



réseaux de chaleur



ÉTUDE

Réseaux de chaleur & bâtiments basse consommation : l'équation impossible ?

Enjeux pour les collectivités et les autres acteurs

Série Economique

RCE 12

Mai 2011

Cette étude a été menée avec le soutien financier de l'ADEME



SOMMAIRE

SYNTHESE DE L'ETUDE.....	4
PREMIERE PARTIE : ANALYSE QUALITATIVE & REFLEXIONS SUR LES SOLUTIONS ENVISAGEABLES	8
1. Evolution des niveaux et profils de consommation	8
2. Une problématique qui concerne tous les modes de chauffage	9
2.1 La part fixe augmente...	9
2.2 ... la part variable aussi	9
2.3 L'électricité	9
2.4 Gaz naturel	11
2.5 Les réseaux de chaleur	12
3. Une équation économique délicate ; des optimisations possibles	14
3.1 Poids des investissements	14
3.2 Les réponses envisageables	14
3.3 Eléments technico-économiques	15
4. Une planification fine nécessaire	16
4.1 Etalement du projet dans le temps	16
4.2 Incertitudes sur la réalité des besoins énergétiques	16
4.3 Les réponses envisageables	17
5. Des outils collectifs à rendre attractifs	18
5.1 Pour le consommateur final et les prescripteurs	18
5.2 Pour le maître d'ouvrage des bâtiments	19
6. Les réseaux de chaleur pénalisés par les labels de la RT 2005	20
7. RT 2012 : les réseaux de chaleur reconnus	22
7.1 Les modulations : un « bonus » pour les réseaux de chaleur vertueux	22
7.2 Impact des modulations pour le maître d'ouvrage du bâtiment	23
7.3 Impact des modulations sur les émissions de gaz à effet de serre	25
7.4 Impact des modulations sur les consommations d'énergie primaire non renouvelable	26
7.5 Une autre exigence de la RT : le recours à une énergie renouvelable	27
8. Le Solaire thermique : atout ou ennemi du réseau de chaleur ?	28
8.1 Solaire sur bâtiment neuf & réseau de chaleur	28
8.2 Solaire sur bâtiment existant & réseau de chaleur	28
8.3 Solaire sur réseau de chaleur ?	28
8.4 Une pénalisation des réseaux de chaleur qui persiste	29

DEUXIEME PARTIE : JEU D'ACTEURS & ECONOMIE DES PROJETS POUR LES QUARTIERS AYANT DES BATIMENTS BASSE CONSOMMATION	30
1. L'appel à projet national sur les Ecoquartiers	30
1.1 Echantillon et premiers constats	30
1.2 Usages et choix énergétiques	31
2. Un jeu d'acteurs déterminant	32
3. Approche économique	39
3.1 L'équation impossible ?	39
3.2 Point de vue de l'utilisateur	39
3.3 Point de vue du promoteur	41
3.4 Point de vue du propriétaire occupant	42
3.5 Point de vue de l'exploitant du réseau de chaleur	43
3.6 Point de vue de la collectivité	44
4. Le réseau de chaleur vecteur d'une meilleure performance globale	46
4.1 Remplacer des usages thermiques de l'électricité par de la chaleur renouvelable	46
4.2 Récupérer des énergies fatales	47
ANNEXES	48
Liste des écoquartiers recensés	48
Fiches de cas :	49

Rédaction : AMORCE - Emmanuel Goy ; Eléonore Duée

Relecture :

- Serge Nocodie – Vice-Président réseaux de chaleur d'AMORCE
- Pierre Laporte - AMORCE
- Ludovic Bureau – IZUBA Energie

SYNTHESE DE L'ETUDE

Contexte

L'argument selon lequel le développement des réseaux de chaleur ne serait plus pertinent compte tenu de la baisse des consommations d'énergie est souvent avancé pour écarter – a priori - cette solution dans les projets d'aménagement.

Constat

- Les arguments pour écarter – *a priori* – les réseaux de chaleur des projets d'aménagement existaient avant le développement de la basse consommation
- Les éco-quartiers existants et en projet sont très loin d'être tous à basse consommation aujourd'hui
- Les difficultés économiques liées à la baisse de densité énergétique existent aussi pour les réseaux électriques et de gaz. Toutefois, les coûts d'investissement étant mutualisés sur un très grand nombre de clients, l'impact est pour l'instant marginal, mais l'augmentation constatée de la part fixe dans les dernières évolutions tarifaires de fourniture de ces énergies, notamment pour les plus petits consommateurs, montre que les opérateurs anticipent cette tendance.
- Peu d'études technico-économique comparant les différentes solutions de chauffage pour des quartiers à basse consommation ont été réalisées. L'obligation de réaliser une telle étude d'approvisionnement en énergie pour les nouvelles zones à aménager obtenue par AMORCE dans le Grenelle 1 devrait faciliter cette nécessaire vision globale préalable.

La chaîne de décision

- L'aménageur, qui doit réaliser cette étude d'approvisionnement, doit impérativement mener l'analyse au-delà de ses propres dépenses, faute de quoi le réseau de chaleur sera systématiquement écarté car représentant un investissement supplémentaire.
- Pour le promoteur, grâce aux dispositions de la RT2012 (chapitre 1 - §7), le raccordement à un réseau de chaleur à faible contenu carbone permet une baisse des coûts de construction : il peut donc financer – au moins en partie – le réseau de chaleur dans le foncier
- Le reste à financer (unités de production notamment) sera pris en charge par les usagers dans leur abonnement au réseau : il doit rester cohérent avec une facture énergétique compétitive par rapport aux autres solutions
- L'aménageur, la collectivité ou l'exploitant du réseau doivent solliciter des aides du Fonds chaleur pour le réseau et les unités de production

Les intérêts différents voire divergents entre les acteurs sont présentés au chapitre 2 - § 2. Il met en évidence le rôle prépondérant de l'aménageur dans le choix du réseau de chaleur.

Débat technico-économique

Les solutions individuelles de chauffage sont plus chères

- Les premières études comparatives menées à l'échelle d'un quartier confirment l'augmentation des coûts fixes pour l'utilisateur quel que soit le mode de chauffage retenu.
- Avec la généralisation du niveau BBC, le chauffage électrique direct devient très difficile à « faire passer » pour le maître d'ouvrage d'un bâtiment (voir chapitre 1 - § 7.2).
- Pour la solution gaz individuel, l'investissement dans la chaudière ne baisse pas (recours quasi obligatoire à la condensation en RT2012, puissance élevée malgré de faibles besoins de chauffage car il faut produire l'eau chaude sanitaire) et, quel que soit le niveau de consommation, l'entretien, le kWh et l'abonnement gaz sont toujours plus chers si chaque logement doit les gérer que si les coûts sont mutualisés avec une solution collective.

- Le coût global de la solution gaz dépend fortement de l'hypothèse retenue sur l'augmentation à venir du prix du gaz (mais le promoteur raisonne rarement en coût global du point de vue de l'utilisateur : la solution individuelle gaz reste donc encore très appréciée¹).

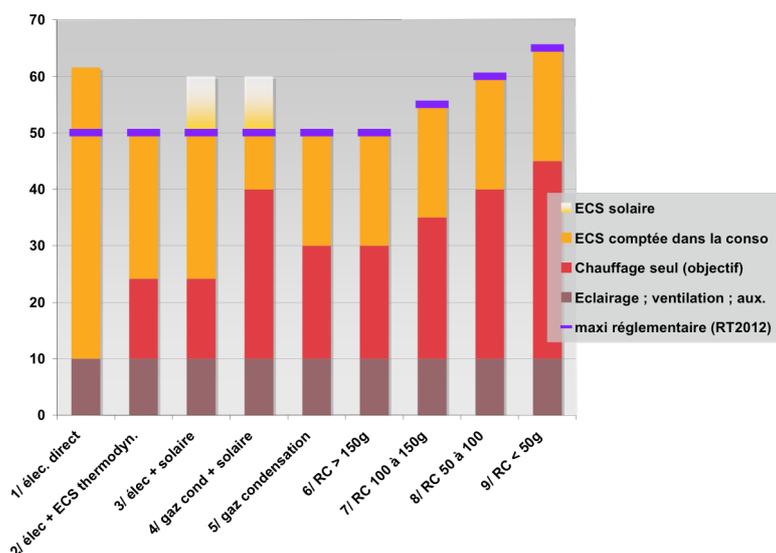
Une approche en coût global conduit donc souvent à la classique opposition entre gaz collectif (à condensation) et réseau de chaleur.

Les paramètres essentiels

La pertinence du réseau de chaleur dépendant du rapport entre le volume d'énergie (recettes) et le coût du réseau (investissement)², les paramètres clés sont logiquement la densité énergétique, le prix des unités de production de chaleur, le prix du mètre de réseau et les pertes énergétiques :

- de nombreux éléments sur l'optimisation du prix et des rendements du réseau sont proposés dans une étude menée par INDDIGO pour AMORCE
- la densité énergétique et le prix du réseau dépendent des choix d'aménagement

Les résultats montrent effectivement que pour les quartiers particulièrement peu denses le réseau de chaleur sera difficile à financer, mais dans la plupart des cas, cette solution se tient en coût global par rapport au gaz. La différence se fait en fonction de la durée d'analyse et de l'hypothèse retenue pour l'augmentation du prix du gaz.



Ce graphique illustre le niveau de consommation de chauffage à atteindre (en rouge) selon le choix d'énergie. Il montre que pour un réseau de chaleur à moins de 50 grammes de CO₂ par kWh, le bâtiment peut être conçu pour consommer jusqu'à 65 kWh_{ep}/m² par an sur les 5 usages, dont environ 35 pour le chauffage, ce qui représente le coût de construction le plus faible pour le maître d'ouvrage du bâtiment. Voir § 7.2.

Analyse au cas par cas, avec vigilance

L'analyse reste donc à mener au cas par cas, et la vigilance s'impose sur le périmètre de l'analyse en coût global, la prise en compte des évolutions techniques pour optimiser le réseau de chaleur et la sensibilité de certains paramètres comme l'actualisation et surtout l'augmentation du prix de l'énergie.³

Pas de frein réglementaire au réseau de chaleur en éco-quartier

Un réseau avec peu ou pas d'énergies renouvelables ou de récupération peut tout à fait alimenter un éco-quartier avec des bâtiments au niveau BBC. Pour le maître d'ouvrage du bâtiment, le raccordement au réseau de chaleur implique alors d'atteindre un niveau de performance de l'enveloppe du bâtiment équivalent à celui qui serait requis en cas de recours à une chaudière gaz à condensation. Il aura donc généralement recours également au solaire thermique pour bénéficier d'un surplus de consommation sur le chauffage (voir graphique au §7.2). A noter que ce recours au solaire thermique ne change pas la quantité globale de chaleur achetée au réseau (moins d'eau chaude sanitaire et plus de chauffage).

¹ Dans le cas d'un bailleur, la solution individuelle lui permet de ne pas avoir à gérer les impayés d'énergie

² Ce type de calcul (appelé « règle du B/I ») est mené par GrDF pour décider de financer ou pas une extension du réseau de distribution de gaz

³ L'étude menée par Besançon est saisissante sur ce point : voir fiche en annexe

Des atouts uniques en faveur des réseaux de chaleur vertueux

Les analyses menées par différents maîtres d'ouvrages d'ecoquartiers font ressortir les éléments suivants en faveur du choix du réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables :

- **Social** : garantie d'une meilleure stabilité des prix pour l'utilisateur qui n'est pas laissé à la merci d'une hausse importante probable des prix du gaz dans les prochaines années
- **Economique pour le promoteur**, le raccordement à un réseau de chaleur EnRR lui permet de respecter la réglementation thermique de 2012 (niveau BBC) sans installer du solaire thermique en toiture du bâtiment (le graphique montre que le coût de l'enveloppe du bâtiment est le même entre le raccordement à un réseau de chaleur ayant un contenu CO₂ compris entre 50 et 100 grammes par kWh et la solution gaz condensation + solaire).
- **Economique pour l'utilisateur** : il n'a que la distribution secondaire à gérer (pas de chaudière ni d'installation solaire à entretenir).
- **Stratégique pour la collectivité** : couverture des besoins des bâtiments par des énergies renouvelables locales. En retenant le gaz, l'écoquartier serait en effet « condamné » à consommer de l'énergie fossile sur les 50 prochaines années⁴. A noter de plus que, malgré le « bonus » de consommation octroyé, les réseaux en bénéficiant représentent pour les bâtiments raccordés la solution de chauffage la plus vertueuse en termes d'émissions de gaz à effet de serre et d'énergie primaire non renouvelable consommée (voir §7.3 et 7.4).

Principaux éléments qui pénalisent les réseaux de chaleur

- Plus de travail pour l'aménageur et la collectivité : ingénierie, montage financier avec demandes de subventions, phasage, démarchage des promoteurs et autres maîtres d'ouvrages pour qu'ils prévoient le raccordement... et le suivi ensuite
- Investissement initial important à mobiliser en direct ou par un tiers investisseur ou par augmentation du prix du foncier
- Image peu mobilisatrice : système centralisé, jugé peu performant (« les pertes sont trop élevées au regard des faibles consommations » ; « en été, il y a trop de pertes »)
- Craintes sur l'approvisionnement en bois énergie
- Les filières électrique et gaz ont développé du marketing autour de la basse consommation et pratiquent du démarchage en amont avec études gratuites voire aides à l'investissement pour les maîtres d'ouvrages
- L'optimisation passe par un fonctionnement en basse température (départ à 70°C par exemple et retour le plus bas possible) qui n'est pas dans les habitudes de fonctionnement ni du côté des réseaux de chaleur ni du côté des bâtiments (les bureaux d'études fluides continuent pour la plupart à concevoir des réseaux secondaires de chauffage avec des régimes de 85°/60° même en BBC, ce qui ne permet pas d'optimiser le réseau de chaleur).

Réponses techniques : remarque préalable

- La question du rendement est souvent posée pour les réseaux, mais très rarement pour les solutions individuelles : le rendement réel d'une chaudière individuelle gaz mal adaptée et qui ne condense pas sera au moins 15% inférieur aux prévisions, la solution individuelle n'offre aucune garantie de maintien des performances à long terme (entretien mené à minima, remplacement en fin de vie pas forcément à l'identique en termes de performances).
- Les pertes dans le réseau électrique sont de l'ordre de 10%, du fait de l'éloignement entre production et consommation. Les pertes globales du système électrique sont officiellement de 61% (coefficient d'énergie primaire réglementaire de 2,58) et en réalité plutôt de 70%.
- Les pertes thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire sont importantes pour tous les systèmes, individuels et collectifs.
- Le réseau est donc condamné à être meilleur sur tous les plans pour démontrer sa pertinence technique, puisque cette pertinence est très rarement mise en question pour les autres filières.

⁴ la part d'énergie renouvelable apportée par du solaire sur bâtiment est 4 fois inférieure à la part apportée par un réseau de chaleur à 80% biomasse.

Réponses techniques : étude précise

AMORCE a missionné le bureau d'études INDDIGO pour analyser les différentes solutions permettant d'améliorer les performances d'un réseau de chaleur, notamment dans le cadre d'une baisse de densité de l'énergie distribuée. Optimisation des pompes, variation de vitesse, variation de température, solaire thermique centralisé, sur-isolation thermique du réseau, stockage intersaisonnier, sous station par logement, train de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire l'été... une large palette de solutions avec leurs domaines d'applications, leurs avantages et leurs limites est rassemblée dans un document à destination des AMO, des bureaux d'études et des exploitants. Les principaux enseignements (voir chapitre 1 - § 3.3) montrent que ces techniques apportent des marges de progression significatives notamment au regard des pratiques habituelles sur les réseaux anciens.

Réponses économiques

Chaque acteur regardant d'abord sa dépense, une approche en coût global est difficile à mener. Le rôle de la collectivité est de s'assurer que le projet est :

- pertinent en coût global « général », quel que soit l'acteur qui réalise la dépense
- également pertinent en coût global du point de vue de l'utilisateur final
- viable pour l'investissement et l'exploitation du réseau (en régie ou en DSP)

Plusieurs éléments sont à considérer :

- pour le coût global « général », il y a lieu de raisonner sur une durée d'au moins 30 ans, avec un taux d'actualisation faible (1 à 2% par exemple) pour rester cohérent avec une approche de développement durable.
- analyser l'impact des hypothèses prises sur l'évolution du prix des énergies. Ce paramètre peut à lui seul changer la conclusion d'une analyse comparative entre un réseau bois et des chaudières gaz.
- Privilégier une approche prudente – c'est à dire plutôt majorante - de l'évolution des prix : la baisse des consommations n'empêchera pas la précarité énergétique quand le prix des énergies aura doublé, triplé.
- Le réseau de gaz étant financé par GrDF, il n'est pas pris en compte dans les budgets d'aménagement et la comparaison n'est donc jamais menée complètement en coût global.
- Envisager dès le début du projet le **classement** du réseau pour sécuriser l'investissement : à court terme cela permet de s'assurer que tous les nouveaux bâtiments seront bien raccordés au réseau. A moyen-long terme, la baisse de consommation des bâtiments existants raccordés donnera de la capacité pour répondre à l'obligation de raccordement (nouveaux bâtiments et bâtiments faisant l'objet d'une réhabilitation lourde). Des dérogations à l'obligation de raccordement étant prévues (voir § 5.2), le classement ne doit pas être vu comme coercitif mais comme un outil permettant de concilier intérêt général et intérêts particuliers.

PREMIERE PARTIE : ANALYSE QUALITATIVE & REFLEXIONS SUR LES SOLUTIONS ENVISAGEABLES

1 . Evolution des niveaux et profils de consommation

Le développement actuel de nouveaux quartiers s'envisage dans le contexte de la généralisation des labels de la réglementation thermique de 2005 (RT2005) dont le plus performant, le label BBC⁵, correspond aux exigences de la future RT2012. Il implique d'atteindre un niveau de consommation d'énergie primaire de l'ordre de 50 kWh_{ep}/m².an pour 5 usages⁶, soit de l'ordre de 40 kWh_{ep}/m².an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, les usages susceptibles d'être couverts par un réseau de chaleur.

Alors que le parc de logements actuellement raccordé à des réseaux de chaleur a une consommation énergétique moyenne de 170 kWh/m².an (considéré comme la consommation d'un « logement moyen » pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire), le développement sur de nouvelles zones d'aménagement s'envisage donc, toutes choses égales par ailleurs, avec une division par 3 à 4 de la consommation de chaleur.

Cette évolution des besoins énergétiques a plusieurs conséquences :

- une prépondérance de l'eau chaude sanitaire, que l'on situait habituellement entre 15 et 30% des besoins de chaleur, et dont la part va monter jusqu'à 60 voire 80% des besoins,
- une évolution des courbes d'appel de puissance liée notamment à l'indication précédente sur l'eau chaude sanitaire mais également à un comportement thermodynamique différent des bâtiments, conçus pour mieux bénéficier des apports gratuits ; la conséquence est un rapport entre besoins énergétiques (en MWh) et puissance maximale appelée (en MW) plus faible que pour les bâtiments classiques (le nombre *d'heure-équivalent puissance nominale* donc). Ainsi, pour un diamètre de conduite donné (lié à la puissance maximale à fournir), le réseau véhiculera moins d'énergie ;
- une augmentation de l'impact du comportement des utilisateurs (température de consigne, gestion des ouvrants et des ventilations...) sur les consommations réelles : l'écart entre le dimensionnement « théorique »⁷ des installations et les besoins énergétiques réels, instantanés ou annuels, est lié à la façon d'utiliser les bâtiments, dans une proportion beaucoup plus importante que sur des bâtiments plus énergivores.

Ces conséquences sont à prendre en compte dans le dimensionnement des systèmes de production et de distribution d'énergie.

⁵ Bâtiments basse consommation

⁶ Chauffage, Eau chaude sanitaire, rafraîchissement, ventilation et éclairage. Pour le tertiaire, les besoins de chaleur résiduels sont inférieurs à ceux du résidentiel du fait de consommations plus importantes d'éclairage et de rafraîchissement.

⁷ Les dimensionnements sont menés sur la base des évaluations des consommations faites lors de la conception des bâtiments. Cette évaluation des consommations peut différer des calculs réglementaires, si le bureau d'études utilise, en complément du moteur de calcul de la réglementation thermique, d'autres outils de simulation. La consommation réelle au final dépendra elle de la qualité de mise en œuvre (isolation, étanchéité à l'air, réglages...) et des comportements.

2. Une problématique qui concerne tous les modes de chauffage

2.1 La part fixe augmente...

La problématique liée à la baisse des consommations de chauffage n'est pas propre aux réseaux de chaleur : le réseau de gaz et, dans une moindre mesure, le réseau d'électricité présentent également des densités de consommation plus faibles sur les quartiers à basse consommation et donc des rentabilités moins élevées. Les coûts d'investissement étant mutualisés sur un très grand nombre de clients, l'impact est pour l'instant marginal, mais l'augmentation constatée de la part fixe dans les dernières évolutions tarifaires de fourniture de ces énergies, notamment pour les plus petits consommateurs, montre que les opérateurs anticipent cette tendance.

2.2 ... la part variable aussi

L'analyse économique d'un projet en coût global est rendue de plus en plus délicate du fait des variations des énergies fossiles. Si le prix du gaz et de l'électricité pour les particuliers sont encore encadrés assez largement par l'Etat en France, la tendance ira forcément à moyen terme vers un alignement sur le marché européen⁸. Si cet aspect est plutôt favorable aux réseaux de chaleur, il ne sera pas sans poser d'autres difficultés comme l'augmentation de la précarité énergétique que doivent gérer les collectivités locales.

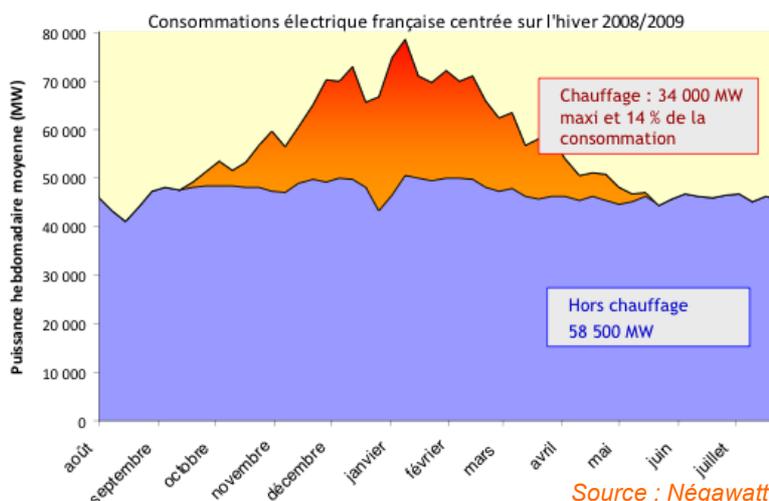
Les discussions voire marchandages sur le prix de la tonne de CO₂ lors de l'élaboration de la taxe carbone, puis son annulation par le conseil constitutionnel illustrent également les limites des aides à la décisions basées sur des approches en coût global.

Sans écarter ces indicateurs économiques, il revient aux décideurs de prendre du recul et d'intégrer d'autres critères dans leurs choix stratégiques : environnementaux (énergie primaire, effet de serre, nuisances locales) et sociaux (activité locale, garantie de l'accès à l'énergie à long terme).

2.3 L'électricité

2.3.1 Des difficultés sur le réseau déjà visibles

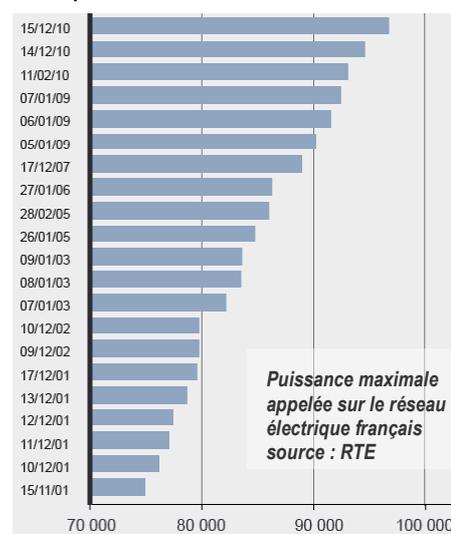
Le chauffage électrique équipe 30% des logements en France. Il regagne des parts de marché depuis la RT2000 et la RT2005 qui marquent une baisse sensible des consommations des bâtiments neufs. Les trois quarts des nouveaux logements sont aujourd'hui livrés avec du chauffage électrique.



⁸ en 2008, les prix moyens de l'électricité et du gaz pour le marché résidentiel en France étaient respectivement d'environ 20 et 15% inférieurs aux prix moyens européens (source : CRE, Eurostat)

Le graphique ci-contre, élaboré par l'association Négawatt à partir d'une analyse des données de RTE⁹, montre que le chauffage électrique a représenté 14% de la consommation Française sur l'année 2008 / 2009, mais a été responsable de plus d'un tiers de la pointe structurante du réseau.

