



Les réseaux de chaleur au bois

*Rapport d'enquête réalisé en 2009
par la Commission 5 du CIBE*

À partir de données récoltées sur 109 réseaux

Résumé : Ce document est la synthèse des résultats de l'enquête sur les réseaux de chaleur au bois réalisée par la Commission 5 et permettant d'établir un état des lieux des réseaux de chaleur français utilisant du bois-énergie.

Document produit par la Commission 5 : Etat des lieux et promotion des réseaux de chaleur

Rédaction : Yann OREMUS et Eléonore DUEE (AMORCE)

Comité de relecture : Commission 5 du CIBE (cf. annexe 1)

Date de première émission : décembre 2009

Date de la présente révision : décembre 2009

Référence : 2009-RES-1

(*) Le CIBE attache une importance toute particulière à la vérification des informations qu'il délivre. Toutefois ces informations ne sauraient être utilisées sans vérifications préalables par le lecteur et le CIBE ne pourra être tenu pour responsable des conséquences directes ou indirectes pouvant résulter de l'utilisation, la consultation et l'interprétation des informations fournies. L'utilisateur est seul responsable des dommages et préjudices, directs ou indirects, matériels ou immatériels dès lors qu'ils auraient pour cause, fondement ou origine un usage du présent document.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| 1. Préambule | 3 |
| 2. Le périmètre de l'enquête | 3 |
| 3. Caractéristiques générales des réseaux de chaleur au bois | 4 |
| 3.1 <i>Un secteur en fort développement.....</i> | 4 |
| 3.2 <i>Contexte de mise en œuvre des chaufferies bois</i> | 6 |
| 3.3 <i>Les bâtiments desservis</i> | 7 |
| 3.4 <i>Motivation pour le choix du bois-énergie.....</i> | 7 |
| 3.5 <i>Taille des villes d'implantation.....</i> | 8 |
| 3.6 <i>Modes de gestion des réseaux de chaleur.....</i> | 9 |
| 4. Caractéristiques techniques des chaufferies bois | 10 |
| 4.1 <i>Dimensionnement des chaufferies bois.....</i> | 10 |
| 4.2 <i>Les réseaux de chaleur.....</i> | 12 |
| 4.3 <i>Les constructeurs de chaudières.....</i> | 13 |
| 4.4 <i>Les caractéristiques techniques des chaufferies</i> | 15 |
| 4.4.1 <i>Stockage du combustible</i> | 15 |
| 4.4.2 <i>Système d'alimentation de la chaudière.....</i> | 15 |
| 4.4.3 <i>Filtration des gaz de combustion</i> | 16 |
| 5. Économie des réseaux de chaleur bois..... | 17 |
| 5.1 <i>Investissement.....</i> | 17 |
| 5.2 <i>Les subventions.....</i> | 18 |
| 5.3 <i>Prix de vente de l'énergie.....</i> | 20 |
| 6. Retours d'expérience | 22 |
| 6.1 <i>Difficultés rencontrées lors du montage du projet.....</i> | 22 |
| 6.2 <i>Difficultés rencontrées dans le fonctionnement</i> | 23 |
| 7. Le développement des réseaux de chaleur bois | 24 |
| 7.1 <i>Segmentation des réseaux de chaleur bois</i> | 24 |
| 7.2 <i>Des stratégies différenciées.....</i> | 24 |
| 7.2.1 <i>Les réseaux ruraux.....</i> | 24 |
| 7.2.2 <i>Les réseaux créés en milieu urbain.....</i> | 25 |
| 7.2.3 <i>La substitution sur des réseaux existants</i> | 25 |
| 8. Conclusion..... | 27 |

Annexe 1 : Composition de la Commission « Etat des lieux et développement des réseaux de chaleur »

Annexe 2 : Liste des réseaux de chaleur équipés de chaufferies bois en 2009

1. Préambule

Ce rapport présente les résultats de l'enquête sur les réseaux de chaleur au bois réalisée, avec le soutien financier de l'ADEME, dans le cadre du Comité Interprofessionnel du Bois-Energie, par la Commission 5 *Etat des lieux et promotion des réseaux de chaleur au bois*.

Les membres et le fonctionnement de cette Commission sont détaillés en annexe 1.

L'objet de ces travaux est multiple :

- faire un état des lieux des réseaux de chaleur français utilisant du bois-énergie,
- permettre aux réseaux existants de se situer les uns par rapport aux autres,
- constituer une base de référence pour les maîtres d'ouvrages en phase de montage de projet,
- fournir la base d'une réflexion de la Commission 5 sur les perspectives et les stratégies de développement du bois-énergie dans les réseaux de chaleur français.

Ce document est d'abord un recueil de données caractéristiques des installations réalisées depuis environ 25 ans dans le domaine concerné. Les commentaires proposés ont pour objectif de resituer les réponses recueillies et d'explicitier certains constats.

2. Le périmètre de l'enquête

La présente enquête porte sur les réseaux de chaleur répondant aux trois critères suivants :

- un réseau au sens *technique*, c'est-à-dire constitué d'une ou plusieurs chaufferies alimentant, via des canalisations, plusieurs bâtiments,
- l'une au moins des chaufferies utilise du bois comme combustible,
- il existe un comptage de chaleur par client.

Ce dernier point écarte donc les réseaux de chaleur alimentant plusieurs bâtiments d'un seul maître d'ouvrage.

On dénombre 148 réseaux de chaleur actuellement en fonctionnement et entrant dans le périmètre de l'enquête.

En 2007, lors de la précédente enquête, 91 de ces réseaux de chaleur étaient en fonctionnement.

Le questionnaire élaboré par la Commission 5 du CIBE a été envoyé à l'ensemble des maîtres d'ouvrage des réseaux identifiés. 65 d'entre eux ont répondu.

L'analyse proposée ci-après porte sur ces 65 réseaux pour lesquels nous disposons de données actualisées complétées, pour une partie des données (caractéristiques générales et techniques, investissements et financements initiaux), des 44 réseaux de chaleur bois qui avaient répondu à l'enquête 2007 mais qui n'ont pas répondu cette année (soit un total de 109 réseaux de chaleur). Par rapport à l'enquête 2007, nous avons collecté des données pour 39 réseaux supplémentaires. Parmi eux, 19 ont été mis en service entre 2007 et 2009. Les 17 autres fonctionnaient avant 2007 mais n'avaient pas répondu à la précédente enquête.

La liste des réseaux de chaleur entrant dans le périmètre de l'enquête est détaillée en annexe 2.

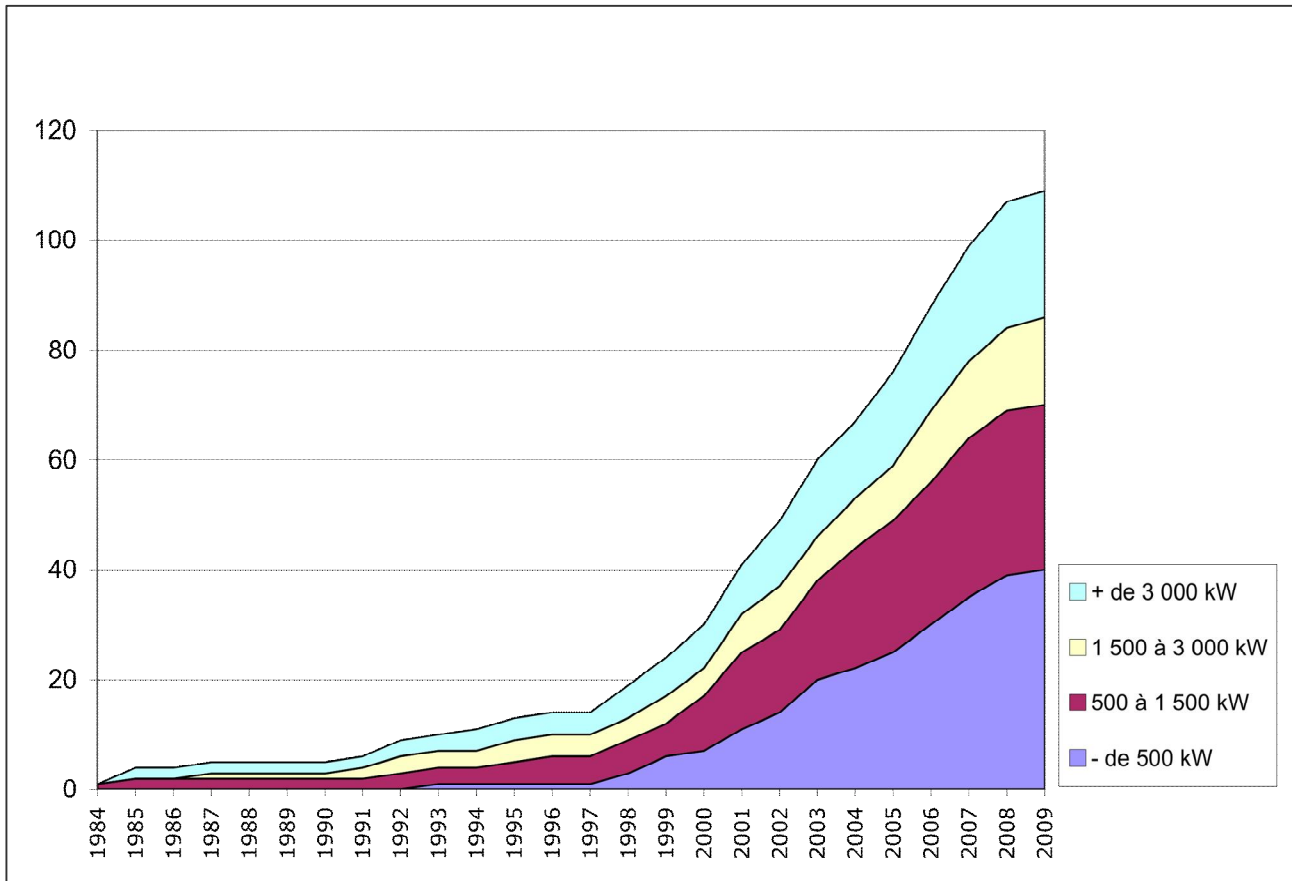
Ils représentent aujourd'hui 260 MW bois installés, pour une fourniture d'énergie d'environ 730 GWh/an. La consommation de combustible correspondant est de l'ordre de 400 000 tonnes par an¹.

¹ Estimation réalisée avec un PCI moyen de 2300 kWh/t

3. Caractéristiques générales des réseaux de chaleur au bois

3.1 Un secteur en fort développement

Si les premières mises en service de chaufferies bois sur des réseaux de chaleur datent du début des années 1980, leur réel développement démarre il y a une douzaine d'années. Il s'agit surtout alors de chaufferies de puissance inférieure à 1 500 kW, c'est-à-dire principalement des installations mises en place à l'occasion de la création de « petits » réseaux de chaleur en milieu rural ou dans de petites villes.

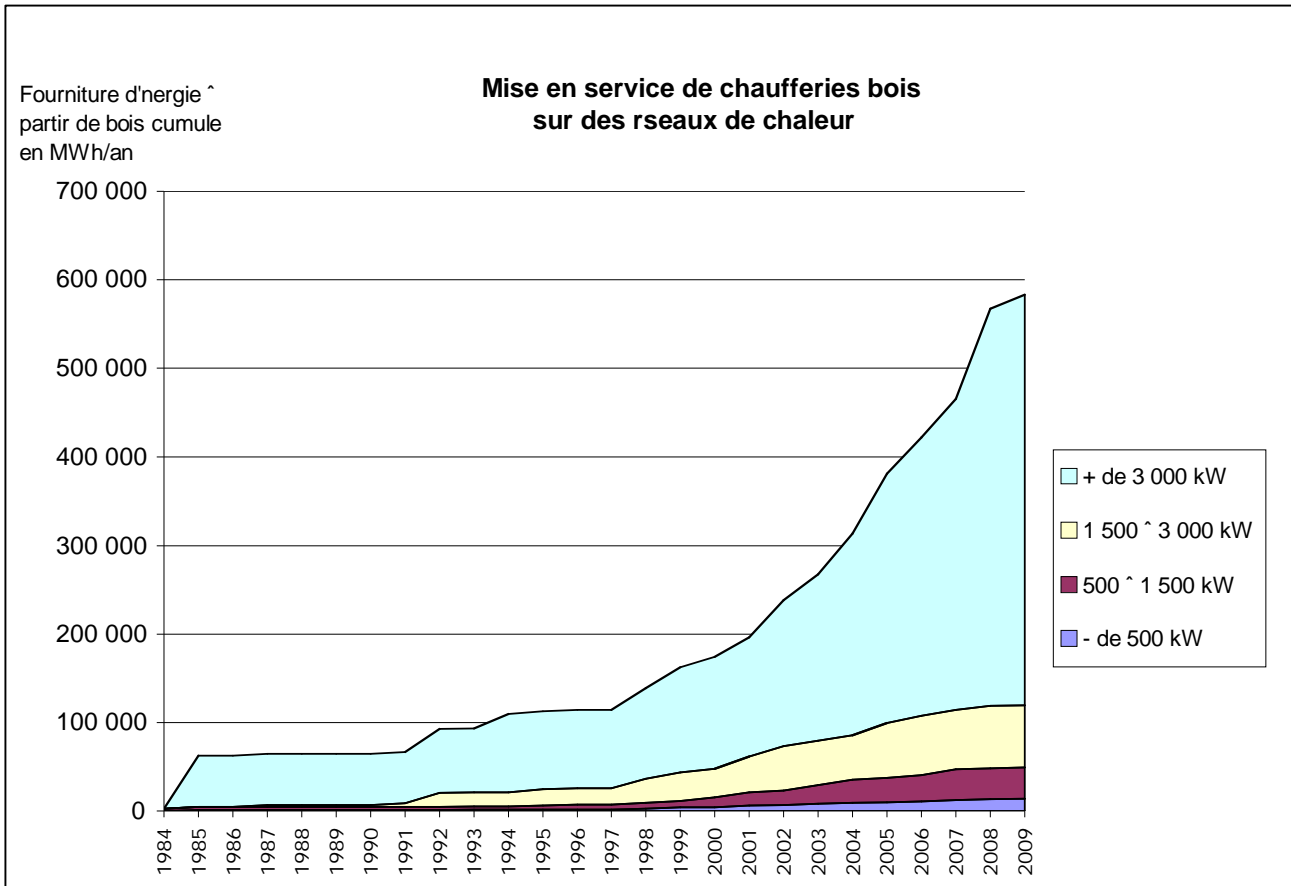


Graphique 1 : Evolution du nombre de chaufferies bois en service sur des réseaux de chaleur

On compte ainsi aujourd'hui 149 réseaux de chaleur équipés d'une chaufferie bois, soit une multiplication par 5 en 10 ans (le graphique ci-dessus n'inclut pas une quarantaine de réseaux de chaleur pour lesquels nous n'avons pas pu recueillir la date de mise en service de la chaufferie bois).

