

Biomasse forestière

Installations et utilisateurs finaux



Objectif : Connaître les utilisations du bois énergie et les différents types de chaudières adaptées à chaque produit bois

Sommaire

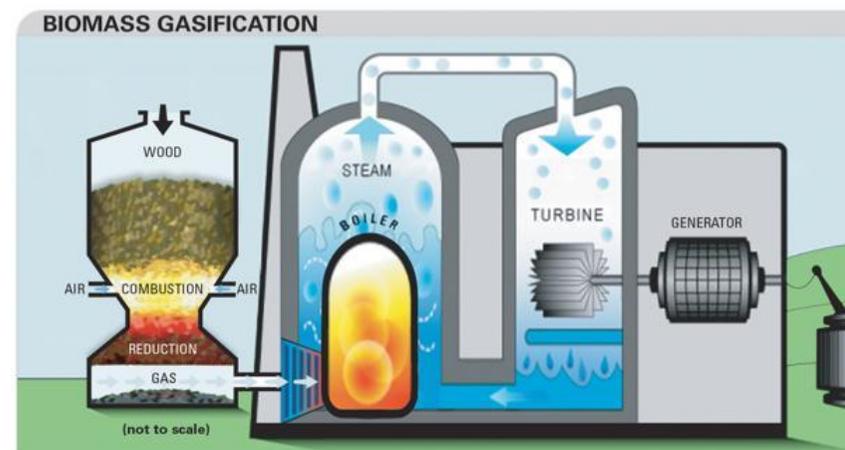
1	Technologies de transformation.....	1
2	Applications générales	2
2.1	Génération d'énergie thermique.....	2
2.2	Génération d'énergie électrique.....	2
2.3	Cogénération.....	3
2.4	Trigénération.....	4
3	Types de chaudières de biomasse	5
3.1	Chaudières à bois bûche.....	7
3.2	Chaudières à granulés	9
3.3	Chaudières à plaquette	11
4	Implications de chaque type d'installation.....	13
4.1	Dimensions de l'installation.....	13
4.2	Variation saisonnière et garantie d'approvisionnement..	14
4.3	Conditions requises	15
4.4	Réseau d'approvisionnement.....	16
5	Choix d'une chaudière	17
6	Bibliographie	18



1 Technologies de transformation

Les méthodes de transformation de la biomasse en énergie reposent sur l'utilisation de la chaleur comme source de conversion. Les principaux processus en sont la combustion, la gazéification et la pyrolyse.

- **La combustion** : type de conversion énergétique le plus utilisé (poêles, chaudières...), tire directement profit de la chaleur générée dans la chambre de combustion et dans les gaz d'échappement à hautes températures. **Combustion : oxydation complète de la biomasse à températures élevées (800-1000°C).**
- **La gazéification** : tire parti du gaz produit (gaz de synthèse ou syngas) comme combustible. Ce gaz peut être utilisé dans de nombreuses installations pour générer de la chaleur et/ou de l'électricité. **Combustion : incomplète à hautes températures (700-1200°C) en présence de peu d'oxygène.** Le principal avantage de la gazéification est l'obtention d'un combustible (syngas) pouvant être utilisé dans des appareils conçus pour gaz ou gazole, en substituant complètement ou partiellement les combustibles fossiles conventionnels.
- **La pyrolyse** : tire parti d'éventuels produits générés : biocombustible solide, liquide et/ou gazeux. La proportion de produits générés dépend de la vitesse et de la durée de la phase de pyrolyse : une quantité plus ou moins grande de charbon, de liquide ou de gaz peut être obtenue. **Combustion : incomplète à basse température (400-600°C) en absence d'oxygène.** Il s'agit par exemple du système utilisé pour produire du charbon.



2 Applications générales

2.1 Génération d'énergie thermique

La génération de chaleur à partir de biomasse est l'application généralement la plus commune pour le chauffage^a. Cette énergie permet de générer de l'eau chaude, de l'air chaud et de la vapeur. De plus, cette vapeur peut être utilisée pour produire de l'énergie électrique ou alimenter d'autres procédés industriels.

2.2 Génération d'énergie électrique

L'énergie électrique est principalement obtenue à partir de la transformation thermique de la biomasse. Plusieurs technologies existent pour générer de l'énergie à partir de la biomasse :



- **Cycle à vapeur** : cycle reposant sur la combustion de la biomasse à partir de laquelle est générée la vapeur dont l'expansion actionne la turbine.
- **Turbine à gaz** : turbine ayant recours à la gazéification de la biomasse. Les gaz de synthèse obtenus permettent d'actionner une turbine. Si les gaz ressortant de la turbine sont exploités dans un cycle de vapeur, on parle alors de cycle combiné.
- **Moteur alternatif** : moteur utilisant les gaz de synthèse obtenus à partir de la gazéification de la biomasse.

