



Amélioration du suivi d'exploitation des chaufferies bois

Rencontres des animateurs bois-énergie
17 novembre 2011



Constat

- **Absence ou insuffisance du suivi pour les chaufferies bois gérées en Régie**
 - Absence d'obligation
 - Méconnaissance des enjeux
 - Formation insuffisante
 - Manque de moyens humains et techniques

- **Risques inhérents**
 - Dégradation des performances techniques
 - Usure prématurée des équipements
 - Rentabilité économique incertaine
 - Contre-référence préjudiciable à l'image du bois-énergie

Enjeux et objectifs du suivi d'exploitation

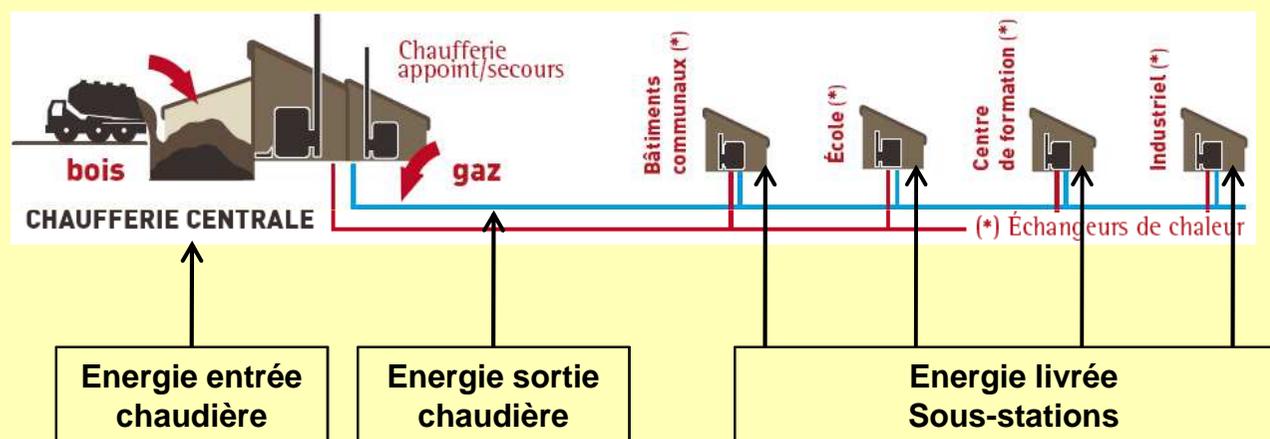
- **Garantir la performance des installations**
 - Rendements techniques
 - Qualité du combustible
 - Taux de couverture bois
 - Entretien préventif et curatif

- **Vérifier la rentabilité économique du projet**
 - Contrôle des charges
 - Bilan recettes / dépenses
 - Economie pour les usagers

- **Adopter une démarche de progrès**
 - Suivi d'indicateurs
 - Analyse des dysfonctionnements
 - Mise en place d'actions correctives

Suivi technique

- Rendements des installations



$$\text{rendement global} = \text{rendement production} \times \text{rendement réseau}$$

Suivi technique

- **Rendement chaufferie**

- **Rendement de combustion instantané**

- Outillage : analyseur de combustion
 - Mesure T fumées, O₂, rendement combustion
 - Intérêt : optimisation réglage combustion

- **Rendement moyen chaufferie**

$$\text{Rdt} = \text{MWh sortie chaudière} / (\text{Qté combustible} \times \text{PCI moyen})$$

- **Rendement réseau**

- Rendement moyen annuel

- $R \text{ réseau} = \Sigma \text{ MWh sous-stations} / \text{Mwh sortie chaufferie}$
 - Contrôle des températures départ/retour réseau
 - Suivi appoint eau sur réseau



Suivi technique

- **Instrumentation nécessaire**
 - **Energie fournie par le bois**
 - Quantité de combustible en tonne
 - Humidité du bois > balance + micro-onde ou étuve
 - **Energie des combustibles d'appoint**
 - Compteur gaz ou fioul
 - **Energie sortie chaufferie**
 - Compteur d'énergie départ réseau
 - **Energie livrée sous-stations**
 - Compteur d'énergie par sous-station
 - **Electricité chaufferie**
 - Compteur électrique spécifique