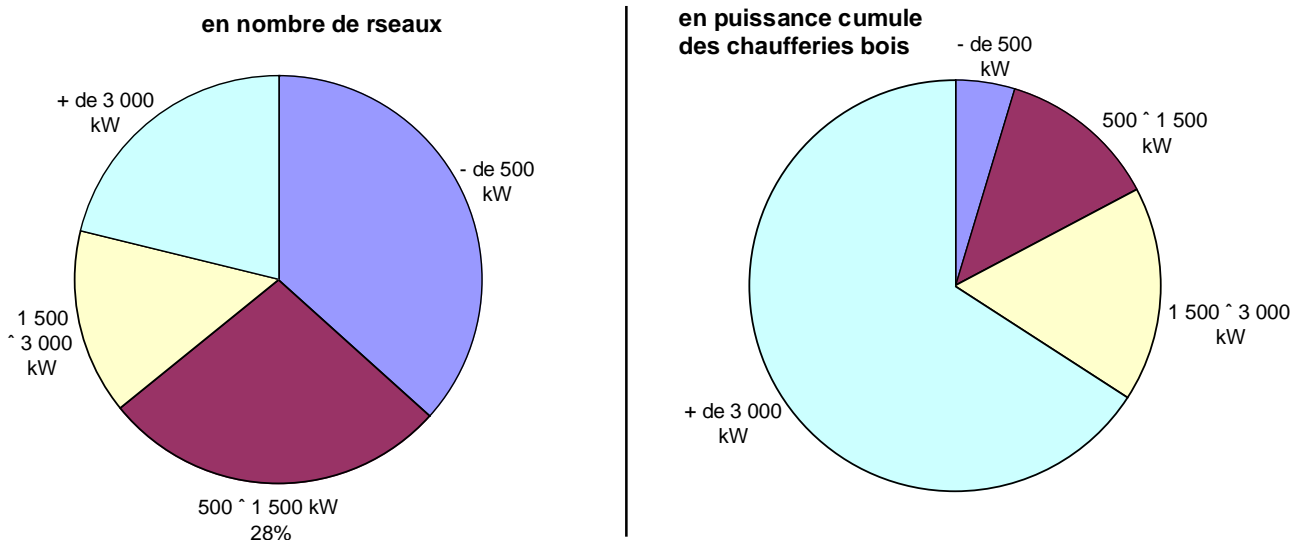
On constate en 2009 une répartition assez homogène entre petits et gros projets.

L'analyse en termes d'évolution de la consommation de bois cumulée de ces chaufferies montre la part prépondérante, en termes de fourniture d'énergie à partir de bois, des chaufferies de forte puissance.



Graphique 2 : Évolution de la fourniture d'énergie par les chaufferies bois sur des réseaux de chaleur

En 2009, les chaufferies bois de moins de 500 kW représentent 36% de l'effectif des chaufferies bois alimentant des réseaux de chaleur, mais seulement 5% de l'énergie qu'elles délivrent. Au contraire, les chaufferies de plus de 3 MW représentent 21% de l'effectif et 65% de la contribution énergétique.



Graphique 3 : Nombre et contribution des chaufferies bois en 2009

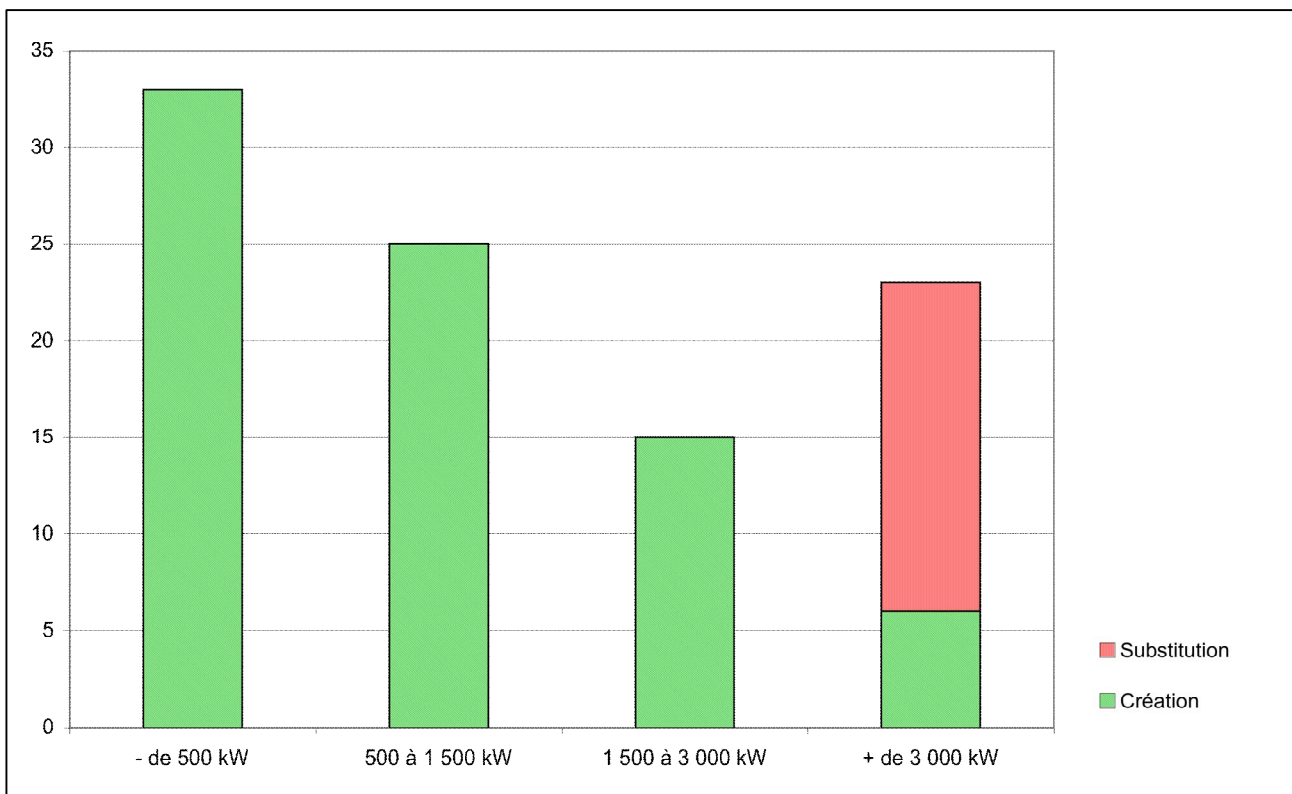
3.2 Contexte de mise en œuvre des chaufferies bois

Plus des trois quarts des chaufferies bois mises en place sur des réseaux de chaleur l'ont été à l'occasion de la création de réseaux. Seuls 12% des projets consistaient en une substitution d'énergies fossiles sur des réseaux de chaleur existants.

| | |
|---|-----|
| Création d'un réseau de chaleur | 88% |
| Substitution d'énergie sur un réseau existant | 12% |

Tableau 1 : Contexte de montage des chaufferies bois

Les cas de substitution sur des réseaux de chaleur existants concernent exclusivement des chaufferies bois de plus de 3 MW, ce qui signifie, au regard des éléments présentés au chapitre précédent, que la contribution de ces projets en termes de tep substitués ou évités est très importante.



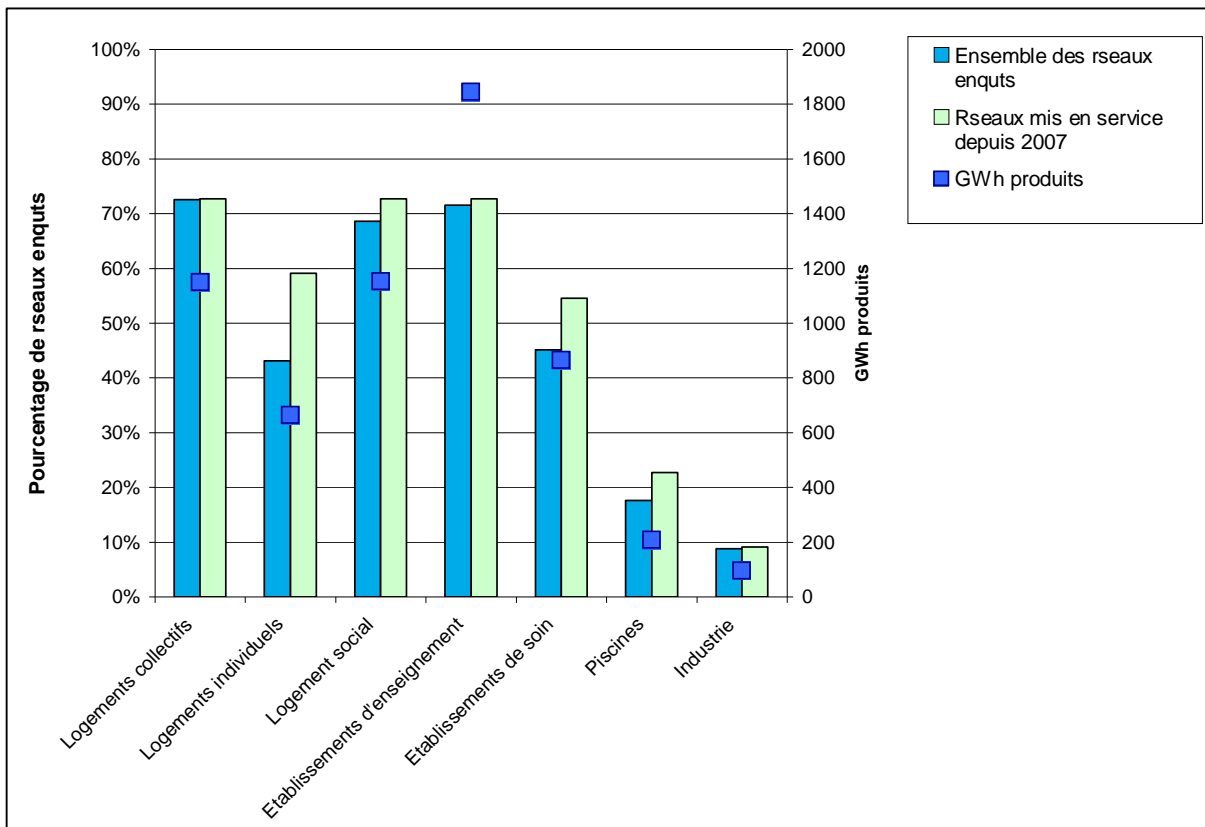
Graphique 4 : Contexte de montage en fonction de la puissance de la chaufferie bois

3.3 Les bâtiments alimentés

Les logements collectifs, et plus particulièrement le logement social, forment un des principaux « supports » de développement de ces réseaux de chaleur bois-énergie : 72% desservent des logements collectifs et 69% des logements sociaux. Sur 72% des réseaux sont raccordés des établissements d'enseignement et sur 45% des établissements de soins. L'industrie reste un client « marginal » (9% des réseaux alimentent un site industriel).

On constate sur les réseaux mis en service depuis 2007, une augmentation importante du raccordement de logements individuels.

Les réseaux qui alimentent au moins un établissement scolaire présentent en moyenne une consommation d'énergie plus importante que le reste des réseaux. Cet aspect illustre la tendance de développement de réseaux à partir d'un premier – gros - consommateur tel qu'un collège ou un lycée dans un projet porté par le département ou la région.



Graphique 5 : Types de bâtiments desservis par les réseaux de chaleur équipés de chaufferies bois

3.4 Motivation pour le choix du bois-énergie

La question de la motivation initiale pour le choix du bois-énergie a été posée avec une proposition de 4 réponses :

- l'économie pour l'utilisateur (« maîtrise des coûts » et « économie pour l'utilisateur »),
- le développement local (« développement de l'économie locale » et « valorisation de la ressource locale »),
- le changement climatique.

| | |
|-----------------------------|-----|
| Economie pour l'utilisateur | 73% |
| Développement local | 83% |
| Changement climatique | 43% |
| Autre | 3% |

Tableau 2 : Critères de motivation cités pour le choix du bois-énergie

Les réponses à cette question restent à considérer avec prudence car elles dépendent fortement de la connaissance du dossier qu'avait la personne qui a rempli le questionnaire.

