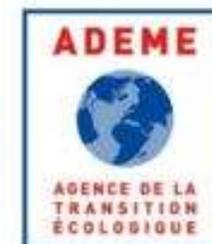




Journée technique Mercredi 9 mars 2022 Perpignan (66)



Suivi des installations bois-énergie pour une performance optimale

Conférences (matin) & visite (après-midi) du réseau de chaleur communal d'Estagel (66)



Suivi des installations bois-énergie pour une performance optimale

Analyse technique et environnementale





Les 7 piliers de la biomasse

- 1^{er} Pilier : La qualité du combustible – Un combustible approprié à l'installation
- 2^{ème} Pilier : Le stockage du combustible et désilage
- 3^{ème} Pilier : Le transfert du combustible – L'alimentation du foyer
- 4^{ème} Pilier : Le Foyer et la chambre de combustion
- 5^{ème} Pilier : La gestion des cendres
- 6^{ème} Pilier : Le traitement des fumées
- 7^{ème} Pilier : Les contrôles, l'instrumentation et le pilotage des installations

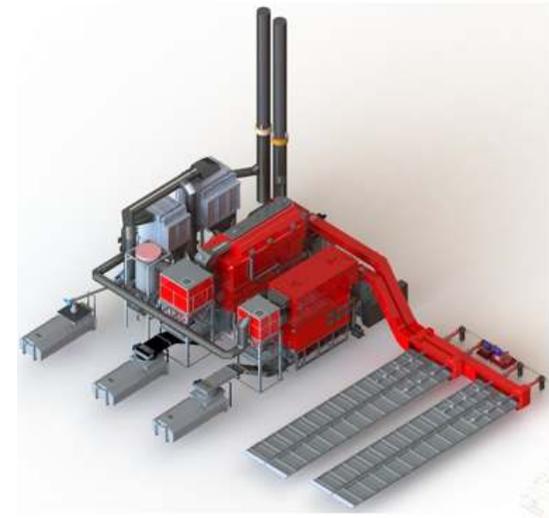
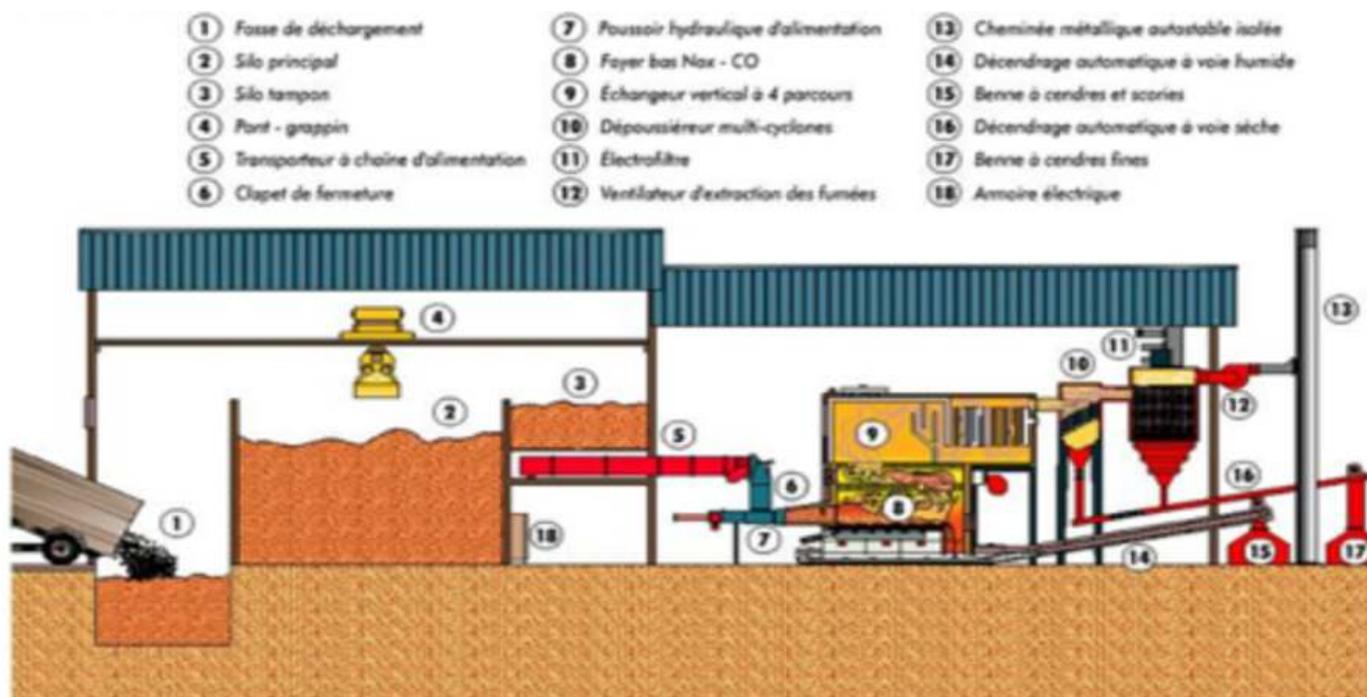


