

# Stockage des plaquettes forestières, mode d'emploi

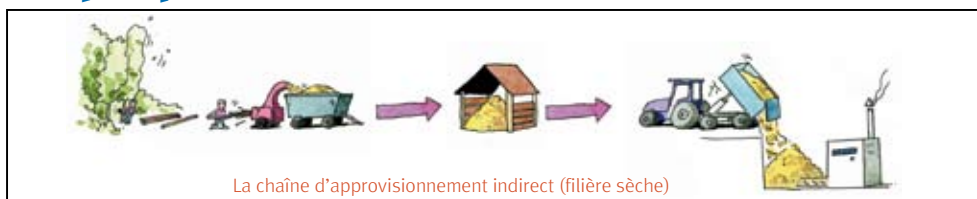
*Innovante, économique et renouvelable, la plaquette de bois multiplie les avantages.*

*Quels sont les principaux dispositifs de stockage, comment ça marche, comment concevoir un silo, quelles sont les erreurs à ne pas commettre, quels sont les modes de livraison ?*

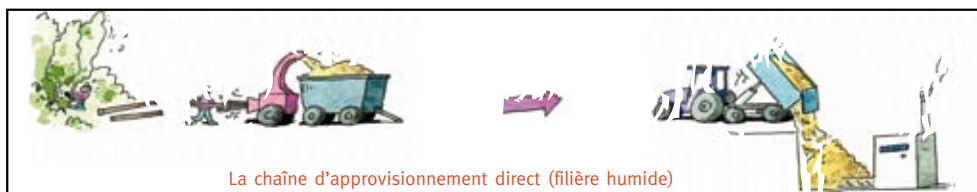
*Les réponses dans cette fiche technique.*



## Les filières d'approvisionnement en plaquettes forestières



Pour les chaudières n'acceptant pas de combustible humide (< 40%), les plaquettes forestières sont stockées dans un hangar avant d'être acheminées dans un silo qui constitue la réserve pour l'alimentation de la chaudière.



Pour les chaudières acceptant des combustibles humides, l'approvisionnement peut être organisé en flux tendu.

## Comment est facturée la plaquette en vrac ?

La plaquette est le plus souvent facturée à la tonne. Le camion de livraison est parfois équipé d'une balance ou se rend sur une aire de pesée qui vous indique la quantité livrée. Celle-ci figure sur un ticket de pesée que doit

remettre le fournisseur. Ce ticket de pesée est la garantie de la quantité qui a été livrée. La plaquette peut aussi être facturée au MAP (m<sup>3</sup> apparent de plaquettes) ou encore au "MWh entrée chaufferie".

### Pouvoir calorifique de la plaquette de bois

	Plaquettes humides (teneur en eau de 50 %)*			Plaquettes séchées sous hangar (teneur en eau de 30 %)*		
	Bois dur	Bois tendre	Moyenne	Bois dur	Bois tendre	Moyenne
Masse volumique (kg / MAP)	400	280	340	290	200	245
P C I en kWh / tonne	2 200	2 200	2 200	3 300	3 300	3 300
P C I en kWh / MAP	900	600	750	950	650	800

\*Teneur en eau en % = poids de l'eau (kg)x100/poids du bois humide. Humidité du bois en % = poids de l'eau (kg)x100/poids du bois absolument sec

Le contenu énergétique d'une tonne de bois ne varie pas en fonction des essences, par contre quand il s'agit de MAP, la différence entre bois dur et bois tendre est d'environ 30 %. (source ADEME : bois-énergie, chaufferies à alimentation automatique)



Hangar de stockage à Griesbach-au-Val (68)



Hangar de stockage à Mollau (68)

# Quel conditionnement pour



La conception du silo doit prendre en compte les paramètres suivants :

- l'autonomie souhaitée (nombre de remplissages annuels)
- les modes de livraison et de remplissage retenus
- les accès pour la livraison
- les contraintes d'intégration (surface disponible...)



## Les caractéristiques du silo de stockage



Couvercle coulissant du silo de la piscine de Kaysersberg (68)

Situé à proximité immédiate de la chaufferie, le silo permet l'alimentation de la chaudière et assure une autonomie de plusieurs jours à plusieurs semaines. L'approvisionnement de cette réserve en combustible s'effectue par camions (de 30 à 90 m<sup>3</sup>) ou par bennes agricoles. Le silo peut être entièrement enterré, semi-enterré ou de plain-pied, intégré

dans l'architecture du bâtiment de la chaufferie (fig. 1 et 2). Son volume est calculé au cas par cas.

Il est le fruit d'un compromis entre plusieurs facteurs :

- la durée d'autonomie souhaitée à la période la plus froide
- le coût de la construction
- le nombre de livraisons nécessaires au cours de la saison de chauffe
- la cohérence avec les volumes livrés (livraison par camions de 30 m<sup>3</sup> par exemple).

