sous pression est souvent choisi pour être utilisé dans les

classes d'utilisation CR 3 et CR 4. Ce sont des bois qui sont exposés aux intempéries, par exemple pour une pergola, ou qui sont en contact avec la terre, par exemple un poteau.

L'imprégnation en autoclave permet d'augmenter considérablement la durabilité du bois contre les organismes destructeurs du bois tels que les champignons et les insectes. Les bois qui ne sont pas durables (CD 5) ou peu durables (CD 4) contre les champignons peuvent également être utilisés à l'extérieur grâce à l'imprégnation en autoclave. Les essences de sapin et de hêtre ainsi que l'aubier de pin et d'épicéa à la sève fraîche sont considérées comme bien imprégnables (imprégnables). Les données relatives à l'imprégnabilité des essences de bois les plus courantes en Europe figurent dans la norme SN EN 350.

L'imprégnabilité est répartie en 4 classes selon la norme SN EN 350.

Tableau 14 : Imprégnabilité du bois – Classification selon SN EN 350 : 2016

Classe d'imprégnabilité	Description ^{a)}	Explication
1	Facilement imprégnable	Facile à imprégner ; le bois de sciage peut être complètement pénétré par une imprégnation sous pression.
2	Modérément imprégnable	Assez facile à imprégner ; une pénétration complète n'est généralement pas possible, mais après une imprégnation sous pression de 3 h ou 4 h, une pénétration latérale de plus de 6 mm peut être obtenue pour les bois de résineux et une grande partie des vaisseaux est pénétrée pour les bois de feuillus.
3	Difficilement imprégnable	Difficile à imprégner ; une imprégnation sous pression de 3 h à 4 h ne permet pas d'obtenir une pénétration latérale de plus de 3 mm à 6 mm.
4	Très difficile à imprégner	Pratiquement résistant à l'imprégnation ; même après une imprégnation sous pression de 3 h à 4 h, seule une petite quantité de produit de préservation du bois est absorbée ; la pénétration latérale et longitudinale est minimale.
Légende de la classification de l'imprégnabilité ^{a)} Les données historiques sur l'imprégnation peuvent utiliser d'autres termes descriptifs qui correspondent approximativement aux classes d'imprégnation suivantes : Classe 1 perméable Classe 2 modérément résistante Classe 3 résistant Classe 4 très résistante		

La norme SN EN 350 contient également une liste qui décrit environ 130 essences de bois avec les caractéristiques suivantes :

- Nom scientifique
- Abréviation selon EN 13556
- Nom commercial
- Origine
- Masse volumique à 12 % de teneur en humidité du bois
- Durabilité du bois de cœur face aux
 - Champignons
 - Hylotrupes (capricorne des maisons)
 - Anobium (coléoptère rongeur)
 - Termites
- Imprégnabilité de l'aubier et du bois de cœur
- Largeur de l'aubier
- Données/informations supplémentaires, si disponibles

Ces données permettent d'estimer la réussite du traitement, c'est-à-dire une absorption suffisante du produit de protection et une profondeur de pénétration suffisante pour les essences de bois inconnues, pour l'application concernée.

En Suisse, deux procédés sont utilisés pour l'imprégnation en autoclave. L'imprégnation sous pression en autoclave et l'imprégnation sous pression alternée.

Imprégnation sous pression

Le bois séché à l'air est soumis à un vide afin de réduire l'air contenu dans le bois. Ensuite, l'autoclave (récipient sous pression pouvant être fermé de manière étanche aux gaz) est inondé de l'agent de protection et le processus d'imprégnation est effectué par surpression. Le liquide excédentaire est ensuite éliminé à l'aide d'un vide de nettoyage. Les agents de protection utilisés sont principalement des composés de sels solubles dans l'eau.

Imprégnation par pression alternée

Un procédé spécial d'imprégnation en autoclave. La sève contenue dans l'aubier est remplacée par une solution d'imprégnation aqueuse en soumettant le bois 400 à 600 fois à une alternance de vide et de pression. L'excédent de liquide est aspiré à l'aide d'un vide de nettoyage ou lavé à l'eau.



Figure 203 : Installation d'autoclavage (source : Imprägnierwerk AG Willisau)

Amélioration de l'absorption du produit de protection grâce à un traitement préalable spécial du bois

Dans la classe de risque 4, les essences de bois qui s'imprègnent mal doivent être soumises à un traitement spécial. C'est le cas par exemple pour la protection contre les avalanches, les poteaux téléphoniques ou d'autres domaines d'application similaires. Afin d'améliorer la capacité d'absorption des essences de bois peu imprégnables, plusieurs méthodes ont été développées pour atteindre les profondeurs de pénétration NP5 et NP6. Ainsi, les méthodes suivantes sont utilisées pour traiter le bois avant l'imprégnation sous pression :

- Perforation par piquûre (perforation par aiguilles)
- Perforation par perçage de petits trous (perforation par perçage)
- Perforation par incision (perforation par fente)
- Perforation par laser et jet d'eau



Figure 204 : Tête de perçage pour la perforation de perçage (à gauche), bois rond prétraité et imprégné sous pression avec perforation de fente (à droite) (source : Imprägnierwerk AG Willisau)

Des recherches sont également menées pour améliorer la capacité d'absorption du bois grâce à un prétraitement ciblé avec des cultures fongiques spéciales.

Label de qualité
Lignum «imprégné
en autoclave»

Les fabricants peuvent proposer des produits imprégnés en autoclave, qui ont été imprégnés pour la classe d'utilisation requise. Pour cela, il existe en Suisse le label de qualité Lignum « imprégné en autoclave ». Il est attribué aux produits en bois qui répondent aux exigences de qualité définies dans le règlement et qui présentent donc une imprégnation techniquement irréprochable et appropriée pour les classes d'utilisation 3 ou 4 (contact avec la terre ou l'eau). Il est divisé en deux groupes d'application : « poteaux en bois » (bois ronds avec une forte proportion d'aubier) et « produits » (bois de sciage).

Label de qualité « imprégné en autoclave - poteaux »

Le label de qualité Lignum « imprégné en autoclave – poteaux » déclare, en tenant compte des normes en vigueur, l'aptitude à la classe d'utilisation 4 exigée et une profondeur de pénétration moyenne de $\geq 15\text{mm}$. Cela signifie que la durée de vie visée de plus de 15 ans pour les poteaux en bois peut être atteinte. En Suisse, la durée de vie moyenne est de 25 à 40 ans. L'assurance qualité se base sur l'auto-contrôle des fabricants ainsi que sur le contrôle externe annuel effectué par l'Empa⁸.

⁸ Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche)



Figure 205 : Label de qualité Lignum pour les poteaux en bois (source : Lignum)

Label de qualité «Produits imprégnés en autoclave».

Le label de qualité Lignum «Produits imprégnés en autoclave» déclare, en tenant compte des normes en vigueur, l'aptitude de différents produits en différentes essences de bois à des fins non porteuses dans les classes d'utilisation CR 3 et CR 4.



Figure 206 : Label de qualité Lignum Produits (source : Lignum)

Informations complémentaires et règlements : www.lignum.ch > Technique > Préservation

7.4.5. Elimination du bois traité

Le bois traité avec des produits de conservation est considéré comme un "déchet de bois problématique" et doit être éliminé en conséquence.

Déchets de bois
problématiques

- Bois usagé ou déchets de bois qui ont été imprégnés de produits de conservation du bois par un procédé sous pression ou qui présentent des revêtements de composés organiques halogénés ;
- Les déchets de bois traités intensivement avec des produits de conservation du bois tels que le pentachlorophénol ;
- Les mélanges de ces déchets avec des combustibles bois

L'élimination des déchets de bois imprégnés sous pression issus de la fabrication et de la déconstruction s'effectue conformément aux dispositions légales de l'OMoD (ordonnance sur les mouvements de déchets) et de l'OLED (Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets). A la fin de leur phase d'utilisation, les bois traités avec des produits de conservation peuvent être valorisés thermiquement dans des installations autorisées telles que les usines d'incinération (UIOM) ou les cimenteries pour produire de l'énergie.

Dans les usines d'incinération des ordures ménagères, les gaz d'échappement sont épurés à l'aide de séparateurs électriques, de laveurs de gaz de fumée et d'installations de dénitrification.

Une élimination correcte réduit considérablement les émissions de polluants. Des mesures montrent que l'incinération des déchets dans des chauffages au bois non adaptés libère environ 1000 fois plus de dioxines que les incinérateurs d'ordures ménagères.

7.5. Modification chimique du bois

L'objectif de la modification chimique du bois est de changer les propriétés du bois de manière à rendre sa dégradation par les micro-organismes et les insectes plus difficile. Le bois modifié présente des propriétés statiques, optiques et hygroscopiques modifiées. De plus, la durabilité vis-à-vis des champignons et des insectes est améliorée, ce qui est avantageux, voire nécessaire, pour l'utilisation dans les classes de risques CR 3 et CR 4. Ces matériaux de construction ne sont pas encore normalisés. Il convient donc de respecter scrupuleusement les indications techniques des fabricants lors de leur utilisation.

Lors de la modification chimique du bois, des substances sont intégrées dans la matrice du bois et réagissent avec les groupes OH de la paroi cellulaire.

Les procédés suivants sont utilisés

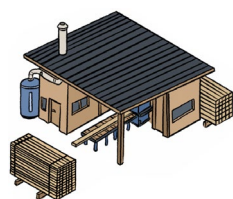
- Acétylation du bois : le bois acétylé est obtenu par imprégnation en autoclave avec de l'anhydride acétique. Grâce à ce processus, le bois acétylé fraîchement produit a une odeur d'acide acétique. Le bois traité présente ensuite des caractéristiques de retrait et de gonflement massivement réduites. La durabilité atteint la classe CD 1. Le bois acétylé réagit de manière acide et provoque une corrosion massive des aciers normaux. Même l'acier galvanisé ne suffit pas. C'est pourquoi il ne faut travailler qu'avec des moyens de fixation inoxydables appropriés. Le bois conserve toutefois sa couleur d'origine et peut également être coloré.
- Furfurylation : l'imprégnation en autoclave avec de l'alcool furfurylique permet d'obtenir du bois furfurylé par réticulation avec les groupes OH de la paroi cellulaire. Le bois prend massivement du poids et atteint la classe de durabilité CD 1. La furfurylation donne au bois une coloration brun foncé. D'autres teintes ne sont pas possibles.

7.6. Imprégnation sans biocides

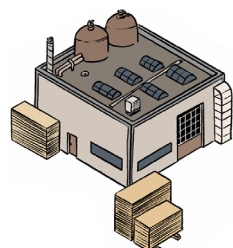
Une autre possibilité d'augmenter la résistance du bois aux influences extérieures est de le traiter avec différentes substances non-biocides. Sous pression, les cavités cellulaires du bois sont remplies de substances hydrofuges telles que des cires. Il en résulte une augmentation du poids, une réduction de la masse de retrait et de gonflement ainsi qu'une humidité d'équilibre plus faible. De plus, le bois est rendu moins attractif pour les organismes biologiques tels que les champignons et les insectes. Il est également possible de combiner cette méthode avec le traitement thermique. Les agents d'imprégnation suivants sont utilisés :

- Résines : résines naturelles d'arbres ou résines synthétiques
- Cires : cires naturelles ou synthétiques thermofusibles et paraffines
- Huiles : le plus souvent à base d'huile de lin

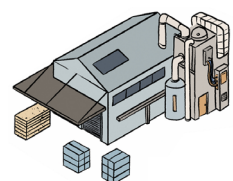
8. Produits à base de bois



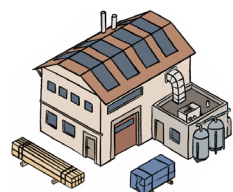
Raboterie



Usine de panneaux



Usine de panneaux de fibres



Usine de collage

CO d1 : Préparation de la fabrication de produits à base de bois

Les sciages, produits accessoires et résiduels, ainsi que les plaquages, etc. mis à disposition sont transformés en lames rabotées, bois massif classé selon la résistance, produits en bois collé et dérivés du bois.

Comme base pour votre activité dans ce domaine, ce chapitre vous présente les produits à base de bois, avec leurs règles et leurs usages, ainsi que quelques bases pour le classement selon la résistance.



Figure 207 : produits à base de bois (source: Blumer-Lehmann AG)

Tâches pratiques dans l'entreprise

Stade de production 2

- Préparer les commandes de produits à base de bois, trier selon la qualité et mettre à disposition
- Réparer le bois selon la classe d'aspect (qualité)
- Contrôler, sous supervision, les produits fabriqués après chaque étape de travail

Stage pratique en stade de production 2 (sous supervision)

- Préparer les commandes de produits à base de bois, trier selon qualité industrie, supérieure, N1 et N2 et mettre à disposition
- Réparer le bois selon la classe d'aspect
- Contrôler les produits fabriqués après chaque étape de travail

Cours interentreprises 6 & 7

- Evaluer la qualité selon les usages du commerce des bois
- Humidité du bois selon les usages prévus
- Classement selon la résistance et l'aspect
- Assurance qualité, essais de flexion des aboutages, essais de cisaillement (essai de délamination)
- Contrôle de qualité, préparation des commandes, composition des livraisons, contrôle final, compléter des listes de produits et documenter les livraisons

Situations professionnelles

- Vous transportez des matériaux bruts vers la production, au sein de l'entreprise.
- A la scie à tronçonner, dans la production, vous trie des lames pour lamellé-collé selon la résistance.
- Vous participez à la production de lames rabotées, de bois massif et de bois collé.
- Vous mettez en stock les produits à base de bois.
- Vous préparez des commandes de produits à base de bois, selon les commandes des clients

Objectifs d'apprentissage

- Vous expliquez le classement selon l'aspect des lames rabotées, et vous l'appliquez de manière exemplaire.
- Vous décrivez les usages courants des lames rabotées.
- Vous expliquez les normes relatives au classement selon l'aspect des bois massifs.
- Vous décrivez les procédures pour le classement selon la résistance des bois massifs et de l'assurance qualité, et vous les appliquez de manière exemplaire.
- Vous expliquez les règles et les usages pour le classement des produits en bois collé ainsi que pour le tronçonnage lors du classement selon la résistance, et vous les appliquez de manière exemplaire.
- Vous décrivez les dérivés du bois courants et leurs usages.
- Vous expliquez le classement des dérivés du bois selon leurs éléments structurels ainsi que les classes techniques, et vous les appliquez de manière exemplaire.
- Vous décrivez les dérivés du bois courants et leurs usages.
- Vous citez les avantages potentiels des dérivés du bois, par rapport au bois massif.

8.1. Produits à base de bois

Les sciages (voir chap. connaissance des assortiments, ^{re} année), les produits accessoires et les produits résiduels ainsi que les placages, etc. peuvent être transformés en produits à base de bois. Les principaux produits à base de bois sont :

- Lames rabotées
- Bois de structure, y c. bois collé
 - Bois massif classé selon la résistance
 - Bois massif à entures multiples
 - Bois massif reconstitué
 - Bois lamellé-collé, y c. carrelets d'ossature, éléments de construction composites en bois lamellé-collé et bois lamellé-collé avec aboutage à entures multiples de grandes dimensions
 - Bois lamellé croisé y c. bois lamellé croisé avec aboutage à entures multiples de grandes dimensions
- Dérivés du bois
 - Bois panneautés monocouche ou multicouches
 - Contreplaqué
 - Lamibois (LVL)
 - Panneaux de particules liées à la résine synthétique
 - Panneaux de lamelles minces, longues et orientées / Oriented Strand Board (OSB)
 - Panneaux de particules liées au ciment
 - Panneaux de fibres durs
 - Panneaux de fibres mi-durs
 - Panneaux de fibres tendres
 - Panneaux de fibres de moyenne densité (MDF)
 - Produits isolants en fibres de bois
 - Panneaux légers en laine de bois
 - Panneaux surfacés mélaminés

Triage et
classement

Selon les conditions d'utilisation, les produits à base de bois sont attribués à une classe d'aspect, en fonction de leur aspect. Pour cela, les sciages utilisés sont par exemple déjà triés lors du processus de production. Le tableau 1 montre, à titre d'exemple, les classes d'aspect pour les lames rabotées et le bois de structure, y c. le bois collé latté.