Schéma de Principe d'une installation





1^{er} Pilier - Définir les caractéristiques techniques du combustible

- Plaquettes forestières ou autres types

* définition de la granulométrie, du taux d'humidité, du Pci, du taux de cendre

| | |
|---|---------------------|
| Humidité minimale sur masse brute | ■ % |
| Humidité maximale sur masse brute | ■ % |
| Humidité de référence pour garanties de performance | ■ % |
| PCI minimal sur masse brute | ■ kWh PCI/tonne |
| PCI maximal sur masse brute | ■ kWh PCI/tonne |
| PCI de référence pour garanties de performance | ■ kWh PCI/tonne |
| Granulométrie moyenne | ■ x ■ x ■ mm |
| Granulométrie max admissible (longueur maximale) | ■ mm |
| Taux de fines max (particules < 3,15 mm) | ■ % |
| Masse volumique moyenne sur sec | ■ kg/m ³ |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Taux de cendres max sur sec | ■ % |
| Azote max sur sec | ■ % |
| Soufre max sur sec | ■ % |
| Chlore max sur sec | ■ % |



2^{ème} Pilier - Stockage du combustible et désilage

Différentes technologies adaptées à la typologie du site et à la puissance de l'installation

- Fosse (ou silo) active avec plancher échelle - Echelle racleuse
- Silo de plain-pied avec plancher échelle carrossable
- Benne vibrante - et système vibrant
- Silo avec Désilage par Top loader
- Silo passif Utilisation de pont roulant / Grappin
- Silo en tas oblong a-frame avec extracteur à vis en translation ou vis tubée
- Silo cylindrique avec Vis planétaire
- Silo vertical à vis incliné
- Silo avec Désileur rotatif à pale

2^{ème} Pilier - Stockage du combustible et désilage

- Fosse (ou silo) active avec plancher échelle - Echelle racleuse



- Benne vibrante - et système vibrant

- Silo avec désileur rotatif à pale

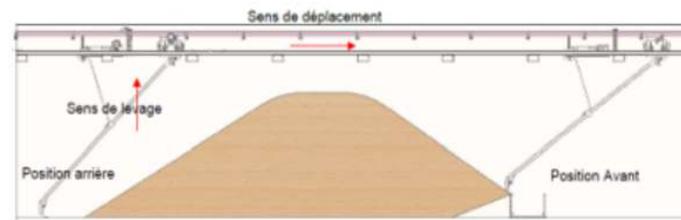




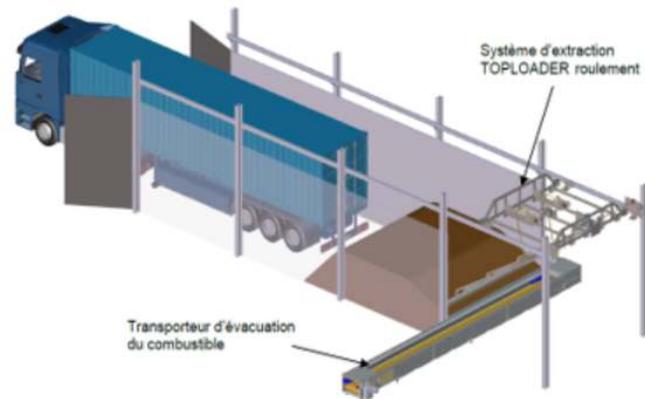
2^{ème} Pilier - Stockage du combustible et désilage

