



Le séchage

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS L'INDUSTRIE DU BOIS



Wallonie



économisons
l'énergie





CE QUE VOUS DEVEZ SAVOIR SUR LE SÉCHAGE ...

Stockage bois. Source : kasten

Introduction

Le séchage joue un rôle clé dans le secteur du bois et de l'ameublement. Le bois est, en effet, un matériau hygroscopique : il a tendance à retenir l'eau. Dans l'industrie, il est généralement utile de sécher le bois jusqu'à atteindre un degré d'humidité acceptable selon l'usage final auquel il est destiné.

Humidité relative de l'air

L'humidité du bois est étroitement liée aux conditions de température et d'humidité de son environnement. L'humidité relative ou degré hygrométrique de l'air ambiant constitue un paramètre crucial dans tout processus de séchage du bois. Ce paramètre est défini comme le rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans des conditions identiques de température et pression ou, plus précisément, comme le rapport entre la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air, P_{vap} , et la pression de vapeur saturante à même température, $P_{sat}(T)$. L'humidité relative de l'air diminue à mesure qu'augmente sa température, ce qui signifie qu'un volume d'air défini peut contenir plus de vapeur d'eau à haute température qu'à basse température.

$$\text{Humidité relative de l'air (\%)} = \frac{P_{vap}}{P_{sat}(T)} \cdot 100$$



Sondage d'humidité. Source : tpcristo

Degré d'humidité du bois

Le degré ou taux d'humidité du bois correspond au pourcentage massique de l'eau qu'il contient par rapport à son poids anhydre (sec). Dans des conditions données de température et d'humidité relative de l'air, il existe un degré d'humidité d'équilibre ou limite qui sera naturellement atteint par le bois après une période de temps suffisamment longue. Ce degré d'humidité d'équilibre dépend également de l'essence de bois considérée. A titre d'exemples, le peuplier a un taux d'humidité d'équilibre de 22% à 20°C et 90% d'humidité relative de l'air tandis que le teck correspond à un degré d'humidité limite de 10% à 20°C et 60 % d'humidité relative de l'air.

$$\text{Degré d'humidité relative du bois (\%)} = \frac{\text{Masse du bois humide} - \text{Masse du bois sec}}{\text{Masse du bois sec}} \cdot 100$$

Il est possible de déterminer le taux d'humidité relative du bois en appliquant en pratique sa définition : mesurer le poids du bois sec par séchage artificiel dans une étuve jusqu'à ce qu'aucune perte de poids ne soit plus constatée et le comparer au poids du bois humide.

Les méthodes les plus couramment mises en œuvre pour déterminer le degré d'humidité du bois dans un processus de séchage consistent à placer des sondes dans le bois (mesure de la conductivité électrique) ou encore, de disposer des éprouvettes du bois à sécher qui seront successivement pesées.

On distingue l'eau liée, retenue dans les parois des cellules du bois et difficile à éliminer, de l'eau libre contenue dans les interstices cellulaires et qui est responsable de l'augmentation du taux d'humidité au-delà d'environ 30%.

Nécessité du séchage

Le séchage du bois est une opération primordiale dans les industries du secteur pour diverses raisons : rendre l'usinage plus propre, permettre la pose de finitions telles que peintures et laquages, protéger le bois contre les champignons et, surtout, éviter que le bois ne travaille et ne subisse un retrait lorsqu'il sera placé dans son lieu d'usage final. Dans cette optique, le bois est généralement séché jusqu'à un degré d'humidité relative proche de l'humidité d'équilibre qu'il prendra naturellement à son utilisation finale. Dans la plupart des cas, l'objectif du séchage est d'atteindre un taux d'humidité du bois compris entre 5 et 20 %.

Le tableau ci-dessous reprend quelques exemples typiques de taux d'humidité à atteindre selon diverses applications finales du bois.

Taux d'humidité du bois selon diverses applications

	Taux d'humidité à respecter
Placage	4 à 8 %
Menuiserie intérieure et parquet	6 à 12 %
Charpente habitable	10 à 13 %
Charpente et menuiserie extérieure	14 à 20 %

Séchage à ventilation. Source : northcountrylumber.





Ateliers de menuiserie. Source : RICHE sa

Processus de séchage

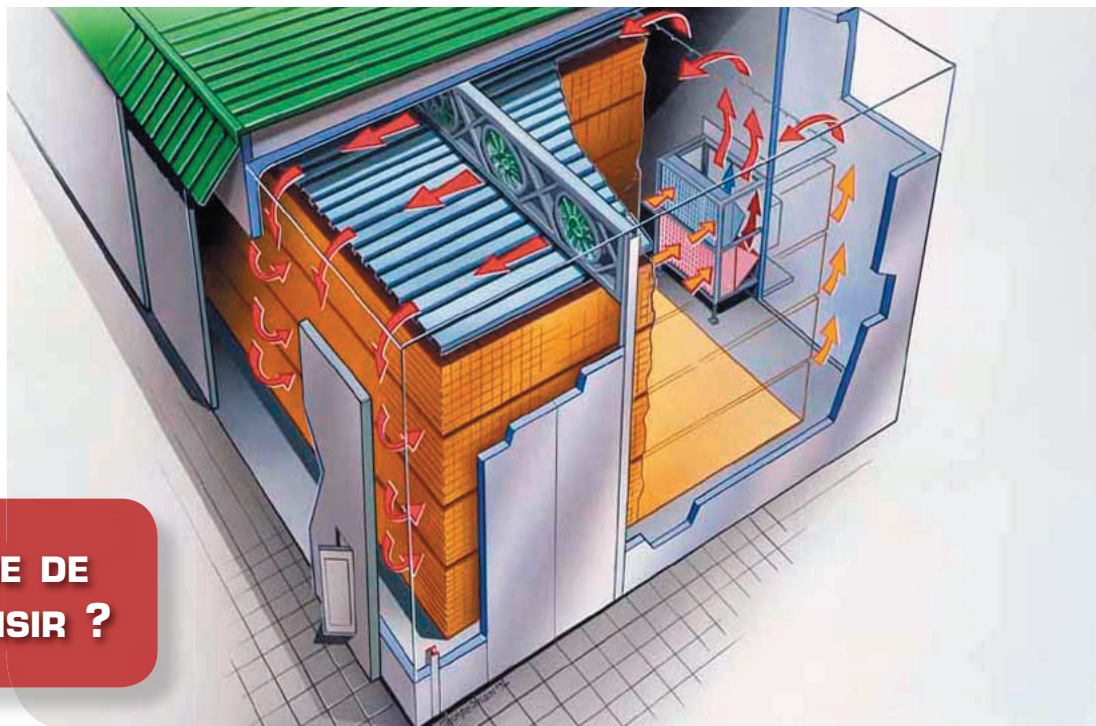
Le séchage du bois s'effectue selon un cycle dans la mesure où il se déroule par étapes successives visant à mener un certain type de bois (essence, dimensions, structure, taux d'humidité de départ) à un taux d'humidité exigé tout en évitant l'apparition de défauts et fentes diverses pouvant apparaître par un séchage trop rapide ou à trop haute température. Le séchage en séchoir est caractérisé par une succession définie de variations des paramètres de température de l'air entrant et de l'air sortant, d'humidité relative de l'air, de pression atmosphérique ou encore de vitesse de circulation de l'air dans le séchoir.

