

RAPPORTS

CETE de l'Ouest
Département Villes
et Territoires

PCI Réseaux
de Chaleur

Mai 2012

Réseaux de chaleur et nouveaux quartiers

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergie et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**



Ministère de l'Écologie, du Développement durable
et de l'Énergie
www.developpement-durable.gouv.fr

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	14 mai 2012	

Affaire suivie par

Stéfan Le Dû - CETE de l'Ouest – PCI Réseaux de Chaleur
<i>Courriel : stefan.le-du@developpement-durable.gouv.fr</i>
<i>Web : http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/reseaux-de-chaleur-r173.html</i>

Rédacteur

Stéfan Le Dû - CETE de l'Ouest – Groupe Bâtiment & Énergie - PCI Réseaux de Chaleur

Relecteurs

Eric Hennion - CETE de l'Ouest – Département Villes & Territoires

Julien Bertron - CETE de l'Ouest – Groupe Bâtiment & Énergie - PCI Réseaux de Chaleur

Référence internet : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr>

Rubrique Réseaux de Chaleur

> Approfondir

> Réseaux de chaleur et nouveaux quartiers

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
Une question à ne pas négliger.....	5
Coût global et analyse multi-critères.....	5
La densité n'est pas le seul facteur.....	6
Des pistes pour renforcer la pertinence du réseau.....	6
1 - INTRODUCTION	7
1.1 - Les réseaux de chaleur dans les quartiers neufs : questions posées	7
1.2 - Quartiers neufs et quartiers anciens.....	8
1.3 - Pourquoi il faut s'intéresser à la question.....	10
2 - LA QUESTION DE LA COMPÉTITIVITÉ ÉCONOMIQUE	13
2.1 - Prix de vente de la chaleur : cas d'un logement BBC.....	13
2.2 - Réseaux de chaleur et écoquartiers : la preuve par l'exemple.....	14
2.3 - Au delà de la seule question économique : prendre en compte les autres dimensions du développement durable.....	16
3 - RÉSEAUX DE CHALEUR ET DENSITÉ DE CONSTRUCTION : DES LIENS AVÉRÉS MAIS À NUANCER	18
3.1 - Exemples de densités de construction pour des écoquartiers dans lesquels la solution du réseau de chaleur a été jugée pertinente.....	18
3.2 - Densité de construction et formes urbaines.....	19
3.3 - Densité thermique.....	20
3.4 - Impact de la densité sur la pertinence énergétique d'un réseau de chaleur.....	21
3.5 - Au delà de la densité : la mixité d'usage et la notion de « durée de fonctionnement ».....	22
4 - DU POINT DE VUE DU MAÎTRE D'OUVRAGE D'UN BÂTIMENT NEUF : QUEL INTÉRÊT DU RÉSEAU DE CHALEUR PAR RAPPORT À D'AUTRES SOLUTIONS ?	24
4.1 - Rappel : le principe de modulation de la consommation autorisée en fonction du contenu CO2 du réseau de chaleur.....	24
4.2 - Comparaison du point de vue du constructeur du bâtiment : le niveau de performance thermique à atteindre.....	26
4.3 - L'exigence de recours à une énergie renouvelable en maison individuelle.....	28
5 - ÉTUDIER LA PERTINENCE D'UN RÉSEAU DE CHALEUR : QUELQUES POINTS DE VIGILANCE	29
5.1 - Considérer tous les coûts et intégrer d'autres critères.....	29
5.2 - Hypothèses de consommation des bâtiments.....	30
5.3 - Hypothèses sur l'évolution des prix des énergies.....	31
5.4 - Périmètre de l'étude : un quartier au sein d'un territoire.....	32
6 - COMMENT RENFORCER LA PERTINENCE DU RÉSEAU DE CHALEUR DANS UN QUARTIER NEUF	35
6.1 - Optimisation du réseau.....	35

6.2 - Réduire le coût des travaux.....	36
6.3 - Élargir l'éventail des sources mobilisées.....	37
6.4 - Élargir les usages du réseau.....	37
6.5 - Raccorder l'ensemble des bâtiments.....	39
7 - DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE.....	41

Résumé

La diminution de la consommation énergétique des bâtiments dans les quartiers neufs amène à se poser la question de la pertinence de solutions de desserte énergétique nécessitant des investissements importants, telles que les réseaux de chaleur.

Mais si le réseau de chaleur n'est effectivement pas viable en toutes circonstances, il reste une solution qui, compte tenu de ses atouts, doit être étudiée dans tous les cas.

Une question à ne pas négliger

Lors de la réalisation d'un projet d'aménagement, il est plus aisé de choisir des solutions courantes, ne nécessitant pas de montage juridique particulier, ou pour lesquelles l'équation économique est facilement résolue à court terme. Mais ce choix engage le quartier et ses habitants sur plusieurs décennies. Il convient donc de bien comparer les différentes options afin de choisir celle qui offre le meilleur compromis, au regard d'un objectif d'aménagement durable.

Des atouts importants

Les réseaux de chaleur disposent d'atouts dont les autres solutions ne permettent pas toujours de bénéficier, notamment un accès à des gisements énergétiques renouvelables très importants difficiles à exploiter par des systèmes individuels, une stabilité du prix de la chaleur sur le long terme, un impact positif sur l'économie locale. En contrepartie, un réseau représente un investissement important, qui doit être amorti à travers la vente de chaleur.

Une obligation légale dans certains cas

Pour les aménagements les plus importants (soumis à étude d'impact), le code de l'urbanisme (art. L128-4) impose qu'une étude de faisabilité d'un réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables soit réalisée.

Coût global et analyse multi-critères

Le calcul économique ne doit pas se limiter à la comparaison des coûts d'investissement : c'est bien l'ensemble du coût du service de chauffage, à long terme, qui doit servir de base de comparaison des solutions. Cette approche en coût global permet de démontrer que malgré un investissement initial important, un réseau de chaleur peut au final coûter moins cher pour les usagers que des solutions dominées par les énergies fossiles.



Par ailleurs, l'aspect financier ne peut plus être le seul critère de comparaison des solutions. Des paramètres environnementaux (rejets de CO₂, taux d'énergie renouvelable mobilisée,

qualité de l'air, impact paysager/architectural...) et sociaux (coût de la chaleur, stabilité de ce coût, acceptabilité des solutions...) doivent aussi être considérés.

La densité n'est pas le seul facteur

Plusieurs écoquartiers, opérations d'aménagement exemplaires par définition, ont fait le choix du réseau de chaleur, après en avoir vérifié la faisabilité au travers d'études technico-économiques. L'analyse de ces exemples montre des densités, en logements par hectare, variant de 40 à 200. On ne peut donc pas dire que seule une densité forte permet de valider la viabilité d'un réseau.

D'autres paramètres sont à prendre en considération, notamment l'organisation spatiale de cette densité, la mixité fonctionnelle du quartier, ou encore la possibilité d'étendre le réseau à des bâtiments ou quartiers voisins.

Des pistes pour renforcer la pertinence du réseau

Optimisation et exploitation de nouvelles sources

L'ingénierie des réseaux de chaleur évolue. Réseaux basse température, ajustement automatique des températures, sur-isolation, canalisations souples pré-isolées, stockage thermique sont autant de techniques qui permettent de réduire le coût d'investissement et/ou de fonctionnement du réseau. De nouvelles sources d'énergie (solaire thermique, récupération sur eaux usées, géothermie superficielle...) peuvent également être mobilisées.

D'avantage d'usagers et d'usages

Le taux de raccordement au réseau est important, puisqu'à longueur de canalisation équivalente, il détermine la quantité de chaleur vendue. La procédure de classement, révisée par la loi Grenelle 2, permet de rendre obligatoire le raccordement au réseau pour les nouvelles installations.

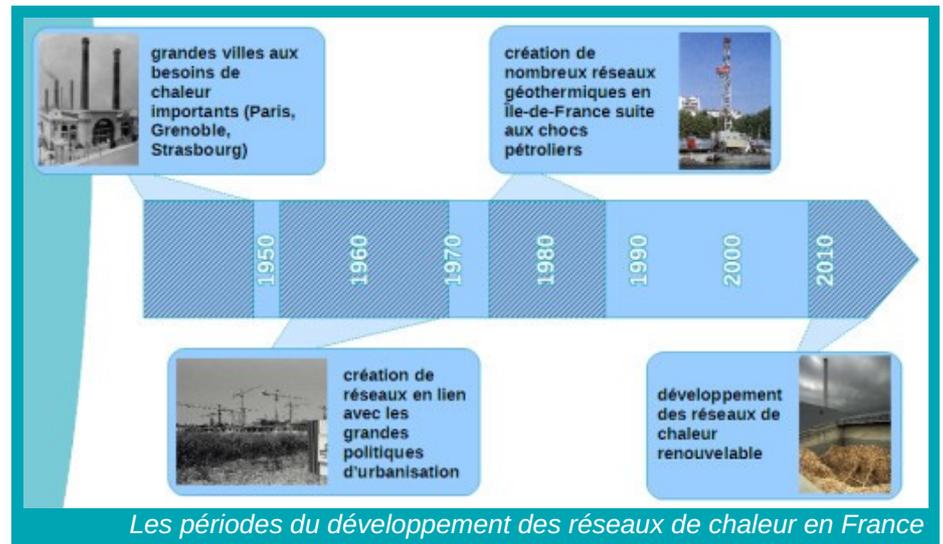
Par ailleurs, en élargissant les usages, on facilite la résolution de l'équation économique, tout en augmentant les bénéfices environnementaux et sociaux pour le quartier. Par exemple, la fourniture de froid peut parfois être couplée au chauffage et à l'eau chaude sanitaire.

1 - Introduction

Les réseaux de chaleur se sont fortement développés en France dans les années 80, suite aux chocs pétroliers. Après une période de stagnation dans les années 90 et le début des années 2000, ils sont à nouveau d'actualité avec l'objectif de contribuer au développement massif des énergies renouvelables.

En parallèle à ce retour des réseaux de chaleur parmi les principaux outils de politique énergétique, les politiques d'aménagement et de construction ont également évolué.

A partir de la fin des années 2000, la notion d'aménagement durable est renforcée, illustrée par exemple par la démarche des écoquartiers. L'aménagement repensé à travers le prisme du développement durable doit conjuguer la préservation des ressources et la réduction de l'impact du quartier sur son environnement, à la création d'une offre de logements adaptée aux besoins.



A l'échelle du bâtiment, la réglementation thermique 2005 cède la place à la réglementation thermique 2012, qui impose le niveau « bâtiment basse consommation » comme la nouvelle référence pour les constructions neuves.

La question qui se pose quand on croise ces différents développements est la suivante : un réseau de chaleur peut-il trouver une pertinence dans un quartier dont les bâtiments ont de faibles besoins thermiques ?

1.1 - Les réseaux de chaleur dans les quartiers neufs : questions posées

Les arguments fréquemment avancés par les acteurs les plus dubitatifs quant à l'intérêt de développer des réseaux de chaleur dans de nouveaux quartiers sont les suivants :

- sur le plan économique, les ventes de chaleur seront insuffisantes (compte tenu des faibles consommations des bâtiments) pour permettre d'amortir les importants investissements que représente un réseau de chaleur comparativement à d'autres solutions. De plus, on perdra beaucoup d'énergie à maintenir en température un réseau alors que le puisage de la chaleur sera faible.

- sur le plan environnemental, les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre peuvent être plus facilement atteints par une réduction de la consommation d'énergie que par le développement des énergies renouvelables ;
- sur le plan social, une solution collective imposée par la collectivité ou l'aménageur est plus difficile à faire accepter par les habitants ; il y a également une remise en cause de la liberté de choix.

L'objet du présent document est d'apporter des éléments de réponse et des nuances à ces arguments. L'objectif

n'est pas de démontrer que le réseau de chaleur – ou de froid – est la solution idéale pour tout nouvel aménagement. En revanche, il s'agit de montrer qu'au delà de certains arguments « intuitifs », la réalité peut être plus nuancée.

L'objectif n'est pas de démontrer que le réseau de chaleur est la solution idéale pour tout nouvel aménagement. En revanche, il s'agit de montrer qu'au delà de certains arguments « intuitifs », la réalité peut être plus nuancée.

1.2 - Quartiers neufs et quartiers anciens

Avant d'aborder la question de la place des réseaux de chaleur dans les quartiers neufs, rappelons que le développement massif des réseaux de chaleur ne pourra être limité à ces nouvelles opérations d'aménagement.

En effet, la lutte contre le changement climatique, et donc la réalisation des différentes actions définies dans le Grenelle de l'environnement en application des orientations européennes, nécessite des évolutions rapides des modes de production et de consommation d'énergie. Ainsi, des objectifs ambitieux ont été fixés à l'horizon 2020, et d'autres objectifs engagent la France à l'horizon 2050 – en particulier une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 75% par rapport à 1990.

Et si tous les logements neufs étaient raccordés à un réseau de chaleur ? Un petit calcul de coin de table...

En considérant l'hypothèse irréaliste que 100% des nouveaux logements construits de 2007 à 2020 sont raccordés à un réseau de chaleur, on obtient :

400000 logements neufs par an, 70m² par logement
→ +364000000 millions de m²

65 kWh/m²/an (en prenant en compte la modulation due au réseau de chaleur émettant peu de CO₂), dont environ 50 kWh/m²/an de chaleur
→ +18200 GWh soit +1,5 Mtep

part EnR des réseaux de chaleur (cible 2020) : 75%

volume d'EnR supplémentaire mobilisée par les réseaux de chaleur pour le chauffage des bâtiments nouveaux construits entre 2007 et 2020 : +1,2 Mtep

Objectif national fixé en 2009 : +2,5 Mtep de chaleur renouvelable livrée par les réseaux de chaleur

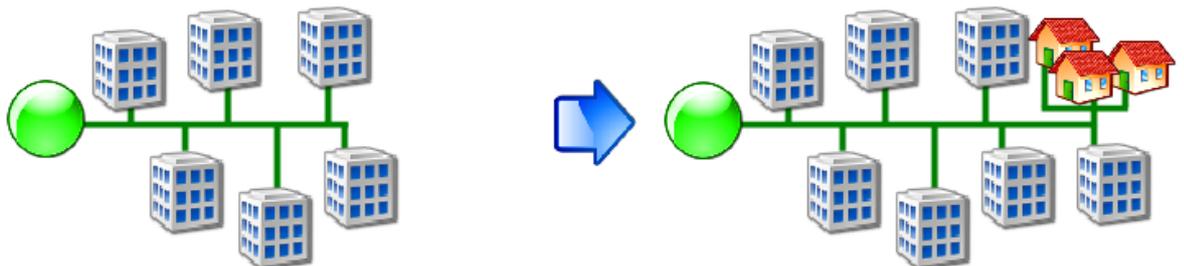
Conclusion : même si tous les logements neufs sont raccordés à un réseau de chaleur (ce qui n'a pas de sens), l'objectif national 2020 ne peut être atteint si d'autres évolutions des réseaux n'ont pas lieu en parallèle.

