



**P**ERDURANCE  
Etudes. Conseil. Services



# Evaluation des coûts d'exploitation associés aux chaufferies biomasse

## Présentation – Réunion plénière CIBE

Coordination ADEME : Sylvain Bordebeure  
Département Bioressources  
Marché n°0901C0138

Paris, 15 juin 2011  
Jean-Michel Servant

# Contenu

- Remerciements
- Objectifs et modalités de l'étude
- Coût global de la chaleur
- Coûts d'exploitation moyens
- Décomposition des coûts d'exploitation
- Synthèse
  
- **Annexe**

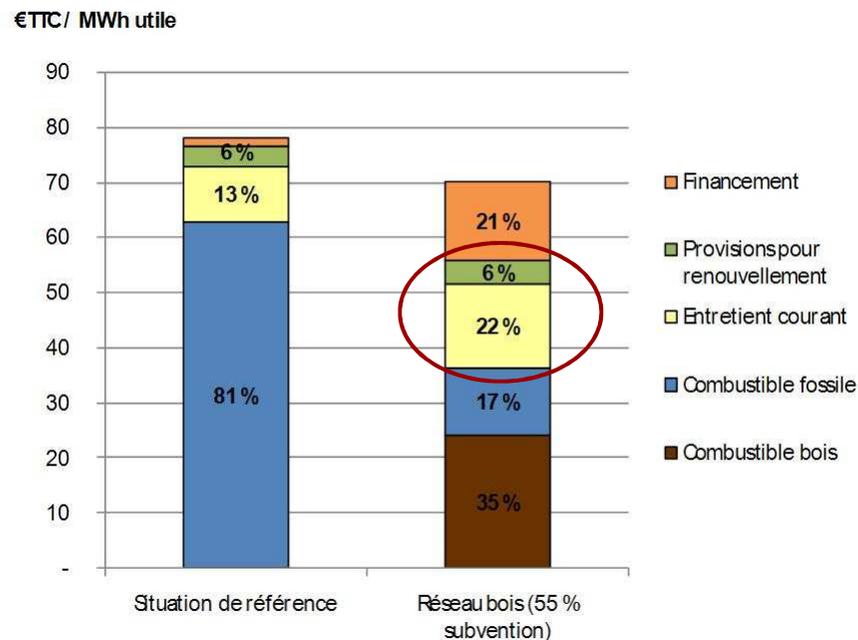
# Remerciements

- ADEME
  - M. AZIERE (Bourgogne)
  - PL. CAZAUX (Centre)
  - S. GOUTALAND (Franche Comté)
  - L. LAMBERT (Pays de la Loire)
  - S. BORDEBEURE
- Partenaires
  - S. DEFAYE (Débat)
  - M. FLEURY, G. LEFRANCOIS (Biomasse Normandie)
- CIBE
  - L. TRICOT (Rhône Alpes Energie Environnement)
  - Membres de la commission « montage de projets » présidée par D. CAPPE (ATEE) et E. CHINAL (Inddigo)



# Objectifs de l'étude

- Contexte :
  - Fonds chaleur géré par l'ADEME depuis 2009 : financement des installations biomasse collectives et industrielles ayant une production thermique > 100 tep\*
- Analyser les **coûts d'exploitation** des projets biomasse relevant du « fonds chaleur » dans le secteur du chauffage collectif
  - faciliter l'évaluation de ces coûts lors de l'analyse économique des dossiers...



- Analyse en coût global (EUR TTC/MWh utile)
- Comparaison à une situation de référence (fossile)

(\*) 100 tep = 1 163 MWh (sortie chaudière)

## Objectifs de l'étude

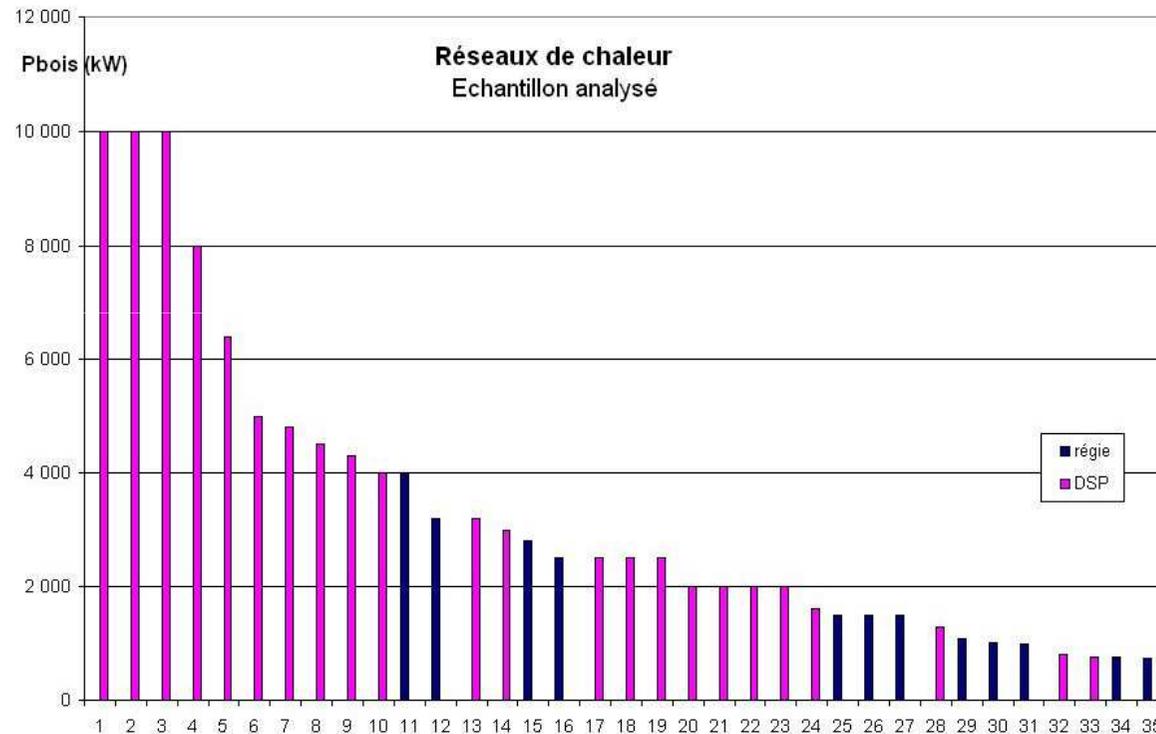
- Analyser les coûts d'exploitation
  - Par postes de la facture énergétique
    - couramment appelés **P'1, P2 et P3** (généralisation de la terminologie utilisée pour les chaufferies dédiées)
  - Par type d'installation
    - Réseaux de chaleur, chaufferie dédiée
    - Puissance, énergie, secteur/usage
  - Selon la nature des charges d'exploitation, mises en relation avec les grandeurs physiques inductrices
    - Consommation d'énergie des auxiliaires, main d'œuvre, matériel, caractéristiques de l'installation...