	LAMES RABOTÉES	BOIS MASSIF	BOIS MASSIF À ENTURES MULTIPLES	BOIS MASSIF RECONSTITUÉ	BOIS LAMELLÉ-COLLÉ
CLASSE D'ASPECT	A Supérieure A+R Supérieure sur quartier / faux quartier	Supérieure	–	–	Supérieure
	N N1 Normale 1 N1+R Normale 1 sur quartier / faux quartier N2 Normale 2 N2+R Normale 2 sur quartier / faux quartier	Normale	Normale	Normale	Normale
	I Industrie	Industrie	Industrie	Industrie	Industrie

A côté du classement selon l'aspect, il y a aussi un classement selon la résistance pour les produits destinés à des usages structurels dans la construction (produits de structure). Les normes de produits contiennent, pour cela, des dispositions relatives aux matériaux utilisés et à la production. Si ces dispositions sont respectées, le produit atteint la classe de résistance correspondante. A l'exception du bois massif, un classement selon la résistance n'est plus possible sur le produit fini. Le tableau 2 montre, à titre d'exemple, les classes de résistance usuelles pour le bois de structure, y c. le bois collé latté.

	BOIS MASSIF	BOIS MASSIF À ENTURES MULTIPLES	BOIS MASSIF RECONSTITUÉ	BOIS LAMELLÉ-COLLÉ
CLASSE DE RÉSISTANCE	C16	C16	C16	–
	C24	C24	C24	–
	C30	–	–	–
	–	–	–	GL20h
	–	–	–	GL24c
	–	–	–	GL24h
	–	–	–	GL28c
	–	–	–	GL28h
	–	–	–	GL32c
	–	–	–	GL32h

Les lames rabotées ne sont usuellement pas classées selon la résistance. Le bois massif reconstitué et les dérivés du bois font l'objet de données spécifiques concernant leurs caractéristiques mécaniques.

Les règles et usages pour les sciages sont spécifiés dans le document « Bois et panneaux à base de bois : critères de qualité dans la construction et l'aménagement intérieur – Usages du commerce en Suisse, Edition 2021 » (Lignum, 2021), désignés ici en tant que « CQ Bois+DB ». Les principaux éléments de ces CQ Bois+DB relatifs aux produits à base de bois sont récapitulés ci-après. Dans la pratique, il est recommandé de se référer directement aux CQ Bois+DB, concernant les règles et usages.

8.2. Lames rabotées (Lignum, 2021a)

Comme base pour votre activité dans la raboterie ou le commerce, ce chapitre vous présente les lames rabotées, avec leurs règles et leurs usages.

8.2.1. Qu'est-ce qu'une lame rabotée ?

Les lames rabotées sont des sciages rabotés sur au moins trois côtés, sous la forme de planches profilées. Les lames sont le plus souvent munies d'une rainure et d'une crête (rainée-crêtée), d'un autre assemblage à emboîtement ou sont à chants plats (voir chapitre connaissance des assortiments, 1^{ère} année). Les arrêtes peuvent être chanfreinées ou arrondies.

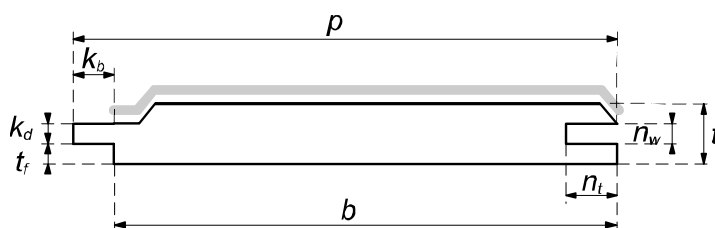


Figure 208 : Section d'une planche profilée rainée-crêtée (schématique)
(source : figure 3.2-1 tirée de Lignum, 2021a)

Dans les figures on utilise les sigles suivants :

- t Epaisseur
- p Largeur (lame)
- b Largeur utile
- k_d Epaisseur de crête
- k_b Largeur de crête
- t_f Epaisseur sous crête
- n_t Profondeur de rainure
- n_w Largeur de rainure
- Face visible

Les dimensions en mm données sont à considérer comme des valeurs indicatives pour les rainures et les crêtes. D'autres formes et dimensions peuvent être nécessaires pour répondre aux exigences concernant la résistance au feu.

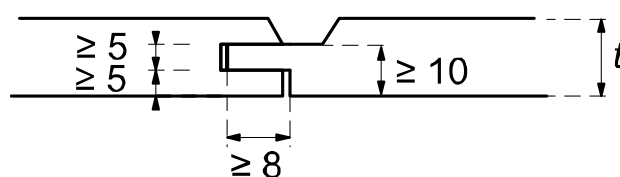
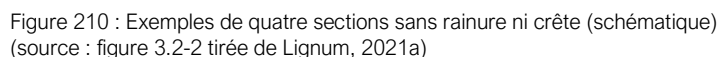


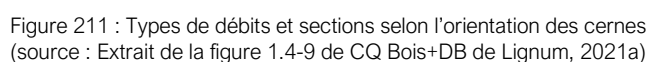
Figure 209 : Dimensions types (valeurs indicatives) pour les rainures et les crêtes
(source : figure 3.2-3 tirée de Lignum, 2021a)



Métré Pour la facturation, le métré est calculé comme surface = longueur x largeur utile *b* selon les figures).

Règles et usages

Débit des planches brutes rabotables et orientation des cernes sur les lames rabotées

Débit
planches brutes

5 Planche à cœur fendu avec moelle visible
6 Planche sciée sur quartier

- 7 Planche sciée sur faux quartier
- 8 Produit principal
- 9 Planche de bord refendue dans le produit principal
- 10 Planche de bord
- 11 Dosse

Orientation des
cernes
définitions

Dans les CQ Bois+DB, chapitre 1.4-11, les termes décrivant les sections selon l'orientation des cernes sont définis comme suit :

PIÈCE OU PLANCHE SCIÉE SUR QUARTIER	Pièce de bois dont les couches d'accroissement forment un angle d'approximativement 90° (dans l'idéal) avec les faces, respectivement un angle d'au moins 60° avec la face extérieure.
PIÈCE OU PLANCHE SCIÉE SUR FAUX- QUARTIER	Pièce dont les couches d'accroissement forment un angle d'environ 60°, mais d'au moins 30°, avec la face extérieure.
PLANCHE DE BORD	Pièce issue de la zone externe de la section de la bille avec essentiellement des cernes annuels couchés.

En raison de leur comportement plus favorable en matière de retrait et de gonflement en réponse aux variations d'humidité, les lames rabotées sont souvent commandées à partir de planches sur quartier / faux quartier. La représentation schématique montre qu'il est préférable de débiter pour cela des bois de gros diamètre, en raison du rendement nettement plus élevé de planches sur quartier / faux quartier. Les lames rabotées issues de planches sur quartier / faux quartier est par conséquent réalisés à partir de bois de gros diamètre. Les lames rabotées sans exigences particulières quant à l'orientation des cernes sont généralement réalisées à partir de bois de faible diamètre.

L'aspect des lames rabotées réalisées à partir de bois de gros diamètre ou de faible diamètre est toutefois fondamentalement différent. Les produits issus de bois de gros diamètre présentent par exemple des nœuds de plus gros diamètre que les produits issus de bois de faible diamètre.



Figure 212 : A gauche : lames pour lambris réalisées à partir de bois de faible diamètre (épicéa N1). A droite : lames pour lambris réalisées à partir de bois de gros diamètre (sapin A+R) (source : Figures 3.1-2 et 3.1-1 tirées de Lignum, 2021a).

Classes d'aspect pour les lames rabotées

Classes d'aspect
pour les résineux

Pour les lames rabotées en épicéa (y compris d'Europe du Nord), sapin, pin, mélèze et douglas d'Europe centrale, on distingue les quatre principaux groupes de qualité suivants, en fonction de leur condition d'utilisation :

- Qualité supérieure
pour les exigences élevées quant à l'aspect
- Qualité normale 1
usuelle pour les domaines apparents
pour les lambris intérieurs, les lames de plancher et les terrasses avec des exigences normales quant à l'aspect ainsi que
pour des bardages extérieurs avec des exigences accrues quant à l'aspect
- Qualité normale 2
pour les domaines apparents
usuelle pour des bardages extérieurs de murs et d'avant-toits avec des exigences normales quant à l'aspect
- Qualité industrie
pour les domaines sans exigences quant à l'aspect

Les groupes qualité supérieure, qualité normale 1 et qualité normale 2 sont subdivisés en une classe sans exigences concernant l'orientation des cernes et une classe avec une orientation des cernes correspondant à des planches sur quartier / faux quartier. Le symbole « +R » est ajouté pour la classe d'aspect avec une orientation des cernes correspondant à des planches sur quartier / faux quartier.

Exemples d'emploi des symboles de qualité :

- Symbole « N1 » pour la qualité normale 1 sans exigence concernant l'orientation des cernes
(généralement à partir de bois de faible diamètre)
- Symbole « N1+R » pour la qualité normale 1 avec exigence concernant l'orientation des cernes
(généralement à partir de bois de gros diamètre)

Classes d'aspect
pour les feuillus

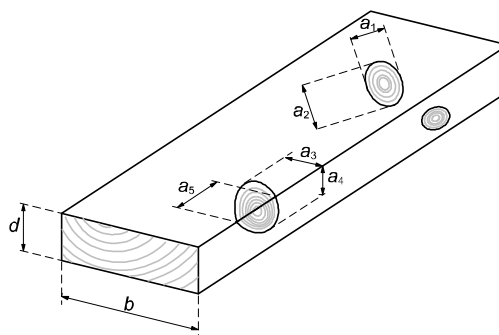
Pour les lames rabotées de chêne, hêtre, frêne et érable, on distingue trois classes d'aspect :

- Qualité supérieure
produits pratiquement sans nœuds, pour les domaines apparents avec exigences accrues quant à l'aspect
- Qualité normale 1
produits pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect
- Qualité normale 2 (rustique)
produits pour les domaines apparents avec exigences réduites quant à l'aspect

Mesure de la taille des nœuds sur les lames rabotées

Mesure de la taille
des nœuds pour le
classement selon
l'aspect

Pour le classement selon l'aspect des lames rabotées, on applique généralement la procédure « diamètre apparent moyen du nœud » pour la mesure de la taille des nœuds.



Nœud : diamètre apparent moyen = $\frac{a_1 + a_2}{2}$

Nœud d'arrête : Face : diamètre apparent moyen = $\frac{a_3 + a_5}{2}$

Chant (rive) : diamètre apparent moyen = $\frac{a_4 + a_6}{2}$

Figure 213 : Mesure du plus petit et du plus grand diamètre apparent d'un nœud (source : Figure 1.4-1 tirée de Lignum, 2021a)

Critères pour le classement selon l'aspect des lames rabotées

Critères pour le classement selon l'aspect

Les critères relatifs au classement selon l'aspect sont définis dans les CQ Bois+DB, tableaux 3.1-1 à -8. Ils se réfèrent à une humidité du bois convenue et à la face apparente lors de l'usage habituel. Pour le classement, on déterminera la taille des nœuds à l'endroit le plus défavorable de la planche profilée.

Des processus de production spécifiques au producteur comme le colmatage des nœuds ou l'aboutage en longueur de lames rabotées sont admissibles, si leur adéquation et leur durabilité, compte tenu de l'usage prévu, sont assurées.

Connaissez-vous le lien entre une « patte de chat » et des nœuds ? Trouvez-le ! Les caractéristiques pour le classement selon l'aspect sont décrites dans les CQ Bois+DB, chapitre 1.4. Pour pouvoir trier et classer des lames rabotées, vous devez connaître les définitions de ces caractéristiques.

8.2.3. Lames pour bardages extérieurs

Produit

Les lames pour bardages extérieurs sont généralement utilisées pour des revêtements de façades ou d'avant-toits, dans le bâtiment.

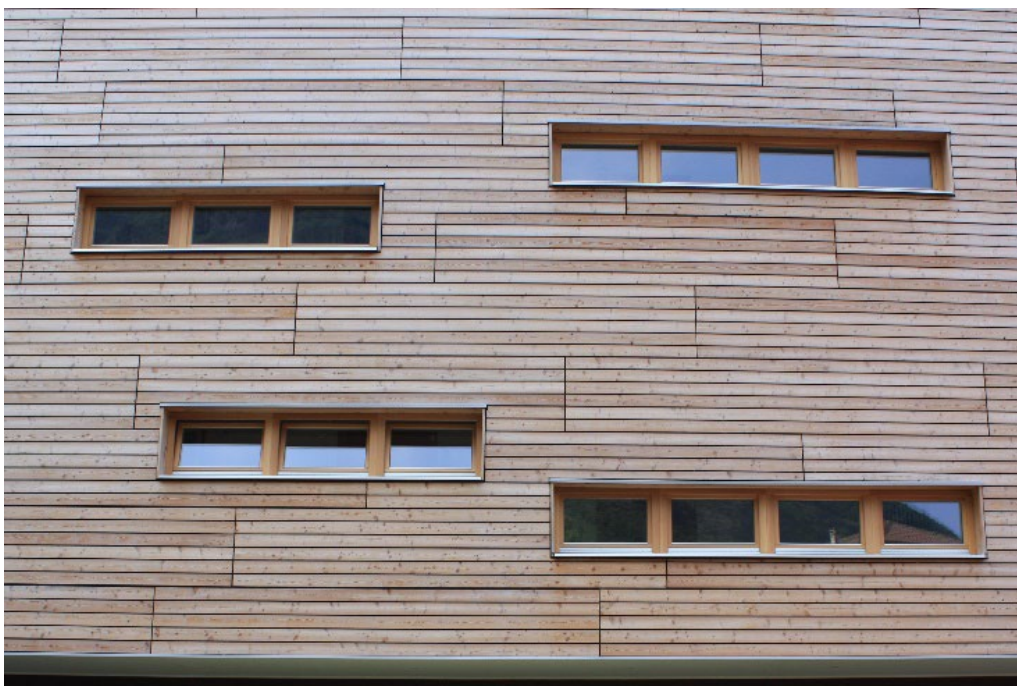


Figure 214 : Bardage en lames de mélèze (source : Lignum, 2021a)

Normes, règles et usages

Les bardages sont fondamentalement soumis à la législation sur les produits de construction, voir CQ Bois+DB, chapitre 0.2. Les bardages en bois massif sont réalisés

- en lames de résineux avec rainure et crête selon SN EN 14519
- en lames de résineux sans rainure ni crête selon SN EN 15146
- en lames de feuillus selon SN EN 14951

Pour les règles et usages relatifs aux dimensions usuelles, à la surface, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au métré, voir CQ Bois+DB, chapitre 3.2.

Classes d'aspect usuelles

Les classes d'aspect suivantes sont usuelles pour les lames de résineux pour bardages :

- avec exigences normales quant à l'aspect N2 et N2+R
- avec exigences accrues quant à l'aspect N1 et N1+R
- sans exigences quant à l'aspect I

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 3.1.3.

Sans convention particulière

Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent pour la livraison de lames de résineux pour bardages :

- Classe d'aspect N2, sans entures multiples dans la longueur
- Humidité du bois $15 \pm 2\%$ pour usage extérieur ou max. 16% pour revêtements non visibles

8.2.4. Lames pour lambris intérieurs

Produit

Les lames pour lambris intérieurs sont généralement utilisées pour des revêtements de murs et de plafonds dans le bâtiment.

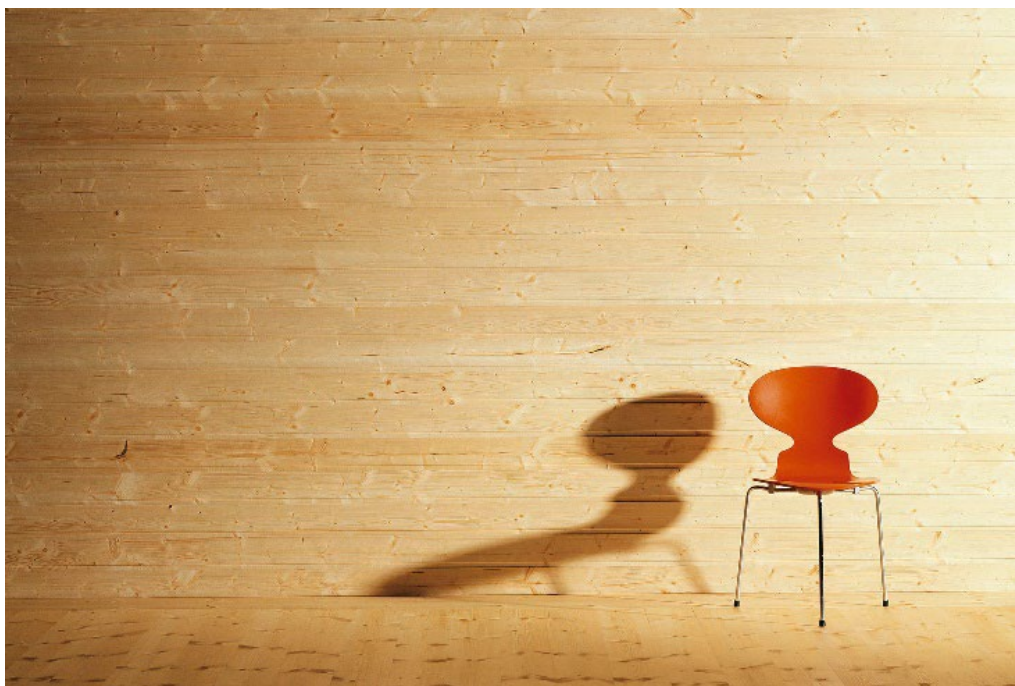


Figure 215 : Lambris mural en épicéa (source : Lignum, 2021a)

Normes, règles et usages

Les lambris sont fondamentalement soumis à la législation sur les produits de construction, voir CQ Bois+DB, chapitre 0.2. Les bardages en bois massif sont réalisés :

- en lames de résineux avec rainure et crête selon SN EN 14519
- en lames de résineux sans rainure ni crête selon SN EN 15146
- en lames de feuillus selon SN EN 14951

Pour les règles et usages relatifs aux dimensions usuelles, à la surface, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au mètre, voir CQ Bois+DB, chapitre 3.3.

