



# BOIS-ÉNERGIE

UNE SOLUTION QUI VOUS CONCERNE



**PBE  
& DR**

PLAN  
BOIS-ÉNERGIE  
& DÉVELOPPEMENT  
RURAL POUR  
LA WALLONIE



La qualité du combustible « plaquettes » et ses conséquences  
sur votre chaufferie

Nassogne, le 06 octobre 2022

FRW – Facilitateur Bois-Energie – Secteur public

# Programme de la matinée

## Accueil et introduction

Par Francis FLAHAUX, FRW

## La qualité du combustible, caractérisation, contrôles et recommandations

Par Anne-Marie REGGERS, FRW

## Visite de la chaufferie

Par Stéphane PIERARD, commune de Nassogne

## Pause

## Impacts de la qualité du combustible sur les équipements

Par Erhard JOUSTEN, Ökotech Belux

## Les contrats d'entretien-maintenance

Par Grégory TACK, SPW-DGO4

## Questions réponses

## Conclusions

# Accueil et introduction

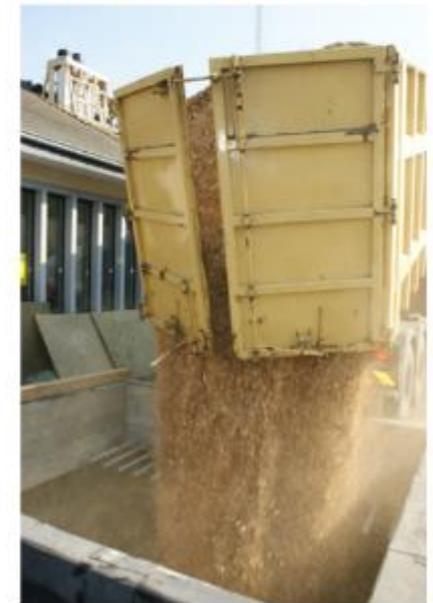
## Les missions de la Cellule Bois-Energie dans le cadre du PBE&DR

Informer

Conseiller

Orienter

Neutre  
Indépendante  
Non commerciale



# Accueil et introduction

Le PBE&DR - <https://www.frw.be/pbe.html>

The screenshot shows a web browser window displaying a map of Belgium. The browser's address bar shows the URL: <https://www.google.com/maps/@50.8342208,4.8395026,5%2C4.7804066,04.093159,8z=9>. The map shows a large area of Belgium with numerous orange location pins. On the left side, there is a sidebar for 'NASSOGNE - Réseau Maison ...'. The sidebar contains the following information:

- Commune: NASSOGNE - Réseau Maison communale
- Principaux bâtiments records: Maison Rurale, maison de village abritant l'OAFL, maison communale, école, une douzaine de riverains privés dont librairie, pharmacie.
- Puissance bois kW: 390
- Longueur de réseau m: 400
- Combustible: Plaquettes
- Énergie fossile substituée kWh an: 176000
- Bilan CO2 t an: 145.656
- Année de mise en service: 2013

Overlaid on the map is a filter menu with the following options:

- Afficher tous les projets
- Tous les éléments
- Afficher par type de combustible
- Afficher par puissance
  - 0 à 100 kW
  - 101 à 499 kW
  - 500 et +
- Afficher les réseaux de chaleur
  - Autres projets
  - Réseau de chaleur

The bottom of the browser window shows the Windows taskbar with various application icons and the system tray.

# Accueil et introduction

Le PBE&DR - <https://www.frw.be/pbe.html>

## DES CHIFFRES QUI PARLENT D'EUX-MÊMES

Plus de **180** communes ou porteurs de projet accompagnés

**128** projets fonctionnels dont plus de :  
**80** suite aux avis et études de pertinence de la FRW

**48** réseaux de chaleur au bois = 90% des réseaux renouvelables en Wallonie

**35%** de projets consommateurs de plaquettes

**65%** de projets consommateurs de pellets

**25 MW** renouvelables installés

**5.267.000 l** de mazout substitués par an

**16.000 T** de CO<sub>2</sub> en moins dans l'atmosphère chaque année

**14.000 m** de réseau de chaleur

**75** projets en cours

# Accueil et introduction

## L'objectif de la matinée

Donner des outils et des conseils pratiques aux gestionnaires, ou futurs gestionnaires de chaufferies aux plaquettes de bois afin de tendre vers un fonctionnement optimal des installations...



## Accueil et introduction

Les éléments clefs d'une installation fonctionnelle... et performante

- Compiler les données et indicateurs majeurs d'une installation bois-énergie
- Suivre leur évolution
- Identifier les dérives afin de mener les actions correctrices adaptées



# Accueil et introduction

## Les outils pour gérer et valider la qualité de son combustible...

**5**

### Causes

### Impacts prévisibles

Combustible trop humide	Fermentation en silo Extraction du silo difficile (effet de voûte) Condensation sur les parois du silo Mauvaise combustion Emissions de fumées, d'odeurs, de CO et de poussières Encrassement de la chaudière (sûles et goudrons) Rendements faibles
Combustible trop sec (**)	Température trop élevée, envol de poussières, formation de mâchefier Emissions d'oxydes d'azote
Proportion de fines trop élevées dans le combustible (***)	Emissions de poussières Rouage dans les systèmes d'alimentation, particulièrement si conjointement à une humidité élevée Précautions à prendre pour le personnel qui manipule le combustible (masques)
Trop de gros morceaux	Pannes du désilage, convoyage et alimentation Mauvaise combustion et émissions de poussières et de CO
Taux de cendres élevé	Formation de mâchefier Entretien élevé

**6**



**Contrôle et Entretien-maintenance réguliers**

**7**



**Concertation sur base du bilan annuel de la chaufferie**

**Livret de chaufferie avec relevé de toutes les interventions**

# La qualité du combustible, caractérisation, contrôles et recommandations

## Quels enjeux ?

- ✓ **Technique** : garantir un bon fonctionnement de la chaudière
- ✓ **Energétique** : garantir un rendement optimal
- ✓ **Economique** : diminuer les frais d'entretien
- ✓ **Environnemental** : limiter les émissions

## Quels enjeux ?

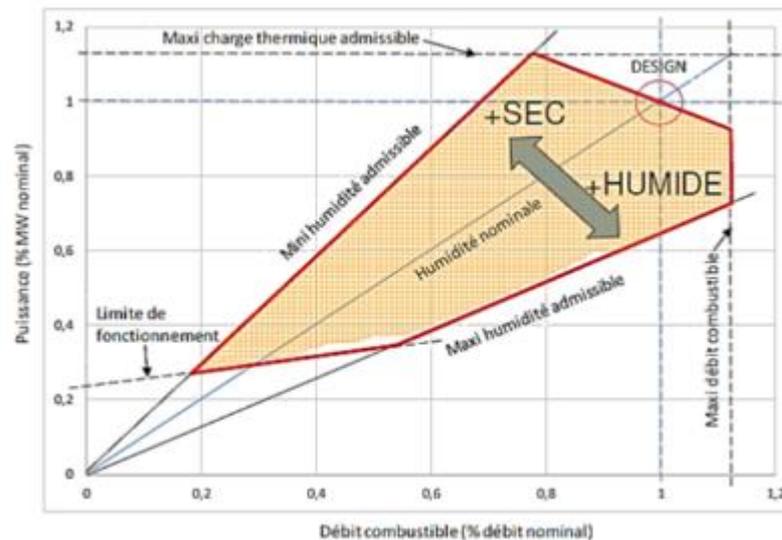
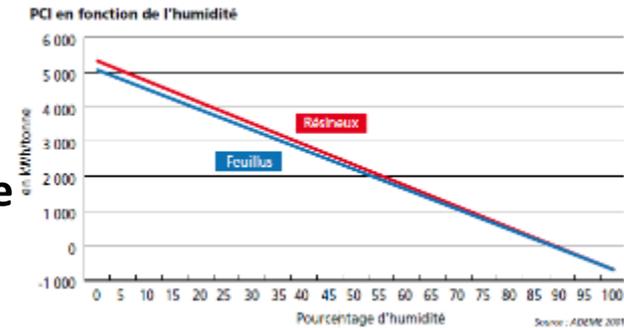
**Technique** : garantir un bon fonctionnement de la chaudière

- ✓ **Qualité** du combustible **irrégulière** → régulation à revoir sans cesse pour garantir la qualité de la combustion
- ✓ **Humidité du bois inadaptée** → mauvaise combustion, réduction de la durée de vie des chaudières
- ✓ **Granulométrie inadaptée**  
surlongueurs → blocages des systèmes d'alimentation et de convoyage  
fraction trop importante de fines → bourrages
- ✓ Fraction **trop** importante **d'écorces** → corrosion HCl, mâchefers