Il convient d'optimiser les cycles de séchage tant d'un point de vue énergétique qu'au niveau temporel en jouant sur les paramètres précités mais également par un système de séchage choisi judicieusement, une structure du séchoir facilitant une ventilation efficace ainsi qu'une disposition adéquate des pièces de bois dans le séchoir.

Optimisations envisageables sur le Séchage

Système de séchage	Types de système de séchage existants
Disposition	Arrangement des bois dans le sécheur
Pré-séchage	Séchage naturel préalable au séchage forcé
Mesures d'humidité	Dispositifs de mesure et de contrôle de l'humidité
Calorifugeage et étanchéité	Isolation et étanchéité des chambres de séchage
Régulation	Régulation de la vitesse de rotation des ventilateurs
Echangeur de récupération	Récupération de la chaleur de l'air séchant

QUEL PROCÉDE DE SÉCHAGE CHOISIR ?



Séchage à condensation. Source : hb-almel.

Systèmes de séchage existants

Il existe une multitude de systèmes permettant de sécher différentes sortes de bois, depuis le (pré-)séchage à l'air libre jusqu'au séchage sous vide partiel. Chaque manière de sécher le bois implique une consommation spécifique d'énergie thermique et électrique pouvant fortement varier. Ainsi, le choix du séchoir ou système de séchage le plus adapté à ses besoins est une étape cruciale en vue de réduire ses consommations d'énergie.

Séchage par chauffage et ventilation

Le système conventionnel de séchage par chauffage et ventilation consiste à disposer le bois dans un local fermé et à chauffer l'air des lieux à une température de plus en plus élevée. L'air circulant ainsi naturellement sur le bois peut absorber de plus en plus d'humidité à mesure que sa température augmente. Lorsqu'une température et une humidité relative définies sont atteintes par chauffage, une partie de l'air chaud et humide est extrait du local par l'ouverture de clapets tandis qu'une quantité équivalente d'air frais y rentre vu la dépression induite. Ceci a pour effet de diminuer l'humidité relative à l'intérieur du local et permet au bois de continuer à céder son humidité à l'air au fur et à mesure que cette opération est répétée.

Ses avantages sont des coûts d'investissement limités et son application à une large gamme de bois différents. Ce système est en pratique régulièrement mis en œuvre pour le séchage de bois résineux.

Energétiquement, le procédé peut se contenter d'apports calorifiques (dans le cas d'une circulation non forcée de l'air) et il peut donc s'avérer intéressant pour une entreprise qui disposerait d'un combustible « gratuit » ou bon marché tel que des déchets d'un processus de production sur le site. Toutefois, le rejet d'air humide et surtout chaud vers l'extérieur du séchoir constitue une perte d'énergie thermique évitable. Le placement d'un échangeur de chaleur entre l'air sortant et l'air entrant permet en effet de pallier partiellement à ce désavantage.

Notons que ce système de séchage peut éventuellement être accéléré en utilisant des ventilateurs pour favoriser la circulation de l'air mais cela engendrera bien entendu une augmentation des consommations électriques.

Séchage par utilisation de vapeur

Il est possible de sécher le bois à haute température ($\geq 100^{\circ}\text{C}$) en remplaçant l'air chaud et humide qui circule dans le séchoir par de la pure vapeur d'eau. Tout au long de l'introduction de la vapeur d'eau dans le séchoir, l'air encore présent dans le séchoir est saturé en vapeur d'eau, c'est-à-dire qu'il présente un degré d'humidité relative constant de 100%. Cet état de l'air induit un phénomène d'ébullition dans le bois. Sous l'effet de celui-ci, l'eau contenue dans le cœur des pièces de bois à sécher se dirige vers la surface de manière accélérée. L'utilisation de vapeur d'eau peut donc conduire à une légère réduction du temps de séchage et permet, dans certains cas, de garantir une meilleure qualité du produit (porosité, couleur). Toutefois, ce système engendre des investissements plus importants partiellement dus au fait que le séchoir nécessite dans ce cas une meilleure imperméabilité et une plus grande isolation vis-à-vis du milieu extérieur.

Séchage par condensation

Le séchage par condensation consiste tout comme le séchage conventionnel par chauffage et ventilation à faire circuler de l'air sur les pièces de bois à sécher. La principale différence est qu'il n'y a pas d'échange d'air avec le milieu extérieur au séchoir. L'air qui absorbe l'humidité du bois à sécher circule, en effet, en circuit fermé. L'air situé à l'intérieur du séchoir est chauffé par une source extérieure de chaleur jusqu'à atteindre un certain taux d'humidité. Grâce à un système de mesure de l'humidité relative de cet air, des ventilateurs sont actionnés périodiquement pour forcer l'air à circuler et traverser un déshumidificateur. Cet appareil est une pompe à chaleur qui engendre un cycle frigorifique : la vapeur d'eau contenue dans l'air chaud se condense à la source froide (évaporateur de la pompe à chaleur) et est évacuée tandis que la chaleur dégagée lors de la condensation de l'eau est restituée à l'air « déshumidifié » au niveau de la source chaude du cycle (condenseur de la pompe à chaleur). La teneur en eau de l'air a donc été réduite sans toutefois refroidir celui-ci. L'air plus sec est alors à nouveau soufflé sur le bois à sécher et ce, généralement, après avoir été chauffé davantage par une autre source de chaleur.

Le séchage par condensation est a priori plus efficace que le séchage conventionnel par chauffage et ventilation pour autant que le processus prévoit intrinsèquement une récupération de la chaleur au niveau de la condensation de l'eau contenue dans l'air circulant en circuit fermé. Les ventilateurs et le déshumidificateur entraînent cependant des consommations supplémentaires qu'il conviendra de limiter notamment en optimisant leurs mises en route successives et la vitesse de fonctionnement.

Le séchage par condensation présente toutefois de mauvais rendements si l'humidité relative de l'air circulant en circuit fermé est relativement faible (il faudra en effet dépenser plus d'énergie pour condenser moins d'eau). Par ailleurs, il convient de tenir compte de la quantité et du débit d'eau condensée qui doit être évacuée. Cela peut, dans certains cas, être limitatif pour la vitesse du séchage.



Séchage par utilisation simultanée d'un champ électromagnétique haute fréquence et d'une atmosphère saturée en humidité. Source(s) : Woodsurfer, Drywood

Séchage électromagnétique

Il est possible d'utiliser un système de séchage par rayonnement électromagnétique haute fréquence/micro-ondes ou ultra-violet/infrarouge.

Ces procédés de séchage peuvent être bénéfiques énergétiquement dans la mesure où ils proposent un transfert direct d'énergie entre la source et le matériau à sécher et permettent, en outre, de concentrer l'énergie sur les surfaces ou volumes à sécher. Notons qu'ils peuvent ou doivent régulièrement être couplés de manière performante à une technique de séchage classique par air chaud.