Classes d'aspect usuelles

Les classes d'aspect suivantes sont usuelles pour les lames de résineux pour lambris :

- avec exigences normales quant à l'aspect N1 et N1+R
- avec exigences accrues quant à l'aspect A et A+R
- avec exigences réduites quant à l'aspect N2 et N2+R
- sans exigences quant à l'aspect I

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 3.1.3.

Sans convention particulière

Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent pour la livraison de lames de résineux pour lambris :

- classe d'aspect N1, sans entures multiples dans la longueur
- humidité du bois $10 \pm 2\%$ pour usage intérieur ou max. 16% pour revêtements non visibles

8.2.5. Lames de plancher

Produit

Les lames de plancher sont habituellement utilisées comme revêtement de sol dans le bâtiment.



Figure 216 : Lames de plancher en mélèze comme revêtement de sol à l'extérieur (source : Lignum, 2021a)

Normes, règles et usages

Les lames de plancher sont fondamentalement soumises à la législation sur les produits de construction, voir CQ Bois+DB, chapitre 0.2. Les lames de plancher en bois massif sont réalisées :

- en lames de résineux avec rainure et crête selon SN EN 13990
- en lames de feuillus avec rainure et crête selon SN EN 13629
- en profilés de résineux ou de feuillus sans rainure ni crête

Pour les règles et usages relatifs aux dimensions usuelles, à la surface, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au métré, voir CQ Bois+DB, chapitre 3.4.

Classes d'aspect usuelles

Les classes d'aspect suivantes sont usuelles pour les lames de plancher en résineux pour terrasses :

- avec exigences normales quant à l'aspect N1 et N1+R
- avec exigences accrues quant à l'aspect A et A+R
- avec exigences réduites quant à l'aspect N2 et N2+R
- sans exigences quant à l'aspect I

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 3.1.3.

Sans convention particulière

Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent pour la livraison de lames de plancher de résineux pour terrasses :

- classe d'aspect N1, sans entures multiples dans la longueur

8.2.6. Baguettes profilées en résineux et en feuillus

Produit

Les baguettes profilées en bois massif sont utilisées pour la fabrication de meubles et l'aménagement intérieur ainsi que pour la construction comme couvre-joints, plinthes, listes d'angle, etc.



Figure 217 : Baguettes profilées en résineux et en feuillu (source : Lignum, 2021a)

Les profils et les dimensions sont très variés.

Règles et
usages

Pour les règles et usages relatifs aux dimensions usuelles, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au mètre, voir CQ Bois+DB, chapitre 3.5.

Pour les baguettes profilées en résineux et en feuillus, on distingue trois classes :

- A Qualité supérieure pour les domaines apparents avec exigences accrues quant à l'aspect
- N Qualité normale pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect
- I Qualité industrie pour les domaines sans exigences quant à l'aspect

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 3.5.6.

Sans convention
particulière

Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent pour la livraison de baguettes profilées pour l'intérieure :

- Humidité du bois pour usage intérieur $9 \pm 2\%$

8.3. Bois massif (Lignum, 2021a)

Le bois massif a déjà été décrit dans le chapitre Grumes et triage des grumes (2^e année). Le présent chapitre traite du classement selon la résistance et de l'assurance qualité.

Comme base pour votre activité dans la scierie et l'entreprise de collage, ce chapitre vous présente les fondements du classement selon la résistance et de l'assurance qualité.

Classement du bois
massif selon la ré-
sistance

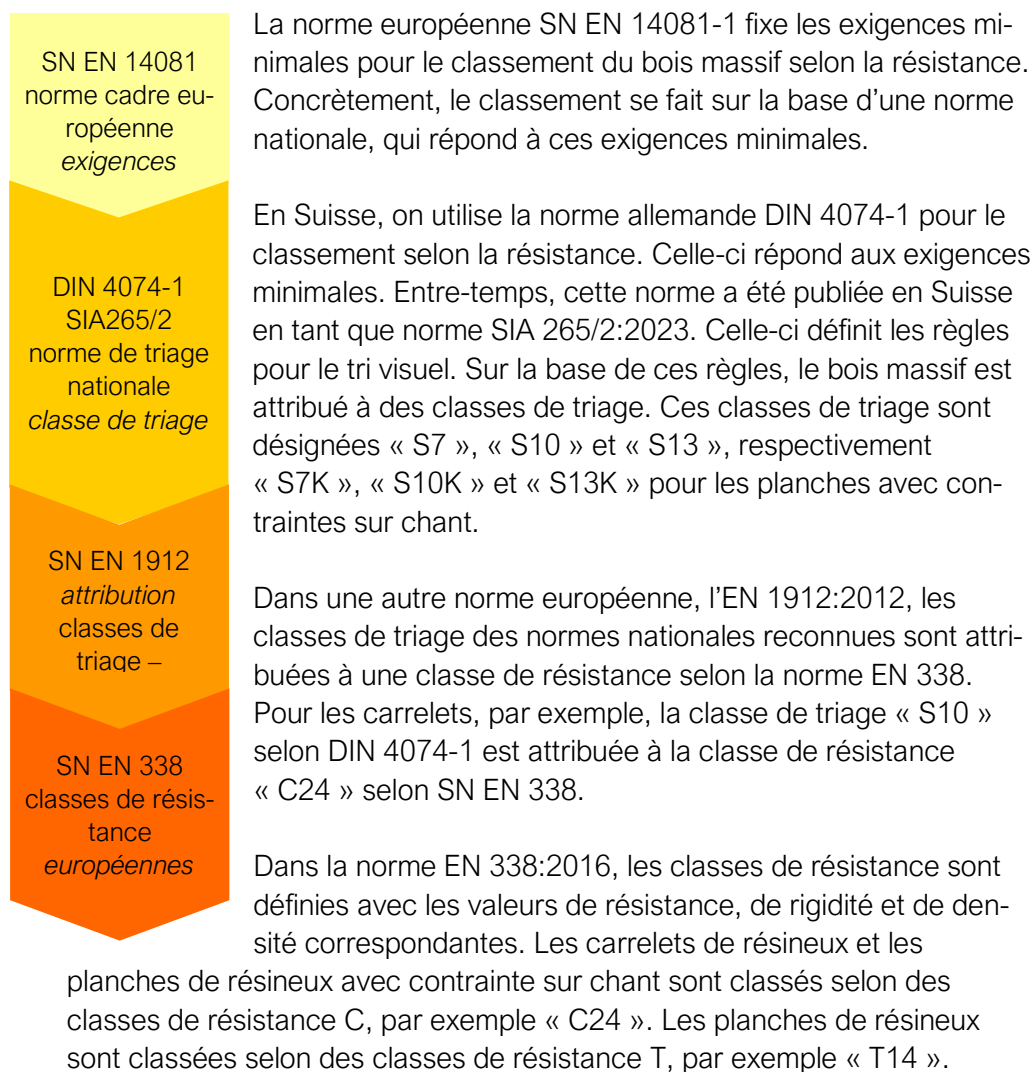
Le classement du bois massif selon la résistance est important pour son usage en tant qu'élément de construction porteur et matériau de base pour la réalisation de produits en bois collé (voir également chapitre 1.3.1). La sécurité structurale d'un ouvrage ne peut être assurée de manière fiable que si les éléments de construction

porteurs présentent effectivement les valeurs de résistance requises. C'est pourquoi nous traitons ici le classement du bois massif selon la résistance. Il y a fondamentalement deux méthodes de classement selon la résistance, à savoir le tri visuel et le tri mécanique.

8.3.1. Normes pour le classement selon la résistance

Système de normes pour le classement selon la résistance

Le système européen de normalisation pour le classement en fonction de la résistance et les classes de résistance est structuré comme suit :



Dans la pratique, vous allez par conséquent utiliser les normes DIN 4074-1 ou SIA 265/2 pour le tri visuel.

8.3.2. Classement selon la résistance par tri visuel selon la norme SIA 265/2

Normes

La norme allemande DIN 4074-1 a été reprise en tant que norme SIA 265/2. Les contenus sont identiques. En Suisse, elle s'applique au tri visuel pour le classement selon la résistance des sciages de résineux. Les sciages ne peuvent être triés visuellement selon cette norme que par un professionnel qualifié.

Classes de triage

La norme SIA 265/2 distingue trois classes, sur la base de caractéristiques pouvant être constatées visuellement :

- Sciages de classe S 7
- Sciages de classe S 10
- Sciages de classe S 13

La description des caractéristiques et des critères de tri est donnée directement dans la norme SIA 265/2. Les critères de tri se réfèrent à une humidité du bois de 20 %. Les caractéristiques de tri doivent être déterminées à l'endroit le plus défavorable du sciage pour chaque caractéristique. Il peut s'agir de différents endroits pour les différentes caractéristiques. Pour les bois triés non séchés, les caractéristiques fentes de séchage et courbure ne sont pas pris en compte.

Pour les transformations ultérieures du sciage, la classe de résistance déterminée ne reste valable que si la section n'est pas réduite de plus de :

- 5 mm pour des sections jusqu'à 100 mm
- 10 mm pour des sections de plus de 100 mm

En cas de réduction plus importante de la section, un nouveau classement est nécessaire.

Définition de planches, madriers et carrelets

La norme SIA 265/2 définit comme suit, dans le tableau 4, les planches, madriers et carrelets, pour leur classement selon la résistance.

Type de sciage	Epaisseur d et hauteur h	Largeur b
Planche	d jusqu'à 40 mm ^a	b jusqu'à 80 mm
Madrier	d supérieur à 40 mm ^a	b supérieur à $3 \cdot d$
Carrelet	b inférieur à h et h inférieur ou égale à $3 \cdot b$	b supérieur à 40 mm
^a Cette valeur limite ne s'applique pas aux planches pour lamellé-collé (lames pour BLC)		

Procédures

La norme SIA 265/2 comprend deux procédures pertinentes en Suisse pour le classement selon la résistance par tri visuel :

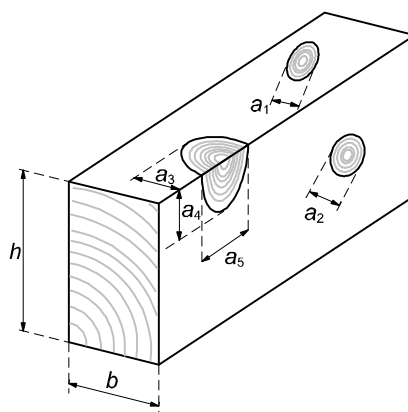
- Le « triage de carrelets » pour des carrelets et principalement des planches et des madriers avec contraintes de flexion sur chant (K). Pour ces planches et madriers, la désignation de la classe de triage est complétée par « K ». C'est-à-dire « S7K », « S10K » et « S13K ». Ces classes de triage sont finalement attribuées aux classes de résistance C selon SN EN 1219.
- Le « triage de planches » pour des planches et des madriers. Ces classes de triage sont finalement attribuées aux classes de résistance C selon SN EN 1219.

Dans les scieries suisses, les lattes ne sont habituellement pas classées selon la résistance.

Les deux procédures « triage de carrelets » et « triage de planches » se distinguent principalement par la méthode de mesure des nœuds.

Mesure de la taille des nœuds pour le triage de carrelets

Dans le cas du « triage de carrelets », la taille des nœuds est mesurée selon la méthode du « plus petit diamètre apparent du nœud »



Nœud : plus petit diamètre apparent = a_1 ou a_2

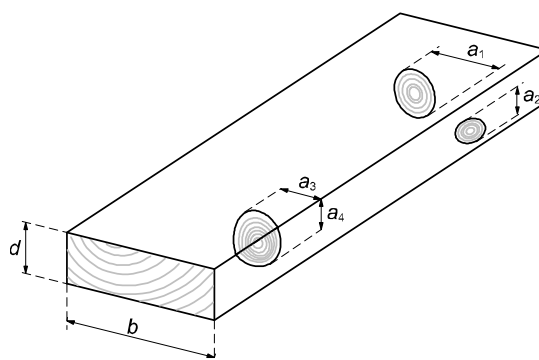
Nœud d'arrête : face b : plus petit diamètre apparent = plus petite valeur de a_3 et a_5
face h : plus petit diamètre apparent = plus petite valeur de a_4 et a_5

Figure 218 : Mesure du plus petit diamètre apparent d'un nœud. (source : Figure 1.4-5 tirée de Lignum, 2021a)

La nodosité A est calculée comme le plus petit diamètre apparent divisé par la largeur b ou la hauteur h de la face correspondante de la section. C'est la nodosité la plus élevée qui est déterminante. Lors du triage, ce sont souvent les nœuds sur la plus petite face de la section (largeur b dans la figure) qui sont déterminants.

Mesure de la taille des nœuds pour le triage de planches

Dans le cas du « triage de planches », la taille des nœuds est mesurée selon la méthode « largeur du nœud mesurée perpendiculairement à l'axe longitudinal de la planche » (CQ Bois+DB page 18, figures 1.4-2, -3 et -4).



Nœud : largeur du nœud = a_1 resp. a_2

Nœud d'arrête : face : largeur du nœud = a_3
chant (rive) : largeur du nœud = a_4

Figure 219 : Mesure de la dimension des nœuds perpendiculairement à l'axe longitudinal de la planche. (source : figure 1.4-2 tirée de Lignum 2021)

Dans le cas du « triage de planches », on tient compte de trois critères pour la nodosité :

- Nœud unique :

La nodosité A est calculée comme la somme des largeurs a visibles déterminées selon 5.1.3.1 sur toutes les faces sur lesquelles le nœud est visible, divisée par deux fois la largeur b .

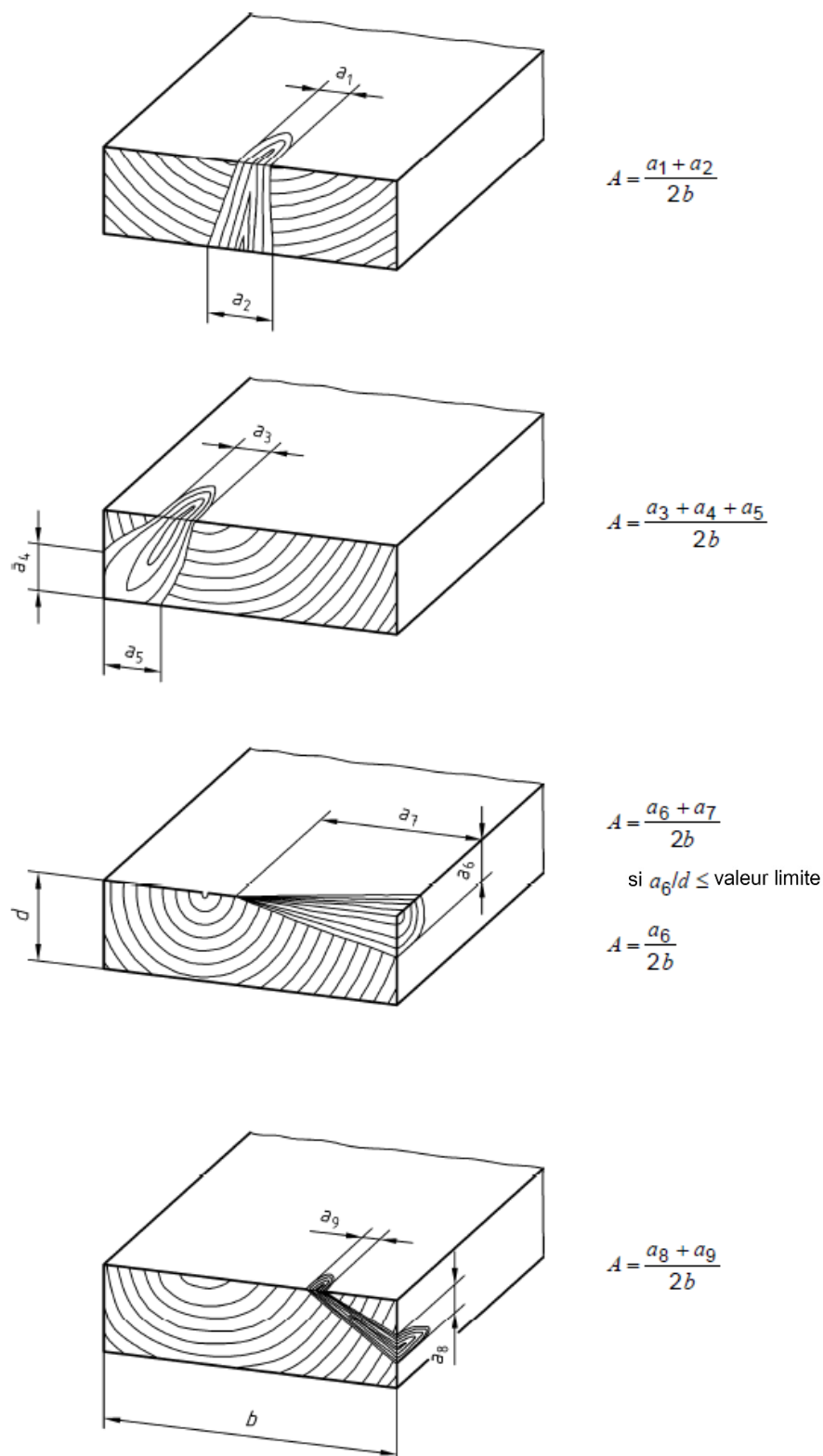


Figure 220 : Mesure et calcul de la nodosité A pour un nœud unique (source : figure 3 tirée de SIA, 2023)

- Nœuds groupés :
La nodosité A est calculée comme la somme des largeurs a visibles de tous les nœuds essentiellement à l'intérieur d'un tronçon de 150 mm, divisée par deux fois la largeur b . Les nœuds dont les largeurs se recoupent sont comptés globalement.