## Modalités de l'étude

- Echantillon de **60+ projets** > 100 tep
  - Sources : cabinets d'AMO et bureaux d'études thermiques spécialisés , professionnels adhérents du CIBE
  - ADEME, en particulier certaines de ses délégations régionales (Bourgogne, Centre, Franche Comté, Pays de la Loire)
- + **une quinzaine** de dossiers CNA récents (pour comparaison aux résultats)
- Collecte et exploitation anonyme des données
- Données économiques
  - Distinction
    - Réseaux de chaleur : recettes et charges (partielles)
    - Chaufferies dédiées (et réseaux communaux) : dépenses
  - Dans les 2 cas :
    - données prévisionnelles (avant la réalisation du projet, contrats d'exploitation...)
    - **Et/ou** données réelles correspondant à une ou plusieurs saisons de chauffe, après mise en service des installations
  - Ramenées au mêmes conditions économiques : décembre 2009
- Etablissement de ratios technico-économiques
  - Comparaison et interprétation

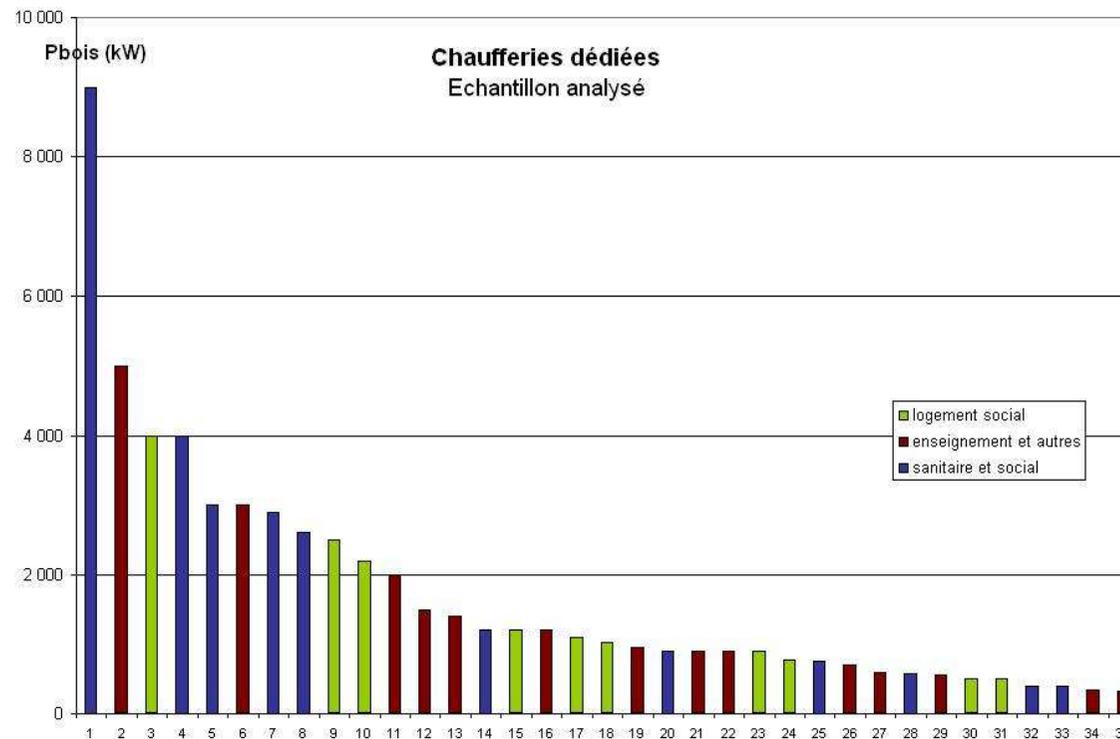
# Typologie des projets

## Réseaux de chaleur



- 27 (+ 8) cas
- Régies en majorité jusqu'à 1,5 MW
  - Rencontrées jusqu'à 3 à 4 MW
- DSP réparties de 800kW à 10MW
  - Moyennes puissances pour des dossiers plus anciens
  - Peu d'affermage

# Typologie des projets Chaufferies dédiées



- 35 cas  
+ 6 réseaux communaux
- Echantillon cohérent (fourni)
- Distinction faite par usage
  - Sanitaire et social
  - Logement collectif / social
  - Enseignement et autres bâtiments tertiaires
- 8 cas < 100 tep
  - Conservés pour renforcer cohérence

## Limites / interprétation des résultats

- Taille de l'échantillon
    - Modeste malgré tout pour des méthodes statistiques élaborées
  - Hétérogénéité **structurelle** des projets
    - Faible répétitivité de la combinaison de choix de conception, de technologies, de types de combustibles, de montage organisationnel (prestations internes/externes)...
  - Hétérogénéité de la présentation comptable selon les natures de coûts
    - Liée à l'absence de vocabulaire standard entre acteurs multiples (ex: coûts / recettes)
  - Différences de périmètre des postes analysés
    - Etat de retour (impact P3), répartition de charges entre P2/P3
  - Qualité des données
    - Contenu des dossiers (données source) établis par rapport à des objectifs antérieurs propres à chaque acteur et pas d'un suivi qualité systématique
  - Manque de données de suivi dans la durée
    - La plupart du temps limité aux premières années de mise en route ; irrégularité des coûts réels non récurrents
  - Dispersion des valeurs économiques
    - Écarts significatifs entre projets (même après pointage et rejet des extrêmes)
- **Rester prudent pour les comparaisons / d'autres dossiers**