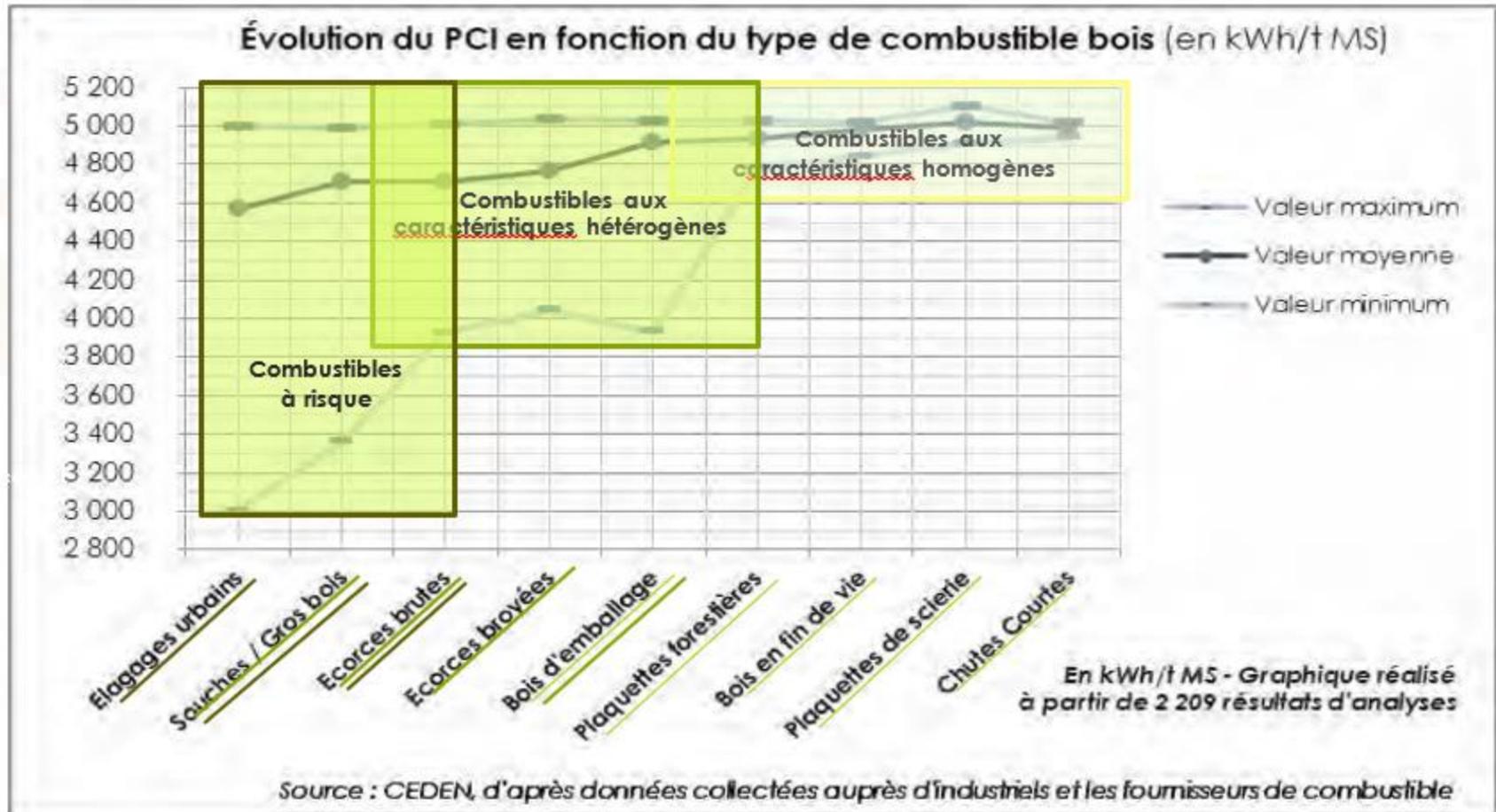
## Quels enjeux ?

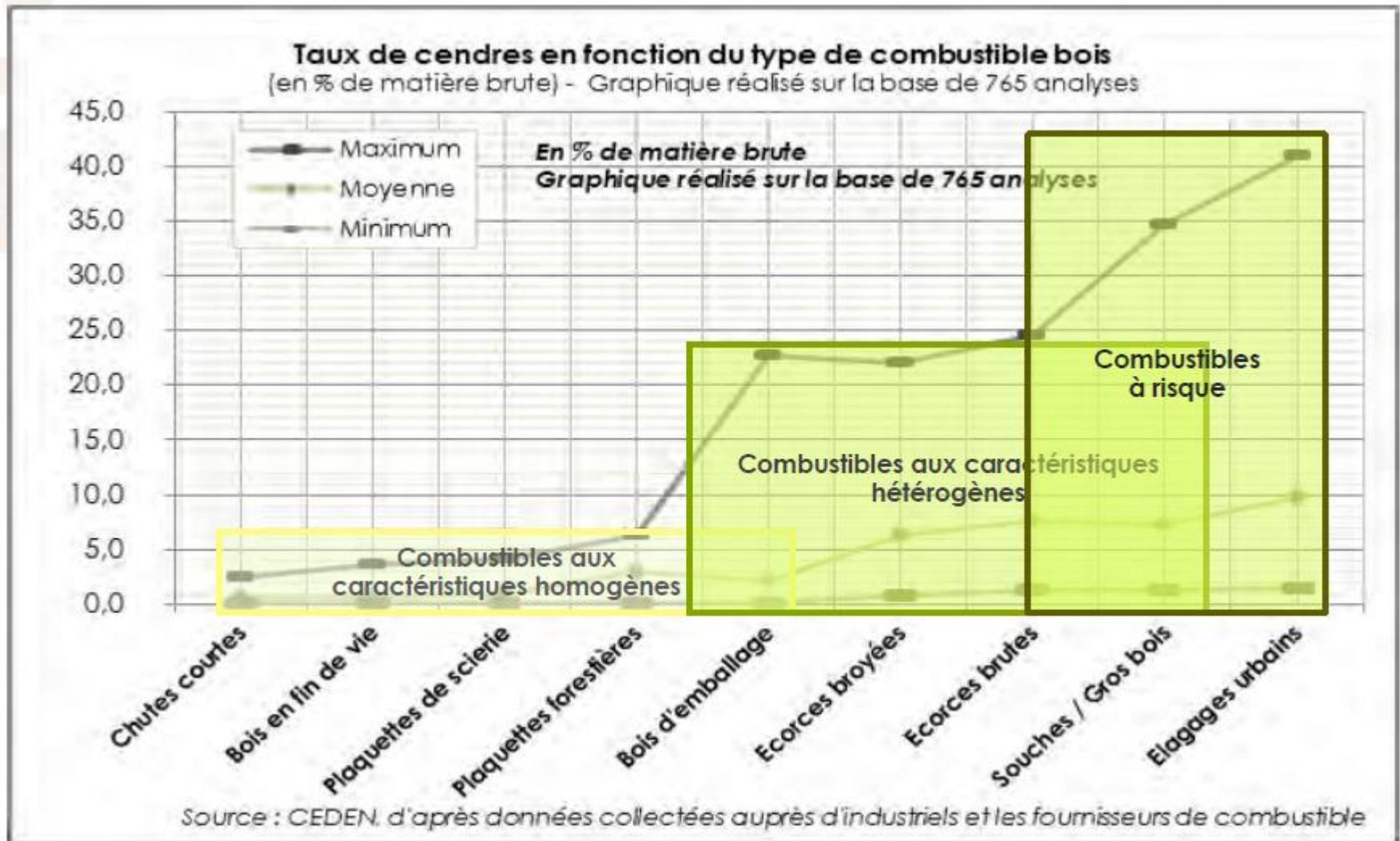
**Énergétique** : garantir un rendement optimal

- ✓ **Humidité du combustible corrélée au pouvoir calorifique**
- ✓ **Humidité et adéquation aux spécifications de la chaudière**



# Caractérisation du combustible plaquette





## Quels enjeux ?

**Économique** : limiter les frais d'entretien

- ✓ Encrassement, corrosion
- ✓ Usure anormale

Encrassement



Corrosion



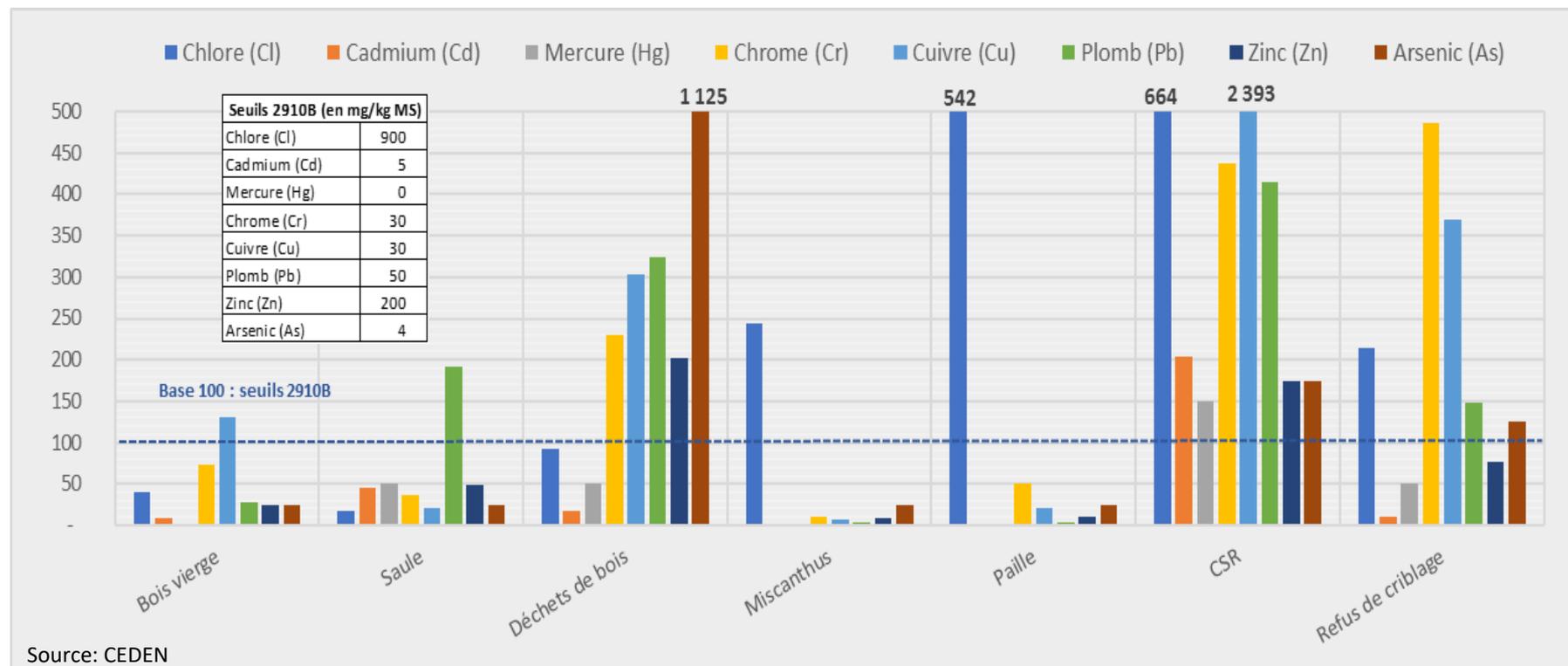
# La qualité du combustible, caractérisation, contrôles et recommandations