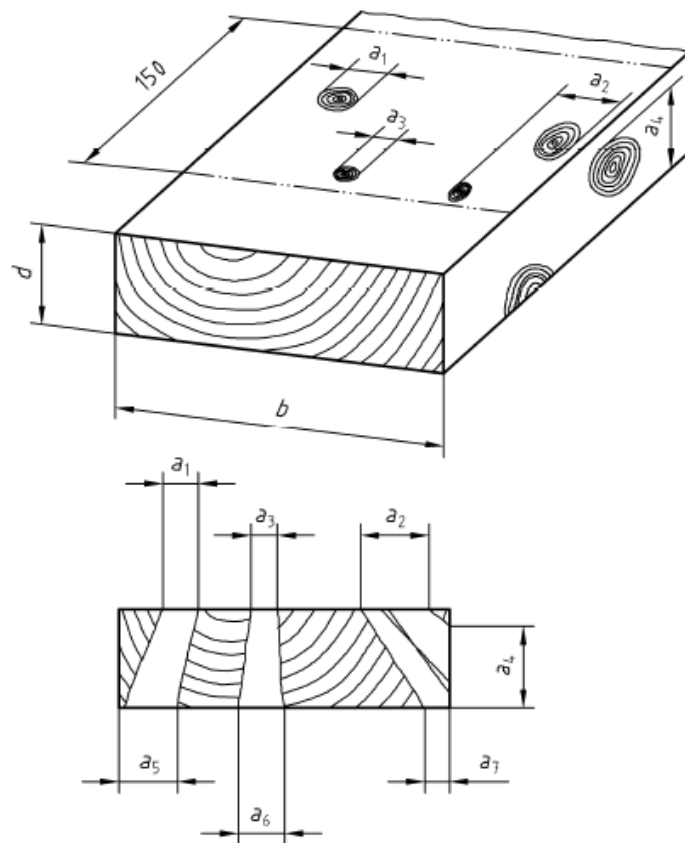


Figure 221 : Mesure et calcul de la nodosité A pour des nœuds groupés
(source : figure 4 tirée de SIA, 2023)

$$A = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7}{2b}$$

- Nœuds de chant :
Pour les nœuds de chant, la somme de la longueur des nœuds projetée sur la face est un critère de triage supplémentaire. Ce critère ne s'applique pas aux planches pour bois lamellé-collé (lames pour BLC).

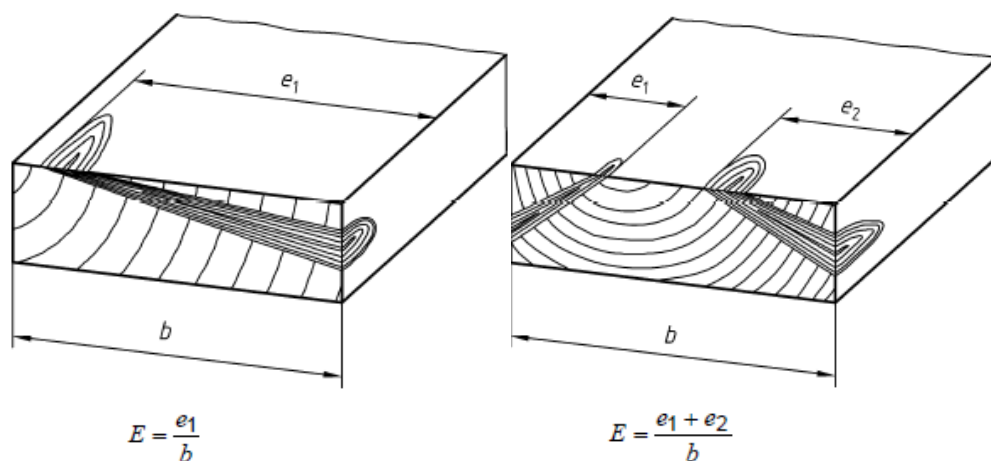


Figure 222 : Détermination des longueurs des nœuds de chant projetées sur la face
(source : figures 5 et 6 tirées de SIA, 2023)

Conseils pour la
pratique

A quoi doit-on être particulièrement attentif lors du classement selon la résistance ?

Les principaux facteurs influençant la résistance sont les nœuds, l'inclinaison des fibres et la largeur des cernes. Dans la pratique, la largeur moyenne des cernes n'est toutefois déterminante que pour la classe de triage S13.

Dans la procédure « triage de carrelets », ce sont souvent les nœuds sur le chant (b dans la figure) qui sont déterminants pour l'attribution à une classe de triage.

Dans la procédure « triage de planches », des essais de traction ont montré que la résistance à la traction peut être fortement réduite :

- Sur les planches de cœur et à cœur refendu, par des nœuds sur les arrêtes et le chant, voir exemple graphique ci-dessus
- Sur les planches de bord, par des fibres inclinées dans le sens de l'épaisseur de la planche, voir exemples





Figure 223 : Planche de cœur avec nœuds groupées sur les arrêtes/chants.
 En haut face 1, au milieu face 2, en bas, face 1 après rupture en traction.
 Classement avant essai : nœud unique $A = 0,25$; nœuds groupés $A = 0,502$; classe de triage S7.
 La résistance à la traction de $10,4 \text{ N/mm}^2$ obtenue lors de l'essai est inférieure à la valeur de 11 N/mm^2 , caractéristique pour la classe de triage T11. (source : Fuhrmann / Deublein)



Figure 224 : Planche de bord avec gros nœuds et fibres inclinées dans le sens de l'épaisseur de la planche.
 En haut face 1, en bas face 2.
 Classement avant essai : nœud unique $A = 0,37$; nœuds groupés $A = 0,61$; classe de triage S7.
 La résistance à la traction de $9,4 \text{ N/mm}^2$ obtenue lors de l'essai est inférieure à la valeur de 11 N/mm^2 , caractéristique pour la classe de triage T11. (source : Fuhrmann / Sigrist)

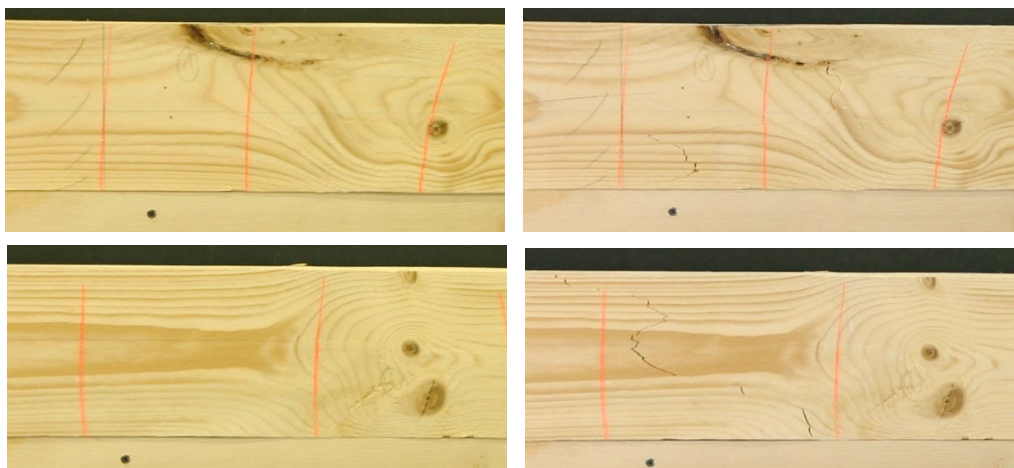


Figure 225 : Planche de bord avec gros nœuds et fibres inclinées dans le sens de l'épaisseur de la planche. En haut face 1, en bas face 2 ; à droite les deux faces après rupture en traction. Classement avant essai : nœud unique A = 0,33 ; nœuds groupés A = 0,54 ; classe de triage S7. La résistance à la traction de 12,8 N/mm² obtenue lors de l'essai est supérieure à la valeur de 11 N/mm², caractéristique pour la classe de triage T11. (source : Fuhrmann / Sigrist)

8.3.3. Tri mécanique selon la résistance

Principe de base

Dans le cadre du tri mécanique selon la résistance, le bois massif est trié par une machine en classes de triage. Pour cela, la machine mesure une ou plusieurs caractéristiques du bois massif de manière non destructive. Il existe plusieurs méthodes de mesure non destructive pouvant être utilisées par une machine (stress grading, radiographie, mesure du temps de parcours ultrasonique, scanner de surface, mesure des vibrations). Afin d'obtenir des résultats plus fiables, on combine deux ou trois de ces méthodes dans une machine de triage ainsi que pour l'évaluation des caractéristiques mesurées (par exemple nodosité, module d'élasticité et densité). La machine de triage doit être étalonnée au moyen d'essais de flexion, afin de classer correctement le bois massif en fonction de la classe de triage.

Étalonnage

Cet étalonnage de la machine de triage peut fondamentalement se faire selon deux systèmes, à savoir par « contrôle à la sortie » ou « contrôle par la machine ».

- Dans les systèmes avec contrôle à la sortie, le réglage initial de la machine est réalisé sur la base d'un nombre imposé d'essais de flexion, voir la norme SN EN 14081-2. En cours de fonctionnement de la machine, du bois massif est régulièrement prélevé et soumis à un essai de flexion selon SN EN 14081-3. Si les résultats des essais ne correspondent pas aux valeurs de réglage initiales, celles-ci doivent être adaptées en conséquence.
- Dans les systèmes avec contrôle par la machine, le réglage initial de la machine est réalisé et attesté par le fabricant selon les exigences de la norme SN EN 14081-2, sur la base d'un grand nombre d'essais de flexion pour du bois massif, en fonction du pays ou de la région de provenance et de l'essence. En cours de fonctionnement de la machine, il n'est plus nécessaire d'effectuer des contrôles du bois massif. La performance de la machine de triage doit encore être contrôlée au moyen de madriers de référence, voir SN EN 14081-3.

Triage visuel
complémentaire

Un certain triage visuel reste nécessaire, même avec un triage mécanique : du fait que la machine ne peut pas saisir toutes les caractéristiques, le bois massif trié mécaniquement doit, en plus, satisfaire aux exigences visuelles selon la norme SN EN 14081-1, tableau 1 (caractéristiques : longueur maximale des fentes, courbure maximale, flache, pourriture molle et altération de la teinte, attaque d'insectes, autres défauts).

Si une machine de triage ne contrôle pas une pièce jusqu'à ses extrémités (p.ex. machines de flexion pour le stress grading), ces domaines incomplètement contrôlés doivent être contrôlés visuellement (caractéristiques : diamètre des nœuds, inclinaison des fibres). Les exigences pour ces domaines sont fixées dans la norme SN EN 14081-1, tableau 2.

Contrôle de qualité
supplémentaire
pour les classes de
haute résistance

Pour les classes de haute résistance (au-dessus de C30), deux pièces de bois de structure doivent être prélevés pour chaque classe de triage et chaque équipe de travail, comme échantillons pour le contrôle qualité, afin de tester la résistance à la flexion sur chant. La procédure d'essai, l'évaluation des résultats et les critères sont donnés dans SN EN 14081-3.

8.3.4. Assurance qualité : contrôle de la production en usine (SIA, 2011)

Principe de base

Selon la législation en vigueur sur les produits de construction, le bois de structure à section rectangulaire classé selon la résistance doit être produit selon la norme SN EN 14081-1. Cette norme impose une assurance qualité au producteur. Le « contrôle de la production en usine » (CPU) doit assurer que les produits mis sur le marché correspondent aux caractéristiques indiquées.

Manuel d'assu-
rance qualité

Le contrôle de la production en usine par le producteur, avec les procédures correspondantes, les vérifications, les contrôles, les enregistrements, etc., doit être consigné dans le manuel qualité, conformément aux exigences de la norme.

La norme SN EN 14081-1 exige par exemple les contrôles et enregistrements suivants :

Les éléments suivants doivent être contrôlés pour chaque équipe de travail :

- La provenance du bois et l'essence (ou la combinaison d'essences)
- Les écarts des dimensions théoriques
- Le triage
- L'humidité du bois, pour le triage de bois sec
- Le marquage

Les éléments suivants doivent être contrôlés au moins une fois par an :

- La qualification du personnel, y compris l'évaluation du Bois de structure trié
- L'étalonnage de l'appareil de mesure de l'humidité

Pour chaque lot de bois de structure trié, on procédera aux enregistrements suivants :

- Numéro de mandat ou de commande et nom du client, si connu
- Essence et provenance
- Classe de triage et norme de triage (le cas échéant)
- Dimensions du bois et état de surface (raboté ou brut de sciage)

- Humidité du bois, pour le triage de bois sec
- Date et équipe de travail
- Nom du trieur ou de la personne responsable de la machine de triage
- En plus, en cas de triage mécanique : nombre de pièces par classe de triage et nombre de pièces rejetées par la machine de triage
- En plus, en cas de triage mécanique : tous les réglages de la machine

Certification

Le contrôle de la production en usine doit être certifié par une instance notifiée (organe de certification). Cela se fait sur la base d'un premier contrôle de l'entreprise et du contrôle de la production en usine, ainsi que d'une surveillance, d'une évaluation et d'une reconnaissance continues du contrôle de la production en usine. Pour la surveillance continue, le contrôle de la production en usine doit être contrôlé au moins une fois par an (ou deux fois par an en cas de triage mécanique) par l'instance notifiée (organe de certification).

Si l'entreprise ne produit du Bois de structure classé selon la résistance que sur liste, pour des objets spécifiques, elle est exemptée de l'obligation de certification du contrôle de la production en usine avec surveillance externe.

Y a-t-il, dans votre entreprise formatrice, un contrôle de la production en usine ? Est-il certifié ?

8.4. Bois collé

Comme base pour votre activité dans l'usine de bois collé, ce chapitre vous présente les produits en bois collé normalisés, avec leurs règles et usages, ainsi que les règles pour le tronçonnage lors du classement selon la résistance des planches, madriers et carrelets dans la production de bois collé.

8.4.1. Produits normalisés (SIA, 2013b), (SIA, 2014), (SIA, 2021)

Vue d'ensemble des produits nor- malisés

Les produits en bois collé sont fondamentalement soumis aux prescriptions de la législation relative aux produits de construction, voir CQ Bois+DB, chapitre 0.2. Les normes européennes définissent les différents produits en résineux et règlent leur fabrication. Le matériau de départ pour les produits en bois collé est toujours constitué par du bois massif classé selon la résistance, selon SN EN 14081-1. La représente la relation entre les normes européennes et les produits en bois massif et en bois collé.

