

Nouvelle chaufferie au bois

Quels paramètres considérer ?

**Guide et fiches techniques destinés aux
forestiers**

Mai 2019

Table des matières

Introduction	3
FICHE 1 : Bibliothèque de liens	4
FICHE 2 : Quelques définitions et grandeurs	5
Etapas décisionnelles clés d'un projet de chauffage automatique à bois	6
FICHE 3 : Qualité du bois et différents assortiments.....	7
FICHE 4 : Hangars à plaquettes	10
FICHE 5 : Types de chaudières et assurance-qualité.....	13
FICHE 6 : Planification d'un CAD, à quoi faut-il penser ?	15
FICHE 7 : Chauffages à plaquettes, problèmes fréquents	17
FICHE 8 : Silos à pellets et à plaquettes	18
FICHE 9 : Emissions des chauffages au bois et OPair.....	21
FICHE 10 : Vente de plaquettes et vente de chaleur.....	23
FICHE 11 : Aides financières	24
Bibliographie.....	25

Introduction

Ces fiches techniques bois-énergie ont pour but de servir de base d'information et de conseils aux acteurs de la forêt dans le cadre de la planification d'un chauffage à bois automatique dont la puissance est comprise entre 70 kW et 1.5 MW, les plus répandus. Les installations plus petites étant plutôt du ressort des personnes privées et les plus grandes du ressort des grands groupes énergétiques. Les 11 fiches décrivent les étapes et points clé les plus importants d'un projet de chauffage au bois.

Dans le but d'atteindre les objectifs visés par la Stratégie énergétique de la Confédération à l'horizon 2050 (diminution par quatre des émissions de CO₂ à cette date par rapport à aujourd'hui) ainsi que ceux fixés par la Stratégie bois-énergie vaudoise (2017), il s'agit de valoriser au mieux cette ressource naturelle et renouvelable qu'est le bois.

Les forêts vaudoises, le bois usagé, les sous-produits industriels, etc. recèlent un potentiel de 285'000 tonnes/an, ce qui permettrait de couvrir environ 30% des besoins en chauffage du Canton de Vaud. Dans certains cas, il est recommandé de penser à produire conjointement de l'électricité. Aujourd'hui, 65% du bois disponible est déjà valorisé. Le solde restant s'élève à quelque 105'000 tonnes/an, dont la moitié proviendrait directement de la forêt, moyennant une légère augmentation des coupes.

Afin de permettre au Canton d'atteindre ses objectifs énergétiques, il convient de valoriser la ressource bois de manière la plus efficace possible. Ce guide vise à fournir les ressources conseils aux forestiers, afin de leur permettre de planifier des installations de production d'énergie efficaces et les mieux adaptées aux conditions locales.

FICHE 1 : Bibliothèque de liens

Afin de détailler certains sujets, il sera proposé sur les différentes fiches présentées dans ce document de se référer à des liens figurant ci-dessous, ou directement dans le texte.

Bases légales bois-énergie

- Recommandations concernant les émissions : <https://www.admin.ch>, Ordonnance sur la protection de l'air, annexe 5, chiffre 3, alinéa 1.
- Valeurs limites des émissions : <https://www.admin.ch>, Ordonnance sur la protection de l'air, annexe 3, chiffre 522

Directives et documents du Canton de Vaud

- « [Stratégie bois-énergie VD](#) », 2017
- Zones à immissions excessives : <https://www.vd.ch/themes/environnement/air/>
- Subventions cantonales ou autres : www.vd.ch/themes/environnement/energie/
www.klik.ch, www.infrawatt.ch
- « [Qualité des plaquettes forestières](#) », 2017

Documents OFEN

- [Stratégie énergétique 2050](#), janvier 2018

Energie-bois Suisse

- Choisir du bois suisse : label COBS <https://www.holz-bois-legno.ch/fr/label/>
- Label QM (Qualité-Management) Chauffage au bois : www.qmbois.ch
- Déclaration de conformité et labels de qualité : www.energie-bois.ch
- Contrat-type d'approvisionnement : <https://www.energie-bois.ch/shop/contrats-type.html>

Autres

- Guide de stockage de pellets de bois : www.propellets.ch
- Evolution des prix de l'énergie : www.energie-bois.ch
- Rapport comment déterminer l'humidité, la PCI, le contenu énergétique de plaquettes de bois « [Contenu énergétique des plaquettes de bois-énergie produites à Jussy \(GE\)](#) » (J. Beck).



FICHE 2 : Quelques définitions et grandeurs

Pour plus de détails sur ces grandeurs ou pour plus de chiffres relatifs au bois-énergie, se référer au « Vade-mecum énergie du bois », 2008.

Voici quelques définitions importantes et couramment utilisées lorsque l'on parle de bois-énergie, surtout de plaquettes.

a) Puissance et énergie, quelle est la différence ?

- **Puissance** : la puissance d'une chaudière représente sa capacité ou sa force, plus ou moins importante en fonction de sa taille, à produire de la chaleur.

L'unité de la puissance est le Watt [W]. La puissance des chaudières est communément donnée en kilowatts [kW] = 1'000 W ou en mégawatts [MW] = 1'000'000 W.

- **Energie** : le concept de l'énergie inclut une notion de temps. L'énergie équivaut donc à une puissance multipliée par le temps, ce qui donne communément des kilowattheures [kWh]. Dans le système international, l'énergie se mesure en Joules [J].