Suivi technique

■ Mesure du taux d'humidité du combustible bois

■ Prélèvement échantillon

- Collecte dans le silo ou en benne de livraison
- Volume prélevé environ 30 litres
- Plusieurs points de prélèvement mélangés
- Echantillonnage mini 1 litre (300 à 400 g)
- Contrôle immédiat ou conditionnement en sac hermétique si envoi



■ Méthode par micro-onde

- Balance de précision et four micro-onde
- Pesage échantillon brut
- Passage au micro-onde (5 à 10 minutes)
- Pesage échantillon déshydraté



L'humidité en pourcentage à l'aide de la formule

Suivi technique

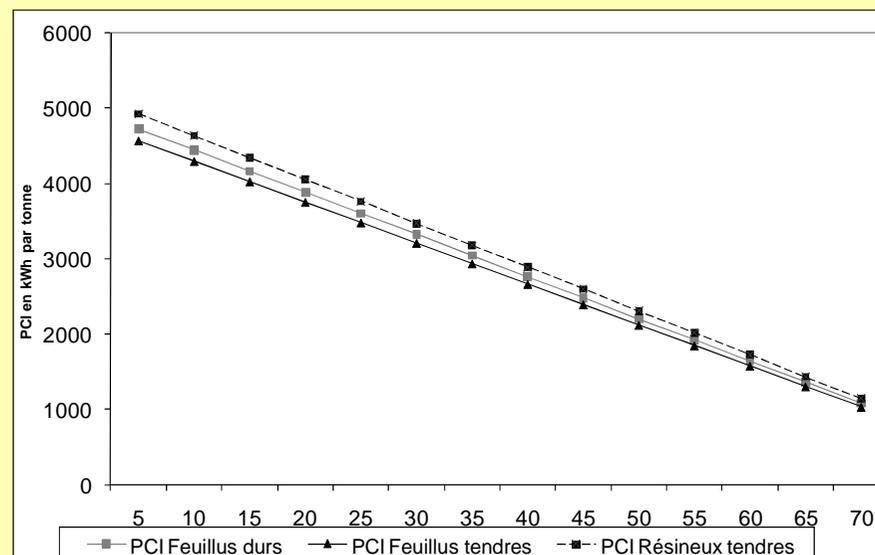
- **Mesure du taux d'humidité du combustible bois**
 - **Méthode par étuve**
 - Balance de précision et étuve
 - Pesage échantillon brut
 - Passage en étuve (durée 24h)
 - Pesage échantillon déshydraté



$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

dans laquelle

m_1 : masse de l'échantillon avant dessiccation
 m_2 : masse de l'échantillon après dessiccation



Suivi technique

- **Qualité du combustible bois**
 - **Contrôle visuel**
 - Absence de corps étranger
 - Granulométrie moyenne
 - Taux d'écorces
 - Taux de fines
 - **Mesure granulométrie**
 - Prélèvement échantillon (mini 8 litres)
 - Utilisation calibreur de combustible



Pesage échantillon déshydraté



Suivi technique

■ Vérification de l'adéquation combustible / chaudière bois

Classification professionnelle CIBE des types-qualités de produits BE /usages en chaufferies

classe	type de produit	usage chaufferie	granulo/humidité
C1	calibré fin sec <i>petites plaquettes</i>	petite chaudière <i>P < 200-300 kW</i>	P16/45A M15/25
C2	calibré humide <i>plaquettes</i>	chaudière MP <i>P de 400 kW à 0,8- 1,2 MW</i>	P45/63 M30/40
C3	non calibré humide <i>plaquettes - broyats</i>	chaudière MP à FP <i>0,8-1 MW à 3-5 MW</i>	P63/125 M35/45
C4	non calibré très sec <i>broyats secs</i>	chaudière FP produits très secs <i>0,8-1 MW à 3-5 MW</i>	P100/200 M10/20
C5	non calibré très humide <i>broyats humides</i>	chaudière FP /TFP produits humides <i>P > 5 MW</i>	P100/200 M45/55
C6	mélanges spécifiques de bois déchiquetés	chaudière très forte puissance et cogénération P > 15 MW	spécifique à chaque projet