Limites de cet exercice illustratif : les bâtiments autres que résidentiels ne sont pas pris en compte ; le taux de raccordement de 100% des logements est irréaliste ; pas de prise en compte de la disparition de bâtiments anciens raccordés à un réseau de chaleur (diminution de la chaleur livrée)...

Or l'échelle temporelle de l'aménagement et de la construction est très étendue. Depuis 2003, l'évolution du parc de logement, en construction neuve, varie entre 305 000 et 430 000 réalisations par an. A ce rythme, on estime qu'en 2010, la ville de 2050 est déjà construite à plus de 70% : en agissant uniquement sur les nouvelles constructions, on ne pourra toucher que 30% du bâti. On sait également qu'il restera en 2050 entre 30% et 40% de logements antérieurs à 1975¹...

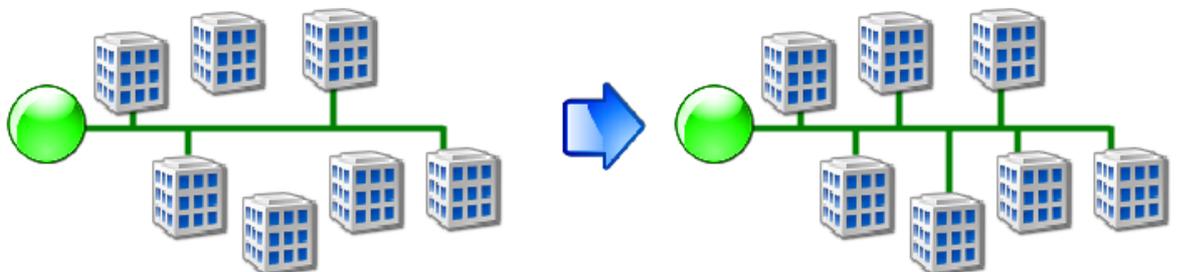
Le développement des réseaux de chaleur pour les nouveaux quartiers et nouvelles constructions doit donc s'accompagner d'autres actions :

- **extension des réseaux de chaleur existants** : si la puissance de la chaufferie le permet (ou si une augmentation de la puissance est possible), le réseau de chaleur existant peut être étendu afin de desservir de nouveaux quartiers. Il peut s'agir de secteurs déjà construits qui utilisaient jusqu'alors d'autres modes de chauffage, ou bien de quartiers neufs, auquel cas les puissances nécessaires seront plus faibles (bâtiments construits suivant la nouvelle réglementation thermique) mais les travaux moins coûteux (canalisations du réseau de chaleur mises en place avant la réalisation de la voirie). *Secteurs concernés : zones urbaines déjà aménagées, zones urbaines faisant l'objet d'une rénovation, zones péri-urbaines faisant l'objet d'un aménagement*



Extension d'un réseau existant

- **densification d'un réseau de chaleur existant** : le principe est proche de celui de l'extension : il s'agit d'augmenter le nombre de bâtiments raccordés au réseau. Mais dans le cas de la densification, les nouveaux raccordements sont recherchés sur le tracé existant du réseau. *Secteurs concernés : zones urbaines dans lesquelles il existe déjà un réseau de chaleur*

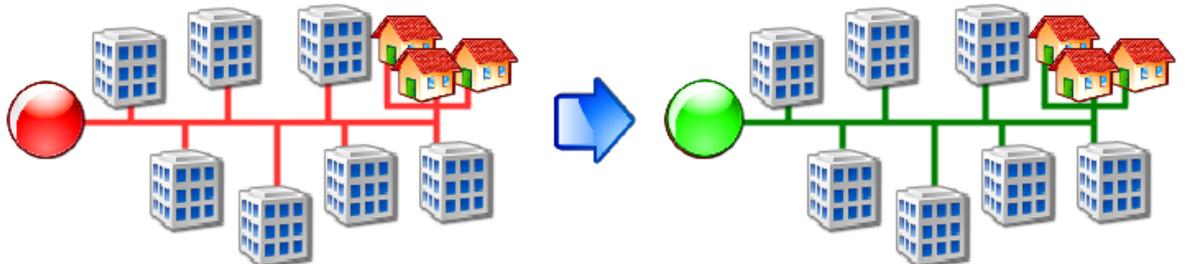


Densification d'un réseau existant

- **modification du bouquet énergétique d'un réseau de chaleur existant** : Les réseaux de chaleur sont aujourd'hui alimentés majoritairement par des énergies fos-

1 Comparaison économique des systèmes de production de chaleur centralisée/décentralisée – Contexte – CETE Ouest / CETE Nord-Picardie, 2011 - <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/chauffage-des-batiments-a806.html>

siles (fuel et gaz en particulier). En remplaçant la chaudière fuel/gaz d'un réseau de chaleur par une chaudière biomasse, par exemple, on inverse les proportions, et le parc de bâtiments raccordés au réseau bénéficie automatiquement d'une chaleur issue majoritairement de sources renouvelables ou de récupération. *Secteurs concernés : zones urbaines dans lesquelles il existe déjà un réseau de chaleur*



Densification d'un réseau existant

1.3 - Pourquoi il faut s'intéresser à la question

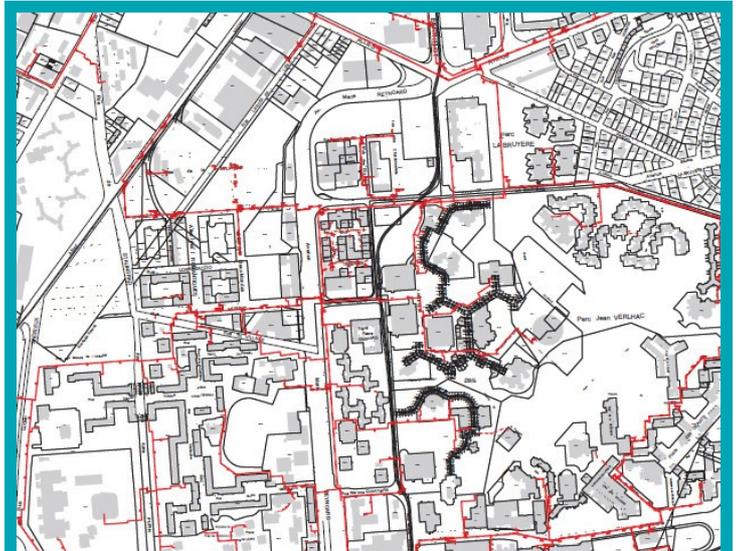
Le développement des réseaux de chaleur dans les nouveaux quartiers (création ou rénovation urbaine) n'est donc pas le seul sujet à prendre en considération.

Pour autant, ce sujet ne doit pas, à l'inverse, être complètement ignoré. En effet :

- **Les choix énergétiques réalisés à l'échelle d'un quartier sont pratiquement irréversibles.** Un quartier dont les infrastructures et l'organisation urbaine sont définies *sans* réseau de chaleur devra utiliser les autres solutions pendant les 40 ou 50 prochaines années. La solution alternative dominante est le chauffage au gaz naturel, une énergie non renouvelable et émettrice de gaz à effet de serre. Cette difficile réversibilité des choix est d'autant plus marquée que le choix réalisé pour le quartier modifie la conception même des bâtiments (orientation, niveau d'isolation dépendant du mode de chauffage, type d'émetteurs mis en place dans le bâtiment...).
- Quartier neuf - Nantes
- **Un quartier neuf**, même s'il ne se positionne pas dans la démarche écoquartiers, **se doit d'être en phase avec les enjeux du développement durable**. Or il existe des raisons objectives qui font du réseau de chaleur la meilleure solution, sur le plan du développement durable, dans un certain nombre de cas :
 - c'est souvent l'unique moyen de mobiliser massivement certaines énergies renouvelables et de récupération², en particulier en zone urbaine ;

² Pour en savoir plus sur les énergies mobilisables par les réseaux de chaleur : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/zoom-sur-les-sources-d-energies-a-r278.html>

- la stabilité des prix est plus forte, en raison d'une part plus importante de la facture liée à l'investissement de départ ; ceci contribue notamment à la lutte contre la précarité énergétique ;
 - la mobilisation du bois-énergie via un réseau de chaleur permet de préserver la qualité de l'air ;
 - c'est une solution évolutive : la capacité à changer de source d'énergie dans 10, 15, 20 ans est beaucoup plus grande qu'avec des systèmes décentralisés (il suffit d'intervenir au niveau de la chaufferie) ;
 - par rapport aux solutions mobilisant le gaz ou l'électricité, le réseau de chaleur contribue davantage à l'économie locale, car les sources d'énergie employées proviennent du territoire ou de ses environs ;
 - la performance de la solution, en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou des quantités d'énergie non renouvelable consommées, est beaucoup moins dépendante d'une bonne utilisation des bâtiments par les occupants que dans le cas d'autres solutions qui s'appuient sur des dispositifs remis directement entre les mains des occupants des logements³.
- Au delà de l'intérêt pour les quartiers eux-mêmes, un point ne doit pas être négligé : celui de **l'image des réseaux de chaleur**. Aujourd'hui, cette image est encore un peu faussée : les réseaux sont associés au passé, et le lien entre réseaux de chaleur et développement durable ne se fait pas toujours de façon naturelle dans les esprits, à l'inverse d'autres dispositifs de mobilisation des énergies renouvelables (panneaux solaires, éoliennes). Selon une enquête réalisée par l'association Via Sèva en 2011⁴, 7 Français sur 10 ne savent pas ce qu'est un réseau de chaleur. Or il existe aujourd'hui une attention médiatique, qu'il s'agisse des médias grand public mais également spécialisés (presse environnement, urbanisme, construction...), autour des aménagements neufs (notamment les écoquartiers), davantage que sur ce qui concerne l'existant. Associer les réseaux de chaleur à des opérations d'aménagement reconnues pour leur qualité et fortement médiatisées permet de contribuer à l'amélioration de l'image des réseaux et à leur reconnaissance par le grand public et par les décideurs locaux.
 - Le calcul rapide précédemment exposé illustre que si le raccordement des seules constructions neuves n'est pas suffisant pour atteindre l'objectif national, une somme



Tracé du réseau de chaleur de Grenoble - Extrait du PLU

3 Une étude menée par le CETE de l'Ouest en 2011 sur les opérations d'efficacité énergétique du bâtiment engagées dans les années 80 en Pays de la Loire montre que dans de nombreux cas, les dispositifs mis en place dans les logements peuvent perdre une grande partie de leur efficacité du fait d'une mauvaise utilisation par les occupants des logements.

4 Les Français et leur chauffage d'aujourd'hui et de demain - Via Sèva, 2011 -

<http://www.viaseva.org/Presse/Communiqués-de-presse/Les-Français-et-leur-chauffage-d-aujourd'hui-et-de-demain>

importante de bâtiments raccordés, même s'il s'agit de bâtiments qui consomment peu, peut tout de même représenter une part significative de l'objectif national. Or cet objectif étant très ambitieux, toutes les contributions doivent être mobilisées.

- Enfin, plus prosaïquement, **la simple application de la loi impose que la question de la création d'un réseau de chaleur dans les nouveaux aménagements soit étudiée**, du moins lorsque l'aménagement en question est soumis à étude d'impact (art. L128-4 du Code de l'urbanisme⁵ - voir notamment partie 3.2).

Pour ces différentes raisons, la question de la place des réseaux de chaleur dans les aménagements neufs ne doit pas être négligée.

La simple application de la loi impose que la question de la création d'un réseau de chaleur dans les nouveaux aménagements soit étudiée.