# Coût global de la chaleur

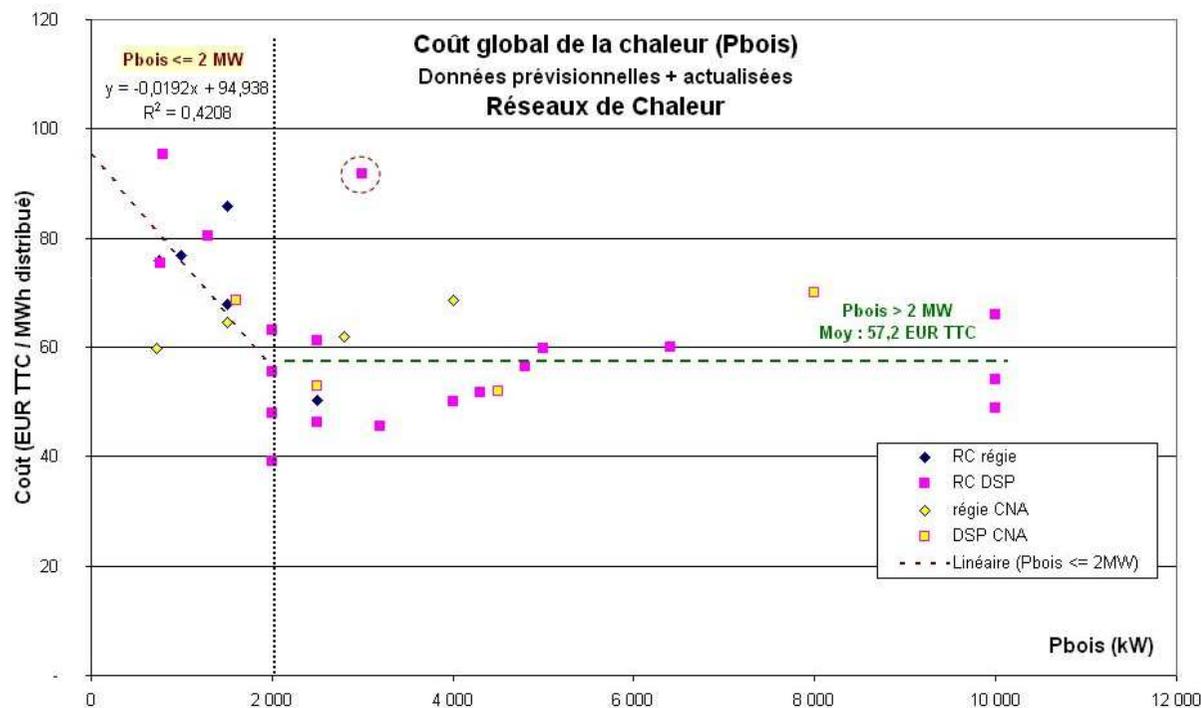
## Décomposition

- 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)
<b>Electricité et consommations auxiliaires</b>	r21	<b>P'1</b>
<b>Conduite et entretien courant</b>	r22	<b>P2</b>
<b>Gros entretien et renouvellement</b>	r23	<b>P3</b>
Financement des installations	r24	Financement (P4)

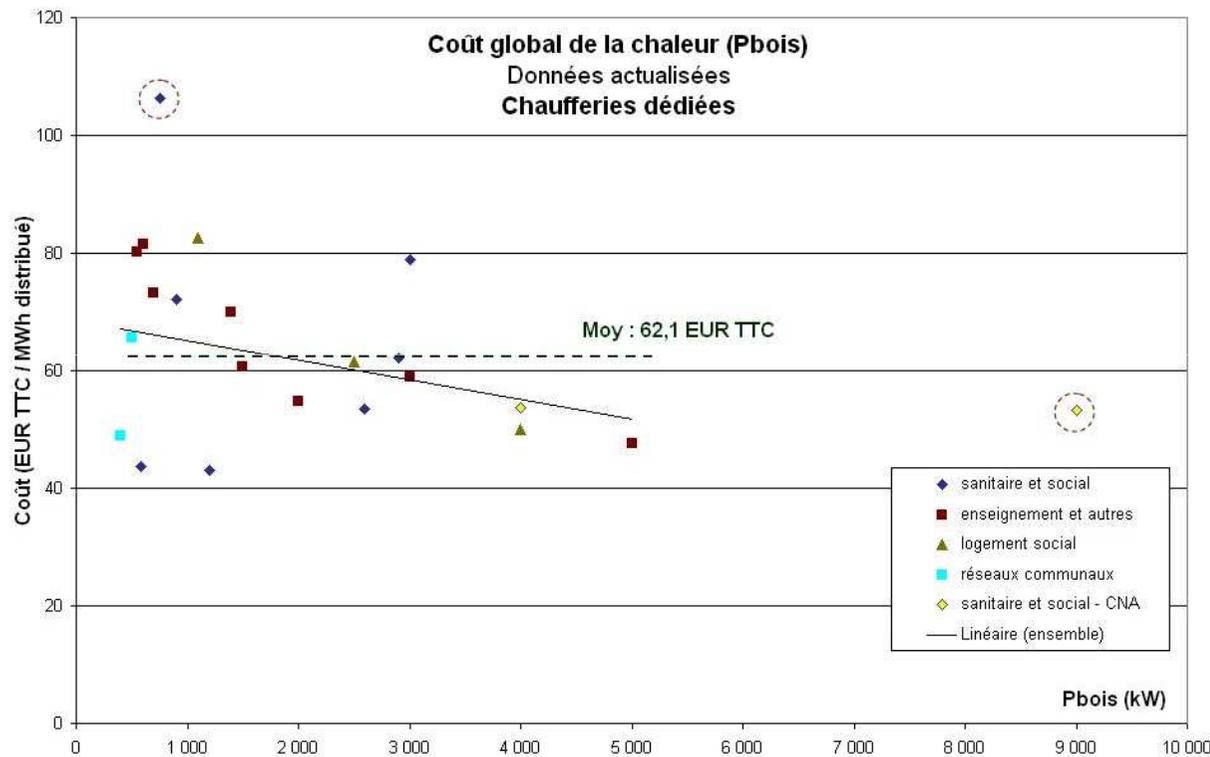
# Coût global de la chaleur

## Réseaux de chaleur



- Plage de variation importante
  - 40 à 95 EUR **TTC/MWh**
- Pbois > 2 MW :
  - Plage « réduite » entre 45 et 70 EUR TTC
  - Moyenne à 57 EUR TTC (stable)
  - Projets fonds chaleur : valeurs cohérentes
- Décroissance linéaire apparente pour les puissances inférieures
  - Avec des valeurs plus élevées