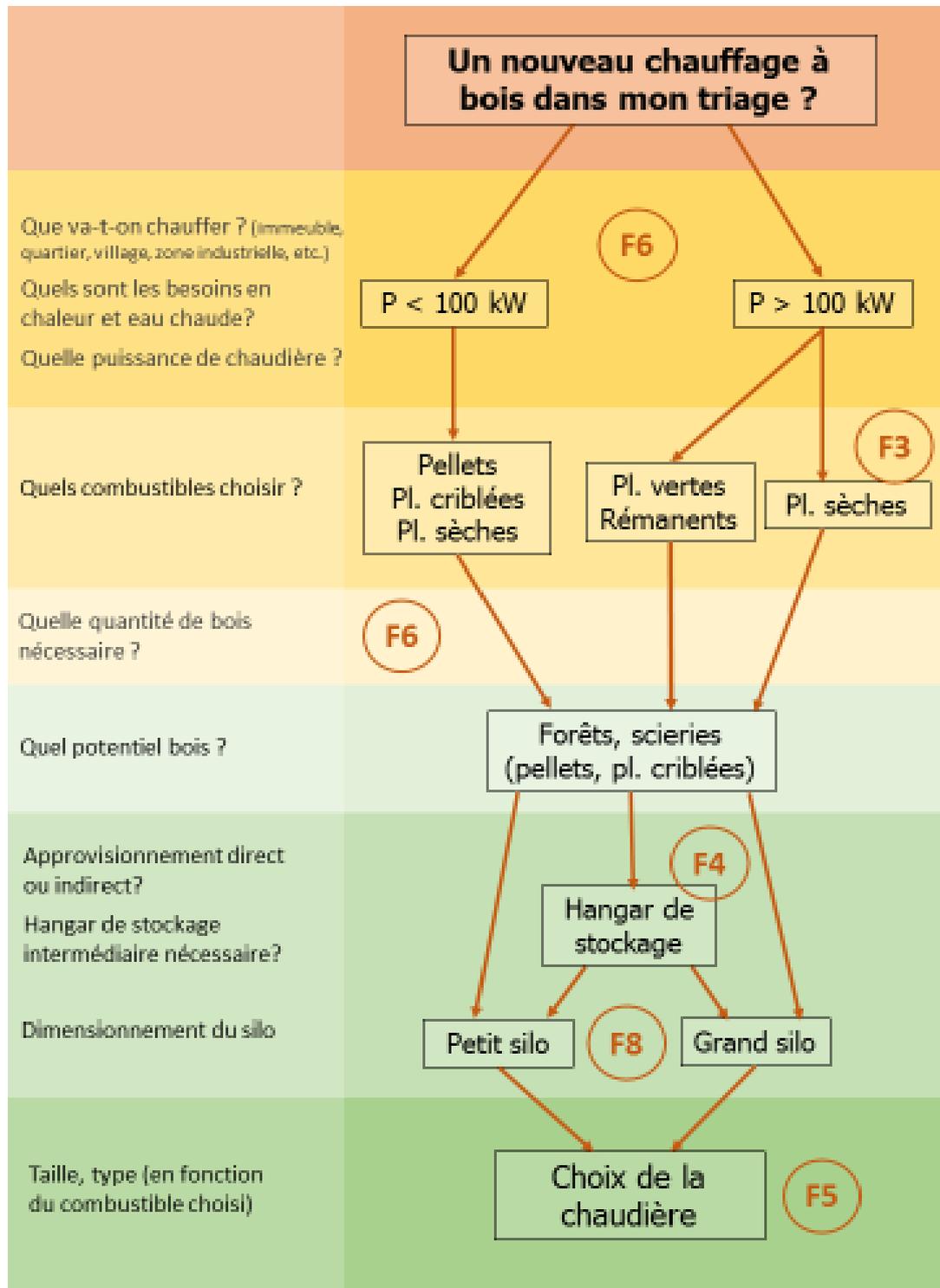
En parlant bois-énergie, un kWh représente la quantité de chaleur produite par la combustion d'une certaine quantité de bois pendant une heure. Cela revient à dire de manière simple : bois + O₂ (oxygène) = chaleur + CO₂ + autres gaz, ceci pendant un temps t.

b) En ce qui concerne les grandeurs caractérisant le bois-énergie telles que listées ci-après ainsi que leurs unités, vous pourrez les retrouver dans le *Vademecum*, Energie-bois Suisse, 2008 ou dans le guide « [Qualité des plaquettes forestières](#) », 2017.

- Pouvoir calorifique inférieur ou supérieur (PCI ou PCS)
- Teneur en eau ou humidité du bois
- Masse volumique
- Coefficient de foisonnement
- Granulométrie
- Contenu énergétique
- Rendement annuel de la chaudière
- Cogénération

Etapes décisionnelles clés d'un projet de chauffage automatique à bois

Les numéros apparaissant sur le schéma se rapportent aux numéros des fiches relatives à ces thèmes.



FICHE 3: Qualité du bois et différents assortiments

Seul le **bois à l'état naturel** est toléré dans les chaudières classiques.
Le **bois usagé** (provenant de la démolition) ou **à problèmes** (imprégné de peinture ou autre) doit être éliminé en usine d'incinération.

- **Le bois naturel résultant de la transformation du bois** : éclats de bois, d'écorce, résidus de tronçonnage, dosses et délignures, copeaux de rabotage, sciures et poussières de ponçage, briquettes, granulés de sciure.

Avantage : plus sec que le bois issu de la forêt.

Inconvénient : les quantités disponibles sont moins importantes.

- **Le bois naturel provenant de la forêt** : bûches, plaquettes, écorces, rémanents, etc.

Le label COBS (Certificat d'Origine Bois Suisse) garantit la provenance du bois 100% suisse. Si l'assortiment est composé de plusieurs bois, au moins 80% de ce bois doit être suisse. Dans le cas des pellets, 40% de bois étranger est autorisé. <https://www.holz-bois-legno.ch/fr/label/>

Les deux tableaux qui suivent donnent les caractéristiques, utilisations, avantages et inconvénients des divers assortiments de bois-énergie existants.