La problématique de la pointe évoquée pour les réseaux de chaleur se retrouve pour le réseau électrique : avec la baisse des besoins de chauffage, les consommations baissent plus fortement que les besoins de puissance¹⁰. En continuant à développer le chauffage électrique, on développe donc plus fortement la pointe structurante du réseau que les consommations d'énergie, ce qui est pénalisant en termes de rentabilité des investissements. Cette tendance est également accentuée par les pompes à chaleur, notamment les « Air-Air », dont le COP¹¹ diminue fortement avec la température (les appels de puissance des logements équipés d'une PAC air-air sont presque au niveau de ceux du chauffage électrique direct les jours les plus froids de l'année).



Ce constat est confirmé par le dernier bilan électrique français publié par RTE début 2011 : alors que la consommation nationale a augmenté de 1,3% par an en moyenne ces 10 dernières années, la pointe maximale d'appel de puissance a elle augmenté de 2,6% par an, comme le montre le graphique ci-contre. La pointe électrique augmente donc deux fois plus vite que la consommation, ce qui augmente le coût du système électrique global (production ; transport ; distribution) ramené au MWh consommé.

2.3.2 Transition vers la PAC

Le raisonnement en énergie primaire de la réglementation thermique permet une comparaison plus juste entre les énergies, en comptabilisant l'ensemble de l'énergie dépensée pour subvenir à un besoin depuis l'extraction jusqu'à l'équipement.

Le recours au chauffage électrique direct, très répandu dans les bâtiments neufs RT2005, devient très difficile en BBC pour un maître d'ouvrage, puisqu'il impose à la fois d'installer du solaire thermique et d'atteindre un niveau de performance thermique proche du passif (moins de 10 kWh/m² – voir §7). Un sur investissement sur l'enveloppe du bâtiment ou les systèmes de renouvellement d'air est ainsi nécessaire.

L'installation d'une pompe à chaleur compense partiellement cette difficulté, mais génère les difficultés évoquées au paragraphe précédent sur les réseaux, au niveau du transport et de la distribution. Les premiers retours de syndicats départementaux d'énergie indique que 30% des renforcements nécessaires sur le réseau public de distribution d'électricité, notamment en zones rurales peuvent être liés au développement des pompes à chaleur en habitat individuel. Les budgets alloués aux renforcements et le marché des pompes à chaleur permet d'estimer en toute première approche que la dépense à la charge de la collectivité pour chaque pompe à chaleur installée est de l'ordre de 1000 euros en moyenne pour maintenir la qualité de fourniture sur le réseau.

Le fait que le chauffage électrique soit responsable de la pointe structurante du réseau, ainsi que de son augmentation, est de nature à augmenter les émissions de CO₂ qui lui sont imputables. Les

⁹ Association Négawatt : www.negawatt.org ; Réseau de transport électricité : www.rte-france.com

¹⁰ Un bâtiment mieux isolé et conçu pour récupérer plus d'apports solaires gratuits va voir sa consommation de chauffage baisser très fortement surtout en mi-saison. Pour les jours les plus froids, avec peu de soleil, les besoins resteront relativement élevés et les appels de puissance pour la relance de début de journée par exemple resteront élevés. La puissance des équipements de chauffage baisse donc moins que leur consommation d'énergie.

¹¹ Coefficient optimum de performance : ratio entre l'énergie calorifique produite et l'énergie électrique consommée

180 grammes de CO₂ par kWh consommé par le chauffage électrique, indiqué comme valeur moyenne par l'étude ADEME RTE fin 2007 seraient ainsi déjà dépassés¹².

Pour l'eau chaude sanitaire (ECS), les chauffe eau thermodynamiques vont vraisemblablement se développer fortement dans les prochaines années dans le neuf : ils permettent de diviser par deux la consommation liées à l'ECS par rapport à un ballon électrique (qu'il ne sera plus possible d'installer avec la RT 2012 – voir § 7), mais ne résolvent pas les problèmes de pointe sur le réseau et présentent un bilan en énergie primaire bien moins bon qu'une solution gaz + solaire par exemple.

2.3.3 Quelle densité ?

Si l'indicateur de densité pour le réseau électrique est peu représentatif compte tenu du caractère universel de la distribution de ce service public, il est toujours intéressant d'avoir les ordres de grandeur. En considérant une consommation intérieure de 450 TWh/an, la densité est de :

- 5,6 MWh par mètre pour le réseau de transport (80 000 km de lignes 63 à 400 kV)
- 0,34 MWh par mètre pour le réseau de distribution - 586 000 kilomètres de lignes HTA (20 kV) et 654 000 kilomètres de lignes basse tension¹³.

2.4 Gaz naturel

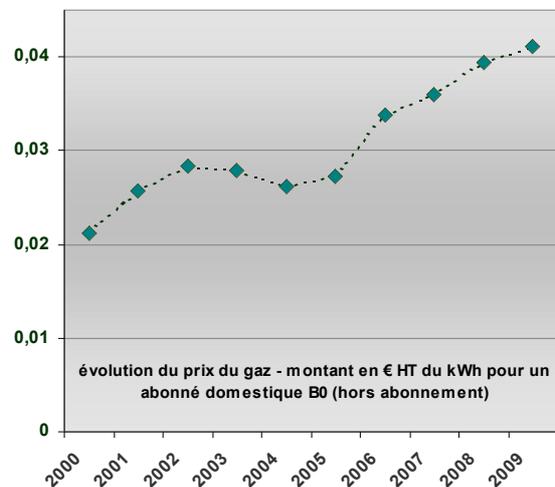
2.4.1 Une bonne image qui se maintient grâce à la condensation

Alors qu'il bénéficiait d'une bonne image en termes de qualité et d'environnement auprès du grand public, le gaz naturel est de plus en plus considéré d'abord comme une énergie fossile, dont l'utilisation participe au changement climatique.

Du côté des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'œuvre, il reste bien perçu malgré une augmentation très forte de prix ces dernières années : le prix a en effet doublé - en euros courants – sur les 10 dernières années, ce qui correspond à une augmentation de 7% par an en moyenne. L'augmentation a même été de 10% par an sur les 5 dernières années¹⁴ – voir graphique ci-contre.

Le développement des chaudières à condensation est une des raisons du maintien de cette bonne image. En plus d'apporter environ 15% d'économies d'énergie, elles bénéficient en effet par ailleurs :

- Du crédit d'impôt développement durable dans les bâtiments existants¹⁵
- De certificats d'économies d'énergie (avec un mode de calcul du nombre de certificats assez avantageux) pour les bâtiments existants



¹² L'augmentation des importations d'électricité en provenance d'Allemagne notamment pour assurer l'équilibre du réseau cet hiver est un indicateur de l'augmentation du contenu CO₂ du kWh électrique lors des périodes de chauffage.

¹³ Source : Rapport parlementaire d'information n° 357 (2006-2007) fait au nom de la mission commune d'information Electricité

¹⁴ en Euros courants : les valeurs indiquées sont celles du tarif réglementé en vigueur chaque année. L'augmentation en Euros constants (corrigée de l'inflation) est de 50% sur 10 ans.

¹⁵ y compris dans les copropriétés et y compris, sous certaines conditions, pour les propriétaires bailleurs.

- D'une prise en compte intéressante dans le mode de calcul de la réglementation thermique qui facilite l'atteinte des niveaux exigés par les labels (voir § 6).

2.4.2 Vers du gaz moins carboné ?

Pour diminuer son contenu CO₂, le gaz naturel n'a d'autre choix que de se mélanger avec du biométhane produit à partir de ressources renouvelables. Le groupe de travail national « injection », piloté par la DGEC en 2009, et auquel AMORCE a participé, a préconisé pour se faire de faciliter l'accès au réseau de gaz naturel pour le biogaz produit à partir des déchets et de matières agricoles. Il a pointé un potentiel intéressant, dont le niveau dépend fortement des hypothèses considérées sur les différentes filières à mobiliser (déchets et résidus, cultures agricoles non concurrentielles et à plus long terme micro algues) et sur la demande (biogaz carburant notamment). A l'horizon 2030, le gisement – théorique - en biométhane pourrait ainsi aller de 100 à 400 TWh. A titre comparatif, l'Allemagne a par exemple un objectif d'injecter un volume de biogaz à l'horizon 2030 équivalent à 10% de sa consommation annuelle de gaz¹⁶.

Cette filière peine cependant à décoller en France, et les réticences restantes du côté des opérateurs font que la valorisation du biogaz par injection ne devrait pas se développer très rapidement, malgré la mise en place d'un tarif d'achat cette année (dont le niveau prévu pour l'instant est inférieur de 10 à 20% du niveau demandé lors des travaux du groupe de travail national).

2.4.3 Quelle densité ?

En considérant une consommation intérieure de 410 TWh/an, la densité est de¹⁷ :

- 11 MWh par mètre pour le réseau de transport (37 000 km de lignes – réseau national & réseaux régionaux)
- 2,1 MWh par mètre pour le réseau de distribution (195 000 kilomètres)

La densité du réseau de distribution de gaz naturel est relativement faible en global. 77% de la population étant desservie, elle doit probablement descendre en dessous du MWh/mètre dans certaines zones.

2.5 Les réseaux de chaleur

2.5.1 Quelle densité ?

La densité énergétique d'un réseau de chaleur est un indicateur exprimé en MWh de chaleur vendue par mètre linéaire de réseau.

Elle se situe, pour la moyenne des réseaux au niveau national, autour de 8 MWh/mètre. Cette valeur élevée est portée par les grands réseaux très denses des années 60-70, développés sur de grands secteurs urbains. Cette densité monte sur certains réseaux jusqu'à 15 ou 20 MWh/mètre.

Pour des réseaux nouvellement créés (les réseaux de chaleur bois par exemple), cet indicateur est généralement plus faible, de 3 à 6 MWh/mètre, mais 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 années¹⁸.

¹⁶ Consommation actuelle de gaz en Allemagne d'environ 1 000 TWh/an

¹⁷ Données sur les linéaires de réseau issues du rapport du groupe de travail sur l'injection de biométhane dans les canalisations de gaz naturel – DGEC – novembre 2009

¹⁸ Les critères d'attribution des aides du fonds chaleur renouvelable indiquent une densité énergétique minimale de 1,5 MWh/mètre.

Une faible densité énergétique pose deux types de problèmes pour la mise en place d'un réseau de chaleur : économique (cf. chapitre 2) et technique. En termes techniques, la baisse de densité énergétique conduit à une augmentation de l'impact des déperditions de réseau rapportées au nombre de logements desservis.

Comme on l'a vu au paragraphe précédent, cette problématique de la baisse de densité se pose également aux autres énergies de réseau. Sur les nouveaux quartiers, les objectifs souvent recherchés de densification urbaine permettent de contrebalancer, au moins partiellement, la baisse de densité énergétique liée à l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments.

Les règles de calcul et de dimensionnement des réseaux de chaleur doivent cependant être adaptées aux nouveaux profils de consommation.

2.5.2 Les réponses envisageables à la baisse de la densité énergétique

Les pistes envisageables pour répondre à l'évolution des profils de consommation et la baisse de densité énergétique sont, en termes techniques, de plusieurs ordres :

- Réduire la température de l'eau du réseau permet de diminuer les déperditions de réseau mais implique des températures de réseau secondaire également plus basses (donc des émetteurs de chaleur adaptés dans les bâtiments) ; la promotion des réseaux « basse température » (70/50 °C par exemple) est un élément de réponse. A terme, ces réseaux basse température sauront récupérer l'énergie – aujourd'hui perdue - issue par exemple des climatiseurs des bâtiments, dont certains tournent toute l'année : le réseau deviendrait alors un vecteur de valorisation des énergies fatales diffuses, dont le gisement est très important. Quelques références de récupération de chaleur sur les eaux usées et sur les systèmes de renouvellement d'air existent déjà. Le recours à une pompe à chaleur est nécessaire pour « remonter » à un niveau de température valorisable, mais cette opération se fait alors avec un très bon COP.
- Envisager une interruption du réseau sur certaines périodes de l'année où les besoins sont très faibles. C'est un contresens en termes économiques (puisqu'il faut alors prévoir des installations décentralisées pour la production des besoins énergétiques qui subsistent) mais cela peut répondre à une amélioration de la performance énergétique globale, notamment si une production solaire d'eau chaude sanitaire est mise en place (à noter cependant qu'une installation solaire ne peut généralement pas garantir une fourniture d'eau chaude sanitaire sans appoint en résidentiel collectif, même en plein été).
- Profiter de la création du réseau ou de l'extension du réseau existant pour raccorder des bâtiments existants plus consommateurs situés à proximité. Profiter ensuite des baisses de consommation des bâtiments existants pour raccorder d'autres consommateurs sans avoir à investir dans de nouvelles unités de production de chaleur. Voir § 5.2 les éléments à ce sujet sur le classement des réseaux.

3. Une équation économique délicate ; des optimisations possibles

3.1 Poids des investissements

La mise en place d'un réseau de chaleur - en particulier lorsqu'il est associé à un équipement de production de type doublet géothermique ou chaufferie bois - pose toujours une équation économique qui se distingue par un investissement élevé, ou en tous cas plus élevé que pour la plupart des solutions individuelles ou décentralisées (rapporté à la surface chauffée par exemple). Ce surinvestissement est compensé par des coûts de fonctionnement moindres et mieux maîtrisés (meilleurs rendements de production, énergie « primaire » et coûts d'exploitation moindres). C'est ainsi qu'en *coût global*, analysé sur la durée de vie des équipements, ces projets trouvent leur justification économique.

La baisse de la densité énergétique et l'évolution de la réponse thermique des bâtiments (notamment la baisse du nombre d'heures équivalent pleine puissance) conduisent à majorer encore le poids de l'investissement (mais également l'ensemble des *frais fixes*) dans l'équation économique. Rapporté au nombre de MWh fournis sur la durée de vie de l'équipement, le montant de l'investissement est plus élevé que sur des quartiers *traditionnels*.

3.2 Les réponses envisageables

Pour répondre à la contrainte économique liée à la baisse des consommations d'énergie, les pistes envisageables pour consolider l'option réseau de chaleur sont de plusieurs ordres :

- minimiser les investissements, en particulier sur le poste *réseau* (tuyaux et tranchées), en optimisant les technologies utilisées et en travaillant en amont avec l'équipe d'urbaniste (habitat en bande, canalisations en vide sanitaire plutôt qu'en tranchées...);
- majorer les niveaux de subvention ; le fonds chaleur renouvelable, en prévoyant une aide à hauteur de 60% du montant d'investissement sur le poste *réseau* est un élément de réponse ;
- externaliser le financement du réseau, c'est-à-dire le sortir du prix de vente de la chaleur, soit en le reportant sur la charge foncière (au même titre que les voiries et réseaux divers engagés lors de l'aménagement), soit en créant un fonds de développement des réseaux de chaleur, dans le même esprit que ce qui a été fait pour le développement du réseau électrique¹⁹. Il s'agirait ainsi d'entrer dans une logique d'aménagement du territoire et de péréquation des coûts d'accès au réseau à une échelle plus large que le seul réseau de chaleur délimité par une commune ou un groupement de communes. Le surinvestissement serait assumé dans le cadre de l'atteinte des objectifs de consommation des énergies renouvelables, les réseaux de chaleur étant une des rares solutions opérationnelles pour consommer de la chaleur renouvelable en zones urbaines.

Plus d'éléments sur les impacts économiques selon les acteurs au chapitre 2 - §3

¹⁹ avec le Fonds d'amortissement des charges d'électrification (FACE) créé en 1936.

3.3 Eléments technico-économiques

Une étude menée début 2011 par INDDIGO pour 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 au maître d'ouvrages, exploitants... est disponible auprès d'AMORCE.

En voici les principaux enseignements :

- 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 réseau²⁰
- 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)
- 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.

²⁰ Avec un temps de retours brut sur investissement de 5 à 8 ans en moyenne. Le temps de retour énergétique est par contre élevé (25 à 40 ans) du fait de l'utilisation d'isolants en polyuréthane dont la fabrication nécessite beaucoup d'énergie mais il reste inférieur à la durée de vie des équipements

4. Une planification fine nécessaire

4.1 Etalement du projet dans le temps

La création de réseaux de chaleur est souvent envisagée à l'occasion de l'aménagement de nouvelles zones urbaines²¹. Les programmes d'aménagement s'inscrivent dans la durée sur plusieurs années voire dizaines d'années.

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'infrastructure, 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 dès les premiers bâtiments mis en œuvre.

Cette contrainte est surtout importante sur les réseaux 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. 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...).

Lorsque ce n'est pas le cas, les problématiques techniques et économiques évoquées précédemment sont encore accentuées.

4.2 Incertitudes sur la réalité des besoins énergétiques

Au-delà de la difficulté, pour les réseaux de chaleur, à accompagner le développement de quartiers de façon très progressive, il y a parfois incertitude sur la réalité des besoins énergétiques à terme. Que ce soit en matière de surfaces à chauffer ou de performance énergétique des bâtiments, il peut y avoir des écarts très significatifs entre ce qu'imaginaient la collectivité et les aménageurs à l'origine du projet et ce que sont les besoins réels dix, quinze ou vingt ans après.

Cela signifie, encore une fois, que l'investissement réalisé sur le réseau (qui doit être dimensionné pour les besoins maximums attendus) aura du mal à être rentabilisé si certains bâtiments ne sont finalement jamais construits, ou construits avec un fort décalage dans le temps, ou encore si les caractéristiques des bâtiments sont très en deçà des projets initiaux.

Une incertitude existe également – mais cette fois plutôt dans l'autre sens - sur la consommation réelle des bâtiments. Les exigences de la réglementation thermique restent en effet callées sur des valeurs théoriques calculées. Les consommations réelles constatées peuvent être supérieures à ces valeurs qu'il convient donc de prendre avec prudence lors des dimensionnements et des analyses technico-économiques. Sans bien sûr « pousser à la consommation », il convient cependant de ne pas négliger cet aspect, car il serait regrettable que le réseau de chaleur soit déclaré « non rentable » en basant les calculs sur les consommations réglementaires et de

²¹ L'article 8 de la loi du 3 août 2009 de mise en œuvre du Grenelle de l'environnement apporte sur ce point l'obligation d'étudier l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux EnRR dans toute opération d'aménagement (L300-1 CdU) faisant l'objet d'une étude d'impact.

constater ensuite que les consommations réelles auraient au final justifié l'investissement. Les usagers seraient alors également pénalisés car le surplus de facture à payer en cas de surconsommation (qui dépend du prix marginal de la chaleur²²) est souvent supérieur avec une production de chaleur sur bâtiment par rapport au réseau de chaleur.

4.3 Les réponses envisageables

Pour permettre la création de réseaux de chaleur dans des contextes où la progressivité des besoins énergétiques et l'incertitude sur leur réalité à terme pourraient être un frein, plusieurs pistes sont envisageables :

- consolider et affiner les études préalables et les scénarios d'étude de développement de la zone, en améliorant les méthodes d'évaluation et en travaillant sur la base de projets suffisamment avancés (la démarche de « schéma directeur »²³ apporte en ce sens de nombreux éléments),
- permettre au réseau d'accompagner le développement de la zone :
 - pour la partie production par exemple, cela peut consister, sur un réseau dimensionné pour une capacité à terme de 4 MW, à mettre en place une première chaufferie de 1 MW par exemple, avec une réserve pour les puissances complémentaires ; quand une chaufferie bois est envisagée à terme, il peut être nécessaire de démarrer avec une chaufferie de plus petite puissance, à combustible fossile, destinée à devenir chaufferie d'appoint par la suite. L'attribution des aides du Fonds chaleur, qui nécessite de plus en plus l'élaboration d'un schéma directeur, est aujourd'hui adaptée à ce type d'évolution : les équipements peuvent ainsi faire l'objet d'une demande de financement même si la chaufferie bois n'est réellement mise en œuvre que quelques années après la mise en service du réseau, dans la mesure où la collectivité autorité concédante s'est engagée à développer son réseau pour atteindre un mix énergétique majoritairement à base d'EnRR²⁴, selon un scénario d'évolution détaillé dans le schéma ;
 - pour la partie réseau, cette capacité est a priori plus limitée ; l'enjeu est surtout de penser le développement urbain en tenant compte de l'extension du réseau et de positionner la chaufferie de façon optimale par rapport à ces futurs développements ;
- instaurer une obligation de raccordement, ce qui permet de consolider les scénarios imaginés par les aménageurs et la collectivité : alors que les exemples de règlements de zones d'aménagement qui intègrent une obligation de raccordement des bâtiments construits étaient de plus en plus nombreux, le Grenelle 2 a apporté une simplification très importante de la procédure de classement des réseaux de chaleur. Un réseau alimenté à plus de 50% par des EnRR peut aujourd'hui être classé sur simple délibération de la collectivité, après audit énergétique²⁵. Voir d'autres éléments sur le classement au § 5.2.
- élaborer un fonds de sécurisation des réseaux de chaleur, destiné à couvrir les risques de développement insuffisant des besoins énergétiques par rapport aux hypothèses de dimensionnement.

Il reste important de souligner que, du point de vue des décideurs locaux, ne pas recourir à un réseau de chaleur pour un Ecoquartier condamne de fait ce quartier *exemplaire* à consommer des énergies non renouvelables pour plus des trois quarts des besoins de chaleur et ce sur plusieurs dizaines d'années.

²² le « R1 » pour un réseau de chaleur

²³ voir le document AMORCE – ADEME ref. RCT 30 « Elaboration du schéma directeur d'un réseau de chaleur »

²⁴ Energies renouvelables et de récupération

²⁵ le projet d'arrêté qui définit le contenu d'un audit énergétique de réseau de chaleur devrait paraître courant avril. La démarche définie dans le projet d'arrêté est très proche de la démarche de

5. Des outils collectifs à rendre attractifs

Les outils collectifs en général et les réseaux de chaleur en particulier peuvent souffrir d'un sentiment de *perte de maîtrise* des usagers : la durée de la police d'abonnement, la part de l'abonnement dans le prix de la chaleur, l'absence de capacité à moduler sa propre consommation...

Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour valoriser, du point de vue de cette acceptabilité *sociale* (ou *sociétale*), les atouts de ce mode de chauffage ou pour améliorer techniquement l'offre.

5.1 Pour le consommateur final et les prescripteurs

De nombreuses actions peuvent être menées par la collectivité ou l'exploitant du réseau de chaleur pour améliorer le service aux usagers et l'image qu'ils en ont :

- développer les solutions permettant l'individualisation, pour le comptage voire pour le pilotage des installations (sous-stations individuelles²⁶),
- améliorer l'image des réseaux de chaleur en communiquant sur leurs performances énergétiques et environnementales :
 - la moyenne²⁷ des réseaux de chaleur a un contenu CO₂ de 190 grammes par kWh : ce mode de chauffage est donc en moyenne plus vertueux en termes d'émissions de gaz à effet de serre que le fioul, le gaz et l'électricité, ce qui est peu connu des prescripteurs et usagers,
 - les réseaux valorisant des énergies renouvelables ou de récupération ont un contenu CO₂ de quelques dizaines de grammes par kWh,
 - les réseaux sont souvent la seule solution de consommer des énergies renouvelables dans les bâtiments en zone urbaine : la mutualisation des investissements permet de valoriser de la géothermie ou du bois énergie avec des niveaux de performance énergétique et environnementale qui ne sont pas atteignables avec des solutions individuelles par logement ni même collectives par immeuble.
- valoriser la stabilité du prix liée à l'importance de la part fixe de la facture ; ce qui est perçu comme un désavantage (la part fixe sur laquelle « on ne peut pas faire d'économies ») peut aussi être un avantage :
 - en amortissant les fortes évolutions des prix des énergies fossiles notamment,
 - en amortissant l'écart potentiel entre les consommations réelles et les consommations estimées sur la base des calculs réglementaires,
 - en donnant une visibilité sur le budget chauffage à moyen voire long terme.
- améliorer la transparence de la facturation jusqu'à l'utilisateur final, surtout si le réseau bénéficie d'une TVA réduite sur la vente de chaleur²⁸.

²⁶ Les sous stations individuelles par logement sont par exemple très souvent utilisées même en habitat collectif en Suède. Le comptage individuel est souvent difficile à mettre en œuvre sur des bâtiments existants à chauffage collectif pour des raisons de coûts. Pour un bâtiment neuf, il est beaucoup plus accessible si il est décidé en amont. Il permet alors de cumuler les avantages du chauffage collectif et ceux du chauffage individuel.

²⁷ Enquête de branche SNCU - 2009

²⁸ Voir étude AMORCE – compréhension de la facture de chaleur : de l'équité entre usagers à la lutte contre la précarité énergétique - 2011

- développer les services associés à la fourniture de chaleur (pilotage des installations secondaires, suivi personnalisé des consommations, conseil et audit, aide au financement de travaux de maîtrise de l'énergie²⁹ ...).
- faire évoluer les modes de facturation des réseaux de chaleur. Pour des bâtiments très faiblement consommateurs, on pourrait par exemple envisager une facturation pratiquement forfaitaire (option retenue sur certains réseaux suisses). Au contraire, pour diminuer l'inconvénient pour l'utilisateur d'une trop grande part fixe (R2), le financement d'une partie des investissements sur la consommation facturée (R1) est également à envisager. Ce découplage entre coûts fixes et coûts variables a été mené sur la tarification de l'eau potable pour laquelle la distribution nécessite des investissements élevés. On pourrait ainsi même imaginer une facturation intégralement proportionnelle qui serait très incitative à la maîtrise de l'énergie. La baisse des consommations permet alors, surtout pour un réseau classé (voir ci-après) de raccorder d'autres consommateurs sans avoir à investir dans de nouveaux moyens de production de chaleur.