# Coût global de la chaleur Chaufferies dédiées



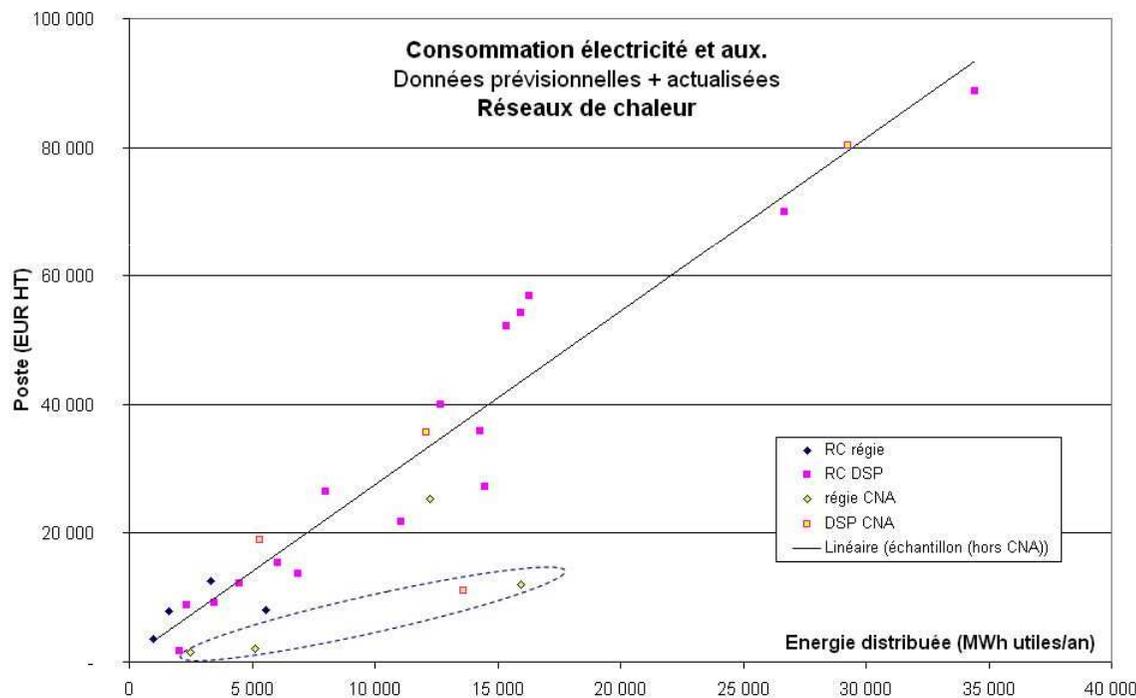
- Plage de variation similaire
  - 40 à 85 EUR TTC / MWh
  - Moyenne à 62 EUR TTC
  - NB: gamme de puissance moins large (Pbois < 5 MW)
- Dégressivité peu marquée avec la puissance
- Influence de l'usage des bâtiments

Pbois (MW)	Coût global (EUR TTC / MWh)			écart moyen		
	min	max	amplitude (+/-)	sanitaire et social	enseignement et autres	logement social
tous projets	43,1	82,6	33%	-6%	5%	7%
	valeur référence (moyenne pondérée)					
	59,0					

# Coûts d'exploitation moyens

## Réseaux de chaleur / Electricité et consommations auxiliaires

- Méthode (illustration)



- Poste r21 : EUR HT
- Variable : E (MWh)
- Régression linéaire
  - Hors projets CNA
  - Projets conservés : 20 sur 27 (75%)
- Loi de variation

$$\text{Poste} = 536 + 2,70 * E$$

(avec  $R^2 = 0,93$ ,  $e = 6\,740$ )

	Poste Elec auxiliaires		
	ratio / energie distribuée (EUR HT/MWh)		
	min	max	amplitude (+/-)
tous projets	1,9	3,8	34%