Silo avec Désilage par Top loader

Vue en coupe de l'extracteur



Ensemble SILO avec système d'extraction TOPLOADER





2^{ème} Pilier - Stockage du combustible et désilage

Tableau selon puissance

| Technologie | <1MW | 1 – 5 MW | 5 – 20 MW | >20 MW | > 30 MW |
|---------------------------------|----------|----------|-----------|----------------------|---------|
| Fosse passive avec pont roulant | - | + | ++ | ++ | + |
| Fosse active avec Echelle | - (Prix) | ++ | ++ | Débit insuffisant ?? | |
| Dalle et Echelle carrossable | - (PRIX) | ++ | + | | |
| Désileur à pale rotative | ++ | - | - | - | |
| Silo actif et Top loader | + | ++ | + | - | - |
| Tapis | - | + | ++ | ++ | |
| Trémies à vis extraction | + | + | + | + | |
| Silo oblong et vis tubée | - | - | - | ++ | ++ |
| Silo vis planétaire | - | - | + | ++ | |



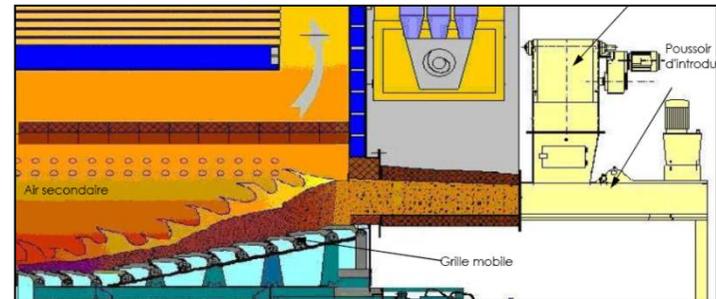
3^{ème} Pilier - Transfert du combustible et alimentation foyer

Différentes technologies utilisées pour permettre le transfert de la zone de stockage à la chaudière. Celles-ci dépendent de l'humidité, du type de biomasse et de la plage de puissance.



- Convoyeurs à chaînes, à bandes
- Elévateur à godet
- Vis sans fin de transport et d'alimentation

- Système séparatif coupe-feu par écluse ou clapet
- Silo passif Utilisation de pont roulant / Grappin
- Système d'alimentation foyer par poussoir





3^{ème} Pilier - Transfert du combustible et alimentation du foyer

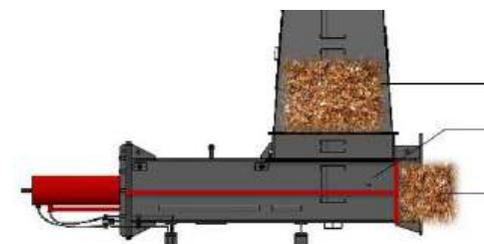


TABLEAU SELON PUISSANCE

| Technologie | <1MW | 1 – 5 MW | 5 – 20 MW | >20 MW |
|---|------|----------|-----------|--------|
| Convoyeur chaine | + | ++ | ++ | - |
| Convoyeur à bande | - | - | + | ++ |
| Élévateur à godet | + | + | + | + |
| Vis sans fin Transport | + | + | - | - |
| Transfert par vis verticale | | | | |
| Poussière de bois Transport | | | | |
| Pneumatique | - | - | + | ++ |
| Trémie d'alimentation | | ++ | + | - |
| Système séparatif coupe-feu Ecluse | + | + | + | + |
| Système séparatif coupe-feu clapet | + | + | + | + |
| Alimentation par projection pneumatique | - | - | + | ++ |
| Système de poussoir | ++ | ++ | + | - |
| Les vis d'alimentation | + | + | ++ | ++ |
| Alimentation gravitaire | | | | |
| Transport pneumatique | - | - | | |
| Mesure d'humidité en ligne | - | + | ++ | ++ |
| Pesage en ligne | - | - | + | ++ |
| Criblage | - | - | + | ++ |
| Déferraillage | - | - | + | ++ |