Bûches	
<i>Utilisation</i>	Pour chauffer une pièce, un appartement et/ou pour la production d'eau chaude sanitaire.
<i>Caractéristiques</i>	Installations manuelles de petites puissances (entre 2 et 50 kW). Avant utilisation: sécher à l'air pendant 1.5 à 2 ans, à l'abri des intempéries, afin que leur teneur en eau atteigne environ 20%. Cela permet d'éviter des émissions dérangeantes.
<i>Avantages</i>	Combustible généralement régional. Peu d'énergie grise pour sa fabrication et son transport, peu coûteux.
<i>Inconvénients</i>	Place de stockage importante. Chargement manuel et entretien important de la chaudière. Dégagement important de particules nocives.
Pellets	
<i>Utilisation</i>	Pour chauffer une pièce (poêle de salon), une maison, un immeuble et/ou pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS). Eventuellement petits CAD (coût élevé).
<i>Caractéristiques</i>	Alimentation manuelle des poêles, dont P < 10 kW. Pour le chauffage et l'ECS de maisons ou bâtiments, 8 kW < P < 80 kW. En Suisse, il existe un seul type de pellets: constitués de sciures et copeaux à l'état naturel, pressés sans additifs chimiques. Dimensions: entre 0.3 et 4 cm de long, 0.6 cm de diamètre, taux de fines < 1% et teneur en eau < 10% pour garantir une bonne combustion. La quantité d'énergie contenue dans 2 kg de pellets équivaut à celle produite par 1 l de mazout.
<i>Labels</i>	Garantie de qualité: ENplus (ENplus® AI est la meilleure classe de qualité pour les pellets.), DINplus (jusqu'en 2010), COBS (garantit la provenance de bois suisse dans la composition des pellets, 60% exigés), Swiss Label (garantit que 70% des coûts de production sont générés en Suisse), FSC. Pour plus de détails *
<i>Avantages</i>	Particulièrement facile d'utilisation, chaudières automatiques, place pour le stockage moindre. Caractéristiques homogènes, pouvoir calorifique constant et élevé, densité énergétique élevée. Possibilité de travailler avec de petites puissances.
<i>Inconvénients</i>	Attention: souvent importés. Absorbent facilement l'humidité, peuvent gonfler et se désagréger. Production plus coûteuse en énergie grise
<i>Info</i>	Recherche en cours pour produire biogaz, chaleur et électricité à partir de pellets. Depuis 2018, la première centrale de cogénération à pellets fonctionne à Rheinfelden (AG). Environ 900 tonnes de pellets suisses sont transformés en biogaz, qui produit ensuite de la chaleur et de l'électricité pour environ 270 ménages. Pour plus de détails **

[*www.prapellets.ch](http://www.prapellets.ch)

**

Article
La Forêt,
03.2017
<https://www.foret.suisse.ch>

Plaquettes, généralités	
<i>Utilisation</i>	Chauffage central (et ECS) pour maisons, bâtiments, quartier, villages, zones industrielles, etc. Plutôt utilisé dans des grandes installations (P < 100 kW), gamme de puissance 15 kW < P < 82 MW Possibilité de produire de l'électricité conjointement à de la chaleur (cogénération).
<i>Avantages</i>	Produites entièrement dans la région. Peu d'énergie grise pour leur transport et fabrication. Chaudières automatiques.
<i>Inconvénients</i>	Caractéristiques inhomogènes, pouvoir calorifique variable selon les essences, humidité et densité énergétique variables. Espace de stockage important.
<i>Info</i>	Pour assurer le bon fonctionnement des chaudières, il est recommandé de fournir un combustible le plus stable possible, bien que, par définition, la variabilité des plaquettes de bois est grande.
1. Plaquettes "de bonne qualité"	
<i>Caractéristiques</i>	Issues de la transformation du bois, disponible en plus faibles quantités. Particulièrement sèches et homogènes, généralement dépourvues d'écorce.
<i>Utilisation</i>	Utilisées plutôt dans des installations plus petites (chauffage d'une maison ou d'un immeuble).
2. Plaquettes vertes	
<i>Caractéristiques</i>	Filière d'approvisionnement directe: les troncs sont coupés (parfois séchés à l'air), broyés et le bois est livré sous forme de plaquettes. Pas d'étape de stockage ni de séchage des plaquettes. Filière économique.
<i>Utilisation</i>	Teneur en eau élevée (max. 60%), donc contenu énergétique plus faible et besoin de plus de volume pour la même quantité de chaleur produite. Combustible intéressant surtout dans le cas de grandes installations (P > 500 kW), à partir d'une consommation annuelle de 3'000 m3 de plaquettes environ. Le fournisseur doit garantir la sécurité d'approvisionnement en hiver également. En montagne notamment, il est recommandé de les couvrir d'une bâche spéciale biodégradable, afin de faire baisser la teneur en eau des troncs stockés à l'air. Le moment venu, les troncs et la bâche seront broyés ensemble.
3. Plaquettes sèches	
<i>Caractéristiques</i>	Filière d'approvisionnement indirecte: les troncs sont coupés (parfois séchés à l'air), broyés et les plaquettes sont stockées dans un hangar pendant 3 ou 4 mois. De ce fait, filière plus coûteuse. Teneur en eau moindre (20 - 30 %), donc contenu énergétique plus élevé et besoin de moins de volume pour la même quantité de chaleur produite.
<i>Utilisation</i>	Plutôt utilisées pour les plus petites installations (P < 500 kW), ou dans les chaudières requérant un combustible plus sec. Se justifie lorsque l'accès hivernal à la forêt est impossible ou comme solution régionale à une très forte consommation de plaquettes (stock tampon).
4. Plaquettes d'écorces et rémanents	
<i>Caractéristiques</i>	Les écorces et rémanents déchetés sont en général particulièrement humides et contiennent pas mal de poussières. Les branches déchetées donnent souvent des plaquettes irrégulières avec une part de très gros copeaux.
<i>Utilisation</i>	Seules certaines grosses chaudières (P > 1 MW) sont adaptées à ce type de combustible.
<i>Info</i>	Les rémanents étant toujours disponibles, cela peut être intéressant de prendre cette solution en considération.

Pour plus de détails sur les assortiments de plaquettes et leur utilisation, se référer au guide « [Qualité des plaquettes forestières](#) », 2017.

FICHE 4 : Hangars à plaquettes

La construction d'un hangar à plaquettes peut être envisagée lorsque l'on souhaite approvisionner une ou plusieurs installations de chauffage en plaquettes sèches et qu'une place de dépôt est nécessaire.

Par retour d'expérience, il a été établi que pour minimiser l'humidité des plaquettes, il convient de :

- broyer directement les troncs à la sortie de la forêt ou dans les 3 mois. Les plaquettes fermenteront et sécheront plus vite. Il faut compter trois mois en été et quatre en hiver, car les arbres sont souvent coupés gelés ou très humides et la fermentation peine à démarrer. Au contraire, si les troncs sont broyés trop secs, cela augmente la quantité de poussières et de particules fines.

- ensuite, le temps optimal de séchage des plaquettes sous le hangar est de 3-4 mois. Leur humidité atteint alors **20 – 30 %**.