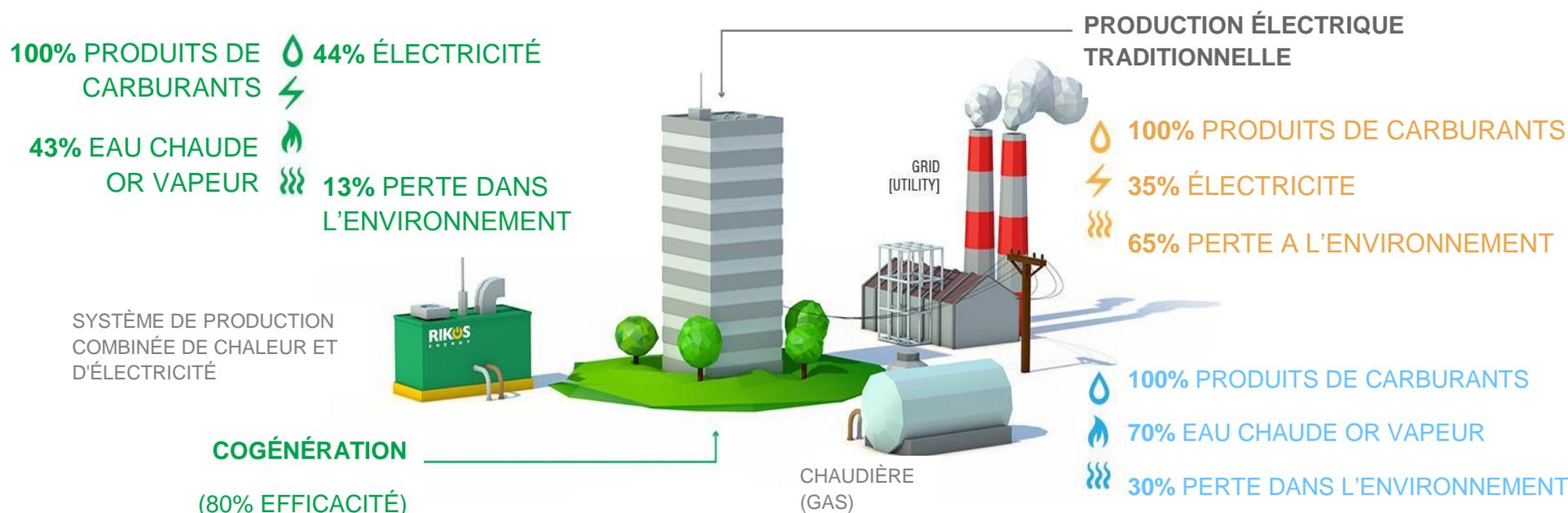
Tout comme dans le cas d'autres sources d'énergie, le rendement de la génération électrique est très variable. Pour la biomasse, il est généralement compris entre 20 et 30 %. Le reste de l'énergie est en général perdu sous forme de chaleur.

2.3 Cogénération

La cogénération est la **production conjointe d'électricité et de chaleur**. Cette mise à profit simultanée de chaleur et d'électricité offre un **rendement global plus élevé** que la génération électrique conventionnelle.

Par conséquent, la cogénération est un **système hautement efficace** qui permet de réduire la facture énergétique sans modifier le procès productif. Les utilisateurs potentiels sont des entreprises avec :

- Des demandes en chaleur et en électricité simultanées et continues.
- Un fonctionnement de 4500 à 5000 heures par an.
- Un espace suffisant et les autorisations nécessaires pour l'installation de nouveaux équipements.