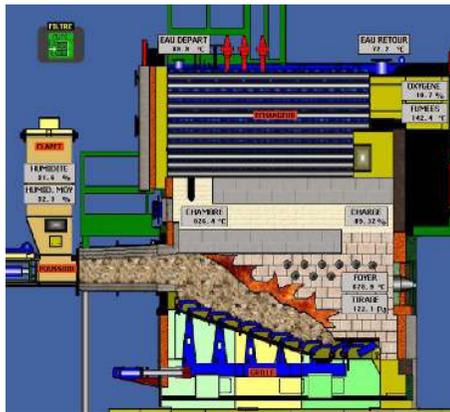
QUAND ON REMET LA SECURITE A PLUS TARD, C'EST TROP TARD.





4^{ème} Pilier - Chambre de combustion - Foyer

La technologie à mettre en œuvre dépend de l'humidité, du type de biomasse et surtout de la plage de puissance.

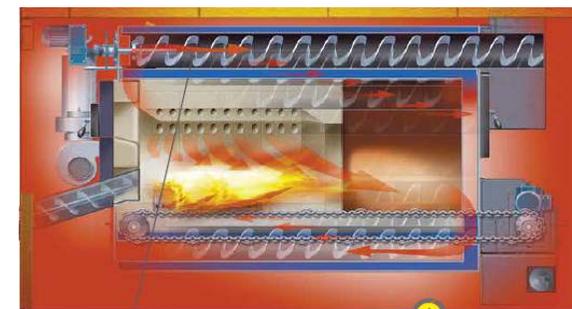


- Foyer à grille à gradins co-courant ou à contre-courant
- Foyer à grille refroidie
- Foyer cyclonique
- Foyer lit fluidisé
- Foyer volcan
- Gazéification/Combustion étagée





4^{ème} Pilier - Chambre de combustion - Foyer



| Technologie | <1MW | 1 – 5 MW | 5 – 20 MW | >20 MW | > 100 MW |
|---|------|----------|-----------|--------|----------|
| Foyer à grille à gradins co-courant | | | | | |
| Foyer à grille à gradins contre-courant | | | | | |
| Foyer à grille refroidie | | | | | |
| Foyer cyclonique | | | | | |
| Spreader Stoker | | | | | |
| Foyer lit fluidisé bouillonnant ou LFB | | | | | |
| Foyer à lit fluidisé circulant ou LFC | | | | | |
| Foyer volcan | | | | | |
| Chambre torsionnelle | | | | | |
| Gazéification/ Combustion étagée | | | | | |



5^{ème} Pilier - La gestion des cendres

La combustion de la biomasse produit des cendres, constituées essentiellement de matières minérales présentes dans le combustible (présence de carbone dans les imbrulés).

- 2 types de cendres
 - Les cendres sous foyer, récupérées au niveau du foyer.
 - Les cendres volantes, qui sont issues de la filtration des fumées.

Les cendres volantes sont récupérées de 2 manières

- Les cendres issues du filtre multicyclone. Il permet de récupérer les poussières les plus grosses.
- Les cendres de dépoussiérage complémentaire (filtre à manches, électrofiltre,...), les plus fines. Elles sont en général chargées en métaux lourds. Ce sont les plus dangereuses.



5^{ème} Pilier - La gestion des cendres

A titre d'exemple :

| Combustibles | PF | PF + bois d'élagage | Ecorces | Criblât de compost | Paille de blé |
|-------------------------------------|-----------|---------------------|---------|--------------------|---------------|
| Taux de cendres à 815°C (% sur sec) | 1.2 à 1,5 | 4 à 5,9 | 4.6 | 7 | 7.2 |

De façon générale le convoyage des cendres se fait soit :

- Convoyage par voie humide
- Convoyage par voie sèche





5^{ème} Pilier - La gestion des cendres

Le stockage des cendres récupérées sous foyer et multicyclone sont stockées dans des cendriers ou bennes.