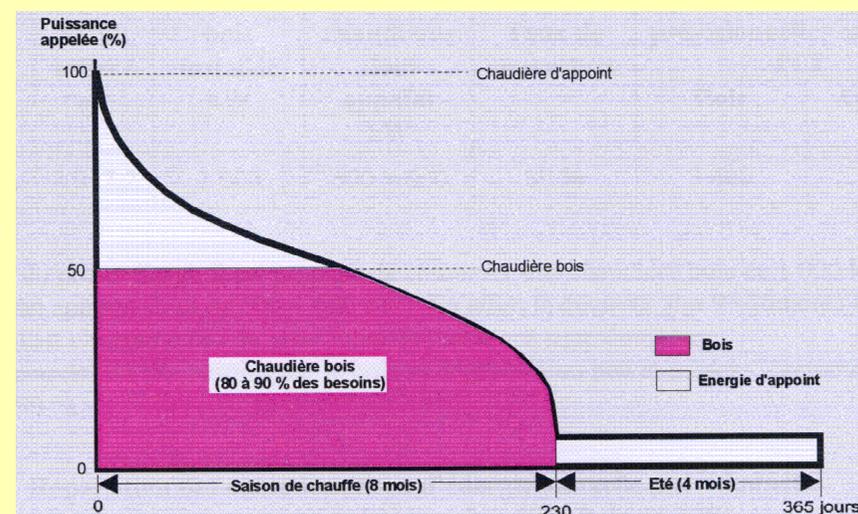
Suivi technique

■ Taux de couverture bois

Taux de couverture = énergie bois / énergie totale sortie chaufferie

■ Indicateurs à suivre :

- Nombre d'heures de fonctionnement de la chaudière bois pleine puissance
- Puissance moyenne appelée



■ Taux de cendre

Taux de cendre = quantité de cendres / quantité de bois

Mode de valorisation ou élimination

Suivi technique

- **Entretien préventif et curatif**
 - **Tenue d'un livret de chaufferie**
 - Opérations d'entretien courantes
 - Contrôles réglementaires
 - Journal des incidents
 - Actions correctives apportées

 - **Indicateurs suivis**
 - Taux de disponibilité chaudière bois
 - Fréquence des pannes
 - Nombre d'heures d'interventions



Suivi financier

- Les différents postes de la facture énergétique

Charges couvertes par les termes de la facture énergétique	Réseau de chaleur (recettes)	Chaufferie dédiée (dépenses)
Fourniture de combustible bois	R1bois	P1bois
Fourniture de combustible fossile	R1fossile (ou appoint)	P1fossile (ou appoint)
Electricité et consommations auxiliaires	r21	P'1
Conduite et entretien courant	r22	P2
Gros entretien et renouvellement	r23	P3
Financement des installations	r24	Financement (P4)

Suivi financier

- **Les charges d'exploitation**

Poste	Détail des dépenses
Achat d'énergie P1, P'1	Combustibles bois et appoint autres consommations électricité et eau
Conduite et entretien courant P2	Charges de personnel, petites fournitures, sous-traitance, traitement des cendres, contrôles réglementaires Frais de gestion, taxes et impôts
Gros entretien et renouvellement P3	Charges de personnels, pièces, sous-traitance
Charges financières P4	Intérêts d'emprunt