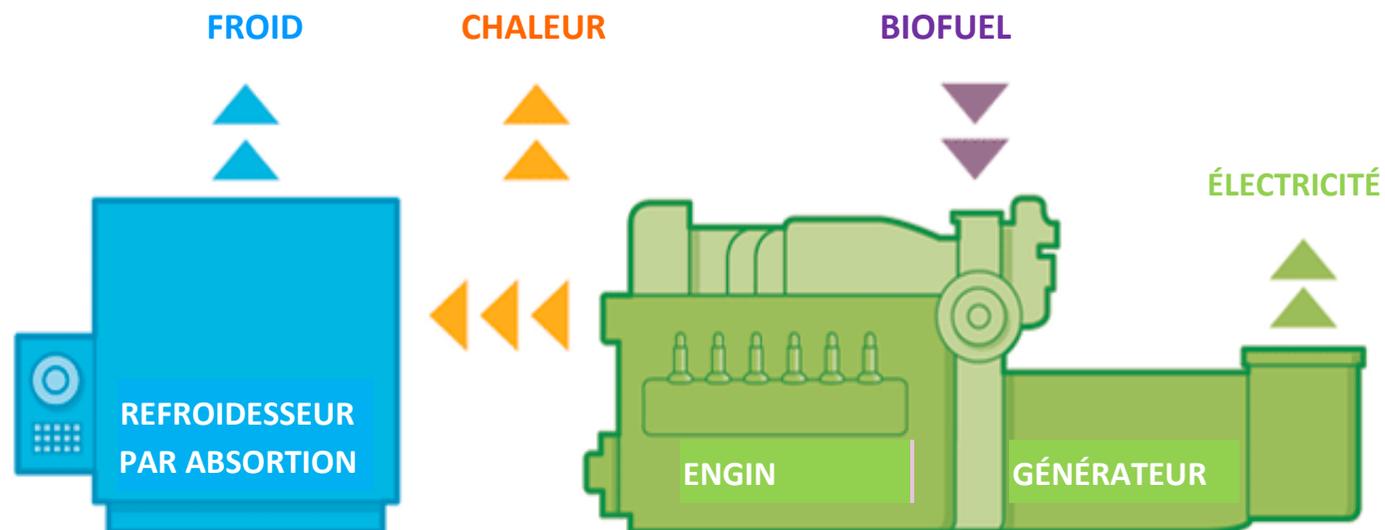


2.4 Trigénération

La trigénération est la **production conjointe d'électricité, de chaleur et de froid**. L'usine de trigénération est similaire à celle de cogénération, mais elle possède **en plus un système d'absorption pour la production de froid**. Grâce à son rendement élevé, le coût énergétique des procès productifs peut être réduit de manière considérable lorsque de grandes quantités de chaleur, de froid industriel ou d'énergie électrique sont nécessaires.

La trigénération peut être **appliquée dans le secteur tertiaire** au sein duquel, en plus du chauffage et de l'ACS (eau courante sanitaire), des quantités importantes de froid sont nécessaires pour la climatisation.

Le caractère saisonnier de ces consommations (chauffage en hiver et climatisation en été) est incompatible avec le fonctionnement normal d'une usine de cogénération classique.



3 Types de chaudières de biomasse

Les chaudières de biomasse permettent de fournir aux immeubles le chauffage et l'ACS (eau courante sanitaire) avec une fiabilité comparable à celle des systèmes habituels au gaz ou au gazole ^b.

Les installations de production de chaleur à base de biomasse forestière exigent un **investissement initial 3 à 5 fois plus élevé** que pour les systèmes conventionnels avec le même niveau d'automatismes. Cependant, le **prix du combustible est plus économique**. C'est la raison pour laquelle ils sont utilisés en cas **besoins thermiques constants et élevés** pour lesquels le prix de la biomasse par rapport au prix du combustible fossile permet d'amortir plus vite l'investissement.

Le recours à la biomasse pour la production de chauffage est tout particulièrement recommandé si les conditions suivantes sont remplies :

- Une **chaudière installée depuis plus de 15 ans** (au gaz naturel ou au gazole)
- Dans des **bâtiments neufs**
- Avec une **demande en climatisation élevée et constante**
- Avec **suffisamment d'espace** pour le silo et le déchargement

À retenir

Il convient d'identifier dès le début le combustible qui sera utilisé et de bien connaître les caractéristiques de l'endroit à chauffer afin de pouvoir concevoir l'installation en conséquence (type de chaudière, brûleur, systèmes d'alimentation, silo, etc.).



Chaudière à plaquettes

Les chaudières de biomasse sont classées en fonction du type de combustible consommé :

- **à bois (bûches)**: de petites dimensions, très efficaces et à faible coût.
- **spécifiques à granulés (pellets)** : de petites dimensions (jusqu'à 40 kW), hautement efficaces et à faible coût.
- **à bois déchiqueté (plaquettes)** : de dimensions intermédiaires ou grandes, hautement efficaces et un peu plus onéreuses que celles à granulés.
- **mixtes ou poly-combustibles** : elles peuvent consommer (non de manière simultanée) différents types de combustible (granulés, bois déchiqueté, restes d'élagage, noyau d'olive, coques de fruits secs, etc.) en reprogrammant leurs paramètres. Le combustible peut donc être choisi en fonction du prix et de la disponibilité locale. Ces chaudières sont de dimensions intermédiaires (25 kW - 150 kW) ou de grandes dimensions (plus de 200 kW).