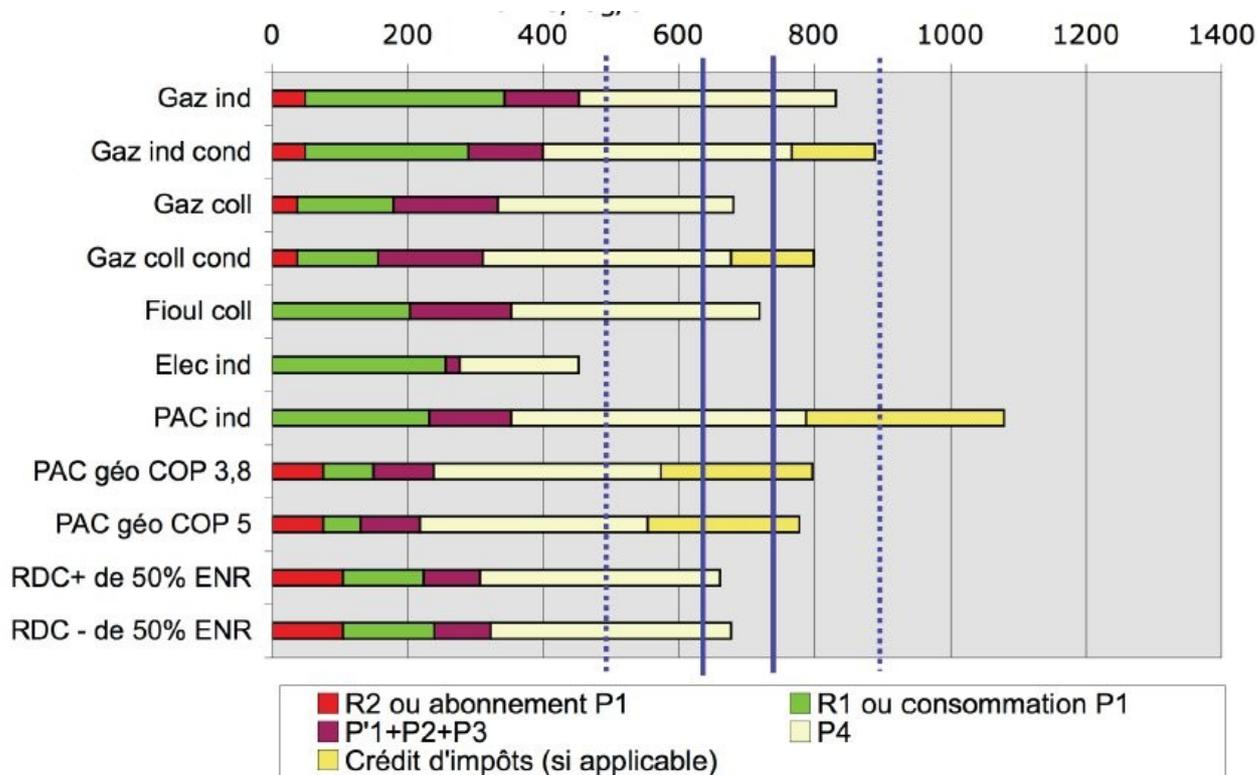
⁵ Voir le guide « Etudes sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements - Conseils pour la mise en oeuvre de l'article L128-4 du Code de l'Urbanisme » - CETE de l'Ouest, CERTU, DREAL Rhône-Alpes, CETE - Méditerranée – 2011 - <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/guide-les-etudes-d-energies-a752.html>

2 - La question de la compétitivité économique

2.1 - Prix de vente de la chaleur : cas d'un logement BBC

Chaque année, l'association AMORCE⁶ réalise une enquête sur les prix de vente de la chaleur. Cette enquête permet d'avoir une vision d'ensemble du prix de la chaleur des réseaux de chaleur (moyenne nationale, répartition). Elle permet également de comparer pour différents types de logements de référence, le prix moyen du réseau de chaleur par rapport au prix des autres énergies utilisées pour le chauffage, du point de vue de l'utilisateur final.

Sur l'année 2009, les résultats pour un logement BBC sont les suivants⁷ (en euros par an) :



Il est intéressant d'examiner ce cas du logement BBC car les niveaux de consommation fixés par la réglementation thermique 2012 sont globalement basés sur le niveau BBC.

On note que les réseaux de chaleur représentent en moyenne la solution la moins coûteuse ; seul le gaz en chaudière collective d'immeuble est compétitif face aux réseaux de chaleur. On fait ici abstraction du chauffage électrique, qui est moins cher, mais qui est beaucoup plus difficilement compatible avec la limite de consommation en énergie primaire imposée par la RT 2012.

6 AMORCE est une association de 450 collectivités territoriales et 210 professionnels. Les deux domaines d'action d'AMORCE sont la gestion territoriale de l'énergie et des réseaux de chaleur et la gestion territoriale des déchets.

7 AMORCE/ADEME Prix de vente de la chaleur en 2009 - RCE10 – Oct. 2010 - <http://www.amorce.asso.fr/IMG/pdf/enquete-prix-chaleur2009-maj-dec2010.pdf>

Cette étude étant basée sur les tarifs constatés sur les réseaux l'année précédente, il convient d'interpréter les résultats avec prudence : les conditions tarifaires utilisées en entrée du calcul sont en effet issues de réseaux existants, donc majoritairement utilisés par des bâtiments qui consomment beaucoup plus que des bâtiments BBC. Or ces conditions tarifaires sont elles-mêmes déterminées par le résultat d'une équation économique prenant en compte d'une part le prix de revient du réseau, d'autre part les quantités de chaleur à fournir.

Autrement dit, **cette comparaison des coûts illustre simplement le fait que le raccordement d'un bâtiment BBC à un réseau de chaleur existant est en moyenne une solution pertinente, du point de vue du prix pour l'utilisateur.**

Ceci pourra notamment être intéressant dans les cas suivants :

- densification d'un réseau existant, en raccordant des bâtiments neufs implantés sur son tracé ;
- extension mesurée d'un réseau existant, dont les travaux ne bouleversent pas l'équilibre économique du réseau (linéaire faible, utilisation de techniques constructives optimisées, mutualisation des travaux de génie civil pour réduire les coûts...).

En revanche, cette comparaison ne démontre pas que la création *ex nihilo* d'un réseau de chaleur pour desservir uniquement des bâtiments basse consommation est de façon générale la solution la plus économique.

Le raccordement d'un bâtiment BBC à un réseau de chaleur existant est en moyenne nationale une solution pertinente, du point de vue du prix pour l'utilisateur.

2.2 - Réseaux de chaleur et écoquartiers : la preuve par l'exemple

L'expérience de quelques opérations d'aménagements neufs est aussi un élément à prendre en considération.

La question posée n'est en effet pas complètement virtuelle : le problème de la pertinence économique, de la faisabilité, d'un réseau de chaleur ou de froid pour desservir les bâtiments d'un quartier neuf s'est de fait déjà posée à plusieurs reprises depuis quelques années, notamment via les **écoquartiers** dont les bâtiments visent souvent des niveaux BBC ou THPE.

Comme l'indique la Fédération des EPL dans son guide sur les écoquartiers⁸, « la réduction de la consommation d'énergie des bâtiments est un des facteurs qui qualifie l'écoquartier. Pour porter une telle ambition, une solide réflexion vers une politique d'efficacité énergétique s'impose en amont : étude de différents scénarii d'approvisionnement énergétique du quartier, objectifs de performance, prise en compte des coûts d'investissement et d'exploitation qui seront portés par l'aménageur et la collectivité, prise en compte de la facture énergétique pour les futurs habitants et utilisateurs. Cette réflexion doit permettre d'opter pour un mix



⁸ Ecoquartiers – 12 engagements pour un aménagement durable – Fédération des EPL / GrDF, 2011 - http://www.lesepl.fr/pdf/guide_epl_ecoquartiers.pdf

énergétique équilibré, répondant aux enjeux sociaux, économiques et environnementaux du projet. »

Le réseau de chaleur ou de froid, permet la prise en compte d'enjeux d'intérêt général, qui sont encore insuffisamment pris en compte à l'échelle individuelle, tels que les émissions de gaz à effet de serre, l'indépendance énergétique ou encore l'impact sur l'économie locale, autant d'éléments figurant dans la grille d'analyse des projets d'ÉcoQuartier⁹ :

[15] valoriser les relations avec le milieu agricole et forestier ;

[16] réduire les émissions de gaz à effet de serre ;

[17] optimiser les besoins en énergie et diversifier les sources ;

[19] utiliser de manière raisonnée les ressources non renouvelables.

Démarche et processus	Cadre de vie et usages	Développement territorial	Préservation des ressources et adaptation au changement climatique
1. Piloter et concerter dans une optique de transversalité	6. Promouvoir le vivre-ensemble	11. Assurer la mixité fonctionnelle	16. Réduire les émissions de gaz à effet de serre, s'adapter au changement climatique
2. Bien situer et définir son projet	7. Promouvoir des modes de vie solidaires et responsables	12. Organiser au mieux les déplacements et diminuer la dépendance à l'automobile	17. Optimiser les besoins en énergie et diversifier les sources
3. S'assurer de la faisabilité financière, technique et juridique du projet	8. Offrir un cadre de vie agréable et sain	13. Promouvoir des modes de déplacement alternatifs et durables	18. Assurer une gestion qualitative et économe des ressources en eau
4. Savoir gérer et évaluer son projet et son quartier	9. Valoriser le patrimoine local, l'histoire et l'identité du quartier	14. Inscrire le projet dans la dynamique de développement durable	19. Utiliser de manière raisonnée les ressources non renouvelables et limiter la production de déchets
5. Pérenniser la démarche	10. Intensité, compacité et densité : dessiner un quartier adapté au contexte	15. Valoriser les relations avec le milieu agricole et forestier	20. Préserver la biodiversité, restaurer et valoriser la nature en ville

Les réseaux de chaleur et de froid alimentés par des énergies renouvelables et de récupération correspondent à 4 des 20 cibles de la grille Ecoquartier

Ainsi, plusieurs collectivités ou aménageurs ont fait le choix d'équiper leur écoquartier d'un réseau de chaleur, après en avoir étudié et validé la faisabilité. Les Temps Durables (Limeil-

9 Appel à projets ÉcoQuartier 2011 - Notice explicative de la grille ÉcoQuartier : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/NOTICE_EXPLICATIVE_Appel_a_Projets_EQ_2011_02-02-11.pdf

Brevannes, Val-de-Marne), Bastille (Fontaine, Isère), Le Fort (Issy-les-Moulineaux, Hauts-de-Seine), Ecovela (Viry, Haute-Savoie), Vidailhan (Balma, Gironde) en sont quelques exemples.

Mobilisant des énergies renouvelables traditionnelles comme le bois-énergie, ou d'autres plus nouvelles pour les réseaux de chaleur comme la biomasse liquide, la géothermie de faible profondeur, le solaire ou encore la récupération des eaux usées, ces réseaux ont pu trouver, avec le soutien de financements publics (fonds chaleur dans la plupart des cas, aides du conseil régional ou général parfois et investissement de la collectivité elle-même), un modèle économique viable.

On pourrait supposer a priori que seuls des écoquartiers très denses peuvent permettre l'émergence d'un réseau de chaleur. S'il est vrai que la densité influe, ce n'est pas l'unique critère, comme l'illustre la très grande hétérogénéité des exemples (voir partie 3.1), avec des quartiers pouvant aller d'une quarantaine de logements par hectare à près de 200.

On note également que ces projets ou réalisations explorent différents montages contractuels, découlant généralement d'approches/contraintes économiques différentes. Si la majorité opte pour l'habituel régime de la délégation de service public, on trouve également des exemples de réseaux privés montés en association foncière urbaine libre (AFUL) et en régie communale.

Les fiches exemples d'écoquartiers desservis par un réseau de chaleur peuvent être consultées à l'adresse suivante : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/reseaux-de-chaleur-et-ecoquartiers-r375.html>

2.3 - Au delà de la seule question économique : prendre en compte les autres dimensions du développement durable

La question économique est importante : il ne faut en effet pas, envers et contre toute logique économique, développer des réseaux de chaleur dans tous les cas. Au final, c'est en effet l'occupant du bâtiment, et le contribuable si le réseau bénéficie de fonds publics, qui paient la facture.

Dès lors qu'une étude de faisabilité montre que le réseau est clairement trop coûteux par rapport à d'autres solutions, même si celles-ci sont moins vertueuses sur le plan environnemental, cette piste mérite peut-être d'être abandonnée afin de ne pas pénaliser pour les 30 années à venir les occupants du quartier.

Il ne faut en effet pas, envers et contre toute logique économique, développer des réseaux de chaleur partout...

Mais d'une part l'étude de faisabilité doit être réalisée en prenant certaines précautions (approche en coût global, prudence sur les hypothèses d'évolution des prix des combustibles...) pour éviter d'écarter indûment telle ou telle solution, et d'autre part la compétitivité économique directe ne peut plus aujourd'hui être le seul critère de décision si l'on souhaite réaliser un aménagement durable.

Ces éléments sont développés en partie 5.

... mais la compétitivité économique directe ne peut plus aujourd'hui être le seul critère de décision.

3 - Réseaux de chaleur et densité de construction : des liens avérés mais à nuancer

3.1 - Exemples de densités de construction pour des écoquartiers dans lesquels la solution du réseau de chaleur a été jugée pertinente

A partir de l'étude d'une douzaine de cas d'écoquartiers pour lesquels les études d'approvisionnement énergétique ont conclu à la pertinence technico-économique d'un réseau de chaleur, nous avons calculé les densités de construction.

Quartier	Logements par ha	Logement - m ² /ha	Activité - m ² /ha	total m ² /ha
Temps Durables – Limeil-Brevanne	132	10500	421	10921
Le Fort – Issy-les-Moulineaux*	192	13440	250	13690
Centre Ste-Geneviève – Nanterre	130	9100	200	9300
Hoche – Nanterre	160	12450	375	12825
Bretigny-sur-Orge	57	3990	476	4466
Ginko – Bordeaux	67	4690	1875	6565
Gare de Rungis – Paris	100	4333	9166	13499
Ecovela – Viry	41	3742	674	4416
Vidailhan – Balma	39	1470	0	1470
Calais	87,5	7000	100	7100
Bastille – Fontaine*	102	7140	143	7283

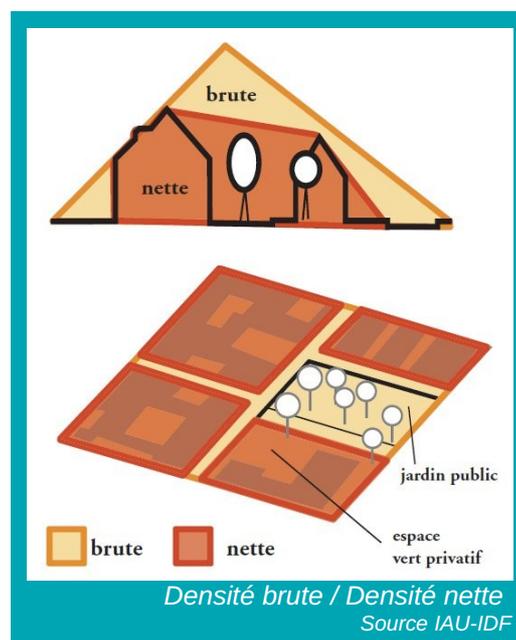
En **bleu** : valeurs calculées à partir des données de l'écoquartier

En **jaune** : valeurs faisant intervenir un ratio de 70m² par logement (estimations)

Les densités calculées sont des densités brutes, sauf dans les cas d'Issy-les-Moulineaux et Fontaine (densité brute/nette : voir schéma ci-contre) :

*Le Fort – Issy-les-Moulineaux : la superficie du verger (4 ha) a été soustraite de la superficie du quartier pour le calcul de la densité

*Bastille – Fontaine : la densité est calculée sur le cœur du quartier ; si on considère l'ensemble du périmètre de la ZAC, la densité bâtie est de 32 logements par hectare



Il ressort de cette étude succincte d'exemples d'écoquartiers que les densités de construction sont extrêmement variables d'un quartier à un autre (40 logements par ha pour Vidailhan ou Ecove-la, autour de 150 à Nanterre, près 200 pour Le Fort), et pourtant dans chacun de ces cas, les études ont conclu à la faisabilité d'un réseau de chaleur.