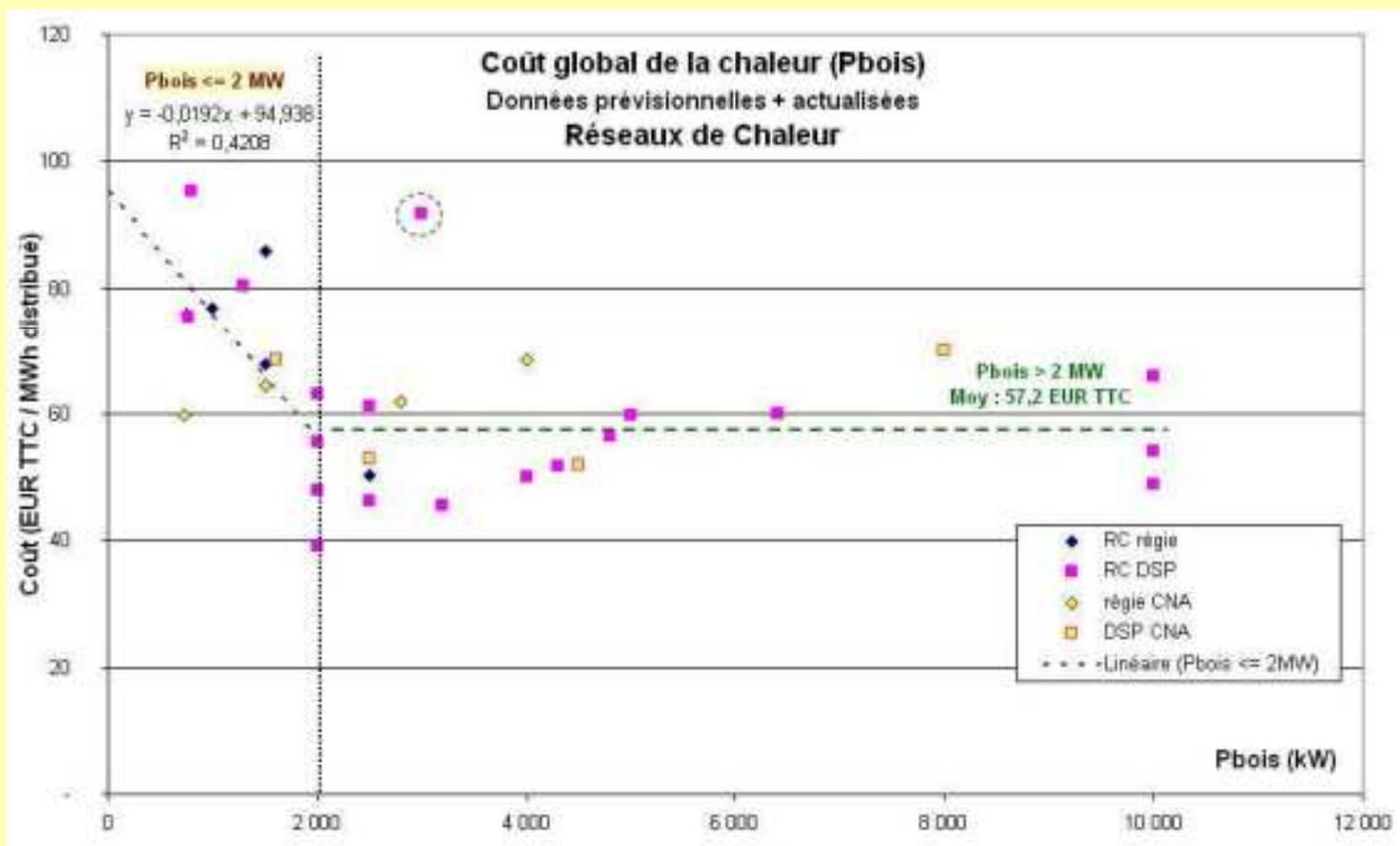
Suivi financier

- **Bilan des recettes**
 - **Vente de chaleur aux usagers**
 - Total des factures R1R2 par usager
- **Contrôle de l'équilibre du compte d'exploitation**
- **Actualisation des tarifs R1 R2**
 - Application correcte des formules de révision
- **Indicateurs suivis**
 - Coût global de l'énergie finale €TTC/MWh utile
 - Evolution des coûts

Analyse des coûts d'exploitation

Etude ADEME Perdurance novembre 2010

■ Coût global de la chaleur (réseaux de chaleur)