On peut cependant noter que le critère « développement local », qui traduit une préoccupation de proximité, est nettement plus cité que le critère « changement climatique » correspondant à une approche beaucoup plus globale. Les atouts du bois-énergie seraient ainsi perçus surtout en tant que *filière locale d'approvisionnement énergétique* et moins en tant qu'*énergie renouvelable limitant les émissions de gaz à effet de serre*.

| | Economie | Développement local | Contribution lutte contre CC | Autre |
|------------------|----------|---------------------|------------------------------|-------|
| - de 500 kW | 66% | 90% | 34% | 3% |
| 500 à 1 500 kW | 57% | 86% | 43% | 5% |
| 1 500 à 3 000 kW | 82% | 82% | 45% | 0% |
| + de 3 000 kW | 95% | 68% | 53% | 0% |
| Total | 73% | 83% | 43% | 3% |

Tableau 3 : Ventilation des critères de choix en fonction de la puissance de la chaufferie bois

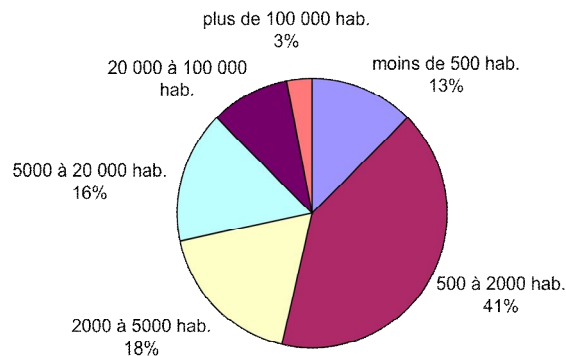
Si l'on complète cette première approche en observant la ventilation du choix de ces critères en fonction de la taille de l'installation mise en œuvre, on peut également préciser que :

- les critères économiques sont prépondérants pour les plus grandes installations,
- la préoccupation de développement local, donc la notion de « filière locale », est plus largement citée pour les « petits » réseaux de chaleur
- la notion de lutte contre le changement climatique semble réellement en retrait pour les plus petites installations, et un peu plus avancée sur les réseaux de chaleur de plus grande puissance.
- Par rapport à 2007, la notion de changement climatique semble en légère progression, ce qui s'expliquerait par la croissance de cette préoccupation ces dernières années.

Sans tomber dans la caricature, il y a probablement là matière à segmenter les approches et les démarches à proposer pour encourager le développement des chaufferies bois sur les réseaux de chaleur.

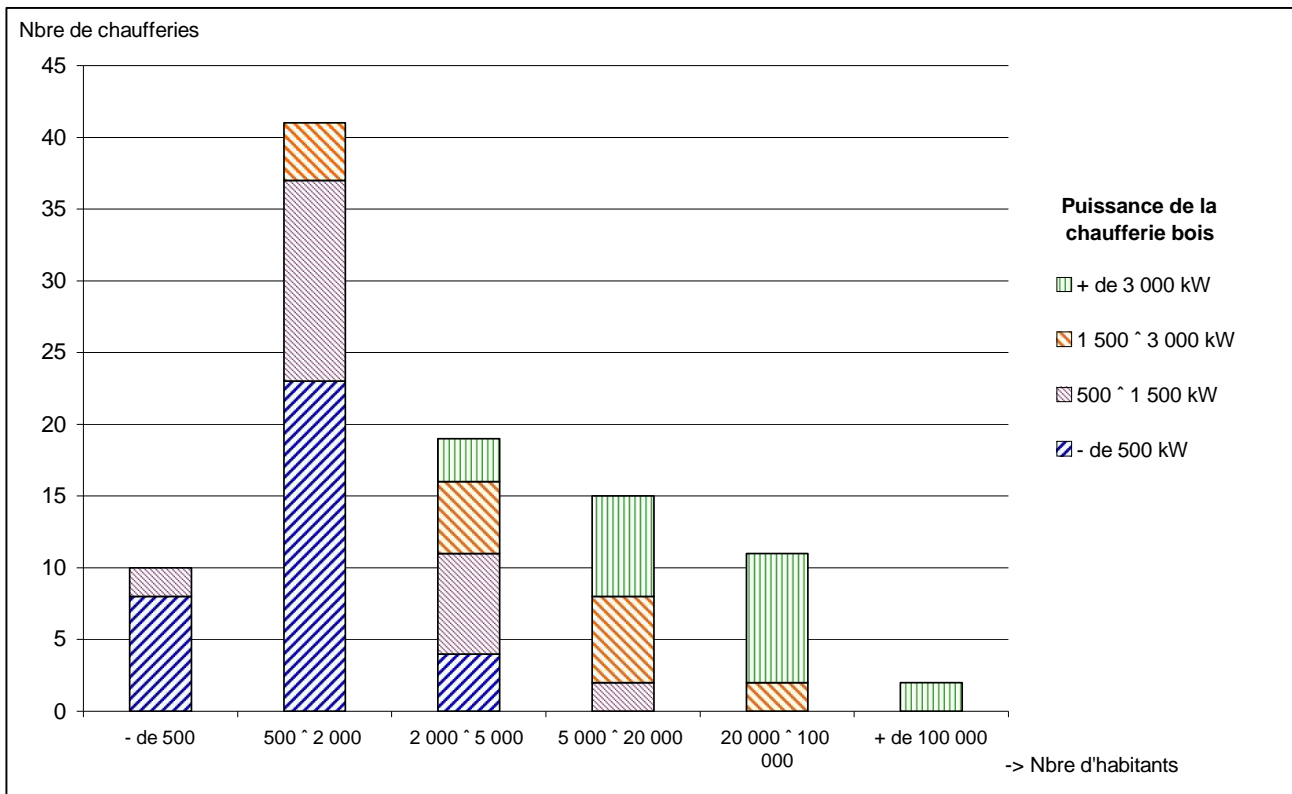
3.5 Taille des villes d'implantation

54% des villes où sont implantées des chaufferies bois alimentant des réseaux de chaleur comptent moins de 2 000 habitants, et près des trois quarts ont moins de 5 000 habitants. Les grandes villes de plus de 100 000 habitants, où le chauffage urbain est pourtant souvent présent, sont actuellement peu équipées en chaufferies bois.



Graphique 6 : Taille des villes où sont implantées les réseaux de chaleur bois

Il est assez logique de constater que la taille des chaufferies bois augmente avec la taille des villes d'implantation. Les chaufferies de plus de 1,5 MW se rencontrent dans des villes à partir de 2 000 habitants, alors que les chaufferies de moins de 500 kW sont spécifiques aux communes de moins de 2 000 habitants.



Graphique 7 : Puissance des chaufferies en fonction de la taille des communes d'implantation

3.6 Modes de gestion des réseaux de chaleur

On distingue trois grands modes de gestion des réseaux de chaleur :

- la *gestion directe*, dite « en régie », dans laquelle la collectivité assure la totalité du service (financement, exploitation, facturation.), éventuellement en s'appuyant sur des entreprises via des contrats d'exploitation,
- la *délégation de service public*, où la collectivité confie la gestion du réseau de chaleur à une entreprise spécialisée, soit dans le cadre d'une *concession* (l'entreprise délégataire prend alors en charge l'investissement initial pour lequel elle se rémunère sur la vente d'énergie) soit dans le cadre d'un *affermage* (c'est dans ce cas la collectivité qui réalise l'investissement, l'entreprise gestionnaire prélevant alors une redevance versée à la collectivité pour le financement des installations).

La délégation de service public est surtout envisageable pour les réseaux de chaleur de taille importante, pour lesquels le chiffre d'affaires est suffisamment important pour permettre les niveaux de rentabilité nécessaires au positionnement de tiers investisseurs et des entreprises gestionnaires. C'est pourquoi on ne trouve pas ce mode de gestion, sauf exception, pour des réseaux sur lesquels la chaufferie bois fait moins de 1,5 MW. Plusieurs cas de réseaux de chaleur de taille inférieure sont cependant actuellement en cours de réalisation dans le cadre de *contrats de concession*.

Pour les réseaux de taille plus importante, le choix du mode de gestion est généralement dépendant de l'historique du réseau (lorsque la chaufferie bois est implantée sur un réseau existant), des capacités d'investissement et de suivi technique des collectivités, voire de positionnement plus politiques (par rapport notamment à l'ouverture aux opérateurs privés des services publics).

Globalement, la gestion directe est plus répandue sur les réseaux de chaleur utilisant du bois-énergie (68% sur l'ensemble et 17% sur les réseaux avec chaufferie bois de plus de 3 MW).

| Puissance bois | Gestion directe | | Gestion déléguée | | | |
|------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-----------|-------------|
| | | <i>taux</i> | Concession | <i>taux</i> | Affermage | <i>taux</i> |
| - de 500 kW | 33 | 100% | 0 | 0% | 0 | 0% |
| 500 à 1 500 kW | 22 | 92% | 2 | 8% | 0 | 0% |
| 1 500 à 3 000 kW | 6 | 40% | 6 | 40% | 3 | 20% |
| + de 3 000 kW | 4 | 17% | 14 | 61% | 5 | 22% |
| Total | 65 | 68% | 22 | 23% | 8 | 8% |

Tableau 4 : Modes de gestion des réseaux de chaleur bois

4. Caractéristiques techniques des chaufferies bois

4.1 Dimensionnement des chaufferies bois

La plupart des réseaux de chaleur équipés de chaufferies bois fonctionnent avec une ou des énergies complémentaires. Ce choix permet de limiter les montants d'investissement pour la chaufferie tout en couvrant une part importante des besoins de chaleur du réseau. En outre, les chaufferies bois ont des contraintes de fonctionnement plus fortes que les chaudières fioul ou gaz que l'on peut utiliser en appoint (les rendements de chaudières notamment se dégradent lorsque la chaudière fonctionne à bas régime).

Pour les chaufferies de petite taille (moins de 500 kW) il est cependant parfois choisi de dimensionner la chaufferie bois à un taux élevé par rapport à la puissance maximale appelée sur le réseau (cela peut par exemple correspondre à un choix technique lié aux combustibles que l'on souhaite utiliser). Il est alors préconisé de prévoir un système d'hydro-accumulation (stockage d'eau chaude) permettant un bon fonctionnement de la chaudière bois lorsque les appels de puissance sont réduits.

Les critères de dimensionnement des chaufferies bois sont les suivants :

- le taux de puissance de la chaudière bois par rapport à la puissance maximale appelée,
- le taux de couverture des besoins énergétiques par la chaufferie bois,
- le nombre d'heures théorique de fonctionnement de la chaufferie à puissance nominale (résultant du dimensionnement : énergie produite / puissance).

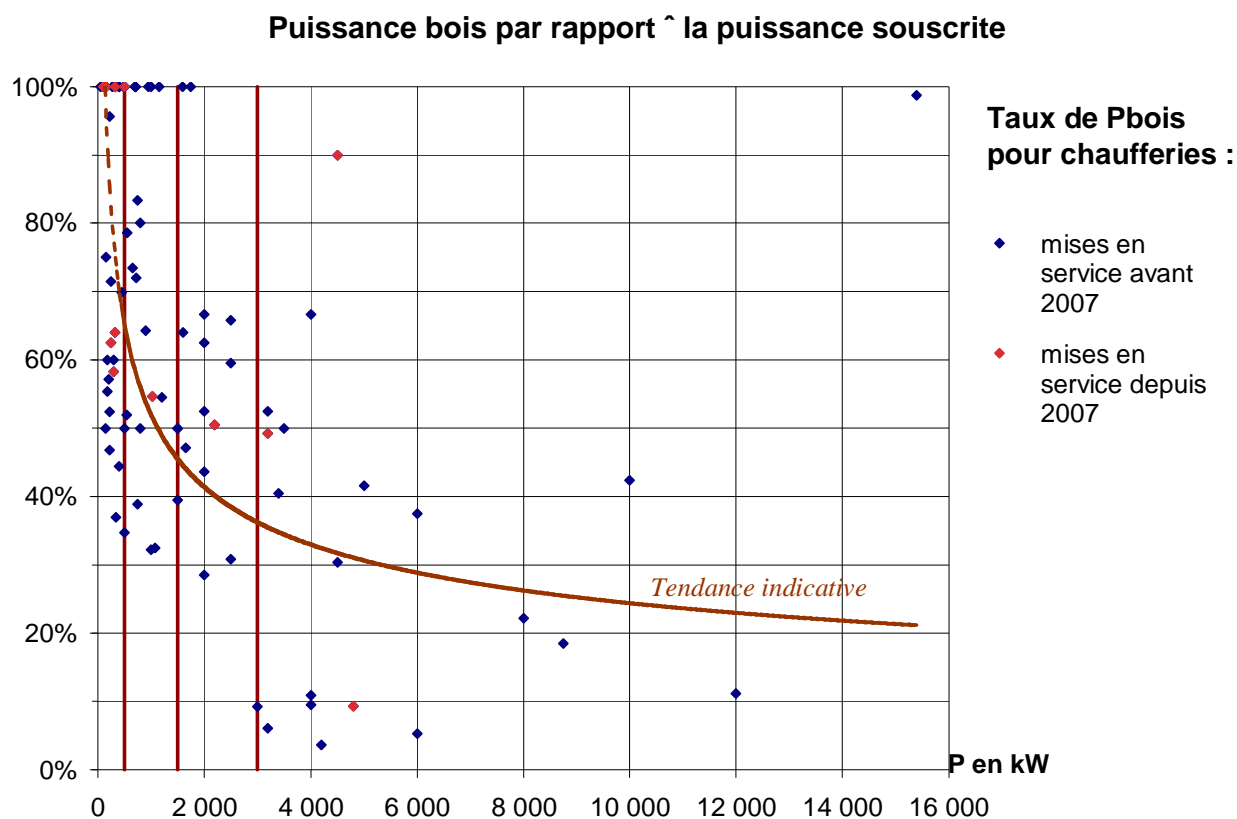
On retient comme ordre de grandeur qu'avec un dimensionnement de la chaudière bois à 45 ou 50% de la puissance maximale appelée sur le réseau, on peut couvrir 80 à 85% des besoins de chauffage.

| Puissance bois | Taux de couverture par le bois | Taux de puissance bois | Nbre d'heures équivalentes à puissance nominale bois |
|------------------|--------------------------------|--|--|
| | MWhbois/ MWh total annuel | Pbois installée/ P totale souscrite | |
| - de 500 kW | 94% | 78% | 1 483 |
| 500 à 1 500 kW | 92% | 76% | 1 849 |
| 1 500 à 3 000 kW | 88% | 57% | 2 178 |
| + de 3 000 kW | 64% | 34% | 3 277 |

Tableau 5 : Critères de dimensionnement observés sur les chaufferies bois alimentant des réseaux de chaleur

Le taux de puissance bois est présenté dans le tableau ci-dessous à titre indicatif (la puissance totale souscrite ayant pu être mal renseignée, du fait d'une confusion possible avec la puissance installée).