→ Séchage par haute fréquence ou micro-ondes

Le séchage par haute fréquence ou micro-ondes utilise l'énergie de rayonnements électromagnétiques de longueurs d'onde supérieures au millimètre. La méthode consiste à créer un champ électrique alternatif dans le bois humide qui conduira les molécules d'eau, polarisées, à changer d'orientation à chaque alternance. Ces mouvements entraîneront une augmentation de la température, favorisant le séchage de la pièce. Les longueurs d'onde suffisamment grandes de ces radiations leur permettent de pénétrer dans le volume du matériau à sécher. Il convient toutefois de tenir compte du fait qu'il faudra s'assurer que le bois ne comporte pas le moindre morceau de matériau conducteur (qui pourrait réfléchir les ondes et déclencher le feu) et qu'une élévation trop rapide de la température du bois peut conduire à des fissurations. En pratique, vu les coûts importants de ce type de procédé, il n'est aujourd'hui utilisé que dans certains cas bien particuliers.

→ Séchage par UV ou infrarouge

Le séchage par rayonnement ultra-violet ou infrarouge est, quant à lui, difficilement applicable pour le séchage volumique d'une pièce de bois. Par contre, il est de plus en plus fréquemment utilisé pour sécher vernis et peintures qui recouvrent la surface du bois.

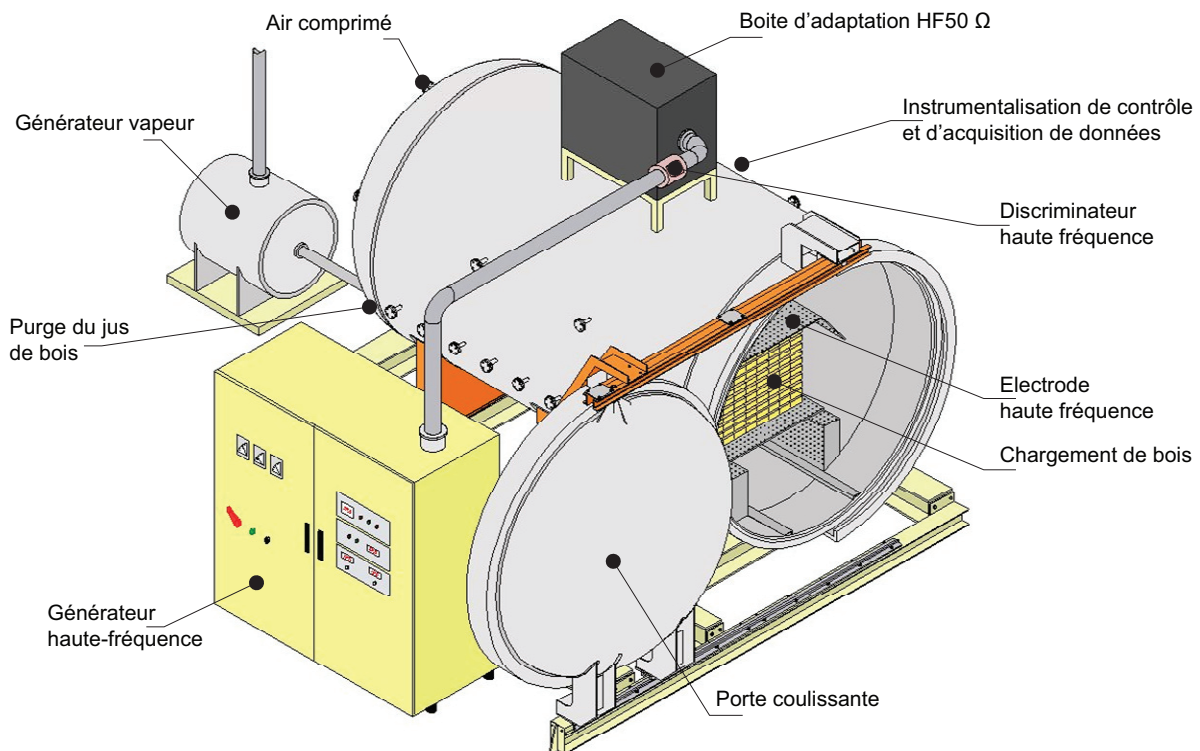
Séchage par vide-pression

En diminuant la pression dans le séchoir, la température d'ébullition de l'eau est réduite et l'évaporation de l'eau contenue dans le bois est donc favorisée.

Un système de chauffage reste nécessaire mais il devra fournir moins d'énergie thermique qu'à pression atmosphérique. Il faudra, par contre, prendre en compte les consommations relatives à la mise en œuvre de ce vide partiel dans le séchoir.

Les temps de séchage peuvent être fortement réduits grâce à cette technique, particulièrement pour les bois durs ou de section importante.

	Avantages	Inconvénients
Séchage par chauffage et ventilation	<ul style="list-style-type: none"> - Séchage traditionnel - Adapté à toute sorte de pièce - Peut se contenter d'apports thermiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Installation volumineuse - Important volume d'air brassé
Séchage par utilisation de vapeur	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration possible de la qualité du produit - Peut réduire légèrement le temps de séchage 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement plus important que le séchage traditionnel
Séchage par condensation	<ul style="list-style-type: none"> - Plus efficace énergétiquement que le séchage traditionnel à condition de récupérer la chaleur de condensation de l'eau éliminée - Circuit fermé d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Volume d'eau liquide à évacuer peut être limitatif - Consommations électriques du déshumidificateur
Séchage micro-ondes	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert direct de l'énergie sans mouvement d'air 	<ul style="list-style-type: none"> - Fort coûteux - Doit souvent être associé à un séchage à air chaud
Séchage UV-infrarouge	<ul style="list-style-type: none"> - Transfert direct de l'énergie sans mouvement d'air - Bien adapté au séchage en surface 	<ul style="list-style-type: none"> - Inadapté au séchage volumique - Doit souvent être associé à un séchage à air chaud
Séchage par vide-pression	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation significative de la vitesse de séchage 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût ???



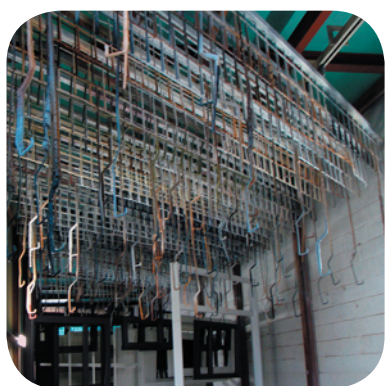
Séchage à haute fréquence. Source : Drywood



ETUDE DE CAS SÉCHAGE DE LA PEINTURE SUR BOIS PAR MICRO-ONDES ET AIR CHAUD CHEZ RICHE

Menuiserie Riche. Source : Riche

ETUDE DE CAS



Chambre de séchage. Source : Riche

Description des installations

La société RICHE S.A produit des menuiseries extérieures en bois : châssis de fenêtres et de portes essentiellement. Les bois utilisés comme matières premières sont principalement de type lamellé-collé et sont fabriqués chez Stabilame, 2ème société du groupe.

Chez RICHE, la part de production des châssis peints a nettement augmenté au cours des dernières années. Ainsi, en 2011, la part de châssis livrés en « produits finis » (càd déjà peints) s'élève à 85%. Cette croissance a demandé une évolution en parallèle du processus de séchage.