# Coûts d'exploitation moyens

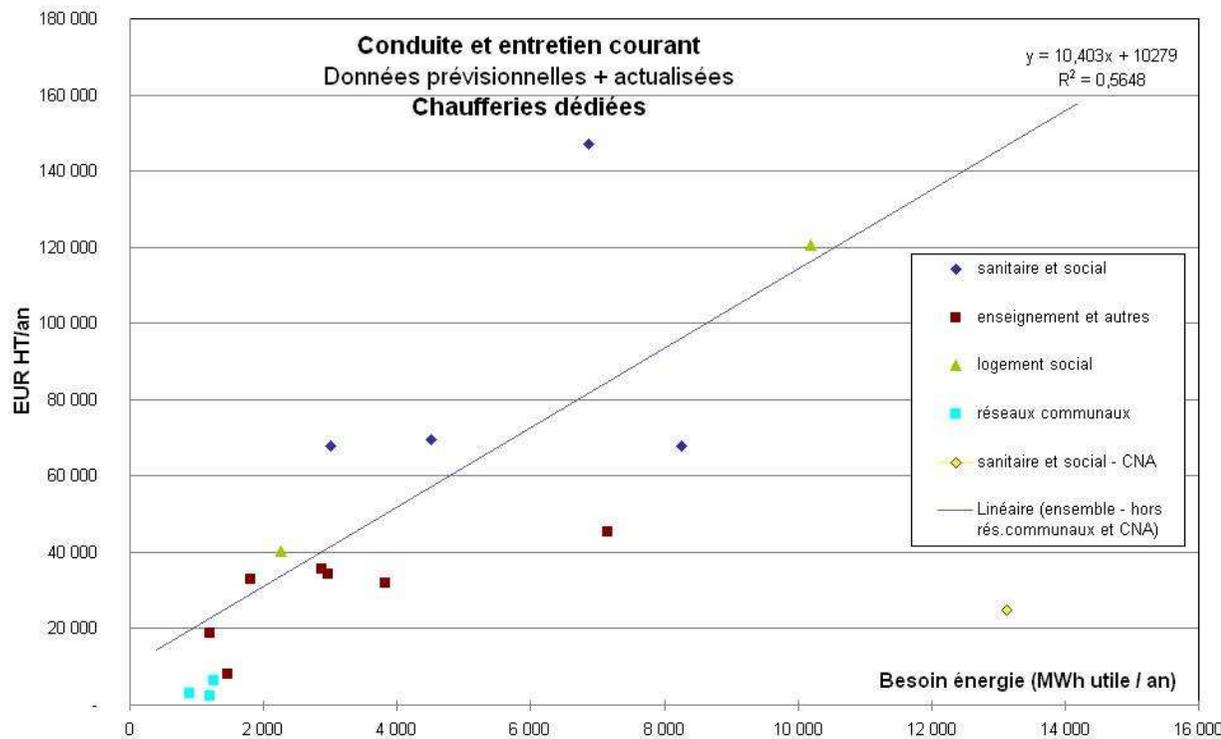
## Réseaux de chaleur / Synthèse

Pbois référence (MW)	r21 (EUR HT / MWh utile)		r22 (EUR HT / MWh utile)		r23 (% vs. investissement : Production Chaleur + 40 % réseau)	
	Plage de variation	Valeur moyenne	Plage de variation	Valeur moyenne	Plage de variation	Valeur moyenne
1	2 à 4	2,75	14 à 21	14,7	0,1 à 2,0 %	1,0 %
2			9 à 16	11,7	0,3 à 2,0 %	1,2 %
4,5			9 à 13	11,1	0,6 à 1,9%	1,3 %
10			10 à 12	10,6	0,9 à 1,7%	1,3 %

- Electricité et auxiliaires : corrélé à la quantité d'énergie
- Conduite et entretien courant :
  - Forte **corrélation avec l'énergie** utile à partir de 1 MW, relative décroissance entre 2 et 10 MW
  - Pour les plus petites puissances : valeurs plus élevées
- Gros entretien et renouvellement : lié à l'investissement (et puissance installée)
  - NB: ratios calés sur le découpage du fonds chaleur

# Coûts d'exploitation moyens Chaufferies dédiées / Conduite et entretien courant

- Méthode (illustration)



- Poste P2 : EUR HT
- Variable : E (MWh)
  - Résultats non concluants avec Pbois
- Régression linéaire
  - Hors projets CNA (2) et hors réseaux communaux (3)
  - Projets conservés : 13 sur 18 (78%)
- Loi de variation  
**Poste = 10 279 + 10,40 E**  
 (avec  $R^2 = 0,56$ ,  $e = 27 405$ )

# Coûts d'exploitation moyens Chaufferies dédiées / Conduite et entretien courant

- Comparaison avec les réseaux de chaleur

Pbois référence (MW)	P2 - Chaufferies dédiées		r22 – Réseaux de chaleur (pour comparaison)	
	Unité : EUR HT / MWh utile			
	Plage de variation	Valeur moyenne	Plage de variation	Valeur moyenne
1	12 à 23	14,2	14 à 21	14,7
2	8 à 21	12,3	9 à 16	11,7
3	8 à 21	11,8		
4,5	n/a	n/a	9 à 13	11,1
10	n/a	n/a	10 à 12	10,6

- Cohérence des ratios moyens

- Mais forte amplitude

Pbois référence (MW)	Ratio C&E / Besoin énergie (EUR HT/MWh/an)		
	valeur référence (par interpolation)		
	min	max	amplitude (+/-)
1,0	11,5	22,8	59%
2,0	8,3	12,4	32%
3,0	8,2	21,4	82%

- Economie d'échelle affinée sur les premières puissances

# Coûts d'exploitation moyens

## Chaudières dédiées / Synthèse

Pbois référence (MW)	P'1 / E (EUR HT / MWh utile)		P2 / E (EUR HT / MWh utile)		P3 / Pbois (EUR HT / kW)	
	Plage de variation	Valeur moyenne	Plage de variation	Valeur moyenne	Plage de variation	Valeur moyenne
1	1 à 2,6	1,6	12 à 23	14,2	11 à 21*	16,0*
2			8 à 21	12,3	8 à 17*	12,4
3			8 à 21	11,8	7 à 14,5	10,8

- Electricité et auxiliaires : corrélé à la quantité d'énergie
- Conduite et entretien courant :
  - Forte **corrélation avec l'énergie** utile
  - Décroissance en moyenne entre 1 et 3 MW (valeurs cohérentes avec les réseaux)
- Gros entretien et renouvellement : lié à la **puissance** installée
  - Equivalent à 1,3% de l'investissement **total** (peu de réseau)

(\*) en jaune : valeurs corrigées (à la baisse)

# Décomposition des coûts d'exploitation

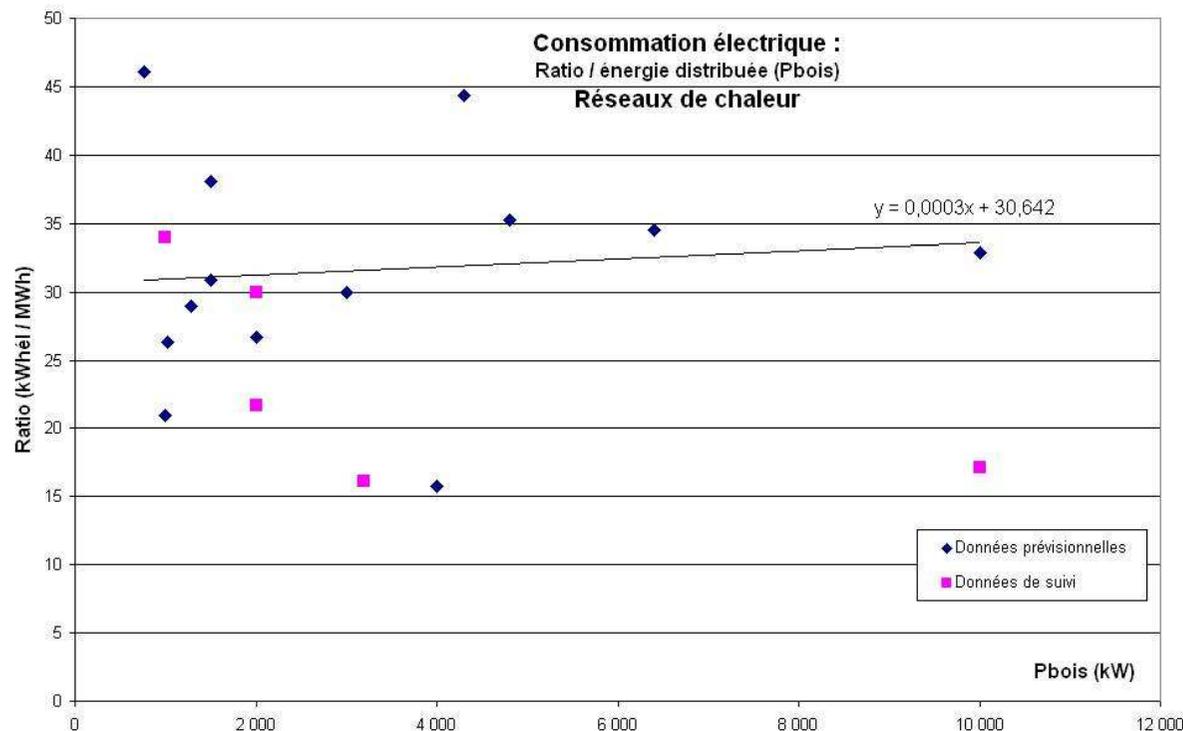
- Par nature
  - compte d'exploitation : pas totalement **standardisé** quand il existe
  - pas toujours « détourné » dans un suivi plus vaste et/ou risques d'incomplétude
- Ratios par sous-catégorie de charges
  - Variabilité des données plus grande, dès que l'on désagrège les postes principaux
  - Utilisation potentielle limitée