Le tableau ci-dessus, en présentant des valeurs moyennes par classe de puissance de chaufferie bois, ne reflète pas la grande diversité des cas rencontrés, comme le montre en revanche le graphique ci-après.



Graphique 8 : Taux de puissance bois en fonction de la puissance de la chaufferie bois

Les énergies complémentaires utilisées sont très majoritairement le fioul domestique pour les chaufferies bois jusqu'à 1,5 MW, le gaz naturel pour les chaufferies bois de plus de 2 MW (et non pour des petits réseaux souvent situés dans des collectivités rurales non desservies par le réseau gaz).

Pour 9 réseaux de chaleur, le bois fonctionne en seconde base *derrière* une cogénération au gaz naturel.

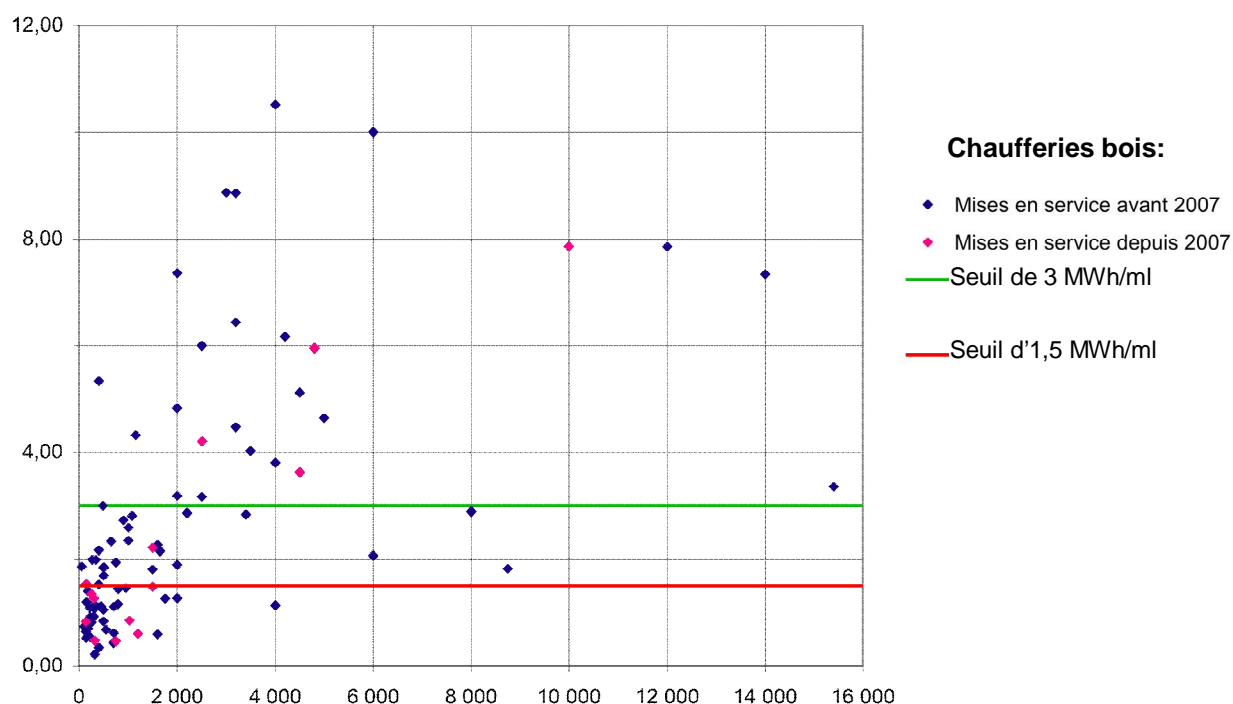
4.2 Les réseaux de chaleur

Un critère important dans le dimensionnement des réseaux de chaleur est la densité thermique du réseau, c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'énergie distribuée par le réseau et la longueur de réseau créée.

On retient habituellement comme valeur « clé » pour l'évaluation de la faisabilité économique d'un réseau de chaleur une densité thermique de l'ordre de 3 MWh par an et par mètre linéaire de réseau créé, soit environ 1 équivalent-logement pour 4 mètres de réseau.

Le critère retenu par l'ADEME dans le cadre du fonds chaleur est celui d'une densité thermique supérieure à 1,5 MWh/mètre de réseau.

Cette valeur n'est pas atteinte pour plusieurs réseaux, y compris certains mis en service à partir de 2007.



Graphique 9 : Densité thermique des réseaux en fonction de la puissance de la chaudière bois

La création de réseaux de chaleur concerne principalement les réalisations jusqu'à 3 MW de puissance de chaudière bois ; au-delà, il s'agit le plus souvent de projets d'implantation sur des réseaux existants.

On constate, y compris sur des projets de taille « modeste », des longueurs de création de réseau importantes, jusqu'à 3,2 kilomètres de tranchée pour une puissance de chaudière bois installée inférieure à 1,5 MW.

Le terme « taux de création de réseau » utilisé dans les tableaux 6 et 7 correspond - au nombre de nouveaux réseaux de chaleur au bois créés - rapporté au nombre total de réseaux de chaleur au bois pour chacune des 4 classes de puissance.

| Puissance bois | Taux de création de réseau | Densité moyenne | Longueur max des réseaux créés |
|------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | en MWh/ml | en km |
| - de 500 kW | 93% | 1,31 | 1,17 |
| 500 à 1 500 kW | 83% | 1,57 | 3,20 |
| 1 500 à 3 000 kW | 94% | 2,91 | 3,60 |
| + de 3 000 kW | 26% | 4,92 | 15,00 |

Tableau 6 : *Caractéristiques des réseaux en service en 2009*

| Puissance bois | Taux de création de réseau | Densité moyenne | Longueur max des réseaux créés |
|------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| | | en MWh/ml | en km |
| - de 500 kW | 100% | 1,09 | 1,00 |
| 500 à 1 500 kW | 100% | <i>pas de valeurs</i> | 3,20 |
| 1 500 à 3 000 kW | 100% | 2,64 | 2,50 |
| + de 3 000 kW | 33% | 5,82 | 3,90 |

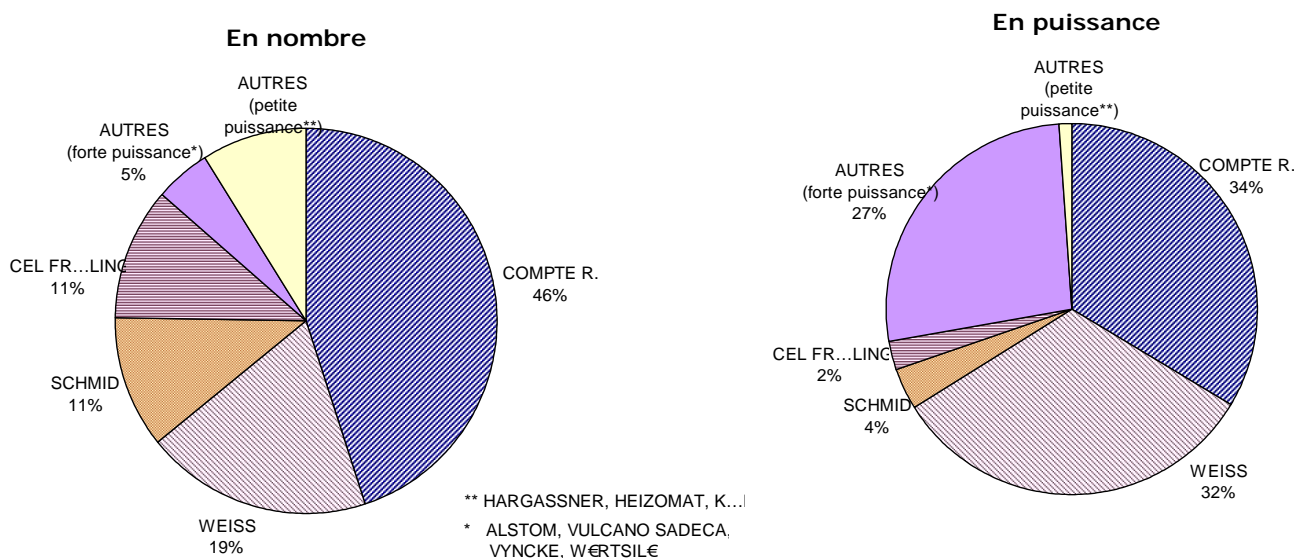
Tableau 7 : *Caractéristiques des réseaux en service au 1^{er} janvier 2007*

Les petits à moyens réseaux mis en service à partir du 1^{er} janvier 2007 semblent présenter une densité plus faible par rapport à la moyenne de tous les réseaux en service en 2009. Ceci pourrait s'expliquer par l'augmentation du raccordement de logements individuels observés sur le graphique 5.

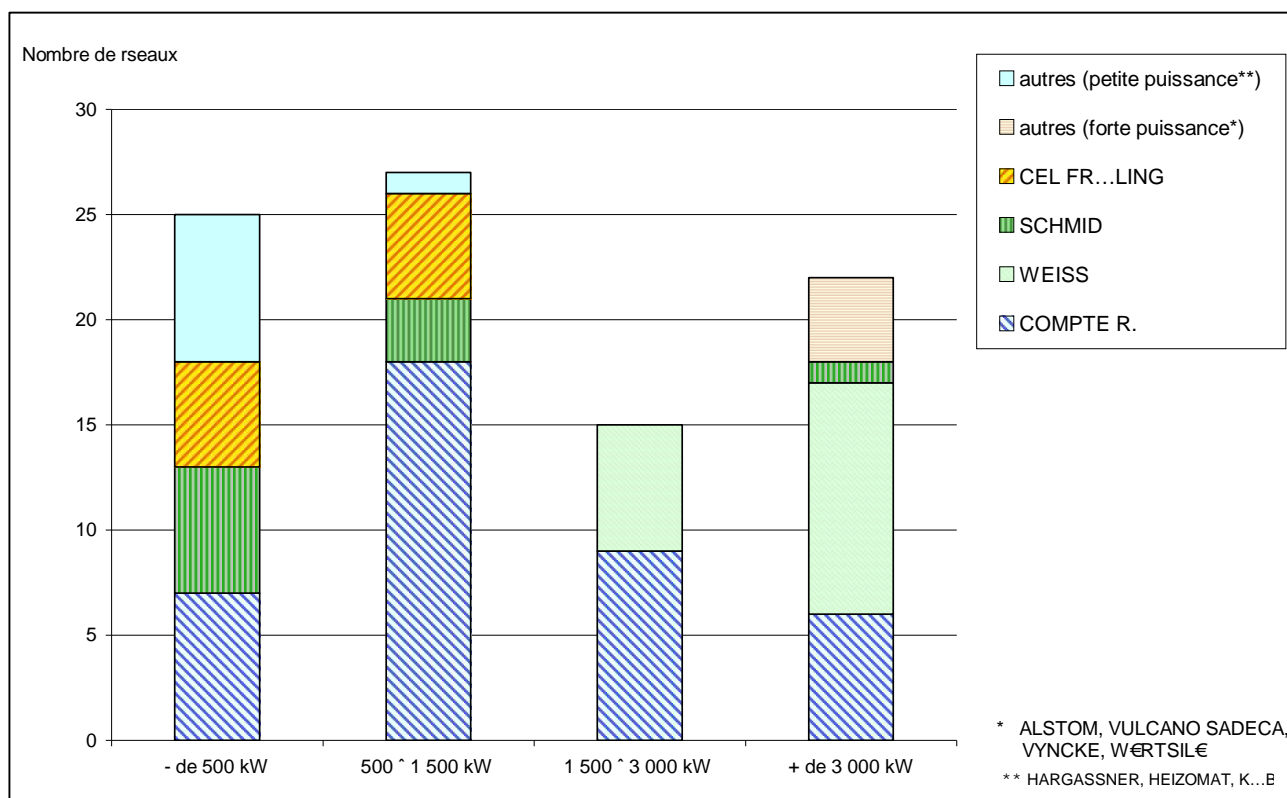
Les valeurs présentées par le tableau 7 sont néanmoins à prendre avec précaution, l'échantillonnage étant de : 6 pour les chaudières de moins de 500 kW et de 3 pour les deux autres catégories renseignées.

4.3 Les constructeurs de chaudières

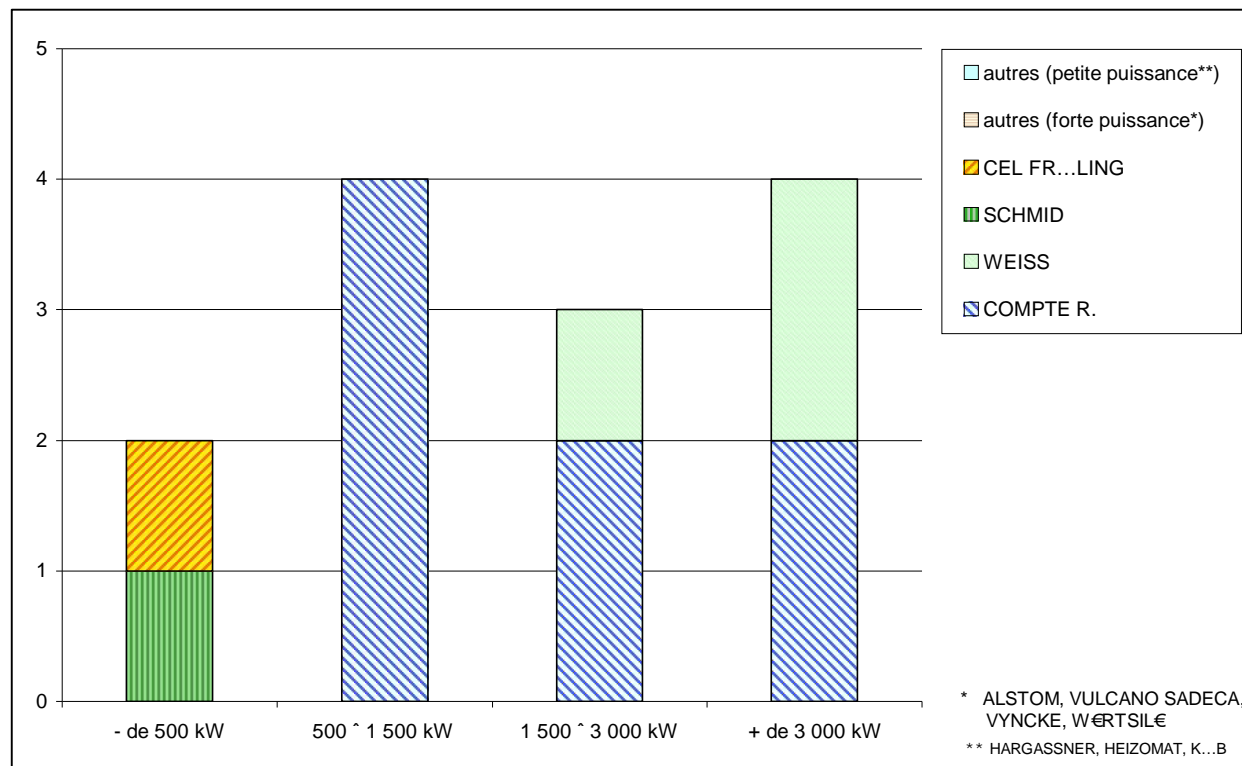
Le marché des chaudières bois implantées sur des réseaux de chaleur se partage actuellement entre quatre principaux constructeurs : COMPTE R., WEISS, SCHMID et CEL FRÖLING. D'autres constructeurs présentent quelques références pour des chaudières de moins de 500 kW (HARGASSNER, HEIZOMAT et KÖB) ou, à l'opposé, pour de grandes chaudières industrielles (ALSTOM, VULCANO SADECA, VYNCKE et WÄRTSILÄ).