En effet, initialement, le séchage des châssis peints était uniquement réalisé dans une chambre de séchage où les châssis étaient entreposés pendant 12 heures en continu. Ce « four » est en fait une pièce de 6 m de large sur 30 m de long où de l'air chaud est soufflé par le bas (air chauffé par des batteries de chauffe externes). La chambre de séchage étant relativement ouverte, les flux d'air chaud ne peuvent pas y être contrôlés précisément. Ceci explique que les châssis doivent y séjourner 12 heures afin de garantir un séchage correct. Cette méthode de séchage limite donc les volumes de production envisageables.

Afin d'assurer la croissance des volumes de production en châssis peints tout en réduisant les besoins spécifiques en énergie et en garantissant la qualité des produits, de nouveaux systèmes de séchage ont été installés.

Description de l'optimisation

Le nouveau type de four tunnel, appelé système de séchage MOS®, installé chez Riche allie 2 techniques : un pré-séchage aux micro-ondes suivi d'un séchage à air chaud. Le traitement micro-ondes fait migrer les gouttelettes d'eau à la surface. Par la suite, le séchage à air chaud permet l'évacuation de ces gouttelettes.

Il s'agit d'un process continu où les châssis suspendus sont en mouvement dans le four : chaque châssis subit ainsi un pré-séchage aux micro-ondes pendant 90 secondes et puis passe dans le « tunnel » à air chaud soufflé pendant 5-6 minutes (air chauffé par des batteries de chauffe externes). Le tunnel étant, par ailleurs, nettement plus « fermé » vis-à-vis du milieu environnant, les flux d'air chaud sont mieux maîtrisés et cela conduit par conséquent à un meilleur rendement global de l'installation

Grâce à ce nouveau système de séchage, la consommation d'énergie est rationalisée. En effet, le soufflage d'air chaud s'effectue dorénavant 8 heures/jour (1 pause) alors que, précédemment, ce soufflage d'air fonctionnait 24h/24 (3 pauses). En contrepartie, chaque four de pré-séchage par micro-ondes consomme une puissance de 8kW, mais il n'est utilisé que durant 90 secondes par châssis.

Les avantages et les économies d'énergie engendrées du système de séchage MOS® associant la technologie micro-ondes (Giardinna) et le soufflage d'air chaud ont motivé la société RICHE S.A. à investir dans 4 dispositifs de séchage de ce type.



Système de préchauffage Micro-ondes. Source : Riche

Quelques chiffres

Four tunnel de séchage « fixe »

durée de séchage d'un cadre	12 heures
fonctionnement soufflage "air chaud"	24h/24

Système MOS®

durée de séchage d'un cadre	6-7 minutes
fonctionnement soufflage "air chaud"	8h/jour
Consommation électrique supplémentaire pour un cadre	0,2 kWh/cadre

Système de séchage MOS®. Source : Riche



OPTIMISATIONS ENVISAGEABLES SUR LE SECHAGE

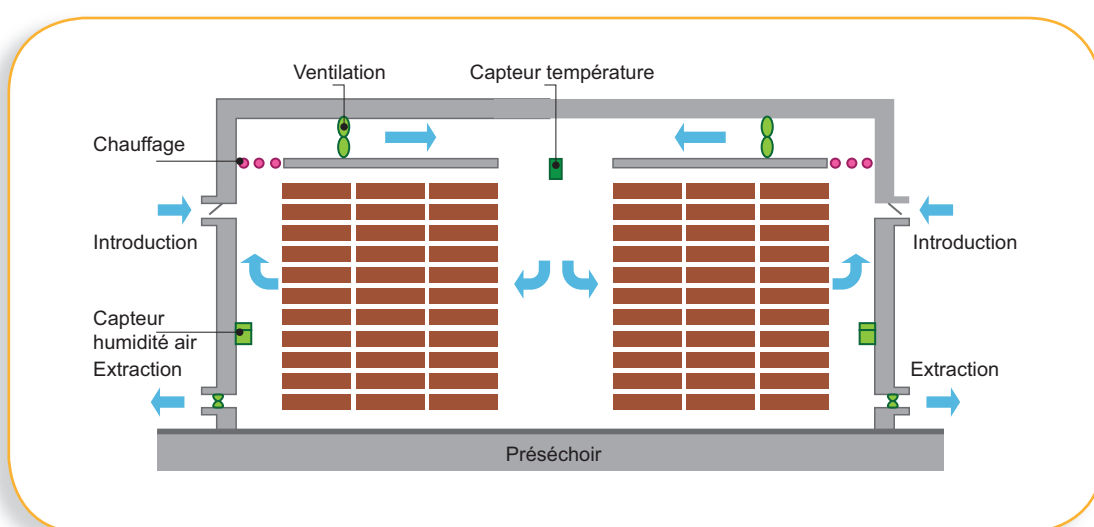
Optimisation : pré-séchage

Qu'est-ce que le préséchage du bois ?

Le préséchage est un début de séchage artificiel des bois fraîchement sciés. Les préséchoirs sont dès lors équipés de système de chauffe et éventuellement d'humidificateurs.

Le volume d'un préséchoir varie couramment entre 500 et 1500 m³. Dans la pratique il existe un rapport d'environ 3,5 entre la capacité d'un préséchoir et celle des séchoirs de finition, si l'on considère que tous les produits préséchés seront ensuite passés en séchoir.

Dans un préséchoir, les conditions d'hygrométrie et de température choisies sont le plus souvent constantes. La température est régulée le plus couramment autour de 25 à 30°C. Un système de ventilation permet la circulation horizontale de l'air à travers la pile de bois à une vitesse de l'ordre de 1m/s.



Système de ventilation dans un préséchoir. Source : FCBA-GN (Auvergne-Promobois).

Pourquoi présécher bois ?

Ce dispositif permet d'atteindre plus rapidement qu'à l'air libre des taux d'humidité du bois proches du point de saturation des fibres (environ 25 à 30%).

A titre d'exemple, pour du chêne de 27 mm d'épaisseur, le temps de préséchage de 70 – 80 % d'humidité à 25 – 30 % est de l'ordre de 5 à 6 semaines. A l'air libre, il sera de plusieurs mois pour obtenir un résultat similaire au niveau des humidités.

Selon les besoins, le bois préséché pourra ensuite être introduit en cellule de séchage pour atteindre le taux d'humidité final désiré.

Les avantages compensent les inconvénients

En évitant les aléas climatique liés au séchage naturel, les bois préséchés présentent peu, voire pas de fentes de surfaces et en bouts et ne prennent pas de couleur grisâtre.

Cette technique permet également de réduire considérablement les temps de rotation des stocks de bois à sécher.