Cendrier 240 L



Cendrier 900 L type EURO III



- Les cendres fines récupérées sous FAM ou électrofiltre sont stockées dans des big bag.





5^{ème} Pilier - La gestion des cendres

Exemple des prix pour récupération et traitement des cendres.

Exemple de prix : (Prix + TGAP)

| Type | Epandage Benne cendre humide | compost | CV big bag CET1 | Cendres pulvérulentes en compost | Cendrier bac ? regroupement | CV silo CET1 | CV Silo mine sels | Cimenterie | CET2 Benne |
|-------------------------|---------------------------------------|---------|-----------------------|--|--------------------------------|-----------------|----------------------|------------|---------------|
| Traitement €/t | 27 | 43 | 250+ 27 | 63 | 80/85 | 180 + 27 | 130 | 40 à 110 | 90 + 65 |
| Transport €/rotation | | 400 | 800 | | 1100 forfait aspiration | 700 | 1200 | | 400 |

Il est nécessaire et obligatoire d'avoir un suivi de la traçabilité des cendres (quantité, composition,...)



QUAND ON REMET LA SECURITE A PLUS TARD, C'EST TROP TARD.





5^{ème} Pilier - La gestion des cendres

Types préconisés de récupération des cendres en fonction de l'installation

| Technologie | <1MW | 1 – 5 MW | 5 – 20 MW | >20 MW | > 100 MW |
|----------------------------------|------|----------|-----------|--------|----------|
| Convoyeur cendre humide | | | | | |
| Redler cendre sèche | | | | | |
| Vis cendre sèche | | | | | |
| Stockage cendre fine big bag | | | | | |
| Stockage silo | | | | | |
| Stockage cendre sèche en benne | | | | | |
| Stockage cendre humide | | | | | |
| Utilisation de poubelle cendrier | | | | | |



6^{ème} Pilier - Le traitement des fumées

Le traitement des fumées concerne dans la majorité des cas, le dépoussiérage des fumées. Les émissions de certains composés peuvent être minimisées par la maîtrise des conditions De combustion.

Les 3 principaux paramètres de rejets recherchés et à maîtriser sont :

- Les poussières (cendres volantes) correspondent essentiellement au carbone imbrulé.
- Le CO issu d'une combustion incomplète.
- Les Nox produits lors de la phase de combustion.

Valeurs de rejets à respecter

| Exemple de VLE en mg/Nm ³ à 6% d'O ₂ sur sec | | | |
|--|------------|------------|------------|
| P installation (biomasse et autre) | 1 à 5 MW | 5 à 20 MW | 20 à 50 MW |
| Date d'entrée en vigueur des VLE | 5/08/2018 | 5/08/2018 | 5/08/2018 |
| Date de fin d'application | 31/12/2029 | 31/12/2024 | 31/12/2024 |
| Poussières | 50 | 50 | 30 (3) |
| NOx | 525 | 525 (1) | 400 (2) |
| SO ₂ | 225 | 225 | 200 |



6^{ème} Pilier - Le traitement des fumées

Le traitement initial des poussières pour récupérer les éléments les plus volumineux sont récupérées Dans un multicyclone.

C'est un élément simple qui nécessite peu d'entretien.

Les particules les plus fines (les plus nocives) sont récupérées au moyen de système complémentaire.