5.2 Pour le maître d'ouvrage des bâtiments

- utiliser la possibilité de majoration des *règles relatives au gabarit et à la densité d'occupation des sols pour les constructions alimentées à partir d'équipements performants de production d'énergies renouvelables et de récupération*³⁰ : cette disposition, mise en œuvre sur délibération de la collectivité compétente en matière de plan local d'urbanisme, permet d'inciter fortement un promoteur à prévoir le raccordement de son bâtiment à un réseau de chaleur alimenté par des EnRR. Elle est d'autant plus incitative que l'on se trouve dans une zone où le foncier est cher³¹.
- utiliser la possibilité apportée par le Grenelle 2 à la collectivité de **classer un réseau de chaleur** alimenté majoritairement par des EnRR. Le classement entraîne une obligation de raccordement au réseau pour les bâtiments neufs ou faisant l'objet de travaux de réhabilitation situés dans les périmètres de desserte prioritaire définis par la collectivité. Cette obligation ne doit pas être considérée comme une contrainte imposée aux usagers mais doit être utilisée comme outil de sensibilisation sur la pertinence de la solution réseau de chaleur face aux autres modes de chauffage : la loi prévoit en effet une dérogation à l'obligation de raccordement si le maître d'ouvrage du bâtiment (neuf ou existant) montre que cette solution n'est pas pertinente pour lui, d'un point de vue technico-économique³².

Le classement du réseau, tel qu'il a été modifié par le Grenelle 2, permet de combiner le développement d'un outil au service de l'intérêt général tout en préservant les intérêts particuliers : il permet de faire baisser les émissions de gaz à effet de serre et de mieux valoriser les énergies renouvelables, mais il ne s'applique que lorsque la solution est également pertinente du point de vue du client.

²⁹ L'exploitant du réseau de chaleur ayant un lien économique direct avec l'abonné par l'émission de factures régulières, il peut proposer du pré-financement de solutions de MDE dont le remboursement est effectué sur un ligne supplémentaire de la facture de chaleur. Les économies d'énergies permettent alors de financer tout ou partie des travaux de MDE en ayant levé la barrière de l'investissement initial pour l'abonné et l'utilisateur.

³⁰ Art. L. 128 - 1 & 2 du code de l'urbanisme, modifié par le Grenelle 2

³¹ Voir l'étude de l'ARENE « construction durable & bonus de COS - Guide d'application pour les collectivités locales » mars 2008

³² Une dérogation peut être accordée par la collectivité lorsque le bâtiment ne « peut être raccordé au réseau dans des conditions techniques ou économiques satisfaisantes ou dans le délai nécessaire pour assurer la satisfaction des besoins des usagers ». Art 7 – loi 13 juill 80 modifiée par le Grenelle 2.

6. Les réseaux de chaleur pénalisés par les labels de la RT 2005

6.1.1 le solaire thermique se généralise avec les labels

Pour l'obtention de certains labels de performance de la RT 2005 (THPE-EnR³³ par exemple), le recours au solaire thermique pour les besoins d'ECS est directement intégré dans les exigences. Pour atteindre le niveau de consommation imposé par les labels, il est de toute façon souvent plus économique pour le maître d'ouvrage de recourir au solaire thermique, **dont la production de chaleur sur le bâtiment est intégralement décomptée de la consommation d'énergie du bâtiment**. Les besoins d'ECS correspondent généralement à une consommation de 20 kWh/m² par an. Un chauffe eau solaire couvrant en moyenne la moitié de ces besoins, ce sont donc 10 kWh/m² par an qui ne sont pas pris en compte dans la consommation de chaleur du bâtiment par le calcul réglementaire. Ainsi, le recours au solaire thermique permet au maître d'ouvrage de réaliser un bâtiment qui consomme en moyenne 10 kWh/m² par an en plus pour le chauffage, ce qui génère une économie sur l'enveloppe du bâtiment souvent supérieure au coût du solaire.

Ce constat est systématique pour l'obtention du label BBC³⁴ : le mode de calcul rend quasiment indispensable de recourir au solaire thermique pour l'ECS. L'exigence de consommation est par exemple impossible à respecter avec une production d'eau chaude sanitaire par ballon électrique seul et, dans la plupart des cas, ne pas recourir au solaire thermique impose de construire un bâtiment aux performances thermiques proches du passif (voir le graphique au § ci-après).

6.1.2 concurrence entre solaire thermique et EnRR du réseau

Or pour des réseaux de chaleur alimentés par des énergies renouvelables ou de récupération, interrompre la production EnRR pour laisser la priorité au solaire peut être un contresens énergétique et surtout économique : il y a surinvestissement global pour un bénéfice faible ou nul en termes d'énergie primaire et de gaz à effet de serre.

Indépendamment des contraintes imposées par la réglementation pour l'obtention d'un label - qui reste facultatif - certains aménageurs introduisent, en complément de l'obligation de raccordement au réseau de chaleur, une interdiction de la production d'ECS solaire.

6.1.3 Le label BBC encourage le bois énergie, mais pas en réseau de chaleur

Le label BBC est défini par un niveau de consommation à atteindre de 50 kWh_{ep}/m² par an en moyenne³⁵ sur cinq usages (chauffage, ECS, rafraîchissement, éclairage et auxiliaires, soit environ 40 kWh_{ep}/m² par an pour les besoins de chaleur). Cette exigence en énergie primaire est la même pour tous les projets, quel que soit le mode de chauffage retenu. Pour le chauffage au bois, un coefficient d'énergie primaire de 0,6 est appliqué, ce qui apporte « bonus » intéressant. Ainsi, un bâtiment consommant 40 kWh_{ep}/m² par an pour le chauffage et l'ECS, pourra, si ces besoins de chaleur sont assurés par une chaufferie bois, consommer 66 kWh d'énergie finale. Pour le maître d'ouvrage, cela représente une économie sur la construction du bâtiment par rapport à l'installation d'une chaufferie gaz ou un raccordement à un réseau de chaleur.

Aucun « bonus » n'est prévu pour le raccordement à un réseau de chaleur, même si il est alimenté à 100% par des EnRR ! Cette incohérence est corrigée par la RT 2012 (voir § 7) et, en attendant sa mise en application généralisée, il sera donc intéressant pour le maître d'ouvrage de réaliser un

³³ Très haute performance énergétique – énergies renouvelables

³⁴ Bâtiment basse consommation, le label le plus performant de la RT2005, qui correspond au niveau de base de la RT2012

³⁵ Niveau d'exigence modulé selon le lieu et l'altitude.

bâtiment répondant au label BBC en utilisant le moteur de calcul de la RT2012, ce qui est rendu possible par les textes.

6.1.4 Les autres labels totalement inadaptés

Le mode de calcul des labels – autres que BBC – est basé sur une comparaison du projet avec une situation standard de référence. En logement, la consommation moyenne de référence de la RT 2005 est de 120 kWh/m² par an pour le chauffage et l'ECS³⁶.

Plaçons nous du point de vue d'un maître d'ouvrage qui souhaite obtenir le label THPE³⁷ : on peut considérer en moyenne qu'il doit, avec son maître d'œuvre, concevoir un bâtiment qui consomme 100 kWh³⁸. Il s'agit donc de « gagner » 20 kWh par rapport à la consommation de référence. En habitat collectif, en zone desservie par un réseau de chaleur, il va souvent étudier deux solutions :

1/ le chauffage au gaz (collectif voire individuel)

2/ le raccordement au réseau de chaleur

La situation de référence utilisée pour le calcul du label est différente selon le mode de chauffage qui sera retenu :

1/ pour le gaz, c'est une chaudière gaz (collective ou individuelle) standard, avec une consommation de 120 kWh

2/ pour le réseau de chaleur, c'est un raccordement en sous station, avec une consommation de 120 kWh

Pour gagner les 20 kWh, le maître d'ouvrage a accès à différentes techniques performantes sur la production de chaleur, l'isolation, la ventilation. Il va utiliser :

1/ pour le gaz : la chaudière à condensation, qui, pour un surinvestissement modeste, va lui apporter une économie d'au moins 15 kWh dans le calcul réglementaire. Il lui reste alors à « gratter » 5 kWh en sur-isolant un peu, en ayant recours à des ouvrants ou une ventilation plus performante

2/ pour le réseau de chaleur, la sous station étant la même pour la situation de référence et le projet, il devra gagner l'intégralité des 20 kWh en sur-isolant, choisissant de meilleurs ouvrants et une meilleure ventilation

Pour obtenir le label tout en se raccordant au réseau de chaleur, le maître d'ouvrage doit donc construire un bâtiment plus cher ! Dans le cas d'un réseau alimenté par des EnRR, les calculs réglementaires des labels de la RT2005 amènent ainsi à une aberration : pour pouvoir se raccorder au réseau et consommer des EnRR, il faut construire un bâtiment plus performant que si l'on prévoit de consommer une énergie fossile.

La grande difficulté pour le réseau de chaleur provient du fait que la situation de référence n'est pas la même selon le mode de chauffage : le mode de calcul n'est pas cohérent avec le raisonnement de tout maître d'ouvrage pour qui la situation de référence ne dépend pas des choix qu'il va mener *a posteriori* à l'issue des études.

Avec l'arrivée de la RT 2012³⁹, la situation s'améliore grandement. Pour les nouveaux projets ou projets peu avancés pour lesquels un réseau de chaleur EnRR est prévu (en création ou extension), les collectivités et maîtres d'ouvrages des bâtiments ont donc intérêt à appliquer par anticipation les règles de la RT2012. Ils bénéficieront ainsi du bonus accordé aux réseaux de chaleur vertueux tel que présenté au § 7.1 ci-après.

³⁶ En énergie primaire : de 80 (zone H3) à 130 (zone H1) pour les combustibles fossiles et 130 à 250 pour le chauffage électrique (voir guide AMORCE : « l'Elu et la performance énergétique des bâtiments »)

³⁷ Très haute performance énergétique : 20% de consommation en moins par rapport au simple respect de la RT2005

³⁸ Pour faciliter la lecture, toutes les consommations exprimées dans la suite de ce paragraphe sont en kWh d'énergie primaire par mètre carré et par an, notées simplement kWh, ce qui ne change pas la démonstration.

³⁹ La RT 2012 s'applique pour les permis de construire déposés à partir du 27 octobre 2011 pour les bâtiments tertiaires (bureaux, enseignement, accueil de la petite enfance), ainsi que les bâtiments résidentiels dans les zones Anru. Elle s'applique pour les permis de construire déposés à partir du 1^{er} janvier 2013 pour tous les autres bâtiments.

7. RT 2012 : les réseaux de chaleur reconnus

7.1 Les modulations : un « bonus » pour les réseaux de chaleur vertueux

Le niveau de référence de la RT2012, qui correspond au label BBC actuel, est généralement mentionné avec une valeur de 50 kWh_{ep}/m² par an. Rappelons cependant que les différentes modulations apportées en fonction de la zone climatique et de l'altitude conduisent à une plage de variation⁴⁰ de 40 et 75 kWh_{ep}/m². Rappelons également que la consommation concerne 5 usages : chauffage, eau chaude sanitaire, rafraîchissement, éclairage et auxiliaires (ventilation, circulateurs...).

Pour la RT2012, une modulation a été ajoutée en fonction des émissions de gaz à effet de serre du système de chauffage⁴¹ : le niveau de consommation à atteindre est majoré pour les bâtiments résidentiels⁴² qui se raccordent à un réseau de chaleur, avec 3 niveaux de modulation :

- + 30% pour un contenu CO₂ du réseau inférieur ou égal à 50 grammes par kWh⁴³
- + 20% pour un contenu compris entre 50 et 100 grammes
- + 10% pour un contenu compris entre 100 et 150 grammes

Les autres réseaux n'auront aucune modulation, ni à la baisse, ni à la hausse. Les contenus utilisés seront ceux de l'annexe 7 de l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique. Pour les réseaux dont le mix énergétique évolue fortement une année (passage d'une chaufferie fossile au bois par exemple), une méthode de prise en compte différente de celle du DPE doit être proposée par le ministère pour qu'ils puissent bénéficier directement du bonus. Ce bonus est double : l'économie réalisée par le maître d'ouvrage sur la construction de son bâtiment l'incitera à se raccorder et, en achetant un peu plus de chaleur, il améliorera la rentabilité du réseau de chaleur, justifiant ainsi mieux l'effort de la collectivité pour produire et distribuer des énergies renouvelables. Ainsi, par exemple, un bâtiment neuf situé en zone H1 raccordé à un réseau de chaleur dont le contenu CO₂ est inférieur à 50 grammes par kWh pourra consommer 75 kWh/m² par an pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les auxiliaires.

Jusqu'à présent, la seule modulation liée au système de chauffage était le coefficient de conversion entre énergie « consommée » et énergie « primaire ». Ce coefficient est de 2,58 pour l'électricité, de 0,6 pour les systèmes de chauffage au bois (uniquement pour le label BBC – voir § 6.1.3) et de 1 pour tous les autres systèmes de chauffage. L'énergie solaire thermique valorisée sur le bâtiment n'entre pas dans ce calcul. Elle bénéficie donc d'un coefficient de conversion égal à 0, puisqu'elle est déduite de la consommation de référence du bâtiment (voir § 6.1.1). Cet élément sur la prise en compte du solaire thermique relativise fortement l'impact du « bonus » octroyé aux réseaux de chaleur vertueux (voir encadré au chapitre 2 - § 2.1.1)

⁴⁰ Valeurs pour les bâtiments résidentiels. En plaine, le niveau sera par exemple de 40 kWh_{ep}/m² par an pour la côte d'Azur, de 60 pour l'île de France ou Rhône Alpes et de 65 pour l'Alsace. De manière transitoire jusqu'au 1^{er} janvier 2015, ces niveaux sont à majorer de 7.5 kWh_{ep}/m² par an pour les logements collectifs.

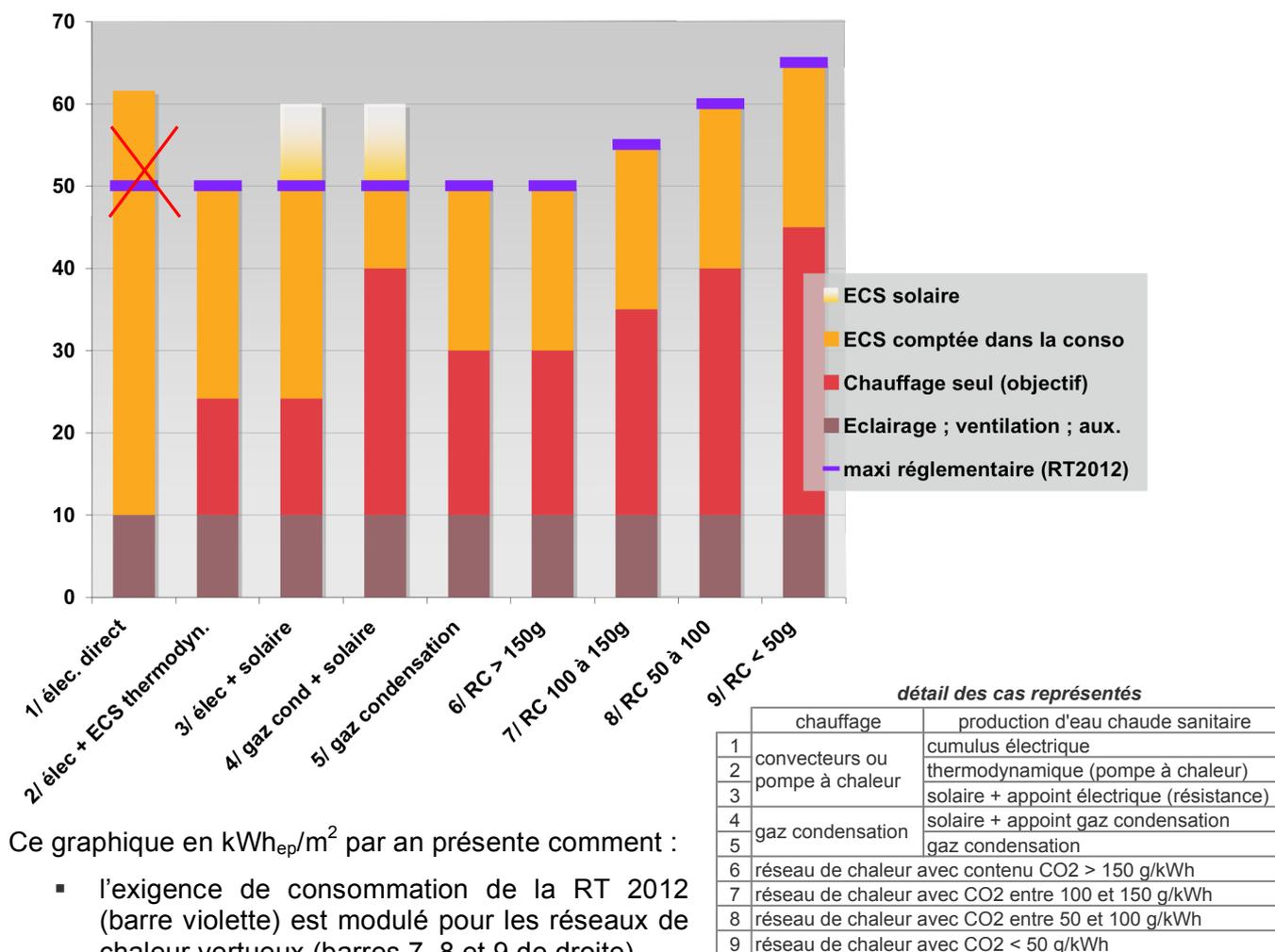
⁴¹ En application de l'article 4 de la loi du 3 août 2009 relative à la mise en œuvre du Grenelle l'environnement (Grenelle 1)

⁴² Ce bonus pour le maître d'ouvrage du bâtiment n'est prévu qu'en résidentiel. En tertiaire, la part très faible du chauffage et de l'eau chaude sanitaire sur les 5 usages en BBC fait que la différence sera modeste sur les besoins de chaleur et que « l'autorisation » de consommer un peu plus risque même d'être utilisée pour augmenter les consommations de rafraîchissement, ce qui rendrait la mesure illogique et contre productive.

⁴³ Ce coefficient correspond à celui octroyé pour le bois en label BBC (voir § 5.1.3)

7.2 Impact des modulations pour le maître d'ouvrage du bâtiment

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 kWh_{ep}/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.



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

- l'exigence de consommation de la RT 2012 (barre violette) est modulé 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 » (1^{ère} barre à gauche) n'est plus possible⁴⁴
- 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

⁴⁴ Pour un besoin d'ECS de 20 kWh/m² par an (soit 1600 kWh/an pour un logement de 80 m²), la consommation en énergie primaire d'un ballon électrique est de 51,6 kWh_{ep}/m² par an : elle dépasse à elle seule le niveau d'exigence. En ayant recours à l'ECS thermodynamique avec un Coefficient optimum de performance (COP) de la pompe à chaleur de 2 (minimum imposé par la RT2012 pour la production d'ECS), on divise par deux ce niveau de consommation en énergie primaire (barre N°2 sur le graphique).

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'ECS⁴⁵. 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 : 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 si il ne voit pas d'inconvénient d'un tel choix pour la vente ou la location des logements (voir § 5). 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 EnRR, le niveau de chauffage autorisé est équivalent à la solution gaz condensation + solaire si le contenu CO₂ est inférieur à 100 grammes par kWh⁴⁶, 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 EnRR, le niveau de chauffage autorisé est supérieur de 16% à la solution gaz condensation + solaire⁴⁷.

A noter que l'ajout éventuel de solaire photovoltaïque pour produire de l'électricité sur le bâtiment apporte également un « bonus » dans la réglementation. Cet aspect n'est pas pris en compte ici pour simplifier car l'impact serait le même quel que soit le mode de chauffage retenu. De plus, en habitat collectif, l'apport du photovoltaïque reste limité compte tenu de la surface de toiture disponible ramené à la surface de plancher construite.

Le graphique de la page précédente présente la répartition des consommations en énergie primaire selon le calcul réglementaire. Pour évaluer l'impact des consommations d'énergie d'un bâtiment, il est intéressant de regarder également quelles sont les émissions de gaz à effet de serre et quelle est la quantité d'énergie primaire non renouvelable globale consommée, qui représente le prélèvement irréversible d'énergie effectué sur la planète. Ces deux critères sont présentés ci-après. Ils correspondent aux deux principaux critères utilisés dans l'étude AMORCE sur l'efficacité des politiques de soutien aux énergies renouvelables et à la maîtrise de l'énergie (ref ENP20 – dec 2010).

⁴⁵ L'eau chaude sanitaire représente environ 20 kWh/m² par an. Avec un ballon électrique, cela représente 51 kWh en énergie primaire, ce qui est supérieur à la limite moyenne des 50 imposée sur les 5 usages, comme montré sur la barre gauche du graphique. Si ce ballon est couplé à un chauffe eau solaire qui couvre 50% des besoins d'eau chaude sanitaire, il reste 24 kWh pour le chauffage, le rafraîchissement, l'éclairage et les auxiliaires, soit environ 14 kWh en énergie primaire pour le chauffage seul, mais cela ne représente que 5 kWh en énergie finale si ce chauffage est assuré par des convecteurs. Pour atteindre un tel niveau, le surcoût sur l'enveloppe des bâtiments est aujourd'hui très supérieur à l'économie d'investissement réalisée sur le système de chauffage.

⁴⁶ Ce niveau d'émission est par exemple atteint à partir de 60% d'EnRR et 40% de gaz.

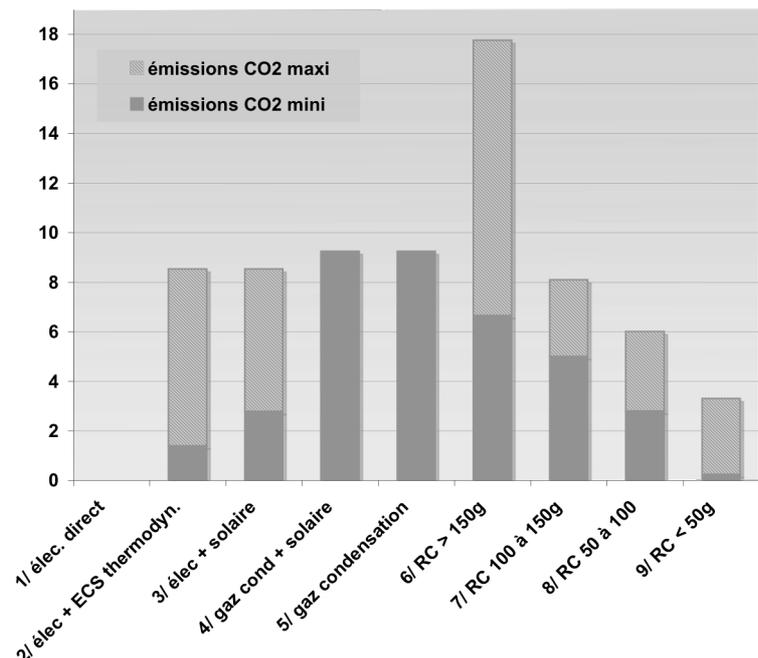
⁴⁷ Le niveau d'émission nécessaire de 50 g/kWh maximum est atteint par exemple avec 83% de bois énergie et 17% de gaz.

7.3 Impact des modulations sur les émissions de gaz à effet de serre

Les « bonus » étant octroyés aux réseaux de chaleur selon leur contenu CO₂, il est intéressant de comparer quelles seront les émissions de gaz à effet de serre moyennes d'un logement respectant la RT 2012 selon le mode de chauffage retenu

Le graphique ci-après présente les émissions de CO₂ - pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire - par m² de logement selon les modes de chauffage présentés ci-avant. Les émissions liées à la consommation d'électricité pour les autres usages ne sont pas représentées : elles sont considérées identiques quel que soit le mode de chauffage retenu et n'influencent donc pas la comparaison.

La solution avec production d'ECS par cumulus électrique n'est pas représentée, puisqu'elle ne permet pas d'atteindre les exigences de la RT 2012. Pour les émissions du chauffage électrique, les écarts importants entre « mini » et « maxi » proviennent des périodes de fonctionnement considérées pour la production d'ECS et du type de méthode de calcul⁴⁸. Pour les réseaux de chaleur, les écarts entre « mini » et « maxi » proviennent des niveaux mini et maxi d'émission possible dans les différents cas, avec également une prise en compte de rendements de distribution différents⁴⁹.