L'humidité peut se mesurer à l'aide d'une sonde, d'un micro-ondes (mesure du poids humide puis du poids sec) ou autres (voir guide « [Qualité des plaquettes forestières](#) »).

Attention : prendre des échantillons représentatifs de l'humidité du tas de plaquettes.

Planification :

- Dans la mesure où un hangar à plaquettes est autorisé en forêt, ce dernier devra essentiellement être destiné à l'alimentation des chaufferies publiques situées à proximité et être approvisionné en bois issu des forêts régionales. Il faudra donc s'assurer que la quantité de chauffages à alimenter dans la région est suffisante avant de construire le hangar, afin d'assurer la rentabilité de ce dernier. La demande annuelle en plaquettes sèches doit être d'environ 3'000 m³/an au minimum, avec une capacité de stockage équivalente. Cette quantité permet une gestion efficace des coûts.
- La situation et la distance du hangar par rapport aux forêts, leur accès, l'accès au hangar par les camions, la place nécessaire au stockage des troncs, sont des points à considérer en amont.
- Seuls les triages sont autorisés à construire un hangar en forêt (dérogation nécessaire), ce qui revient nettement moins cher que de le construire en zone industrielle. Il en résulte que les plaquettes fournies peuvent être vendues meilleur marché. La vente en grande quantité à des clients privés ne sera donc pas autorisée par le Service des Forêts.
- La construction d'un hangar à plaquette requérant la demande d'un permis de construire, avec dérogation pour construction hors zone à bâtir, il est admis un hangar à plaquettes en forêt par triage au maximum.
- Outre leur emplacement en forêt, il peut être également intéressant de construire un hangar sur un terrain communal.
- Pour toute aide financière soutenant les hangars à plaquettes, se référer à la Fiche 11.

- Possibilité d'obtenir un prêt FIF (Fonds d'investissement forestier). Ce fonds octroie des prêts à 0% d'intérêt, mais qui doivent être remboursés en 10 ans. Ce temps est parfois court pour l'amortissement d'un hangar.

Dimensionnement et logistique

- Prévoir la demande initiale en plaquettes et anticiper de nouvelles demandes potentielles pour prévoir assez de place pour le stockage des troncs à l'extérieur et celui des plaquettes dans le hangar. Par exemple, prévoir un hangar rallongeable en cas de plus forte demande ou de collaboration avec un triage voisin.
- La taille du hangar doit permettre 1.5 rotations par année au minimum.

Par exemple, si la capacité de la forêt est de 6'000 m³/an (équivalents à 6'000 m³ livrables), le hangar sera dimensionné pour pouvoir stocker 4'000 m³. Si la quantité de plaquettes à livrer est écoulee en octobre, on déchiquète à nouveau en décembre, et la nouvelle production sera disponible en mars seulement.

Un hangar permettant 2 rotations est idéal. Dans ce cas, 3 compartiments sont nécessaires. Une fois l'un vide, on le remplit immédiatement. La gestion en parallèle de 2 hangars permet également 2 rotations. Dans des cas particuliers, les 2 entités appartiennent au même triage, ou alors une coopération entre triages est recommandée.

- Les hangars ne doivent pas être trop gros, afin d'éviter des problèmes d'humidité et de place. Les gros tas de plaquettes sèchent moins vite, et l'espace de stockage des troncs à l'extérieur du hangar est important.

Attention : si la largeur du hangar est trop importante, il n'est pas possible de bien le remplir. Il faut pouvoir faire des tas de 6 m de haut sur 10 m de large. Idéalement, il faut pouvoir souffler et charger les plaquettes par les deux côtés.

Par exemple, un hangar de 20 x 40 m, avec une séparation sur la longueur et 4 entrées, permet le stockage de deux fois 2'000 m³.

- Prévoir assez d'espace autour du hangar, afin de pouvoir déplacer les machines, broyer les troncs et souffler directement les plaquettes dans le hangar. Un camion-remorque de 40-50 m³ devrait pouvoir tourner autour du hangar, ce qui permet un gain de temps et d'argent.

A l'extrémité du hangar, prévoir assez de place pour charger les semi-remorques de 50 m³. Il devrait être laissé 15 m environ.

Sur les côtés, il est conseillé de laisser 6 à 7 m entre le hangar et les piles de troncs afin que de gros camions puissent passer. En effet, selon la taille du hangar, la hauteur des piles peut atteindre 7 m. Les troncs mesurent en général 4 m de long, mais dépassent souvent cette norme.

Astuces :

- Il convient de bien calculer les quantités stockées de bois ronds relativement aux quantités de plaquettes souhaitées, car parfois la quantité de bois rond disponible n'est pas suffisante pour remplir le hangar de plaquettes. Il faut alors faire déchiqueter du bois provenant directement de la forêt en complément, ce qui modifie l'humidité du lot de plaquettes en question.

- L'avant-toit doit être suffisamment haut pour que la déchiqueteuse puisse bien souffler à l'intérieur.
- Dans certains cas (en fonction du coût du déchiquetage), une baisse des coûts du déchiquetage est possible en prévoyant l'aide d'un porteur, qui passe les troncs à la déchiqueteuse. Cela accélère le travail de cette dernière, qui coûte passablement cher à la location.
- Attention à la ventilation du hangar : s'il est mal ventilé, l'humidité de la fermentation reste à l'intérieur et revient d'une manière ou d'une autre dans les plaquettes. Dans certains cas, il peut s'avérer nécessaire de créer une ouverture dans le toit, notamment lorsqu'il est constitué de 2 pans. De manière générale, il faut prévoir une hauteur laissant 1 à 2 m de vide au-dessus des tas afin de garantir une bonne aération.

Attention : la ventilation doit être étudiée au cas par cas, en fonction de l'orientation et de l'exposition du hangar.