Graphique 10 : *Le marché des chaufferies bois sur réseaux de chaleur*



Graphique 11 : Les constructeurs de chaufferies bois en 2009 en fonction de la puissance bois



Graphique 12 : Les constructeurs de chaufferies bois mises en services après le 1^{er} janvier 2007 en fonction de la puissance bois (13 questionnaires renseignés sur les 19 recensés)

On constate que le constructeur WEISS ne s'est plus positionné que sur des puissances de chaudières supérieures à 1500 kW. Le constructeur COMPTE R est le seul recensé dans la gamme intermédiaire de 500 kW à 1 500 kW.

4.4 Les caractéristiques techniques des chaufferies

Les choix de conception des chaufferies sont liés aux contraintes spécifiques à chaque projet, à la puissance thermique de l'équipement et aux solutions techniques propres à chaque constructeur.

On peut ainsi proposer l'inventaire des solutions techniques mises en œuvre sur ces chaufferies bois, élément par élément constitutif d'une chaufferie bois.

4.4.1 Stockage du combustible

Les deux grandes familles de stockage de combustible sont :

- le stockage enterré, généralement avec une livraison par débennage direct des camions dans le silo de stockage,
- le stockage de plain-pied, qui implique généralement une reprise du combustible entre l'aire de livraison et celle de stockage actif de la chaufferie.

| Puissance de la chaudière bois | Stockage du combustible | |
|--------------------------------|-------------------------|---------------|
| | Enterré | de plain-pied |
| - de 500 kW | 63% | 37% |
| 500 ~ 1 500 kW | 72% | 28% |
| 1 500 ~ 3 000 kW | 67% | 33% |
| + de 3 000 kW | 41% | 59% |
| Total | 60% | 40% |

Tableau 8 : Mode de stockage du combustible

4.4.2 Système d'alimentation de la chaudière

Les systèmes de reprise du combustible et d'extraction de la zone de stockage sont très dépendants de la taille du stockage. Pour les plus petits volumes, l'extraction par pâles rotatives en fond de silo est la plus utilisée. Les mécanismes d'échelles racleuses et poussoirs hydrauliques, carrossables ou non, sont les plus répandus dans l'ensemble.

L'utilisation de chargeurs, qui présentent l'avantage d'une grande souplesse de fonctionnement mais l'inconvénient de mobiliser un conducteur, se rencontre aussi bien sur les petites chaufferies, où ils permettent de reprendre le combustible d'un hangar de stockage proche de la chaufferie pour alimenter le silo actif de la chaufferie, que sur les grandes chaufferies industrielles où ils permettent une grande souplesse de gestion du parc de stockage de combustible.

| Puissance de la chaudière bois | Système d'alimentation | | | | |
|--------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|----------|---------|
| | pâles rotatives | chelles / poussoir | chelles carrossables | chargeur | grappin |
| - de 500 kW | 67% | 15% | 0% | 15% | 3% |
| 500 ~ 1 500 kW | 39% | 50% | 0% | 11% | 0% |
| 1 500 ~ 3 000 kW | 0% | 73% | 0% | 9% | 18% |
| + de 3 000 kW | 0% | 39% | 15% | 25% | 21% |
| Total | 30% | 38% | 5% | 17% | 10% |

Tableau 9 : Système de reprise du combustible

4.4.3 Filtration des gaz de combustion

Les systèmes de filtration des gaz de combustion sont évidemment liés aux contraintes réglementaires. En dessous de 1 500 kW, seuls des systèmes de filtration par dispositif cyclonique sont utilisés. Ils sont soit intégrés à la chaudière, soit placés en sortie de chaudière.

A partir des niveaux de puissance pour lesquels un système de filtration complémentaire s'impose (limite réglementaire de 50 à 100 mg/Nm³ à partir d'une puissance de chaufferie bois de 4 MW installée « entrée chaudière », parfois imposée dans les prescriptions techniques des chaufferies en dessous de cette puissance), le choix peut être fait entre un système d'électrofiltre, le plus répandu, ou un filtre à manche. Des arguments en faveur de l'une ou l'autre solution doivent être pris en compte.

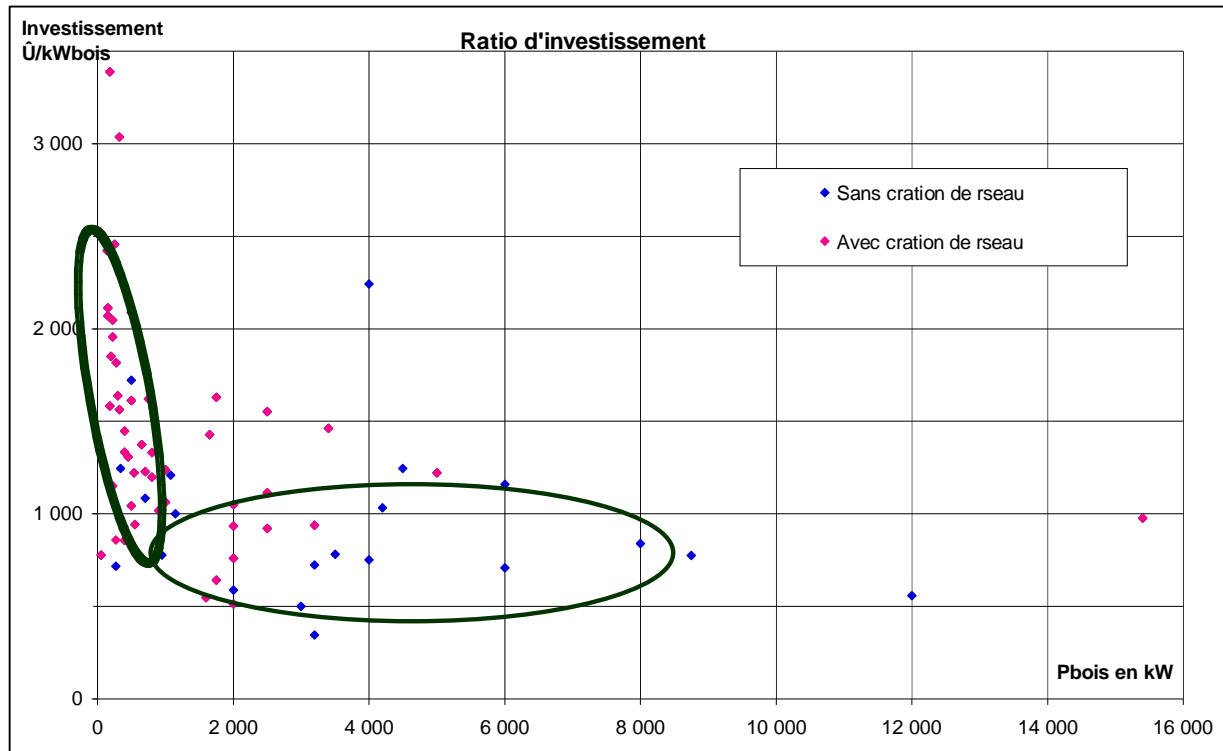
| Puissance de la chaudière bois | Filtration des fumées | | |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| | Uniquement cyclone | Filtre à manche | Electrofiltre |
| - de 500 kW | 94% | 6% | 0% |
| 500 à 1 500 kW | 100% | 0% | 0% |
| 1 500 à 3 000 kW | 87% | 13% | 0% |
| + de 3 000 kW | 14% | 29% | 57% |
| Total | 71% | 13% | 17% |

Tableau 10 : Système de filtration des gaz de combustion

5. Économie des réseaux de chaleur bois

5.1 Investissement

L'effet d'échelle est assez sensible sur le ratio d'investissement rapporté à la puissance de la chaufferie bois, en tous cas jusqu'à un niveau de puissance de l'ordre de 2 MW. L'investissement qui a été considéré est l'investissement total incluant la création du réseau de chaleur le cas échéant.



Graphique 13 : Ratio d'investissement rapporté à la puissance de la chaufferie bois

À quelques valeurs extrêmes près, les ratios d'investissement se situent, hors création de réseau de chaleur, entre 500 et 1000 €/HT/kW pour les installations de plus de 1,5 MW, et de 700 à 1 300 €/HT/kW pour les installations de puissance plus faible.

Pour les projets avec création de réseau de chaleur, ce ratio est évidemment très lié au poids du réseau. Le ratio d'investissement est majoré de l'ordre de 300 à 500 €/HT/kW.

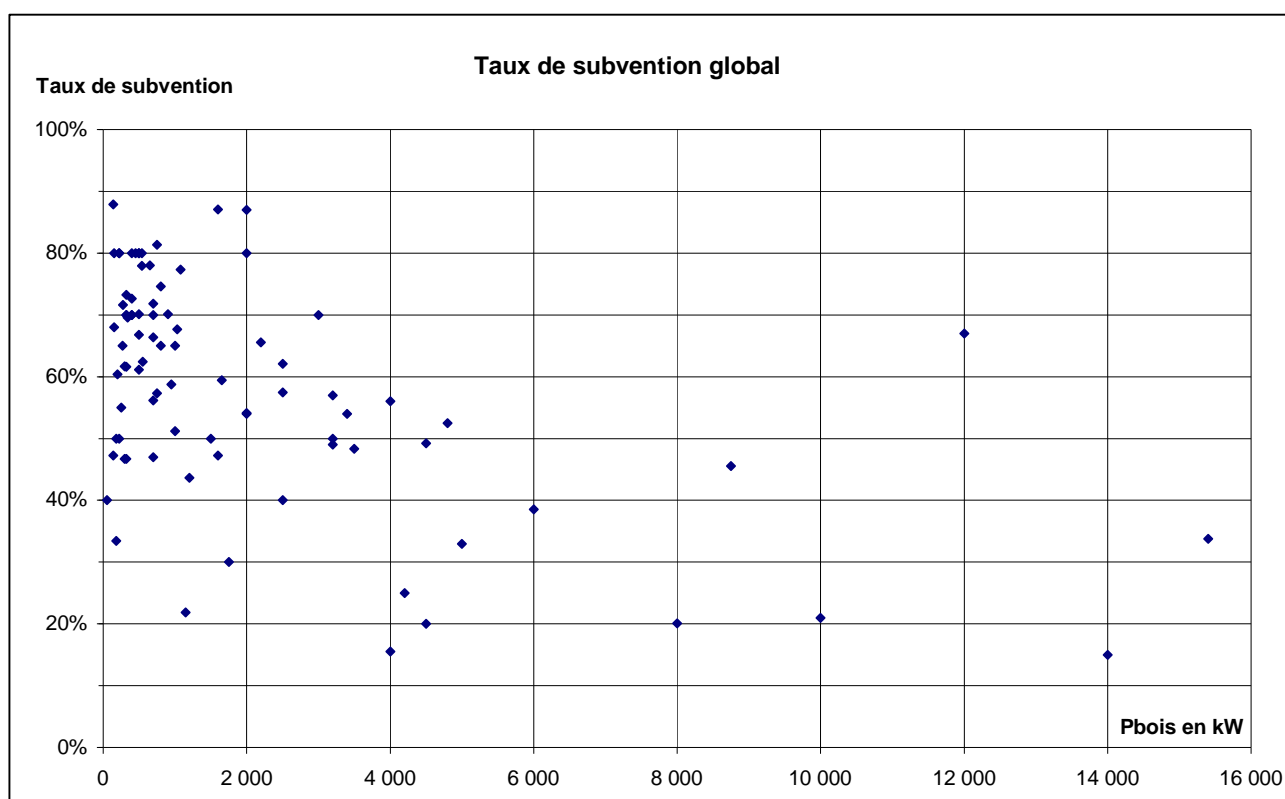
| Puissance de chaudière bois | sans création de réseau | échantillon sans création de réseau | avec création de réseau | échantillon avec création de réseau |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| - de 500 kW | | 0 | 1 831 | 25 |
| 500 à 1 500 kW | 1 270 | 3 | 1 222 | 21 |
| 1 500 à 3 000 kW | 589 | 1 | 1 083 | 15 |
| + de 3 000 kW | 836 | 15 | 1 049 | 6 |
| Moyenne | 726 | 19 | 1 117 | 67 |

Tableau 11 : Ratio d'investissement total actualisé, en €/HT/kW_{bois}

Le tableau 11 présente les différents ratios d'investissement actualisé rapportés à la puissance de la chaudière bois. L'actualisation consiste à ramener sur une même base (année de référence prise généralement au démarrage du projet) des investissements qui se produisent à des dates différentes, pour pouvoir ensuite les comparer ou les additionner sans fausser l'analyse. Les ratios pour les chaufferies mises en place sans création de réseau sont présentés à titre indicatif, l'échantillonnage étant très faible.