Ce graphique apporte un éclairage très intéressant sur les impacts des calculs réglementaires :

- **Le solaire thermique ne fait pas baisser les émissions de gaz à effet de serre d'un bâtiment conçu pour respecter la RT2012.** La production solaire fait baisser les émissions de CO₂ liées à la production d'eau chaude sanitaire, mais cette baisse est compensée par l'augmentation des émissions liées au chauffage⁵⁰.
- Les réseaux de chaleur représentent, selon les cas, le système le plus ou le moins émetteur de tous. Le léger recouvrement entre « mini » d'une colonne et « maxi » de la colonne suivante est dû à la prise en compte d'hypothèses de rendement différentes pour le calcul du maxi et du mini.
- **Les émissions des bâtiments raccordés à un réseau de chaleur bénéficiant d'un bonus sont dans tous les cas plus faibles qu'avec une solution gaz.**

⁴⁸ Les contenus CO₂ utilisés pour l'électricité sont ceux de la note publiée par RTE et l'ADEME en 2008. Les résultats les plus faibles sont obtenus en considérant l'approche moyenne, soit un contenu de 180g/kWh d'énergie finale pour le chauffage électrique et 40 g/kWh pour l'eau chaude (production exclusive la nuit en heures creuses – considérée ici uniquement pour la solution 2). Les résultats les plus élevés sont obtenus à partir de l'approche marginale, soit un contenu de 550 g/kWh pour le chauffage et l'ECS.

⁴⁹ La valeur « maxi » est calculée pour chaque cas en considérant le niveau d'émission maximum de chaque tranche (370 g/kWh dans le cas – théorique- d'un réseau tout charbon pour la barre N°6) ; 150, 100 et 50 pour les 3 suivantes et des pertes réseaux de 20%. La valeur « mini » est calculée en considérant le niveau d'émission minimum de chaque tranche et des pertes réseaux de 10%.

⁵⁰ En permettant d'augmenter les besoins de chauffage, le solaire permet par contre de diminuer le coût de la construction et, dans une certaine mesure, les émissions de GES liées à la fabrication des matériaux de construction. Un bilan global en analyse de cycle de vie serait nécessaire pour déterminer si ces émissions évitées sont supérieures aux émissions liées à la fabrication des panneaux solaires thermiques.

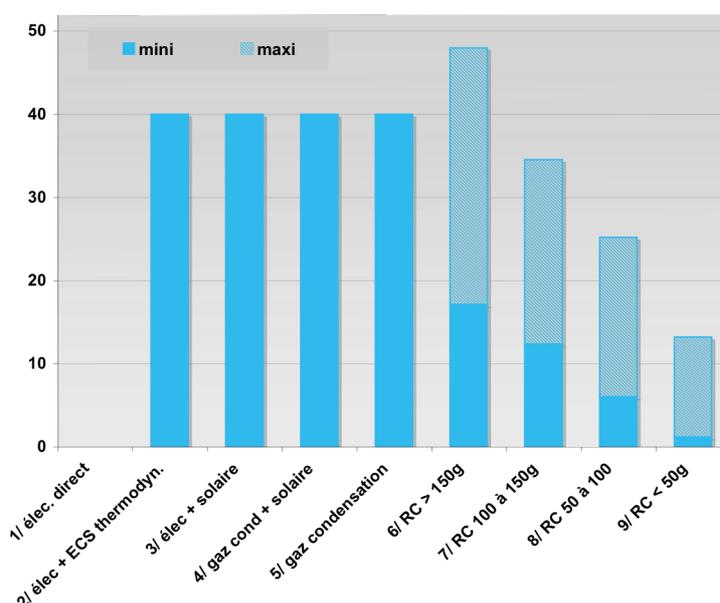
- Les réseaux de chaleur alimentés uniquement par des énergies renouvelables ou de récupération présentent logiquement le meilleur bilan. Le niveau d'émission n'est cependant jamais nul, puisqu'il y a lieu de tenir compte des émissions liées à la production et au transport des combustibles pour la biomasse par exemple et de la consommation d'électricité pour les auxiliaires du réseau de distribution primaire⁵¹.
- Pour l'électricité, les émissions dépendent fortement de la méthode retenue pour l'évaluation des émissions⁵². Avec une méthode marginale, cohérente pour des bâtiments neufs, les émissions liées au chauffage et à l'ECS sont équivalentes à celles des solutions gaz. Avec une méthode moyenne, le bilan est avantageux pour l'électricité sur ce critère⁵³.

7.4 Impact des modulations sur les consommations d'énergie primaire non renouvelable

Comme pour les émissions de CO₂, la comparaison est menée ici uniquement sur les consommations d'énergie liées au chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Les autres usages – et leur consommation d'énergie primaire – étant considérés identiques, ils ne modifient pas la comparaison.

Comme précédemment, nous avons considéré des pertes de distribution de 10 à 20%, ce qui pénalise légèrement les réseaux de chaleur par rapport aux calculs réglementaires⁵⁴, mais permet une utilisation plus juste de notre indicateur de consommation totale d'énergie primaire non renouvelable (ou non fatale⁵⁵).

Les écarts pour les réseaux de chaleur sont assez importants car un même contenu CO₂ peut correspondre à un taux d'énergie renouvelable différent selon le type d'énergie renouvelable et surtout le type d'énergie utilisé en complément dans le mix énergétique du réseau⁵⁶.



⁵¹ Taux d'émissions utilisés pour la valorisation énergétique des déchets : 4 g/kWh ; pour le bois énergie : 13 g/kWh, en cohérence avec les données utilisées pour l'enquête prix de vente de la chaleur publiée chaque année par AMORCE.

⁵² La différence importante entre les deux approches provient de modes de calculs très différents : pour l'approche moyenne, un bilan a été mené par RTE et l'ADEME sur une année complète pour calculer, en fonction des périodes de fonctionnement du chauffage électrique, la responsabilité moyenne de cet usage sur les émissions de CO₂ de la production d'électricité. L'approche marginale consiste, elle, à estimer quelles seront les émissions de CO₂ générées par un nouveau chauffage électrique, à système électrique constant. Comme cet usage augmente la consommation d'hiver, il augmente le recours aux systèmes de production d'électricité les plus carbonés. Le contenu est alors estimé entre 550 et 600 g/kWh. Dans le cas d'un choix de mode de chauffage pour un nouveau bâtiment, c'est donc plutôt l'approche marginale qui devrait être retenue, sauf à considérer que le contenu CO₂ de l'électricité en hiver baisse dans les prochaines années (ce qui n'est pas la tendance actuelle).

⁵³ Le taux moyen de 180 g/kWh pourrait être revu à la hausse, notamment pour les bâtiments basse consommation où les consommations de chauffage se concentrent sur les jours les plus froids, lorsque le contenu CO₂ de l'électricité est le plus élevé. Le recours aux pompes à chaleur, dont le coefficient de performance diminue avec la température extérieure, va également dans ce sens. Pour compléter la comparaison entre modes de chauffage, certains bureaux d'études ajoutent un critère de quantité de déchets nucléaires générés, ce qui permet de rappeler que les choix restent une affaire d'arbitrage nécessitant de pondérer différents aspects, toutes les énergies ayant leurs faiblesses et leurs vertus. Pour plus d'éléments sur ces aspects, voir les annexes de l'étude sur l'efficacité des soutiens à la MDE et aux EnR (Ref AMORCE ENP20 – dec 2010).

⁵⁴ La réglementation thermique considère un coefficient d'énergie primaire de 1 pour les énergies fossiles et de 2,58 pour l'électricité. Elle ne prend pas en compte de rendement de distribution pour les réseaux de chaleur (consommations comptées aux sous-stations).

⁵⁵ L'indicateur est étendu aux énergies de récupération.

⁵⁶ Par exemple, un niveau de 100 g/kWh peut être obtenu avec 60% de biomasse et 40% de gaz ou avec 74% d'UIOM et 26% de charbon. Si le réseau qui utilise le moins d'énergie renouvelable présente par ailleurs le moins bon rendement de distribution, on obtient un écart de 1 à 2 entre

Ce graphique met en évidence les constats suivants :

- Du fait de l'exigence en énergie primaire de la RT, l'électricité et le gaz présentent le même bilan selon ce critère. Le taux d'énergie renouvelable présent dans l'électricité n'est pas pris en compte ici. Nous considérons en effet que cette part est intégrée dans le coefficient de 2,58 pour l'énergie primaire.
- Comme pour les émissions de CO₂, **la présence de solaire thermique ne modifie pas la consommation d'énergie primaire non renouvelable** : un bâtiment respectant la RT2012 consomme autant d'électricité ou de gaz si il est équipé ou pas de solaire, puisqu'il sera conçu dans les deux cas pour atteindre un objectif de consommation dans lequel le solaire n'est pas pris en compte⁵⁷.
- **Tous les réseaux de chaleur qui bénéficient d'un « bonus » dans la réglementation thermique sont plus vertueux que le gaz ou l'électricité en termes d'énergie primaire non renouvelable** (ou non fatale⁵⁸) **consommée**, même en prenant en compte les pertes réseaux.
- Un réseau de chaleur sans énergie renouvelable dans son mix énergétique et avec un rendement de distribution faible présente logiquement le bilan le moins favorable en énergie primaire non renouvelable consommée. Ce type de réseau est amené à disparaître à terme : sans amélioration des performances et du mix énergétique, son développement ne pourra pas se justifier dans une politique énergétique locale.

7.5 Une autre exigence de la RT : le recours à une énergie renouvelable

En maison individuelle, le maître d'ouvrage doit, pour satisfaire aux exigences de la RT 2012, opter pour l'une des solutions d'énergie renouvelable suivantes :

- ECS solaire (minimum de 2 m²)
- ECS thermodynamique avec un coefficient optimum de performance supérieur à 2
- Consommation d'au moins 5 kWh_{ep}/m² par an d'une EnR, selon mode de calcul de la RT
- Micro-cogénération de rendement supérieur à 90%
- Raccordement à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par des EnRR. Pour ce point et le point 3 ci-avant, il est envisagé d'ajouter dans l'arrêté DPE du 18 décembre 2007, en plus du contenu CO₂, le pourcentage d'EnR du réseau de chaleur

Compte tenu du coût des systèmes de production d'ECS thermodynamique, qui sont aujourd'hui moins chers que les chauffe eau solaires, cette obligation va entraîner un net développement de cette filière en habitat individuel. A noter cependant que le raccordement au réseau permet donc au maître d'ouvrage, en plus de ne pas s'équiper d'une chaudière, de réaliser une économie d'investissement dans un système de production d'énergie renouvelable sur sa maison, ce qui apporte une incitation intéressante alors que le chauffage des maisons individuelles en France par réseau de chaleur est encore peu développé.

les consommations d'énergie primaire non renouvelable. La barre 8 correspondant à la « classe » 50 à 100, on arrive alors à un écart de 1 à 4 dans le résultat entre les deux extrêmes de cette classe.

⁵⁷ Le bâtiment sera pourtant jugé plus vertueux a priori par la plupart des acteurs si il est équipé de solaire thermique. On pourrait au contraire considérer que sans solaire thermique, comme il devra présenter des consommations de chauffage plus faible (voir § 7.2), il sera sur le long terme plus performant car ses bonnes performances seront liées à son enveloppe et non à l'entretien et au renouvellement de l'installation solaire dont la durée de vie est nettement plus faible que celle du bâtiment.

⁵⁸ A noter qu'en ne considérant que 50% de l'énergie issue des déchets comme énergie renouvelable, certains réseaux proches des seuils présenteraient un bilan en énergie primaire non renouvelable consommée supérieur à la solution gaz (par exemple 99 ou 149 g/kWh, avec des pertes réseaux de 20%). Une telle approche reviendrait toutefois dans certains cas à inciter la substitution d'énergies fatales par des énergies renouvelables, ce qui n'a aucun sens économique ni environnemental. Le bilan est donc présenté ici en énergies renouvelables et de récupérations, conformément aux dispositions pour le classement des réseaux et la TVA à 5,5.

8. Le Solaire thermique : atout ou ennemi du réseau de chaleur ?

8.1 Solaire sur bâtiment neuf & réseau de chaleur

L'analyse menée précédemment montre que dans les bâtiments neufs respectant la RT 2012, le recours au solaire thermique ne viendra pas minorer la chaleur livrée par le réseau à un bâtiment. Pour les réseaux à faible contenu CO₂, le bonus apporté par le raccordement incitera très probablement les maîtres d'ouvrages des bâtiments à ne pas recourir au solaire thermique, pour des questions de coût d'investissement. Cela apportera également un avantage pour les occupants des logements qui n'auront pas à s'occuper de l'entretien de l'installation solaire.

Les premiers retours d'expériences d'écoquartiers à basse consommation (voir chapitre 2) montrent que le fait pour un promoteur de n'avoir pas la nécessité d'installer du solaire thermique sur son bâtiment est un argument intéressant pour l'inciter à se raccorder à un réseau de chaleur alimenté par des EnRR.

8.2 Solaire sur bâtiment existant & réseau de chaleur

Sur les bâtiments existants raccordés à un réseau de chaleur, l'installation de solaire thermique reste peu pertinente :

- d'un point de vue environnemental : l'équipement va faire économiser surtout des énergies renouvelables ou de récupération⁵⁹
- d'un point de vue économique, elle représente un double investissement pour la collectivité dans son ensemble, le solaire thermique bénéficiant généralement d'aides publiques
- du point de vue de l'atteinte des objectifs de production d'énergie renouvelable et de réduction des émissions de gaz à effet de serre, le résultat est nul ou très faible par rapport à une même installation solaire implantée sur un bâtiment ne consommant que des énergies fossiles.

8.3 Solaire sur réseau de chaleur ?

En France, seul le réseau de chaleur de Narbonne accueille aujourd'hui de la production solaire, mais cette production reste décentralisée par bâtiment, sans possibilité d'être injectée sur le réseau lorsqu'un bâtiment ne consomme pas toute la production. En Allemagne, plusieurs sites fonctionnent depuis quelques années avec du solaire thermique, y compris avec du stockage inter saisonnier dans un grand stock tampon sous-terrain sur-isolé comme Munich par exemple.

L'installation de solaire thermique raccordé directement au réseau de chaleur nécessite un réseau basse température, ce qui limite son développement en France sur les réseaux existants. Les avantages apportés par cette technique impliquent cependant qu'elle soit étudiée sur les nouveaux réseaux, particulièrement dans le sud de la France :

- Le productible du solaire, ramené au m², est supérieur en réseau qu'en bâtiment
- Le coût d'installation est inférieur à une installation sur bâtiment (facteur d'échelle)

⁵⁹ Si le réseau est alimenté l'été uniquement par la récupération de chaleur sur une unité d'incinération d'ordures ménagères, la plus grande partie de la production solaire viendra se substituer à une énergie fatale : le gain environnementale sera nul.

- L'installation est plus facilement suivie et entretenue que lorsqu'elle est gérée par chaque gestionnaire de bâtiment, ce qui apporte une meilleure garantie de résultats dans le temps

Même si la pertinence économique par rapport aux énergies fossiles ou au bois n'est pas encore avérée, cette filière reste un atout pour l'atteinte des objectifs nationaux et permet de plus d'améliorer l'image des réseaux de chaleur.

Le développement du solaire thermique sur réseau de chaleur en Europe et en France fait l'objet d'une étude d'AMORCE en 2011 dans le cadre du partenariat avec l'ADEME

8.4 Une pénalisation des réseaux de chaleur qui persiste

Le solaire thermique sur un bâtiment résidentiel couvre en général la moitié des besoins d'eau chaude sanitaire, soit environ $10 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2$ par an. Cette énergie produite sur le bâtiment n'est pas comptée - dans la réglementation - dans la consommation du bâtiment, ce qui apporte un « bonus » de consommation intéressant pour le maître d'ouvrage du bâtiment (voir § 7).

La production solaire est décomptée intégralement de la consommation si le panneau solaire est raccordé au bâtiment, mais si le même panneau solaire est raccordé à un réseau de chaleur, sa production n'est plus décomptée. Au mieux, dans la RT 2012, si une telle production solaire sur réseau de chaleur permet au réseau de changer de tranche d'émissions (par exemple passer d'un contenu CO_2 de plus de 150 à moins de 150 grammes par kWh – voir graphique au § 7.2), cela apporte un « bonus » de $5 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2$.an de consommation. L'intérêt pour le maître d'ouvrage est donc plus faible que de raccorder le solaire classiquement sur le bâtiment. Si cette production solaire ne permet pas au réseau de changer de tranche d'émissions de CO_2 , elle ne présente alors aucun intérêt pour le maître d'ouvrage du bâtiment.

La façon de prendre en compte le solaire thermique dans la réglementation thermique pénalise donc les réseaux de chaleur

Pour ramener l'équité, AMORCE a demandé à la DHUP⁶⁰, dans le cadre de l'application de la RT 2012, qu'un coefficient d'énergie primaire nul soit appliqué sur la part solaire d'un réseau de chaleur servant à couvrir des besoins d'Eau chaude sanitaire des bâtiments qui y sont raccordés. Pour une prise en compte équivalente à celle du solaire sur bâtiment, cette part pourrait être au besoin plafonnée à 50%⁶¹ ; les pertes éventuelles supplémentaires de production par la mise en réseau étant globalement compensées par l'augmentation du rendement de production et sa garantie dans la durée.

⁶⁰ Direction de l'habitat, de l'urbanisme et du patrimoine

⁶¹ Il s'agit donc de majorer le Cep_{max} de la couverture apportée par le solaire sur les besoins d'eau chaude sanitaire (soit environ $10 \text{ kWh}/\text{m}^2$ avec une production solaire sur le réseau de chaleur de l'ordre de 1000 kWh par logement raccordé).

DEUXIEME PARTIE : JEU D'ACTEURS & ECONOMIE DES PROJETS POUR LES QUARTIERS AYANT DES BATIMENTS BASSE CONSOMMATION

1 . L'appel à projet national sur les Ecoquartiers

L 'appel à projet lancé en 2009 par le ministère de l'environnement a fait l'objet de 160 dossiers de candidature portés par des communes ou des intercommunalités. Dans la grande diversité de projets, 28 ont été primés pour leur caractère exemplaire sur tout ou partie des aspects du développement durable traités (eau déchets, densité et formes urbaines, mixité fonctionnelle, sobriété énergétique et énergies renouvelables...), avec une distinction entre les projets ruraux et urbains.

1.1 Echantillon et premiers constats

En l'absence de statistiques détaillées disponibles, les principales caractéristiques des 28 projets lauréats ont été analysées, ce qui a permis d'identifier des écoquartiers présentant une démarche assez poussée sur la performance énergétique (a minima au-delà de la RT 2005). Une enquête sur les choix énergétiques a ainsi pu être menée sur 13 projets où cette question a été travaillée en particulier parmi tous les autres aspects.

Cette première analyse met en évidence des constats intéressants :

- Un peu à l'image des débuts du label HQE pour le bâtiment, la qualification d'écoquartier n'apporte aucune garantie de prise en compte de la performance énergétique au-delà de la réglementation en vigueur ;
- Pour les premiers projets où la performance énergétique était un des axes de travail, le niveau d'exigence était généralement calé sur un label de performance de la RT 2005 (THPE ou BBC). Les projets plus récents, ou ceux qui ont été ajustés récemment, affichent généralement une exigence de BBC, plus cohérente avec l'évolution des pratiques avec l'arrivée de la RT 2012 ;
- La majorité des projets est encore peu avancée : les études comparatives entre solutions énergétiques sont généralement prévues mais pas encore réalisées ;
- Le volet énergie n'est pas toujours porté par le même acteur. Selon les projets, c'est la collectivité, l'aménageur ou le promoteur qui a pu nous renseigner sur les choix énergétiques. L'identification du bon interlocuteur sur le sujet est d'ailleurs parfois bien difficile ;
- Le point de vue a priori sur le recours à un réseau de chaleur peut s'avérer nettement différent selon les acteurs, y compris au sein d'un même organisme, comme par exemple entre l'élus en charge du projet et les services de la collectivité maître d'ouvrage
- Les analyses utilisées pour la prise de décision sont assez diverses : étude en coût global sur 30 ans selon les différentes hypothèses d'évolution du coût des énergies fossiles, coût par logement... le réseau de chaleur étant parfois écarté sur le simple a priori que « avec des bâtiments performants, ça ne sert à rien ».

1.2 Usages et choix énergétiques

1.2.1 Ecoquartiers lauréats de l'appel à projet national :

Type d'usage : Sur les 28 écoquartiers lauréats, 6 se destinent à accueillir uniquement des logements. La plupart prévoient à la fois logements et activités tertiaires. 7 affichent une ambition de mixité sociale (20 à 70% de logements « abordables »).

Performance énergétique des bâtiments : l'objectif retenu est majoritairement BBC, et si ce n'est pas le cas pour l'ensemble de la 1^{ère} phase, çà l'est pour la 2^e phase (en cohérence avec l'arrivée de la RT2012).

1.2.2 Ecoquartiers ayant répondu à l'enquête (13 – parmi les 28 lauréats) :

Type d'usage : sur l'échantillon, seuls 2 écoquartiers se destinent à accueillir uniquement des logements. La plupart prévoient à la fois logements, bureaux, commerces et équipements publics.

Performance énergétique des bâtiments : 2 n'atteignent pas le niveau BBC (projets initiés en 2002 et 2008) mais en sont proches.

1.2.3 A propos de l'étude de faisabilité énergie

Le Grenelle 1 a apporté l'obligation pour le Maître d'ouvrage de réaliser une étude de faisabilité multi-énergie pour l'alimentation d'une nouvelle ZAC⁶². Dans la pratique : ce n'est pas toujours fait ou pas encore (8 sur 13 l'ont réalisée ou prévue).

Lors de cette enquête il est apparu une logique de choix parfois « a priori » ou influencée par le « marketing » (par exemple le solaire indispensable comme « vitrine » de l'écoquartier).

1.2.4 Pourquoi le réseau de chaleur est écarté

- Pour certains le réseau de chaleur est encore méconnu, jugé a priori comme solution complexe ou dépassée ou trop chère sans forcément l'avoir étudiée précisément.
- La faible consommation de chauffage semble être aussi un alibi pour ne pas étudier de façon plus approfondie le réseau de chaleur, certains acteurs du projet n'ayant parfois aucun intérêt à voir cette solution retenue (voir le jeu d'acteur au § 2 ci-après). A noter sur ce point que la question de l'écart potentiel entre la consommation réelle des bâtiments en service et la consommation normative est parfois soulevée, et que certains aménageurs partent du principe qu'à l'usage, la consommation prévue d'un bâtiment BBC sera dépassée.
- Le réseau de chaleur n'est pas compatible avec n'importe quel phasage de développement de la zone ou rend la planification du projet trop complexe
- Les promoteurs ne souhaitent pas voir leurs bâtiments raccordés à un réseau de chaleur, pour des questions de coûts pour atteindre les labels de la RT2005 (voir § 6.1.4) ou de marketing (préférence pour les solutions individuelles).

1.2.5 Dans quelles conditions le réseau de chaleur est retenu

Différents atouts de la solution réseau de chaleur sont cités par les acteurs : économie, garantie de performance, gestion énergétique centralisée, évolution possible du mix énergétique, bilan environnemental...

⁶² art. R111-22-1 du Code de la construction et de l'habitation et art. L111-9 et L111-9-1 du CCH.

Dans certains cas le réseau de chaleur existe déjà à proximité et il est question d'extension. La collectivité a alors le sujet déjà bien en main et participe plus au choix des scénarii énergétiques à envisager.