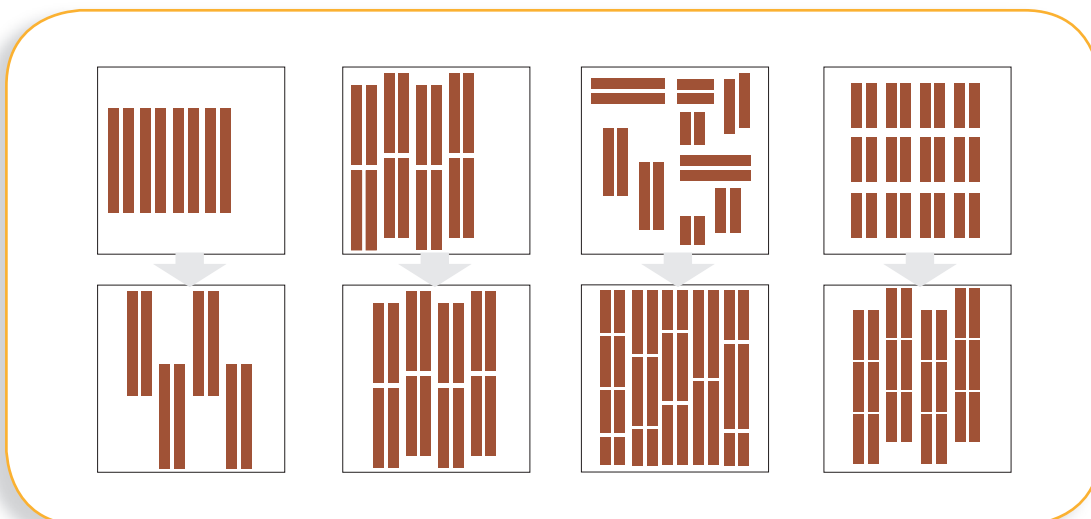
Enfin le préséchage favorise la commercialisation des bois ressuyés à des humidités voisines de 25 - 30 %.

Par contre, le principal inconvénient constaté est le prix : le préséchage nécessite un investissement matériel important. Chaque projet mérite donc une étude préalable de détail.

Optimiser l'arrangement des bois dans le séchoir

Avant d'envisager la disposition des pièces de bois dans le séchoir, il convient de souligner qu'il est généralement préconisé de ne sécher simultanément dans un séchoir que des pièces de mêmes dimensions et provenant de la même essence de bois.

Afin de veiller à un séchage uniforme du bois et de minimiser le temps de séchage, il convient de disposer les bois dans le séchoir de manière à favoriser et faciliter la circulation de l'air dans l'ensemble du séchoir. Un séchage uniforme et un temps de séchage restreint sont en effet préconisés pour éviter l'apparition de fentes dans le bois et réduire les consommations d'énergie du cycle de séchage.



Disposition des pièces de bois pour favoriser un séchage uniforme. Source : cahier Presti (Fedustria)

Les morceaux de bois à sécher sont généralement disposés sur des lattes de bois sain et relativement sec (taux d'humidité inférieur à 20%), de forme droite et de dimensions régulières.

En fonction de l'épaisseur du bois à sécher, il conviendra en outre de déterminer l'épaisseur des lattes de soutien qui fixera l'écartement entre deux couches de bois et de trouver l'écart optimal entre les différentes pièces de bois d'une même couche.

Empilement dans un sechoir. Source : Whyhardwoods



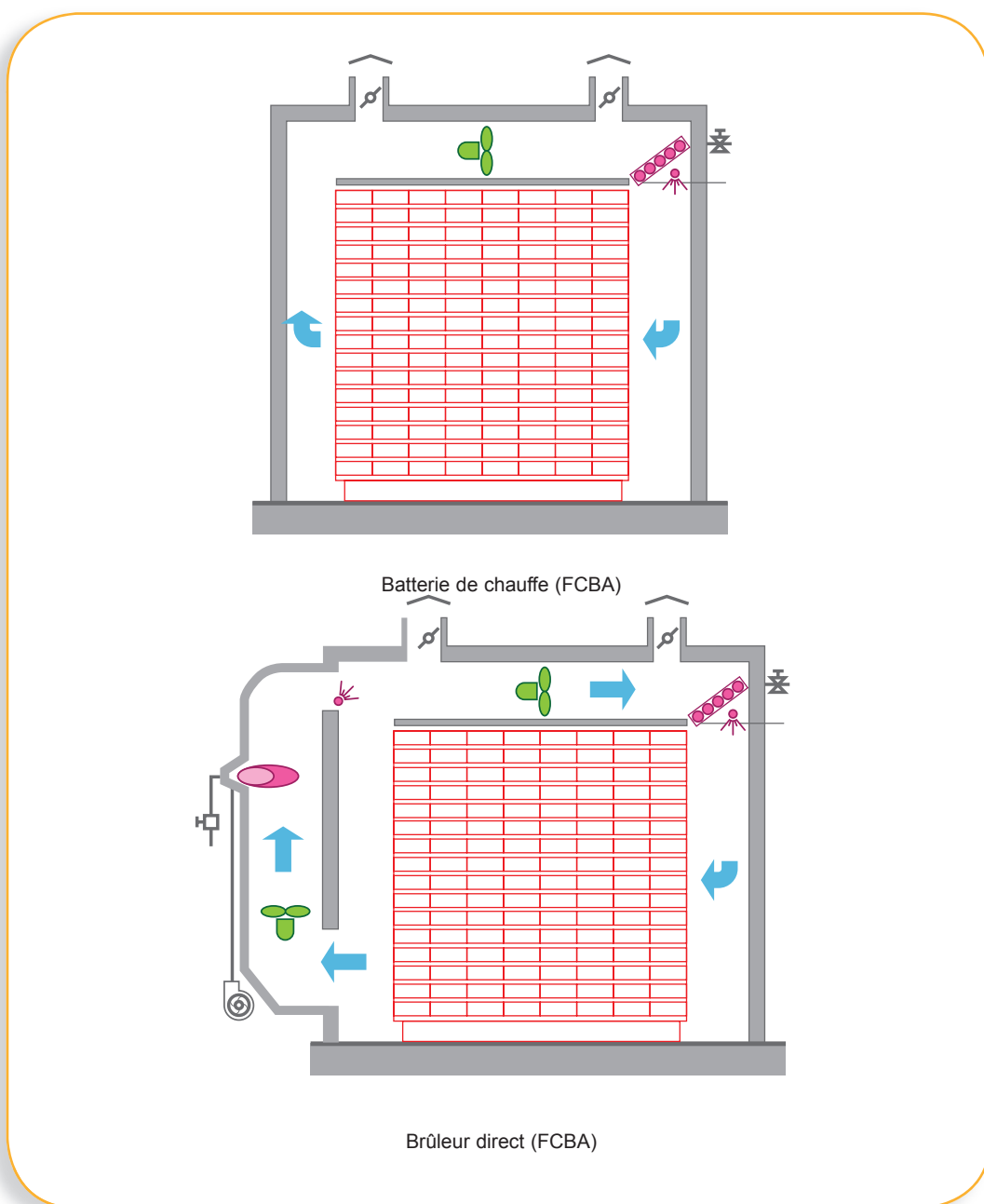
Optimisation : Influence de l'humidité et de la température de l'air dans un séchoir convectif à air chaud

Principe général du fonctionnement

Dans un séchoir convectif à air chaud et humide, dit conventionnel, les piles de bois sont traversées par de l'air dont la température et l'humidité sont contrôlés.

L'air, soufflé par des ventilateurs, passe au travers des éléments de chauffe qui élèvent éventuellement sa température. Il est ensuite envoyé sur une rampe d'humidification qui permet, si besoin, de remonter son humidité relative avant de traverser la pile de bois.