5.2 Les subventions

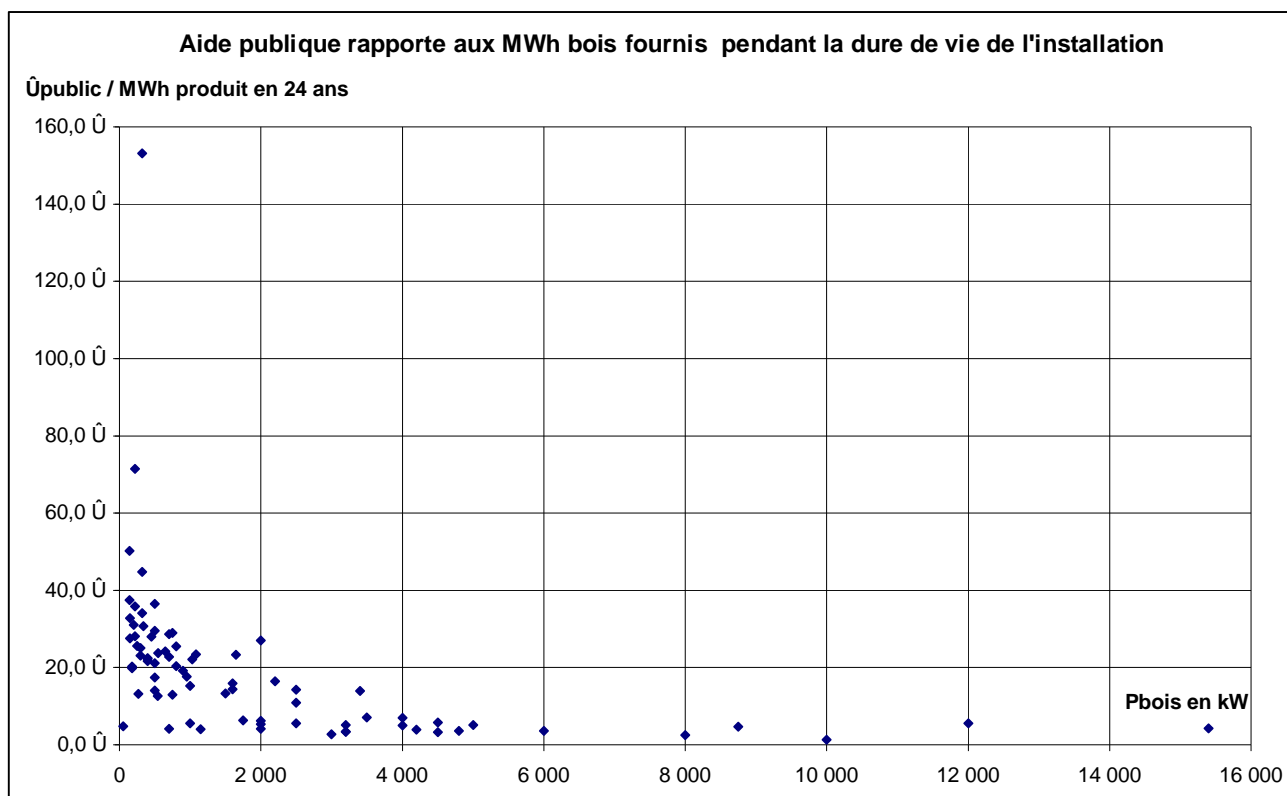
Les taux de subvention constatés sur les réalisations de chaufferies bois alimentant des réseaux de chaleur sont dans un spectre assez large, de 15% du montant total à 90% pour certains projets. Le niveau de subvention considéré est le total des aides publiques provenant de l'ADEME, les Régions, les Départements et l'Europe le cas échéant.



Graphique 14 : Taux de subvention global en fonction de la puissance bois

Même si l'on constate des écarts qui reflètent probablement un contexte spécifique à chaque projet, le taux de subvention est tendanciellement décroissant avec le niveau de puissance : alors que le taux moyen observé pour les chaufferies de moins de 1 500 kW est situé entre 65 et 70%, il est plutôt de 50 à 60% entre 1,5 et 3 MW puis 40 à 45% au-delà.

On peut également raisonner en termes d'aide publique rapportée à la fourniture d'énergie par les chaufferies bois (donc à la substitution d'énergies fossiles). Le « coûts en aide publique » est alors très nettement décroissant en fonction de la puissance de chaudière bois, avec un rapport de 1 à 8 entre les chaufferies de moins de 500 kW et celles de plus de 3 MW. Ce graphique montre, bien plus que le raisonnement précédent ramené au kW installé, la cohérence des aides publiques dictées par une logique d'aide à la production d'énergie renouvelable et non pas à la simple installation de moyens de production. Les projets de taille plus modeste s'intègrent évidemment dans une logique de développement local et d'entretien de l'espace rural qui peut justifier d'une aide publique majorée par rapport aux grands projets.



Graphique 15 : Investissement public rapporté aux MWh bois fournis par an

Le tableau 12 présente : le taux de subvention moyen en fonction des quatre catégories de puissance de chaudières bois ainsi que le coût en « aide publique » par MWh bois annuel.

| Puissance de chaudière bois | Taux de subvention moyen | Coûts en "aide publique" du MWh bois annuel |
|-----------------------------|--------------------------|---|
| moins de 500 kW | 65% | 1 100 € |
| 500 à 1500 kW | 66% | 628 € |
| 1500 à 3000 kW | 60% | 391 € |
| plus de 3000 kW | 40% | 146 € |
| Moyenne | 46% | 619 € |

Tableau 12 : Analyse des financements publics

La moyenne globale des taux de subvention moyens a été obtenue en divisant le total des aides actualisée (formule permettant d'obtenir des niveaux d'aides comparables alors que perçues à des dates différentes) par le total des investissements totaux réalisés.

En revanche, la moyenne des coûts en « aide publique » du MWh bois annuel a été obtenue en divisant le total des coûts en « aide publique » du MWh bois par le nombre de valeurs données.

5.3 Prix de vente de l'énergie

Le prix moyen de vente de l'énergie par les réseaux de chaleur alimentés par des chaufferies bois, mesuré via la présente enquête menée dans le cadre du CIBE, est cohérent avec le prix constaté dans l'enquête AMORCE sur les prix de vente de la chaleur conduite à l'échelle de l'ensemble des réseaux de chaleur.

Le prix moyen de vente de la chaleur par les réseaux de chaleur français se situe à 59,7 €/HT/MWh. Pour les réseaux de chaleur alimentés par des chaufferies bois, il est mesuré entre 57,9 €/HT/MWh (enquête CIBE) et 51,4 €/HT/MWh (enquête AMORCE).

Le principe même de financement calculé pour un équilibre économique donné conduit à des prix de vente de la chaleur assez peu en rapport avec le prix de revient, mais plutôt fonction des niveaux de concurrence avec les autres sources d'énergie.

L'analyse par tranche de puissance de chaufferie bois montre une dégressivité en fonction de la puissance bois. On peut rappeler :

- que les chaufferies bois mises en œuvre en milieu rural (- de 500 kW voire certaines jusqu'à 1 500 kW) le sont hors zone de desserte du gaz naturel, avec donc une mise en concurrence avec les solutions fioul, ce qui permet un prix de vente un peu supérieur tout en restant compétitif,
- que pour les chaufferies de plus de 3 MW, elles sont généralement mises en œuvre sur des réseaux de chaleur préexistants, le bois ne représentant qu'une part pas toujours majoritaire du bouquet énergétique ; le prix n'est ainsi que partiellement lié à l'introduction de bois-énergie.

| Puissance de chaudière bois | Prix moyen €/HT/MWh |
|-----------------------------|---------------------|
| - de 500 kW | 62,8 |
| 500 à 1 500 kW | 59,2 |
| 1 500 à 3 000 kW | 56,7 |
| + de 3 000 kW | 53,1 |
| Moyenne | 57,9 |

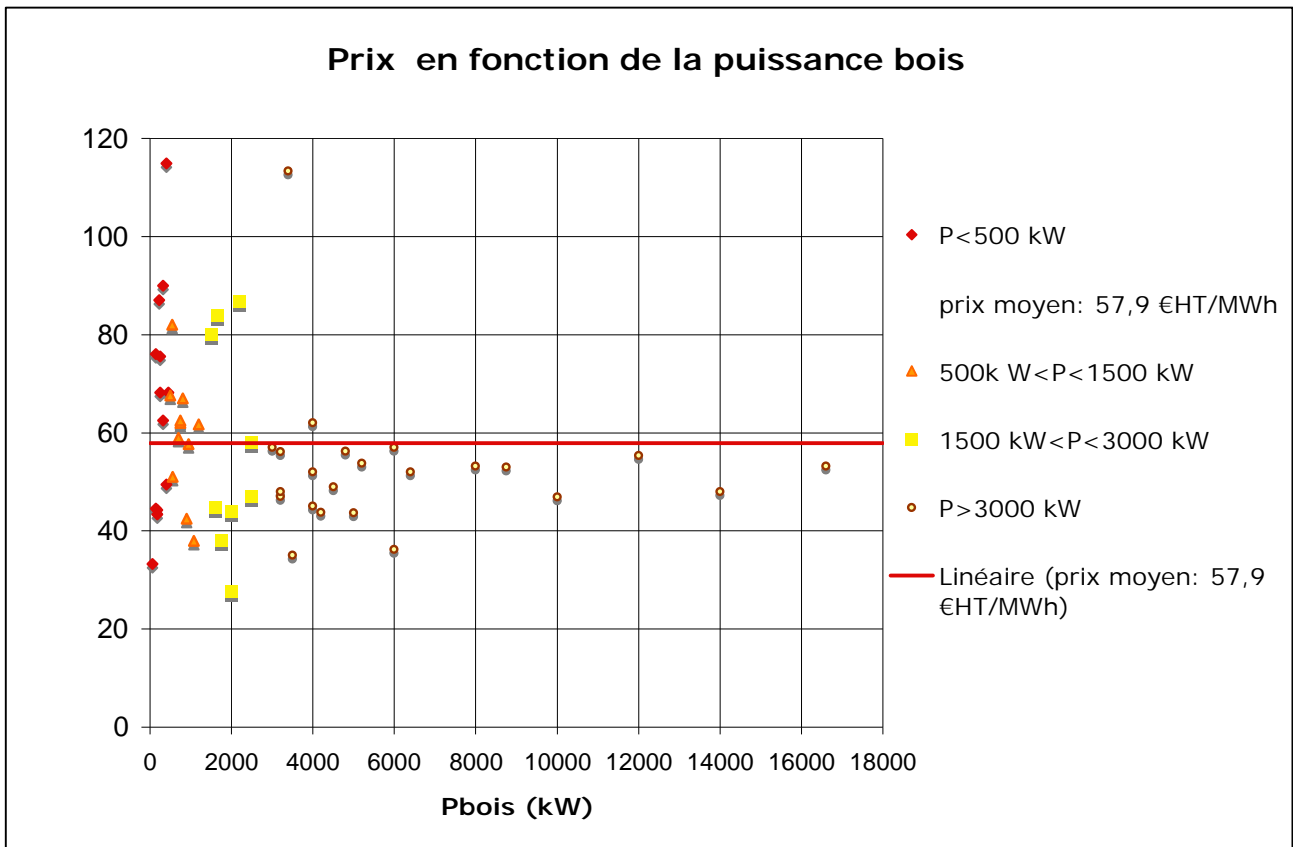
Enquête AMORCE sur les prix de vente en 2008

| | |
|------------------------------------|------|
| Prix moyen : | 59,7 |
| Prix moyen pour les réseaux bois : | 51,4 |

Tableau 13 : Prix de vente de la chaleur

Le tableau 13, en présentant des valeurs moyennes par classe de puissance, ne permet pas d'illustrer la grande diversité des cas rencontrés, comme le montre en revanche le graphique ci-après.

Les quelques points « atypiques » concernent des réseaux en difficulté (surdimensionnement de la chaufferie bois, choix d'une chaufferie bois « de luxe » pour peu d'heures de fonctionnement, ...).



Graphique 16 : Prix de la chaleur en fonction de la taille de la chaufferie bois installée

Le décalage constaté entre le prix moyen des réseaux de chaleur alimentés à partir de chaufferies bois "selon l'enquête CIBE" ou "selon l'enquête AMORCE" (cf. tableau 13) s'explique par le fait que l'enquête dite AMORCE se base sur les réponses faites dans le cadre de l'enquête annuelle de branche, à laquelle répondent principalement les "gros" réseaux, d'où une moyenne tirée vers le bas.

6. Retours d'expérience

Ce dernier volet de l'enquête visait à identifier les principales difficultés rencontrées lors du montage du projet ou dans la phase de mise en service.

À noter que si ce chapitre peut apparaître comme un inventaire des mésaventures rencontrées, le ressenti global des maîtres d'ouvrage interrogés est globalement très positif, les écueils ayant été généralement surmontés ou restant mineurs face aux apports de ces réalisations.

6.1 Difficultés rencontrées lors du montage du projet

Les difficultés rencontrées lors du montage du projet ont été pointées par 60% des personnes interrogées (36 sur 58). On peut distinguer deux catégories : les « petites » chaufferies, de moins de 1,5 MW, et les chaufferies de plus forte puissance.

Pour **les petits réseaux de chaleur** (rappelons qu'il s'agit presque exclusivement de créations de réseaux de chaleur en milieu rural), les difficultés pointées par les maîtres d'ouvrage sont principalement liées aux questions de montage juridique et d'accompagnement sur ces questions :

- un conseil insuffisant sur les montages juridiques et leurs implications (cité 12 fois) ; les maîtres d'ouvrage sont satisfaits de l'accompagnement technique par leurs bureaux d'études, mais ont parfois le sentiment que les questions de montage juridique (en régie en l'occurrence) n'étaient pas traitées (la mission confiée au bureau d'études ne le prévoyait pas nécessairement).
- un manque d'accompagnement concret du type (cité 1 fois, mais assez lié à l'alinéa précédent) : modèles de documents contractuels sur l'approvisionnement en bois, sur la vente de chaleur (polices d'abonnements et règlements de service), exemples de délibération de Conseil municipal...