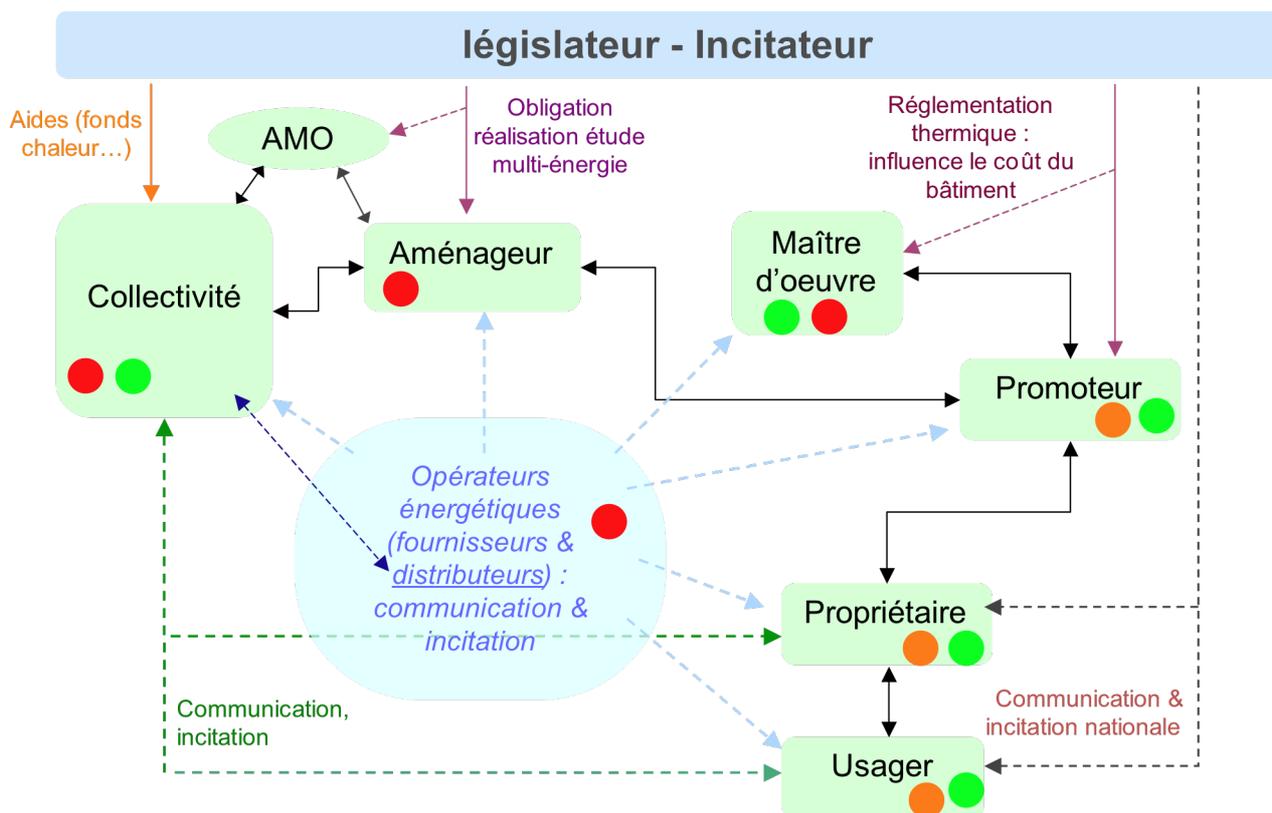
On constate une diversité des approches décisionnelles : il n'y a pas de fiche type qui conduit au choix du réseau de chaleur mais une combinaison de facteurs auxquels le maître d'ouvrage attribue plus ou moins d'importance. Une volonté forte des élus et la mobilisation des services concernés (urbanisme...) et/ou de l'aménageur est dans tous les cas indispensable.

L'approche en coût global projet sur la durée de vie des équipements a été étudiée par la ville de Besançon avec deux scénarii d'augmentation du coût des énergies (voir la fiche détaillée ZAC des Vaîtes) qui mettent bien en évidence l'influence de l'hypothèse retenue pour l'augmentation annuelle du prix du gaz dans les résultats comparatifs. La ville de Frontignan a elle choisi d'exprimer le coût global par logement (voir la fiche détaillée ZAC des Pielles).

Pour plus d'éléments voir les fiches projets détaillées en annexe qui présentent les diverses approches décisionnelles.

2. Un jeu d'acteurs déterminant

Le graphique ci-après présente – schématiquement – le jeu d'acteurs dans un projet d'aménagement et met en évidence les acteurs qui ont intérêt ou pas à voir se développer un réseau de chaleur sur un nouveau quartier.



Les pastilles vertes marquent un intérêt direct du réseau de chaleur pour un acteur et les pastilles rouges un inconvénient. Les pastilles orange marquent un inconvénient plus supposé : il peut être exprimé par un acteur mais pas toujours fondé sur une vision objective de l'impact en global pour lui de cette solution par rapport aux autres modes de chauffage. Un acteur peut bien sûr voir à la fois des avantages et des inconvénients dans cette solution, et selon les organismes, selon les personnes, ce seront plutôt les côtés positifs ou les côtés négatifs qui seront mis en avant.

De nombreux avantages de la solution réseau de chaleur sont directement liés au mix énergétique. Dans cette analyse, le réseaux de chaleur développé sur un écoquartier est considéré par défaut comme alimenté par au moins 50% d'énergies renouvelables ou de récupération. Sans cette condition, la mobilisation des acteurs autour de cette solution sera nettement plus difficile.

Les avantages et inconvénients sont détaillés par acteur ci-après, et synthétisés dans un tableau en fin de chapitre.

2.1.1 La collectivité

La collectivité, garante de l'intérêt général, est l'acteur qui a la vision la plus globale. Le développement d'un réseau de chaleur présente pour elle de nombreux avantages :

- valorisation d'énergies renouvelables locales
- participation à l'atteinte des objectifs du plan climat-énergie territorial
- la réduction de la précarité énergétique à venir par la mise à disposition des habitants d'un outil de chauffage dont le coût est moins soumis aux aléas du prix du pétrole

Et du côté des inconvénients :

- Le budget d'aménagement est plus important, car, par exemple dans le cas du chauffage au gaz, le réseau est souvent pris en charge par GrDF
- Le projet est plus complexe et nécessite une plus grande implication des élus et des services : montage financier (dossier fonds chaleur, DSP⁶³...), mobilisation des acteurs, phasage, exploitation du réseau (en régie ou suivi de délégation en DSP)
- Le développement de solutions collectives est toujours plus délicat que de laisser chacun définir sa solution individuellement. Un effort de communication et de pédagogie est nécessaire pour montrer le caractère vertueux de la solution collective, sans oublier par ailleurs que les solutions dites « individuelles » au gaz ou à l'électricité ne peuvent pas exister sans le développement des réseaux de distribution, qui sont aussi sous la responsabilité de la collectivité.

Avec le bonus accordé au réseau de chaleur, la performance des bâtiments n'est-elle pas dégradée ?

Cette question mérite d'être posée pour la collectivité qui doit avoir par ailleurs des objectifs d'efficacité énergétique par exemple dans le cadre d'un plan climat-énergie territorial. Le graphique présenté au chapitre 1 § 7.2 montre que, pour respecter le niveau BBC ou la RT 2012, un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur doit présenter les mêmes besoins de chauffage dans les cas suivant :

- gaz condensation + solaire thermique
- raccordement à un réseau de chaleur avec un contenu CO₂ entre 50 et 100 g/kWh

Si le réseau a un contenu CO₂ inférieur à 50 g/kWh, le bâtiment pourra consommer 5 kWh_{ep}/m² de plus par an¹. Si Le contenu est entre 100 et 150, il devra consommer 5 kWh_{ep}/m² de moins.

En moyenne, le « bonus » accordé aux réseaux de chaleur vertueux correspond donc au bonus octroyé par défaut à une production d'eau chaude sanitaire solaire. **La qualité de l'enveloppe, qui est déterminante pour la consommation de chauffage du bâtiment sur sa durée de vie, sera la même si le maître d'ouvrage du bâtiment choisi une solution « gaz + solaire » ou le réseau de chaleur vertueux.**

Les § 7.3 et 7.4 du chapitre 1 présentent les émissions de gaz à effet de serre et les consommations d'énergie primaire non renouvelable moyennes selon le mode de chauffage retenu. Ils montrent que sur ces deux critères, les réseaux de chaleur bénéficiant d'un « bonus » restent les mieux placés.

⁶³ Délégation de service public

La collectivité a donc tout intérêt - dans une logique d'atteinte des objectifs des 3x20 à 2020 - à développer des réseaux de chaleur alimentés par des EnRR sur son territoire, et à accompagner par ailleurs au besoin le développement du solaire thermique sur des bâtiments existants hors de portée des réseaux de chaleur où il viendra se substituer à des énergies fossiles

Le développement des réseaux de chaleur à basse température permet par ailleurs d'anticiper sur les évolutions à venir en matière de valorisation des énergies fatales des bâtiments qui présentent un potentiel intéressant dont la valorisation sera indispensable notamment en habitat collectif avec la généralisation à partir de 2020 des bâtiments neufs à énergie positive (voir §4 ci-après).

2.1.2 L'Assistant au maître d'ouvrage pour le programme d'aménagement

L'AMO qui travaille pour la collectivité ou l'aménageur peut être chargé de mener l'étude servant à orienter les choix énergétiques du projet d'aménagement. Son rôle est souvent difficile :

- soit les interlocuteurs ont déjà une idée assez arrêtée des choix, basée sur leurs habitudes de travail, des informations apportées par des opérateurs énergétiques ou simplement des a priori : ce sera « le gaz », « l'électricité », « le bois » sans que des estimations énergétiques ni financières ne viennent étayer cette orientation a priori
- soit ils attendent que des solutions exemplaires soient implantées et que la performance énergétique soit bien visible : ils attendent alors « du solaire », « de l'éolien » (de bâtiment), « des écomatériaux », de « l'isolation par l'extérieur »...

Face à cette cacophonie potentielle, de la pédagogie est nécessaire pour quantifier les grands enjeux. Le piège est d'entrer directement dans une analyse technico-économique pointue avant que les grands choix stratégiques n'aient été arbitrés.

Le rôle du consultant est de présenter en quelques scénarii comment les grandes options possibles dans le programme peuvent se combiner :

- Performance énergétique des bâtiments (BBC ? BEPOS⁶⁴ ; raisonnement sur les 5 usages de la réglementation thermique ou sur tous les usages⁶⁵ ?)
- Systèmes et recours aux énergies renouvelables : chauffage au gaz, par pompe à chaleur, par réseau de chaleur ; solaire thermique, solaire photovoltaïque...
- Eventuellement impact des choix constructifs sur le bilan en énergie grise⁶⁶ du programme, pour estimer l'impact du recours à des écomatériaux, à de la construction avec ossature bois...

Cette première analyse, qui vise à présenter pour chaque scénario l'impact du programme en termes de gaz à effet de serre, d'énergie primaire, voire de déchets nucléaires, **doit être menée sans estimation de coût**. Une fois les choix arbitrés, les 2 ou 3 meilleurs scénarii retenus peuvent ainsi faire l'objet d'une analyse technico-économique plus détaillée. Une analyse initiale où des coûts seraient présentés ne permet en effet généralement pas d'arbitrer sereinement une stratégie :

- un raisonnement en coût global reste toujours théorique, chacun regardant au mieux de son point de vue le coût global et au pire le seul coût d'investissement

⁶⁴ Bâtiment à énergie positive

⁶⁵ Le label BBC de la RT 2005 et la RT2012 imposent un niveau maximum de consommation sur 5 usages : chauffage, ECS, rafraîchissement, éclairage et auxiliaires. Seules les consommations de chauffage et ECS sont prise en compte dans la RT2005. Avec un niveau moyen de 50 kWh d'énergie primaire par m2 et par an sur 5 usages, l'exigence de la RT ne porte plus que sur 1/3 des consommations totales d'un bâtiment. En tertiaire par exemple, l'informatique devient prépondérante.

⁶⁶ L'énergie grise représente la quantité d'énergie totale qu'il a été nécessaire de mettre en œuvre pour construire un bâtiment ou une infrastructure. Avec le niveau BBC, elle peut être supérieure à la consommation de chauffage et d'ECS sur plusieurs dizaines d'année de vie du bâtiment.

- dans une approche de développement durable, un raisonnement de long terme est indispensable : selon l'hypothèse fixée pour l'augmentation du prix des énergies fossiles et de l'électricité, il est alors possible d'inverser les résultats en coût global
- face aux incertitudes liées à l'analyse, le réflexe de privilégier la moindre dépense peut exister, ce qui empêche les meilleures solutions (d'un point de vue environnemental et en coût global) de se développer

2.1.3 L'aménageur

C'est, du point de vue du développement du réseau, le maillon le plus fragile de la chaîne des acteurs. Sauf exception⁶⁷, l'aménageur n'a pas d'intérêt direct à intégrer un réseau de chaleur à son projet :

- Le budget du programme est plus important, ce qui implique d'augmenter le prix du foncier, ou de trouver un portage financier (par exemple DSP) en amont avec la collectivité
- Cet outil supplémentaire entraîne une coordination plus importante et un phasage plus fin des travaux.
- Dans le cas d'un réseau de chaleur basse température (solution à privilégier pour alimenter des bâtiments performants), le cahier des charges de la ZAC doit intégrer les prescriptions particulières sur la conception du chauffage des bâtiments pour optimiser la performance énergétique de l'ensemble (voir § maître d'ouvrage).

Le seul gain vis-à-vis du programme d'aménagement est que le réseau de gaz sera parfois supprimé, GrDF pouvant en effet considérer que les consommations hors chauffage et ECS ne sont pas suffisantes pour justifier de « tirer » le réseau⁶⁸. L'impact du réseau de gaz en termes financiers et organisationnels dans les projets étant cependant nettement plus faible que celui du réseau de chaleur, cette « moins value » est relativement modeste.

2.1.4 Le promoteur – constructeur de bâtiments sur la zone

Pour le promoteur, l'inconvénient majeur peut être celui de l'augmentation du foncier si une part des investissements du réseau y est intégrée. Les autres aspects négatifs sont liés aux réticences vis-à-vis des solutions collectives :

- Il considère généralement que les solutions individuelles sont vues comme une valeur ajoutée par les acquéreurs potentiels.
- Le choix du réseau de chaleur implique quelques contraintes techniques auxquelles il n'est pas forcément habitué et qu'il doit intégrer à son projet (voir § maître d'oeuvre)
- Il devient dépendant de la collectivité en cas de retard sur le réseau de chaleur pour la livraison de ses bâtiments

Le réseau de chaleur lui apporte cependant des avantages non négligeables :

- Pas d'investissement dans un outil de production de chaleur par immeuble ou par logement
- Dans le cadre de la RT 2012, les réseaux alimentés par des EnRR lui permettent de ne pas installer de solaire thermique sur les bâtiments, ce qui génère une économie intéressante et le libère d'une contrainte architecturale. Si le réseau présente un contenu CO₂ de moins de 50 grammes par kWh, il bénéficie en plus d'une moins value sur l'enveloppe du bâtiment⁶⁹

⁶⁷ Certaines SEM d'aménagement sont aussi exploitante d'un réseau de chaleur, comme par exemple la SERM à Montpellier

⁶⁸ voir aussi le § sur les opérateurs énergétiques ci-après

⁶⁹ voir § 7 de la 1^{ère} partie

- La production et distribution de chaleur collective peut être tournée en argumentaire commercial : pas de chaudière à entretenir ni à remplacer en fin de vie (ni le cas échéant de solaire thermique)

2.1.5 Le maître d'œuvre – Bureaux d'études thermiques et fluides des bâtiments à construire

Pour le maître d'œuvre, le raccordement à un réseau de chaleur « classique » implique très peu de différence dans la conception par rapport par exemple à une solution de chauffage collectif au gaz. Si le réseau de chaleur est à basse température par contre, il doit adapter l'installation de chauffage : les régimes de températures en réseau basse température (départ à 80°C voire moins⁷⁰) impliquent en effet de dimensionner les systèmes de chauffage en basse température également des les bâtiments : pour les maîtres d'œuvre qui continuent à concevoir des systèmes sur la base classique du 80/60°C, cela bouleverse les habitudes de travail.

A noter sur ce point qu'en réhabilitation lourde de bâtiments collectifs, les émetteurs de chaleur (radiateurs à eau chaude sur le réseau intérieur de chauffage de l'immeuble) sont souvent remplacés pour faire place à des radiateurs plus petits pour s'adapter aux besoins de chaleur plus faible du bâtiment une fois rénové. Ce coût important de remplacement des radiateurs et du réseau secondaire pourrait être évité en changeant simplement le régime de température du chauffage : avec de la basse température, si le bâtiment est rénové à basse consommation, les radiateurs peuvent souvent être conservés et offrir de plus un meilleur confort aux usagers⁷¹.

Du côté des avantages, le plus important est l'économie d'ingénierie que représente le fait de ne pas avoir à installer de solaire thermique si le bâtiment est raccordé à un réseau alimenté par des EnRR.

2.1.6 Les opérateurs énergétiques

Les fournisseurs d'électricité et de gaz et les concessionnaires des réseaux de distribution de ces énergies n'ont logiquement aucun intérêt à voir se développer un réseau de chaleur sur un nouveau quartier. Les consommations de chaleur sur le réseau se feront au détriment de consommations de gaz ou d'électricité, ce qui diminue les volumes vendus par les fournisseurs et la rentabilité du réseau pour les concessionnaires. Pour GrDF, la décision de développer un réseau de chaleur sur un écoquartier peut conduire à renoncer à y installer le réseau de gaz. On peut noter sur ce point que, quand bien même le concessionnaire du réseau public de distribution de gaz est sous la responsabilité de la collectivité autorité concédante, il bénéficie généralement d'une autonomie très importante de décision sur l'extension ou pas du réseau. Cette autonomie est par ailleurs problématique : le concessionnaire joue parfois un rôle commercial qui va à l'encontre des intérêts de la collectivité dont il est censé dépendre. « *attention, si il y a un réseau de chaleur vous n'aurez pas le gaz !* » est d'ailleurs un argument qui a été entendu sur certains projets. Pour l'électricité, le réseau sera installé de toute façon pour tous les usages spécifiques. La collectivité peut cependant veiller à ce que son dimensionnement soit cohérent avec le fait qu'il n'y aura pas d'usages thermiques de l'électricité sur le quartier pour optimiser l'investissement.

Une coordination entre la collectivité et ses concessionnaires électricité et gaz ou la collectivité autorité concédante de ces réseaux si elle est différente du maître d'ouvrage de l'aménagement est nécessaire.

⁷⁰ les réseaux de chaleur à basse température sont par exemple généralisés en Suède (départs à 65°C). Cela permet de diminuer les pertes du réseau et de mieux valoriser les énergies renouvelables et de récupération.

⁷¹ En baissant la température de surface des émetteurs de chaleur dans un logement, on réduit les phénomènes de convection qui sont souvent source d'inconfort.

2.1.7 Deux acteurs en dehors du schéma

Les entreprises qui vont construire les bâtiments sont bien sûr impactées par le choix d'un réseau de chaleur, notamment pour les lots chauffage. Elles arrivent cependant après la décision d'installer ou pas un réseau de chaleur et ne sont donc pas dans le jeu d'acteurs qui mène à la décision et que l'on a souhaité représenter ici.

De la même façon, l'exploitant du réseau de chaleur n'est pas représenté ici, alors qu'il est un acteur très important, surtout si la décision de réaliser le réseau est prise. Pour les projets où il s'agit de la création complète d'un réseau, son exploitant doit être désigné par la collectivité : il n'est donc pas connu en amont et il est logique qu'il ne s'implique pas. Pour les projets qui impliquent une extension d'un réseau de chaleur existant par contre, sauf cas particulier, l'implication « commerciale » de l'exploitant reste sans commune mesure avec les moyens que peuvent mobiliser les fournisseurs d'énergies et même les concessionnaires des réseaux d'électricité et de gaz.

2.1.8 Réseaux de chaleur et écoquartiers BBC : synthèse des avantages et inconvénients selon les acteurs

Au-delà des difficultés techniques liées à la baisse des consommations et des pistes évoquées dans la 1^{ère} partie, de réels atouts et difficultés ont été identifiés au travers de cette enquête, selon les différents points de vue que l'on a pu obtenir. Ils sont synthétisés dans ce tableau. A noter que certains de ces atouts ne sont valables que pour des réseaux alimentés avec plus de 50% d'EnRR.

	Collectivité	Aménageur	Maître d'oeuvre	Promoteur	Usager
Économique	Investissement initial lourd équilibré par le choix d'une énergie renouvelable ou de récupération (incertitude sur l'évolution du prix des énergies fossiles). Activité locale liée à l'utilisation d'une énergie locale	Investissement dans la partie distribution lourd (si pas d'aides du Fonds chaleur). Dans le cas d'une DSP, cet investissement est porté par un tiers. Il peut être répercuté sur le foncier ou le poste VRD	La prise en compte du RC dans l'étude de faisabilité représente un surcoût pas forcément valorisé dans le prix de vente de l'étude	Surcoût éventuel sur le foncier. Le réseau de chaleur permet d'éviter de mettre en place du solaire thermique et des solutions individuelles. Il permet le respect du BBC ou de la RT2012 à moindre coût	Bénéfique en coût global. TVA à 5,5% sur abonnement et consommations. Beaucoup moins de risques de subir la hausse des énergies fossiles.
Environnemental	Réduction des émissions de GES et évolution possible du mix énergétique. Outil efficace pour l'atteinte des objectifs du plan climat	<i>Image : utilisation d'énergies renouvelables et locales (argument encore peu approprié par ces acteurs)</i>			Consommation d'énergie renouvelable
Opérationnel	Instrument de planification intéressant. Dimensionnement en fonction du phasage prévisionnel et de l'incertitude éventuelle sur les tranches successives.	Dimensionnement et emplacement en fonction du phasage prévisionnel et de l'incertitude éventuelle sur les tranches successives. Outil de planification – vision globale sur l'énergie (pour des raisons de rentabilité, le réseau de gaz n'est pas amené jusqu'au logement individuel)	Phasage important - Pas de système individuel	Phasage important - Pas de système individuel	Impossibilité de cuisson gaz si le réseau de gaz n'est pas tiré.
Temps de travail : Implication lors du montage	Implications des services de la collectivité (montage juridique, DSP, demandes de subventions...)	Peut être impliqué dans le montage juridique	Implication plus importante que si gaz ou tout électrique.	léger gain par la non implication sur les moyens de production de chaleur	Neutre
Temps de travail : suivi du réseau et de la vie de la ZAC	Implication des services de la collectivité (suivi avec l'exploitant)	Neutre	Neutre	Neutre	Pas de système individuel de production de chaleur ni à entretenir ni à renouveler (chaudière, pompe à chaleur, solaire)

Ce tableau avantages/inconvénients met en évidence les acteurs clés susceptibles de s'opposer à la réalisation d'un réseau de chaleur, les arguments à mettre en avant et les points à améliorer.

Si la volonté du maître d'ouvrage n'est assez affirmée, la ZAC risque d'être approvisionnée par des solutions « classiques » poussées par les opérateurs type GrDF.

3. Approche économique

3.1 L'équation impossible ?

« Avec le BBC, les consommations sont tellement faibles que le réseau de chaleur ne passe plus »

Si la question est légitime, cette affirmation, entendue par des acteurs d'écoquartiers, est rarement étayée par une analyse technico-économique chiffrée. Elle complique la tâche pour ceux qui souhaitent comparer sans a priori la solution réseau de chaleur à d'autres solutions.

D'un point de vue énergétique, il est important de rappeler que, si les besoins de chauffage baissent très fortement dans le neuf avec l'arrivée de la RT2012, les besoins en eau chaude sanitaires restent importants. Ainsi, même pour un bâtiment à énergie positive, il y aura toujours des besoins de chaleur à satisfaire. De plus, les premiers retours montrent que, malheureusement, le niveau de consommation réel mesuré sur des bâtiments BBC après une saison de chauffe est supérieur au niveau calculé lors de la conception de ces bâtiments.

Pour le côté économique, il faut garder à l'esprit que les hypothèses retenues notamment pour l'évolution du prix des énergies fossiles ont une très grande influence sur les résultats d'analyses comparatives en coût global entre les filières pour trois raisons principales :

- la durée de vie des équipements est longue, et la période d'analyse doit être cohérente avec cette durée (20 ans minimum, voire 30 ans et plus)
- sur cette durée, l'achat de combustible représente 50 à 80% du coût global pour les solutions gaz
- une hausse du prix de 4% par an correspond à une multiplication du prix par 3,2 au bout de 30 ans ; si la hausse est de 8% par an, le prix sera multiplié par 10. Un écart de 1 à 3 est donc possible sur plus de la moitié d'un poste du coût global.

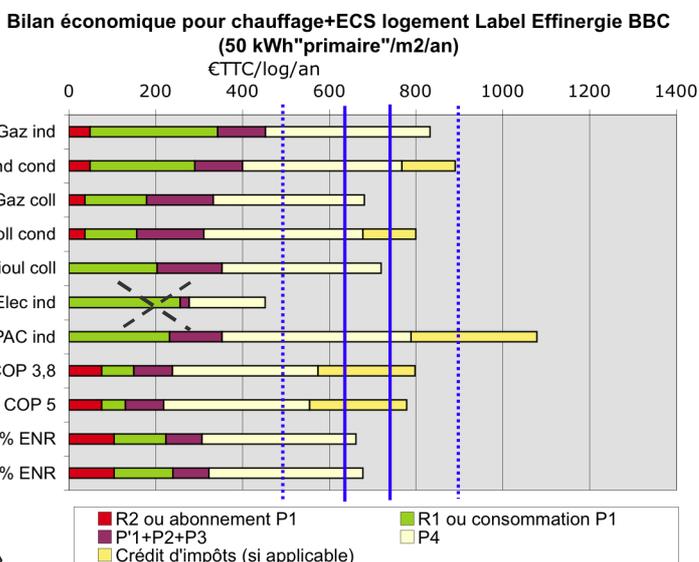
Une analyse technico-économique qui ne regarderait pas l'influence de cette hypothèse d'augmentation du prix des énergies serait donc peu sérieuse.

Ensuite, pour bien appréhender cette question économique, il est nécessaire de l'envisager du point de vue des différents acteurs concernés, de l'utilisateur à la collectivité. C'est l'objet des paragraphes qui suivent.