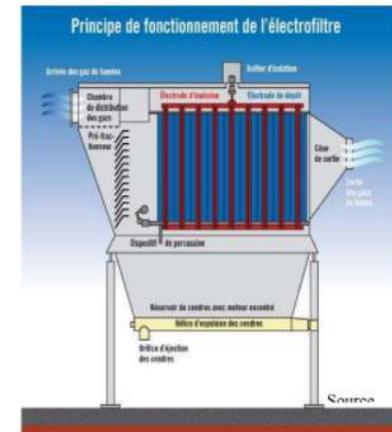
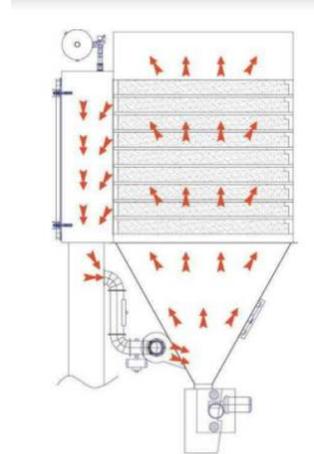
- Filtre à manches.

Lorsque les fumées traversent les manches les particules sont retenues par le média. Le nettoyage s'effectue par décolmatage des manches de façon cyclique.

- Electrofiltre

Le principe est une ionisation des particules par un champ électrique. Les particules sont ensuite captées par des électrodes. Le décolmatage est réalisé par un système de vibrations mécaniques.

Un suivi par un organisme de contrôle est obligatoire des rejets atmosphériques



QUAND ON REMET LA SECURITE A PLUS TARD, C'EST TROP TARD.





7^{ème} Pilier - Contrôle de la qualité du combustible livré

- Mise en place du camion sur l'aire de déchargement
 - Ouverture des portes
 - Contrôle visuel de la qualité du chargement
- Prélever un échantillon représentatif
 - Mesurer la densité moyenne et l'humidité à l'étuve ou au micro ondes
 - Contrôle de la granulométrie avec une tamiseuse
- L'humidité et la granulométrie sont conforme
 - Report des données dans le fichier unique
 - Archivage des documents associées à la livraison (bon de livraison, lettre de voiture, bon de pesée, attestation SSD)
- **Si échantillonnage non conforme – Refus de la livraison**

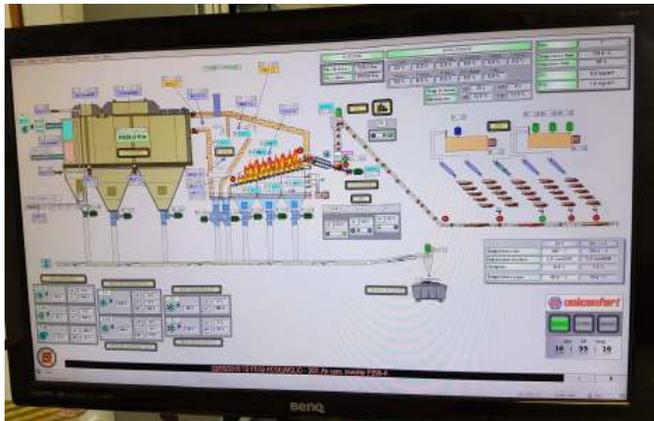


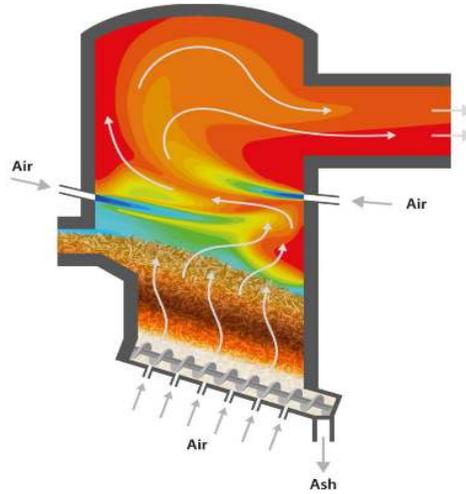


7^{ème} Pilier - Contrôle des paramètres de fonctionnement

Une supervision générale reprend l'ensemble des paramètres de l'installation

- Courbes de fonctionnement
- Températures du foyer, des gaz de combustion, ...
- Paramètres règlementaires émission de polluants, énergie produite, ...





MERCI



QUAND ON REMET LA SECURITE A PLUS TARD, C'EST TROP TARD.