Pour **les chaufferies de plus forte puissance**, les remarques sont d'un autre ordre :

- pour les réseaux de chaleur créés à l'occasion du projet bois-énergie, la difficulté à convaincre les abonnés potentiels de se raccorder au réseau, même lorsque l'économie globale est en faveur du chauffage urbain, du fait d'une perception négative de certaines contraintes liées à ces projets (l'engagement sur du long terme en particulier),
- pour les réseaux de chaleur existants, plusieurs maîtres d'ouvrage (3) ont cité comme écueil rencontré en cours de montage du projet la remise à plat, liée à la création d'une chaufferie bois, des arrêtés d'autorisation d'exploiter ou des dossiers de déclaration, ce qui a entraîné des démarches qui n'avaient pas été anticipées en phase de faisabilité ; la difficulté à atteindre l'équilibre économique et financier du projet est également pointée par ces maîtres d'ouvrage(2).

Cinq réseaux de chaleur de tailles diverses ont signalé le retard des subventions provenant de l'union européenne.

6.2 Difficultés rencontrées dans le fonctionnement

Plus des trois quart des maîtres d'ouvrage interrogés (51 sur 58) a fait part de difficultés rencontrées dans le fonctionnement de la chaufferie, la plupart pendant les phases de mise en service et ayant été résolues depuis.

Les **problèmes techniques** peuvent concerner les différents éléments de la chaufferie ; ils sont en partie liés aux questions d'approvisionnement et de mise au point de la qualité du combustible :

- la conception des aires de stockage et de livraison du combustible (2 citations) :
 - o circulation et manœuvre des camions,
 - o volume et débit des fosses tampon pour la livraison,
 - o capacité de stockage trop juste,...

- les équipements de dessilage et de convoyage (8 citations) :
 - o voûtage dans les silos,
 - o bourrage des équipements de transfert,
 - o encrassement lié aux envols de poussières,...

- la chaudière elle-même (6 citations) :
 - o fonctionnement des grilles,
 - o tenue des réfractaires,
 - o systèmes de décendrage,...

- le traitement des fumées (3 citations) :
 - o qualités de filtration,
 - o incendie de filtre à manche,...

- le réseau de distribution (tuyaux, comptage, télérelève - 4 citations) :
 - o problème de déperditions sur un réseau de chaleur surdimensionné par rapport aux besoins initiaux du réseau,
 - o problèmes de mise en place de télérelève sur de petits réseaux de chaleur ruraux,...

Les problèmes de **qualité d'approvisionnement** et de mise au point à la mise en service de la chaufferie sont cités à 20 reprises : humidité, granulométrie, présence d'impuretés et non constance de la qualité d'approvisionnement.

Les problèmes de **voisinage**, peu cités (8), concernent l'impact lié au panache en sortie de cheminée (2), la perception d'un léger bruit (vibration, résonance), le bruit dû au frottement de la vis d'alimentation (1) et le bruit produit par le déchiquetage lorsque celui-ci est réalisé sur place (1),

L'échantillon est trop modeste pour permettre une évaluation de l'évolution des problèmes de fonctionnement rencontrés sur ces chaufferies : on peut supposer qu'une partie au moins de ces difficultés a été résolue par les concepteurs de chaufferies (bureaux d'études et constructeurs) et par les sociétés d'approvisionnement en combustible, qui permettent d'éviter les aléas de mise en service des chaufferies.

7. Le développement des réseaux de chaleur bois

7.1 Segmentation des réseaux de chaleur bois

Sur la base de l'enquête présentée, on peut proposer une segmentation assez marquée entre trois grands contextes d'implantation de chaufferies bois sur des réseaux de chaleur :

-> réseaux ruraux :

Une première catégorie de projets consiste à *créer* des réseaux de chaleur dans des communes de moins de 5 000 habitants, avec des chaufferies bois jusqu'à 1 MW. Ils sont presque uniquement exploités en régie. Ils représentent aujourd'hui 47% de l'effectif de l'enquête et 7% de la consommation de bois. Le taux de couverture moyen de leurs chaufferies bois est de 82%.

-> réseaux créés en milieu urbain :

Deuxième type de projets, la *création* de réseaux de chaleur dans des communes de plus de 5 000 habitants, avec des chaufferies de plus de 1,5 MW, exploitées principalement en délégation de service public (DSP). Ils représentent 12% de l'effectif actuel et 24% de la consommation de bois. Le taux de couverture moyen de leurs chaufferies bois est de 86%.

-> substitution sur de grands réseaux existants :

Dernier segment considéré, les projets avec mise en place de chaufferies bois sur des réseaux de chaleur existants dans de grandes agglomérations, donc en *simple* substitution. Il s'agit principalement de réseaux exploités en DSP. Ils représentent eux aussi 17% de l'effectif, mais 56% de la consommation de bois. Le taux de couverture moyen de leurs chaufferies bois est de 44%.

Ces trois familles regroupent donc 76% de l'effectif et 87% de la consommation de bois. Les réseaux restants peuvent d'une façon ou d'une autre se raccrocher à l'une de ces catégories sans entrer dans l'ensemble des critères retenus.

Les logiques de développement de projets et les stratégies à mettre en place sont très différentes entre ces trois familles de projets.

7.2 Des stratégies différenciées

7.2.1 Les réseaux ruraux

Cette catégorie est en fort développement depuis 1997: l'effectif a été décuplé en 12 ans. Ces projets répondent à une attente forte en milieu rural, où les problématiques de développement de filières locales sont prédominantes.

Leur « coût public » est important puisqu'ils ont été montés avec des taux de subvention dépassant assez nettement les 60%, soit de 900 à 1700 €/MWh bois.an.

L'une des contraintes importantes pour le montage de ce type de réseaux est la nécessité d'un engagement dans la durée pour les usagers du réseau, alors que l'économie du projet repose sur un faible nombre d'usagers (la moindre défection pèse donc rapidement très lourd sur l'économie globale).

Les besoins que l'on peut recenser pour ce type de projets sont surtout de l'ordre de :

- l'animation et l'accompagnement dans les phases de montage,
- des documents d'information spécifiques pour ce type de projets,
- une assistance au montage juridique,

- une bonne anticipation des contraintes d'exploitation, en particulier sur les outils de gestion, de relevé et de facturation du réseau.

Les moyens disponibles pour le financement d'une assistance à maîtrise d'ouvrage sont souvent limités dans cette catégorie de projet, alors que les questions de montage sont particulièrement prégnantes. C'est également pour ces projets que les besoins de formation et d'accompagnement sont les plus importants pour les personnels en charge de l'exploitation des équipements (des employés communaux polyvalents pour la gestion quotidienne de la chaufferie, des personnels administratifs pour la facturation et le suivi des contrats...).

Le développement de ces projets passe, plus encore que pour les autres catégories de projets, par la **structuration d'équipes locales** (intercommunales ou départementales) permettant de fédérer les moyens d'animation et d'assistance au montage d'opération, voire de prendre en charge tout ou partie de la maîtrise d'ouvrage (comme le font certains syndicats d'énergie départementaux).

7.2.2 *Les réseaux créés en milieu urbain*

Ce type de réalisations est lui aussi en croissance importante depuis 1997 (effectif multiplié par 3). Son développement entre dans une logique de structuration de projets autour de quelques bâtiments ou ensembles de bâtiments majeurs : établissements de soins, lycées, collèges, groupes de logements collectifs... L'enjeu principal est de convaincre les quelques maîtres d'ouvrage clés à s'engager de façon durable dans un investissement collectif. Là aussi les taux de subvention ont souvent dépassé 60%, mais le coût ramené à l'énergie est nettement inférieur, de l'ordre de 100 à 700 €/MWh bois.an.

Les besoins que l'on peut recenser pour ce type de projets sont surtout de l'ordre de :

- l'animation et l'accompagnement dans les phases de montage, en particulier une bonne évaluation des potentiels de raccordement et l'élaboration de documents d'information ciblés pour les usagers potentiels, en particulier une présentation personnalisée des conditions techniques et financières proposées aux établissements susceptibles d'être raccordés au réseau,
- une assistance à maîtrise d'ouvrage compétente en matière de délégation de services publics et de procédure « Loi Sapin », les communes d'implantation de ces projets ayant souvent peu d'expérience dans ce domaine,
- la structuration de l'approvisionnement autour d'interlocuteurs fiables pour des besoins de l'ordre de 2 000 à 4 000 tonnes de bois par an.

La réussite de ces projets passe par la définition et le financement d'une **mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage** particulièrement soignée et compétente. Elle doit s'appuyer sur les structures d'animation et d'approvisionnement existantes localement si elles existent et à défaut en intégrer une partie.

Le développement de ce segment passe par l'identification des établissements porteurs et la sensibilisation, probablement à une échelle régionale ou départementale, des principaux maîtres d'ouvrage, leurs structures de tutelle ou leurs fédérations : bailleurs sociaux, établissements de soin, services bâtiments des Conseils généraux et des Conseils régionaux...

7.2.3 *La substitution sur des réseaux existants*

Le développement de ces projets, qui représentent déjà plus de 40% de la contribution énergétique du bois-énergie sur les réseaux de chaleur, semble s'être accéléré ces derniers temps, avec la mise en service de chaufferies bois sur des réseaux de plusieurs dizaines de mégawatts.

Les niveaux de subvention constatés jusqu'à présent sur ce segment sont en moyenne de 40%, soit de l'ordre de 30 à 160 €/MWh bois.an.

L'intérêt de ces projets, où les questions économiques sont encore plus dominantes que pour les segments précédents, est accru par plusieurs éléments contextuels :

- les mesures de réduction des taux de TVA sur l'abonnement aux réseaux de chaleur et la fourniture de chaleur elle-même lorsqu'elle est produite à partir d'énergies renouvelables ou de récupération ; les réseaux de chaleur utilisant déjà des énergies de récupération (sur UIOM par exemple), mais dont le

taux de couverture des besoins est inférieur à 60%, ont pour principal moyen d'atteindre ce seuil de 50% la mise en place d'une chaufferie bois,

- l'entrée en vigueur du système d'échange de quotas de CO₂, en 2005, dont l'impact sur les réseaux de chaleur est fortement accentué par la réduction des quotas alloués pour la seconde période (2008-2012) ; là encore, la mise en œuvre de chaufferies bois est l'un des vecteurs de réduction des émissions les plus efficaces (environ 180 réseaux de chaleur français, les plus gros, sont confrontés à la problématique quotas),
- l'arrivée à échéance, dans les 5 à 10 prochaines années, des contrats d'obligation d'achat de l'électricité produite par les centrales de cogénération au gaz naturel (environ 200 réseaux de chaleur sont concernés en France, la production thermique par cogénération représentant 26% de leur bouquet énergétique) ; ces centrales seront probablement pour une grande part maintenues en service (cela dépendra évidemment des conditions d'achat de l'électricité qui pourront être proposées soit dans le cadre d'une nouvelle obligation d'achat pour les installations rénovées, soit sur le marché de l'électricité), mais cette échéance sera aussi l'occasion d'opportunité d'évolution du mix énergétique des réseaux concernés vers une part accrue de bois-énergie.

Les facteurs de réussite pour ce type de projets sont surtout de l'ordre de :

- l'accompagnement pour l'intégration du projet et de l'installation dans son environnement (en particulier pour favoriser l'acceptation d'un équipement industriel en milieu urbain et de la circulation de camions pour la livraison de combustible), ce qui passe par un **relais d'animation et d'organisation de la concertation locale** (de type agence locale de l'énergie),
- la bonne conception technique de l'installation pour son intégration dans le fonctionnement préexistant du réseau de chaleur et pour limiter l'impact environnemental de l'équipement (panache de fumée, circulation et vidange des camions...), ce qui est du ressort de **l'équipe de maîtrise d'œuvre et de l'AMO**,
- disposer d'interlocuteurs fiables sur la **structuration de l'approvisionnement** pour des besoins pouvant atteindre 20 000 à 30 000 tonnes de bois par an.

8. Conclusion

Le nombre de réseaux de chaleur alimentés par des chaufferies bois est en forte croissance depuis une dizaine d'années. On en dénombrait une quinzaine en 1997, ils étaient 75 en 2007, année de la précédente enquête, et la présente enquête en recense 149. Sur ces 149 réseaux enquêtés, certains sont des « faux nouveaux » : non identifiés en 2007, ils n'ont répondu à l'enquête que cette année.

Les motivations pour le développement de cette filière sont centrées autour des questions :

- du développement local, surtout pour les projets en milieu rural,
- du changement climatique (le bois-énergie semble aujourd'hui bien identifié comme l'un des vecteurs principaux de développement de la chaleur renouvelable),
- de l'économie et de la maîtrise des coûts de chauffage, thème à la fois initiateur de projet (en particulier sur les grands réseaux de chaleur) et condition de réalisation sur les projets où les deux premiers points sont cités comme motivation principale ; les aides au financement demeurent indispensables, quelle que soit la taille des projets.

Les caractéristiques des installations sont nettement contrastées en termes d'initiative et de portage des projets, de caractéristiques techniques, d'équilibre économique et d'efficacité en termes de substitution d'énergies fossiles, en fonction d'une typologie que l'on constate en trois segments :

- les réseaux créés en milieu rural,
- les réseaux créés en milieu urbain,
- la substitution d'énergies fossiles sur des réseaux existants.

Les opportunités et stratégies de développement doivent être déclinées de manières différentes sur ces trois familles, qui répondent chacune à des attentes spécifiques.

Annexe 1 – La Commission 5 du CIBE

La Commission 5 du CIBE, intitulée « Etat des lieux et promotion des réseaux de chaleur au bois » est présidée et animée par AMORCE.