3.2 Point de vue de l'utilisateur

3.2.1 Réseau existant

Un écoquartier ou nouveau bâtiment raccordé à un réseau de chaleur existant se voit appliqué la structure tarifaire de ce réseau (principe d'égalité tarifaire). Le graphique ci-contre représente le coût du chauffage pour l'utilisateur⁷². Le raisonnement est mené pour un logement type présentant les mêmes besoins de chaleur (bâtiment



⁷² Source : enquête annuelle AMORCE « prix de vente de la chaleur »

présentant le même coût de construction) pour comparer sur des bases similaires les différentes filières. Le chauffage électrique direct est représenté ici à titre indicatif car la comparaison est faussée pour ce mode de chauffage : il présente avec une telle analyse le coût le plus intéressant du point de vue de l'utilisateur, mais son mauvais bilan en énergie primaire par rapport aux autres modes ne lui permet pas de répondre aux exigences du BBC ou de la RT 2012 (voir chapitre 1 - § 7.2) sans sur-investissement sur le bâtiment (enveloppe, renouvellement d'air). Cette analyse, actualisée chaque année dans le cadre de l'enquête sur le prix de vente de la chaleur menée par AMORCE, montre que :

- Les réseaux de chaleur moyens (2 barres en bas du graphique - moyenne des 450 réseaux de l'enquête annuelle de branche), présentent un coût global du point de vue de l'utilisateur similaire à celui du gaz collectif et nettement plus intéressant que les solutions individuelles.
- les meilleurs réseaux de chaleur⁷³ (barre verticale de gauche en pointillés bleus) apportent la solution de chauffage la moins chère en coût global pour l'utilisateur
- les moins bons réseaux⁷⁴ (barre verticale de droite en pointillés bleus) représentent une solution en coût global aussi chère que les solutions individuelles gaz ou pompe à chaleur, et même plus cher lorsque les aides à l'investissement sont prises en compte.
- Pour tous les modes de chauffage, la baisse des consommations fait que les postes fixes « amortissement de l'investissement » (P4) et « accès à l'énergie » (abonnement) représentent à eux deux plus de la moitié du coût global. En ajoutant l'entretien des systèmes, on arrive à plus de 2/3 de part fixe quel que soit le mode de chauffage.
- La part de l'achat d'énergie dans le coût global est sensiblement la même entre les solutions gaz collectives et les réseaux de chaleur

Dans le cas d'un réseau existant, la faible consommation ne pénalise pas l'utilisateur d'un bâtiment basse consommation car la structure tarifaire est la même que pour les autres usagers. Comme pour les réseaux de gaz et d'électricité, la faible densité énergétique est compensée par les autres usagers, et les coûts unitaires plus élevés du réseau sont mutualisés. Si l'extension du réseau à mener pour alimenter un écoquartier est modeste, ce graphique montre qu'il est impératif de l'envisager dans les choix techniques, quel que soit le mix énergétique du réseau.

3.2.2 Réseau à créer

Pour les nouveaux réseaux créés à l'occasion d'un projet d'écoquartier, l'équation est plus délicate à résoudre car l'ensemble de l'investissement du réseau (production et distribution) devra pouvoir être financé par les usagers. La consommation par logement étant plus faible que sur les réseaux existants, le risque de voir une structure tarifaire avec une grande part fixe est grand. Une telle structure ne présente cependant pas que des inconvénients pour l'utilisateur et des solutions existent pour diminuer cet aspect (voir chapitre 1 - § 5.1).

L'important sera encore de raisonner en coût global, en prenant en compte différentes hypothèses d'augmentation du prix des énergies fossiles. Ce raisonnement en coût global du point de vue de l'utilisateur est d'ailleurs demandé dans le cadre de l'instruction des demandes d'aides du fonds chaleur par l'ADEME. Les niveaux d'aide du fonds chaleur étant calés sur une économie pour l'utilisateur de 5% par rapport à la solution de référence (gaz ou fioul selon la présence du réseau de gaz à proximité du projet), les acteurs d'un projet ont ainsi une garantie que la solution réseau de chaleur, si elle est aidée par l'ADEME, sera pertinente du point de vue de l'utilisateur.

⁷³ réseaux de la « classe 1 » de l'enquête, qui présentent un prix de vente au MWh (prix moyen incluant part fixe – R2 – et part variable – R1 -) inférieur d'au moins 30% à la moyenne de tous les réseaux

⁷⁴ réseaux de la « classe 5 » de l'enquête, qui présentent un prix de vente au MWh (prix moyen incluant part fixe – R2 – et part variable – R1 -) supérieur d'au moins 30% à la moyenne de tous les réseaux

3.2.3 Small was beautiful ?

L'analyse menée dans le cadre de l'enquête sur le prix de vente de la chaleur confirme qu'en coût global, les solutions de chauffage individuel en logement collectif sont moins pertinentes du point de vue de l'utilisateur.

Pour le gaz, ce constat existe quel que soit le niveau de consommation :

- L'abonnement au gaz par logement est plus cher qu'un abonnement de plus forte puissance réparti entre les logements d'un même immeuble
- L'installation d'une chaudière individuelle par logement est généralement plus coûteuse que l'installation d'une chaudière collective pour l'immeuble avec un réseau de distribution secondaire pour alimenter les logements
- Le coût d'un contrat d'entretien par logement géré par l'occupant pour sa chaudière est plus élevé que l'entretien de l'installation collective

Ce constat est basé sur une analyse à confort et consommation identiques. Il ne prend pas en compte les dérives de fonctionnement ou de comportement⁷⁵. Pour un utilisateur économe, le chauffage individuel peut donc s'avérer plus intéressant que le chauffage collectif, mais ce résultat est obtenu en partie au détriment de ses voisins, surtout dans un bâtiment à basse consommation. En effet, les échanges thermiques entre logements présentant des températures intérieures différentes sont plus importants lorsque les parois extérieures sont très isolées.

Pour l'électricité, les convecteurs étant quasiment exclus en BBC et avec la RT 2012 (voir § 3.2.1), la comparaison doit être menée avec les pompes à chaleur. En chauffage individuel en logement collectif, cette solution reste pour l'instant peu pertinente techniquement et économiquement (coût élevé, entretien, place nécessaire à l'extérieur, bruit du moteur), mais des évolutions techniques devraient voir le jour compte tenu des enjeux que la filière représente (la part de marché du chauffage électrique dans les bâtiments neufs est de l'ordre de 75% en RT2005).

3.3 Point de vue du promoteur

Les avantages apportés par le raccordement à un réseau de chaleur pour le promoteur qui construit les bâtiments - moins value sur le solaire, « bonus » apporté par la RT 2012... - sont présentés au chapitre 1 (§ 5.2 et 7.2). Une analyse chiffrée menée en 2010 par le bureau d'études Tribu pour le compte de la DHUP⁷⁶ vient compléter ces éléments par une estimation de l'impact des choix de modes de chauffage sur le coût de la construction. Le graphique ci-dessous présente les résultats de cette analyse basée sur un cas réel moyen d'un immeuble de 17 logements. Les surcoûts sont estimés en Euros par logement par rapport à un immeuble identique qui ne respecterait que la RT 2005. La solution réseau de chaleur (notée RCU) correspond à un réseau « classique » n'apportant pas de bonus⁷⁷. Ces résultats confirment :

- la pertinence pour un promoteur de prévoir le raccordement à un réseau de chaleur, même si il n'est pas alimenté par des EnRR.
- le fait que le solaire thermique ne présente plus d'intérêt économique pour le promoteur si il a choisi le réseau de chaleur

Il est à noter que cette analyse a été menée avec la toute première version du moteur de calcul de la future RT 2012 : les valeurs sont donc indicatives et les écarts entre filières peuvent évoluer. De

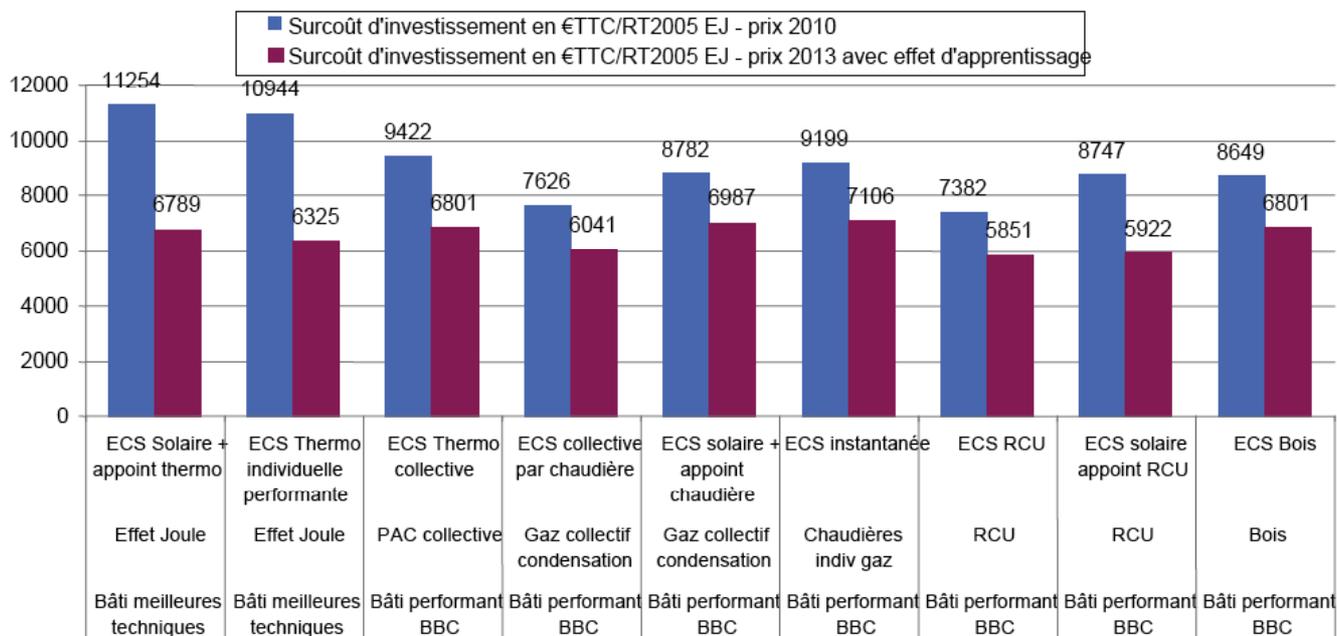
⁷⁵ par exemple mauvais équilibrage qui engendre une surchauffe partielle d'un côté du bâtiment, systèmes de régulations non fonctionnels ou mal utilisés qui engendrent des dérives de comportement (cas hélas très connus de la régulation par ouverture des fenêtres qui fait un tort énorme à l'efficacité et à l'image du chauffage collectif) mais aussi phénomènes de privation en chauffage individuel qui peuvent dégrader le bâtiment et engendrer du « vol de calories » (le logement où on a coupé le chauffage est chauffé par les logements adjacents, engendrant une surconsommation de chauffage dans ces derniers).

⁷⁶ Direction de l'habitat, de l'urbanisme et du patrimoine – service du MEDDTL en charge – entre autres - de la réglementation thermique

⁷⁷ Les prix de raccordement moyen considérés sont ceux pratiqués par la Compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU).

plus, ces écarts resteront dans tous les cas dépendants des conditions locales et des caractéristiques du projet. Mais **les tendances qui ressortent ici montrent que sur un cas moyen, le réseau est tout à fait pertinent pour le maître d'ouvrage du bâtiment : il ne peut donc pas être écarté a priori pour des raisons économiques.**

L'analyse montre également qu'après une phase d'apprentissage (2010 – 2013), les écarts entre filières s'estompent. Seuls les réseaux EnRR (non représentés ici) conserveront alors un petit avantage.



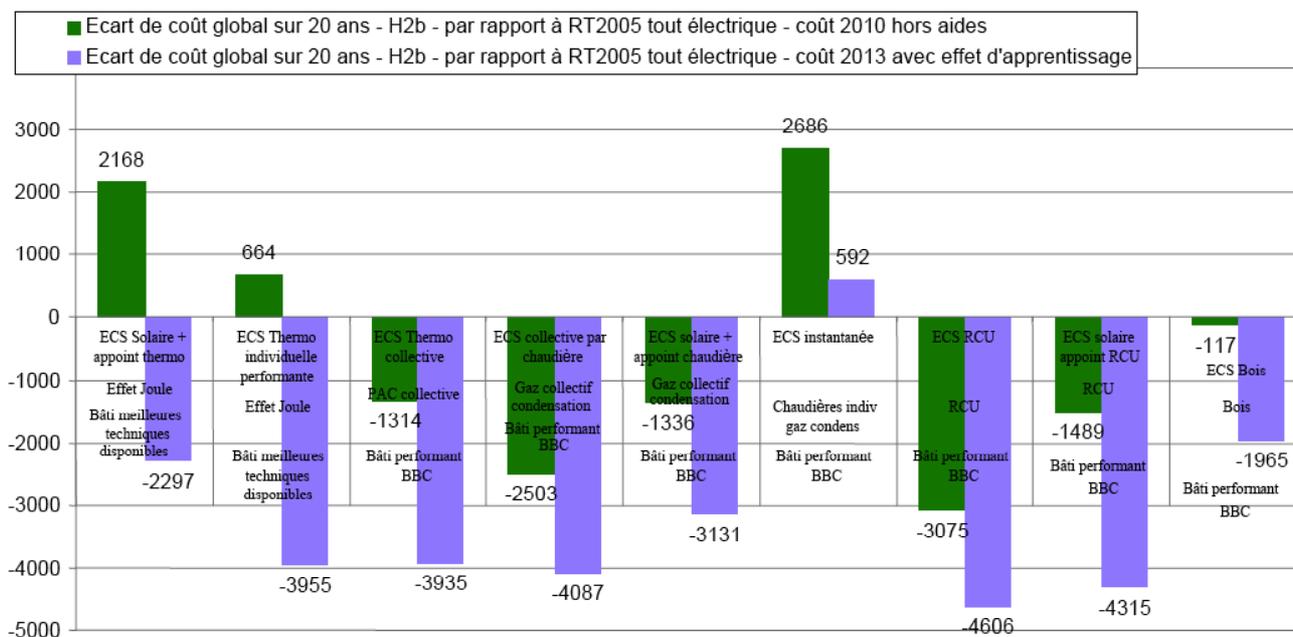
Pour les petits réseaux de chaleur alimentant majoritairement des bâtiments basse consommation, les coûts fixes seront plus importants, ce qui justifie d'apporter un bonus permettant de baisser les coûts d'investissement des bâtiments, dans une logique de recherche du meilleur compromis technico-économique global du système « production de chaleur / bâtiment » pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et les consommations d'énergie primaire. Le promoteur peut alors participer – par exemple dans le foncier - à une part de l'investissement du réseau de chaleur (plus d'éléments sur cet aspect au chapitre 1 - §3 et 5 et au §3.6 ci-après).

3.4 Point de vue du propriétaire occupant

Au-delà du seul surcoût d'investissement, présenté au § précédent, le bureau d'études Tribu a analysé l'impact sur une durée de 20 ans, en prenant en compte les coûts de fonctionnement des solutions (factures d'énergie⁷⁸ & entretien). Cette approche apporte un bon indicateur de la pertinence économique de l'ensemble « enveloppe / systèmes / fonctionnement ». Elle correspond à un calcul en coût global du point de vue de l'utilisateur qui paye à la fois le logement et les factures : c'est le cas du propriétaire occupant⁷⁹. Les résultats sont présentés en écart de coût global en Euros par logement par rapport à la solution de référence (bâtiment simplement RT 2005).

⁷⁸ Les valeurs retenues pour le réseau de chaleur sont celles de la CPCU, qui sont proches du prix moyen constaté par AMORCE dans l'enquête annuelle « prix de vente de la chaleur ».

⁷⁹ Voire du locataire si on considère que le loyer reflète les coûts de construction du bâtiment, mais le lien entre les deux n'est pas toujours proportionnel car il dépend aussi fortement du foncier.



Ces résultats viennent confirmer et compléter des éléments déjà évoqués dans le 1^{er} chapitre :

- **Les solutions individuelles (électrique et gaz) sont les plus chères en coût global**
- la solution électrique, qui nécessite de sur-investir sur l'enveloppe du bâtiment, devient pertinente en coût global après la phase d'apprentissage.
- Avec un prix de vente moyen de la chaleur (et sans bonus pour diminuer le coût d'investissement du bâtiment) cette solution est la plus pertinente du point de vue de l'utilisateur.
- Le solaire thermique en plus du réseau de chaleur ne présente pas d'intérêt économique pour l'utilisateur

Ces résultats sont bien sûr à prendre avec du recul car ils sont basés sur une seule étude de cas, mais ils permettent néanmoins de démontrer que toutes les solutions doivent être étudiées avant de statuer sur la pertinence de l'une ou de l'autre.

3.5 Point de vue de l'exploitant du réseau de chaleur

Dans le cadre d'une DSP, l'exploitant doit supporter l'investissement pour la production (réseau neuf ou existant avec nécessité d'augmenter la capacité) et la distribution de chaleur. Pour un réseau existant, le calcul économique est mené à partir de la structure tarifaire qui indique directement quelles seront les recettes supplémentaires à partir des estimations des consommations des nouveaux bâtiments raccordés.

L'équilibre économique sera directement dicté par la possibilité de raccorder ou non d'autres bâtiments lors de la réalisation du projet et par la suite :

- les bâtiments neufs des phases ultérieures éventuelles du projet
- des bâtiments existants (potentiellement énergivores) à proximité du projet d'aménagement ou sur le tracé de l'extension nécessaire du réseau existant
- des bâtiments neufs à venir à proximité
- des bâtiments existants à proximité qui vont remplacer leur chaufferie au fil des années et sont autant de clients potentiels pour le réseau

Ces éléments, à prendre en compte dans le contrat de DSP⁸⁰, seront d'autant plus favorables à un bon développement du réseau que son taux d'EnRR sera élevé :

- argument commercial du « bonus » de la RT 2012 pour les bâtiments neufs (voir chapitre 1 - § 7 et § promoteur ci-après)
- argument commercial pour les usagers avec la TVA à 5,5% sur l'ensemble de la facture de chaleur si le taux d'EnRR dépasse 50%
- obligation de raccordement dans le périmètre de développement prioritaire défini par la collectivité si le réseau est classé, ce qui est possible également si le taux d'EnRR dépasse 50% (voir chapitre 1 - § 5.2).

Pour faciliter l'équilibre économique, le maître d'ouvrage peut solliciter les aides du Fonds chaleur pour le financement des tuyaux, qui ne sont possibles que pour les réseaux :

- neufs ou existants avec au moins 50% d'EnRR
- existants engagés dans une démarche de schéma directeur montrant que le taux d'EnRR atteindra 50% à moyen terme.

Il devra également avoir recours, notamment pour un réseau neuf ou une extension « bouclée » sur elle-même d'un réseau existant, aux techniques existantes pour améliorer la performance du réseau, parmi lesquelles :

- fonctionnement en basse température qui apporte de nombreux avantages :
 - Diminution des pertes de distribution
 - Valorisation possible des énergies fatales des bâtiments (eaux usées, climatiseurs, ventilation...)
 - Possibilité d'installer du solaire thermique directement raccordé sur le réseau
- Optimisation des dimensionnements des auxiliaires (baisse des coûts d'investissement et de fonctionnement)
- Vitesse variable (diminution des consommations électriques des pompes et des pertes thermiques)
- Température variable (diminution des pertes de distribution)
- Sur-isolation des conduites
- ...

Une étude menée début 2011 pour AMORCE par le bureau d'études INDDIGO recense toute ces solutions permettant d'optimiser les coûts d'investissement et de fonctionnement des réseaux de chaleur dans un contexte de baisse de l'intensité énergétique, avec des éléments précis sur leur applicabilité et leur rentabilité. Le rapport, à destination des collectivités, assistants au maître d'ouvrages, exploitants... est disponible auprès d'AMORCE.

3.6 Point de vue de la collectivité

Pour la collectivité, garante de l'intérêt général, les éléments présentés ci-avant montrent que le développement d'un réseau de chaleur sur un quartier avec des bâtiments basse consommation doit être étudié, et qu'il y aura de nombreux cas où cette solution sera pertinente à la fois d'un point de vue environnemental et d'un point de vue économique pour les acteurs. Les gains apportés à la construction pour les promoteurs et en coût global pour les usagers des logements montrent qu'il est possible, au besoin, de rehausser le prix du foncier pour financer tout ou partie du réseau de distribution de chaleur, les équipements de production de chaleur étant financés par l'exploitant du réseau, et amortis sur les factures de chaleur aux abonnés.

⁸⁰ Voir le document RC

La solution réseau de chaleur représente ainsi un partage d'effort entre l'aménagement, les acteurs de la construction et les usagers pour permettre à un coût compétitif avec les autres solutions, à des nouveaux quartiers de consommer des énergies renouvelables.

Dans une approche de développement durable, cette solution assure sur le long terme une plus grande stabilité des factures de chauffage, surtout par rapport aux solutions individuelles qui sont plus chères pour l'utilisateur et pour lesquelles il devra à terme acheter l'énergie sur le marché ouvert, avec des augmentations probables très sensibles sur le budget des ménages⁸¹. Elle permet également de conserver des marges de progrès significatives dans l'efficacité énergétique globale des bâtiments, comme le montre le § suivant.

La collectivité devra néanmoins rester vigilante : avec une baisse des coûts sur la construction à basse consommation, il ne faudrait pas que le gain à l'investissement pour le promoteur se traduise par un surcoût à terme pour l'utilisateur avec le « bonus » de consommation accordé. L'écart étant raisonnable par rapport à la situation de référence (moyenne de 50 kWh/m² par an), le risque reste cependant modeste. La collectivité pourra de plus le compenser au besoin en exigeant par exemple sur un écoquartier que les constructions respectent un label de performance de la RT 2012 (en cours de définition), pour toujours « tirer vers le haut » la performance globale en termes d'énergie primaire, d'émissions de gaz à effet de serre et de coût pour l'utilisateur sur le long terme.

Le développement ou l'extension d'un réseau de chaleur sur un nouveau quartier sera d'autant plus pertinent pour l'ensemble des acteurs que ce réseau sera alimenté par un mix énergétique fortement renouvelable :

- **plus de marge de manœuvre pour l'exploitant et la collectivité, la possibilité de classement apportant une garantie de pertinence de l'investissement**
- **plus de souplesse pour le maître d'ouvrage et l'utilisateur des bâtiments raccordés**
- **meilleure garantie de stabilité des prix dans la durée (moins de dépendance aux énergies fossiles, moins d'impact de la taxe carbone qui devrait à terme être généralisée)**

⁸¹ Le prix de l'électricité et du gaz pour un consommateur domestique en France est aujourd'hui parmi les 2 plus faibles en Europe. Pour l'électricité, voir la note AMORCE « ENP 23 - Prix de l'électricité et Contribution au service public de l'électricité : Quelles évolutions ? Quel impact pour le consommateur ? ».

4. Le réseau de chaleur vecteur d'une meilleure performance globale

4.1 Remplacer des usages thermiques de l'électricité par de la chaleur renouvelable

Avec un niveau de consommation plafonné à 50 kWh_{ep}/m².an sur 5 usages⁸², les autres postes en dehors du champ de la réglementation thermique peuvent représenter une consommation en énergie primaire deux fois plus importante que les usages réglementés, que ce soit en tertiaire ou en résidentiel. Si la plupart correspondent à des besoins d'électricité spécifique (froid domestique, informatique...), certains pourraient voir leur bilan énergétique et environnemental fortement amélioré par la substitution d'une grande partie de leur consommation d'électricité : c'est le cas des lave linge et lave vaisselle, dont 80% de la consommation d'électricité est dédiée au chauffage de l'eau par effet joule. Le raccordement de ces appareils avec une entrée d'eau chaude apporte :

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

La consommation supplémentaire de chaleur est de l'ordre de 5 à 10 kWh/m² par an si les deux appareils sont raccordés. Cela correspond à 10 à 20% de la consommation des 5 usages.

La plupart des lave vaisselle et quelques lave linge sur le marché sont raccordables avec une entrée eau chaude⁸³. AMORCE propose dans le cadre des labels de performance en cours d'élaboration pour la RT 2012 que l'installation d'une arrivée d'eau chaude pour chacun des ces deux appareils soit une exigence de ces labels. Le coût est en effet dérisoire au regard des investissements à mener pour obtenir un tel gain sur les 5 usages réglementaires. Il n'est par contre pas demandé que les économies engendrées soient prises en compte dans le calcul réglementaire, puisque ces économies, conditionnées par le choix d'équipement de l'occupant du logement, ne sont pas garanties. Le principe défendu est de rendre possible cette économie à moyen terme dans le logement, alors que si les arrivées d'eau chaude ne sont pas installées, l'occupant ne le fera jamais dans la grande majorité des cas. En inscrivant cela dans un label de qualité énergétique, cela apporte également un signal important aux fabricants d'électroménager pour étoffer la gamme de lave linge permettant de bénéficier de cette économie.