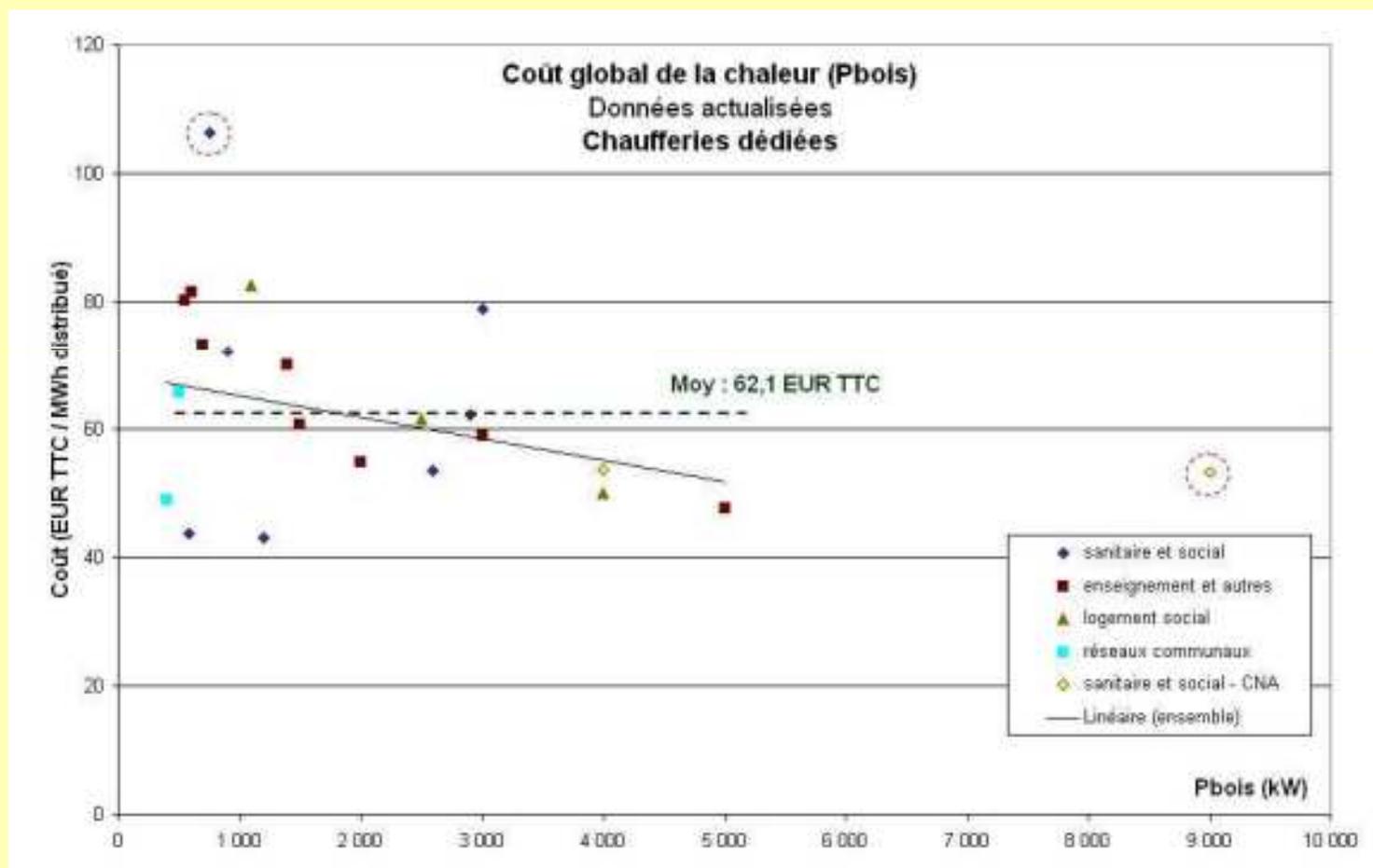


Rencontre des animateurs bois-énergie

Analyse des coûts d'exploitation

Etude ADEME Perdurance novembre 2010

■ Coût global de la chaleur (chaufferies dédiées)



Rencontre des animateurs bois-énergie

Analyse des coûts d'exploitation

Etude ADEME Perdurance novembre 2010

- **Coûts moyens constatés**

Chaufferies dédiées		Réseaux de chaleur	
P'1	1,6 €HT/MWh	R21	2,75 €HT/MWh
P2	12 à 14 €HT/MWh	R22	11 à 15 €HT/MWh
P3	1,3 % invnt	R23	1 à 1,3 % invnt production chaleur + 40% réseau

Proposition de programme d'actions

- **Formation des agents techniques**
 - Formation constructeur chaudière
 - Guide de bonnes pratiques

- **Mutualisation de moyens**
 - Techniciens spécialisés mis à disposition
 - Équipements de mesure : analyseur combustion, étuve ...

- **Mise en place d'un suivi**
 - Bordereau de relevés
 - Cahier de chaufferies
 - Contrôle qualité combustible

- **Bilan annuel d'exploitation**
 - Bilan technique et financier
 - Réunion annuelle d'échange

Conclusion

- **Une démarche vertueuse**
 - Garantie la performance des installations
 - Valide la rentabilité économique des projets
- **Mais ... difficile à mettre en pratique**
 - Nécessite l'implication du personnel technique et administratif
 - Hétérogénéité des installations et des combustibles