Les chaudières de biomasse sont comparables à des chaudières de combustibles fossiles cependant l'utilisation énergétique de la biomasse présente certains inconvénients par rapport aux combustibles fossiles :

- La **biomasse** présente une **densité énergétique moindre**, ce qui fait que les systèmes de stockage doivent être plus grands.
- Les **systèmes d'alimentation** du combustible et de suppression des cendres sont **plus complexes** et génèrent des coûts d'exploitation et d'entretien plus élevés.
- Les **canaux de distribution** de la biomasse ne sont **pas autant développés** que ceux des combustibles fossiles.
- La biomasse a une **teneur élevée en humidité**, ce qui fait qu'elle doit être **séchée au préalable**

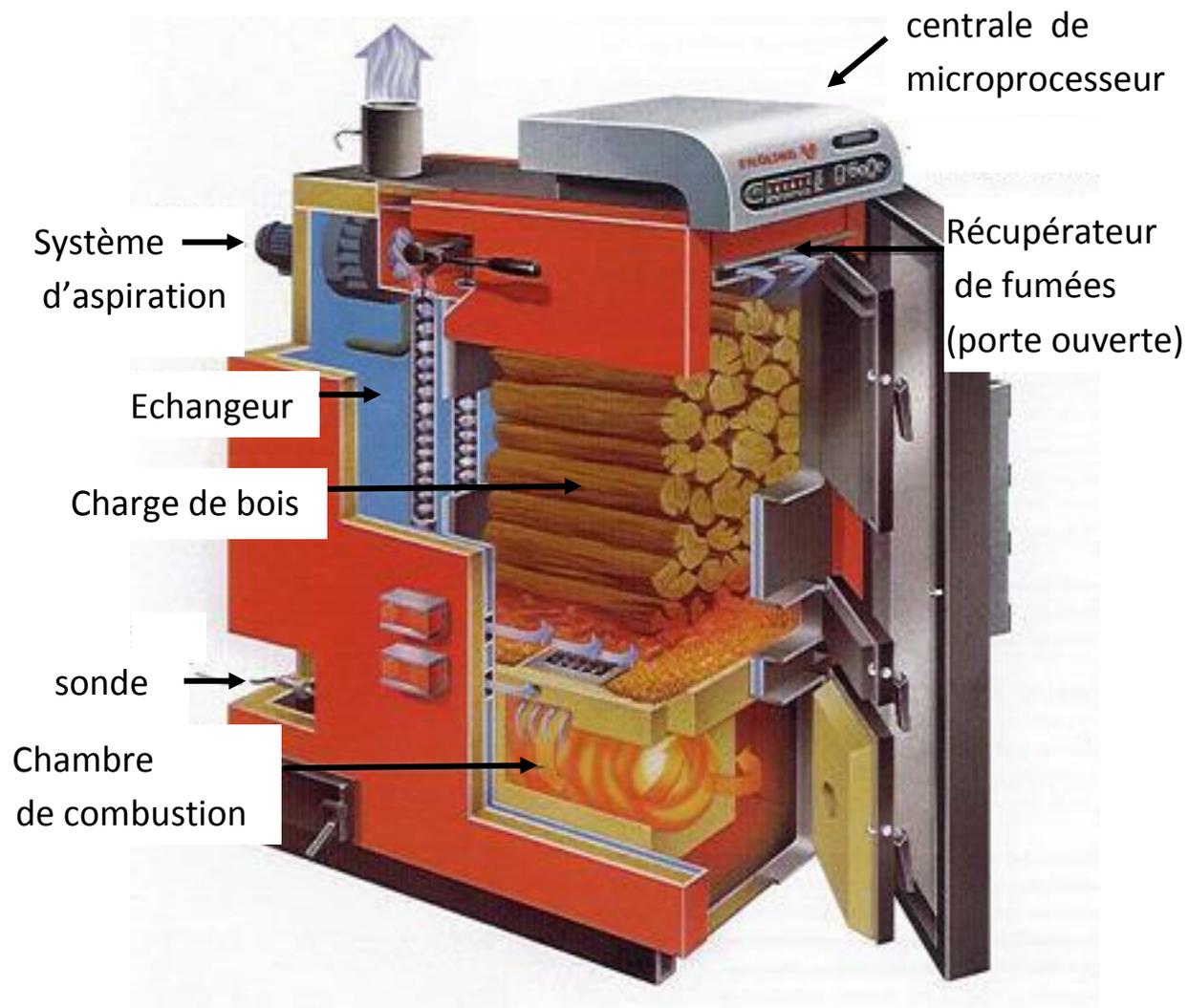
3.1 Chaudières à bois bûche

Description

Le bois demeure le combustible le plus courant pour le chauffage domestique. Les chaudières les plus modernes ont recours à une technologie avancée offrant des rendements de plus de 90%. Leur puissance est comprise entre 19 et 40 kW. Usage recommandé pour le chauffage de maisons bien isolées, de peu d'étages, avec des surfaces à chauffer allant jusqu'à 230 m². Les chaudières à bois sont tout particulièrement intéressantes si l'on dispose de sa propre production de bois ou si ce dernier est économique.

Éléments

- Chaudière à flamme inversée
- Accumulateur de chaleur à inertie
- Centrale de commandes



Conception du système

Dimensions : en fonction des caractéristiques du système de chauffage, de l'isolation de l'immeuble et de sa région climatique, une **puissance comprise entre 20 et 40 W/m³** est en général recommandée. Une puissance inférieure suffit pour les immeubles bien isolés et avec des systèmes de chauffage à haute efficacité comme le chauffage au sol ou dans les murs.