- Les parois en tôle sont déconseillées : les plaquettes en contact avec la paroi restent très humides. Des parois en bois rond sont recommandées ; les problèmes d'humidité disparaissent et les rondins résistent facilement 10 ans.
- Concevoir le hangar pour que les intempéries n'influencent pas la teneur en eau des plaquettes. Par exemple, incliner les planchers pour que l'eau s'évacue. Si des grilles d'évacuation sont posées, prévoir des conduites accessibles et assez larges pour qu'elles soient facilement débouchables en cas de chute de poussières ou de copeaux.
- Dans les tas de plaquettes, l'humidité de la fermentation s'évacue par des couloirs bien précis appelés « cheminées ». Les plaquettes situées sur ces trajectoires sont donc plus humides. Lors de livraisons à de petites installations tout particulièrement, il est recommandé de bien mélanger le tas avant livraison.
- Dans le cas de livraisons à de petites installations, il peut s'avérer utile de cribler les plaquettes pour ôter les fines. Des plaquettes sèches de très bonne qualité (voir Fiche 3) sont obtenues, solution intermédiaire entre pellets et plaquettes. Le coût est néanmoins plus élevé.
- Un pèse-camions peut s'avérer utile, mais n'est pas indispensable. Il sert à acheter le bois rond à la tonne, ou à vérifier le poids des arrivages dans certains cas. Si les plaquettes sont vendues à la tonne, il faut pouvoir les peser départ camion.

FICHE 5 : Types de chaudières et assurance-qualité

Ce chapitre est axé sur les chaudières à plaquettes, les chaudières à pellets étant de caractère plus uniforme. Pour plus de détails concernant ces différents combustibles et leurs caractéristiques, se référer à la Fiche 3.

Différents types de chauffage en fonction des besoins: chauffage d'une pièce (poêle), d'un bâtiment, d'un quartier, d'un village, chaleur industrielle (chaudières), etc.

Il existe deux types principaux de chaudières :

1. Les chaudières à poussée inférieure : nécessitent une bonne fluidité des plaquettes et une teneur en eau inférieure à 40%. Ce sont plutôt les plaquettes sèches qui leur sont adaptées.
2. Les chaudières à grille fixe ou mobile : généralement plus grandes, supportent des plaquettes de moins bonne qualité et une teneur en eau de 50% ou plus.

Quel combustible pour quelle chaudière ?

Le tableau ci-dessous indique les principales tendances des chaudières, qui peuvent néanmoins varier selon les modèles particuliers. En général, la granulométrie acceptée par l'installation dépend du type d'amenée du combustible depuis le silo jusqu'au foyer.

Type de chaudière	Type de combustible
Chaudière à poussée inférieure ou à grille fixe de puissance inférieure à 200 kW	Plaquette à granulométrie fine, teneur en eau entre 15 et 25 %, peu d'écorce : - plaquettes de qualité supérieure, criblées et particulièrement sèches - plaquettes issues de l'industrie du bois
Chaudière à poussée inférieure ou à grille fixe de puissance supérieure à 100 kW	Plaquette à granulométrie moyenne, teneur en eau entre 15 et 25 % : - plaquettes particulièrement sèches
Chaudière à poussée inférieure ou à grille mobile de puissance supérieure à 200 kW	Plaquette à granulométrie moyenne, teneur en eau entre 30 et 40 %, voire jusqu'à 55% selon la technologie : - plaquettes vertes
Chaudières de tous types à partir de 500 kW	Plaquette à granulométrie grossière, teneur en eau jusqu'à 55%

Info : En cas de plaquettes très humide (plaquettes fraîches, rémanents, autres), l'utilisation d'un **condensateur** peut augmenter le rendement de la chaudière de près de 20 %. Les condenseurs sont efficaces pour les installations de puissance élevée ($P > 500$ kW) et lorsque la chaudière fonctionne en continu avec une température de retour faible.

Les chaudières à bois mises en service doivent respecter les points suivants :

- posséder un certificat de protection incendie
- les émissions doivent respecter les recommandations de l'ordonnance sur la protection de l'air OPair (voir Fiche 9)
- vérifier l'obligation ou non d'installer un filtre à particules (voir Fiche 9)
- jusqu'à 350 kW de puissance thermique, une déclaration de conformité doit être présentée,
- pour les installations de $P > 100$ kW : label **QM Chauffage au bois** demandé (Qualité-management Chauffage au bois, www.qmbois.ch).

Afin de garantir un bon fonctionnement de la chaudière, un rendement optimal de l'installation de chauffage, de diminuer les frais d'entretien et de limiter les émissions, les plaquettes fournies aux différentes installations de chauffage doivent être de bonne qualité et adaptées à la chaudière.

La qualité de l'installation influence les émissions (voir Fiche 7).

Pour plus de détails sur la qualité des chaudières, notamment la déclaration de conformité et les labels de qualité, se référer à <https://www.energie-bois.ch/>, assurance-qualité.

FICHE 6 : Planification d'un CAD, à quoi faut-il penser ?

1. Dans quelle situation un CAD ou une chaufferie sont-ils adaptés ? Y a-t-il des règles à respecter ?

- Condition principale pour envisager un réseau CAD : alimenter une zone où la densité d'habitation ou de consommateurs de chaleur (quartier, village, zone industrielle, autre) est élevée. La densité minimale de raccordement doit être de 2 MWh/m'. Elle se calcule ainsi :

$$\text{Densité de raccordement [MWh/m']} = \frac{\text{Besoins annuels en chaleur [MWh/an]}}{\text{longueur du tracé [m'']}}$$

- L'installation ne doit pas être planifiée dans une zone soumise à des immissions excessives (voir Fiche 9).

- Emplacement de la centrale de chauffe : à proximité des gros consommateurs, facilement accessible par les camions remorque de 40-100 m³. La chaudière devra se situer dans un endroit bien aéré (pas en bas de pente), et où les fumées malodorantes ne seront pas poussées par le vent vers les habitations. Prévoir assez d'espace devant la centrale pour les manœuvres des camions.

2. Calcul de la puissance de la chaudière et du besoin en bois

De manière simple, il est possible d'estimer la puissance nécessaire de la chaudière, ainsi que les besoins en bois. Il conviendra de s'adresser à un spécialiste pour confirmer les résultats.