Au fur et à mesure que l'air traverse la pile, il se charge en vapeur d'eau provenant du bois, voit son humidité relative augmenter et sa température chuter. Une fraction de cet air humide est ensuite évacuée à l'extérieur de la cellule et est remplacée par de l'air neuf.



Source FCBA-GN (Auvergne-Promobois)

Séchoir et sonde d'humidité multicanal de contrôle et de suivi du processus de séchage.
Source : brookhuis



La température et l'humidité de l'air conditionnent la qualité du séchage

La température et l'humidité de l'air sont les deux facteurs principaux qui influencent le séchage.

La chaleur contenue dans l'air permet le réchauffage du bois et de son humidité. Cela favorise d'une part la migration de l'eau dans le bois, et d'autre part l'évaporation de son eau en surface. Si la température du bois est trop faible, le temps de séchage sera prolongé. Si cette température est trop élevée, il y a un risque d'apparition de fentes internes ou « collapses ».

L'élévation de la température de l'air est évidemment obtenue grâce au système de chauffage de sécheur (brûleur au gaz, eau chaude, vapeur basse température).

L'humidité relative de l'air permet, avec sa température, d'ajuster le gradient de séchage du bois. Si ce gradient est trop faible, le temps de séchage sera prolongé. S'il est trop élevé, le risque d'apparition de fentes en surface augmente.

L'ajustement de l'humidité relative de l'air dans la cellule est réalisé soit par la pulvérisation d'eau, soit par le renouvellement d'une fraction de l'air humide via les registres.

La conduite du séchage

La conduite du séchoir sera effectuée en ajustant la température et l'humidité de l'air tout au long des étapes du cycle de séchage. Ces conditions de température et d'humidité sont contrôlées à l'aide de capteurs. La progression du séchage sera quant à elle surveillée à l'aide de capteurs placés dans des planches témoins disposées dans le séchoir.

Avec l'évolution des techniques et des exigences du marché, la conduite entièrement manuelle a été automatisée. Les appareils de régulation contribuent à obtenir en toute fiabilité du bois sec à la qualité requise dans un minimum de temps, et au moindre coût.

La conduite du séchoir, peut-être semi-automatisée ou automatisée.

Dans le premier cas, l'opérateur détermine les consignes d'humidité et de températures au fur et à mesure de la progression du séchage.

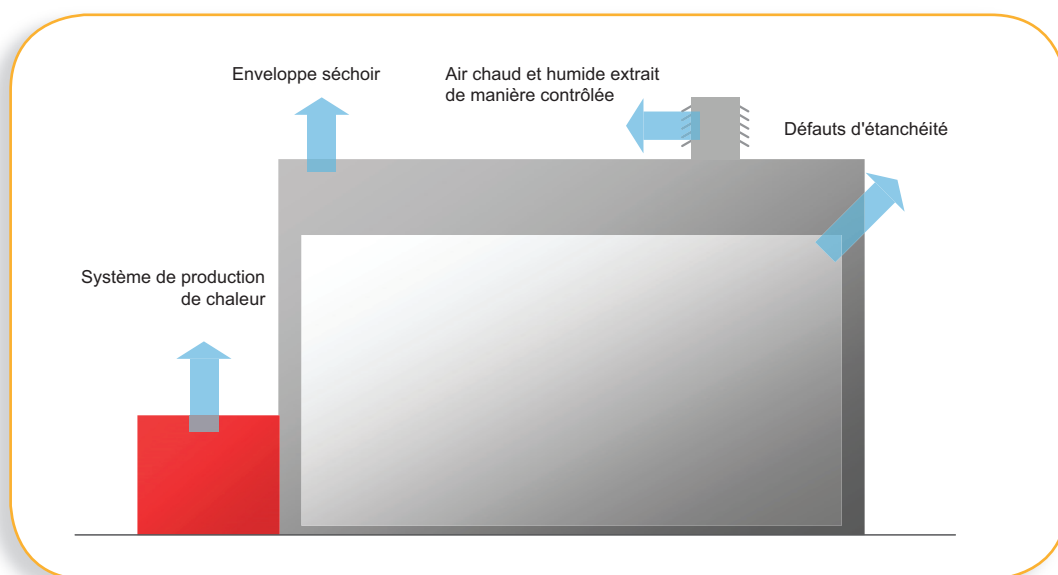
Dans le deuxième cas, le cycle de séchage peut-être programmé de sorte que les consignes de température et d'humidité soient ajustées automatiquement au cours de ce cycle. L'évolution de celui-ci sera contrôlée par la mesure de l'humidité du bois. Ces programmes peuvent être optimisés sur base de l'expérience acquise par le conducteur. Il est cependant important de noter que l'expérience et le contrôle visuel des produits restent essentiels pour ajuster éventuellement les paramètres en cours de séchage.

Optimisation : isolation et étanchéité

Les déperditions thermiques au niveau du dispositif de séchage sont déterminantes du point de vue de la consommation énergétique du processus. Dans certains cas, ces déperditions pourraient être telles que la vitesse du séchage en serait altérée.

Les déperditions de chaleur peuvent se retrouver à différents endroits de l'installation :

- au niveau des systèmes de production et de distribution de chaleur ;
- au niveau de l'enveloppe du séchoir ;
- au niveau des défauts d'étanchéité éventuels ;
- dans l'air chaud et humide extrait de manière contrôlée.



Déperditions de chaleur au niveau d'un dispositif de séchage. Source 3j-Consult SA.

Déperditions thermiques au niveau des systèmes de production et de distribution de la chaleur

L'installation de production de chaleur doit se situer dans un local fermé comportant des orifices assurant une ventilation naturelle minimale.

Les conduites d'eau chaude ou de vapeur doivent être calorifugées soigneusement sur toute leur longueur entre la chaudière et le séchoir. A titre indicatif, le tableau ci-dessous donne des ordres de grandeur de déperditions pour une conduite de 2" :

Déperdition dans une conduite de 2" (t° fluide = 90°C, t° ext = 15°C, vitesse vent = 3 m/s)

Sans isolant	Isolation 25 mm d'épaisseur ($\lambda = 0,040$ W/mK)
500 W/mc	30 W/mc

Déperditions thermiques au niveau de l'enveloppe du séchoir

Les déperditions au niveau de l'enveloppe concernent les parois fixes, les portes, le sol et le toit. A l'heure actuelle, tous les fabricants proposent des parois isolées en panneaux « sandwichs », dont l'épaisseur d'isolant peut varier de 60 à 160 mm suivant les conditions climatiques extérieures et intérieures.

Les ordres de grandeurs de déperditions par les parois sont les suivants :

Déperdition par une paroi (t° séchoir = 70°C, t° ext = 15°C, vitesse vent = 3 m/s)

Sans isolant	Isolation 100 mm d'épaisseur ($\lambda = 0,040$ W/mK)
865 W/m ²	35 W/m ²

Déperditions thermiques par défauts d'étanchéité

La qualité de l'étanchéité est également déterminante dans la réduction des déperditions thermiques.