## Quels enjeux ?

### Environnemental : limiter les émissions

- ✓ Combustion imparfaite et taux de cendres élevé → Emission de poussières fines
- ✓ Fraction trop importante de fines → Emission de poussières fines
- ✓ Fraction trop importante d'aubier, écorce voire feuilles et aiguilles → NO<sub>x</sub>
- ✓ Fraction trop importante d'écorces → SO<sub>2</sub>

En plus du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, le bois contient des matières minérales susceptibles d'altérer la qualité des émissions



Source: CEDEN

# La qualité du combustible, caractérisation, contrôles et recommandations

## Cahier des charges d'approvisionnement en combustible

### Un combustible de qualité adapté aux spécifications de l'installation



La chaufferie ... réalisée pour recevoir exclusivement du **bois propre et sain**.

... en **aucun cas** un lieu d'incinération de déchets ou de produits non conformes à ce CSC.

Le fournisseur devra donc fournir exclusivement du **bois propre** conditionné sous forme de **plaquettes forestières**.

Il ne sera **pas accepté de déchets bois** tels que des panneaux de particules, palettes, caisseries usagées....

Les livraisons devront être **exemptes de tout corps étranger** (ferrailles, pierres, terre, plastiques).

En aucun cas, le combustible autorisé ne pourra dépasser, sous peine de refus systématique de la livraison, les **limites min et max des prescriptions de la chaudière et des équipements en place**, correspondant aux valeurs suivantes :

**Granulométrie : ... mm < G ou P < ... mm**

**Humidité : ... % < W ou M < ... %**

# La qualité du combustible, caractérisation, contrôles et recommandations



## Un combustible de qualité adapté aux spécifications de l'installation

### Granulométrie

Le fournisseur s'engage à fournir un combustible dont la granulométrie moyenne est : « **G** ou **P** » correspondant à la norme sur les biocombustibles EN ISO 17 225 (ÖNorm M7133 ou CEN/TC 335 ou EN 14961-4...)

Le fournisseur s'engage à fournir un combustible dont la granulométrie « **G** ou **P** » sera respectée pour au moins 90 % des livraisons sur une année.

### EN 14961-4

Fractions	Principale > 80% du poids	Fines < 5% du poids	Surmesures < 1% du poids
Classes			
P16	$3.15 \text{ mm} \leq P \leq 16 \text{ mm}$	< 1 mm	> 45 mm, l'ensemble < 85 mm
P45	$3.15 \text{ mm} \leq P \leq 45 \text{ mm}$	< 1 mm	> 63 mm
P63	$3.15 \text{ mm} \leq P \leq 63 \text{ mm}$	< 1 mm	> 100 mm
P100	$3.15 \text{ mm} \leq P \leq 100 \text{ mm}$	< 1 mm	> 200 mm
P300	$3.15 \text{ mm} \leq P \leq 300 \text{ mm}$	< 1 mm	> 400 mm

# La qualité du combustible, caractérisation, contrôles et recommandations



## Un combustible de qualité adapté aux spécifications de l'installation

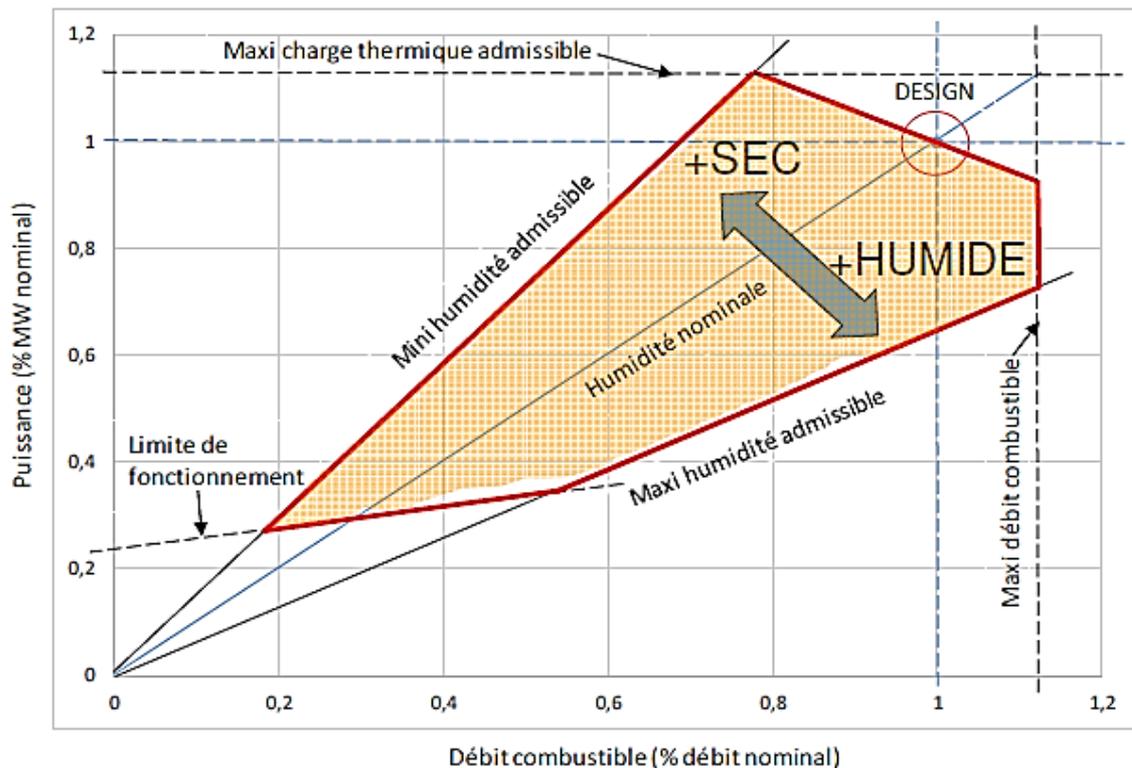
**Humidité relative ou humidité sur brut (poids eau / poids brut) des plaquettes.**

Le fournisseur s'engage à fournir un combustible dont l'humidité moyenne est « **W** ou **M** % » +/- 5 % d'humidité pour au moins 90 % des livraisons sur une année ».

Selon la norme EN 14961 - 4

Classes	HB
M10-M20	$10\% < HB \leq 20\%$
M15-M30	$15\% < HB \leq 30\%$
M30-M40	$30\% < HB \leq 40\%$
M35-M45	$35\% < HB \leq 45\%$
M40-M55	$40\% < HB \leq 55\%$

La norme EN ISO 17 225 pas de modifications particulières concernant l'humidité.  
M20 ⇔ humidité maximum à 20%.  
La définition de plages d'humidité = nécessité pratique pour la plaquette forestière ordinaire.



Plages d'humidité en fonction de la puissance (source : CIBE, J.-P. Tachet)

Une chaudière surdimensionnée nécessitera une plaquette plus sèche que ce que la chaudière est théoriquement capable de brûler en régime de puissance moyenne et élevée.