Pour estimer cela, il faut connaître :

- les besoins en chaleur utile des bâtiments à chauffer [kWh/an]
- le nombre d'heures de fonctionnement du chauffage [h/an]
- le rendement global estimé du réseau CAD [%]
- le contenu énergétique des plaquettes livrées [kWh/m³]

Besoins en chaleur utile [kWh/an] = Surface à chauffer [m²] x consommation moyenne de chaleur [kWh/m²]

Puissance de la chaudière [kW] = Besoins en chaleur utile [kWh/an] x heures de fonctionnement [h/an]

Besoins réels en bois [m³ pl.] = (Besoins en chaleur utile [kWh/an] / rendement réseau [%]) / contenu énergétique combustible [kWh/m³]

Exemple avec hypothèses :

Le besoin en chaleur des bâtiments est estimé à 720'000 kWh/an. Théoriquement, la chaudière fonctionnera l'équivalent de 2'000 h/an à plein régime. La chaudière à bois a un rendement estimé de 80%. Les plaquettes fournies ont un contenu énergétique vérifié de 750 kWh/m³.

Besoins en chaleur utile : chauffer 4'000 m² consommant 180 kWh/m²an = 720'000 kWh/an

Puissance de la chaudière : 720'000 kWh/an / 2'000 h/an = **360 kW**

Besoins réels en bois : (720'000 kWh/an / 0.8) / 750 kWh/m³ = **1'200 m³ pl. par an**

3. Mise en service et possibilité d'agrandissement dans le temps ?

La mise en service du CAD doit être effectuée lorsque 70% au moins de la consommation d'énergie prévue est assurée, moyennant des contrats signés. Une optimisation de l'exploitation doit être effectuée après deux ans. Le réseau devrait atteindre son état final en 3 ans maximum.

4. Quel combustible et quelle chaudière choisir ?

En général, les CAD fonctionnent aux plaquettes, combustible bois le meilleur marché pour ce genre d'installation et le plus écologique. Suivant la puissance nécessaire de la chaudière, la localisation du réseau prévu et les possibilités des partenaires locaux, il faudra choisir entre plaquettes vertes ou plaquettes sèches (voir Fiche 3). A partir de cette décision, le choix de la chaudière pourra se faire.

Il convient d'étudier également la possibilité de brûler des rémanents de coupe, plus humides. Ces installations sont aujourd'hui trop peu nombreuses.

5. Optimisation de l'installation ? Possibilité de production conjointe d'électricité ?

- Eviter le fonctionnement de la chaudière à bas régime (mauvaise combustion, baisse du rendement et augmentation des émissions de poussières) (voir Fiche 7).

- Vérifier si la pose d'un filtre à particule est obligatoire ou recommandé (voir Fiche 5).

- Si le combustible utilisé est très humide (50-60% de teneur en eau) et que la température de retour est inférieure à 45 °C, cela vaut la peine de penser à munir la chaudière d'un condenseur, qui améliore significativement le rendement de l'installation. Son coût est amortissable en quelques années.

- Aujourd'hui, il est important d'entrevoir la possibilité de production conjointe d'électricité renouvelable. Différentes techniques existent et ont prouvé leur efficacité. Pour quelques exemples, www.energie-bois.ch, www.enerbois.ch

6. Coûts, rentabilité, prix du kWh vendu ?

Dans le cas d'un CAD, les coûts facturés aux clients raccordés sont de trois types : taxe unique de raccordement, taxe annuelle fixe en frs/kWh, prix de fonctionnement frs/kWh (coût du combustible, d'entretien, etc) en fonction de la quantité d'énergie effectivement consommée. Ces trois types de coûts peuvent être très variables d'une installation à l'autre.

Au final, le coût de la chaleur vendue devrait se situer entre 0.16 et 0.18 frs/kWh.

Des exemples de contrats de livraisons de chaleur se trouvent sur le site Internet d'Energie-bois Suisse. <https://www.energie-bois.ch>

FICHE 7 : Chauffages à plaquettes, problèmes fréquents

Cas : rendement annuel d'une installation inférieur aux prévisions (relativement fréquent).
Cela peut être dû à :

- Problèmes dû au combustible bois :

- Les plaquettes brûlées ne sont pas de la qualité escomptée. Leur contenu énergétique est plus faible que prévu. Une analyse fine de la qualité des plaquettes s'impose. Il s'agit de déterminer l'essence du bois utilisé, son humidité ou teneur en eau, son pouvoir calorifique inférieur (voir Fiche 2).

- Problèmes de logistique :

- La quantité livrée est inférieure à la quantité de bois nécessaire. Dans ce cas, il convient de vérifier que les camions livrant le combustible soient chargés des quantités prévues. Peser les camions, vérifier la masse volumique des plaquettes.

- Problèmes dû à la chaudière :

- Si la qualité de la combustion est mauvaise, le filtre se salit rapidement et on observe une baisse de performance de ce dernier, qu'il faudra nettoyer plus souvent.
- Vérifier que le compteur de kWh fonctionne de manière exacte.
- Il peut arriver que l'installation de chauffage ne soit pas adaptée au combustible utilisé. Adapter alors le combustible pour qu'il soit conforme au type de chaudière.
- Pertes par mauvaise combustion (pertes par chaleur sensible des fumées, pertes par imbrûlés gazeux, pertes par imbrûlés dans les cendres). Il s'agit alors d'opérer des réglages à la chaudière, tels que réglage de l'excès d'air, de la température des gaz de fumée et/ou de la température de combustion.
- Pertes dues à une mauvaise isolation de la chaudière et/ou des conduites d'eau chaude.

- Problèmes dus à un surdimensionnement de l'installation ou à sa maintenance : dans ce cas, la chaudière est sous-utilisée et fonctionne à des puissances trop faibles. Ainsi le rendement de l'installation est diminué.

- La chaudière devrait fonctionner à sa puissance nominale au moins 2'000 heures par année.
- Eviter de faire fonctionner l'installation à moins de 30% de sa puissance nominale.
- Privilégier un allumage automatique plutôt que le maintien du lit de braise.

FICHE 8 : Silos à pellets et à plaquettes

De par leur contenu énergétique plus faible que ceux des combustibles fossiles, les pellets et les plaquettes requièrent plus d'espace pour leur stockage, comme le montre le schéma ci-dessous.