Nombre de chargements quotidiens : ce facteur détermine d'autonomie voulue de fonctionnement. Il **dépend de** la capacité de la **bouche d'entrée pour charger le bois** et de la **puissance de la chaudière**. Le rapport entre ces deux facteurs, la capacité de chargement de bois étant exprimée en litres et la puissance en kW, donne une idée approximative du nombre d'heures de fonctionnement autonome et continu de la chaudière à puissance maximale.

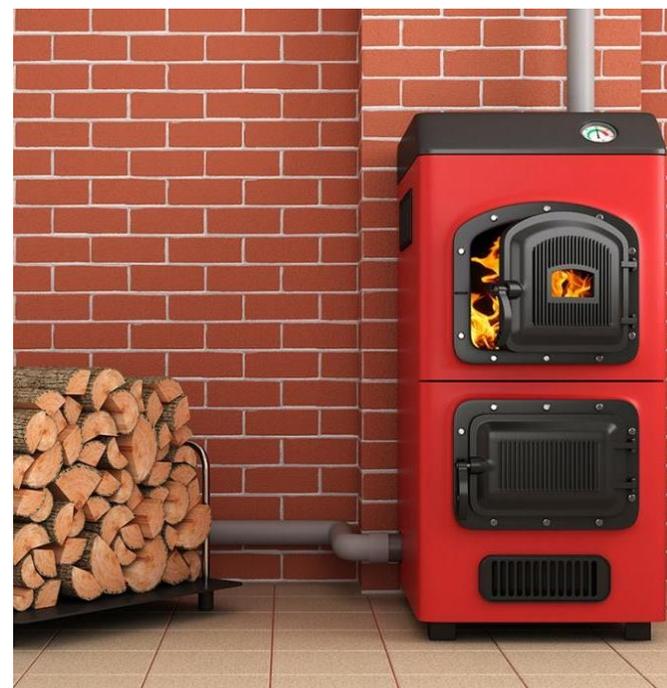
Combustible

Du bois avec une **humidité inférieure à 25 % Hbh**. C'est-à-dire du bois séché pendant au moins un an à l'air libre, de préférence sous abri.

Facteurs déterminants

Chaudières conventionnelles :

- Elles exigent un **nettoyage beaucoup moins fréquent**, mais nécessitent **plus de biomasse**.
- Généralement, elles disposent d'une **alimentation semi-automatique** qui fait que le bois doit être chargé à la main une ou deux fois par jour.



3.2 Chaudières à granulés

Description

Les granulés (ou pellets) sont de petite taille, homogènes, de forme cylindrique et lisses. Ils ont donc tendance à se comporter comme un fluide, en facilitant le mouvement du combustible et en permettant le **chargement automatique** des chaudières. La puissance de ce type de chaudières est comprise entre **12 et 500 Kw**.

Usage recommandé

Pour le chauffage **d'immeubles de petites dimensions** ou de dimensions moyennes comme des maisons individuelles dans un centre urbain, de blocs d'immeubles, d'hôtels, etc.