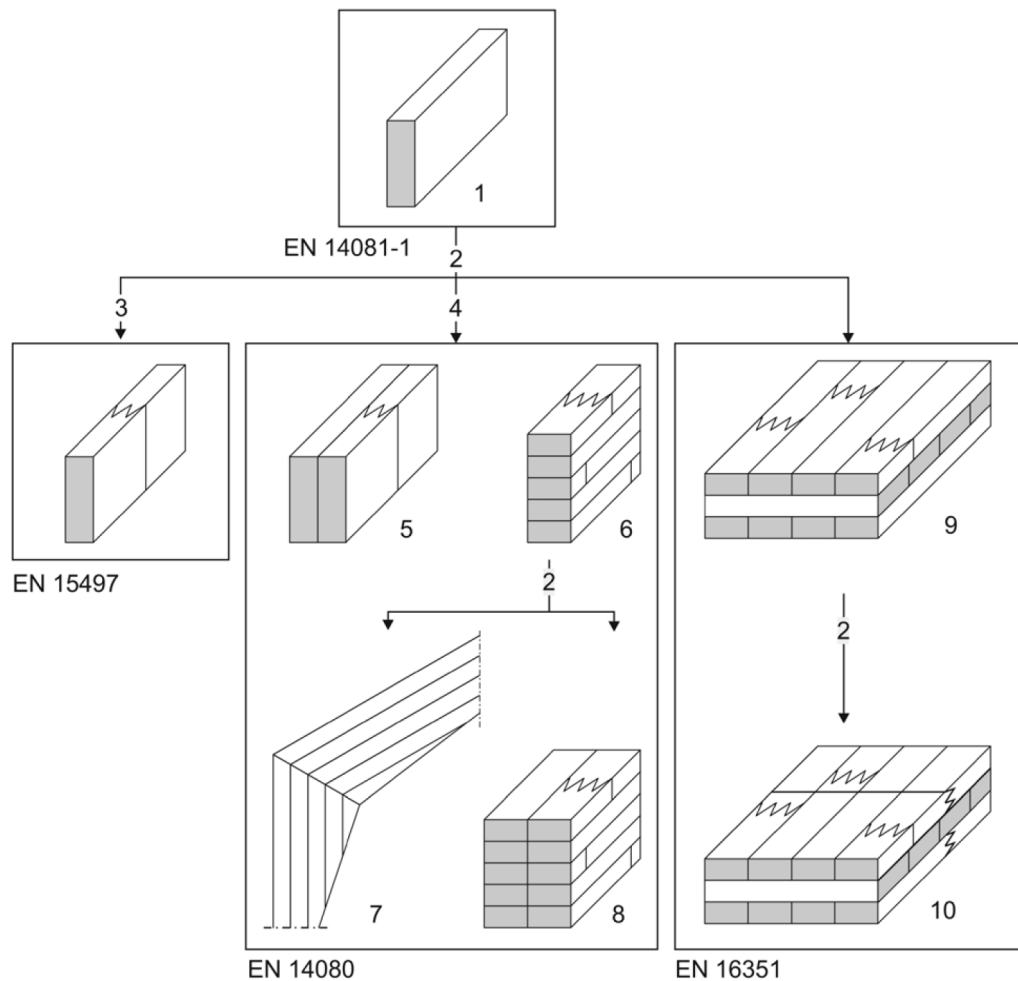


Figure 226 : Relation entre les normes européennes et les produits de structure en bois massif et en bois collé (source : figure 1 tirée de SN EN 16351 SIA, 2021)

Légende de la figure :

- 1 Les planches, madriers ou poutres selon la norme SN EN 14081-1
- 2 sont des éléments constitutifs de
- 3 Bois massif à entures multiples selon la norme SN EN 15497
- 4 Produits en bois lamellé-collé
- 5 Bois massif reconstitué selon la norme SN EN 14080
- 6 Lamellé-collé selon SN EN 14080
- 7 Lamellé-collé avec aboutage à entures multiples de grandes dimensions selon la norme SN EN 14080
- 8 Éléments de construction composite en bois lamellé-collé selon la norme SN EN 14080
- 9 Lamellé croisé (CLT) selon la norme SN EN 16351
- 10 Lamellé croisé (CLT) avec aboutage à entures multiples de grandes dimensions SN EN 16351

Normes

Selon la législation en vigueur sur les produits de construction, les produits suivants en bois collé doivent fondamentalement être réalisés selon les normes harmonisées, à savoir :

- Bois massif de structure à entures multiples selon la norme SN EN 15497
- Bois massif reconstitué de structure selon la norme SN EN 14080

- Bois lamellé-collé de structure selon SN EN 14080 (y compris carrelets d'ossature)

Certification

Ces normes contiennent les exigences relatives au produit, les exigences minimales posées à la production et aux procédures pour l'évaluation et la vérification de la constance des performances (premier contrôle, contrôle de la production en usine). Le bois massif avec aboutage à entures multiples, le bois massif reconstitué et le bois lamellé-collé doivent être certifiés par une instance notifiée (organe de certification) en tant que produits d'un producteur, avec le contrôle de la production en usine. Cela se fait sur la base d'un premier contrôle des produits, de l'entreprise et du contrôle de la production en usine. Pour la surveillance continue, le contrôle de la production en usine doit être contrôlé au moins deux fois par an. Voir également le chapitre 8.3.4.

Fabrication

Le processus de fabrication de ces produits est illustré schématiquement, à l'exemple de bois lamellé-collé. Pour la fabrication de bois massif reconstitué et des lames pour d'autres produits, les pièces de bois classées selon la résistance sont aboutées dans la longueur au moyen d'entures multiples. Pour le bois massif reconstitué et le bois lamellé croisé, les lames sont ensuite collées parallèlement sur leur face rabotée. Pour le bois lamellé croisé, les lames sont ensuite collées sur leur face rabotée, pour former des panneaux de couches croisées.

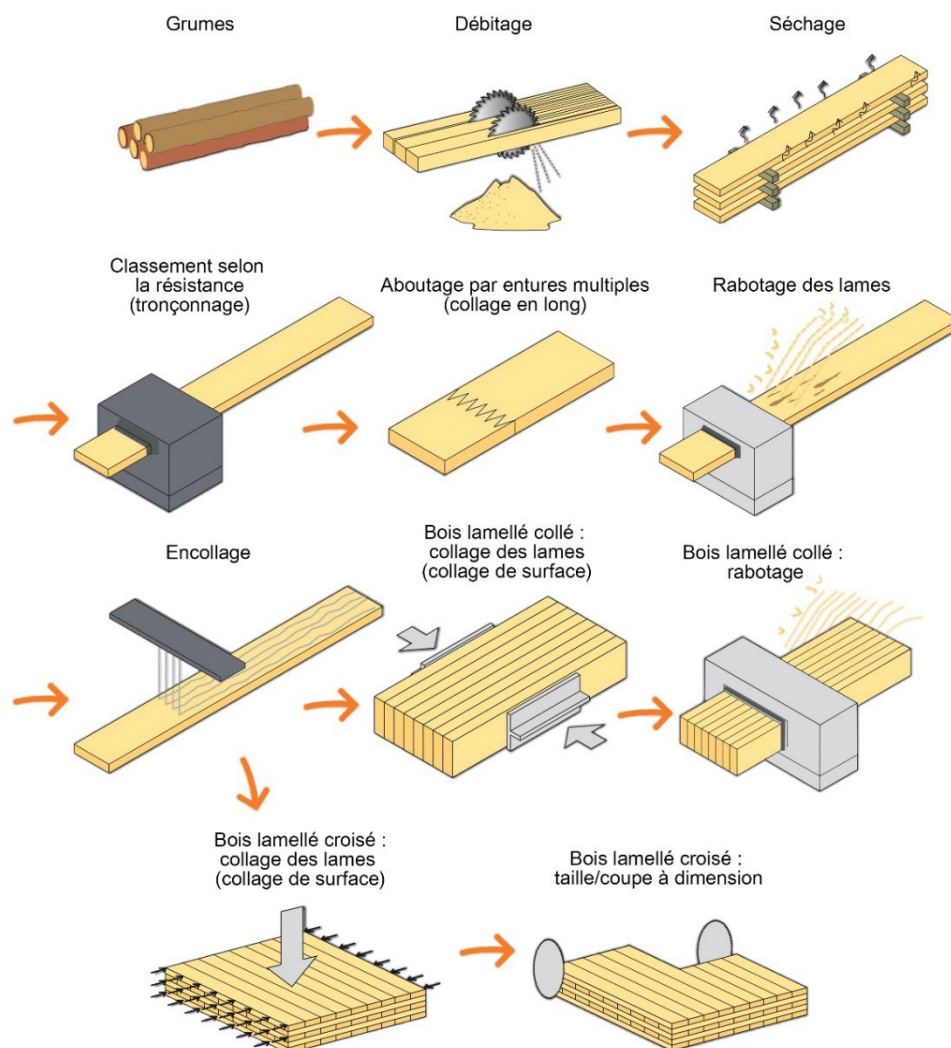


Figure 227 : Processus de fabrication (schématique) de bois lamellé-collé et de bois lamellé croisé (source : Svenskt Trä)

Classement selon la résistance

Dans la production de bois collé, le classement proprement dit selon la résistance des planches, madriers et carrelets est généralement réalisé à la station de tronçonnage. Dans le cas d'un triage visuel selon la résistance, le collaborateur devant la scie à tronçonner marque les endroits qui ne répondent pas aux critères de la classe de triage exigée et devant par conséquent être « éliminés » (c.-à-d. découpés). Les lames ou les carrelets sont ensuite aboutés à ces endroits au moyen d'entures multiples.

Aboutage par entures multiples

Le profil de l'aboutage par entures multiples avec la géométrie usuelle ou recommandée est défini sans les normes relatives aux produits.

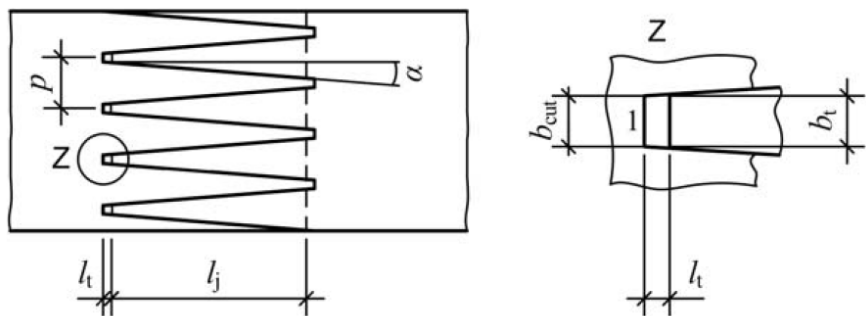


Figure 228 : Profil typique d'un aboutage par entures multiples (source : figure 2 tirée de SIA 2014)

Légende de la figure :

- 1 Base des dents
- l_j Longueur des dents
- p Pas des dents
- α Angle des dents
- l_t Jeu des dents
- b_{cut} Largeur de fraisage
- b_t Largeur de la pointe des dents

Les termes relatifs à l'aboutage par entures multiples sont définis comme suit :

ABOUTAGE PAR ENTURES MULTIPLES	Liaison autocentrée formée en fraisant une série d'entures effilées et symétriques dans les extrémités de pièces en bois, puis en collant ces pièces, voir figure en haut
ANGLE DES DENTS	Inclinaison α des flancs des dents d'un aboutage par entures multiples
LONGUEUR DES DENTS	Distance entre la base et la pointe des dents, mesurée le long de la ligne médiane des dents, voir figure en haut
PAS DES DENTS	Distance entre le milieu des pointes de deux dents voisines, voir figure en haut
JEU DES DENTS	Distance entre la pointe et la base des dents, dans un aboutage par entures multiples collé, voir figure en haut
JEU RELATIF DES DENTS	Rapport entre le jeu des dents et la longueur des dents
LARGEUR DE LA POINTE DES DENTS	Distance entre les flancs des dents, mesurée à la pointe des dents, voir figure en haut
AMINCISSEMENT	Rapport entre la largeur de la pointe des dents et le pas des dents

Dans l'aboutage à entures multiples lui-même, il ne doit pas y avoir de nœuds ou une inclinaison marquée des fibres. Les normes précisent par conséquent des exigences pour le tronçonnage. Dans ce cadre, on distingue deux cas : premièrement, l'élimination d'un nœud (ou d'un défaut structurel) qui ne satisfait pas aux critères de classement. Deuxièmement, le nœud dans la pièce de bois qui satisfait aux critères de classement.

Lorsque des pièces de bois sont tronçonnées pour éliminer un nœud, la distance entre la coupe et le nœud doit être d'au moins 3 fois le diamètre d du nœud (voir figure), avec les exceptions suivantes :

- Pour le bois massif à entures multiples :
si un système automatique adéquat assure que l'orientation des fibres dans le domaine de l'aboutage est parallèle à la grande longueur de la pièce.
- Pour les lames pour bois lamellé croisé ou lamellé-collé :
si l'inclinaison des fibres est contrôlée et qu'elle reste à peu près parallèle à l'axe de la lame, la distance entre le bord d'un nœud et la coupe doit être d'au moins 1,5 fois le diamètre d du nœud.

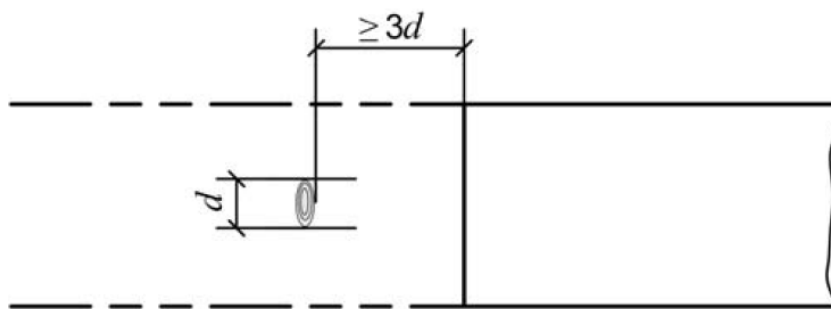


Figure 229 : Distance minimale à la coupe de tronçonnage lors de l'élimination d'un nœud (source : figure G.4 tirée de la norme SN EN 15497 SIA, 2014)

Légende de la figure :

d diamètre du nœud

Si la pièce de bois présente des nœuds de plus de 6 mm de diamètre, qui satisfont aux critères de classement, la distance entre la coupe et le nœud doit être d'au moins 3 fois le diamètre d du nœud (voir figure), avec les exceptions suivantes :

- Pour le bois massif à entures multiples :
si un système automatique adéquat assure que l'orientation des fibres dans le domaine de l'aboutage est parallèle à la grande longueur de la pièce, la distance entre le bord d'un nœud et la coupe doit seulement être d'au moins 1,5 fois le diamètre d du nœud.
- Pour les lames pour bois lamellé croisé ou lamellé-collé :
si un procédé de triage reconnu est appliqué et qu'il est documenté par un contrôle que l'aboutage par entures multiples atteint une résistance appropriée avec une distance plus courte.

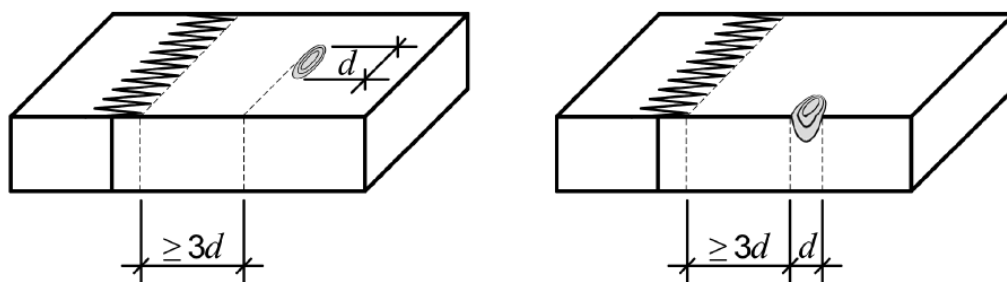


Figure 230 : Distance minimale à la coupe de tronçonnage lors de l'élimination d'un nœud
(source : figure G.4 tirée de SIA, 2013b)

Légende de la figure :

d diamètre du nœud

Tronçonnage de bois massif à entures multiples : fentes, flache et arrêtes endommagées

Le bois massif à entures multiples fait l'objet d'exigences supplémentaires concernant l'admissibilité de fentes, de flache et d'arrêtes endommagées dans le domaine de l'aboutage :

- Des fentes ne sont admissibles dans le domaine de l'aboutage que si leur profondeur ne dépasse pas 50% de l'épaisseur.
- Dans la longueur des dents et jusqu'à une distance de 75 mm de la base des dents, il ne doit pas y avoir de flache ou d'arrête endommagée concernant plus de deux dents. Sur chaque arrête, la surface de la flache A_w ne doit pas dépasser 1 % de la section de la pièce, voir figure.