## ■ GRANULOMÉTRIE

## ■ TAUX D'HUMIDITÉ

	Fraction principale, (min 60% en masse) mm	Fraction de fines, % en masse (≤ 3,15 mm)	Fraction grossière, % en masse (long de particule) mm	Long. max des particules, mm	Aire max de la section transversale de la fraction grossière, cm <sup>2</sup>	Correspondance ancienne norme ÖNORM 7133		Humidité
P 16S	3,15 < P ≤ 16 mm	≤ 15 %	≤ 6 % (>31,5 mm)	≤ 45 mm	≤ 2 cm <sup>2</sup>		M 10	≤ 10 %
P 16	3,15 < P ≤ 16 mm	0 à 30 % (à spécifier)	≤ 6 % (>31,5 mm)	≤ 150 mm	nd	G 30	M 15	≤ 15 %
P 31S	3,15 < P ≤ 31,5 mm	≤ 10 %	≤ 6 % (>45 mm)	≤ 150 mm	≤ 4 cm <sup>2</sup>		M 20	≤ 20 %
P 31	3,15 < P ≤ 31,5 mm	0 à 30 % (à spécifier)	≤ 6 % (>45 mm)	≤ 200 mm	nd	G 50	M 25	≤ 25 %
P 45S	3,15 < P ≤ 45 mm	≤ 10 %	≤ 10 % (>63 mm)	≤ 200 mm	≤ 6 cm <sup>2</sup>		M 30	≤ 30 %
P 45	3,15 < P ≤ 45 mm	0 à 30 % (à spécifier)	≤ 10 % (>63 mm)	≤ 350 mm	nd	G 80	M 35	≤ 35 %
P 63	3,15 < P ≤ 63 mm	0 à 30 % (à spécifier)	≤ 10 % (>100 mm)	≤ 350 mm	nd	G 100	M 40	≤ 40 %
P 100	3,15 < P ≤ 100 mm	0 à 30 % (à spécifier)	≤ 10 % (>150 mm)	≤ 350 mm	nd		M 45	≤ 45 %
P 200	3,15 < P ≤ 200 mm	0 à 30 % (à spécifier)	≤ 10 % (>250 mm)	≤ 400 mm	nd		M 50	≤ 50 %

nd = non défini

ISO 17225

# La qualité du combustible, caractérisation, contrôles et recommandations

Le fournisseur devra fournir à chaque livraison un bon de livraison, comprenant :

- ✓ le **volume** (en m<sup>3</sup>): les camions seront remplis et il ne sera toléré qu'une perte de volume de 5 % acceptable liée au tassement ;
- ✓ le **tonnage** de la livraison ;
- ✓ la **provenance** de la matière première;
- ✓ la caractérisation du combustible
  - **granulométrie**
  - **humidité**
  - **essence (...% feuillus et/ou ...% résineux)**
- ✓ le nombre total de **MWh livrés**

Document BE

N° de client

N° de camion

N° de livraison

N° de transporteur

Volume

Tonnage

Provenance

Mois

Année

N° de camion

N° de livraison

N° de transporteur

N° de client

N° de camion

N° de livraison

N° de transporteur

Document BE

N° de client

N° de camion

N° de livraison

N° de transporteur

Volume

Tonnage

Provenance

Mois

Année

N° de camion

N° de livraison

N° de transporteur

N° de client

N° de camion

N° de livraison

N° de transporteur

# Caractérisation du combustible plaquette

## Contrôle visuel - Granulométrie et présence de corps étrangers



# Caractérisation du combustible plaquette

## Contrôle par criblage - Granulométrie



## Humidité – Techniques d'évaluation

Méthodes par séchage	Précision	Avantages Désavantages
Laboratoire (ISO 18134-1)	bonne	durée, coût
Etuve et balance (ISO 18134-1)	bonne	durée ( min 13 h), coût
Micro-ondes et balance (estimation, méthode artisanale)	moyenne	rapidité mais attention inflammation
Méthodes indirectes	Précision	Avantages Désavantages
Seau de mesure à variation de fréquences (type Pandis)	moyenne pour HB < 30%	rapidité, expérience nécessaire
Humimètre (mesure de la constante diélectrique)	Moyenne pour 5%<HB < 70%	étalonnage indispensable, homogénéité de l'échantillon
Sonde	moyenne pour HB< 35%	échantillonnage difficile, expérimental

➤ **Laboratoire aménagé**  
(Biocombustibles SAS, COFELY Services / Maromme-Le Havre...)



**Etuve** (séchage  
durant 24 h à 105 °C)

**Balance de précision**

**Balance**

## PROTOCOLE ANALYTIQUE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ À L'ÉTUVE ISO 18134-1

MATÉRIELS	
	Plat en verre
	Balance à 0,1g
	Étuve

MODE OPÉRATOIRE										
1	Peser le plat vide ( $m_1$ )									
2	Remplir avec au moins 300 g (2 à 5 cm d'épaisseur selon le plat)									
3	Peser avant le séchage ( $m_2$ )									
4	Positionner le plat + la matière dans l'étuve et attendre environ 12h									
5	Peser le plat avec l'échantillon après le séchage ( $m_3$ )									
6	Remettre dans l'étuve et attendre 1 heure de plus									
7	Peser le plat avec l'échantillon après le séchage ( $m_3'$ ) si ( $m_3$ ) et ( $m_3'$ ) ont moins de 0.1g près de différence, noter la masse ( $m_3$ ).									
8	<p><math>Mad</math> est la teneur en humidité exprimée en pourcentage massique, qui doit être calculée selon la formule : <math>Mad = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>m_1</math></th> <th><math>m_2</math></th> <th><math>m_3</math></th> <th><math>Mad</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>g</td> <td>g</td> <td>g</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$Mad$	g	g	g	%	
$m_1$	$m_2$	$m_3$	$Mad$							
g	g	g	%							
9	Faire une moyenne de 2 résultats consécutifs de la teneur en humidité afin d'obtenir une moyenne									

Référence : Protocole RAGT Energie MON-ANA-21 & Norme ISO 18134  
Contrôles de la qualité du combustible - ADEME

# PROTOCOLE ANALYTIQUE DE MESURE DE L'HUMIDITÉ AU FOUR À MICRO-ONDES

## MATÉRIELS



Plat en verre



Balance à 0,1g



Four à micro-ondes

## MODE OPÉRATOIRE

1

Peser le plat vide ( $m_1$ )

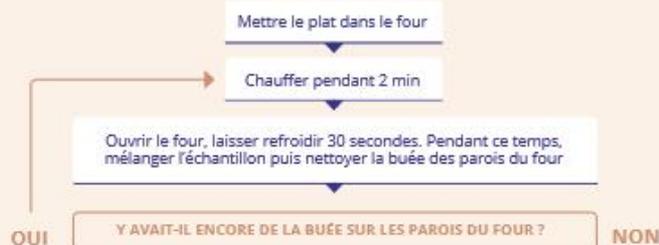
2

Remplir avec au moins 300 g (2 à 5 cm d'épaisseur selon le plat)

3

Peser avant le séchage ( $m_2$ )

Suivre le logigramme :



Dès l'apparition de tâches brunâtres sur le bois ou des fumées : arrêter immédiatement le four et retirer le plat. Le séchage est terminé

Ouvrir le four, laisser refroidir 30 secondes. Pendant ce temps, mélanger l'échantillon.

5

Peser le plat avec l'échantillon après le séchage ( $m_3$ )

6

$Mad$  est la teneur en humidité exprimée en pourcentage massique, qui

doit être calculée selon la formule :  $Mad = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$

$m_1$	$m_2$	$m_3$	$Mad$
g	g	g	%

7

Faire une moyenne de 3 résultats consécutifs de la teneur en humidité afin d'obtenir une moyenne



# Caractérisation du combustible plaquette

## Humidité – Techniques d'évaluation par séchage

$$H = \frac{m_2 - \frac{(m_p - m_{p-1})}{2}}{m_2 - m_1} \times 100$$

$m_1$  : masse du plateau,

$m_2$  : masse du plateau et de l'échantillon humide,

$m_p$  : masse du plateau et de l'échantillon après apparition des taches de pyrolyse,

$m_{p-1}$  : masse du plateau et de l'échantillon lors de la pesée précédant juste l'apparition de taches de pyrolyse

### Mesure au moyen d'un testeur d'humidité du bois



- Mesure rapide et directe mais « moins » précise
- A mettre en corrélation avec le calcul de l'humidité au four

## Humidité – Techniques d'évaluation, méthode indirecte Mesure au moyen d'un humimètre



Mesure de l'humidité de manière indirecte, par détermination de la constante diélectrique.

Mesure de la capacité à l'aide d'un champ électrique haute fréquence qui traverse le matériau.

## Humidité – Techniques d'évaluation, méthode indirecte Mesure au moyen d'un seau Pandis FMG 300



Le principe de mesure est basé sur la déviation de fréquence d'un oscillateur par les copeaux de bois humides.