Éléments

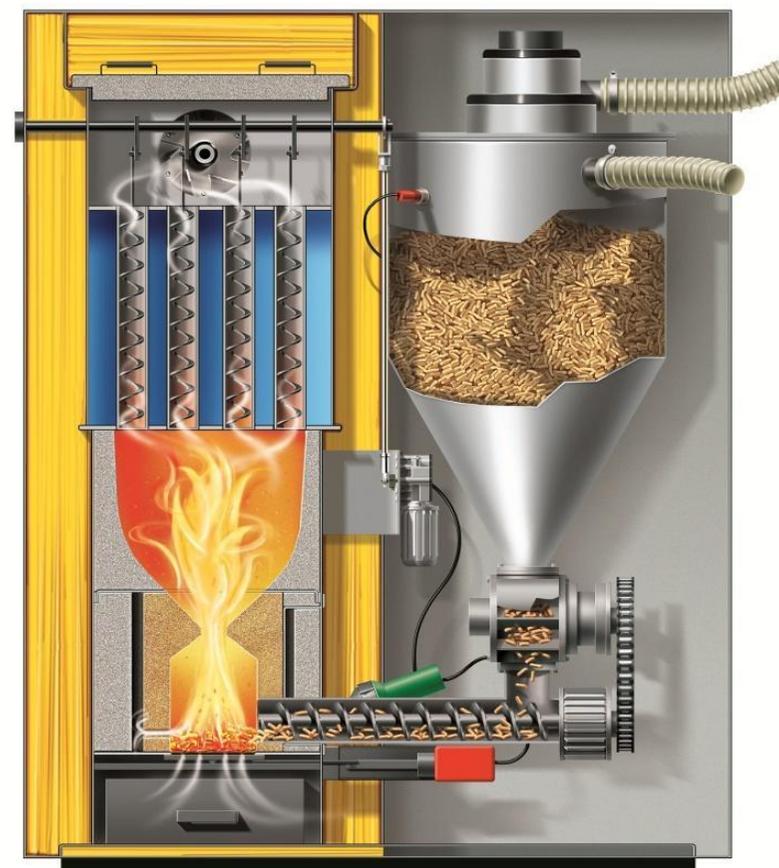
Chaudière

Réservoir de granulés

Système d'alimentation

Centrale de commandes

En option : accumulateur à inertie et chauffe-eau pour l'ACS



Conception du système

Le **réservoir de stockage** doit se trouver à proximité ou **très proche de la salle de la chaudière**. Les chaudières les plus simples doivent être chargées à la main avec des sacs de 15 kg, ce qui suppose une autonomie d'un ou de quelques jours seulement. En revanche, les chaudières plus puissantes peuvent fonctionner avec un réservoir plus grand de type métallique, flexible ou en maçonnerie, aux dimensions adaptées en fonction du nombre de jours ou de mois voulus d'autonomie.

Combustible

Des granulés adaptés à la chaudière selon les normes définies en matière de qualité et de pouvoir calorifique du combustible.

Les granulés sont disponibles sur le marché dans différents formats :

- **Des petits sacs de 10-15 kg** pour poêles, cheminées et petites chaudières avec réservoir par chargement manuel.
- **Des Big bags de 800 à 1 000 kg** pour des systèmes d'alimentation à vis sans fin.



Facteurs déterminants

Le prix des granulés est supérieur à celui du bois déchiqueté (plaquette). Lorsque l'on dispose de l'espace suffisant pour installer un silo de stockage du bois déchiqueté, et si la priorité est de réduire les coûts, une chaudière à bois déchiqueté est toujours préférable à une chaudière à granulés car elle permet d'amortir plus rapidement l'installation. En revanche, **si la priorité est de réduire les opérations d'entretien, les granulés constituent en général la meilleure option.**

3.3 Chaudières à plaquette

Description

Les systèmes à bois déchiqueté sont **entièrement automatisés**, sans aucune limite prédéfinie en termes de dimensions, et leur puissance est comprise entre **25 et 1 000 kW** pour un **rendement proche de 90%**.

Usage recommandé

Pour le chauffage de **grands immeubles** ou de dimensions intermédiaires, par exemple de grandes propriétés, des hôtels, des écoles, des immeubles d'habitations, des hôpitaux, des mairies, des centres commerciaux, des piscines couvertes, usages industriels à forte demande thermique comme les fermes d'élevage, les serres, les fromageries, etc.

Éléments

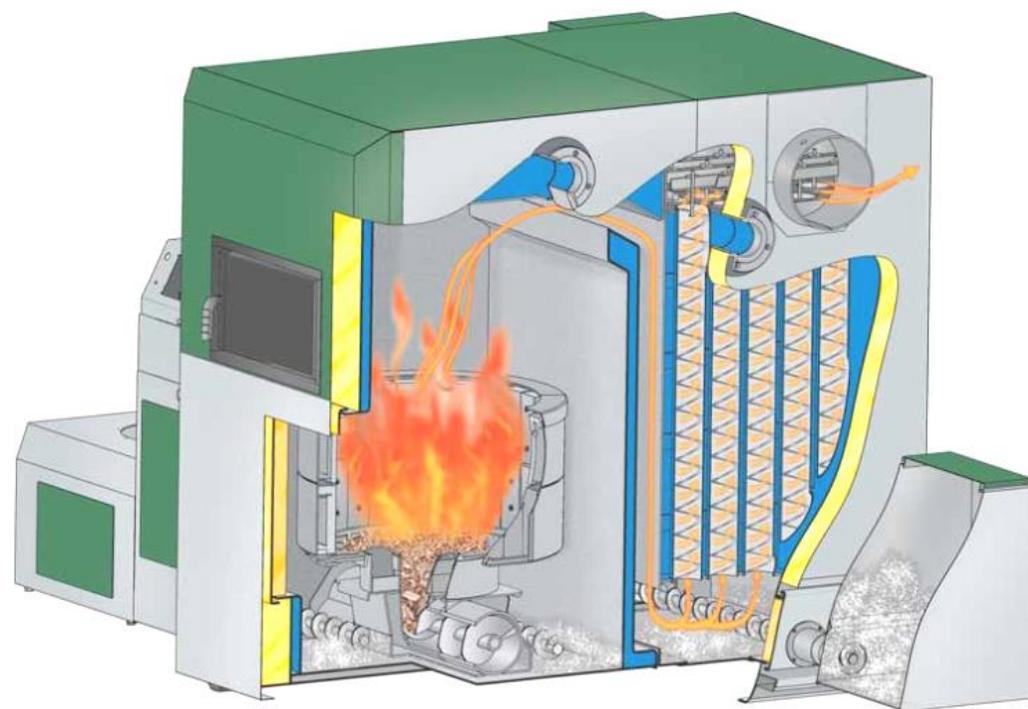
Chaudière

Réservoir de stockage du bois déchiqueté

Système d'alimentation

Centrale de commandes

En option : accumulateur à inertie et chauffe-eau pour l'ACS.