⁸² chauffage, eau chaude sanitaire, rafraîchissement, éclairage et auxiliaires

⁸³ Pour les autres, un boîtier spécifique de branchement est proposé par certains installateurs de chauffe eau solaires, mais on n'est plus alors dans un mode de fonctionnement parfaitement identique à un lave linge où l'eau chaude est chauffée à l'électricité, car un réglage de température est nécessaire sur le boîtier en plus du choix du programme sur le lave linge.

4.2 Récupérer des énergies fatales

Même à énergie positive, un bâtiment consommera toujours de l'énergie pour l'eau chaude sanitaire, le lave linge, le lave vaisselle, voire le chauffage, cette énergie étant compensée par des moyens de production d'énergie renouvelable. Toutes ces consommations de chaleur des bâtiments finissent par être perdues par le renouvellement d'air pour le chauffage et les eaux usées pour l'eau chaude de la douche, du bain ou du lave linge. Or des techniques existent pour capter au moins en partie ces énergies fatales qui repartent des bâtiments : récupération de chaleur sur eaux usées, sur extraction d'air... Ces énergies devront à terme être valorisées, et les réseaux de chaleur à basse température permettront de le faire efficacement par la mutualisation des récupération. A l'image du solaire photovoltaïque sur le toit d'une maison dont la production est consommée à proximité grâce au réseau électrique quand la maison ne consomme pas, le réseau de chaleur récupérera les énergies perdues d'un bâtiment pour chauffer celui d'à côté, avec au besoin des petites pompes à chaleur qui fonctionneront avec de très bons coefficients de performance grâce aux calories récupérées pour remonter les niveaux de températures.

Les réseaux de chaleur sont en ce sens porteurs d'une optimisation de la performance énergétique globale des bâtiments par la mutualisation de tous ces flux d'énergies qui ne sera pas possible avec les autres modes de chauffage.

A court terme, le développement des énergies renouvelables et de récupération sur les réseaux de chaleur leur redonne une réelle pertinence économique et environnementale comme le montre les exemples présentés dans les fiches ci-après.

A plus long terme, la généralisation de la basse température confirmera et augmentera encore cette pertinence en optimisant la distribution et en permettant de valoriser des énergies perdues dans les bâtiments ainsi que des technologies de production de chaleur très performante (pompes à chaleur électrique de COP élevé, pompe à chaleur gaz...).

ANNEXES

Liste des écoquartiers recensés

Nom du quartier	Ville(s)	Taille du projet	Nb de lgts (approx.)	Nb habitants	Usages	Performance énergétique des bâtiments
ZAC du Sequé	Bayonne	14 ha	550	1 600	logements, bureaux et commerces	BBC
Zac des Vaïtes	Besançon	7 ha	660		logements	RT 2012
Ancienne Caserne Vauban	Besançon		720		logements, bureaux et commerces	
ZAC de la Berge du Lac (Ginko)	Bordeaux	32,3 ha	2150	6 000	logements, équipements publics, tertiaire, commerces	1ère phase = 70% BBC - 30% THPE EnR ; 2ème phase 100% BBC avec objectif d'anticiper la RT 2012 ; 3ème phase 100% BBC RT 2012 avec expériences BEPAS ou BEPOS
Ecoquartier Baudens	Bourges		750			Bâtiments neufs : HPE 2005; logements sociaux neufs : THPE 2005, bâtiment réhabilité : équivalent RT 2000 neuf pour le chauffage
Bois des Granges	Claye-Souilly	25 ha	800	2 000	logements, bureaux et commerces	
Villeneuve Ecoquartier	Cognin	50 ha	1200	3 000	logements, bureaux et commerces	Niveau BBC sur toute la tranche 1 + opération pilote en niveau BEPAS voire BEPOS. Augmentation des exigences sur les tranches 2 et 3.
Le Raquet	Douai et Sin-Le-Noble	166 ha	4000 à 4700		logements	
ZAC des Pielles	Frontignan	8 ha	480		logements, bureaux et commerces	
La muette	Garges-les-Gonesses		2200		logements, bureaux et commerces	Thpe sur 70% des batiments, 2 bâtiments BBC pilotes. C pour la réhabilitation
Clémentière	Granville	34,4 ha	750	1 600	logements	BBC
ZAC de Bonne	Grenoble	8,5 ha dont 4 de parcs et jardins	650		logements, bureaux et commerces	BBC et un immeuble de bureaux BEPOS
Seyssins pré Nouvel	Grenoble		220			
Les rives de la Haute-Deûle	Lille et Lomme	100 ha	2000	4 000	logements, bureaux et commerces	
Confluence	Lyon	150 ha	1600	25 000	logements, bureaux et commerces	Pour les bâtiments les plus ambitieux : consommation de chauffage comprise entre 40 et 60 kWh/m2/an - Dans les îlots ABC, 130 logements sont prévus à "énergie zéro" label "passivhaus"
ZAC Bottière Chenaie	Nantes	35 ha	2400	3 500	logements, bureaux et commerces	"HQE" (bâtiment public en particulier), et "Habitat et Environnement" (Qualitel-Cerqual)
La Prairie au DUC	Nantes	18 ha	400		logements, bureaux, commerces, équipements,	objectif de niveau BBC Expérimentations possibles en BEPAS ou BEPOS
Frequel fontarable	Paris	1 ha	113		logements, bureaux et commerces	BBC ou BEPAS
Secteur Ourcq Jaurès	Paris (19ème arrondissement)	4 ha	595		logements	Certification « Habitat et Environnement », option BBC Objectif : respecter les exigences du Plan climat de Paris : - consommation Cep < 50 kWh/m².an - ECS produite à au moins 35% par EnR (le cas échéant, 100% pour le rafraîchissement) - couvrir tous les besoins en électricité par au moins 5% d'EnR
Pou de Las Colobres	Perpignan	34,4 ha	2000	4 000	logements	RT2012 -10% à - 20% pour 5 usages suivant typologies et positionnement, et autres RT2012. Sur les équipements publics BEPOS
Le moulin apparent	Poitiers	2 ha	100	500	logements	BBC et certains bâtiments BEPOS
Dauphinot Remafer	Reims	13,2 ha	620	1 200	logements, bureaux et commerces	HPE
12e escadre d'aviation	Reims	12 ha	1250		logements, bureaux et commerces	labels BBC-Effinergie, PassivHaus
Danube	Strasbourg	7 ha	650	1 600	logements, bureaux et commerces	65 kWh/m² par an ; Développement de bâtiments BEPAS et expérimentation d'au moins un bâtiment BEPOS.
ZAC Balma-Gramont	Toulouse	106 ha	1360		logements, bureaux et commerces	THPE & BBC
La Cartoucherie	Toulouse	33 ha	2900		logements, bureaux et commerces	BBC
L'Union	Tourcoing - Roubaix	80 ha	1400	3 500	logements, bureaux et commerces	BBC ou BEPAS
Quartier des Ecorces	Tramayes	3,1 Ha	60		logements, bureaux et commerces	BBC

Fiches de cas :

1/ Ecoquartier Ginko à Bordeaux

2/ ZAC des Vaîtes à Besançon

3/ ZAC des Pielles à Frontignan (34)

4/ ZAC Balma Gramont sur les communes de Balma et de l'Union (31)

5/ Quartier des Ecorces à Tramayes (71)

1 / Ecoquartier Ginko Bordeaux

Collectivité : **Communauté urbaine de Bordeaux**

aménageur / promoteur : **Bouygues Immobilier**

Fiche réalisée à partir de diverses études (dont l'étude multi-énergies datant de 2007)

Caractéristiques de l'écoquartier⁸⁴ :

Total aménagé : 32 ha dont 21 300 m² d'équipements publics, 32 000 m² de commerces et services, 169 800 m² de logements (taille moyenne de 80 m²/logement)

Performance énergétique des bâtiments:

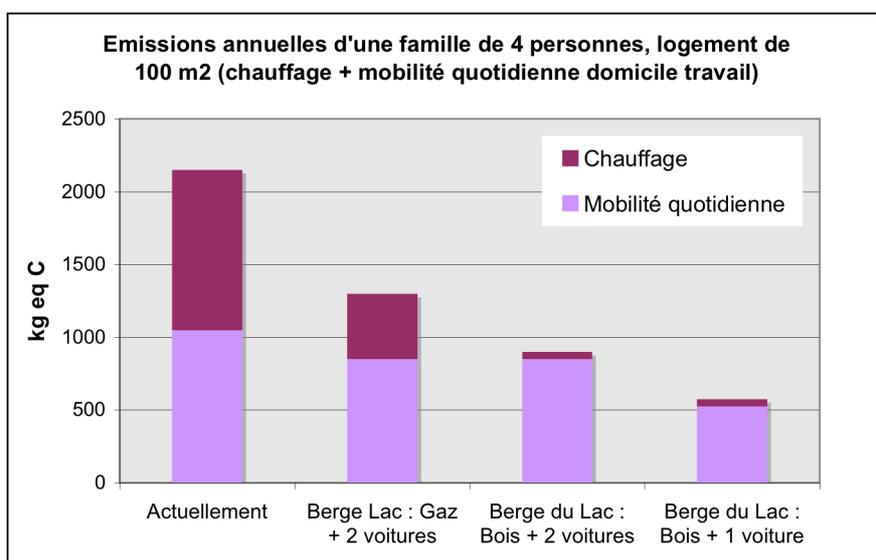
- 1^{ère} phase en 2012 : 70% BBC et 30% THPE EnR
- 2^e phase 100% BBC avec objectif d'anticiper la RT 2012
- 3^e phase 100% BBC RT 2012 avec expériences BEPAS ou BEPOS.

Analyse comparative des coûts et des émissions de CO₂ :

Dans cette analyse menée par l'aménageur est considérée une famille de 4 personnes résidant en banlieue, qui déménage dans une maison T4 de même surface (100 m²) à La Berge du Lac et renonce à une voiture.

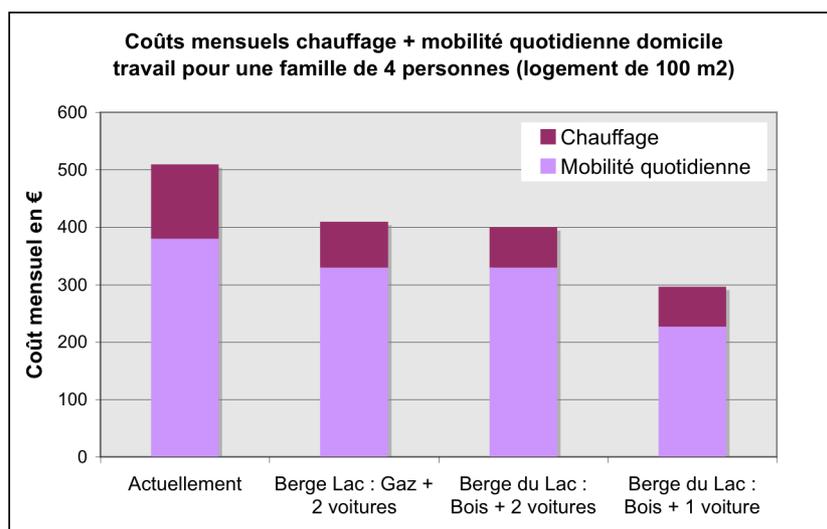
Sont exclus de l'analyse : la mobilité longue distance, les consommations d'électricité spécifique, les achats de biens et services.

Hypothèses de consommation énergétique pour le chauffage : 170 kWh/m².an pour le logement initial puis 70 kWh/m².an pour la maison de 100 m².



Hypothèses de coût : voiture : 30 c€/km, tram : 20€/mois, coûts de l'énergie tels que proposés par Bouygues Immobilier (abonnements et maintenance inclus, pas d'extrapolation temporelle) : gaz : 0,0621 €/kWh HT, (TVA 19,6%), bois : 0,0416 €/kWh HT (TVA 5,5%).

⁸⁴ Informations recueillies auprès de l'aménageur (Bouygues Immobilier) – sauf indications contraires, les surfaces sont mentionnées par défaut en SHON



Différentes solutions d’approvisionnement énergétique envisagées en 2007

Solution de référence : 1 chaudière gaz à condensation par bâtiment, isolation intérieure.

▪ Solutions écartées :

Exploitation de l’eau du Lac : par l’intermédiaire de PAC. Incertitudes sur la ressource et sur l’impact au niveau du lac.

Récupération de chaleur sur eaux usées : débits trop faibles pour envisager une couverture significative des besoins de la zone.

▪ Solutions étudiées :

Réseau de chaleur bois : chaudière(s) bois : 5 700 kW ; chaudière gaz d’appoint : 9 400 kW. Solaire thermique en plus sur quelques bâtiments pour l’eau chaude sanitaire (retenus pour l’image).

Consommations : bois : 13 400 MWh PCI / an (soit 5 800 t/an), gaz : 638 MWh PCI /an, soit : 95%bois et 5% gaz.

Géothermie sur nappe captive : solution écartée par la suite car plus coûteuse que prévue.

▪ Comparaison par rapport à la solution de référence

L’objet du tableau ci-après présenté dans l’étude multi-énergies était de montrer qu’il est préférable d’agir sur les systèmes de production de chaleur que de faire porter tout l’effort sur l’enveloppe du bâtiment.

	Cas 2 : isolation intérieure renforcée	Cas 3 : isolation extérieure	Cas 4 : isolation extérieure renforcée	Solaire thermique	Réseau bois	Géothermie
Surcoût par rapport à la solution de référence (en €HT/m2)	9	56	65	20	23	33
Economie annuelle (€ HT/igt.an)	35	93	118	55	84	129
Temps de retour brut (sans intégrer l’inflation) (en années)	18	42	39	30	23	21
Emissions de CO2 évitées (pour toute la zone hors Immochan) (en t/an)	443	1 168	1 478	669	2 908	2 484

L’étude multi-énergies de novembre 2007 concluait ensuite qu’il n’était pas intéressant de pousser à l’extrême les performances de l’enveloppe des bâtiments et statuait sur une solution réseau bois

ou géothermie avec une performance de bâtiment RT 2005 -10% qui présente, selon le tableau précédent, le meilleurs compromis temps de retour sur investissement / économies de CO2.

La réalisation de cet écoquartier a finalement pris du retard, notamment à cause de la crise économique, ce qui a amené l'aménageur à re-définir ses objectifs de performance énergétique des bâtiments en cohérence avec les évolutions de la réglementation thermique.

Raison du choix de la solution réseau de chaleur biomasse (80% bois, 20% huile végétale de récupération)

- La géothermie donnée « favorite » en 2007 s'est révélée être une solution plus coûteuse.
- Le réseau bois présente des avantages à la fois économiques et environnementaux.
- Grande importance donnée à l'approvisionnement local et à la structuration d'une filière bois.

Spécificités :

- Modèle tarifaire retenu : prix du MWh « élevé » au départ sur une période de 6 mois à 2 ans puis baisse dans un second temps, ce qui constitue un argument économique attractif pour le futur habitant de l'écoquartier et usager du réseau de chaleur.
- Le réseau de gaz ne sera pas tiré jusqu'aux bâtiments mais uniquement jusqu'à la chaufferie afin d'éviter que des bâtiments raccordés au réseau de chaleur ne quittent le réseau ; de même que le nombre de places de parking sera volontairement réduit afin d'éviter que les habitants n'aient de véhicules personnels (décisions prises par l'aménageur). Cette stratégie vise à préserver les performances économiques et environnementales de l'écoquartier.

Difficultés rencontrées par l'aménageur privé :

- Le refus d'engagement de la collectivité : le réseau de chaleur sera finalement géré par une AFUL (Association foncière urbaine libre).
- Le domaine des réseaux de chaleur lui était totalement inconnu.
- La double fonction de Bouygues (aménageur et promoteur) a entraîné des points de vue divergents au sein de la structure.
- Inquiétude de l'exploitant du réseau de chaleur (notamment face à la crise) : est-ce que tous les îlots pourront être construits ?

Clés de la réussite : le temps de la réflexion (donné par la crise) et la prise de contacts compétents sur le sujet du réseau de chaleur (exploitant, bureau d'études).

2/ ZAC des Vaîtes Besançon

Maître d'ouvrage : Ville de Besançon

Synthèse de l'étude de la desserte énergétique réalisée par la Ville de Besançon

Caractéristiques de la ZAC

Total aménagé : 4,6 ha pour une superficie totale de 7 ha (pour 660 logements).

Surface moyenne des logements de 90 m² SHON.

Performance énergétique des bâtiments: niveau BBC

Solutions étudiées :

▪ Gaz

→ Une solution classique prise comme référence (1 chaudière gaz à condensation par bâtiment)

→ Une solution plus performante : PAC air/eau gaz à absorption

▪ Bois (plaquettes) (chaufferies bi-énergie : 90% bois, 10% gaz)

→ 5 petites chaufferies bois de 1,5 MW avec réseaux de chaleur de 700 m (730 logements / réseau)

→ 1 chaudière bois centrale (7,4 MW) avec réseau de chaleur unique de 3284 m desservant toute la ZAC

Solutions écartées :

- **1 chaudière bois par bâtiment** : fortement déconseillée car les émissions de particules sont mal contrôlées (coût des filtres et exploitation)

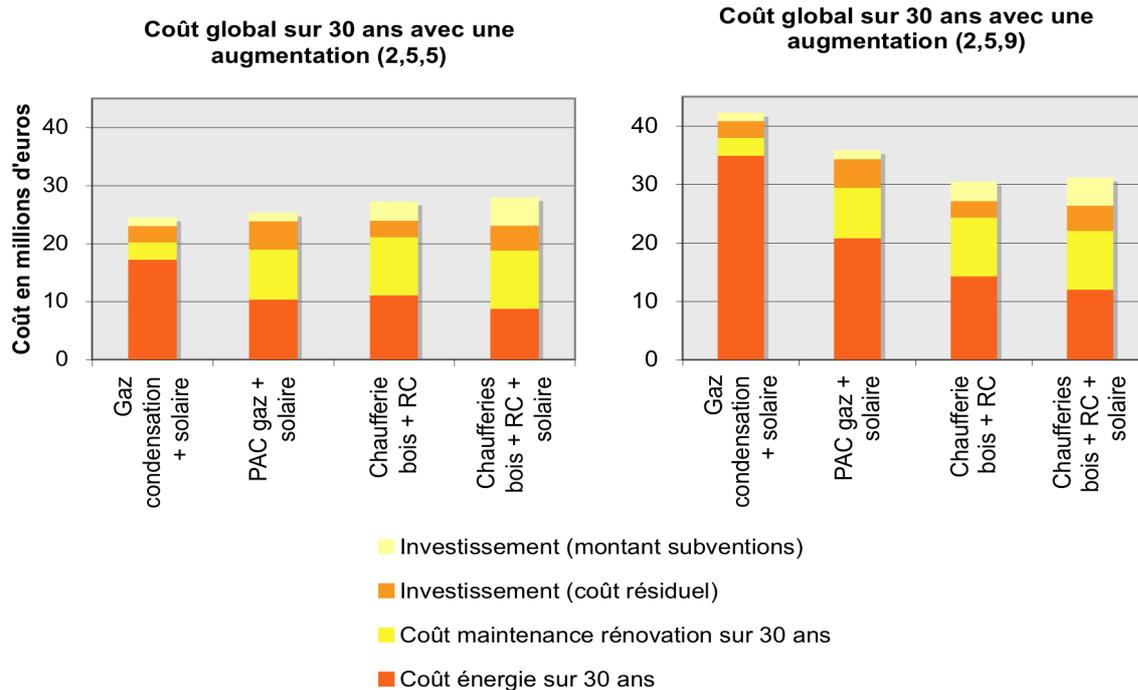
- **Les solutions électriques** performantes (géothermie PAC eau/eau) : si une nappe phréatique est accessible (ce qui n'est pas connu à ce jour) l'utilisation d'une PAC eau/eau à l'échelle du quartier épuiserait les capacités thermiques de la nappe.

Comparatif bois/gaz

- Approche financière : comparaison en coût global

Scénario 1 : augmentation annuelle du prix de l'énergie (électricité +2%, bois +5% et gaz +5%)

Scénario 2 : les prix de l'énergie suit une augmentation égale à celle observée les 5 dernières années, c'est à dire + 9% / an pour le gaz naturel, et une augmentation un peu supérieure à celle constatée les 5 dernières années sur l'électricité et le bois (+2% et 5% au lieu de +1% et +4% constatées).

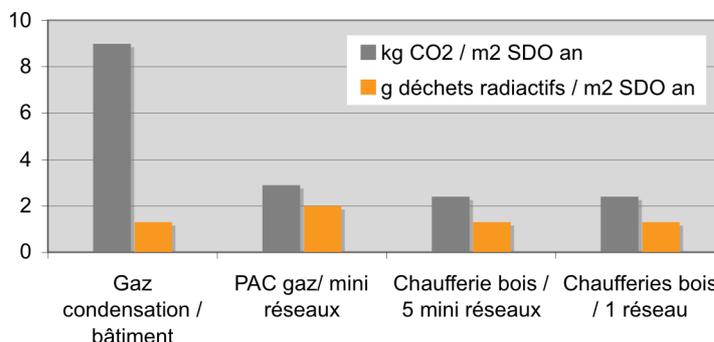


L'analyse a été menée sans actualisation et l'hypothèse d'une forte augmentation du prix du gaz a été considérée pour donner de l'importance à la volatilité du prix des énergies fossiles. Le scénario 1 est basé sur des hypothèses plus proches des études habituelles qui prennent très rarement en compte des phénomènes possibles de pénurie qui rendrait les prévisions tendanciennes caduques. La ville, en favorisant une approche prudente du point de vue de l'augmentation de la facture énergétique pour les usagers, a souhaité privilégier le scénario 2.

▪ Approche environnementale

Réduction des émissions de gaz à effet de serre⁸⁵ :

La création d'une chaufferie bois avec un réseau de chaleur (ou plusieurs petites chaufferies et réseaux) permet une réduction importante des émissions de GES sur le territoire : - 35 000 t de CO₂ émises sur 25 ans par rapport au scénario-gaz en pied d'immeuble + solaire thermique. En estimant la quantité de déchets nucléaires engendrés par les différentes solutions, la ville montre aussi le souhait de prendre une décision basée sur une approche multi-critère et pas seulement sur le CO₂.



▪ Bilan

Le tableau ci-après illustre les principaux avantages et inconvénients de chaque solution tels qu'ils ont été mis en avant dans l'étude de faisabilité menée par la ville.

	Gaz en pied d'immeuble	RC alimenté par des EnR
Financier		
Investissement	Plus faible (Solution classique retenue par les bailleurs et constructeurs pour optimiser les investissements à l'échelle d'un bâtiment).	Plus important
Coût de l'énergie (fonctionnement)	Plus élevé. "On expose les habitants à de fortes augmentations de leurs charges dans les années à venir (coût des énergies fossiles, taxe carbone)".	Plus faible. Charges modérées et surtout plus stables.
Environnemental		
Réduction des émissions de GES	Nulle	Réduction significative des émissions de GES.
Adaptabilité	Nulle	Possibilité de changer de mode de production de chaleur : cogénération par exemple ou des chaudières utilisant d'autres combustibles (biogaz, sous-produits et résidus industriels...).
Opérationnel		
Simplicité/phasage	Compatible avec n'importe quel phasage de l'aménagement de la zone. Les promoteurs investissent eux-mêmes au fur et à mesure dans les équipements de chauffage et production d'ECS.	Le dimensionnement et l'emplacement devront être cohérents avec le phasage des premières constructions : morcellement du corps de chauffe par exemple (plusieurs chaudières) : cela permet aussi d'échelonner les investissements.
Planification territoriale	Aucune contrainte de planification par la collectivité.	Sans réseau de chaleur, il est difficile d'imposer un moyen de chauffage par bâtiment, c'est donc un instrument intéressant de planification territoriale.
Contraintes collectivités	Cela ne nécessite pas d'implication de la part des Services de la Ville.	Nécessite une implication de la part des Services de la Ville (montage juridique, délégation de service public...)

⁸⁵ SDO : surface dans œuvre

En résumé la desserte énergétique du quartier des Vaîtes peut se faire : soit avec le gaz en pied d'immeuble et chaque promoteur choisit un mode de production de chaleur (le plus probable étant chauffage collectif gaz condensation), soit en imposant le raccordement à un réseau de chaleur alimenté par des EnR (mix énergétique envisagé : 90% bois, 10% gaz).

Le choix entre les différentes options n'a pas encore été fait .

Solution 1 : gaz condensation collectif par îlot et ECS solaire.

Solution 2 : PAC gaz à absorption/gaz condensation collectif par îlot et ECS solaire.

Solution 3 : chaufferie unique bois/gaz et réseau de chaleur.

Solution 4 : chaufferie unique bois/gaz et réseau de chaleur + ECS solaire.

3/ ZAC des Peilles Frontignan (34)

Maître d'ouvrage : Ville de Frontignan //
Concessionnaire : Hérault Aménagement

*Synthèse de l'étude réalisée par Izuba énergies
pour le compte d'Hérault Aménagement*

Caractéristiques de la ZAC⁸⁶

Total aménagé : 8,3 ha comprenant 477 logements, des bureaux et des commerces pour 43 000 m² SHON et 13 bâtiments.