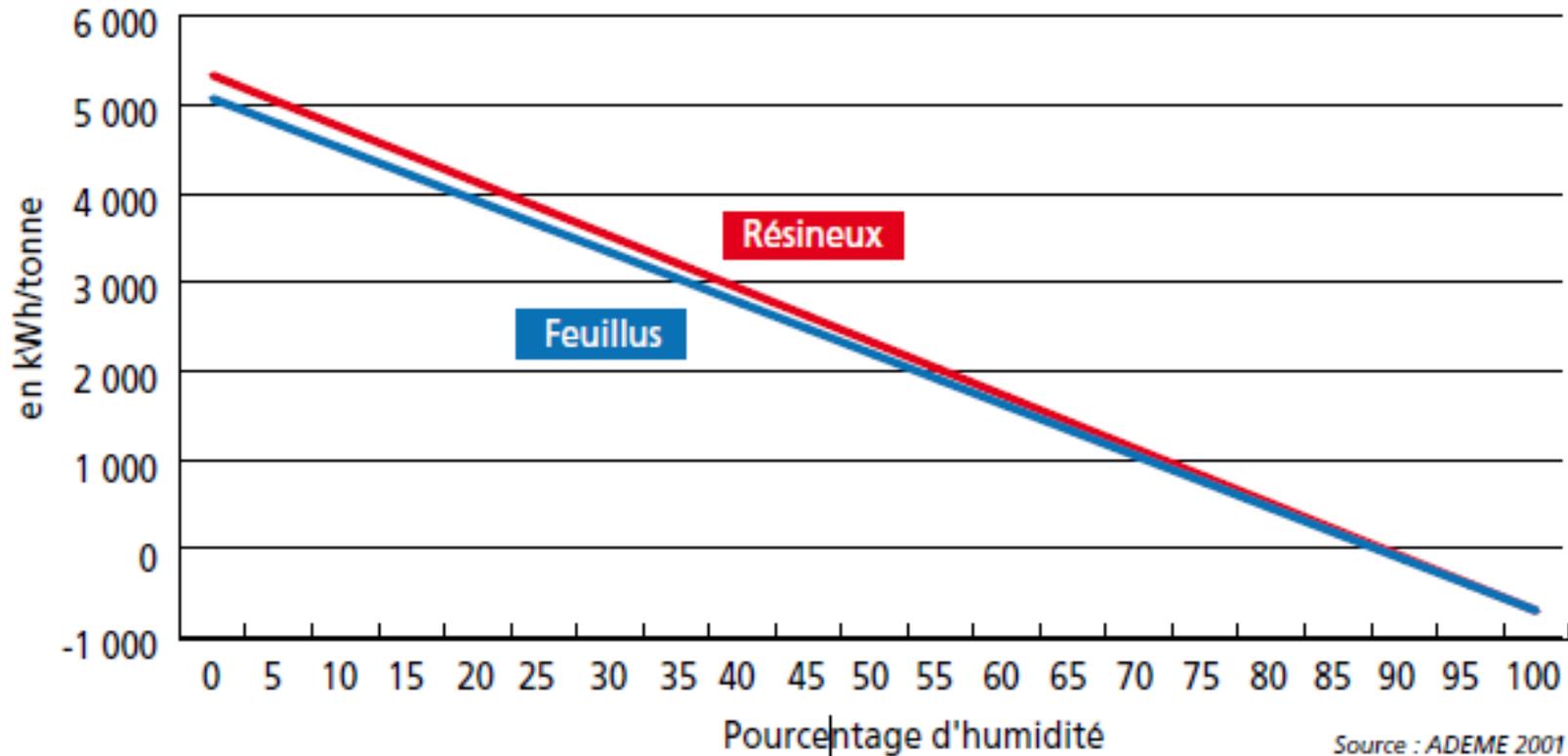
L'électrode externe est la tôle du seau d'échantillon, l'électrode interne est isolée au milieu de l'appareil.

<p><b>Thermobalance</b></p>		<p>Mesure directe par séchage infrarouge. L'appareil est une balance de laboratoire dotée d'une résistance permettant le séchage de l'échantillon. La balance pèse en continue et s'arrête lorsqu'il n'y plus de variations de masse.</p>	<p>Entre 15 et 30 minutes en fonction de l'humidité du bois</p>
<p><b>Umikron</b></p>		<p>Mesure directe par séchage</p>	<p>10 minutes</p>
<p><b>Berthold MT 230</b></p>		<p>Mesure indirecte de l'humidité par l'utilisation de la réflexion du rayonnement infrarouge. Utilisable en ligne (sur convoyeur à bande par exemple) et en hors ligne</p>	<p>Immédiat</p>

Contrôles de la qualité du combustible - ADEME

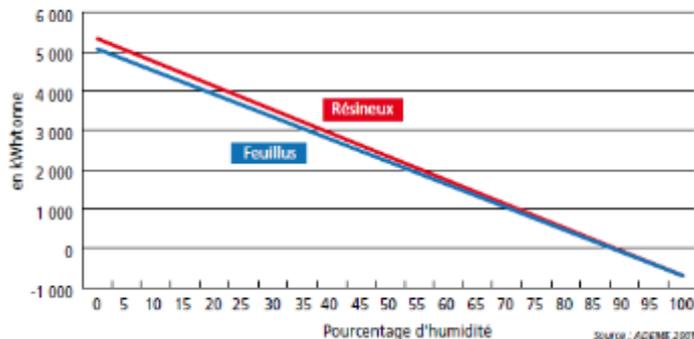
## Caractérisation du combustible plaquette

PCI en fonction de l'humidité



## Humidité -

PCI en fonction de l'humidité



## MWh livrés

- ✓ Poids
- ✓ Humidité relative – Humidité sur brut
- ✓ Essence (à relativiser)

		PCI en fonction de l'humidité (kWh/tonne)												
		Humidité sur brut	0%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
Type de bois	Essence													
Feuillus durs	chênes	4.930	4.377	4.101	3.824	3.548	3.271	2.995	2.718	2.442	2.165	1.889	1.612	
	charme	4.800	4.260	3.990	3.720	3.450	3.180	2.910	2.640	2.370	2.100	1.830	1.560	
	hêtre	4.870	4.323	4.050	3.776	3.503	3.229	2.956	2.682	2.409	2.135	1.862	1.588	
	frêne	4.940	4.386	4.109	3.832	3.555	3.278	3.001	2.724	2.447	2.170	1.893	1.616	
	orme	5.100	4.530	4.245	3.960	3.675	3.390	3.105	2.820	2.535	2.250	1.965	1.680	
	acacia	5.000	4.440	4.160	3.880	3.600	3.320	3.040	2.760	2.480	2.200	1.920	1.640	
	bouleau	5.000	4.440	4.160	3.880	3.600	3.320	3.040	2.760	2.480	2.200	1.920	1.640	
	châtaignier	5.200	4.620	4.330	4.040	3.750	3.460	3.170	2.880	2.590	2.300	2.010	1.720	
	fruitiers	4.900	4.350	4.075	3.800	3.525	3.250	2.975	2.700	2.425	2.150	1.875	1.600	
	érables	5.300	4.710	4.415	4.120	3.825	3.530	3.235	2.940	2.645	2.350	2.055	1.760	
Feuillus tendres	tilleul	4.900	4.350	4.075	3.800	3.525	3.250	2.975	2.700	2.425	2.150	1.875	1.600	
	aulne	4.900	4.350	4.075	3.800	3.525	3.250	2.975	2.700	2.425	2.150	1.875	1.600	
	peupliers	4.800	4.260	3.990	3.720	3.450	3.180	2.910	2.640	2.370	2.100	1.830	1.560	
	saules	4.800	4.260	3.990	3.720	3.450	3.180	2.910	2.640	2.370	2.100	1.830	1.560	
Résineux	pin sylvestre	5.300	4.710	4.415	4.120	3.825	3.530	3.235	2.940	2.645	2.350	2.055	1.760	
	pin maritime	5.200	4.620	4.330	4.040	3.750	3.460	3.170	2.880	2.590	2.300	2.010	1.720	
	sapins	5.100	4.530	4.245	3.960	3.675	3.390	3.105	2.820	2.535	2.250	1.965	1.680	
	épicéa	5.200	4.620	4.330	4.040	3.750	3.460	3.170	2.880	2.590	2.300	2.010	1.720	
	mélèze	5.300	4.710	4.415	4.120	3.825	3.530	3.235	2.940	2.645	2.350	2.055	1.760	
	douglas	5.200	4.620	4.330	4.040	3.750	3.460	3.170	2.880	2.590	2.300	2.010	1.720	

# Qualité des plaquettes forestières (et broyage)

Les différents niveaux de qualité,  
leurs utilisations et leurs  
problématiques.

Erhard JOUSTEN Ökotech BeLux - B-4770 Halenfeld

ÖKOTECH



BE LUX

# Combustibles



- Les systèmes d'installations doivent être prévus pour le combustible utilisé.
- Le fonctionnement est garanti par la qualité du combustible prescrite par le fabricant.
- Plus l'installation de combustion est puissante, plus la qualité du combustible peut être variée si les systèmes sont prévus à cet usage.





*Hackschnitzel*



*Schredderholz*



**Klassengrenzen für Holzhackschnitzel.** Die wichtigsten festgelegten Messgrößen und Klassengrenzen der neuen Vornorm (prCEN/TS 14961) sind speziell für Holzhackschnitzel in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

<i>Dimensionen (4 Klassen)</i>			
	Hauptfraktion >80 % Masse:	Feinanteil <5%:	Grobanteil <1%:
P16	3,15 mm ≤ P ≤ 16 mm	< 1 mm	> 45 mm (alle <85 mm)
P45	3,15 mm ≤ P ≤ 45 mm	< 1 mm	> 63 mm
P63	3,15 mm ≤ P ≤ 63 mm	< 1 mm	> 100 mm
P100	3,15 mm ≤ P ≤ 100 mm	< 1 mm	> 200 mm
<i>Wassergehalt, bez. auf FM (5 Klassen)</i>		<i>Aschegehalt (% d.TM) (5 Klassen)</i>	
M20	≤ 20 %	A0.7	≤ 0,7%
M30	≤ 30 %	A1.5	≤ 1,5 %
M40	≤ 40 %	A3.0	≤ 3,0 %
M55	≤ 55 %	A6.0	≤ 6,0 %
M65	≤ 65 %	A10.0	≤ 10,0 %

- ❑ Lors du choix du combustible il faut prendre en considération que la valeur calorifique dépend tout d'abord de la teneur en eau du bois. Plus le bois contient d'eau plus basse sera la valeur calorifique, car lors de la combustion l'eau s'évapore et emploie ce faisant de la chaleur. Ceci provoque une réduction de rendement et mène à une plus haute consommation de bois.
- ❑ En plus lors d'une augmentation d'humidité du combustible, il faut s'attendre à une perte de puissance de la chaudière, une augmentation de cendres et une durée de stockage réduite. La teneur en eau (humidité sur brut) maximale admise pour les plaquettes est de 40% (M40). La teneur en eau des plaquettes ne doit pas être en dessous de 10% (M10) sinon une formation d'aérosols augmentera la valeur d'émission de poussière. Du point de vue technique on choisit une valeur calorifique caractéristique d'après sa teneur en eau. Pour une combustion économique et écologique, la valeur calorifique ne devrait pas être inférieure à 4kWh/kg.