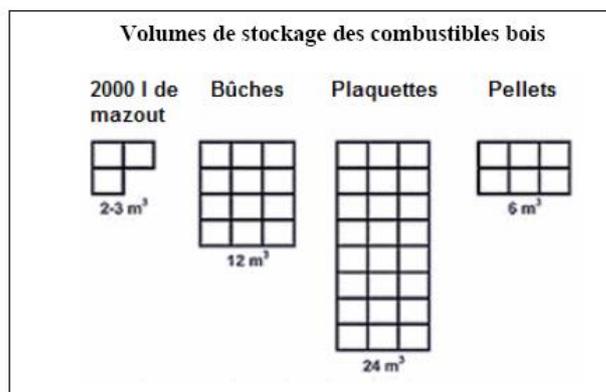


Figure 1 : Volumes de stockage des combustibles bois (« Formation SFFN bois-énergie », SFFN, Energie-bois Suisse et Enviro-bois, 2009).

Silo à pellets : « Guide de stockage de pellets de bois » disponible sur <https://www.propellets.ch>

- Le local à pellets doit être parfaitement sec.
 - Le local à pellets doit être ventilé pour éviter tout risque de nuisances olfactives, sachant que les pellets émettent du CO (= monoxyde de carbone) et des COV (= composés organiques volatiles).
 - Les pellets sont conservés en sacs ou dans un local spécial.
 - Prévoir un accès pour les camions de livraisons et une trappe assez grande.
 - Pour les installations dont la puissance est inférieure à 70 kW, le volume du silo doit correspondre à la quantité annuelle de pellets consommée.
 - Pour 1 kW de puissance = 0.9 m³ d'espace de stockage.
 - **Attention :** les pellets ont la propriété de se saturer d'eau au cours du stockage, en fonction des conditions climatiques locales. Ils peuvent gonfler jusqu'à se désintégrer et devenir inutilisables.
 - Les pellets peuvent être stockés dans :
 - Silos textiles, de capacité max de 12 t
 - Silo à plancher oblique
 - Citerne
- D'anciens lieux de stockage (p. ex citerne à mazout) peuvent être transformés en silo à pellets.

Silo à plaquettes pour petites installations :

Pour les chaudières dont $P < 40$ kW, il faut considérer la capacité du camion de livraison. Dans ce cas, la capacité du silo correspond en général au volume du camion.

Silos à plaquettes pour grandes installations :

La plupart du temps souterrain. Leur coût est d'environ 400 - 450 frs/m³ (chiffres issus de valeurs d'expérience).

Leur emplacement doit être accessible aux camions de 40 - 100 m³ pour optimiser les remplissages (angle de talutage = 45°, ouverture supérieure à 3.5 m x 2.5 m), ce à quoi il convient de veiller. A prendre en considération : tonnage des routes, virages, pente et nature de la zone à desservir (zone village ou résidentielle).

Le volume du silo doit pouvoir couvrir entre 5 et 7 jours de chauffage, avec la chaudière fonctionnant à puissance nominale. Il dépend de la puissance de la chaudière, de la qualité des plaquettes et du rendement total de l'installation.

Consommation journalière [m³/j] = heures fonctionnement à Puissance nominale [h] / jour x ((Puissance nominale [kW] / rendement [%]) / contenu én. [kWh/m³])

Volume du silo [m³] = (5 [j]* x (consomm. journalière [m³/j]) + 40 m³) / 0.65 [%]**

Calcul de dimensionnement :

*Exigences QM chauffage au bois (www.qmbois.ch) : réserve minimale que doit pouvoir fournir le silo = 5 jours de fonctionnement en plein hiver + 1 camion de réserve.

**Taux de remplissage moyen admis des silos : 65%.

Attention 1, logistique : les recommandations ci-dessus sont valables pour les chaufferies situées dans des lieux où la forêt est également accessible en hiver, ou lorsque les plaquettes proviennent d'un hangar. Pour les installations fonctionnant avec des plaquettes directement issues de la forêt et où le combustible est difficilement ou pas accessible en hiver, le silo doit être prévu de volume plus important, afin de garantir le fonctionnement du chauffage en cas de difficultés d'approvisionnement.

Attention 2 : pour éviter les mauvaises surprises relatives à la gestion du silo, il est recommandé de :

- prévoir un accès suffisant pour les gros camions (40 – 100 m³)
- éviter toute infiltration d'eau dans le silo
- prévoir la taille de l'ouverture assez grande, afin de pouvoir remplir la totalité du volume de stockage disponible. Si l'ouverture est sous-dimensionnée, l'on peut perdre jusqu'à 30% du volume de stockage.

Chiffres indicatifs :

- pour une chaudière $P = 1 \text{ MW}$, il faut un silo d'environ $200 - 250 \text{ m}^3$ pour tenir une semaine.
- le coût du silo représente environ 10-15 % du coût global d'un CAD.

FICHE 9 : Emissions des chauffages au bois et OPair

L'utilisation du bois pour le chauffage implique des impacts environnementaux non négligeables, notamment en ce qui concerne la qualité de l'air. La combustion du bois est à l'origine d'émissions polluantes, en particulier de particules fines ou poussières fines. En Suisse, 40% des émissions de poussières fines proviennent de la combustion du bois.

A l'échelle nationale, les concentrations en particules fines dans l'air dépassent fréquemment les valeurs limites acceptables. Ainsi, la Directive cantonale pour l'implantation de chauffage à bois définit quatre zones où des chauffages à bois sont à éviter :

- Agglomération de Lausanne-Morges
- Agglomération de Nyon-Gland
- Agglomération d'Yverdon
- Agglomération de Vevey-Montreux

Les cartes précisant ces zones ainsi que des recommandations les concernant se trouvent sur le site : <https://www.vd.ch/themes/environnement/air/chauffages-control-des-emissions/>

Normes OPair

Au niveau suisse, l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) fixe des valeurs limites d'émissions (annexe 3, ch. 52) ainsi que les exigences relatives au bois de chauffage (annexe 5, ch. 3).

Afin que la chaudière choisie respecte les normes de l'OPair, il convient de vérifier que :

- la chaudière soit certifiée (voir Fiche 5), donc qu'elle possède un certificat de conformité aux valeurs limites de l'OPair en ce qui concerne les émissions de poussières fine et de CO (monoxyde de carbone).
- la chaudière possède un label de qualité Minergie ou Energie-bois Suisse pour les petits chauffages, QM Chauffage au bois pour les plus grands modèles (voir Fiche 5).