On ne peut donc pas dire que le réseau de chaleur n'est adapté qu'aux quartiers très denses : d'autres critères entrent en effet en ligne de compte pour déterminer la pertinence du choix du réseau de chaleur.

Le réseau de chaleur n'est pas adapté qu'aux quartiers très denses : d'autres critères entrent en ligne de compte pour en déterminer la pertinence.

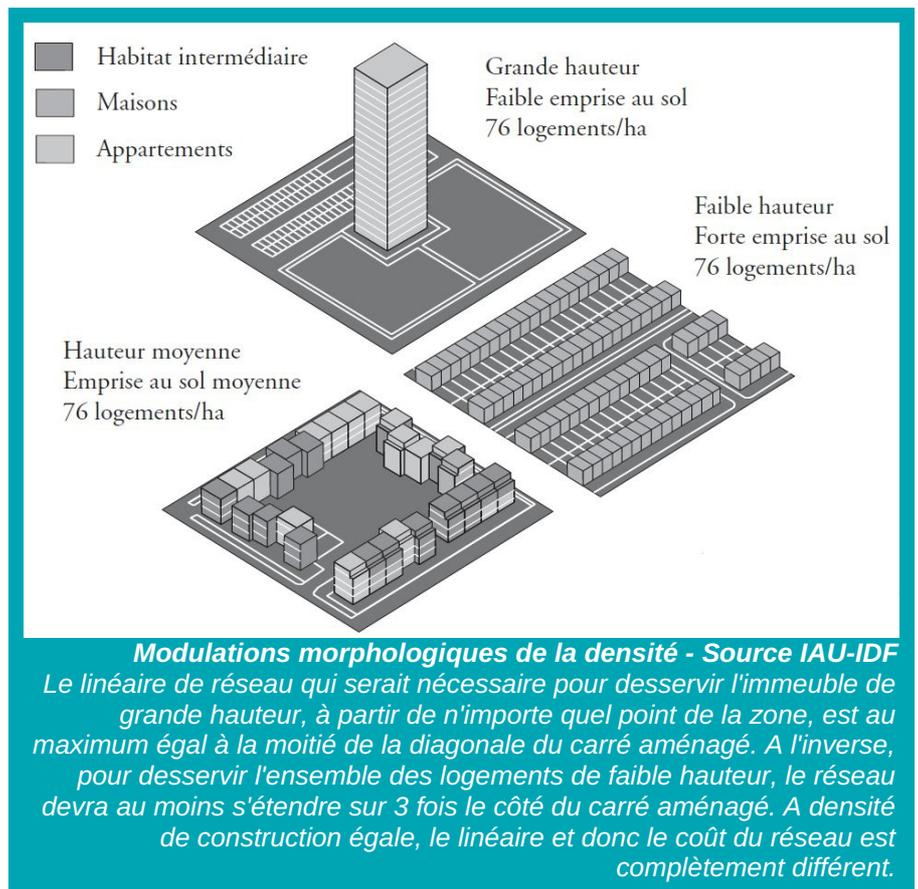
3.2 - Densité de construction et formes urbaines

L'exercice précédent a ses limites : sauf lorsque les données disponibles le permettent (cas Bastille – Fontaine), la densité a été calculée simplement en divisant le nombre de logements par la superficie totale de la zone aménagée.

Or, à nombre de logements et surface du quartier aménagés identiques, peuvent correspondre plusieurs formes urbaines (voir schéma¹⁰).

On conçoit aisément que le linéaire de canalisation qu'il est nécessaire de mettre en place pour desservir l'ensemble des logements ne sera pas du tout le même suivant la forme urbaine choisie.

Dans la mesure où une part importante du coût d'investissement d'un réseau de chaleur est le coût de mise en place des canalisations, ce lien entre forme urbaine et linéaire du réseau est une des raisons pour lesquelles il est important que la question de la desserte énergétique d'un quartier, et de la mobilisation des énergies renouvelables sur ce quartier, soit posée en amont des réflexions afin que la forme urbaine ne soit complètement figée.



¹⁰ Source IAU-IDF – Appréhender la densité – Les indicateurs de densité – Juin 2005 - http://www.iau-idf.fr/fileadmin/Etudes/etude_214/nr_383_Apprehender_la_densite_2.pdf

On pourra en effet dans certains cas juger qu'il est utile d'**adapter la forme urbaine pour permettre l'émergence de certaines solutions énergétiques** apparaissant vertueuses mais nécessitant d'être intégrée aux choix urbanistiques (exemples : conception bioclimatique du quartier, mise en place d'un réseau de chaleur).

Bien entendu, il ne s'agit pas de réaliser des aménagements dont la morphologie est entièrement dictée par les questions énergétiques, mais simplement de prendre en considération cette question parmi les autres, et non de la reléguer comme un sujet annexe.

Ces adaptations pourront d'ailleurs également bénéficier à d'autres types de réseaux (transports, assainissement, etc.).

Il est dans certains cas utile d'adapter la forme urbaine pour permettre l'émergence de certaines solutions énergétiques.

3.3 - Densité thermique

La densité énergétique d'un réseau de chaleur est un indicateur exprimé en MWh de chaleur vendue par mètre linéaire de réseau, sur une année (unité : MWh/ml/an).

Cette notion permet d'approcher plus finement la question de la viabilité du réseau (même si d'autres paramètres entrent en jeu) que l'approche basée sur la seule densité de construction. En effet, la densité thermique représente de façon très directe les revenus qui pourront être tirés du réseau (en fonction du nombre de MWh vendus) par rapport aux investissements consentis (en grande partie liés au linéaire de réseau mis en place).

Pour un linéaire de réseau donné, la quantité de chaleur vendue dépend essentiellement :

- de la surface chauffée (que l'on peut rapprocher de la densité de construction, mais il faut également prendre en compte le taux de pénétration du réseau de chaleur, certains bâtiments situés sur son tracé pouvant ne pas être raccordés)
- du niveau d'isolation thermique des bâtiments chauffés (caractéristique liée aux périodes de

L'article L128-4 du Code de l'Urbanisme créé par la loi Grenelle 1 a rendu obligatoire la réalisation d'une étude de faisabilité du développement des énergies renouvelables, pour toute opération d'aménagement soumise à étude d'impact. Cette étude doit obligatoirement inclure l'analyse de la solution de desserte par un réseau de chaleur ou de froid alimenté par des énergies renouvelables ou de récupération.



Le guide « *Études sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements - Conseils pour la mise en œuvre de l'article L128-4 du Code de l'Urbanisme* » propose des points de méthodologie, d'organisation et de vigilance. Il souligne notamment l'importance que la question des énergies renouvelables soit posée en amont des réflexions sur l'aménagement, afin de permettre la prise en compte de cette question dans le choix du parti d'aménagement.

Ce guide peut être téléchargé à l'adresse suivante : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/guide-les-etudes-d-energies-a752.html>

construction/réhabilitation, qui définissent la réglementation thermique applicable au moment où le bâtiment a été réalisé/rénové)

- du comportement des occupants des bâtiments (dans certains bâtiments, le chauffage n'est utilisé que quelques heures par jour, tandis que dans d'autres il peut fonctionner pratiquement 24h/24)

La densité thermique se situe, pour la moyenne nationale des réseaux de chaleur, autour de 8 MWh/ml/an. Cette valeur plutôt élevée est portée par les grands réseaux très denses des années 60-70, développés sur de grands secteurs urbains en particulier en Île-de-France. Cette densité peut atteindre sur certains réseaux 15 ou 20 MWh/ml/an.

Pour des réseaux mis en place dans des quartiers plus récents, la densité est généralement plus faible, de 3 à 6 MWh/ml/an. Certains réseaux, notamment en zone rurale, descendent à des niveaux de densité énergétique nettement plus faibles. Des valeurs inférieures à 1,5, voire à 1 MWh/mètre sont constatées sur des réseaux créés ces dix dernières années.¹¹

A titre de comparaison, les valeurs moyennes de densité énergétique pour les réseaux d'électricité sont de 5,6 MWh/m.an sur le transport et 0,34 MWh/m.an sur la distribution (réseau basse tension). Pour le gaz, ces valeurs sont respectivement de 11 et 2,1 MWh/m.an.

3.4 - Impact de la densité sur la pertinence énergétique d'un réseau de chaleur

A l'aide d'un outil de simulation théorique, nous avons analysé l'impact d'une variation de la densité de construction sur la pertinence d'un réseau de chaleur, sur le plan énergétique seul, comparativement à un ensemble de solutions décentralisées courantes permettant de couvrir les mêmes besoins.

Cette étude fait apparaître plusieurs tendances :

- plus la densité augmente, plus l'écart de consommation d'énergie primaire entre les systèmes décentralisés et le réseau de chaleur augmente, au profit du réseau de chaleur ;
- à variation équivalente en valeur absolue, une diminution de la densité (ex. : -30%) a des effets plus néfastes sur la performance énergétique d'un réseau de chaleur que l'augmentation (+30%) n'a d'effets positifs. Ceci s'explique par la part relative plus importante que prennent les pertes de distribution – d'où l'intérêt d'optimiser les réseaux de distribution lorsque la densité thermique diminue (voir partie 6.1).

Le rapport d'étude « Effets de la densité et de la mixité sur la pertinence énergétique d'un réseau de chaleur » peut être consulté à l'adresse suivante : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/effets-de-la-densite-et-de-la-a866.html>

¹¹ Source des différentes valeurs de densité thermique : AMORCE, « Réseaux de chaleur & bâtiments basse consommation : l'équation impossible ? », mai 2011

3.5 - Au delà de la densité : la mixité d'usage et la notion de « durée de fonctionnement »

Nous l'avons évoqué précédemment : la densité de construction seule ne permet pas de caractériser les besoins de chaleur d'un quartier. La morphologie urbaine et la performance thermique des bâtiments jouent également.

Un autre paramètre est important : **la mixité d'usage**. A l'échelle d'un quartier ou d'un aménagement on parle de mixité d'usage (ou mixité fonctionnelle), quand plusieurs fonctions sont présentes : habitat, tertiaire, équipement, industrie, services, loisirs, etc.

Cette mixité des usages est importante en urbanisme puisqu'elle évite le découpage du territoire en zones fonctionnelles différenciées (« zoning »), et permet de rapprocher sur de courtes distances diverses fonctions aux habitants qui en ont le besoin.

Dans le cas de la fourniture d'énergie à un quartier ou à un ensemble de quartiers, la mixité d'usage est un élément essentiel à la pertinence énergétique d'un réseau de chaleur, car elle procure un effet de foisonnement¹². Le foisonnement a pour effet de lisser les besoins (c'est-à-dire d'atténuer l'effet de « pics »), sur la journée, la semaine ou l'année.

Or les pics de besoins ont un effet direct sur le dimensionnement du réseau de chaleur et donc sur son coût : le réseau (chaufferies + canalisations + sous-stations) doit pouvoir satisfaire les besoins instantanés les plus élevés. Il faut donc financer une installation suffisamment dimensionnée. En dehors des périodes de pointe, plus les besoins sont faibles par rapport aux pics, plus l'installation apparaît surdimensionnée, ce qui rend plus difficile son amortissement. Les quantités de chaleur vendues peuvent s'avérer insuffisantes pour justifier l'investissement initial.

Un paramètre permet de mesurer cette adéquation entre le dimensionnement du système et les besoins à satisfaire sur une année complète : la durée d'utilisation équivalente à pleine puissance, également appelée « durée de fonctionnement ». Elle correspond au rapport entre l'énergie utile livrée sur un an et la puissance installée du système. Moins les besoins sont intermittents, plus la durée d'utilisation équivalente à pleine puissance est élevée.

Intermittence	Faible	Moyenne	Forte
Logement collectif	←	→	
Enseignement		(internat) ←	→
Bâtiments publics, tertiaires, commerces, industriels...		←	→
Loisirs	(piscine)		(gymnase)
Hôpital, Maison de retraite	←		
Saison de chauffe	sept - juin	oct - mai	oct - mai
Variation diurnes	19 à 21°C (24/24)	19°C (jour) 17°C (nuit)	19° (jour) 15°C (nuit+WE) 8°C (congés)

*Intermittence de plusieurs grandes catégories de bâtiments
Source CIBE/Perdurance, 2008*

Pour un fonctionnement théorique à pleine charge (réseau qui fonctionnerait à 100% de sa puissance nominale toute l'année), la durée de fonctionnement serait de 8760 heures (24x365). Une chaudière au bois fonctionnant plus de 5000 heures est jugée très performante¹³. Une durée de fonctionnement de 2500 heures est courante. Lorsque la durée de

¹² Pour une explication schématique du principe de foisonnement des besoins de chaleur, voir <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/besoins-de-chaleur-le-principe-du-a922.html>

¹³ Source : rapport « Les réseaux de chaleur » - Conseil général des Mines – 2006 - <http://www.cete->

fonctionnement est inférieure à 2000 heures, cela signifie que la capacité de la chaudière est peu exploitée, avec un impact négatif sur le coût de la chaleur, dont une partie sert à rembourser l'achat de la puissance installée.

Le lissage de la courbe des besoins augmente la durée de fonctionnement équivalente à pleine puissance.