Charges d'exploitation		Poste
<b>Achats d'énergie primaire</b>		P1
Bois		
Appoint		
<b>Autres consommations de matières premières et énergie</b>		P1
<b>Consommation électrique</b>		
Abonnement		
Consommations		
<b>Consommation d'eau</b>		
Abonnement		
Consommations		
<b>Conduite et entretien courant, gestion de l'unité</b>		P2
<b>Conduite et entretien courant</b>		
Charges de personnel		
Pièces, fournitures		
Consommables		
Traitement des cendres foyer		
Traitement des cendres volantes		
Sous-traitance (travaux, entretien)		
<b>Services extérieurs</b>		
Contrôles réglementaires		
Redevances de crédit-bail, locations		
Assurances		
Services bancaires		
Frais postaux et de télécommunication		
Frais de déplacements, missions, réceptions		
Annonces, insertions, honoraires / frais d'actes		
<b>Charges de gestion, frais de structure</b>		
Frais de gestion de société dédiée, yc honoraires CAC (le cas échéant)		
Charges diverses de gestion courante		
Frais de structure		
<b>Redevances à la collectivité</b>		
Redevance pour frais de contrôle, suivi		
Autres (occupation du domaine public...)		
<b>Impôts et taxes</b>		
Taxes locales (cotisation foncière et frais de chambres, ex TP)		
Taxe foncière et autres impôts		
<b>Gros entretien et renouvellement</b>		P3
Charges de personnel		
Pièces, fournitures		
Sous-traitance (travaux)		
<b>Dotations aux amortissements</b>		
Dotations aux amortissements des immobilisations		
<b>Charges financières</b>		
<b>Charges financières</b>		
Intérêts d'emprunt		
Autres charges financières		
<b>Impôt sur les sociétés</b>		
<b>Impôt sur les sociétés</b>		
Participation		
Impôt sur les sociétés (IS)		

# Analyse par ratios moyens

## Consommation électrique

- Réseaux de chaleur

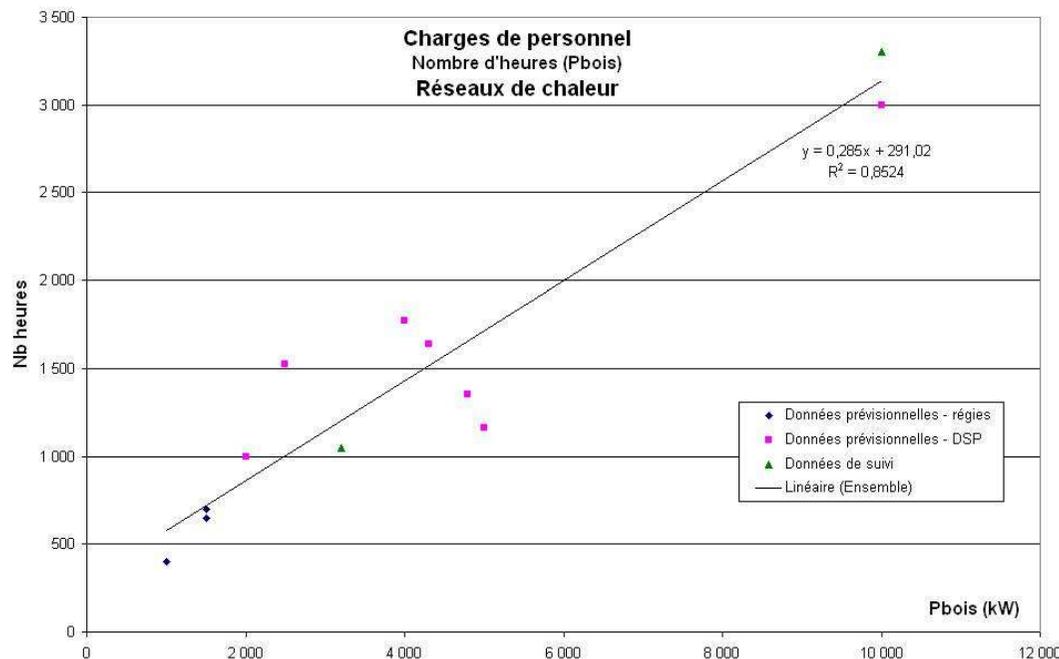


- Ratio : Consommation électrique rapportée à l'énergie distribuée (en kWhél / MWh utile)
- Variable : Pbois (kW)
- Valeurs entre 20 et 40 kWhél / MWh utile
- Moyenne à 31 kWhél / MWh
  - résultat cohérent de l'analyse du r21, avec un prix moyen de l'électricité autour de 90 EUR HT / MWhél

# Analyse par ratios moyens

## Charges de personnel

- Réseaux de chaleur



- Nombre d'heures (/an)
- Variable : Pbois (kW)
  - besoins de MO selon gammes opératoires dépendant uniquement de la puissance bois
- Proportionnalité confirmée
  - Et économie d'échelle
  - NB: attention au périmètre variable

Pbois référence (MW)	Valeur moyenne (heures/an)	Ratio Heures/Pbois (heures/an/MW)
1	580	580
2	860	430
4,5	1 570	350
10	3 140	310