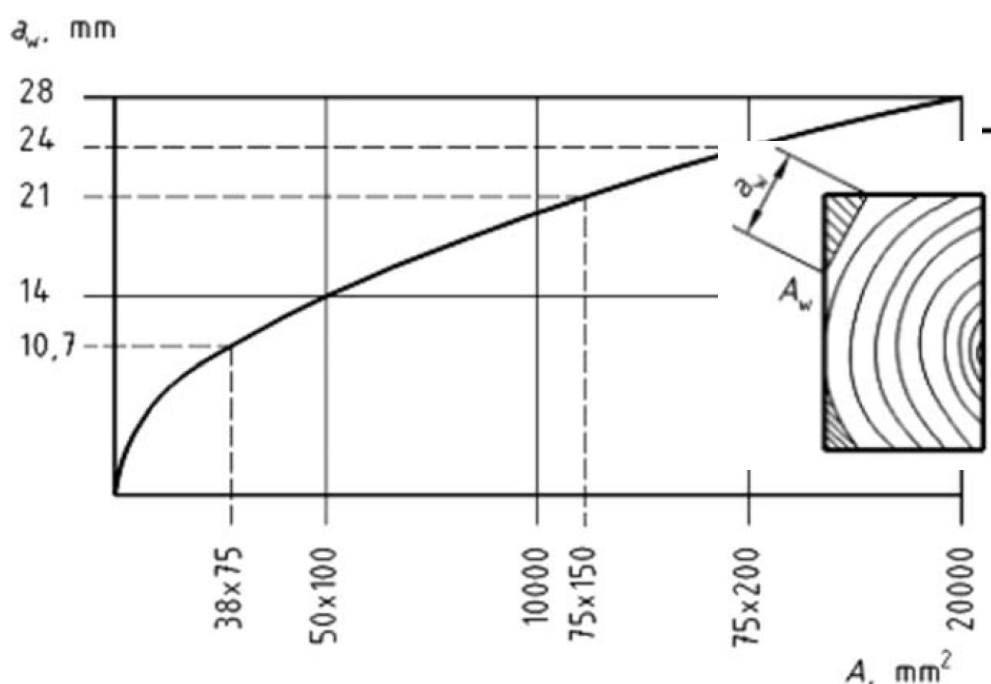


Figure 231 : Section d'une pièce de bois avec flache et diagonale maximale de la flache
(source : figures G.1 et G.2 tirées de SIA, 2014)

Légende de la figure :

a_w Diagonale maximum de la flache

A_w Surface de la flache

Les fentes dans le domaine de l'aboutage ne sont admissibles que si leur profondeur ne dépasse pas 50% de l'épaisseur.

8.4.2. Bois massif à entures multiples (Lignum, 2021a), (SIA, 2014)

Produit

Le bois massif de structure à entures multiples selon la norme SN EN 15497 est constitué de bois massif abouté dans la longueur au moyen d'entures multiples. Le bois massif à entures multiples est généralement un produit du commerce de dimensions standardisées (désignations commerciales usuelles p.ex. KVH).



Figure 232 : Bois massif à entures multiples d'épicéa en qualité industrie (I), calibré et chanfreiné (source : Lignum, 2021a)

Classes de résistance

Les carrelets pour bois massif à entures multiples sont classés selon la résistance, visuellement selon la procédure « triage de carrelets » ou mécaniquement, et attribué à une classe C, voir chapitre 8.3. Pour les règles relatives à l'élimination de défauts structuraux, se référer au chapitre 8.4.1. Les classes de résistance du bois massif à entures multiples selon la norme SN EN 15497 correspondent aux classes de résistance usuelles du bois massif utilisé.

Règles et usages

Pour les règles et usages relatifs aux dimensions usuelles, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au métré, voir CQ Bois+DB, chapitre 4.2.

Classes d'aspect

Pour le bois massif à entures multiples d'épicéa et de sapin, on distingue deux Classes d'aspect :

- N Qualité normale pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect
- I Qualité industrie pour les domaines sans exigences quant à l'aspect

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 4.2.6.

Sans convention particulière

Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent au bois massif à entures multiples :

- Classe de résistance minimum C24
- Essence épicéa/sapin
- Humidité du bois $15 \pm 3\%$
- Classe d'aspect I (qualité industrie)
- Nœuds et poches de résine non réparées, sans réparation par remplissage

8.4.3. Bois massif reconstitué (Lignum, 2021a), (SIA, 2013b)

Le bois massif reconstitué de structure en résineux selon la norme SN EN 14080 est constitué de deux à cinq lames collées, présentant chacune une épaisseur finale de plus de 45 mm et jusqu'à 85 mm, et une section transversale de maximum 280 mm. Le bois massif reconstitué est généralement un produit du commerce de dimensions standardisées (désignations commerciales usuelles p.ex. poutre Duo ou Trio, bois collé, etc.).

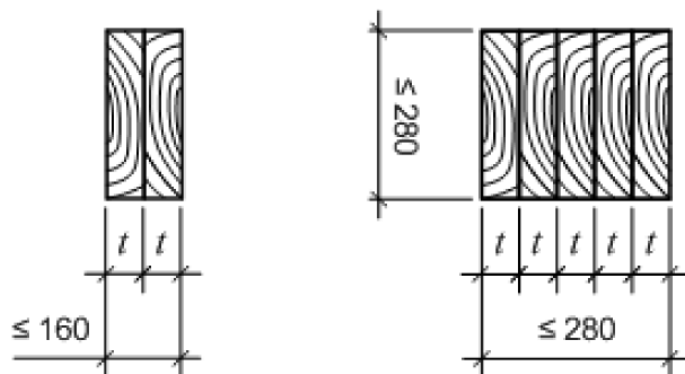


Figure 233 : Bois massif reconstitué constitué de deux et cinq lames (source : figure 9 tirée de SIA, 2013b)

Légende de la figure :

t Épaisseur des lames, avec t compris entre 45 et 85 mm

Les carrelots d'ossature (filières, montants, etc.) en lames d'une épaisseur finale entre 6 mm et 45 mm (compris) sont considérés comme du bois lamellé-collé, selon la norme SN EN 14080, contraignante selon la législation sur les produits de construction, voir chapitre 8.4.4.



Figure 234 : Bois massif reconstitué d'épicéa en qualité normale (N), calibré et chanfreiné (source : Lignum, 2021a)

Classes de résistance	Les carrelots pour bois massif reconstitué sont classés selon la résistance, visuellement selon la procédure « triage de carrelots » ou mécaniquement, et attribué à une classe C, voir chapitre 8.3. Pour les règles relatives à l'élimination de défauts structuraux, se référer au chapitre 8.4.1. Les classes de résistance du bois massif reconstitué selon la norme SN EN 14080 correspondent aux classes de résistance usuelles des lames utilisées.
Règles et usages	Pour les règles et usages relatifs aux dimensions usuelles, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au métré, voir CQ Bois+DB, chapitre 4.3.
Classes d'aspect	<p>Pour le bois massif reconstitué d'épicéa et de sapin, on distingue deux Classes d'aspect :</p> <p>N Qualité normale pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect</p> <p>I Qualité industrie pour les domaines sans exigences quant à l'aspect</p> <p>Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 4.2.6.</p>
Sans convention particulière	<p>Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent au bois massif reconstitué :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe de résistance minimum C24 • Essence épicéa/sapin • Humidité du bois $10 \pm 2\%$ ou $10 \pm 2\%$, en fonction du type de liant • Classe d'aspect I (qualité industrie)
Produit bois lamellé-collé	<p>8.4.4. Bois lamellé-collé (Lignum, 2021a), (SIA, 2013b)</p> <p>Le bois lamellé-collé de structure selon SN EN 14080 est composé d'au moins deux lame collées parallèlement, présentant chacune une épaisseur finale entre 6 et 45 mm. Le bois lamellé-collé est généralement un produit du commerce de dimensions standardisées ou réalisé pour un objet spécifique, dans le cadre des dimensions techniquement possibles.</p>



Figure 235 : Bois lamellé-collé d'épicéa en qualité normale (N), calibré et chanfreiné (source : Lignum, 2021a)

Structure de la
poutre homogène
ou combinée

Selon la structure de la poutre, on distingue fondamentalement deux types de bois lamellé-collé :

- Bois lamellé-collé homogène (avec la lettre « h » dans la classe de résistance), dont la section est constituée de lames de même classe de résistance, voir figure, gauche
- Bois lamellé-collé combiné (avec la lettre « c » dans la classe de résistance), dont les lames extérieures et intérieures présentent des classes de résistance différentes, voir figures.

Légende



Lames extérieures

Lames intermédiaires

Lames du noyau

Lames intermédiaires

Lames extérieures

Figure 236 : Structure fondamentale possible d'un bois lamellé-collé (source : figure 7 tirée de SIA, 2013b)

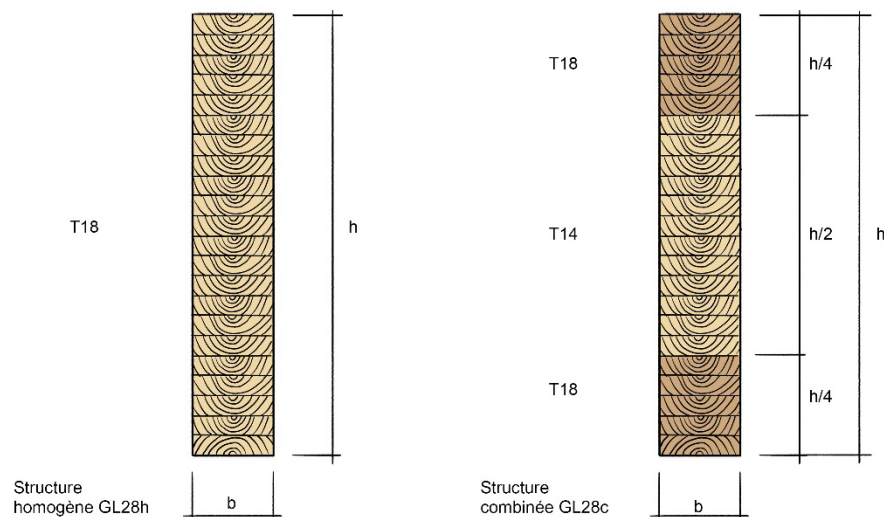


Figure 237 : Exemples de structures d'une poutre en lamellé-collé (IHBV, 2017)

Classes de résistance

Les lames sont classées selon la résistance, visuellement selon la procédure « triage de carrelets » ou mécaniquement, et attribuées à une classe T, voir chapitre 8.3. En Suisse, on utilise habituellement des lames de classes de résistance T11, T14 et T18. Pour les règles relatives à l'élimination de défauts structuraux, se référer au chapitre 8.4.1. Les classes de résistance du bois massif reconstitué selon la norme SN EN 14080 correspondent aux classes de résistance usuelles des lames utilisées. La désignation des classes de résistance comprend les lettres « GL » (symbole pour Glulam, le terme anglais pour lamellé-collé), un chiffre (pour la résistance à la flexion) et la lettre « h » pour la structure homogène ou la lettre « c » pour la structure combinée. La classe de résistance la plus courante en Suisse est la GL24h.

Produit
carrelets d'ossature

Les lamellés-collés avec une section inférieure à 60 mm x 80 mm sont considérés comme des carrelets d'ossature (filières, montants, etc.).

Règles et
usages

Pour les règles et usages relatifs aux dimensions usuelles, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au mètre, voir CQ Bois+DB, chapitre 4.4.

Classes d'aspect

Pour le bois massif reconstitué d'épicéa et de sapin, on distingue deux Classes d'aspect :

- A Qualité supérieure
pour les domaines apparents avec exigences accrues quant à l'aspect
- N Qualité normale
pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect
- I Qualité industrie
pour les domaines sans exigences quant à l'aspect

Pour les carrelets d'ossature en épicéa et en sapin, on ne distingue que les classes d'aspect N et I.

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 4.2.7.

Sans convention particulière

Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent au bois lamellé-collé :

- Classe de résistance minimum GL24h
- Essence épicéa pour la classe d'aspect A et épicéa/sapin pour les classes d'aspect N et I
- Humidité du bois $10 \pm 2\%$ ou $10 \pm 2\%$, en fonction du type de liant
- Classe d'aspect I (qualité industrie), calibré, sans chanfrein

Sans convention particulière, les critères suivants s'appliquent aux carrelats d'ossature :

- Classe de résistance minimum GL20h
- Essence épicéa/sapin
- Humidité du bois $10 \pm 2\%$ ou $10 \pm 2\%$, en fonction du type de liant
- Classe d'aspect I (qualité industrie), calibré, sans chanfrein

8.4.5. Bois lamellé croisé (Lignum, 2021a), (SIA, 2021)

Produit

Le bois lamellé croisé est fabriqué selon SN EN 16351 comme bois de structure constitué d'au moins trois couches collées orthogonalement, comprenant toujours des couches de bois et pouvant également comprendre des couches en panneaux à base de bois. Les différentes lames d'une couche peuvent être assemblées latéralement à joints droits, sans collage latéral. La largeur des joints dans les couches de parement fait l'objet de restrictions supplémentaires selon les classes d'aspect.

Les compositions et dimensions livrables des panneaux de bois lamellé croisé dépendent des installations de production du fabricant. Outre les panneaux de bois lamellé croisé standardisés propres aux entreprises, plusieurs producteurs peuvent livrer des compositions de couches convenues individuellement, dans des dimensions sur commande.

La norme SN EN 16351 n'est pas encore harmonisée ni désignée. Les fabricants disposent par conséquent le plus souvent d'une Evaluation technique européenne (ETE), qui est fréquemment désignée d'homologation dans la pratique. Les exigences posées au produit et à sa fabrication, y c. contrôle de la production en usine, sont définies dans celle-ci, voir chapitre 8.3.4. La certification est également réalisée selon l'ETE du fabricant.



Figure 238 : Panneau de bois lamellé croisé (5 couches) en épicéa, classe d'aspect B (source : Lignum 2021a)

Classe de résistance

Les valeurs de résistance et de rigidité doivent être calculées en fonction de la géométrie et des caractéristiques pertinentes spécifiques au produit, et sont habituellement mises à disposition par le fabricant.

Règles et usages

Pour les règles et usages relatifs aux dimensions, à la structure, à l'humidité du bois, aux tolérances dimensionnelles et au métré, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.3.

Classes d'aspect

Pour le bois lamellé croisé de résineux, on distingue quatre classes d'aspect :

- A Qualité supérieure
pour les domaines apparents avec des exigences accrues quant à l'aspect
- B Qualité normale 1
pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect
- C Qualité normale 2
pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect, avec traitement de surface couvrant ou en cas d'exigences réduites quant à l'aspect
- I Qualité industrie
pour les domaines sans exigences quant à l'aspect

L'évaluation des classes d'aspect doit se référer aux faces avant et arrière des panneaux. Pour le marquage et la spécification, on indiquera les symboles des classes des deux faces, séparés par une barre oblique (exemples : B/B, B/C, B/C).

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 5.3.6.

8.5. Dérivés du bois (Lignum, 2021a)

Les dérivés du bois sont presque exclusivement réalisés de manière industrielle sous forme de marchandise standardisée. A côté de quelques produits brevetés et spécifiques à des entreprises, pratiquement tous les dérivés du bois sont normés. Ce chapitre présente les définitions les plus importantes des dérivés du bois normés.

Pour la réalisation de dérivés du bois, on peut utiliser, d'une part, des sous-produits du bois et des assortiments inutilisables comme bois massif. Pour les panneaux de particules, par exemple, l'accent est mis sur l'utilisation optimale du matériau brut. D'autre part, pour certains dérivés du bois, l'accent est mis sur l'optimisation de certaines caractéristiques. Pour le lamibois (LVL) pour la construction, par exemple, une résistance et une rigidité élevées sont importantes. De plus, il est possible de réaliser des produits dans des formes et des dimensions qui étendent sensiblement le domaine d'utilisation, par rapport aux simples sciages.

Eléments structuraux des dérivés du bois

Pour la réalisation de dérivés du bois, on utilise du bois sous forme plus ou moins fortement réduite ou déchiquetée. Les caractéristiques du produit fini dépendent de la manière dont ces éléments sont assemblés pour en faire des dérivés du bois.