A l'échelle du quartier, ce lissage de la courbe résulte d'une variété des courbes d'intermittences représentées dans le quartier, mais également d'une faible intermittence individuelle de chacun des bâtiments :

- dans un cas extrême, un quartier composé à 100% de bâtiments dont la consommation serait la même toute l'année serait très faiblement intermittent, bien que sa mixité soit nulle ;
- à l'extrême inverse, un quartier composé de 10 types de bâtiments (usages) différents, mais dont les pics de consommation seraient synchrones, de courte durée et élevés, serait très fortement intermittent, bien que sa mixité soit forte.

Le point essentiel à retenir ici est donc que l'évaluation des besoins à satisfaire dans un quartier, lorsque l'on cherche à évaluer la faisabilité d'un réseau, ne peut pas se limiter à réaliser la somme des besoins moyens en kWh/m² sur une année. La notion de foisonnement doit être prise en compte, à travers une analyse de la répartition temporelle des appels de puissance.

Ne pas prendre en considération ce critère reviendrait à favoriser les solutions décentralisées dans l'analyse, celles-ci ne pouvant jamais bénéficier de l'effet du foisonnement, qui par définition n'apparaît que quand plusieurs bâtiments différents sont desservis par le même système.

Il est également d'autant plus important de s'intéresser à ces notions de foisonnement et de durée de fonctionnement équivalente à pleine puissance que les systèmes de génération de chaleur renouvelable coûtent en général plus cher, au watt installé, que les systèmes gaz ou électricité. Autrement dit, il est moins pénalisant, économiquement, de sur-dimensionner une chaudière gaz qu'une chaudière bois.

Dans le même ordre d'idée, on pourra s'attacher à identifier dans le quartier ou à proximité la présence de quelques bâtiments aux besoins importants et plutôt stables (hôpital, maison de retraite, piscine...), élément très favorable à un réseau de chaleur. Il est également judicieux de chercher à élargir le périmètre du réseau en l'étendant à des quartiers voisins, permettant de faire varier encore davantage le profil des courbes de besoins (voir 6.5).

L'évaluation des besoins à satisfaire dans un quartier ne peut pas se limiter à réaliser la somme des besoins moyens en kWh/m² sur une année. Le foisonnement doit être pris en compte.

4 - Du point de vue du maître d'ouvrage d'un bâtiment neuf : quel intérêt du réseau de chaleur par rapport à d'autres solutions ?

4.1 - Rappel : le principe de modulation de la consommation autorisée en fonction du contenu CO₂ du réseau de chaleur

4.1.1 - Principe de la réglementation thermique 2012 : une performance énergétique évaluée dans l'absolu

La réglementation thermique 2005 imposait que la consommation conventionnelle en énergie primaire d'un projet de construction soit inférieure à la consommation conventionnelle de référence de ce même projet, calculée à partir de caractéristiques dites de référence, inscrites dans la réglementation ; il s'agissait donc d'une approche relative.

La réglementation thermique 2012 s'attache quant à elle à fixer les objectifs de performance énergétique du projet, indépendamment d'une référence (approche absolue) ; ainsi, toute nouvelle construction doit respecter une valeur de consommation d'énergie primaire maximale par m² et par an, le « Cep_{max} », comprenant les consommations de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire, d'éclairage et d'auxiliaires de distribution et ventilation.

Ce changement de principe est important car en s'affranchissant de la comparaison à un modèle théorique, la RT 2012 permet de considérer la performance intrinsèque du projet et non plus un gain entre deux projets.



4.1.2 - Les réseaux émettant peu de gaz à effet de serre sont valorisés

La valeur limite Cep_{max} est une contrainte réglementaire imposée à tout constructeur de bâtiment. Le Cep_{max} est de 50 kWh/(m².an) d'énergie primaire, modulé selon la localisation géographique, l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des bâtiments et les émissions de gaz à effet de serre. A titre d'exemple, il peut ainsi varier de 40 à 110,5 kWh/m²/an pour une maison individuelle non climatisée, sans modulation de surface.

S'agissant des émissions de gaz à effet de serre, seuls le bois-énergie et **les réseaux de chaleur les moins émetteurs de CO₂ font l'objet d'une modulation du Cep_{max}.**

Le raccordement à un réseau de chaleur vertueux sur le plan des émissions de CO₂ permet ainsi de bénéficier des modulations suivantes¹ du Cep_{max} :

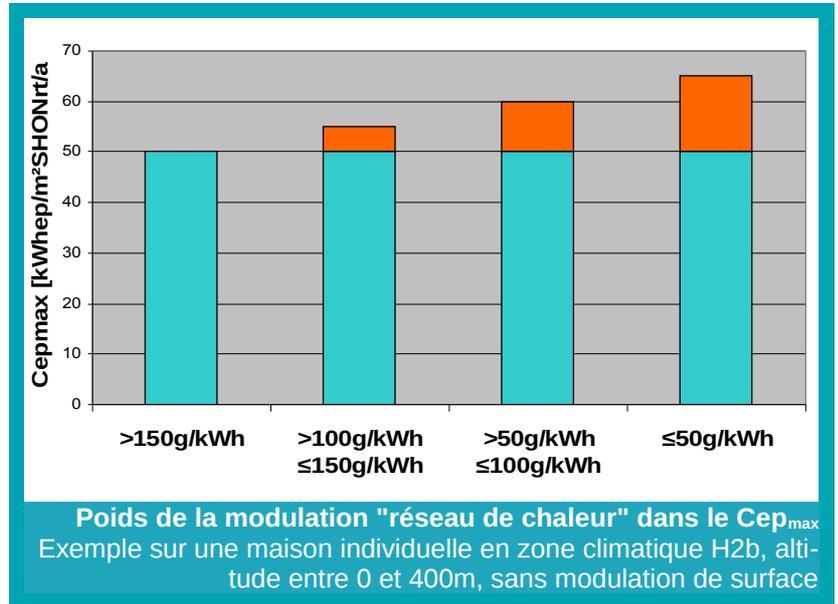
+30% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est **inférieur ou égal à 50g/kWh**

+20% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est **supérieur à 50g/kWh et inférieur ou égal à 100g/kWh**

+10% pour les réseaux dont le contenu CO₂ est **supérieur à 100g/kWh et inférieur ou égal à 150 g/kWh**

Le contenu CO₂ pris en compte pour le calcul est celui qui figure dans l'annexe 7 de l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique, régulièrement actualisé¹⁴.

Ces dispositions s'appliquent également pour les réseaux de froid : le raccordement d'un bâtiment à un réseau de froid pour ses besoins de climatisation permet de bénéficier des mêmes modulations du Cep_{max} , en fonction du contenu CO₂ du réseau. Quand le bâtiment est raccordé à la fois à un réseau de froid et un réseau de chaleur, la modulation est égale à la moyenne de la modulation du réseau de chaud et celle du réseau de froid.



4.1.3 - De nouvelles options pour atteindre l'équilibre bâti/systèmes

La modulation du Cep_{max} permet donc d'élargir la marge de manœuvre des maîtres d'ouvrage de bâtiments quant aux mesures possibles pour réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre des projets.

Ils doivent trouver le juste équilibre entre la recherche d'un bâti très performant et le recours à des systèmes énergétiques efficaces afin de respecter l'exigence du Cep_{max} .

Parmi ces différentes solutions, ils peuvent choisir de raccorder leurs bâtiments à des réseaux de chaleur vertueux, bénéficiant ainsi d'une modulation du Cep_{max} qui leur permet de réaliser des constructions qui, à un coût d'investissement comparable aux autres systèmes énergétiques, restent performantes sur le plan énergétique (la modulation étant limitée à 30%) et contribuent par ailleurs fortement à l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

La modulation du Cep_{max} permet d'élargir la marge de manœuvre des maîtres d'ouvrage de bâtiments quant aux mesures possibles pour réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre des projets.

¹⁴ Voir <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/contenu-co2-des-reseaux-de-chaleur-r307.html>

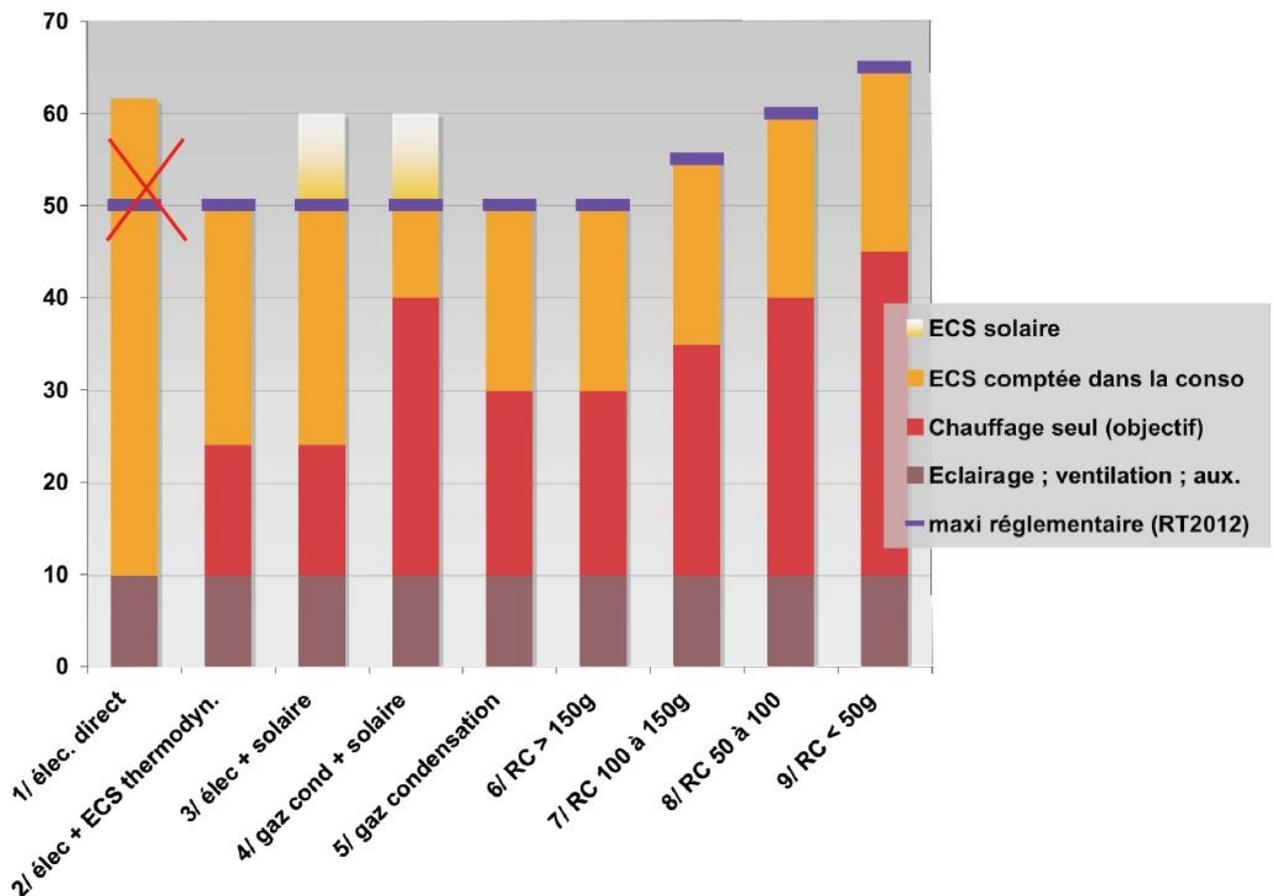
4.2 - Comparaison du point de vue du constructeur du bâtiment : le niveau de performance thermique à atteindre

Avec le soutien de l'ADEME, l'association AMORCE a réalisé en 2011 une étude intitulée « Réseaux de chaleur et bâtiments basse consommation : l'équation impossible ? »¹⁵.

Cette étude analyse notamment dans le détail, à l'échelle d'un bâtiment construit suivant la réglementation thermique 2012, comment le réseau de chaleur se positionne par rapport aux autres solutions en terme de contraintes pour le constructeur du bâtiment.

Les éléments suivants (partie en italique) sont extraits de cette étude.

Le graphique ci-après permet d'illustrer les enjeux de ces modulations selon les modes de chauffage et de production d'ECS. Il est construit en utilisant la référence moyenne de 50 kWhep/m² par an et des consommations moyennes pour l'éclairage, la ventilation, les auxiliaire et l'eau chaude sanitaire (ECS). Selon le lieu, l'altitude et les autres caractéristiques du projet (taille des logements, recours ou pas à la climatisation, mode de ventilation, rendements précis des systèmes...) les valeurs peuvent être différentes et une étude comparative au cas par cas restera nécessaire, mais l'analyse proposée ici permet cependant d'identifier les grandes tendances apportées par la RT 2012 entre les modes de chauffage.