# Synthèse

## Perspectives / recommandations

- Mutualiser les bonnes pratiques pour permettre de maîtriser voire de réduire les coûts d'exploitation dans les nouveaux projets
  - Mettre en place au niveau national un **système de gestion de la qualité** des projets, couvrant les phases de conception, de réalisation et d'exploitation, **sur la durée de vie** des installations
  - Promouvoir une **standardisation** du contenu des postes de coûts (et de la terminologie associée)
  - Encourager la mise en place d'une **comptabilité auxiliaire spécifique** pour faire le suivi des projets gérés par les collectivités
  - Favoriser la **mutualisation des compétences** (structures intercommunales, externalisation) pour bénéficier du retour d'expérience
  - Mettre à disposition des délégations régionales, chargées de l'instruction des dossiers d'aide, une « **checklist** » de **ratios techniques et économiques**
  - Evaluer l'opportunité d'un programme national de R&D pluri-disciplinaire de type « **ingénierie concourante** pour la maintenabilité » avec les constructeurs, les exploitants de chauffage et les bureaux d'études spécialisés

# Synthèse

- L'étude a permis :
  - de mieux comprendre l'**importance** des charges d'exploitation **dans le coût global** d'une chaufferie bois avec ou sans réseau
  - de fournir des **ratios clés** pouvant servir de **point de comparaison** lors de l'évaluation de nouveaux projets
  - de proposer des **pistes d'optimisation**, comme la mutualisation des pratiques, la gestion qualité, la nécessité d'un suivi / évaluation régulier pendant le fonctionnement
- Pour des installations faisant appel à un combustible solide, elle confirme qu'il est certes important de bien concevoir et construire les installations, ainsi que de bien choisir le combustible bois, mais aussi que l'exploitation appelle une attention toute particulière et **dans la durée**, puisque ce poste de charges représente typiquement près d'un tiers du coût global de la chaleur

- En ligne

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=75766&p1=02&p2=08&ref=17597>

- Valorisation engagée : travaux CIBE (COM MOP)



## Merci de votre attention

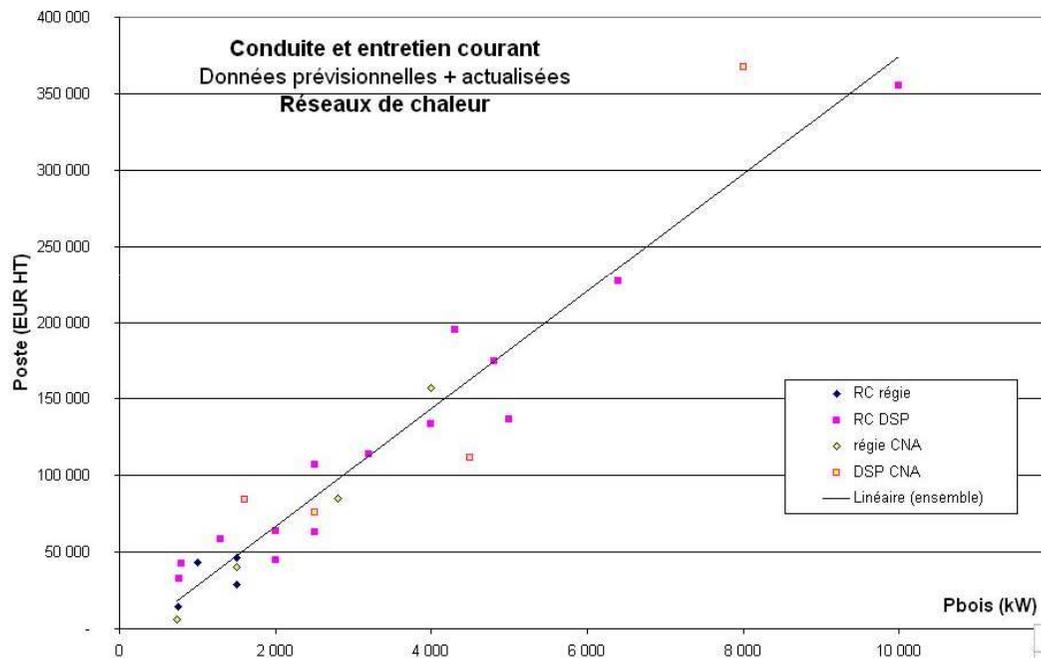
- Contacts
  - Sylvain BORDEBEURE, ADEME
  - Jean-Michel SERVANT, Perdurance  
email: [jeanmichel.servant@perdurance.com](mailto:jeanmichel.servant@perdurance.com)
  - Guillaume LEFRANCOIS, Mathieu FLEURY, Biomasse Normandie
  - Serge DEFAYE, Débat



- Annexe

# Coûts d'exploitation moyens Réseaux de chaleur / Conduite et entretien courant

- Méthode (approche initiale)



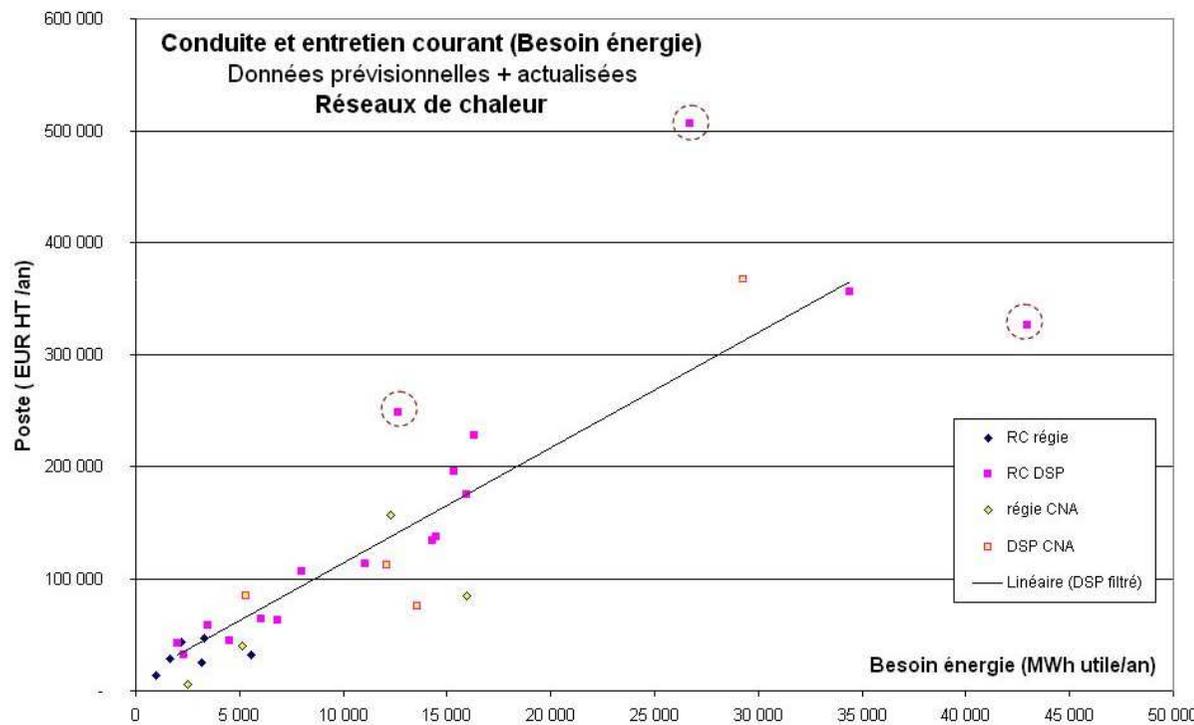
- Poste r22 : EUR HT
- Variable : Pbois (kW)
- Régression linéaire
  - Projets conservés : 26 sur 32 (84%)
- Loi de variation