Poussières fines = émissions en partie évitables

Afin de minimiser les émissions de poussières fines des installations au bois, il est recommandé de (pour plus de détails, voir Fiches 5 et 7) :

- choisir un combustible de qualité,
- bien dimensionner la chaudière, afin de limiter le nombre de démarrage (fonctionnement en continu) et de lui permettre de fonctionner entre 60 et 100% de sa puissance,

Si ces conditions sont difficilement accessibles pour une grosse installation, il est également possible de remplacer une seule grosse chaudière par deux plus petites. Il est même envisageable de choisir une chaudière à gaz pour assurer les pointes de consommation hivernales ou les faibles consommations estivales.

- bien entretenir la chaudière.

Filtres à particules

Toute installation de chauffage au bois doit donc respecter les normes de l'OPair quant aux émissions de poussières fines.

Sur les grandes installations dont $P > 500$ kW, il est devenu obligatoire de poser un filtre à particules. Pour les installations plus petites, il est obligatoire ou recommandé de poser un filtre selon la zone où se situe la chaudière (<https://www.vd.ch/>).

Les filtres à particules agréés sont disponibles dès 35 kW de puissance et doivent garantir un dépoussiérage d'au moins 60%. Une liste des fournisseurs et producteurs de filtres est fournie par [Energie-bois Suisse](#).

FICHE 10 : Vente de plaquettes et vente de chaleur

L'évolution du prix de vente des combustibles fossiles et des combustibles bois peut être observée sur le site d'Energie-bois Suisse (<https://www.energie-bois.ch>). De manière générale, on constate que le prix des plaquettes et des pellets au cours du temps sont stables comparativement au prix du gaz et du mazout. De plus, l'utilisation du bois, ressource locale, nous permet d'augmenter notre indépendance énergétique. L'achat de combustibles à l'étranger nous rend dépendants des aléas géopolitiques, économiques des pays producteurs et des prix des marchés mondiaux.

Vente de plaquettes et retours d'expériences :

La manière de vendre les plaquettes sèches ou vertes diffèrent d'un groupement, triage, association à l'autre. Les possibilités suivantes sont souvent citées :

	Caractéristiques
A la tonne	- Pèse-camion nécessaire - Sensibilité aux variations d'humidité
Au m3	- Sensibilité aux variations de la granulométrie/coefficient de foisonnement - Prendre garde de toujours charger de la même manière pour éviter des variations de contenu énergétique - Chargement offert; si le client souhaite charger lui-même, un supplément peut être demandé (afin de pallier à toute différence de mesure)
Au kWh	- Evite tout problème lié à des variations de coûts de la chaleur dû à des différences de qualité des plaquettes livrées

Le site Internet d'Energie-bois Suisse propose un [contrat-type](#) relatif à la livraison de plaquettes.

FICHE 11 : Aides financières

- Etat de Vaud : le Canton octroie diverses subventions pour promouvoir le bois-énergie

Subventions existantes : pour chauffages à bois avec bûches ou pellets, pour chauffage à bois automatique, pour le remplacement d'un chauffage à bois, pour des réseaux CAD, pour des études et projets pilotes.

Pour plus de détails : www.vd.ch/themes/environnement/energie/

- Fondation Klik : fondation pour la protection du climat et la compensation de CO₂

Cette fondation a pour but de soutenir des projets, en Suisse, qui compensent les émissions de CO₂ dues à la consommation de produits pétroliers.

- Programme réseau de chaleur jusqu'à 2030

Installations concernées : réseau de chaleur dont la construction ou l'extension sont en planification et ne seraient pas rentable sans aide financière. Pellets ou plaquettes. Subvention de 100 frs/tonne de CO₂ économisée.

Pour plus de détails : www.klik.ch, www.infrawatt.ch

- Programme chauffage mobile à pellets jusqu'à 2030

Encouragement du remplacement des chauffages mobiles à mazout par des installations à pellets, dans l'événementiel et dans l'agriculture. Grâce à la fondation, les appareils à pellets deviennent rentables.

Pour plus de détails : www.klik.ch

Attention : les subventions Klik et cantonales peuvent être cumulables, dans certains cas et dans une certaine mesure. Le cas échéant, se renseigner auprès des instances citées ci-dessus.

- **Subventions pour hangars à plaquettes :** les subventions découlant du Programme 100 millions ne sont à ce jour plus attribuées. Néanmoins, l'opportunité de relancer cette action est actuellement évaluée par la DIREN. <https://www.vd.ch/>

Bibliographie

- « *Contenu énergétique des plaquettes de bois-énergie produites à Jussy (GE)* », J. Beck, B. Lachal, E. Pampaloni, Centre universitaire des problèmes de l'énergie, Carouge, 2007.
 - « *Etude du rendement de la chaudière à bois de l'Ecole d'Ingénieurs de Lullier (GE)* », J. Beck, B. Lachal, E. Pampaloni, Centre universitaire des problèmes de l'énergie, Carouge, 2007.
 - « *Formation SFFN bois-énergie* », SFFN, Energie-bois Suisse et Enviro-bois, 2009
 - Site Internet Energie-bois Suisse www.energie-bois.ch , état novembre 2018.
 - Site Internet ProPellets www.propellets.ch , état novembre 2018.
 - Site Internet du Canton de Vaud : www.vd.ch, état novembre 2018.
 - « *Stratégie bois-énergie du canton de Vaud* », Direction générale de l'environnement (DGE), 2017.
 - « *Qualité des plaquettes forestières* », Canton de Vaud (Raetz), 2017
 - QM Chauffage au bois, pdf fourni par A. Keel, Energie-bois Suisse
 - « *Vade mecum Energie du bois* », Energie-bois Suisse, 5^{ème} édition, 2008.
- Personnes de contact :
- dans le cadre des Fiches 4 « Hangars à plaquettes » et 10 « Vente de plaquettes et vente de chaleur », Messieurs Jean-Philippe Crisinel, Daniel Kolly et Marc Rod, gardes forestiers.
 - subventions cantonales : Monsieur François Schaller, responsable approvisionnement et planification énergétique, DGE-DIREN
 - silos, planification CAD et autres, Monsieur Andreas Keel, Energie-bois Suisse