¹⁵ Extraits de l'étude repris avec l'autorisation de l'association AMORCE – <http://www.amorce.asso.fr>

Ce graphique en kWh_{ep}/m² par an présente comment :

- l'exigence de consommation de la RT 2012 (barre violette) est modulée pour les réseaux de chaleur vertueux (barres 7, 8 et 9 de droite)
- le solaire thermique est décompté de la consommation et permet de dépasser en global le niveau d'exigence (barres 3 et 4)
- le recours à l'ECS électrique « classique » (1ère barre à gauche) n'est plus possible
- les consommations sur 4 usages (hypothèse d'un bâtiment résidentiel non climatisé) se répartissent suivant les modes de chauffage et d'ECS retenus. Les consommations des auxiliaires et les besoins d'ECS étant considérés identiques, c'est la consommation de chauffage (en rouge) qui joue la « variable d'ajustement » pour ne pas dépasser l'exigence de consommation réglementaire

Ce dernier point est le plus important pour mesurer les avantages des différents choix énergétiques pour le maître d'ouvrage du bâtiment et donc le caractère incitatif de la réglementation selon les filières. Le niveau de consommation du chauffage seul influençant directement le coût de la construction, cette analyse apporte de nombreux enseignements sur les évolutions dictées par la RT 2012 dans le marché de la construction :

- Pour le chauffage électrique, le recours au solaire thermique ou à un système thermodynamique (pompe à chaleur) devient incontournable pour la production d'ECS. De plus, le niveau de chauffage à atteindre – de l'ordre de 15 kWh/an en énergie primaire – correspond à 5 kWh en énergie finale. Un niveau aussi faible impose le recours à une pompe à chaleur à très bon coefficient de performance ou la construction d'un bâtiment passif.
- Le gaz à condensation avec ECS solaire devient la référence parmi les systèmes décentralisés : avec 30 kWh/m² par an pour le chauffage, c'est le choix par défaut (hors réseaux de chaleur) qui apporte dans de nombreux cas le meilleur compromis technico-économique.
- Un réseau de chaleur moyen (niveau d'émission de gaz à effet de serre de plus de 150 grammes de CO₂ par kWh) est au niveau du gaz à condensation : il sera donc choisi par un maître d'ouvrage si le raccordement ne coûte pas plus cher qu'une chaufferie gaz en pied d'immeuble et s'il ne voit pas d'inconvénient d'un tel choix pour la vente ou la location des logements. Le maître d'ouvrage ajoutera peut-être, comme avec le gaz, du solaire thermique pour arriver au même coût de construction que la solution « gaz condensation + solaire ».
- L'ajout éventuel de solaire thermique sur un bâtiment neuf raccordé à un réseau de chaleur ne changera pas la quantité de chaleur vendue par le réseau à ce bâtiment, mais seulement la répartition entre ECS et chauffage : la production solaire étant décomptée de la consommation dans le calcul réglementaire, l'économie apportée sur l'eau chaude par le solaire sera compensée par une consommation plus importante du chauffage.
- Pour les réseaux de chaleur alimentés par des EnR&R, le niveau de chauffage autorisé est équivalent à la solution « gaz condensation + solaire » si le contenu CO₂ est inférieur à 100 grammes par kWh, sans que le maître d'ouvrage n'ait besoin d'investir dans une installation solaire sur le bâtiment.

- *Pour les réseaux de chaleur alimentés très majoritairement par des EnR&R, le niveau de chauffage autorisé est supérieur de 16% à la solution « gaz condensation + solaire », ce qui permet de réaliser des économies sur le coût de construction du bâtiment.*

4.3 - L'exigence de recours à une énergie renouvelable en maison individuelle

Dans le cas des maisons individuelles, la RT 2012 impose en outre une exigence de moyens sur le recours aux énergies renouvelables. Conformément à l'article 16 de l'arrêté du 26 octobre 2010, cette exigence peut être atteinte au moins par l'une des solutions suivantes :

- produire l'eau chaude à sanitaire partir d'un système solaire thermique
- **être raccordé à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par une énergie renouvelable ou de récupération**
- démontrer que la contribution des énergies renouvelables au Cep du bâtiment est supérieure ou égale à 5 kWh/(m².an)



Le raccordement au réseau permet donc aux maîtres d'ouvrage de maisons individuelles neuves, en plus de ne pas avoir à équiper les logements d'une chaudière pour le chauffage, de réaliser une économie d'investissement dans un système de production d'énergie renouvelable. Les contraintes d'intégration architecturale et d'entretien propres aux panneaux solaires peuvent également être évitées.

5 - Étudier la pertinence d'un réseau de chaleur : quelques points de vigilance

La desserte d'un quartier par un réseau étant une solution moins fréquemment rencontrée que les solutions gaz ou électricité, et dont le modèle économique est différent, l'analyse de leur faisabilité peut être faussée par certaines pratiques ou simplifications au niveau des études technico-économiques.

Il convient donc que ces études soient réalisées en suivant un certain nombre de recommandations, afin d'éviter que les comparaisons entre les solutions ne soient faussées.

5.1 - Considérer tous les coûts et intégrer d'autres critères

Les études doivent comparer les solutions en prenant en compte leur coût global sur le long terme, incluant le montant total des investissements et les charges annuelles par bâtiment ;

- ce coût doit prendre en compte **l'ensemble des dépenses et leurs potentielles évolutions**, quels que soient les acteurs qui les prennent en charge (notion de coût pour la « collectivité » au sens large, incluant les pouvoirs publics, les promoteurs, les aménageurs, les usagers, les contribuables, etc.) ; ne pas prendre en compte l'ensemble des payeurs revient à fausser la comparaison en escamotant certaines dépenses des bilans. La sensibilité à l'évolution du prix des énergies est également très importante (voir 5.3).
- la **durée** considérée devrait correspondre à la réponse à la question suivante : « au bout de combien de temps est-il possible de revoir totalement l'approvisionnement énergétique de la zone sans que cela ne soit techniquement, socialement et économiquement réductible ? ». Il peut par exemple s'agir de la durée de vie de l'aménagement (30 ans et plus), de la durée d'un contrat de concession de réseau de chaleur (généralement 20/25 ans), etc.
- les **différents mécanismes d'aide financière** (TVA réduite, fonds chaleur, FEDER, aides des collectivités territoriales, valorisation de certificats d'économie d'énergie, etc.) doivent être pris en compte dans le calcul économique de faisabilité, tout en restant distincts des autres éléments. Le calcul économique peut ainsi distinguer un coût « hors aides », et un coût « avec aides » correspondant à ce que devront réellement payer les maîtres d'ouvrage des solutions à mettre en œuvre.

En outre, un aménagement qui se veut *durable* ne peut pas être considéré qu'au travers du prisme économique. D'autres critères de comparaison des solutions, notamment sociaux et environnementaux, doivent être introduits. Par exemple :

- émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques,
- efficacité énergétique et quantité d'énergie primaire non renouvelable consommée ; taux d'énergie renouvelable,

D'autres critères de comparaison des solutions, notamment sociaux et environnementaux, doivent être introduits.

- pérennité des sources d'énergie et évolutivité¹⁶ (capacité à changer de source d'énergie),
- garanties de stabilité du prix final pour les usagers,
- niveau de maîtrise des acteurs publics (garantie de mise en œuvre effective du scénario et d'obtention réelle des bénéfices attendus),
- autres indicateurs environnementaux (nuisances sonores ; limitation de l'étalement urbain ; valorisation des sortants de la ville ; occupation du sol ; impact architectural et paysager ; etc.),
- autres indicateurs socio-économiques (acceptabilité sociale ; synergies économiques ; impact sur l'économie locale ; etc.).

Les critères de comparaison sont à pondérer en fonction des priorités définies par le maître d'ouvrage de l'opération d'aménagement.

5.2 - Hypothèses de consommation des bâtiments

La méthode la plus répandue pour l'estimation des consommations énergétiques correspondant au chauffage et à la fourniture d'ECS des bâtiments est l'utilisation des valeurs issues de la réglementation thermique.

Cette approche a le mérite d'être simple et homogène, permettant des comparaisons entre différentes études.

Mais elle doit être assortie de précautions :

- **La consommation réglementaire théorique dépend du mode de chauffage** : Les valeurs de consommation imposées par la réglementation thermique dépendent du mode de chauffage : le calcul permet en effet à un bâtiment desservi par un réseau de chaleur émettant très peu de CO₂ de consommer davantage qu'un bâtiment chauffé au gaz. On ne peut donc pas prendre la même base de calcul dans les 2 cas, et comme le choix du mode de chauffage dépend lui-même des consommations estimées, le calcul doit se faire par itérations ou par scénarios.
- **La consommation théorique peut être différente de la consommation réelle** : Les premiers retours d'expérience sur des quartiers BBC desservis par des réseaux de chaleur montrent que dans certains cas, les puissances réellement demandées par les promoteurs *in fine* sont supérieures aux puissances qui avaient été estimées en amont, au niveau du permis de construire par exemple. Ces écarts peuvent s'expliquer par des ajustements du projet de construction, des consommations réelles supérieures aux consommations théoriques (notamment en raison de la façon dont les occupants utilisent les logements) ou encore par des divergences dans les estimations en raison de l'utilisation de méthodes de calcul différentes.
- **Certains usages de chaleur ne sont pas inclus dans le calcul réglementaire** : Les valeurs de consommation de la réglementation thermique ne prennent pas en compte tous les postes de consommation d'énergie dans un bâtiment. En matière de consommation de chaleur, la cuisson et les appareils électro-ménagers nécessitant de l'eau chaude (lave-linge, lave-vaisselle) ne sont pas pris en compte. Or certains de ces besoins de chaleur peuvent être satisfaits par un réseau de chaleur (voir partie 6.4).

¹⁶ Plus les garanties sur la pérennité des sources ou les prix des énergies utilisées sont faibles, plus l'évolutivité est un critère important

5.3 - Hypothèses sur l'évolution des prix des énergies

Les taux d'évolution des prix des énergies, donnée sur laquelle les marges d'incertitudes sont très importantes, ont un impact très fort sur la comparaison des solutions sur le strict plan de la rentabilité économique.

Du fait des incertitudes sur l'évolution des prix sur le long terme et de l'impact très fort de ces variations sur le coût global sur 20 ou 30 ans, il est donc conseillé d'étudier plusieurs scénarios d'évolution des prix.

Le PCET ou le SRCAE peuvent avoir défini, respectivement à l'échelle de la collectivité ou de la région, des scénarios d'évolution des prix des énergies ; dans ce cas, ils peuvent utilement être pris comme référence. A défaut (ou en complément) de référentiels locaux, il est possible de se baser sur les scénarios nationaux ou européens d'évolution des prix.

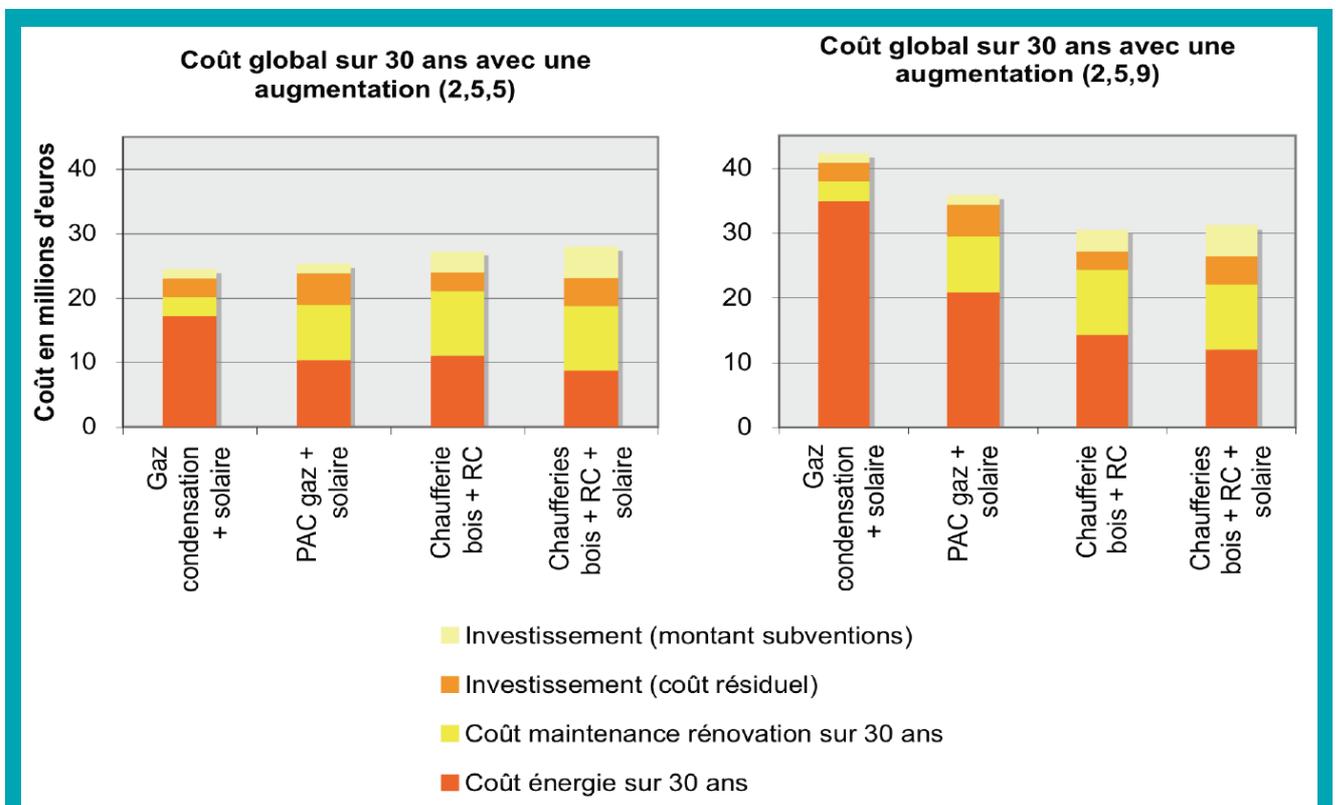


Illustration de l'effet des hypothèses d'évolution des prix des énergies sur la comparaison économique des scénarios (source : extrait étude AMORCE - RCE 12)

Dans cette étude réalisée sur un projet de ZAC à Besançon, deux scénarios ont été comparés. Dans le 1er (graphique de gauche), on considère que le prix du gaz augmente de 5% par an pendant les 30 prochaines années. Dans le 2nd cas (graphique de droite), le prix du gaz augmente de 9% par an. On constate que cet écart de 4 points sur l'estimation de l'augmentation annuelle modifie complètement le classement des solutions en fonction de leur coût global. Compte tenu des fortes incertitudes sur l'évolution du prix des énergies (en particulier fossiles), cet exemple illustre l'intérêt d'étudier différents scénarios, d'être très prudents sur les conclusions économiques, d'intégrer le critère de stabilité des prix comme un critère de choix, et enfin de ne pas baser la comparaison des solutions sur ce seul critère économique.