$$\text{Poste} = -10\,145 + 38,4 * P \text{ bois (avec } R^2 = 0,92, e = 26\,190)$$

	Pbois référence (MW)	Poste C&E (EUR HT/an)			Ratio C&E / Pbois (EUR/kW)
		valeur référence (par interpolation)	amplitude (+/-)		
tous projets	1,0	<b>28 300</b>	12 400 - 44 200	56%	28,3
	2,0	<b>66 700</b>	32 800 - 100 800	51%	33,4
	4,5	<b>162 800</b>	121 800 - 203 800	25%	36,2
DSP uniquement	10,0	<b>374 100</b>	303 700 - 444 500	19%	37,4

# Coûts d'exploitation moyens Réseaux de chaleur / Conduite et entretien courant

- Méthode (approche retenue)



- Régies : -15% en moyenne (entre -50% et +30%)

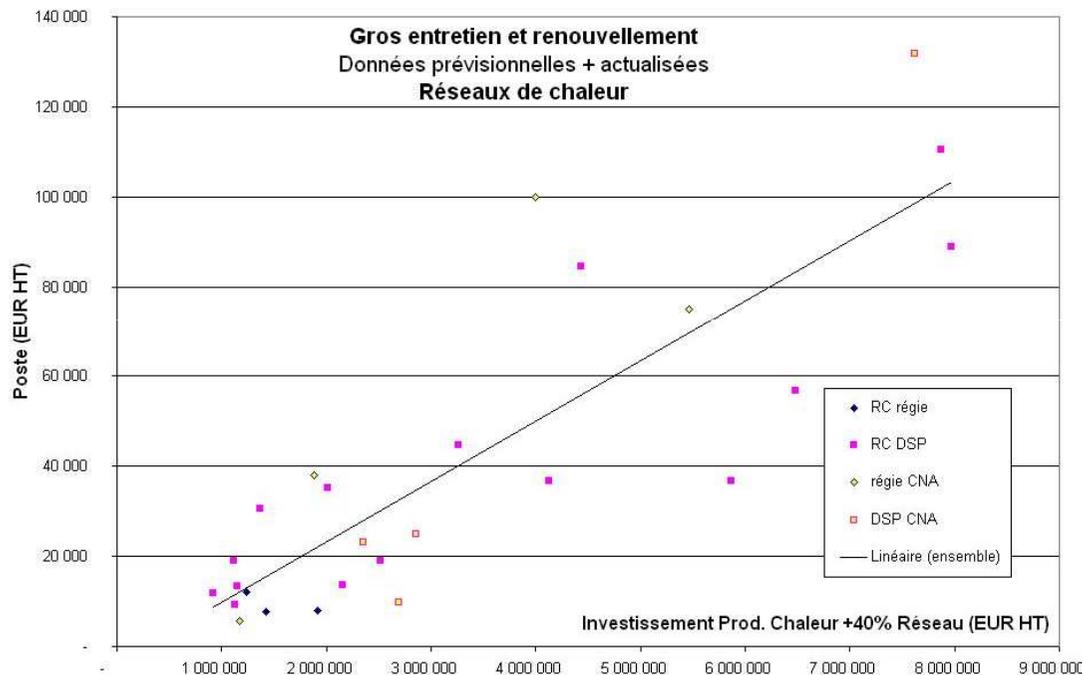
- Poste r22 : EUR HT
- Variable : E (MWh)
- Régression linéaire
  - Projets conservés : 14 DSP sur 17 (82%)
- Loi de variation

$$\text{Poste} = 11\,084 + 10,3 * E \text{ (avec } R^2 = 0,95, e = 21\,332)$$

Pbois référence (MW)	Ratio C&E / Besoin énergie (EUR HT/MWh/an)		
	valeur référence (par interpolation)		amplitude (+/-)
	min	max	
1,0	13,8	20,8	41%
2,0	9,2	15,8	35%
4,5	9,2	12,7	17%
10,0	10,3	12,5	19%

# Coûts d'exploitation moyens Réseaux de chaleur / Gros entretien et renouvellement

- Méthode



- Poste r23 : EUR HT
- Variable : part de l'investissement (EUR)
- Régression linéaire
  - Projets conservés : 26 sur 32 (81%)
- Loi de variation

$$\text{Poste} = -3\,591 + 0,0134 \cdot (\text{Inv. Prod.} + 40\% \text{ Inv. Rés.}) \text{ (avec } R^2 = 0,72, e = 19\,440)$$

Investissement (M EUR)	Poste GER (EUR HT/an)	Ratio %	Gammes de puissance Pbois (MW)					
			Production Chaleur + 40% Réseau		régie		DSP	
	valeur référence (par interpolation)	GER / Invest.*	min	max	min	max	min	max
tous projets	1,0	106%	0,750	1,5	0,8	2,0		
	2,0	75%	1,5	2,5	1,6	4,0		
	5,0	51%	2,8	4,0	3,0	5,0		
	7,5	33%			8,0	10,0		