Figure 239 : Eléments structuraux des dérivés du bois (source : IBS selon Dunky)

Base des dérivés
du bois

En fonction des éléments utilisés pour leur réalisation, on peut distinguer les types
suivants de dérivés du bois :

- Dérivés du bois à base de bois massif
- Dérivés du bois à base de placages
- Dérivés du bois à base de copeaux
- Dérivés du bois à base de fibres
- Matériaux composites, résultant de la combinaison de plusieurs dérivés du bois

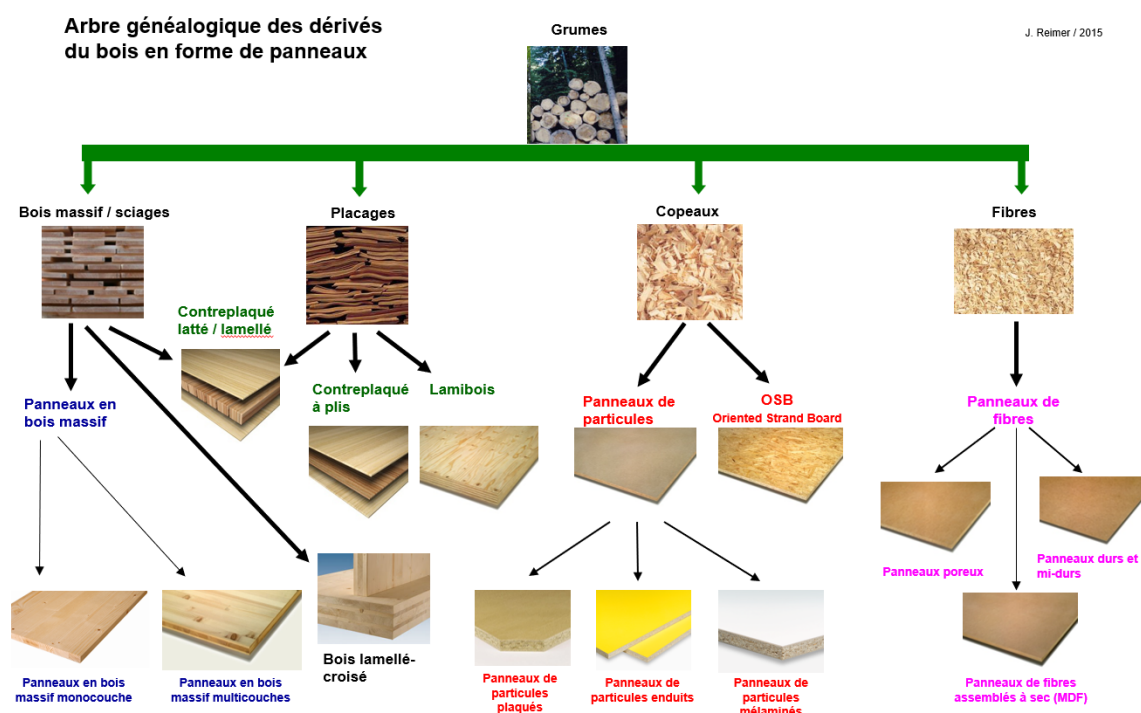


Figure 240 : Arbre généalogique des dérivés du bois (source : HWS Holzwerkstoffe Schweiz)

Proportions de bois
et de liant

La plupart des dérivés du bois sont réalisés en collant des éléments de même na-
ture. Les proportions typiques de bois et de liant sont données dans le tableau 6

MATÉRIAU	PROPORTION DE BOIS EN %	PROPORTION DE LIANT EN %
BOIS LAMELLÉ-COLLÉ	95 à 97	3 à 5
PANNEAU DE BOIS MASSIF	95 à 97	3 à 5
PANNEAU DE PARTI- CULES	86 à 93	7 à 14
DÉRIVÉS DU BOIS PLA- QUÉS (CONTREPLA- QUÉ, LAMIBOIS)	20 à 95	0 à 16 (pour du HDF jusqu'à 16, pour du MDF léger, en partie nettement plus élevée, selon le liant)
PANNEAU DE FIBRES	86 à 100	5 à (80) proportion élevée pour le bois imprégné de résine synthétique

Equilibrage des caractéristiques : contreplacage

Le bois travaille : il gonfle et rétrécit nettement plus dans le sens perpendiculaire aux fibres que le sens parallèle à celles-ci, voir chapitre connaissance des assortiments (1^{re} année). Dans le contreplaqué, le croisement des différentes couches permet, comme son nom l'indique, de contrer ces effets. Le contreplaqué est réalisé en assemblant un nombre impair de placages. Pour cela, chaque couche est disposée orthogonalement à la précédente, voir figure. La structure doit être symétrique en épaisseur et en orientation, par rapport à la couche centrale. De cette manière, il y a toujours une couche dans chaque sens des fibres, ce qui bloque les couches dans l'autre sens.

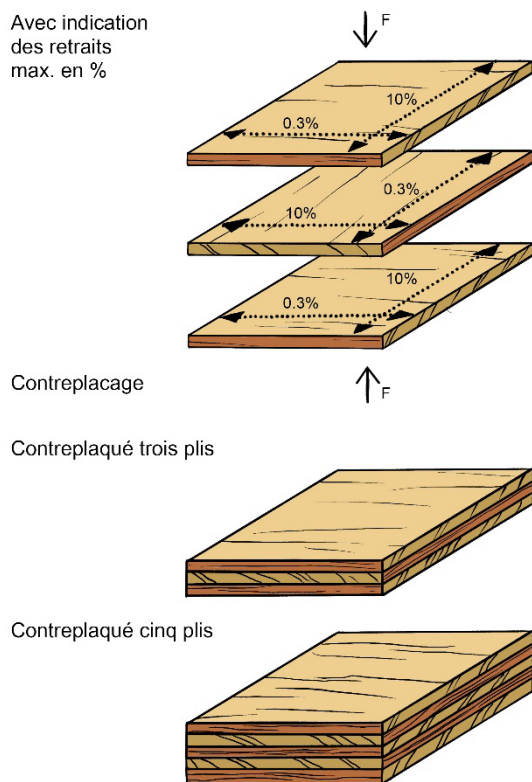


Figure 241 : Structure du contreplaqué (source : IBS)

Effet d'homogénéisation

Dans les dérivés du bois constitués de plusieurs couches de lames ou de placages, on obtient un effet d'homogénéisation. Contrairement au bois massif, dans les dérivés du bois, les défauts structuraux comme les nœuds ou les fibres inclinées sont limités à des sections réduites, puis disposés aléatoirement lors de l'assemblage. Dans les dérivés du bois, il n'est donc pas possible d'avoir un gros nœud susceptible de réduire fortement la résistance, comme dans le bois massif. Ces dérivés du bois sont par conséquent caractérisés par une plus faible dispersion des valeurs de résistance.

Domaines d'emploi et classes techniques

Les différents domaines d'emploi requièrent différentes caractéristiques des produits. La « classe technique » sert à attribuer les produits aux domaines d'emploi conformément aux normes applicables. Les termes relatifs aux domaines d'emploi des dérivés du bois normés sont définis comme suit :

CLASSE TECHNIQUE	Classe de performance d'un produit définie pour faciliter l'utilisation d'une norme en liaison avec la performance du produit pour une application spécifique.
USAGE GÉNÉRAL	Toute application non structurale, qui n'est pas définie ailleurs.
USAGE NON STRUCTUREL	Mise en œuvre comme composant non structurel, par exemple comme partie d'un ouvrage ou d'une construction
USAGE STRUCTUREL	Utilisation dans une structure porteuse, c'est-à-dire comme composants d'un ensemble conçu pour offrir à un ouvrage résistance et sécurité structurale.
MILIEU SEC	Conditions correspondant à la classe de service 1 selon SN EN 1995-1-1. Les panneaux à base de bois prévus pour un emploi en milieu sec sont adaptés à un usage intérieur sans risque d'humidification conforme à la classe d'emploi 1 selon SN EN 335.
MILIEU HUMIDE	Conditions correspondant à la classe de service 2 selon SN EN 1995-1-1. Les panneaux à base de bois destinés à un usage en milieu humide sont adaptés au milieu extérieur selon la classe d'emploi 2 selon SN EN 335, s'ils sont protégés des intempéries (p. ex. protégés par un revêtement ou sous abri). Ils peuvent être exposés une courte période aux intempéries, par exemple pendant le chantier. Ils conviennent également à un usage intérieur, lorsque les conditions d'humidité dépassent celles d'un milieu sec.
MILIEU EXTÉRIEUR	Les panneaux à base de bois destinés à un usage en milieu extérieur sont adaptés au climat extérieur sans protection contre les intempéries selon la classe d'emploi 3 selon SN EN 335, voir section 1.2. L'aptitude au service de ces panneaux à base de bois en milieu extérieur sera diminuée si aucun traitement de protection et/ou revêtement des faces ou des chants n'est effectué, si les panneaux ne sont pas montés selon les règles de l'art et s'ils ne font pas l'objet d'opérations de maintenance.

A titre d'exemple, les domaines d'emploi de dérivés du bois normés pour des usages structurels sont récapitulés dans le tableau 7 selon les classes techniques. Pour le tableau complet, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.1.3.

Usage	Usage structurel situation		
	Milieu sec	Milieu humide	Milieu extérieur
Dérivés du bois			
Bois paneautés (SN EN 13353)	SWP/1 S SWP/1 SD	SWP/2 S SWP/2 SD	SWP/3 S SWP/3 SD
Bois lamellé croisé (SN EN 16351)	Spécifique au produit		
Contreplaqué (SN EN 636)	EN 636-1	EN 636-2	EN 636-3
Lamibois (SN EN 14279)	LVL/1	LVL/2	LVL/3
Lamibois (SN EN 14374)	LVL	LVL	LVL
Panneaux de particules (SN EN 312) - travaillant sous contrainte élevée	P4	P5	
	P6	P7	
Panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB) (SN EN 300) - travaillant sous contrainte élevée	OSB/2	OSB/3	
		OSB/4	
Panneaux de particules liées au ciment (SN EN 634-2)	Classe 1 Classe 2	Classe 1 Classe 2	Classe 1 Classe 2
Panneaux de particules durs (SN EN 622-2) - travaillant sous contrainte élevée	HB.LA	HB.HLA1	
		HB.HLA2	
Panneaux de fibres mi-durs (SN EN 622-3) - uniquement pour courte et très courte durée de sollicitation	MBH.LA1 MBH.LA2		
		MBH.HLS1 MBH.HLS2	
Panneaux de fibres tendres (SN EN 622-4) - uniquement pour courte et très courte durée de sollicitation			
	SB.LS	SB.HLS	
Panneaux de fibres de moyenne densité (MDF) (SN EN 622-5) - uniquement pour courte et très courte durée de sollicitation	MDF.LA		
		MDF.HLS	

8.5.1. Bois paneautés (Lignum, 2021a)

Produit

Les Bois paneautés selon SN EN 13353 à une ou plusieurs couches sont réalisés en résineux ou en feuillus.

Selon les conditions d'utilisation, on distingue les neuf classes techniques suivantes pour les bois paneautés :

Pour un usage non structurel :

- SWP/1 NS pour le milieu sec
- SWP/2 NS pour le milieu humide
- SWP/3 NS pour le milieu extérieur

Pour un usage structurel :

- SWP/1 S pour le milieu sec
- SWP/2 S pour le milieu humide
- SWP/3 S pour le milieu extérieur

Pour un usage structurel sur la base de valeurs déclarées :

- SWP/1 SD pour le milieu sec
- SWP/2 SD pour le milieu humide
- SWP/3 SD pour le milieu extérieur

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir SN EN 12369-3:2008 ou l'Évaluation technique européenne (ETE) des fabricants.

Les panneaux de bois massif d'une couche sont constitués de plusieurs pièces de bois collées formant une seule couche. Tous les joints doivent être correctement collés ; des joints ouverts ne sont pas admissibles. Le mélange de plusieurs essences dans un même panneau n'est pas admissible. Pour les bois panneaux d'une couche, on distingue les deux types suivants :

- Type SC,
les lames sont assemblées dans le sens de la longueur et généralement aboutées par collage ou entures multiples (« SC » – showingcuts)
- Type NC,
les lames sont d'une seule pièce, sans raccords, sur toute la longueur du panneau (« NC » – nocuts)



Figure 242 : Panneau en bois massif d'une couche en épicéa, classe d'aspect B (source : Lignum, 2021a)

Bois panneaux multicouches

Les bois panneaux multicouches sont constitués de deux couches extérieures aux fibres parallèles et d'au moins une couche intérieure aux fibres perpendiculaires aux panneaux extérieures, ces panneaux étant collés entre eux. Tous les types de panneaux doivent avoir une structure symétrique dans leur épaisseur.

Les couches extérieures doivent avoir une épaisseur d'au moins 3,5 mm. Sur les panneaux en résineux à usage structurel (voir classe S), les couches extérieures doivent avoir une épaisseur d'au moins 5 mm. Toutes les lames du panneau (sauf exceptions définies) doivent être de la même essence.



Figure 243 : Panneau en bois massif multicouches en épicéa, classe d'aspect B (source : Lignum, 2021a)

Dimensions et
humidité

Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.2.

Classes d'aspect

Pour les bois panneautés, on distingue trois, quatre ou cinq classes d'aspect, selon le type et l'essence :

- 0 Qualité mobilier (seulement pour panneaux de bois massif en résineux)
pour les domaines apparents avec exigences les plus élevées quant à l'aspect (p.ex. mobilier)
- A Qualité supérieure
pour les domaines apparents avec exigences accrues quant à l'aspect
- B Qualité normale
pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect
- C Qualité industrie
pour les domaines sans exigences quant à l'aspect
- S Qualité construction (seulement pour panneaux multicouches en résineux)
pour usages structurels sans exigences quant à l'aspect

L'évaluation des classes d'aspect doit se faire pour le parement et le contreparement. Pour le marquage et la spécification, on indiquera les symboles des classes des deux faces, séparés par une barre oblique (exemples : B/B, B/C, B/C).

La classe S pour des résineux est prévue pour des usages structurels (p.ex. pour coffrages pour bétonnage et comme panneau de construction). Les combinaisons de la classe S avec d'autres classes au sein d'un même panneau ne sont pas usuelles.

Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 5.2.4.

8.5.2. Contreplaqué (Lignum, 2021a)

Produit

Le contreplaqué est obtenu par collage de couches de plaques adjacentes à fils croisés habituellement à angle droit. Suivant la composition des panneaux, on distingue les types suivants, selon la norme SN EN 313-1 :

- Contreplaqué à plis
contreplaqué dont toutes les couches sont constituées de placages disposés parallèlement au plan du panneau.



Figure 244 : Contreplaqué à plis (source : Lignum, 2021a)

- Contreplaqué latté (panneaux forts)
Contreplaqué à âme dont l'âme est constituée par des lattes de bois massif de largeurs comprises entre 7 mm et 30 mm, collées ou non entre elles. Il n'existe pas de norme SN EN relative au contreplaqué latté; voir la norme DIN 68705-2.



Figure 245 : Contreplaqué latté (panneau fort) (source : Lignum, 2021a)

- **Contreplaqué lamellé (panneaux forts)**
Contreplaqué à âme dont l'âme est constituée par des lamelles de plaquage déroulé de 7 mm d'épaisseur au plus, disposées sur chant, toutes ou la plupart étant collées entre elles. Il n'existe pas de norme SN EN relative au contreplaqué lamellé, voir la norme DIN 68705-2.
- **Contreplaqué composite**
Contreplaqué dont l'âme (ou certaines couches) est constituée d'autres matériaux que du bois massif ou du placage. Il comporte au moins deux couches à fils croisés de chaque côté de cette âme. Il n'existe pas de SN EN relative au contreplaqué composite.

Classes techniques

Selon les conditions d'utilisation, on distingue les trois classes techniques pour les panneaux de contreplaqué, selon SN EN 636 :

- EN 636-1 pour le milieu sec
- EN 636-2 pour le milieu humide
- EN 636-3 pour le milieu extérieur

De plus, on distingue le contreplaqué pour des usages généraux et le contreplaqué pour des usages structurels.

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir SN EN 12369-2:2011 ou l'Evaluation technique européenne (ETE) des fabricants.

Exigences au traitement de surface

Dans le cas d'un traitement de surface du contreplaqué, on tiendra compte de plusieurs critères selon les spécifications techniques SN CEN/TS 635-4, afin d'obtenir l'aspect et la durabilité souhaités. Le tableau 5.4-3 des CQ Bois+DB réunit les exigences minimales pour le choix de contreplaqué pour l'application de divers traitements de surface destinés à un emploi en milieu sec, en milieu humide ou en milieu extérieur.