Les défauts d'étanchéités peuvent se retrouver au niveau de la jonction entre les portes et les parois du séchoir, des registres d'extraction de l'air humide en position fermée et des jonctions entre parois.

Par ailleurs, la qualité d'assemblage des joints et des éléments de structure est également importante pour limiter les risques de condensation sur les parties froides et qui pourrait entraîner une dégradation des éléments métalliques par oxydation.

A titre d'exemple, les déperditions liées à un défaut d'étanchéité d'une section de 1 dm² est de l'ordre de 15 kW, pour de l'air à 50°C et 85% d'humidité relative.

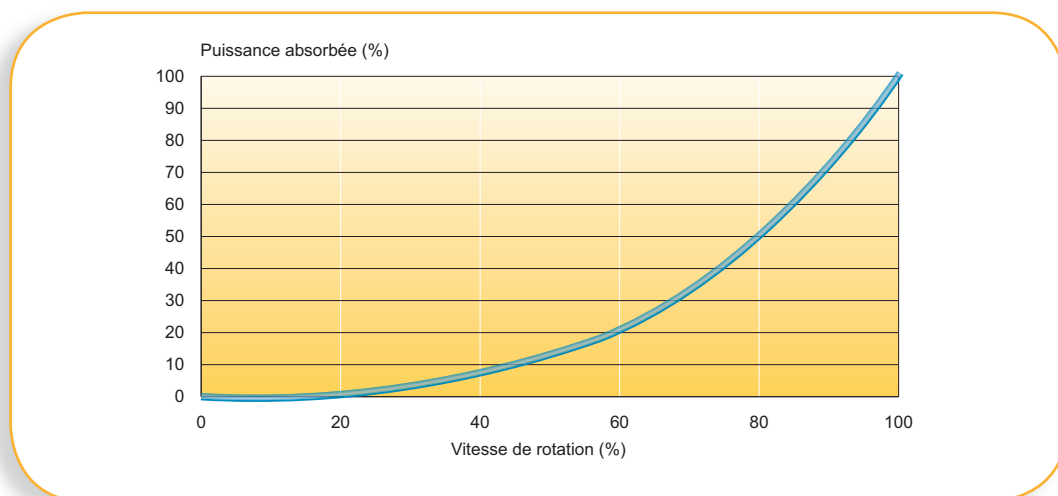
Déperditions thermiques par extraction de l'air chaud et humide

L'extraction d'une fraction de l'air humide durant le cycle de séchage est inhérente à ce processus, puisqu'il faut bien évacuer une partie de l'humidité en dehors du séchoir. Pour palier à ce type de déperdition, il est possible de récupérer une partie considérable de cette chaleur via un système d'échangeur. Ce système de récupération est explicité au §7.

Optimisation : Placer un variateur de fréquence sur les ventilateurs

La mise en place d'un variateur de fréquence sur les ventilateurs d'un séchoir permet de modifier leur vitesse de rotation et, par conséquent, de réduire ou d'augmenter la vitesse de circulation de l'air dans la chambre de séchage selon les besoins.

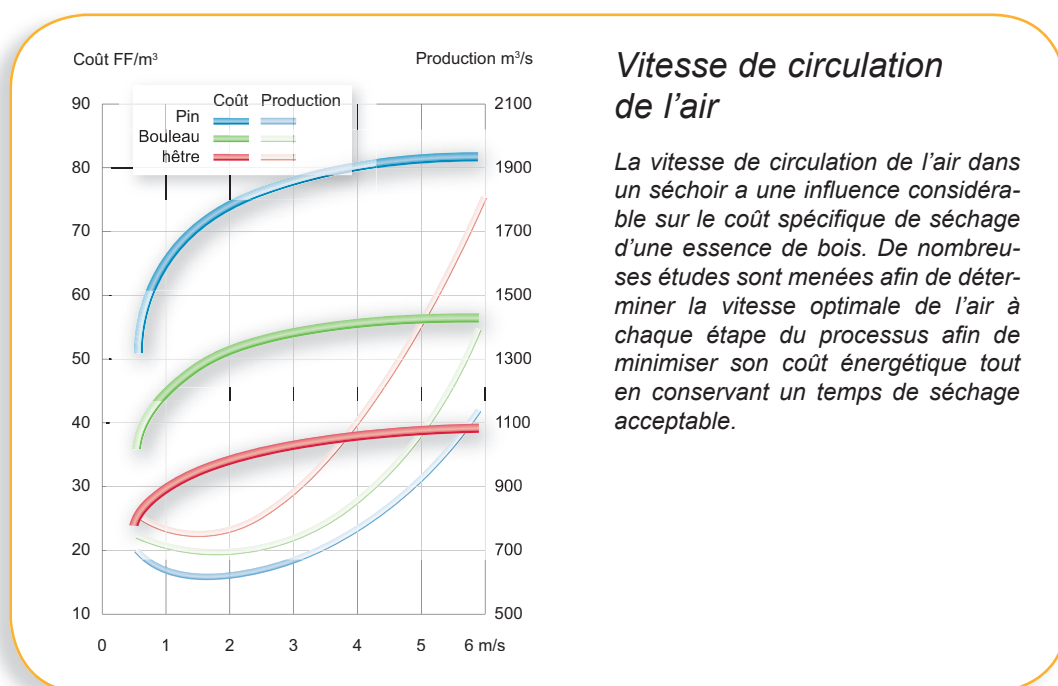
Ce système de régulation permet une réduction drastique des consommations électriques dans la mesure où la puissance absorbée par le moteur (et donc la consommation d'énergie) est proportionnelle au cube de la vitesse de rotation de son arbre (qui entraîne le ventilateur). Ainsi, pour une vitesse égale à 50 % de la vitesse nominale, la puissance électrique nécessaire n'est plus que de 12,5 % de la puissance nominale, ce qui entraîne une même réduction de la consommation d'énergie.



Puissance absorbée par le moteur selon la vitesse de rotation de son arbre

Ce gain énergétique est réalisé tout en conservant une qualité de la circulation d'air et une durée du cycle de séchage admissibles.

L'économie engendrée par une telle amélioration est d'autant plus importante que la section des découpes de bois est grande et le cycle de séchage long.