Les membres pour l'année 2009, associés à la présente enquête, étaient les suivants :

| Prénom | Nom | Organisme | e-mail |
|--------------|-----------------|--|--|
| Michel | CAIREY-REMONNAY | ADEME | michel.cairey-remonnay@ademe.fr |
| Pierre | BESSON | ADUHME | p.besson@aduhme.org |
| Rémi | HELPER | AH2-BIOENERGIES | ah2-bioenergies@wanadoo.fr |
| Guillaume | BOICHE | ALE08 | g.boiche@ale08.org |
| Nicolas | GARNIER | AMORCE | ngarnier@amorce.asso.fr |
| Yann | OREMUS | AMORCE | yoremus@amorce.asso.fr |
| Guillaume | ANDRE | ANDRE TECHNOLOGIES | guillaume.andre@andre-technologies.fr |
| Gerard | MARTIN | ATANOR | gerard.martin@atanor-sa.com |
| Annick | GARSAULT-FABBI | BOIS-ENERGIE 15 - ENERGIES RENOUVELABLES | b.energie.15@netcourrier.com |
| Jean-Pierre | TACHET | CIBE | jp.tachet@cibe.fr |
| Philippe | AUBRIL | COFATHEC SERVICES | philippe.aubril@cofathec.fr |
| Bruno | de MONCLIN | COFELY | bruno.demonclin@cofely-gdfsuez.com |
| Gwenaëlle | GUILLAUME | CORIANCE | gwenaelle.guillaume@coriance-a2a.fr > |
| Céline | ROMAN | DALKIA | croman@dalkia.com |
| Serge | DEFAYE | DEBAT | s.defaye@cibe.fr |
| Marie | DESCAT | FEDENE | mdescat@fedene.fr |
| Isabelle | GUEDRA | FEDENE | iguedra@fedene.fr |
| François | PITRON | FORESTIERE CDC | francois.pitron@forestiere-cdc.fr |
| Bruno | CARRIER | GROUPEMENT FORESTIER DEVELOPPEMENT DURABLE | foretenvironnement@wanadoo.fr |
| Christian | BEDROSSIAN | INNOV ENERGIES | cbedrossian@innov-energies.fr |
| Patrick | RIEHL | INPAL INDUSTRIES | patrick.riehl@inpal.fr |
| Christophe | BACHMANN | NOREMAT | c.bachmann@noremat.fr |
| Lionel | PLOUCHART | POYRY | lionel.plouchart@poyry.com |
| Carsten | OLSEN | REKA | info@reka-france.fr |
| Jean-Claude | JOSEPH | SCHMID | schmid-France@wanadoo.fr |
| Madeleine | CHARRU | SOLAGRO | madeleine.charru@solagro.fr |
| Jean-Jacques | THIEBAULT | STRATEGIC SCOUT | jean-jacques.thiebault@strategic-scout.com |
| Christine | PERRIER | THERMAFLEX | christine.perrier@thermaflex.fr |
| Eddie | CHINAL | TRIVALOR | e.chinal@trivalor.fr |
| Catherine | Di COSTANZO | USH | catherine.dicostanzo@union-habitat.org |
| Jean-Alain | MEUNIER | USH | jean-alain.meunier@union-habitat.org |

Annexe 2 – Les réseaux de chaleur au bois

La liste des réseaux de chaleur équipés de chaufferie bois - en fonctionnement au moment de la finalisation de l'enquête (septembre 2009) - est présentée ci-après. Plusieurs chaufferies ont été mises en service depuis et ne figurent donc pas dans cette liste. Certains réseaux mis en service trop récemment n'ont également pas été pris en compte dans l'enquête : les réseaux ayant déjà fonctionné au moins sur une année de chauffe complète ont été privilégiés.

| Région | Ville d'implantation | P bois en kW |
|----------------------|-----------------------------|---------------------|
| POITOU-CHARENTES | AIRVAULT | 1000 |
| AUVERGNE | ALLEGRE | 700 |
| AUVERGNE | AMBERT | |
| RHONE-ALPES | ANDREZIEUX BOUTHEON | |
| BASSE-NORMANDIE | ARGENTAN | 7600 |
| BASSE-NORMANDIE | ATHIS DE L'ORNE | 300 |
| BOURGOGNE | AUTUN | 8000 |
| FRANCHE-COMTE | AUXON dessus | |
| POITOU-CHARENTES | AVAILLES-LIMOUZINE | 220 |
| POITOU-CHARENTES | BAIGNES-SAINTE-RADEGONDE | 400 |
| BASSE-NORMANDIE | BAYEUX 1 | 2000 |
| BASSE-NORMANDIE | BAYEUX 2 | 3 200 |
| RHONE-ALPES | BEAUFORT | 900 |
| AQUITAINE | BEAUREGARD et BASSAC | 100 |
| FRANCHE-COMTE | BESANCON | 6000 |
| CENTRE | BLOIS | 4800 |
| LANGUEDOC-ROUSSILLON | BOLQUERE | 300 |
| FRANCHE-COMTE | BOULT | 200 |
| LIMOUSIN | BOURGANEUF | 3500 |
| RHONE-ALPES | BOURG-EN-BRESSE | 4 000 |
| POITOU-CHARENTES | BRESSUIRE | 700 |
| FRANCHE-COMTE | BREUREY-LES-FAVERNEY | 700 |
| POITOU-CHARENTES | BROSSAC | 500 |
| AQUITAINE | CADOUIN | |
| NORD PAS DE CALAIS | CALAIS | 4000 |
| MIDI-PYRENEES | CAYLUS | 340 |
| MIDI-PYRENEES | CAZALS Terrain des Prades | 220 |
| FRANCHE-COMTE | CENSEAU | 140 |
| AUVERGNE | CERILLY | 700 |
| BOURGOGNE | CHALON-SUR-SAONE | 4 200 |
| POITOU-CHARENTES | CHAMPAGNE-MOUTON | 540 |
| FRANCHE-COMTE | CHAMPVANS | 480 |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | CHAUMONT | 5 000 |

| | | |
|----------------------|-----------------------|--------|
| POITOU-CHARENTES | CHEF BOUTONNE | 750 |
| FRANCHE-COMTE | CLAIRVAUX LES LACS | 1000 |
| HAUTE-NORMANDIE | CONCHES EN OUCHE | 1000 |
| CORSE | CORTE | 5 000 |
| FRANCHE-COMTE | DAMPIERRE SUR LINOTTE | 150 |
| FRANCHE-COMTE | DOLE | 3200 |
| AUVERGNE | DUNIERES | 400 |
| AUVERGNE | DUNIERES | 700 |
| POITOU-CHARENTES | ECHIRE | 540 |
| LIMOUSIN | EGLETONS | 6 400 |
| LORRAINE | EPINAL | 8750 |
| LORRAINE | EPINAL | 1750 |
| BASSE-NORMANDIE | FALAISE | 4000 |
| RHONE-ALPES | FAVERGES | 5000 |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | FAYL BILLOT | 720 |
| LIMOUSIN | FELLETIN | 16 600 |
| PAYS-DE-LA-LOIRE | FORGES | 150 |
| FRANCHE-COMTE | FRAHIER ET CHATEBIER | 270 |
| LANGUEDOC-ROUSSILLON | FRAÏSSE-SUR-AGOÛT | 450 |
| LORRAINE | FRAIZE | 1200 |
| LORRAINE | FRESSE SUR MOSELLE | 750 |
| FRANCHE-COMTE | GENNES | |
| HAUTE-NORMANDIE | GONFREVILLE L'ORCHER | 4500 |
| AQUITAINE | GOUT ROSSIGNOL | 540 |
| MIDI-PYRENEES | GRAMAT | 950 |
| FRANCHE-COMTE | GRAY - Les Capucins | 3200 |
| RHONE-ALPES | GRENOBLE | 5 200 |
| ALSACE | HAGUENAU | 2500 |
| RHONE-ALPES | HAUTEVILLE-LOMPNES | 3400 |
| ALSACE | HEIMERSDORF | 320 |
| LORRAINE | HÉRICOURT | 2 000 |
| BOURGOGNE | JONCY | 550 |
| POITOU-CHARENTES | JONZAC | 6 000 |
| BASSE-NORMANDIE | LA FERTÉ MACÉ | 2000 |
| POITOU-CHARENTES | LA ROCHELLE | 4500 |
| POITOU-CHARENTES | L'ABSIE | 1598 |
| AUVERGNE | LANGÉAC | 1 750 |
| AQUITAINE | LE BOURDEIX | 100 |
| AQUITAINE | LE BUGUE | |
| BRETAGNE | LE GOURAY | 320 |
| FRANCHE-COMTE | LE RUSSEY | 700 |

| | | |
|--------------------|---------------------------|--------|
| POITOU-CHARENTES | LEZAY | 1200 |
| LORRAINE | LIFFOL LE GRAND | 1000 |
| BASSE-NORMANDIE | LISIEUX | 10000 |
| FRANCHE-COMTE | LONGCHAUMOIS | 300 |
| RHONE-ALPES | LYON | 14 000 |
| AUVERGNE | MARCOLES | 320 |
| RHONE-ALPES | MARLHES | 400 |
| AUVERGNE | MEAULNE | 250 |
| AQUITAINE | MEYRALS | 100 |
| AQUITAINE | MIALLET | 150 |
| BOURGOGNE | MILLAY | 400 |
| RHONE-ALPES | MIRIBEL-LANCHATRE | 220 |
| FRANCHE-COMTE | MOIRANS EN MONTAGNE | 2000 |
| POITOU-CHARENTES | MONTEMBOEUF | 500 |
| FRANCHE-COMTE | MORTEAU | 3000 |
| FRANCHE-COMTE | MOUTHE | 1 650 |
| LORRAINE | MOYEN | 150 |
| AUVERGNE | MURAT | 1500 |
| FRANCHE-COMTE | NANCRAY | |
| RHONE-ALPES | NOTRE DAME des MILLIERES | 300 |
| MIDI-PYRENEES | NUZÉJOULS | 500 |
| FRANCHE-COMTE | ORCHAMPS | |
| FRANCHE-COMTE | ORNANS | 1 200 |
| BASSE-NORMANDIE | PERROU | 60 |
| FRANCHE-COMTE | PIERREFONTAINE LES VARANS | 400 |
| FRANCHE-COMTE | PIN | 180 |
| BRETAGNE | PLEYBER-CHRIST | 150 |
| BRETAGNE | PLOUARET | 500 |
| BRETAGNE | PLOUGASTEL | 1200 |
| LORRAINE | PORTIEUX | 320 |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | PRANGEY | 55 |
| LORRAINE | RAMONCHAMP | 500 |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | REVIN | 2 000 |
| AQUITAINE | RIBERAC | 700 |
| AUVERGNE | ROCHEFORT MONTAGNE | 1500 |
| HAUTE-NORMANDIE | ROUEN | 4600 |
| NORD PAS DE CALAIS | SAINS DU NORD | 1600 |
| POITOU-CHARENTES | SAINT AUBIN LE CLOUD | 1200 |
| AUVERGNE | SAINT FLOUR | 1200 |
| LORRAINE | SAINT NABORD | 1030 |
| PAYS-DE-LA-LOIRE | SAINT PIERRE DU CHEMIN | 750 |

| | | |
|--------------------|--------------------------|--------|
| POITOU-CHARENTES | SAINT-BONNET | 320 |
| RHONE-ALPES | SAINT-ETIENNE de CUINES | 800 |
| AUVERGNE | SAINT-GEORGES | |
| PAYS-DE-LA-LOIRE | SAINT-HILAIRE-DU-MAINE | 275 |
| PAYS-DE-LA-LOIRE | SAINT-JEAN-DE-BOISEAU | 500 |
| RHONE-ALPES | SAINT-JEAN-EN-ROYANS | 1500 |
| RHONE-ALPES | SAINT-MARCELLIN | 2500 |
| RHONE-ALPES | SAINT-PIERRE-D'ENTREMONT | |
| RHONE-ALPES | SAINT-QUENTIN-SUR-ISERE | 400 |
| RHONE-ALPES | SAINT-SAUVEUR-EN-RUE | 650 |
| POITOU-CHARENTES | SAINT-VARENT | 700 |
| AQUITAINE | SARLANDE | 140 |
| FRANCHE-COMTE | SAULNOT | 180 |
| LORRAINE | SAULXURES SUR MOSELOTTE | 2200 |
| PAYS-DE-LA-LOIRE | SAUMUR | 3500 |
| POITOU-CHARENTES | SAUZÉ-VAUSSAIS | 450 |
| FRANCHE-COMTE | SCEY SUR SAONE | |
| NORD PAS DE CALAIS | SECLIN | 3 100 |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | SEDAN | 3 000 |
| AUVERGNE | ST GERMAIN L'HERM | 1500 |
| AUVERGNE | TENCE | 1150 |
| BOURGOGNE | TRAMAYES | 300 |
| RHONE-ALPES | USSON EN FOREZ | 800 |
| LORRAINE | VAGNEY | 1080 |
| FRANCHE-COMTE | VANDONCOURT | 140 |
| AQUITAINE | VANXAINS | |
| RHONE-ALPES | VASSIEUX | 500 |
| RHONE-ALPES | VASSIEUX | |
| RHONE-ALPES | VENISSIEUX | 12 000 |
| LORRAINE | VENTRON | 320 |
| BASSE-NORMANDIE | VIRE | 2 500 |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | VITRY-LE-FRANCOIS | 15400 |
| RHONE-ALPES | YZERON | 250 |

D'autres installations ont été signalées mais ne figurent pas dans la liste principale des réseaux soit parce qu'elles sont entrés en service en 2009, soit parce qu'il y avait jusqu'alors un doute sur le fait qu'il s'agissait bien de réseaux de chaleur "au sens juridique".

Les réseaux suivants seront notamment intégrés à la prochaine enquête : Castres et Mazamet en Midi Pyrénées, Saales, Labaroche, Bassemberg, Albe, Le Bonhomme, Strasbourg, Uhrwiller, Drulingen, Lorentzen, Allenwiller, La petite Pierre, Niederbronn-les Bains, Betschdorf, Lembach, Durrenbach en Alsace...