Dimensions et humidité	Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.4.
Classes d'aspect	<p>Pour le contreplaqué, les normes SN EN 635-2 et SN EN 635-3 définissent cinq classes d'aspect.</p> <p>Pour les bois panneautés, on distingue trois, quatre ou cinq classes d'aspect, selon le type et l'essence :</p> <ul style="list-style-type: none"> E Qualité supérieure pour les domaines apparents avec exigences accrues quant à l'aspect I Qualité normale 1 pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect II Qualité normale 2 pour les domaines apparents avec exigences normales quant à l'aspect, panneau destiné à recevoir une lasure ou un vernis coloré semi-transparent III Qualité industrie 1 pour les domaines sans exigences quant à l'aspect et partiellement pour des domaines avec des exigences normales quant à l'aspect, lorsque le panneau est destiné à recevoir une peinture couvrante IV Qualité industrie 2 pour des usages secondaires sans exigence quant à l'aspect <p>L'évaluation des classes d'aspect doit se faire pour le parement et le contreparement. Pour le marquage et la spécification, les symboles des classes des deux faces doivent figurer, d'abord la classe du parement et, séparée par une barre oblique, la classe du contreparement (exemples : I/II, II/III).</p> <p>Les critères pour le classement selon l'aspect sont récapitulés dans CQ Bois+DB, chapitre 5.4.5.</p> <p>Pour le contreplaqué finlandais, on utilise fréquemment encore un classement selon l'aspect qui s'écarte des normes SN EN 635-2 et SN EN 635-5, avec les classes B, S, BB et WG pour placage extérieur bouleau et I, II, III et IV pour placage extérieur en résineux, voir données des fournisseurs.</p>

8.5.3. Lamibois (LVL) (Lignum, 2021a)

Produit

Le lamibois ou bois stratifié de placage pour des usages travaillants selon la norme SN EN 14374 est un assemblage de placages dans lequel les fibres des placages ont principalement la même orientation. Cette définition n'exclut pas le lamibois à placages croisés. Il doit compter au moins 5 couches de placages. L'épaisseur des placages peut aller jusqu'à 6 mm.

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 14374.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir l'Évaluation technique européenne (ETE) des fabricants.



Figure 246 : Lamibois avec placages croisés (source : Lignum, 2021a)

Dimensions, humidité et tolérances dimensionnelles Classes d'aspect

Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.5.

Pour le lamibois selon la norme SN EN 14374, le classement selon l'aspect pour les surfaces n'est pas normé. Les différents producteurs ont leurs propres classes d'aspect.

8.5.4. Panneaux de particules liées à la résine synthétique (Lignum, 2021a)

Produit

Les panneaux de particules liées à la résine synthétique selon la norme SN EN 312 sont des panneaux à base de bois réalisés sous pression et à chaud à partir de particules de bois (p.ex. grands copeaux, copeaux de rabotage, sciure) et/ou autres particules lignocellulosiques telles qu'anas de lin, anas de chanvre, fragments de bagasse, avec adjonction d'un liant.

Classes techniques

Selon les conditions d'utilisation, on distingue les sept classes techniques suivantes pour les panneaux de particules liées à la résine synthétique :

P1 Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec

P2 Panneaux pour agencements intérieurs (y c. mobilier) utilisés en milieu sec

- P3 Panneaux pour non travaillants utilisés en milieu humide
- P4 Panneaux travaillants utilisés en milieu sec
- P5 Panneaux travaillants utilisés en milieu humide
- P6 Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu sec
- P7 Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu humide

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir Evaluation technique européenne (ETE) des fabricants.



Figure 247 : Panneau de particules P5 (source : Lignum, 2021a)

Dimensions et
humidité

Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.6.

8.5.5. Panneaux de lamelles minces, longues et orientées / Oriented Strand Board (OSB) (Lignum, 2021a)

Produit

L'OSB selon SN EN 300 est un panneau à plusieurs couches principalement constituées de lamelles de bois et liées ensemble par un liant. Les lamelles des couches extérieures sont alignées et disposées parallèlement à la longueur ou à la largeur du panneau. Les lamelles de la ou des couches intérieures peuvent être orientées aléatoirement ou alignées, généralement perpendiculairement à la direction des lamelles des couches extérieures.

L'axe principal est la direction dans le plan du panneau pour laquelle les caractéristiques de flexion sont les plus élevées. L'axe secondaire est la direction dans le plan du panneau perpendiculaire à l'axe principal.

Classes techniques

Selon les conditions d'utilisation, on distingue les quatre classes techniques suivantes pour les panneaux OSB :

OSB/1 Panneaux non travaillants pour usage général et pour agencements intérieurs utilisés en milieu sec

OSB/2 Panneaux travaillants utilisés en milieu sec

OSB/3 Panneaux travaillants utilisés en milieu humide

OSB/4 Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu humide

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir Evaluation technique européenne (ETE) des fabricants.



Figure 248 : Oriented Strand Board, classe technique OSB/3 (source : Lignum, 2021a)

Dimensions et humidité

Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.7.

8.5.6. Panneaux de particules liées au ciment (Lignum, 2021a)

Produit

Les panneaux de particules liées au ciment selon la norme SN EN 633 sont un dérivé du bois sont constitués de particules de bois ou d'autres particules d'origine végétale liées sous pression par un ciment hydraulique et pouvant contenir des additifs.

Pour les panneaux de particules liées au ciment Portland (CP) pour le milieu sec, le milieu humide et le milieu extérieur selon la norme SN EN 634-2, on distingue deux classes techniques avec différents modules d'élasticité en flexion (classe 1 : 4500 N/mm², classe 2 : 4000 N/mm²), les autres caractéristiques étant identiques.

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir Evaluation technique européenne (ETE) des fabricants.



Figure 249 : Panneau de particules liées au ciment, poncé (source : Lignum, 2021a)

Dimensions et humidité

Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.8.

8.5.7. Panneaux de fibres durs (Lignum, 2021a)

Produit

Les panneaux de fibres durs (HB) selon SN EN 622-2 sont obtenus à partir de fibres lignocellulosiques par procédé humide et possèdent une densité à partir de 900 kg/m³.

Selon les conditions d'utilisation, on distingue six classes techniques pour les panneaux de fibres durs :

HB	Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec
HB.H	Panneaux pour usage général utilisés en milieu humide
HB.E	Panneaux pour usage général utilisés à l'extérieur
HB.LA	Panneaux travaillants utilisés en milieu sec
HB.HLA1	Panneaux travaillants utilisés en milieu humide
HB.HLA2	Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu humide

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir Evaluation technique européenne (ETE) des fabricants.



Figure 250 : Panneau de fibres dur, classe technique HB (source : Lignum, 2021a)

Dimensions et
humidité

Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.9.

8.5.8. Panneaux de fibres mi-durs (Lignum, 2021a)

Produit

Les panneaux de fibres mi-durs (MBL, MBH) selon SN EN 622-3 sont fabriqués à partir de fibres lignocellulosiques selon le procédé humide, avec une densité de 400 kg/m^3 à 900 kg/m^3 . Les panneaux de fibres mi-durs de densité inférieure (MBL) ont une densité supérieure ou égale à 400 kg/m^3 , mais inférieure à 560 kg/m^3 , les panneaux de fibres mi-durs de haute densité (MBH) ont une densité supérieure ou égale à 560 kg/m^3 , mais inférieure 900 kg/m^3 .

Selon les conditions d'utilisation, on distingue dix classes techniques pour les panneaux de fibres mi-durs :

MBL	Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec
MBL.H	Panneaux pour usage général utilisés en milieu humide
MBL.E	Panneaux pour usage général utilisés à l'extérieur
MBH	Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec
MBH.H	Panneaux pour usage général utilisés en milieu humide
MBH.E	Panneaux pour usage général utilisés à l'extérieur
MBH.LA1	Panneaux travaillants utilisés en milieu sec
MBH.LA2	Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu sec
MBH.HLS1	Panneaux travaillants utilisés en milieu humide uniquement pour courte et très courte durée de sollicitation
MBH.HLS2	Panneaux travaillant sous contrainte élevée utilisés en milieu humide uniquement pour courte et très courte durée de sollicitation

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986.

Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir Evaluation technique européenne (ETE) des fabricants.



Figure 251 : Panneau de fibres mi-dur, classe technique MBH (source : Lignum, 2021a)

Dimensions et
humidité

Pour les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.10.

8.5.9. Panneaux de fibres de moyenne densité (MDF) (Lignum, 2021a)

Produit

Les panneaux de fibres de moyenne densité (MDF) selon la norme SN EN 622-5 sont réalisés par procédé sec à partir de fibres de lignocellulosiques, c.-à-d. avec une humidité des fibres de moins de 20% durant la formation du panneau, en ajoutant un liant.

Selon les conditions d'utilisation, on distingue huit classes techniques pour les panneaux de fibres mi-denses :

- | | |
|---------|--|
| MDF | Panneaux pour usage général utilisés en milieu sec |
| MDF.H | Panneaux pour usage général utilisés en milieu humide |
| MDF.LA | Panneaux pour travailleurs utilisés en milieu sec |
| MDF.HLS | Panneaux travailleurs utilisés en milieu humide uniquement pour courte et très courte durée de sollicitation |
| L-MDF | Panneaux MDF légers pour usage général et non travaillant utilisés en milieu sec |
| L-MDF.H | Panneaux MDF légers pour usage général et non travaillant utilisés en milieu humide |
| UL1-MDF | Panneaux MDF ultralégers pour usage général et non travaillant utilisés en milieu sec |
| UL2-MDF | Panneaux MDF ultralégers pour usage général et non travaillant utilisés en milieu sec |

MDF.RWH Panneaux MDF non travaillants pour usage comme sous-couche de toiture et de paroi

Les désignations suivantes, faisant référence à la densité, sont en outre usuelles dans le commerce :

HDF : MDF avec une densité $\geq 800 \text{ kg/m}^3$

MDF léger : MDF avec une densité $\leq 650 \text{ kg/m}^3$

MDF ultraléger : MDF avec une densité $\leq 550 \text{ kg/m}^3$

La certification est basée sur la norme supérieure harmonisée SN EN 13986. Pour les valeurs de résistance et de rigidité caractéristiques, voir l'Évaluation technique européenne (ETE) des fabricants.



Figure 252 : Panneau de fibres de moyenne densité, classe technique MBH (source : Lignum, 2021a)

Règles et
usages

Pour les règles et usages concernant les dimensions usuelles, les tolérances dimensionnelles et l'humidité, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.12.

8.5.10. Produits isolants en fibres de bois (Lignum, 2021a)

Produit

Les produits manufacturés en fibres de bois pour l'isolation thermique des bâtiments sont définis dans la norme SN EN 13171.

Les produits isolants en fibres de bois sont réalisés à base de fibres de bois, avec ou sans adjonction de liants et/ou d'additifs. Les produits liés mécaniquement sont également regroupés sous cette définition.

Les produits isolants en fibres de bois sont proposés sous forme de panneaux, de pièces façonnées, de rouleaux, de tapis, de rouleaux prédécoupés ou de feutres.

La certification est basée sur la norme supérieure SN EN 13171.

Désignation

Les différents produits sont désignés par des codes de produits, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.13.1.

Conductivité
thermique

Pour des données de conductivité thermique propres aux produits, voir le répertoire SIA «Caractéristiques des matériaux de construction» (à télécharger sous www.sia.ch).



Figure 253 : Panneau isolant en fibres de bois (source : Lignum, 2021a)

Dimensions

Pour les règles et usages concernant les dimensions usuelles et les tolérances dimensionnelles, voir CQ Bois+DB, chapitre, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.13.

8.5.11. Panneaux légers en laine de bois (Lignum, 2021a)

Produit

Les produits manufacturés en laine de bois pour l'isolation thermique des bâtiments sont définis dans la norme SN EN 13168.

Les panneaux en laine de bois sont un produit d'isolation fabriqué à partir de laine de bois en vrac liée par un liant minéral et pressée à son épaisseur finale.

Les panneaux composites à base de laine de bois sont un produit isolant dans lequel la laine de bois est liée avec un liant minéral, sur une ou deux faces, à d'autres matériaux isolants (p.ex. laine minérale ou plaques de mousse dure). Les couches de laine de bois des panneaux composites doivent recouvrir complètement la couche isolante adjacente.

La certification est basée sur la norme SN EN 13168.

Désignation

Les différents produits sont désignés par des codes de produits, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.14.1.

Conductivité
thermique

Pour des données de conductivité thermique propres aux produits, voir le répertoire SIA «Caractéristiques des matériaux de construction» (à télécharger sous www.sia.ch).



Figure 254 : Panneau léger en laine de bois (source : Lignum, 2021a)

Dimensions

Pour les règles et usages concernant les dimensions usuelles et les tolérances dimensionnelles, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.14.

8.5.12. Panneaux surfacés mélaminés (Lignum, 2021a)

Produit

Les panneaux surfacés mélaminés selon la norme SN EN 14322 sont des panneaux de particules liées à la résine synthétique selon la norme SN EN 312 (P2), des panneaux de fibres durs selon la norme SN EN 622-2 (HB), des panneaux de fibres MDF selon la norme SN EN 622-5 (MDF) ou des panneaux de particules extrudés selon la norme SN EN 14755, tous destinés aux agencements intérieurs ou à un usage général en milieu sec, surfacés sur une ou les deux faces par pressage direct de papiers. Ces papiers sont imprégnés de résines aminoplastes durcissables. Par apport de chaleur et de pression, le durcissement et la liaison avec le panneau se fait sans liant supplémentaire. La résine de la couche extérieure est une résine aminoplaste (le plus souvent de la résine mélamine).

La surface des panneaux peut être revêtue sur une ou les deux faces ou structurée et présenter des couleurs décoratives ou des décors.

Résistance à l'abrasion

Les panneaux à base de bois surfacés mélaminés selon la norme SN EN 14322 sont désignés MFB et répartis selon leur résistance à l'abrasion et à la rayure dans les cinq classes suivantes : 1, 2, 3A, 3B, 4.



Figure 255 : Panneau de particules surfacé mélaminé (source : Lignum, 2021a)

Dimensions

Pour les dimensions commerciales et les tolérances dimensionnelles usuelles, voir CQ Bois+DB, chapitre 5.15.

Index

Le cycle du bois	2
1. Calculer le rendement.....	5
1.1. Introduction	7
1.2. Bases de calcul.....	8
1.3. Rendement au sciage	11
1.4. Rendement au rabotage.....	14
1.5. Rendement au collage.....	17
1.6. Apprécier le rendement et la valeur ajoutée	19
1.7. Digression : calcul de pourcentages	20
2. Grumes et organismes nuisibles	23
2.1. Usages suisses du commerce du bois brut	25
2.2. Identification des organismes nuisibles	36
2.3. Reconnaissance des insectes xylophages.....	39
2.4. Reconnaissance des champignons lignivores.....	60
2.5. Protéger les grumes contre les attaques d'insectes ou de champignons	75
3. Installations électriques, hydrauliques et pneumatiques.....	92
3.2. Composants des machines	98
3.3. Schémas électriques.....	107
3.4. Dysfonctionnements et pertes d'énergie	110
3.5. Dangers, risques et prévention	112
4. Débitage des grumes	115
4.1. Triage et débitage en billons dans le chantier à grumes.....	117
4.2. Débitage des grumes en billons	119
4.3. Choix du billon pour le débitage de bois de construction	142
4.4. Eléments économiques	144
5. Machines secondaires sur le chantier à grumes.....	147
5.1. Le chantier à grumes	149
5.2. Machines secondaires sur le chantier à grumes	150
5.3. Installations d'écorçage.....	151
5.4. Réducteur d'empattements	158
5.5. Tronçonneuse à grumes.....	161
5.6. Engins de levage et de transport	163
5.7. Moyens auxiliaires sur le chantier à grumes	167
5.8. Optimisation de la consommation d'énergie	172

6. Séchage	174
6.1. Introduction	177
6.2. Teneur en humidité du bois	177
6.3. Bases physiques	178
6.4. Définitions de l'humidité du bois	182
6.5. Possibilités de déterminer et de calculer la teneur en humidité du bois	186
6.6. Densité avec comportement au gonflement et au retrait, y compris les calculs	189
6.7. Les domaines d'application : Quelle teneur en humidité convient à quel usage (classe d'utilisation - intérieur/extérieur) ?	195
6.8. Introduction au séchage naturel et technique	196
6.9. Les 4 phases du séchage	197
6.10. Chute de séchage (CDS)	199
6.11. Temps de séchage	200
6.12. Empilage correct	202
6.13. Défauts de séchage	205
6.14. Séchage à l'air libre	209
6.15. Installations de séchage	210
7. Traitement thermique et chimique	218
7.1. Traitement du bois	221
7.2. Organismes nuisibles dans le bois de sciage (et/ou dans le bois mis en œuvre)	224
7.3. Traitement thermique	237
7.4. Traitement chimique du bois de sciage	245
7.5. Modification chimique du bois	260
7.6. Imprégnation sans biocides	260
8. Produits à base de bois	261
8.1. Produits à base de bois	264
8.2. Lames rabotées	266
8.3. Bois massif	274
8.4. Bois collé	284
8.5. Dérivés du bois	297