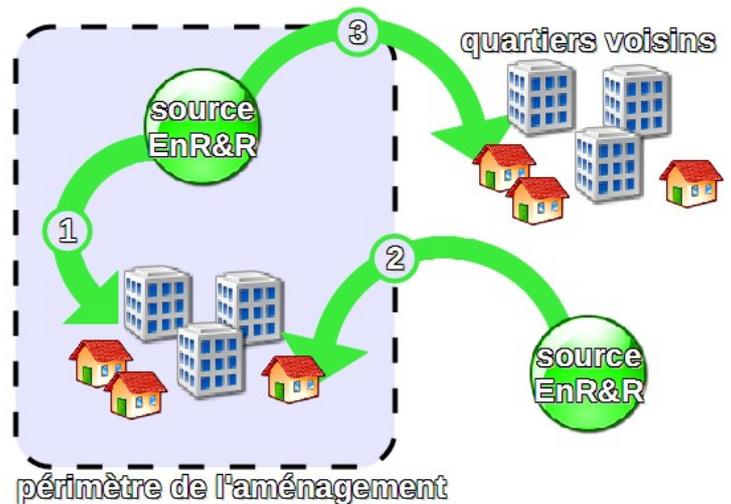
5.4 - Périmètre de l'étude : un quartier au sein d'un territoire

5.4.1 - Prendre en compte les bâtiments et quartiers voisins

Un nouvel aménagement ne se conçoit pas coupé de son environnement : l'aménagement s'insère dans une ville existante dont il constitue soit une extension, soit un renouvellement. Le nouvel aménagement est lié au territoire qui l'entoure par différents réseaux (transports, énergies, eaux, communications électroniques, etc.).

En matière d'énergie, cela signifie que le développement des énergies renouvelables sur une zone aménagée ne se limite pas à la production et la consommation d'énergie à l'intérieur de cette zone.

Il est important de ne pas exclure la prise en compte des besoins des quartiers voisins. Le fait de desservir plusieurs quartiers peut rendre pertinent un projet de desserte énergétique collective qui ne le serait pas à l'échelle du seul aménagement neuf.



Cet élargissement du périmètre doit être défini en fonction des opportunités locales, identifiées après examen de la situation des quartiers voisins : mode d'approvisionnement énergétique actuel ; consommation des bâtiments ; densité ; facilité à réaliser des travaux de rénovation thermique ; etc.

Il ne s'agit évidemment pas de « faire payer » par les quartiers voisins une solution qui ne serait bénéfique que pour le quartier neuf. **L'objectif de l'élargissement du périmètre est de permettre l'émergence de solutions EnR qui bénéficient à l'ensemble des quartiers considérés** qui concourent à l'atteinte des objectifs généraux définis à l'échelle de la collectivité (PCET par exemple) et qui ne seraient pas viables à la seule échelle de l'aménagement neuf.

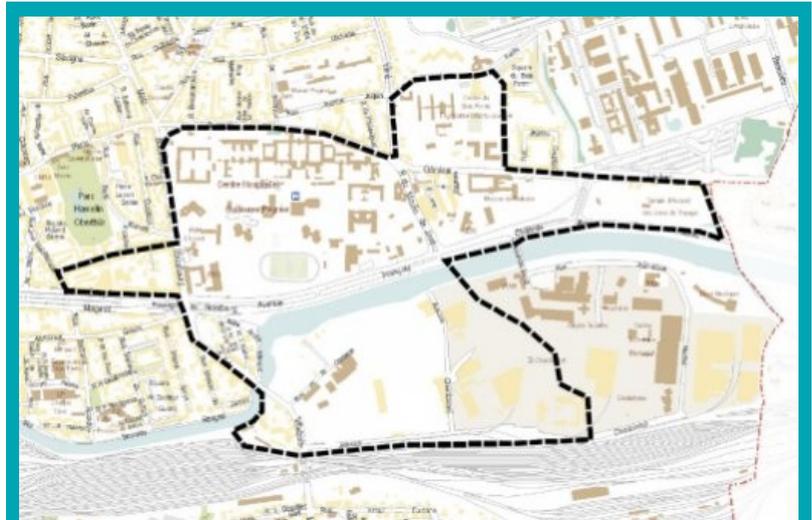
Le raccordement de bâtiments plus anciens et aux besoins importants est également une réponse possible à la question parfois délicate de l'échelonnement temporel de la réalisation d'un aménagement neuf. Les programmes d'aménagement s'inscrivent en effet sur plusieurs années, voire dizaines d'années pour les opérations les plus importantes ou complexes.

L'élargissement du périmètre peut permettre l'émergence de solutions EnR qui bénéficieront à l'ensemble des quartiers considérés : le nouveau quartier et les quartiers anciens qui l'entourent.

La progressivité du développement urbain sur ces zones, et des besoins énergétiques qui y sont associés, est une contrainte qui porte sur tous les investissements d'infrastructures, y compris les réseaux de chaleur. Ceux-ci doivent être dimensionnés en tenant compte des besoins énergétiques escomptés à terme, tout en assurant une fourniture énergétique techniquement et économiquement satisfaisante pour les premiers bâtiments livrés.

Cette contrainte est surtout importante sur les réseaux de distribution eux-mêmes, puisque les canalisations, une fois mises en œuvre, ont une capacité (fonction de leur diamètre) figée sur la durée de vie du réseau. A l'inverse, la chaufferie peut voir sa puissance augmenter progressivement, par l'ajout de chaudières supplémentaires. L'enjeu, sur ces canalisations, est d'avoir la capacité de véhiculer l'énergie nécessaire à terme sans que les performances immédiates (le rendement du réseau notamment) ne soient trop dégradées.

Les contextes les plus favorables sont ceux dans lesquels les premiers bâtiments ouverts ou réalisés à court terme représentent une part significative (la moitié par exemple) des besoins énergétiques de l'ensemble du projet ou lorsqu'il est possible de raccorder des bâtiments existants assez consommateurs à proximité du réseau à créer (établissement scolaire, ensemble de bureaux, centre commercial, établissement de santé...).



La ZAC Baud Chardonnet, dont les premières constructions sont prévues à partir de 2012 (1ère livraison 2014-2015), à l'est de Rennes, occupera une superficie de 37 hectares et regroupera 187000 m² de logement (soit 2300 logements), 15000 m² de commerce, 84000 m² à vocation tertiaire et 10000 m² d'équipements publics.

L'étude de desserte énergétique de la ZAC a abouti à la conclusion qu'un réseau de chaleur alimenté majoritairement par du bois constituerait une solution de desserte énergétique pertinente pour le chauffage des bâtiments. Cependant, l'échéancier de réalisation de la ZAC étant très étalé (programme sur 10 ans), il s'est avéré nécessaire de trouver d'autres utilisateurs "immédiats" du réseau, capable de bénéficier (et de contribuer à l'amortissement) des installations dès leur mise en place. C'est ainsi que le réseau de la ZAC desservira également un centre hospitalier de (90000m² de SHON, 10000 MWh/an, soit un tiers de la production du réseau à terme), dont la chaudière à énergie fossile arrive en fin de vie.

5.4.2 - L'échelle supérieure au projet d'aménagement

Les plans climat énergie territoriaux (PCET) et les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE), définis par les lois Grenelle 1 et 2, renforcent l'implication des collectivités territoriales dans la politique énergétique¹⁷.

Le SRCAE est un cadre stratégique et prospectif à l'échelle régionale, élaboré conjointement par l'Etat et la Région. Il définit notamment des objectifs quantitatifs de développement de la production d'énergie renouvelable, à l'échelle de la région et par zones infrarégionales favorables à ce développement.

Le PCET se situe à une échelle géographique plus réduite et est plus opérationnel. C'est un projet de territoire qui définit les objectifs de la collectivité afin d'atténuer et lutter efficacement contre le réchauffement climatique et de s'y adapter. Il définit le programme des actions

¹⁷ Pour en savoir plus sur les PCET, consulter le centre de ressources de l'ADEME : www.pcet-ademe.fr

à réaliser afin notamment d'améliorer l'efficacité énergétique, d'augmenter la production d'énergie renouvelable et de réduire l'impact des activités en termes d'émissions de GES.

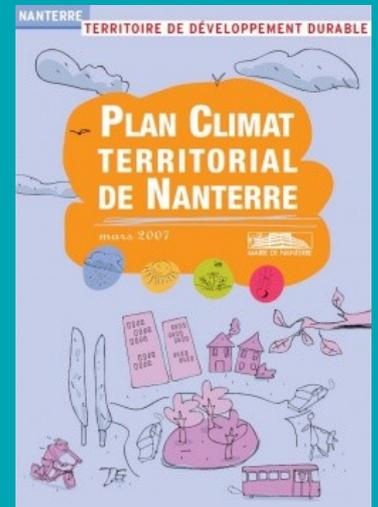
Compte tenu de son échelle et de son caractère opérationnel, le PCET est le « premier » document situé au dessus de l'échelle de l'aménagement et définissant les orientations territoriales en matière d'énergie en général – et donc d'énergies renouvelables en particulier.

Par conséquent, **toute étude relative à l'énergie réalisée à l'échelle d'un aménagement devrait, dès les premières réflexions, intégrer ce qui a été préalablement défini dans le PCET**, afin :

- d'assurer la compatibilité entre les orientations fixées sur la zone aménagée et la politique qui a été fixée à l'échelle de la collectivité ;
- de prendre en compte les données utiles qui ont pu être collectées ou référencées dans le cadre du PCET (gisements des différentes énergies renouvelables ; état des lieux du parc bâti ; état des lieux des réseaux de chaleur ; etc.)

A défaut de PCET, il est possible de se référer à un éventuel agenda 21 local ou bien « remonter » au niveau supérieur du SRCAE afin d'identifier les orientations stratégiques définies pour le territoire régional au sein duquel l'aménagement est prévu.

A Nanterre, un plan climat territorial a été élaboré dès 2006. Fixant les objectifs et la stratégie globale de la ville pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de son territoire et pour le développement des énergies renouvelables, cette démarche a notamment conduit en 2009 à intégrer les réseaux de chaleur dans deux projets d'écoquartiers.



Un de ces réseaux est alimenté majoritairement par le bois-énergie, tandis que l'autre mobilise la chaleur récupérée sur les eaux usées ainsi que la géothermie peu profonde.

6 - Comment renforcer la pertinence du réseau de chaleur dans un quartier neuf

6.1 - Optimisation du réseau

Une étude menée début 2011 par le bureau d'études Inddigo pour l'association AMORCE recense les principales solutions techniques existantes pour optimiser les coûts d'investissement et de fonctionnement des réseaux de chaleur dans un contexte de baisse de l'intensité énergétique : basse température, pompes à vitesse variable, sur-isolation des conduites, solaire thermique... de nombreuses techniques sont analysées et des éléments sur leur applicabilité et leur rentabilité sont donnés. Le rapport, à destination des collectivités, assistants à maîtrise d'ouvrage, exploitants, etc. est disponible auprès d'AMORCE.

En voici les principaux enseignements¹⁸ :

- *Le passage en basse température avec faible température de retour divise en moyenne par 2 les pertes thermiques du réseau. L'augmentation du différentiel de température entre le départ et le retour permet de plus – en diminuant les débits nécessaires - une baisse de 15% sur le coût d'investissement du réseau.*
- *La sur isolation des canalisations diminue en moyenne de 18% les pertes réseau*
- *La baisse de température au départ du réseau dès que les besoins de chauffage ne sont pas maximum diminue en moyenne de 16% les pertes réseau*
- *La variation électronique de vitesse diminue sensiblement la consommation électrique des moteurs des pompes avec des temps de retour sur investissement de moins de un an dans certains cas. Autre avantage : diminution des pertes thermiques par la baisse des températures de retour.*
- *L'augmentation de la différence de température entre la sortie vers le secondaire et le retour du secondaire à la sous station permet de diminuer les pertes réseau ainsi que le débit et donc les consommations électriques des auxiliaires. Une des solutions est d'utiliser des sous stations qui préchauffent l'eau froide potable sur le retour de chauffage du secondaire.*
- *Il est possible d'installer des sous-stations individuelles y compris en immeuble collectif pour cumuler les avantages du réseau de chaleur avec ceux des installations individuelles de chauffage*
- *L'installation d'un ballon d'hydro accumulation en sortie d'une chaufferie bois permet de gagner quelques pourcents dans le taux de couverture EnR du réseau (meilleure capacité à « passer » les pointes d'appel de puissance)*
- *Une installation solaire thermique peut être dimensionnée par exemple pour couvrir les pertes réseaux l'été ou les pertes réseaux plus la moitié des besoins en ECS, ce qui optimise la production du solaire et en diminue sensiblement les coûts (100% du productible est valorisé, ce qui est rarement le cas en installation sur un bâtiment)*

¹⁸ Les éléments suivants (partie en italique) sont repris du rapport publié par AMORCE

- *La passage en vide sanitaire des canalisations plutôt qu'en enterré ou en caniveau permet de diminuer de 30 à 60% le coût du réseau. Cette disposition implique de « penser » le réseau de chaleur le plus en amont possible avec l'équipe d'urbaniste. Par exemple une disposition des bâtiments « en bande » sera si possible à privilégier pour maximiser le gain apporté.*
- *Le stockage inter-saisonnier dans des grands volumes sur-isolés peut devenir compétitif en cas de sur-production d'énergie fatale l'été.*

Pour en savoir plus, voir la fiche « Techniques d'optimisation des réseaux de chaleur » : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/techniques-d-optimisation-des-a867.html>

6.2 - Réduire le coût des travaux

Même si la question économique n'est pas la seule à prendre en considération, il va de soi que toute action permettant de réduire le coût du réseau de chaleur permet d'une part de renforcer sa pertinence vis-à-vis d'autres solutions, et d'autre part de contribuer à une diminution de la facture finale pour l'utilisateur.

Une première piste peut être de chercher à mutualiser les travaux de génie civil (pose des canalisations) avec les travaux d'un autre réseau dont le tracé emprunte tout ou partie de celui souhaité pour le réseau de chaleur. Ce principe de mutualisation des travaux de réseaux s'applique de fait à tous les réseaux urbains souterrains, dont la majeure partie du coût se situe généralement davantage dans la réalisation de la tranchée que dans le câble ou la canalisation eux-mêmes. A Dijon, le réseau de chaleur a ainsi bénéficié en 2010/2011 des travaux de réalisation du tramway : au total, 11km de canalisations – la colonne vertébrale du réseau – ont été posées à côté du tramway, reliées à l'usine d'incinération et à deux centrales bois.