Teneur en eau	Humidité	Valeur calorifique	Consommation en bois, relative
10,0 %	11,1 %	4,6 kWh/kg	87 %
20,0 %	25,0 %	4,0 kWh/kg	100 %
26,0 %	35,0 %	3,7 kWh/kg	110 %
30,0 %	42,9 %	3,4 kWh/kg	120 %

## Pushing Floor Discharge SBA

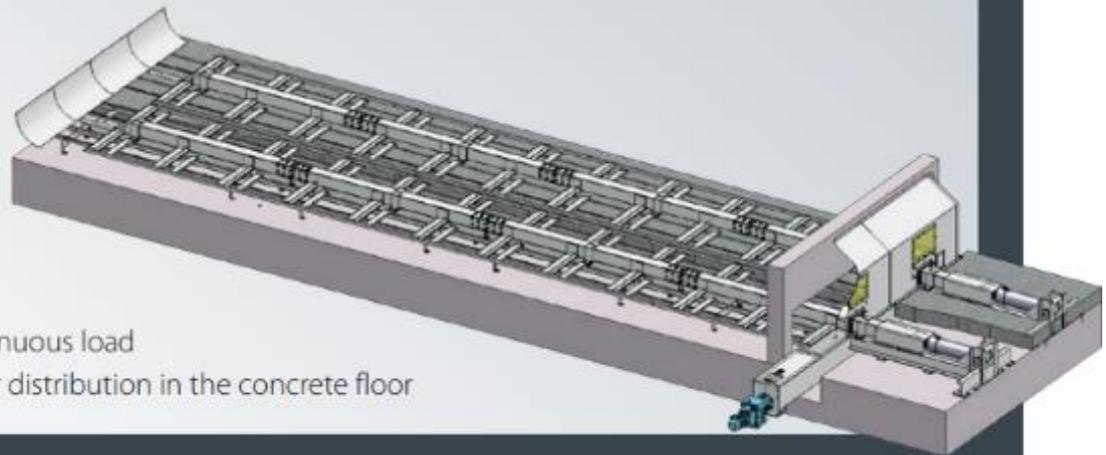
extremely stable discharge device for biomass-firing systems

### Fuel

- + chips from a crusher
- + wood shavings
- + wood chips
- + pellets
- + briquettes

### Advantages

- ✓ designed for highest continuous load
- ✓ hydraulic drive with power distribution in the concrete floor



## Discharge NOF

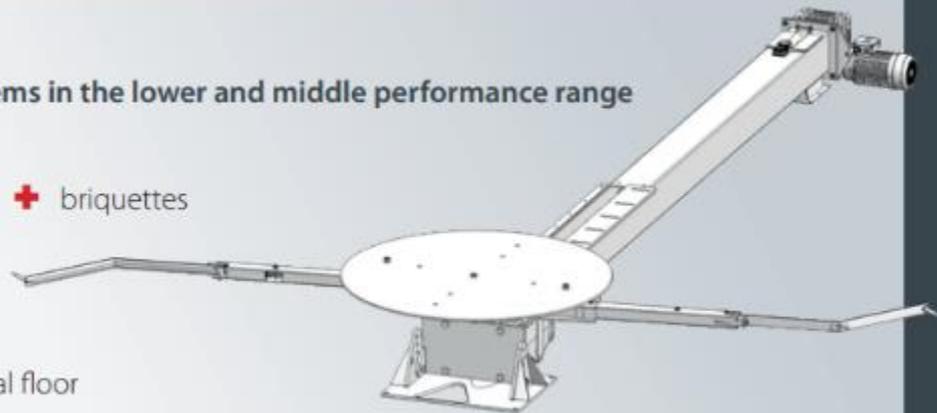
for automatic biomass-firing systems in the lower and middle performance range

### Fuel

- + shavings
- + wood chips
- + briquettes

### Advantages

- ✓ extremely reliable
- ✓ low-maintenance operation
- ✓ without insertion of an additional floor
- ✓ robust design
- ✓ space-saving through inclined installation or horizontal fuel transfer



## Dessileur rotative d'extraction silo (G30 – G50)(P16 – P31)



Influences négatives:

- trop de matières fines.
- fonctionnement avec matériel de broyage seulement possible sous certaines conditions.

## Problématique de l'alimentation avec des vis sans fin pour différents combustibles.

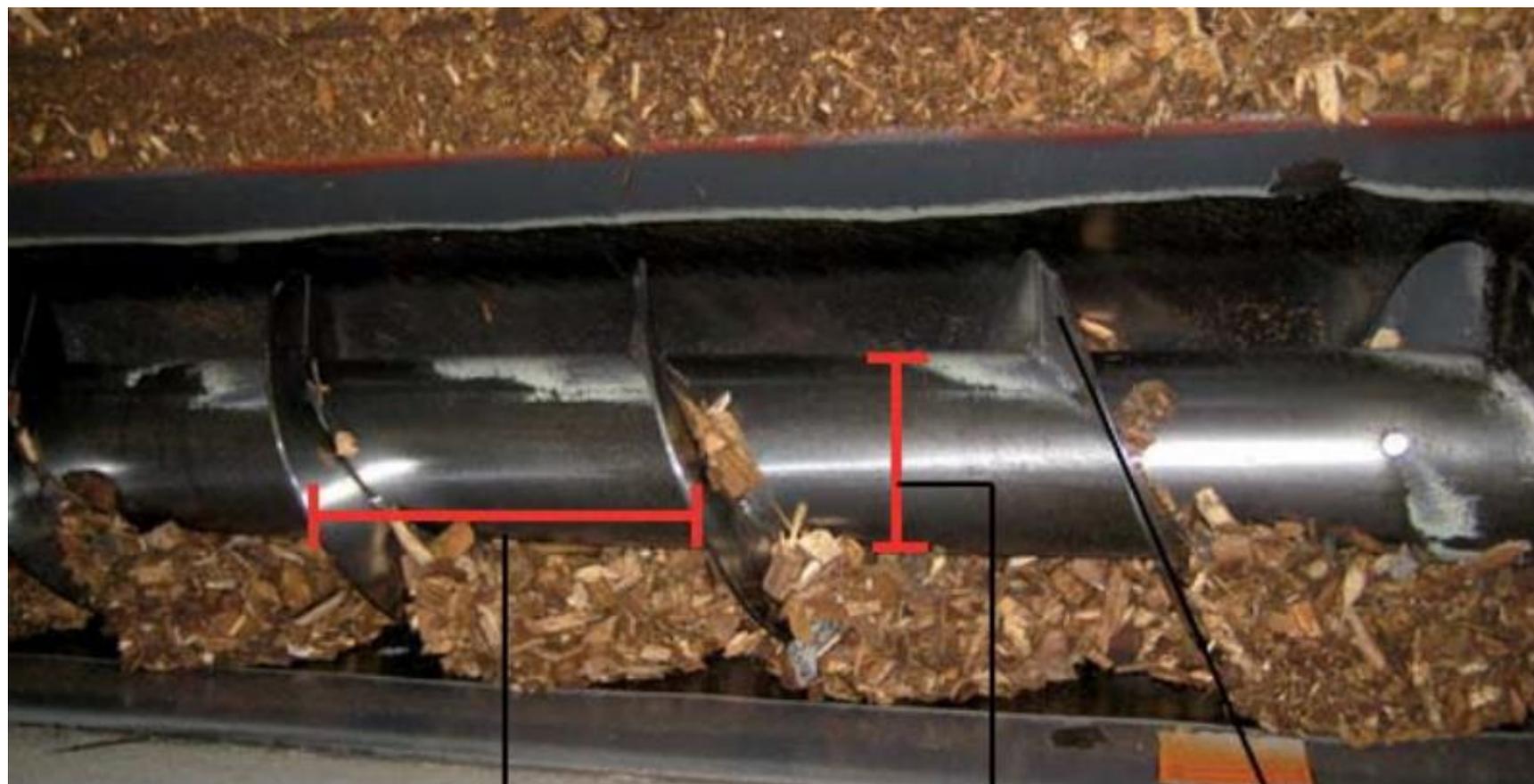
Dans le cas de systèmes d'extraction à bras articulé ou à noyau à ressort, le combustible compact stocké sans pouvoir s'écouler forme une paroi verticale fixe et ne peut être extrait par l'extrémité du bras articulé ou du noyau à ressort. Ce problème dû à une fraction de fines trop élevée s'aggrave lorsque le matériau combustible est encore humide ou a séché uniquement après ensilage.

Le rayon d'extraction maximal ne peut plus être atteint, car les bras articulés ne peuvent pas être dépliés. Seul le combustible présent sur une toute petite surface circulaire au centre peut être déchargé.

La présence d'une fraction de fines élevée provoque au centre la formation d'un cylindre creux avec des parois latérales quasi verticales. Les plaquettes de bois ne s'écoulent plus depuis la paroi extérieure vers le centre. Sur les systèmes d'extraction avec noyau à ressort, le phénomène de surcharge peut entraîner l'arrêt complet du système.

Une fraction de fines élevée, conjuguée à un taux d'humidité élevé, empêche les plaquettes de bois de s'écouler et peut conduire à la formation de ponts et de puits dans les puits de chute et les zones de transition, ainsi qu'à la formation de gel en hiver. Il en résulte une marche à vide ou une répartition inégale du taux d'occupation des systèmes de transport avec, à la clé, des perturbations d'exploitation.