Conception du système

Le **réservoir de stockage** doit se trouver **à côté de la salle de la chaudière** ou à proximité. Il doit être dimensionné en fonction de la puissance et du rendement de la chaudière, des caractéristiques du combustible et de l'autonomie recherchée (au moins 15 jours).

Le type de chargement du combustible déterminera la configuration du silo :

- **Chargement par gravité** : silos enterrés. Cela permet d'utiliser des camions à benne basculante (les plus courants et économiques).
- **Chargement par système pneumatique ou par propulseurs auxiliaires** : cela offre une flexibilité absolue dans l'emplacement du silo.



Combustible

Du bois déchiqueté conforme aux caractéristiques de la chaudière définies selon une norme. Par exemple, pour les chaudières autrichiennes, la norme ÖNORM M 7133 est celle appliquée :

- **Chaudières domestiques** : G30 = dimensions approximatives de 2,8 à 16 mm et humidité inférieure à 30%.
- **Chaudières de dimensions intermédiaires** : G50 = dimensions approximatives de 5,6 à 31,5 mm et humidité inférieure à 35%.

Facteurs déterminants

Un des facteurs déterminants les plus importants pour la conception d'un système de chauffage au bois déchiqueté est de **pouvoir disposer d'un local** pour le stocker dans un endroit **accessible** par les moyens de transport, et avec un **espace suffisant pour les manœuvres**.

4 Implications de chaque type d'installation

4.1 Dimensions de l'installation

En fonction de leurs dimensions, la distinction peut être faite entre différents types.

- **Petites installations** : chaudières pour autoconsommation (moins de 100 tonnes/an) et mini-réseaux de chaleur (moins de 1000 tonnes/an). Ces installations génèrent uniquement de la chaleur.
- **Grosses installations** : centrales thermoélectriques (CHP, Combined Heat and Power) à partir de 5 MWe (moins de 100 000 tonnes/an).

Plus l'installation est grande, moins l'investissement par unité installée (€/kW) **est élevé** donc plus elle est rentable. Cependant, au fur et à mesure qu'augmente le volume de la demande en matière première, le rayon nécessaire d'approvisionnement augmente également. Les **coûts de transport et donc de matière première sont donc plus élevés** ^d.

Les installations les plus petites supposent donc des frais plus réduits en termes de coûts de transport pour être compétitives. Comme présenté précédemment, les petites installations de chauffage représentent des coûts d'investissement (€/kW) plus élevés que les systèmes traditionnels au gaz ou au gazole, alors que le combustible utilisé (€/kWh) est plus économique.



Centrale de production d'électricité fonctionnant au bois

4.2 Variation saisonnière et garantie d'approvisionnement

Variation saisonnière de la demande

Cette variation se produit **surtout avec les petites installations** (demande surtout les mois froids). Cela provoque une certaine fluctuation de l'activité de l'exploitation forestière et de l'approvisionnement.

Les grandes installations thermoélectriques présentent une demande plus stable. Cependant, pour ces grandes demandes, il faudra éviter les accumulations de véhicules d'approvisionnement lors des **pics de demande** en programmant minutieusement les livraisons ^e.

Garantie d'approvisionnement

Il convient de garantir un **approvisionnement suffisant** couvrant par exemples les possibles événements suivants :

- **incidences climatiques**
- **fluctuations du marché du bois**

Pour ce faire, les installations à consommation moyenne ou élevée ont généralement recours à un **approvisionnement diversifié** (mix d'approvisionnement), avec plusieurs fournisseurs et différentes sources de biomasse (par exemple biomasse d'origine agricole). Une installation à grande consommation de biomasse située à proximité de la côte permet d'inclure dans le mix d'approvisionnement à la fois de la **biomasse locale** et de la **biomasse venant d'autres pays** par voie maritime à des prix compétitifs.



4.3 Conditions requises

Cette partie concerne uniquement les plaquettes, qui peuvent être de différentes tailles et qualités. Pour le bois bûche et les granulés on ne retrouve pas cette problématique car les produits sont les mêmes, peu importe la taille de l'installation.

La qualité de la matière première requise dépend de l'installation, du système d'alimentation et des systèmes de commande. **Plus l'installation est grande, moins la qualité du bois déchiqueté est cruciale** : l'humidité peut être élevée et il peut y avoir des impuretés.