Il est également possible dans certains cas de faire appel à de nouvelles techniques, comme les canalisations souples (plastique pré-isolé), qui peuvent être livrées sur le chantier sous forme de tourets. Ceci permet une pose plus rapide et donc une réduction du coût du chantier.

Le principe de mutualisation de travaux peut également s'appliquer à la partie génération de chaleur – même si c'est plus rare que pour les canalisations. Ainsi, on peut citer l'exemple de l'action « Réseau de géothermie intégré au bâti » retenu dans le cadre du programme Ecocité de Strasbourg¹⁹. L'idée est de valoriser les travaux de fondation qui sont rendus nécessaires par le contexte géologique local ; la nature du sous-sol impose des fon-



Canalisations souples dans quartier en cours de réalisation

¹⁹ Actions « Réseaux de chaleur » dans les programmes Ecocités : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/projets-reseaux-de-chaleur-dans-le-a818.html>

dations profondes, il s'agit donc d'ajouter une utilité supplémentaire ces infrastructures, en les utilisant également pour prélever une ressource d'énergie renouvelable (géothermie). Ceci permet donc d'améliorer le bilan économique et environnemental de l'opération.

6.3 - Élargir l'éventail des sources mobilisées

La baisse de la consommation énergétique pour le chauffage des bâtiments et les nouvelles techniques d'ingénierie des réseaux de distribution (réseaux basse température notamment) permettent de faire appel à de nouvelles sources de chaleur, jusqu'alors peu utilisées par les réseaux de chaleur français, comme le solaire, la géothermie superficielle ou encore la récupération de chaleur des eaux usées ou des bâtiments.

L'investissement initial dans les équipements est souvent plus élevé que pour des sources plus usuelles, mais ces différents gisements présentent l'avantage d'être peu coûteux, voire gratuits, en fourniture. Cela signifie notamment que la facture énergétique des usagers est essentiellement liée au seul amortissement de l'investissement initial, et donc très sensible sur la durée.

Ces sources d'énergie peuvent également être mobilisées à l'échelle du bâtiment, mais leur exploitation au travers d'un réseau de chaleur apporte des bénéfices supplémentaires :

- moins coûteux (investissement et fonctionnement) qu'un ensemble de systèmes individuels permettant de couvrir les mêmes besoins ;
- plus grande facilité pour mobiliser plusieurs énergies renouvelables différentes pour un même bâtiment (réseaux multi-énergies) et augmenter le taux de couverture par les EnR&R ;
- capacité du réseau à faire évoluer ses sources dans le temps, pour toujours exploiter les meilleures (c'est-à-dire les moins chères et les plus neutres sur le plan de l'impact environnemental).

La capacité du réseau de chaleur à mobiliser de nombreuses sources différentes est liée à son régime de température : plus il est bas, plus l'éventail mobilisable est large.

Pour en savoir plus, voir les fiches « Les nouvelles sources d'énergie pour les réseaux de chaleur » et « Réseau de chaleur très basse température à sources multiples » : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/les-nouvelles-sources-d-energie-a873.html> - <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/reseau-de-chaleur-tres-basse-a874.html>

6.4 - Élargir les usages du réseau

Traditionnellement, un réseau de chaleur livre l'énergie calorifique utilisée pour le chauffage des locaux et pour le chauffage de l'eau chaude sanitaire. Les revenus qui permettent d'équilibrer le modèle économique sont donc limités par ce domaine d'utilisation.

Or le réseau peut être exploité pour d'autres utilisations.

Un réseau de chaleur peut aussi être un réseau de froid. Il peut s'agir d'un réseau qui fournit exclusivement du froid (mais dans ce cas on retrouve la même question : la seule fourniture de froid suffit-elle pour amortir le coût du réseau ?). Mais il peut également s'agir d'un **réseau mixte, fournissant aussi bien de la chaleur que du froid**, à travers un même ensemble d'installations, soit par un réseau de chaleur basse température assisté de PAC, soit par un réseau de chaleur dont l'énergie calorifique est utilisée pour faire fonctionner des générateurs de froid décentralisés.

Au delà de cette approche qui fait déjà l'objet de quelques réalisations ou projets en France, on peut également rechercher d'autres usages de la chaleur pour lesquels le réseau de chaleur pourrait se substituer à une solution non renouvelable.

Le niveau de consommation des bâtiments neufs étant plafonné à 50 kWh/m².an en moyenne par la réglementation thermique, les usages non pris en compte dans ce plafond²⁰ peuvent devenir très importants en volume relatif.

Si certains de ces usages ne peuvent être couverts que par l'électricité (équipements audiovisuels, informatique...), d'autres en revanche peuvent bénéficier des réseaux de chaleur. L'électro-ménager (en particulier le lave-linge et le lave-vaisselle) nécessite de l'eau chaude, aujourd'hui chauffée électriquement par effet joule. Ceci représente la majeure partie de la consommation énergétique de ces appareils et représente de l'ordre de 5 à 10 kWh/m² par an pour un logement.

Dans son étude sur les réseaux de chaleur dans les quartiers basse consommation, AMORCE présente les avantages que représenterait le raccordement de ces appareils à une source d'eau chaude, plutôt qu'un chauffage de l'eau par effet joule directement dans l'appareil :

- *Un gain en énergie primaire dès que l'eau chaude sanitaire est produite à partir d'une énergie fossile ou renouvelable ou à partir d'un chauffe eau électrique thermodynamique (pompe à chaleur) ;*
- *Un gain sur la facture d'énergie de l'usager par un gain en énergie finale si l'eau chaude est produite à partir d'un chauffe eau solaire ou d'un chauffe eau électrique thermodynamique (pompe à chaleur) ou par le différentiel de prix entre l'électricité et les autres énergies ;*
- *Une augmentation des énergies renouvelables consommées par le logement (en valeur absolue et en pourcentage) si l'eau chaude sanitaire est fournie par un réseau de chaleur EnR&R ou du solaire thermique ;*

Le réseau de chaleur de l'écoquartier du Fort, à Issy-les-Moulineaux, comporte une boucle d'eau tempérée à 28°C permettant, grâce à des pompes à chaleur situées au pied des immeubles, de chauffer les logements mais aussi de les rafraîchir. Ainsi l'été, le froid généré sur le réseau par les PAC produisant l'eau chaude sanitaire sera utilisé pour rafraîchir les logements.

A Bordeaux, le réseau bois de l'écoquartier Ginko fournira aussi bien de la chaleur pour les 2150 logements, 2

groupes scolaires, 28000 m² de commerces et 25000 m² de bureaux et services, que du froid pour une partie de ces mêmes bâtiments.



Chaudière bois de l'écoquartier Ginko

²⁰ La consommation réglementaire ne prend en compte que les 5 usages suivants : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires de distribution et ventilation.

- *L'optimisation de l'installation solaire thermique ou du réseau de chaleur si l'eau chaude sanitaire est fournie par ces systèmes.*

Pour qu'une telle approche soit possible, il faut d'une part que les appareils le permettent (selon AMORCE, la plupart des lave-vaisselle et quelques lave-linge sur le marché sont raccordables avec une entrée eau chaude) et d'autre part que cela soit prévu au niveau du logement. En effet, si aucune arrivée d'eau chaude n'a été installée à la construction dans les pièces susceptibles d'accueillir ces appareils, il est peu probable que les occupants réalisent les travaux ultérieurement.

6.5 - Raccorder l'ensemble des bâtiments

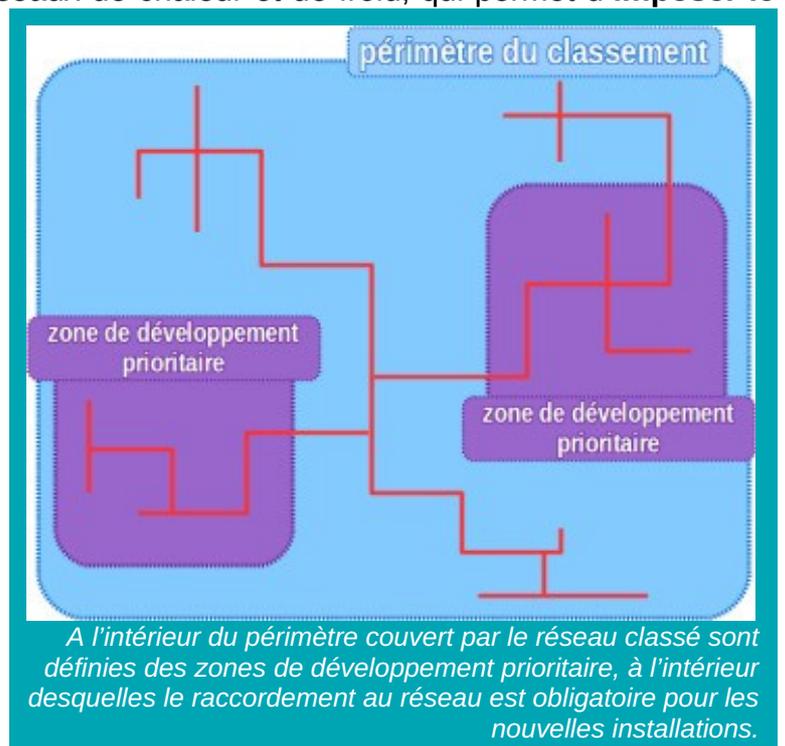
Encore plus que dans des quartiers anciens, où l'équilibre économique d'un réseau est en général plus aisément atteint, il est important que dans un quartier où chaque bâtiment consomme peu, le plus grand nombre de bâtiments soient raccordés au réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables.

La première étape essentielle est évidemment la **concertation**. Par nature, une solution mise en place par une collectivité (publique, mais aussi privée, comme une association) et imposée à tous les individus peut générer des oppositions, simplement parce que la solution est imposée. Il est donc important que la solution mise en place sur le quartier soit partagée, issue d'un dialogue avec l'ensemble des acteurs. L'expérience de l'écoquartier Bastille de la ville de Fontaine (Isère) illustre parfaitement cet enjeu – et l'exemple va même plus loin : non seulement la phase de concertation a permis de convaincre tous les acteurs de l'intérêt de desservir le quartier par un réseau de chaleur bois, mais ce sont les ateliers de concertation eux-mêmes qui ont permis d'avancer cette idée et de conduire à ce qu'elle soit étudiée.

Au delà de cette approche concertée, non coercitive, le Code de l'Énergie prévoit un outil complémentaire, le classement des réseaux de chaleur et de froid, qui permet d'**imposer le raccordement** pour tous les bâtiments neufs situés à l'intérieur d'un périmètre prédéfini. Ce raccordement est également rendu obligatoire pour les opérations de réhabilitation importantes ainsi que pour les changements de mode de chauffage de bâtiments existants dès lors que la puissance est supérieure à 30 kW.

Pour pouvoir être classé, un réseau doit respecter trois conditions :

- il est alimenté à au moins 50% par des énergies renouvelables ou de récupération
- un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison (c'est-à-dire la sous-station) est assuré ;



- l'équilibre financier de l'opération pendant la période d'amortissement des installations est assuré

Le classement d'un réseau de chaleur permet d'inscrire durablement et clairement le réseau comme unique solution mobilisable (hors dérogations) pour la fourniture de l'essentiel des besoins de chaleur d'un ou plusieurs quartiers.

Ceci garantit ainsi au réseau une quantité de chaleur à livrer sur une longue durée, généralement calée sur la durée du contrat de DSP (modulo les évolutions non prévues de l'urbanisation et de la performance thermique des bâtiments).

Pour la collectivité en charge de la politique climat-air-énergie locale, c'est également la garantie que le chauffage des zones concernées sera assuré majoritairement par des énergies renouvelables et de récupération, avec une maîtrise totale du bouquet par l'exploitant du réseau.

Pour en savoir plus sur le classement des réseaux de chaleur et de froid, voir le guide : <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/rendre-obligatoire-le-raccordement-r341.html>

7 - Documentation complémentaire

En rappel ou complément des documents mentionnés dans le présent rapport, le lecteur est invité à consulter les ressources suivantes s'il souhaite approfondir le sujet de l'intégration des réseaux de chaleur dans les nouveaux quartiers.

Guide : les études d'énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements

Guide pour la réalisation des études de faisabilité du développement des énergies renouvelables dans le cadre des opérations d'aménagements (article L128-4 du Code de l'Urbanisme). Rappel des enjeux, du cadre juridique, place de l'étude dans la démarche d'aménagement, conseils méthodologiques, portée de l'étude.

→ <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/guide-les-etudes-d-energies-a752.html>

Guide : le classement des réseaux de chaleur

Le classement d'un réseau de chaleur ou de froid est une procédure qui permet de rendre obligatoire le raccordement à ce réseau, à l'intérieur de périmètres préalablement défini. Ce guide constitue une aide à l'application du décret du 23 mars 2012 relatif au classement des réseaux de chaleur.

→ <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/rendre-obligatoire-le-raccordement-r341.html>

Réglementation thermique 2012 et réseaux de chaleur

Fiche de présentation des modalités de prise en compte des réseaux dans la RT 2012. Carte interactive des modulations apportées par chacun des réseaux en France.

→ <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/reglementation-thermique-2012-et-r342.html>

Écoquartiers et réseaux de chaleur : exemples

Ce dossier est constitué d'une série de fiches "exemples", rassemblant des informations générales sur le quartier et le réseau de chaleur associé, ainsi que d'études de cas plus approfondies réalisées auprès des porteurs de projet.

→ <http://www.cete-ouest.developpement-durable.gouv.fr/reseaux-de-chaleur-et-ecoquartiers-r375.html>

Réseaux de chaleur et bâtiments basse consommation – L'équation impossible ? (AMORCE)

Le rapport présente dans un premier chapitre, la baisse de densité énergétique, l'optimisation des coûts, l'amélioration des performances de distribution et les perspectives réglementaires et dans un second chapitre les aspects économiques et le jeu d'acteur.

→ <http://www.amorce.asso.fr> rubrique réseaux de chaleur (NB : document réservé aux adhérents AMORCE)