# Problématique de l'alimentation avec des vis sans fin pour différents combustibles.



Distance entre les spires

Diamètre du noyaux

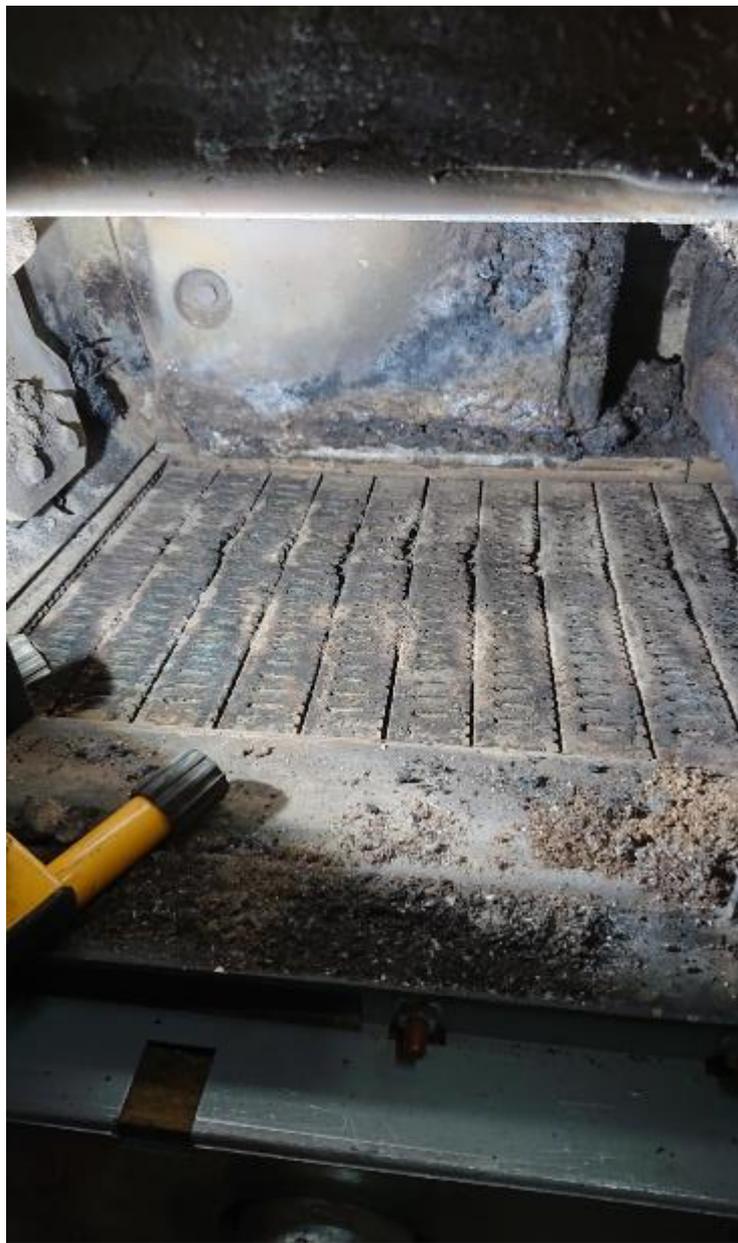
Lame hélico















Problème lors de la combustion en relation avec des combustibles inadaptés au système de combustion.



Excédent d'air avec hot spot (flèche) et scorification

Problème lors de la combustion en relation avec des combustibles inadaptés au système de combustion.



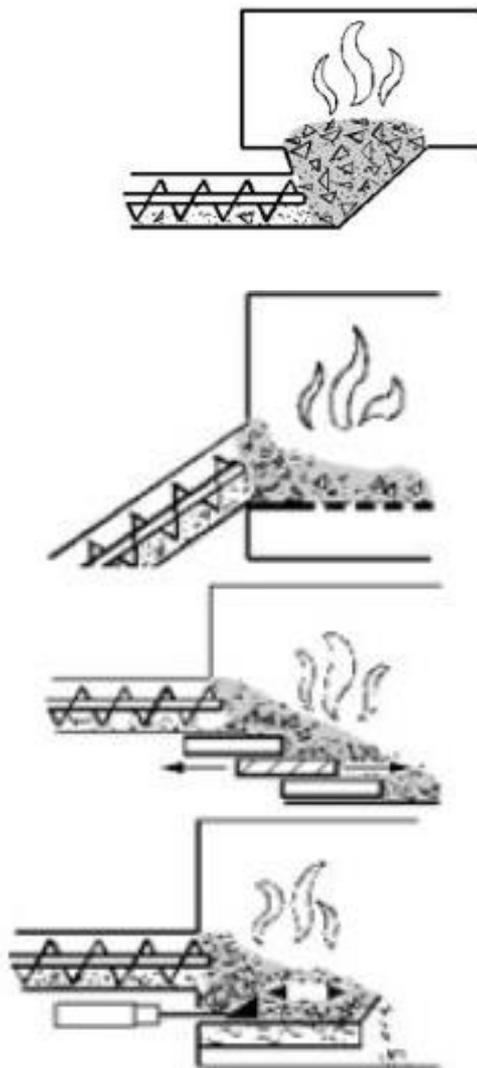
Manque d'air avec développement de fumées

Combustion optimale grâce à l'utilisation de combustible conçu pour le système de combustion et d'alimentation.



Occupation optimale des grilles sans surproduction d'oxygène

# Systemes de combustion





La qualité du combustible « plaquettes » et ses conséquences sur votre chaufferie  
Nassogne, le 06 octobre 2022

FRW – Facilitateur Bois-Energie - Secteur public



Nettoyage des tubes de l'échangeur de la chaudière



## Nettoyage du foyer

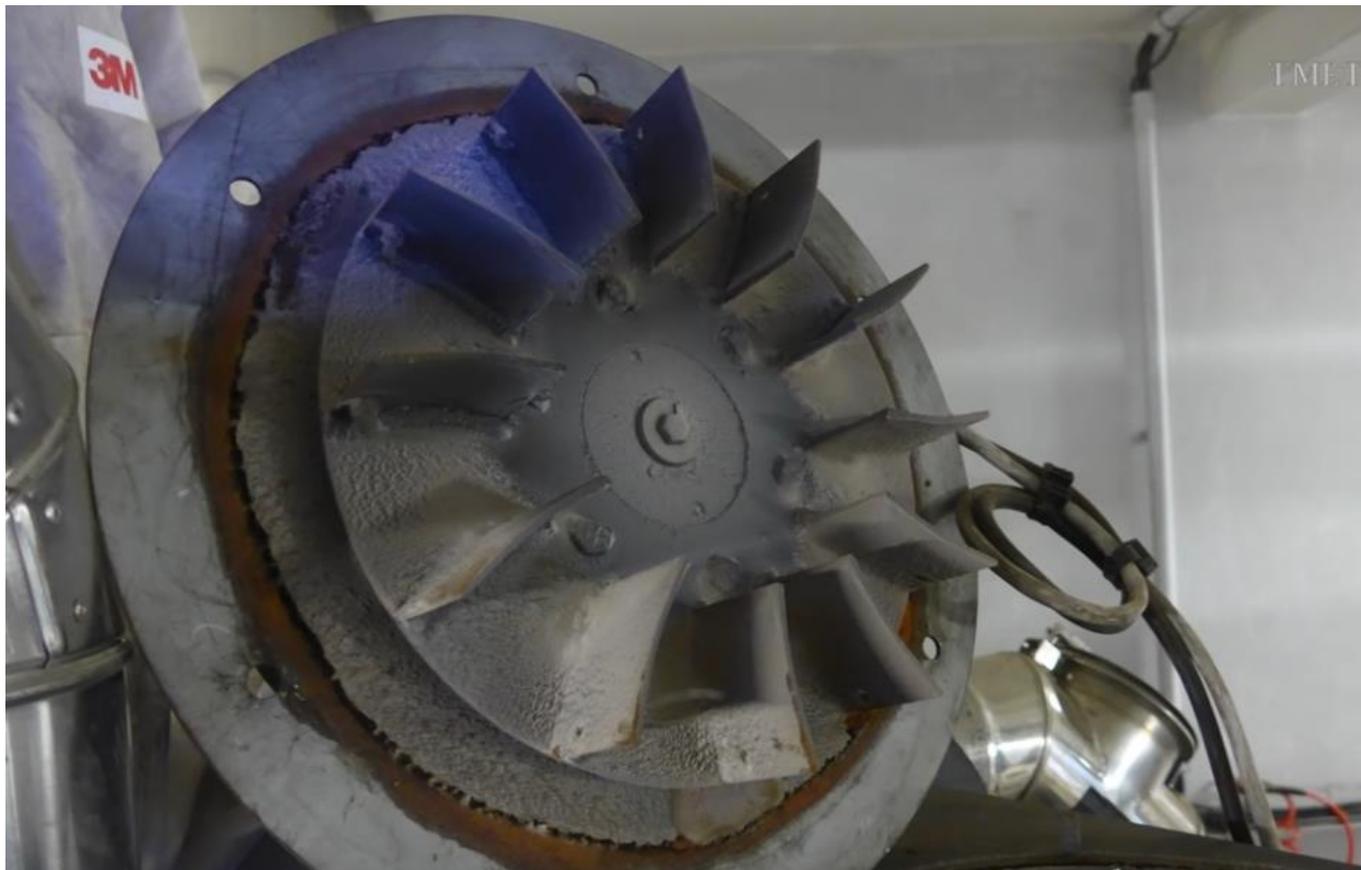


## Nettoyage de la grille



Vis de décendrage (à conserver couverte de cendres pour éviter les montées en températures trop importantes)