La voie d'accès au silo doit être conçue pour supporter le passage et les manœuvres (aire de retournement) des moyens de livraison (tracteur ou camion selon les cas). La configuration du silo doit également tenir compte des moyens de déchargement (hauteur de levage des bennes par exemple).

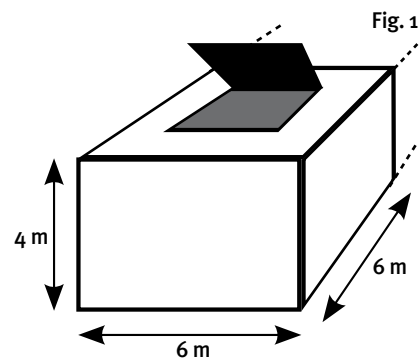


## Comment faciliter la livraison des plaquettes ?

### Les erreurs à ne pas commettre

- Silo d'une capacité sous-dimensionnée en général, inférieure à la capacité de chargement d'un camion.
- Ouverture du silo mal étudiée par rapport au système de livraison entraînant une manipulation supplémentaire du combustible.

- Protections parfois inutiles qui rendent la livraison difficile
- Accès difficile : rayon de braquage insuffisant pour les engins de livraison. Risque d'augmentation du coût des livraisons si nécessité de manutentions supplémentaires.



Module de base optimal pour silo enterré, à multiplier selon l'autonomie souhaitée.

## Planifier les livraisons

Vérifier régulièrement le niveau de remplissage du silo pour éviter une éventuelle rupture d'approvisionnement, notamment en période de forte demande (plein hiver) pendant laquelle les fournisseurs sont beaucoup sollicités.

Planifier à l'avance les volumes de combustible à livrer par le biais d'un programme prévisionnel de livraison dans le contrat d'approvisionnement qui lie le client au fournisseur.

Tenir à jour les quantités et la qualité du combustible livré. Obliger le livreur à remplir à chaque livraison un cahier de livraison et des bons de livraison.

## Quel fournisseur choisir ?

La Région Alsace et l'ADEME tiennent à disposition une liste de fournisseurs. Pour la télécharger, consultez le site [www.energievie.fr](http://www.energievie.fr)



Fig. 2





# les plaquettes forestières ?



Accès au silo de la chaufferie de la Ferme Bussière à Strasbourg



Les trappes du silo enterré du lycée Paul-Émile Victor à Obernai (67)



Protection sur la trémie du silo de l'hôtel La Fischhutte à Mollkirch (67)



## DEUX MODES D'EXTRACTION

Le silo sera équipé d'un système d'extraction à bras rotatif ou de vérins racleurs.

### Extraction rotative



Le système d'extraction rotative à pales est couramment utilisé pour le dessilage des plaquettes sèches et calibrées pour des chaufferies inférieures à 300 kW. Son diamètre maximum est en général de 3 à 5 mètres selon le fabricant. Les pales ou les lames de ressort permettent, grâce à une rotation, d'amener le bois déchiqueté au niveau d'une vis d'extraction placée dans un caniveau. Utilisés dans des silos à base carrée, ils présentent l'inconvénient de ne pas pouvoir tout racler. Pour éviter une usure prématurée de la mécanique, éviter de construire un silo trop haut en raison du risque de surcharge.

### Extraction par vérins racleurs



Ce sont les systèmes d'extraction universels des silos rectangulaires adaptés à toutes les puissances et tous les combustibles (humidité et granulométrie variées). Ils équipent généralement les silos enterrés et constituent les systèmes les plus coûteux en raison du génie civil qu'ils occasionnent. Ils se placent dans le sens de la longueur du rectangle pour limiter le nombre de vérins. Des racleurs disposés sur le sol du silo sont actionnés chacun par un vérin. Le mouvement avant-arrière et la forme triangulaire du racleur vont tirer le combustible vers une fosse de transfert de laquelle le bois sera extrait par une vis ou un tapis. La longueur des racleurs doit être limitée à 12 mètres et la charge ne doit pas dépasser 3 mètres de hauteur.