Performance énergétique des bâtiments : niveau BBC

Solutions étudiées

- **Une chaudière gaz à condensation par bâtiment**
 - Consommation annuelle : 1 600 MWh
 - Investissement : 558 000 € HT
 - Base de coût actuel du gaz naturel : 71 € / MWh (coût combustible)
- **Un réseau bois-énergie (75% bois, 25% gaz en appoint + secours),**
 - Consommation annuelle : 1 700 MWh
 - Puissances : chaudière bois : 750 kW, chaudière gaz : 2 MW
 - Investissement : 1,06 millions € HT (ensemble centrale de production avec génie civil)
 - Base de coût actuel du bois : 35 € /MWh (coût combustible)
 - Longueur : 780 ml, coût considéré : 800€/ml (sous-station incluses)

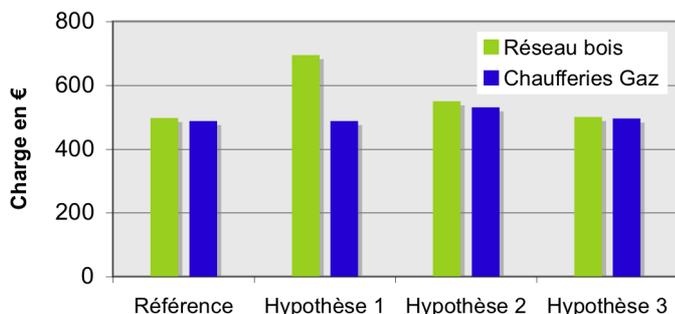
Comparaison économique

- **Charge annuelle par logement**

	Réseau bois	Chaufferies Gaz
Investissement hors subvention	1 696 000 €	558 000 €
Energies par an (P1)	74 736 €	113 360 €
Entretien Maintenance (P2+P3)	76 314 €	42 740 €
Annuités d'emprunt (P4)	54 051 €	44 775 €
Total exploitation par an	205 102 €	200 875 €
Charge annuelle par logement	498 €	488 €

La charge annuelle par logement est quasi identique, autour de 500 € par an pour le chauffage et l'ECS, même si la répartition des coûts entre les postes diffère.

Charge annuelle par logement



Référence : avec subvention (fonds chaleur et aides de la Région, base moyenne retenue : 55%), emprunt sur 20 ans (à 5%), sans taxe carbone

Hypothèse 1 : sans subvention

Hypothèse 2 : emprunt sur 12 ans

Hypothèse 3 : taxe carbone à 17 €/teq CO₂.

Une taxe carbone de 17 €/teq CO₂ entraîne une hausse de la charge annuelle de 8€/an pour le gaz et 3€/an pour le réseau bois. Elle

⁸⁶ Informations transmises par la ville de Frontignan. Projet lauréat de l'appel à projet EcoQuartier 2009 du Ministère du Développement Durable dans la catégorie sobriété énergétique.

ramène à égalité le bois et le gaz par rapport à la référence.

À noter, la charge annuelle a été calculée avec les prix actuels des énergies : aucune hypothèse d'augmentation du prix des énergies n'a été prise en compte à ce stade. Le paragraphe ci-après en tient compte dans l'évolution des charges.

▪ Coût global par logement et par an sur 20 ans

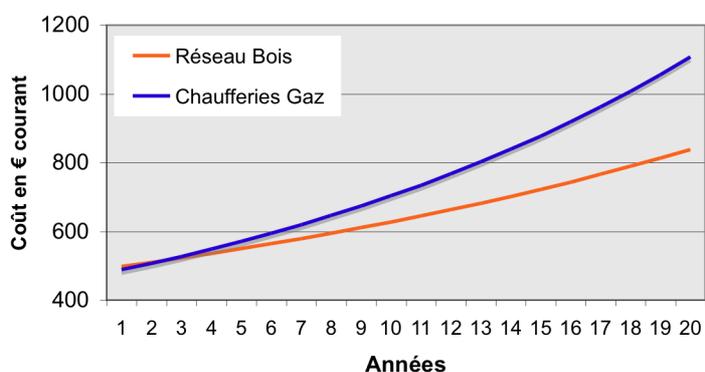
Hypothèses :

→ Augmentations annuelles : bois +3%, gaz +6%, P2+P3 (préciser ce qu'il y a dedans P2 & P3) : + 2,5%

→ Pas de taxe carbone

Le graphique ci-contre permet de visualiser l'écart croissant entre les 2 solutions lié à l'augmentation plus importante du prix du gaz, écart qui atteint 32% la 20^e année. Selon ces hypothèses, la solution « réseau bois » permet à une famille occupant un de ces logements à l'année 20 d'économiser 270€ par an (en € courants).

Coût en € par logement et par an (avec subventions)

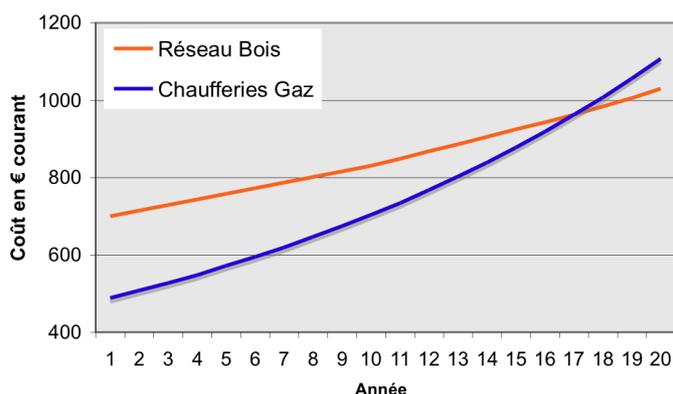


Analyse de sensibilité

Hypothèses identiques mais sans subvention.

L'écart entre les 2 solutions s'annule au bout de 18 ans, ce qui montre la pertinence à long terme mais reste trop long pour pouvoir financer le projet sans aides.

Coût en € par logement et par an (sans subventions)



La décision n'est pas encore prise pour ce quartier. Les principaux arguments allant en faveur du réseau de chaleur bois :

→ Raisonnement en charge annuelle par logement

→ Bilan environnemental en faveur du réseau de chaleur au bois (émissions de GES).

→ Volonté politique d'accorder de l'importance à la volatilité des prix des énergies fossiles et de favoriser les EnR.

4 / ZAC Balma-Gramont Communes de Balma et l'Union(31)

Concédant : Grand Toulouse

Maître d'ouvrage aménageur : SETOMIP

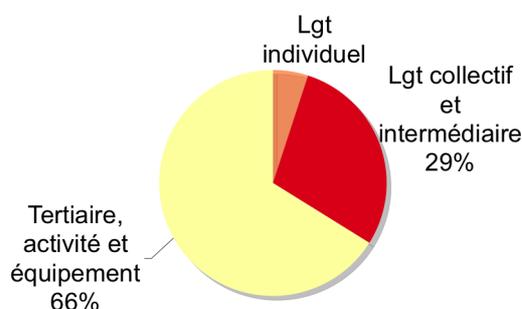
Synthèse de l'étude réalisée par Holisud en 2009
Eléments sur l'avancement du projet transmis par
Cofely en mars 2011.

Caractéristiques de l'écoquartier :

Total aménagé : 106 ha avec 200 000 m² de bureaux⁸⁷, 16 550 m² d'équipements comprenant un groupe scolaire et des équipements municipaux, 43 200 m² de commerces et d'activités, 129 000 m² de logements de typologie diversifiée (pour 1360 logements prévus, soit une taille moyenne de 95 m² pour un logement).

Performance énergétique des bâtiments : proche BBC

Répartition m2 SHON par fonction



Hypothèse de consommation de chauffage

Logements individuels : 46 kWh/ m²

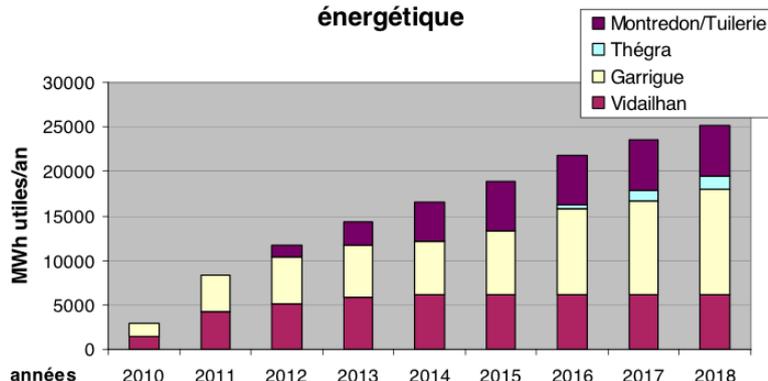
Logements intermédiaires : 31 kWh/ m²

Logements collectifs : 15 kWh/ m²

Tertiaire : 60 à 80 kWh/ m²

Difficulté identifiée : le phasage d'aménagement (temps et espace). La demande énergétique va se constituer « petit à petit » et de façon morcelée, au fil de la construction des bâtiments lors des différentes phases de l'aménagement de la zone, comme illustré sur le graphique ci-après.

Synthèse par quartier de l'évolution de la pression énergétique



Comparaison des différentes solutions d'approvisionnement énergétique

		Part EnR	Gain CO2	Gain kWh Ep	IEE (€/kWh évité)
Bâtiment	ECS solaire ou solarisable	5%	20%	20%	5
Ilôt	ECS semi centralisé				
	Production mutualisée GN performante (condensation)	0	10%	10%	4
	Production mutualisée PAC Absorption	30%	35%	35%	3
	Production mutualisée PAC Géotherm.	60%	68%	6%	2
Quartier	Optimisation mutualisée GN performante (condensation)	0	10%	10%	3,6
	Optimisation mutualisée PAC Absorption	30%	35%	35%	2,6
	Optimisation mutualisée PAC Géotherm.	60%	68%	6%	1,6
	Optimisation Perf. - Valorisation EnR (solaire HT)	5%	5%	13%	3
Zone	Mutualisation syst. Complexe (Chaufferie Biomasse)	80%	80%	48%	1,6
	Eclairage extérieur PV				

NB. Le choix de la mutualisation (ou pas) et du niveau de mutualisation va impacter la disponibilité des énergies pour certains usages (la mise en place d'un réseau de chaleur va impliquer de la cuisson électrique dans les logements : en effet, afin d'optimiser l'investissement global les logements ne disposeraient pas du gaz).

Cette analyse a permis de sélectionner **3 solutions potentielles** :

- **solution gaz performante semi centralisée** (à l'échelle de l'îlot) : il s'agira d'une chaufferie mixte (un local chaufferie par îlot) composée : d'une PAC absorption (représentant 50% de la puissance installée pour assurer 80% des besoins énergétiques), d'une chaudière à condensation (25% de la puissance installée), d'une chaudière haut rendement (25% de la puissance installée qui servira d'appoint), d'une production d'ECS à accumulation en sous-station solarisable) ;
- **solution de référence admissible** (chaudière gaz individuelle avec et sans ECS solaire) ;
- **solution performante centralisée progressivement (RC bois à l'échelle de la zone)**. À terme il est prévu qu'il y ait une seule centrale biomasse. Pour répondre aux contraintes du phasage, des solutions provisoires de production de chaleur seront mises en places. Il y aura ensuite une centralisation progressive de l'îlot vers la zone. Un des quartiers étant trop éloigné pour de faibles enjeux énergétiques, il ne pourra pas être alimenté par la chaufferie centrale.

La PAC géothermique n'a pas été retenue : malgré un gain énergétique intéressant elle a été notée comme difficile à mettre en œuvre.

Comparaison en termes de coûts et d'émissions de CO2

L'analyse des coûts prévisionnels a été complétée dans l'étude par l'identification de la répartition des dépenses entre les acteurs selon les solutions énergétiques.

	Référence admissible	Référence admissible et ECS solaire	Solution gaz performante semi centralisée	Solution centralisée progressivement
Investissement (surcoût) et acteurs	3500 € €/E.lgt (Promoteur)	3500 € €/E.lgt (Promoteur)	4 200 € HT/E.lgt } --> Promoteur distribution communs } Chaufferies et sous-station } --> Aménageur Réseaux }	4 200 € HT/E.lgt } --> Promoteur distribution communs } Sous-station } --> Aménageur Réseaux } Centrale Biomasse } --> Opérateur? réseaux bois } Foncier/aides } --> Collectivité
Exploitation (énergie et maintenance) et acteurs	402 € TTC/E.lgt /an (occupant)	11 € TTC/E.lgt /an (occupant)	229 € TTC/E.lgt /an (copropriété)	(copropriété)
Emissions de CO2	11 kg CO2/m2.an	11 kg CO2/m2.an	8 kg CO2/m2.an	

NB : Identifier l'acteur le plus impliqué financièrement (temps passé + frais) selon les phases peut permettre d'identifier les sources de blocage, les arguments à mettre en avant et les points à améliorer.

Comparaison des différentes solutions

Avantages/ Inconvénients	Référence admissible	Référence admissible et ECS solaire	Solution Gaz performante semi centralisée	Solution centralisée progressivement
Constructif	Faible impact Dans les délais prévus Création colonne GAZ	Dans les délais prévus Création colonne GAZ	Élimination du gaz dans le bâtiment Possibilité de production d'ECS solarisable en sous-station Création d'une chaufferie par îlot et d'un réseau commun par bâtiment	Disponibilité foncière (6000 m2) Création chaufferie & cheminée 3000 ml de réseau
Montage	Classique (techniques usuelles) et dans le projet promoteur Charges individualisées (simplification de gestion) A tendance limité pour une évolution performantielle.	Classique (techniques usuelles) et dans le projet promoteur Charges individualisées ou non selon la stratégie de production de l'ECS solaire A tendance limité pour une évolution performantielle.	Augmentation de la volonté de la collectivité et de l'aménageur Coordination des acteurs au niveau de l'îlot ou macro îlot avec l'introduction possible d'un nouvel acteur (opérateur)	Relais de la volonté de la collectivité Nécessité d'un opérateur externe pour un investissement anticipé Investissement projet global (~4 M€ HT) Délais de mise en œuvre
Fonctionnel	Maintenance faible et individualisée Point de pollution (fumées) multiples et difficile à faire évoluer (effet d'échelle)	Maintenance chaudière individualisée Point de pollution (fumées) multiples et difficile à faire évoluer (effet d'échelle)	Augmentation de la performance de production Amélioration de la disponibilité du service Maintenance supplémentaire Augmentation de la surpuissance de secours et du nombre de locaux « à risques »	Amélioration disponibilité du service et une technicité de proximité renforcée Création d'une zone à risques (Silo) Augmentation circulation (plusieurs rotations camions/ semaine la + froide) – risque de non approvisionnement (gel) Fonctionnement saisonnier Production ECS locale en été
Environnement	Meilleur que l'électricité « effet joule » Utilisation du Gaz avec une performance minimum admissible (taux de CO2)	Réduction de l'impact CO2 (ECS solaire)	Réduction des émissions de CO2 Possibilité d'association avec des ENR (photovoltaïque ou thermique)	Image d'une zone à faible émission CO2 avec une signalétique forte Augmentation du risque (Puissance / stockage) Augmentation du trafic de véhicules lourds (approvisionnement)
Sociétal	Impact faible sur la maîtrise de l'énergie par l'individualisation des charges (effet comportemental)	Réduction de la facture énergétique Image d'une zone à utilisation EnR Faible garantie de disponibilité de la fourniture (pas de secours) Pas d'exemplarité de la zone	Image d'une zone performante Réduction complémentaire de la facture Présence d'une compétence technique de proximité Gestion des charges communes	Création d'emplois locaux Développement filière régionale Réduction de la facture énergétique pour l'occupant Gestion des charges commune - diminution de l'effet comportemental

Conclusion de l'étude de 2009 :

Dans les conclusions du rapport, la solution réseau de chaleur bois, bien que sa performance environnementale ait été démontrée, est présentée comme « difficilement accessible au vu du planning de l'opération » (intervention nécessaire d'un opérateur ad hoc dans le cadre d'un montage public/privé). Le chauffage électrique est quant à lui fortement déconseillé (rendrait impossible toute évolution du système soumis aux fluctuations du coût d'une seule énergie).

Processus décisionnel et état d'avancement à 2011

→ 1^{ère} étape : le choix politique de réalisation d'un écoquartier et de développement des énergies renouvelables.

→ Au début du projet, 90% des promoteurs ont comme objectifs des bâtiments THPE, très peu de bâtiments BBC (pour des questions de coûts essentiellement). De même ils prévoyaient plutôt une solution chaudière individuelle gaz et du solaire thermique (couvrant 50% des besoins d'eau chaude sanitaire).

→ La réflexion avance et le réseau de chaleur biomasse avec ses nombreux atouts est étudié, sous l'impulsion d'Holisud et de Cofely avec l'appui de la collectivité.

L'option « fonctionnement annuel du réseau » est retenue (un fonctionnement durant l'hiver uniquement n'apparaissant pas viable économiquement).

Problèmes rencontrés :

- les promoteurs ont besoin de solaire ECS pour répondre aux labels BBC ou THPE.
- un écoquartier consomme peu d'énergie et les pertes habituelles d'un réseau de chaleur deviennent alors significatives surtout s'il fonctionne toute l'année. Il est considéré que les pertes sont acceptables si elles sont compensées par de l'énergie fatale « gratuite », en l'occurrence du solaire thermique.

Pour répondre à ces 2 contraintes, il convient juste d'augmenter la surface du champ de capteurs solaire centralisé haute température.

Le choix s'oriente donc vers un réseau de chaleur biomasse avec solaire thermique centralisé haute température, choix rendu possible par une application par anticipation de la RT 2012 (travail commun mené avec le ministère).

La RT 2012 apportant un certain nombre d'incitations économiques pour le raccordement de bâtiments à un réseau vertueux, les promoteurs ont révisé leurs objectifs : la majorité des bâtiments seront BBC (et non THPE comme prévu initialement).

Une partie de la ZAC Balma Gramont (les quartiers Vidaihan Nord et Sud) sera donc raccordée à un réseau de chaleur biomasse alimenté par du solaire thermique centralisé haute température toute l'année (500 MWh provenant du solaire thermique, soit 15% des besoins en chaleur et ECS lors de la 1^{ère} phase).

1^{ère} phase (2012-2013) : environ 600 logements seront raccordés.

2^e phase (2013-2014) : environ 600 logements seront raccordés.

A terme, 1 200 logements, 1 école et 1 crèche seront raccordés au réseau de chaleur.

Dans l'étude réalisée en 2009, la solution réseau de chaleur biomasse était étudiée pour 3 quartiers (le 4^e étant trop éloigné). Compte tenu des difficultés de phasage, cette solution a été retenue uniquement pour le quartier de Vidaihan. Les autres quartiers étant à dominante tertiaire avec des besoins conjugués chaud - froid, ils ne seront pas raccordés sur le réseau.

Vidaihan Sud : chaudière bois fonctionnant tout l'année (1 100 logements desservis)

Vidaihan Nord : Mix énergétique : 15% gaz, 15% solaire thermique, 70% biomasse.

Pendant les 2 premières années, la chaudière bois s'arrêtera en été (seul le gaz sera utilisé avec le solaire thermique). À terme, la chaudière bois pourra fonctionner toute l'année et le gaz ne sera plus utilisé que pour satisfaire les pointes en hiver.

5/ Quartier des Ecorces (Tramayes, 71)

Synthèse réalisée à partir des éléments communiqués par la ville de Tramayes et le bureau d'étude ICT – Bourg en Bresse

I - Caractéristiques de l'écoquartier :

Nombre de bâtiments prévus : 28

Surface totale du projet tous types de bâtiments confondus (en m² SHON) : 5350

Nombre de logements prévus : 63

Type(s) d'usage principaux : habitation.

Surface des bâtiments en m² (SHON) par type d'usage:

- Logements : 4 450
- Équipements publics : 400
- Commerces - Bureaux: 500

Superficie totale de la zone concernée (ha) : 6,4

Superficie de la zone aménagée (ha) : 3,1

Densité (nombre de logements par ha) : 20

Niveau de performance des bâtiments : BBC

II - Desserte énergétique de l'écoquartier :

Il n'a pas été réalisé d'étude de faisabilité d'approvisionnement multi énergies mais une analyse de faisabilité du réseau de chaleur a été menée, avec comparaison avec le fioul et le GPL.

Mode de chauffage : réseau de chaleur

Raison du choix du (ou des) mode(s) de chauffage : La chaufferie biomasse existe et elle a été volontairement sur dimensionnée pour pouvoir absorber le futur lotissement. Les constructions de ce quartier seront obligatoirement reliées à la chaufferie. Il existe d'autres endroits constructibles sur la commune pour les personnes qui ne veulent pas de ce mode de production de chaleur.

Choix d'énergie pour le chauffage : biomasse

Raison écologique et économique.

Choix d'énergie pour l'eau chaude sanitaire : biomasse

Le raccordement de l'habitation à la chaufferie biomasse étant fait pour le chauffage, il est inutile d'ajouter d'autres générateurs pour la production ECS, sachant que cela augmenterait le coût d'investissement.

III - Caractéristiques de l'écoquartier :

Total aménagé : 5 338 m²⁸⁸ pour 63 logements (du F2 au F6)

Performance énergétique des bâtiments : BBC

Usage: logements et bâtiments tertiaires

Phases d'aménagement prévus :

	Surface m ²	Nombre de logements
Phase 1	1 374	22
Phase 2	2 109	14
Phase 3	809	12
Phase 4	1 016	15

⁸⁸ SHON

Solutions étudiées :

- **Chaudières individuelles fioul ou GPL**

L'utilisateur fait l'acquisition de son générateur de chaleur. Il doit payer l'investissement et les frais financiers associés à cet achat. A Tramayes, il n'y a pas de réseau de distribution de gaz.

- **Réseau de chaleur bois**

C'est la collectivité qui fait les investissements pour la production de chaleur. Elle est remboursée par l'utilisateur avec la facture abonnement.

Puissances et consommations prévisionnelles :

Hypothèse de consommation de 50 kWh_{ep}/m² par an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

Phase	Surface (m ²)	P chauffage (kW)	P ECS (kW)	P totale (kW)	Consommation (kWh)
Phase 1	1 374	41	48	89	68 700
Phase 2	2 109	127	42	169	105 450
Phase 3	839	25	29	55	41 950
Phase 4	1 106	30	36	66	50 800
Total général	5 338	223	155	379	266 900

Estimation des investissements :

Pour la solution fossile, il est fait l'hypothèse que les usagers vont contracter un emprunt sur 20 ans à un taux de 3%, ce qui leur crée des frais financiers.

Phase	Surface (m ²)	Montant de l'investissement Solution bois	Montant de l'investissement Solution fossile
		Réseau chaleur TTC	Chaudière TTC
PHASE 1	1 374	61 381 €	43 200 €
PHASE 2	2 109	31 539 €	53 200 €
PHASE 3	839	28 993 €	31 200 €
PHASE 4	1 016	35 847 €	46 800 €

Total des coûts d'investissement	157 760 €	174 400 €
Total des frais financiers		60 048 €
TOTAL GENERAL	157 760 €	234 448 €

Coûts d'exploitation :

Pour la solution bois, les tarifs sont ceux pratiqués en 2010 par la commune de Tramayes.

	Solution bois			Solution énergie fossile (Fioul ou GPL)		
	0.0327 €/KWh	65,41 €/KW	Coût total	0.075 €/KWh	Maintenance	Coût total
Phase	Consommation en € TTC	Abonnement en € TTC	en € TTC	en € TTC		
PHASE 1	2 247 €	5 842 €	8 089 €	5 153 €	1 200 €	6 353 €
PHASE 2	3 449 €	11 036 €	14 485 €	7 909 €	1 500 €	9 409 €
PHASE 3	1 372 €	3 567 €	4 939 €	3 146 €	1 050 €	4 196 €
PHASE 4	1 661 €	4 320 €	5 981 €	3 810 €	2 700 €	6 510 €
TOTAL GENERAL	8 729 €	24 765 €	33 494 €	20 018 €	6 450 €	26 468 €

Coûts globalisés sur 20 ans :

	Solution bois		Solution fossile	
	TTC		TTC	
Coût investissement			174 400 €	
Frais financiers sur 20 ans			60 048 €	
Coût exploitation sur 20 ans	669 870 €		529 350 €	
TOTAL GENERAL	669 870 €		763 798 €	

Il est à noter que ce tableau est fait dans l'hypothèse où le coût énergétique du kWh est constant sur la période.

Avec une hypothèse d'inflation du coût énergétique du kWh de 3% par an, le tableau prend une autre allure.

	Solution bois		Solution fossile	
	TTC		TTC	
Coût investissement			174 400 €	
Frais financiers sur 20 ans			60 048 €	
Coût exploitation sur 20 ans	729 396 €		665 855 €	
TOTAL GENERAL	729 396 €		900 303 €	

Au regard des dernières années écoulées, l'hypothèse d'inflation appliquée est au dessus de la réalité pour la solution bois et en dessous de la réalité pour la solution fossile. Le choix de la solution bois est donc mené sur des hypothèses prudentes.