Coût spécifique de séchage d'une essence de bois. Source : IBV



RÉGULATION DE LA VITESSE DES VENTILATEURS DES CHAMBRES DE SÉCHAGE CHEZ IBV

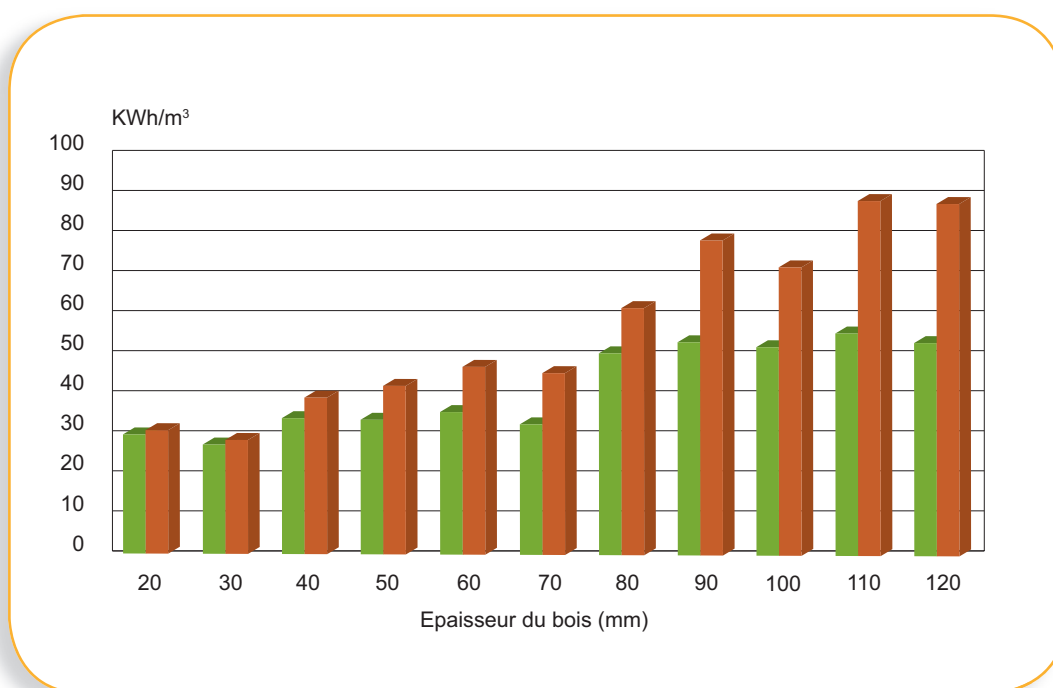
ETUDE DE CAS

Scierie IBV. Source IBV

Le groupe Industrie du Bois Vielsalm (IBV) exploite six lignes de sciage de bois résineux ainsi que 20 unités de séchage à air forcé, d'une capacité totale de 5000 m³.

Afin de réduire les consommations d'énergie dans les chambres de séchage du site, un système de régulation optimisée a été mis en place. Il permet de faire varier la vitesse de rotation des ventilateurs qui font circuler l'air dans le séchoir grâce à des variateurs de fréquence et selon les informations reçues de différents appareils de mesure en continu : plusieurs sondes d'humidité dans le bois ainsi que des capteurs de températures de l'air entrant et de l'air sortant.

Le graphique ci-dessous illustre l'impact du variateur de vitesse des ventilateurs sur la consommation électrique spécifique réelle, exprimée en kWh/m³ de bois, pour le séchage de différentes épaisseurs d'une même essence de bois.



Consommations électriques spécifiques réelles grâce à l'utilisation d'un variateur de vitesse. Source : IBV



Cellules BES-Bollmann avec récupérateurs de chaleur.

Optimisation : Echangeur de récupération

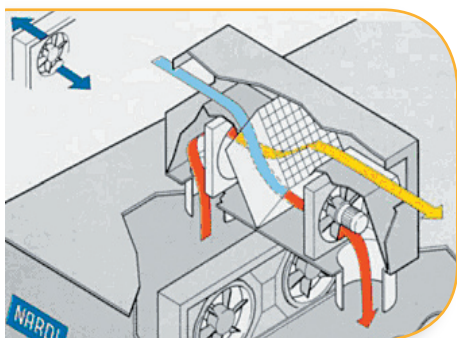
Le processus de séchage du bois dans un séchoir convectif à air chaud nécessite de renouveler une partie de l'air. Il peut donc être intéressant de récupérer un maximum de cette chaleur pour préchauffer l'air neuf entrant. Cette récupération d'énergie peut-être obtenue en plaçant un échangeur de chaleur.

Pour obtenir une récupération de chaleur optimale, il convient de minimiser les déperditions parasites via les parois et les défauts d'étanchéité et d'optimiser les conditions de température et d'humidité.

L'échangeur permet grâce à un croisement des flux énergétique de transférer une partie de la chaleur de l'air sortant du séchoir, à l'air entrant à la température extérieure. La qualité de cet échange est fonction :

- de l'efficacité de l'échangeur, et donc notamment de la grandeur de sa surface d'échange, de la qualité des matériaux et de l'organisation des flux ;
- du rendement de l'échangeur, qui dépend principalement de son isolation.

Dans la pratique, les principaux installateurs de séchoirs européens qui fournissent des systèmes de récupération de chaleur, annoncent les gains annuels suivants sur la consommation d'énergie thermique de leur séchoir :



Récupérateur de chaleur (Nardi).

Taux d'humidité à respecter

Brunner-Hildebrand	10 %
BES Bollmann	15 % - 20 %
Valuetec	15 % - 20 %
Nardi	18 % - 23 %

Ces valeurs restent cependant à considérer avec précaution étant donné qu'elles peuvent varier avec les conditions climatiques moyennes.



POUR PLUS D'INFOS...

Cette fiche vous donne une idée du potentiel d'optimisation mais l'étude et la mise en œuvre de ces mesures doivent souvent être réalisées par des spécialistes. Ci-dessous donc une liste de contacts utiles :

Contacts/références :

Spécialistes et fournisseurs d'équipements en Belgique :

rechercher dans la base de données <http://www.abc-d.be/>

- Avec comme critère : séchage
- Autre critère plus spécifique : séchage bois

Ci-dessous une liste de contacts utiles :

- Site portail Energie de la Région Wallonne : <http://energie.wallonie.be> :
 - Liste des bureaux d'audits agréés par la Région Wallonne
 - Primes de la Région Wallonne
 - Liens utiles

Bibliographie :

Ont collaboré à la rédaction de cette fiche les différentes entreprises citées dans les études de cas et citées en source photographique.

Les cahiers Presti sont téléchargeables sur www.fedustria.be > choix de la langue : NL
> rubriques : Fedustria > Diensten > Milieu, techniek en energie

COLOPHON

Opérateurs désignés par la Région wallonne :



Institut de Conseil et d'Études en Développement Durable (ICEDD) asbl

Boulevard Frère Orban 4, 5000 NAMUR
Contact : Dimitri Eggermont, Responsable de Projets
Tél. : 081 25 04 80 — Fax : 081 25 04 90
Courriel : de@icedd.be



3j-Consult SA

Rue de la Corderie 18, 1300 Wavre
Contact : Jean-Benoît Verbeke
Tél. : 010/45 00 53
Courriel : jbv@3j-consult.com

Pour le compte de :



**Service public de Wallonie
Direction générale opérationnelle Aménagement du territoire, Logement,
Patrimoine et Énergie**

Département de l'énergie et du Bâtiment durable

Chaussée de Liège 140-142, 5100 Jambes
Tél : 081 48 63 56
Courriel : Energie@spw.wallonie.be
Site portail de l'énergie de la Région wallonne : <http://energie.wallonie.be>

En partenariat avec :



**Fedustria Wallonie - Aile wallonne de la fédération de l'industrie textile,
du bois et de l'ameublement**

Allée Hof-ter-Vleest 5, bte 1, 1010 Bruxelles
Tél. : 02 528 58 34 — Fax : 02 528 58 49
Courriel : info@fevia.be

Editeur responsable : Dominique SIMON, Directeur

Photo de couverture : base.woodsurfer.com

1ère diffusion électronique, édition février 2012



**économisons
l'énergie**