Nettoyage de la turbine de l'extracteur de gaz de combustion



## Nettoyage des tuyaux de gaz de recirculation

La qualité du combustible « plaquettes » et ses conséquences sur votre chaufferie  
Nassogne, le 06 octobre 2022

FRW – Facilitateur Bois-Energie - Secteur public



Nettoyage de la sonde lambda (mesure de l'oxygène)

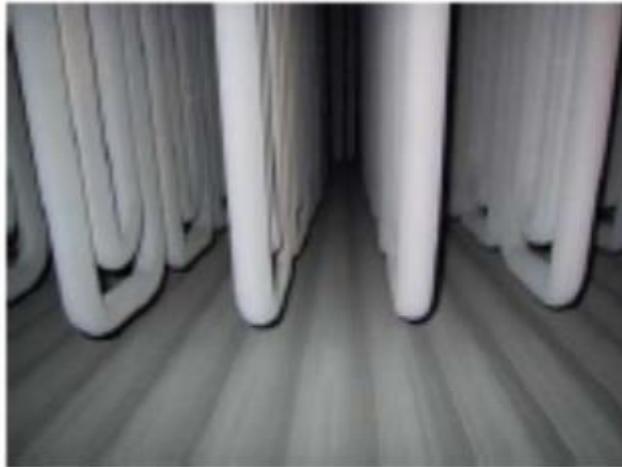


Ferraille dans les cendres



Mâchefer = vitrification des cendres  
Blocage de la vis sans fin de décendrage

## Encrassement



Ci-dessus : Bas

## Corrosion



Ci-dessus : Bas



Ci-dessus : haut



Ci-dessus : haut



Cendres sous foyer OK



Cendres limites, à surveiller



Vitrification – Bois trop sec, trop de particules fines



# Bois, le combustible naturel



## Formation gestionnaires de chaufferies Contrat d'entretien-Maintenance

# Agenda

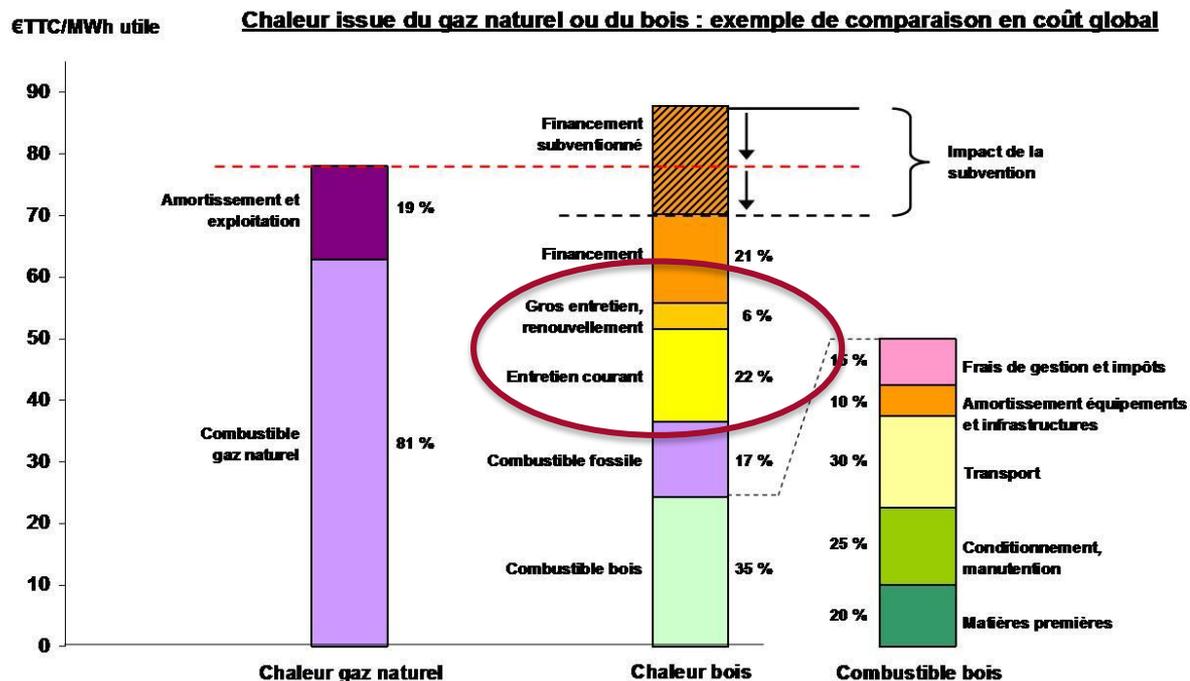
- Importance d'un contrat d'Entretien-Maintenance
- Les prérequis pour un gestionnaire de chaufferie
- Les essentiels en chaufferie
- Les essentiels d'un contrat
- Importance du gestionnaire de chaufferie
- Rôles et tâches du maintenancier
- Exemple de pannes typiques - importance du monitoring

# Importance d'un contrat d'Entretien-Maintenance

- CAPEX = investissement
- OPEX = (combustible, gestion, maintenance, etc..)
- La maintenance d'une chaufferie biomasse représente +/- 25 % du prix de la chaleur (OPEX)
- Pour tout projet en énergie,

**OPEX >>>> CAPEX**

L'impact d'un bon contrat de maintenance est prédominant dans la rentabilité d'un projet.



<https://www.biomasse-normandie.fr/encyclopedie/rentabilite-dun-projet-bois-energie/>

# Prérequis pour un gestionnaire de chaufferie

- **S'informer :**
  - Être impliqué dès la conception et certainement lors du suivi de chantier
  - Être curieux, poser des questions à l'installateur lors du chantier
  - Être présent lors des interventions de maintenance externe, et idéalement y participer
- **Se former et être formé**
  - Formation obligatoire par l'installateur / fournisseur sur les équipements AVANT la réception provisoire
  - Formation disponible auprès des fournisseurs d'équipements, du CIBE (France), etc...
- **Oser intervenir, partager et anticiper**
  - Ne pas être le seul dépositaire de la connaissance, former au moins un collègue
  - Développer une connaissance spécifique pour être capable de reconnaître un comportement anormal
  - Oser intervenir sur l'équipement

# Les essentiels en chaufferie

- Un exemplaire complet du dossier As-built
- Afficher le schéma hydraulique sur un mur, s'assurer que chaque équipement dispose d'un « TAG » spécifique
- Les plans électriques à jour dans les tableaux
- Tenir un carnet de chaufferie
  - observations,
  - index des compteurs,
  - livraisons de combustible,
  - copie des bons d'intervention,
  - etc..

# Les essentiels d'un contrat

- Matrice de responsabilité
  - Qui, quoi
- Plan de maintenance
  - Quoi , quand
- Conditions d'exploitation normales et contractuelles
  - Heures de fonctionnement annuel, puissance min et max, ... -> monitoring !
- Contact et délais de réaction garantis

# Importance du gestionnaire de chaufferie

- Connaissance spécifique de l'installation (cfr suivi et expérience)
- Réalise les rondes techniques :
  - Permet d'anticiper les problèmes et les coûts
  - Garant du fonctionnement à court terme
- Premier intervenant en cas de problème :
  - Mise en sécurité
  - Eviter le sur-accident : ORAS (Observer, Réfléchir, Agir, Surveiller)
  - Qualité de l'information fournie au prestataire externe

# Rôles et tâches du maintenancier

- Dispose de la connaissance générale de l'installation
- Doit suivre le plan de maintenance de l'équipement
- Deuxième intervenant en cas de problème : délais de « réparation » dépend de la qualité de l'information fournie par le gestionnaire de chaufferie.
- Garant du fonctionnement à long terme
- Fonctionnement hybride possible : des tâches peuvent être confiées au gestionnaire de chaufferie après une formation appropriée

# Exemple

- Suivi de la qualité du combustible livré



# Exemple

- Suivi de la consommation en combustible (impact de l'humidité, ...)
- Suivi de la combustion (odeur, couleur de fumée, cendres, mâchefer, ...)



# Exemple

- Suivi de l'usure (bruit, défaut visuel, rouille, fuite, etc..)





**Merci de votre attention**

[gregory.tack@spw.wallonie.be](mailto:gregory.tack@spw.wallonie.be)

Pour les aspects :

- d'**information et sensibilisation** sur le bois-énergie (à la demande, de manière ciblée, et aux acteurs de la filière)
- de **conseils et analyses** de solutions bois-énergie
- d'**aide au montage de projets** (étude de pertinence et suivi du projet)
- d'**appui à l'administration** (identification des obstacles au développement de la filière, analyse et proposition de solutions, impacts du développement de la filière, ...)
- d'évaluation de la **filière bois-énergie** en Wallonie
- de **documents de référence et publications** diverses

**Cellule PBE de la FRW**  
**Anne-Marie REGGERS - Francis FLAHAUX**  
**Coordonnateur du PBE&DR**  
**Rue des Tilleuls, 1<sup>E</sup>**  
**6900 MARLOIE**  
**Tél: 084/21.98.62**  
**[pbe@frw.be](mailto:pbe@frw.be)**



# BOIS-ÉNERGIE

UNE SOLUTION QUI VOUS CONCERNE



**PBE  
& DR**

PLAN  
BOIS-ÉNERGIE  
& DÉVELOPPEMENT  
RURAL POUR  
LA WALLONIE



La qualité du combustible « plaquettes » et ses conséquences  
sur votre chaufferie

Nassogne, le 06 octobre 2022

FRW – Facilitateur Bois-Energie – Secteur public