## Quelques recommandations pour la conception d'un silo

- Le silo doit être attenant à la chaufferie.
- Il peut être enterré ou non. Un silo enterré ou semi-enterré facilite et accélère les livraisons par bennage gravitaire.
- Le silo doit être accessible. Le camion de livraison doit pouvoir effectuer les manœuvres nécessaires. L'accès au silo ne doit pas être en pente, en cas de neige ou verglas, le camion aura des difficultés pour manœuvrer (concertation entre le maître d'ouvrage, le bureau d'études et l'architecte).
- La butée et le bord du silo doivent permettre le recul du camion et le basculement de la benne.
- L'ouverture du silo doit être très supérieure à la largeur du camion.
- Le silo doit être équipé d'un système d'ouverture le plus simple possible : toit coulissant, couverture inclinée...
- Le silo doit être à l'abri des intempéries et construit de façon à éviter toute infiltration d'eau par le toit ou le sol.
- Prévoir une grille (assez large) anti-chute dans le silo ou un garde-corps.
- Une ventilation naturelle est indispensable pour éviter toute condensation ou fermentation des plaquettes de bois
- Son volume utile doit être calculé soigneusement : le volume réel de stockage, permettant une autonomie de quelques jours et si possible de quelques semaines, est en effet inférieur au volume total du silo. Exemple : un silo de 200 m<sup>3</sup> utiles nécessite 300 à 350 m<sup>3</sup> de volume total.
- Pour des systèmes de dessilage rotatif, sur un fond carré, il est conseillé de prévoir des plans inclinés pour occuper les angles morts du carré et permettre au combustible de glisser vers les bras rotatifs.
- La configuration du silo doit assurer une reprise efficace du bois par le système d'amenée à la chaudière. Associer étroitement le constructeur de la chaudière. Prévoir la vidange facile du silo (porte ou trappe permettant d'extraire le combustible).
- Consulter le fournisseur potentiel avant les travaux pour valider la solution de livraison du combustible.

# Le hangar de stockage

Pour pouvoir sécher naturellement, la plaquette fraîche peut être disposée sous un hangar. Après un séchage de 4 à 6 mois, la teneur en eau se stabilise aux environs de 25%, ce qui permet de disposer d'un combustible sec bien adapté aux chaudières de petites et moyennes puissances.

## Les règles de conception d'un hangar de stockage

Plusieurs éléments peuvent inciter à la construction d'un hangar de stockage :

- Mise en place d'une chaudière à combustible sec, généralement moins coûteuse qu'une chaudière à combustible humide (teneur en eau supérieure à 40 %).
- Accès à la ressource difficile en hiver.

→ Faible disponibilité du prestataire chargé de la préparation du combustible (un chantier de broyage peut être nécessaire tous les dix jours voire plus souvent dans le cas d'une filière sans stockage intermédiaire).

→ Volonté de pouvoir saisir des opportunités d'approvisionnement bon marché.

## Éléments à prévoir dans la construction :

- Volume du hangar calculé selon les besoins
- Sol dur et propre (béton) dans le hangar et à l'avant.
- Murets extérieurs béton de 50 à 100 cm de haut.
- Préférer une forme allongée, largeur jusqu'à une dizaine de mètres.
- Adapter la longueur suivant les besoins et rendre possible une extension future.
- Permettre un accès simultané à toute la longueur (formation de travées ou de tas indépendants autorisant une rotation complète du bois déchiqueté).
- Adapter la hauteur avant et arrière aux engins de chargement utilisés : jusqu'à 8 mètres à l'avant et 3 mètres minimum à l'arrière. La hauteur maximale du tas de plaquettes de bois est de 3 à 4 mètres.
- Protéger les piliers intermédiaires des chocs et de l'humidité.

→ Prévoir des façades pouvant supporter la poussée horizontale du bois déchiqueté.

→ Prévoir une aération généreuse du hangar pour favoriser le séchage naturel des plaquettes.

→ Anticiper les charges de neige et l'évacuation des eaux au sol et en provenance du toit.



Hangar à travées d'illfurth (68)

## Les modes de livraison

→ Adapter les accès aux véhicules de livraison. Faire valider les plans par les fournisseurs locaux.

• **Semi-remorque** : il s'agit principalement de déchargement par fond mouvant. La hauteur des tas après déchargement est de 2,5 mètres. Pour stocker sur des plus grandes hauteurs, il est nécessaire de reprendre les tas avec un chargeur. Le volume transporté peut atteindre 90 m<sup>3</sup>. Le rayon de braquage de ces véhicules est important. Il est souvent pratique d'aménager une entrée et une sortie dans le sens du déchargement (sans demi-tour).

• **Camion avec bennes (basculantes)** : ces véhicules moins longs que les précédents nécessitent des voiries

moins importantes. Mais ils sont souvent attelés avec une seconde benne. Le volume transporté est alors de 35 + 35 m<sup>3</sup>. La seconde benne est détachée pour permettre le vidage de la benne du camion.

• **Véhicules agricoles** : plus petits, ils sont moins contraignants mais nécessitent plus de manipulations

→ Bien choisir la forme du hangar

• **Hangar avec travées** : il faut prévoir une longueur de plate-forme égale à deux fois la longueur du camion

• **Hangar tunnel** : le plus adapté pour les semi-remorques. Cet équipement convient pour des stockages de plus de 2 000 m<sup>3</sup>.

## EN SAVOIR PLUS

POUR EN SAVOIR PLUS SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

### Nos documentations

- Le guide pratique chaufferie bois collective
- Le guide des énergies renouvelables
- Les fiches "Aides financières"
- Les fiches techniques
- Les fiches exemples d'installations

Notre site  
[www.energievite.fr](http://www.energievite.fr)



**énergivie** est un programme d'actions innovatrices initié par la Région Alsace pour développer l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables en Alsace, avec l'ADEME et l'Union européenne.