Pour les petites installations de chauffage en revanche la qualité requise est supérieure et pour de plus petites quantités livrées. En ce qui concerne l'humidité, les valeurs suivantes de référence ^{e, f} sont :

- > 1 MW : permet du bois séché à l'air libre, avec jusqu'à 50 % Hbh.
- < 1 MW: permet une humidité maximale de 25-30 % Hbh.

Dimensions moyennes suivantes en fonction du type de chaudière ^f :

Chaudière	Dimensions (cm)			Notes
	Longueur	Largeur	Grosueur	
Grande chaudière	8	5	1-3	Comme une grosse boîte d'allumettes
Chaudière individuelle ou moyenne (30-400 kW)	1,5 - 3	1 – 1,5	0,5	Plus petit qu'un doigt

4.4 Réseau d'approvisionnement

Une bonne partie du matériau disponible pouvant servir de biomasse peut être obtenu **lors de l'exploitation forestière**. Par conséquent, il est nécessaire d'intégrer tout d'abord dans le mix d'approvisionnement les **chaînes d'exploitation forestière préexistantes**, celles fournissant déjà des matières premières à l'industrie du bois ou de la biomasse à d'autres installations.

Pour les **installations à grande consommation**, ce mix doit inclure des **fournisseurs de différentes tailles** (grande et moyenne tailles, propriétaires et entreprises particulières) pour répondre au plus gros de la demande et aux fluctuations ^g.



Broyeur à plaquettes

5 Choix d'une chaudière

Pour bien choisir une chaudière de biomasse, plusieurs aspects doivent être pris en compte :

- **La consommation annuelle estimée** : afin de choisir une chaudière avec une puissance adaptée.
- **La disponibilité d'espace et d'accès** : un système de chauffage par biomasse requiert plus de place qu'un système conventionnel. En général, il est nécessaire de disposer de l'espace suffisant pour la chaudière, le silo et l'accès des camions pour pouvoir livrer la biomasse.
- **La capacité du réservoir** : en fonction du nombre de chargements annuels de la chaudière.
- **La garantie d'approvisionnement du produit** : avant l'installation de la chaudière, l'approvisionnement doit être garanti à moyen et long terme avec une qualité suffisante et constante de la biomasse. L'approvisionnement en bois et en plaquettes est recommandé sur de courtes distances, alors que celui des granulés permet un approvisionnement sur de plus longues distances.
- **L'entretien de la chaudière** : si la chaudière n'est pas pourvue d'un système automatique de nettoyage, il est nécessaire de retirer régulièrement les cendres des échangeurs de chaleur. De plus, le niveau de combustible doit être surveillé dans le silo de stockage afin de le remplir à temps pour éviter toute interruption dans l'approvisionnement.
- **Un service technique de confiance** et de proximité doit être disponible.

6 Bibliographie

- a) : AFIB (APROFITAMENTS FUSTERS I BIOMASSA), CTFC. **Síntesi d'informació temàtica: Biomassa.** 19 pp. Recuperado en 2017 desde <http://afib.ctfc.cat/sintesi-dinformacio-tematica-biomassa>: [s.n.], 2011.
- b) : LÓPEZ, I. et al. Technologies i aplicacions de la biomassa.. **Dossier tècnic**, n. 62, p. 337- 346, 2013.
- c) : RODRÍGUEZ, J. et al. Aprofitament i desembosc de biomassa forestal. [S.l.]: Generalitat 2006.
- d) : KUMAR, A.; CAMERON, J. B.; FLYNN, P. C. Biomass power cost and optimum plant size in western Canada. **Biomass and Bioenergy**, n. 24, p. 445-464, 2003.
- e) : HAKKILA, P. (. P. **Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Programme 1999-2003. Final report.** TEKES. [S.l.], p. 99 pp. 2004.
- f) : LAURIER, J.-P.; POUËT, J.-C.; BALLAIRE, P. **Bois-énergie: Le déchetage en forêt.** ADEME. Collection Connaître pour agir. éd. Paris: [s.n.], 1998. 111 p p.
- g) : BELL, J. F. V.; TEMMERMAN, M.; SCHENKEL, Y. Three level procurement of forest residues for power plant. **Biomass and bioenergy**, n. 24, p. 401-409, 2003.

Conception et rédaction : Judith Rodriguez

Crédits illustrations :

Pages 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 : AFiB-CTFC

Page 5 : L. Toubeau © CNPF

Page 13 : M.-L. Gaduel © CNPF

Pages 14, 16 : Q. Vanneste © CNPF

Maquette : Eduter-CNPR

Édition : Juin 2019

Plus d'informations ?

Voici les partenaires d'eForOwn qui peuvent vous informer, vous former et vous accompagner

Vous êtes propriétaire forestier

En Belgique



En Espagne



En France



Vous êtes étudiant ou enseignant

En Belgique



En Espagne



En France

