ENQUÊTE

Le prix de vente de la chaleur en 2010

Série Économique

RCE 14

Mars 2012

Réalisé avec le soutien technique et financier de

ADEME

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Sommaire

1. Introduction 3
2. Généralités 3
   2.1 Les chiffres clés de l'enquête 3
   2.2 Le bouquet énergétique 3
3. Méthodologie 5
   3.1 Définitions 5
      3.1.1 Facture énergétique et coût global 5
      3.1.2 Tarification des réseaux de chaleur 6
   3.2 Prix moyen de vente de la chaleur 6
   3.3 Comparaison des modes de chauffage 7
      3.3.1 Les caractéristiques du logement-type 7
      3.3.2 Les modes de chauffage 7
      3.3.3 Les critères de comparaison 8
4. Prix de vente moyen de la chaleur 11
   4.1 Résultat 11
   4.2 Impact de l'énergie utilisée 12
   4.3 Monotone des prix 14
      4.3.1 Prix hors taxes 14
      4.3.2 Prix toutes taxes comprises 15
5. Comparaison des modes de chauffage 16
   5.1 Comparaison économique 16
      5.1.1 Bâtiment RT 2005 – 120 kWh/m^2.an 16
      5.1.2 Parc social moyen – 170 kWh/ m^2.an 18
      5.1.3 Bâtiment peu performant – 300 kWh/m2.an 20
   5.2 Comparaison gaz / réseau de chaleur pour un logement type « parc social moyen » 22
   5.3 Comparaison énergétique 23
   5.4 Comparaison en termes de gaz à effet de serre 24
6. Evolution des prix de l'énergie et impacts sur la facture de chauffage 26
7. Analyse pour les bâtiments RT 2012 28
   7.1 Hypothèses 28
   7.2 Comparatif des systèmes de chauffage permettant d'atteindre la RT 2012 31
   7.3 Comparatif des systèmes de chauffage permettant d'atteindre le label Effinergie+ 36
8. Conclusion 39

Annexe 1 : Hypothèses sur les bâtiments existants 40
Annexe 2 : Hypothèses sur les bâtiments RT 2012 45
Annexe 3 : Tarifs d'achat de l'énergie (P1) 49
Annexe 4 : Impact du mode de gestion du réseau 51

1. Introduction

La présente édition de l'enquête sur les prix de vente de la chaleur a été réalisée à partir de l'enquête annuelle de branche du secteur du chauffage urbain pour l'année 2010, conduite par le SNCU (Syndicat National du Chauffage Urbain) sous l'égide du SOeS (Service des statistiques du MEDDTL).

Le fait d'appuyer cette analyse sur l'enquête annuelle de branche conduit à une certaine « perte » dans la précision des données collectées (le questionnaire d'enquête est assez largement simplifié par rapport à celui qui était utilisé dans les enquêtes AMORCE précédentes) mais permet d'atteindre un niveau de représentativité plus important.

Sur la base des travaux déjà menés en 2010 (sur les données de 2009), la méthode de comparaison des modes de chauffage intègre pour la quatrième année une analyse complémentaire à la seule approche économique : les émissions de gaz à effet de serre, et l'énergie primaire mobilisée sont calculés pour différents modes de chauffage et plusieurs niveaux de performance des bâtiments.

La nouveauté l'enquête 2010 est l'intégration d'un chapitre supplémentaire qui permet de comparer différents systèmes de chauffage pour les bâtiments neufs soumis à la RT 2012 (Partie 7).

2. Généralités

2.1 Les chiffres clés de l'enquête

Sur 435 réseaux ayant répondu à l'enquête annuelle de branche pour 2010, nous avons retenus 334 réseaux de chaleur (après tri et mise en cohérence des données brutes reçues[1]).

Sur les 435 réseaux de chaleur recensés ayant distribué 26,3 TWh de chaleur en 2010, l'échantillon utilisé pour notre analyse représente :

- 77 % de l'effectif,
- 90 % de l'énergie distribuée.

Entre 2009 et 2010, une comparaison à périmètre constant sur l'enquête met en évidence une augmentation de 10% des livraisons de chaleur en raison de la rigueur climatique.

2.2 Le bouquet énergétique[2]

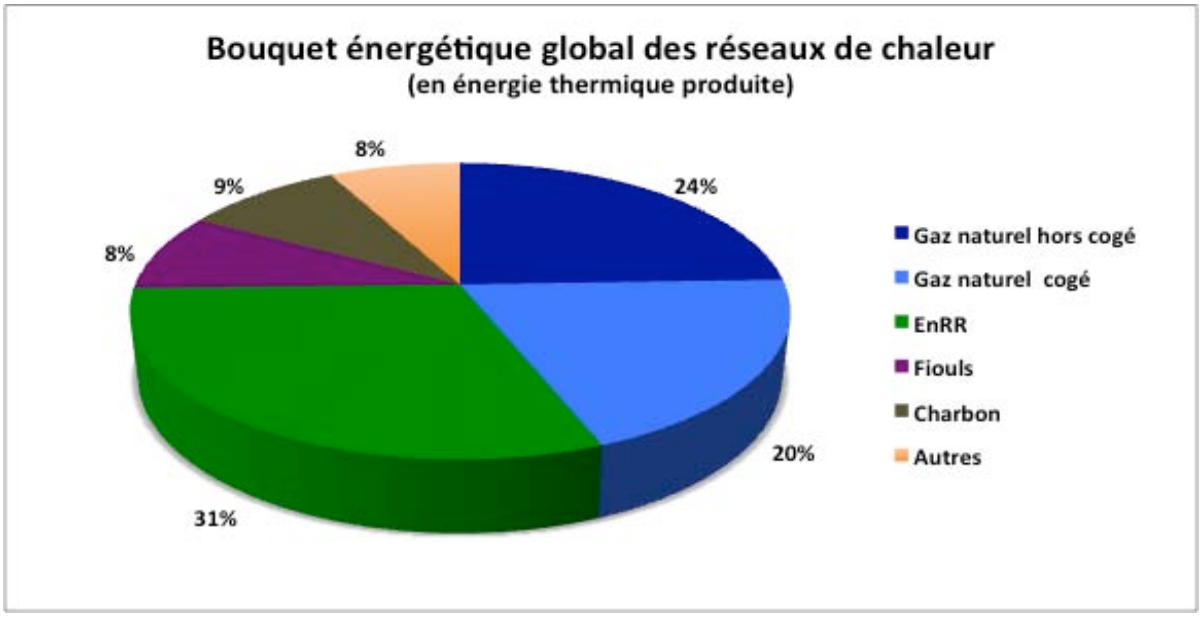
Les énergies renouvelables et de récupération (EnRR) représentent 31% du bouquet énergétique des réseaux de chaleur français.

Avec 44% de l'énergie utilisée, le gaz naturel (en cogénération et hors cogénération) reste le combustible principal des réseaux de chaleur.

La catégorie « Autres » du bouquet énergétique est essentiellement composée de la cogénération externe et de l'énergie issue des autres réseaux de chaleur. En sommant la cogénération interne et la cogénération externe, ce mode de production fournit près de 24% de l'énergie sur les réseaux de chaleur.

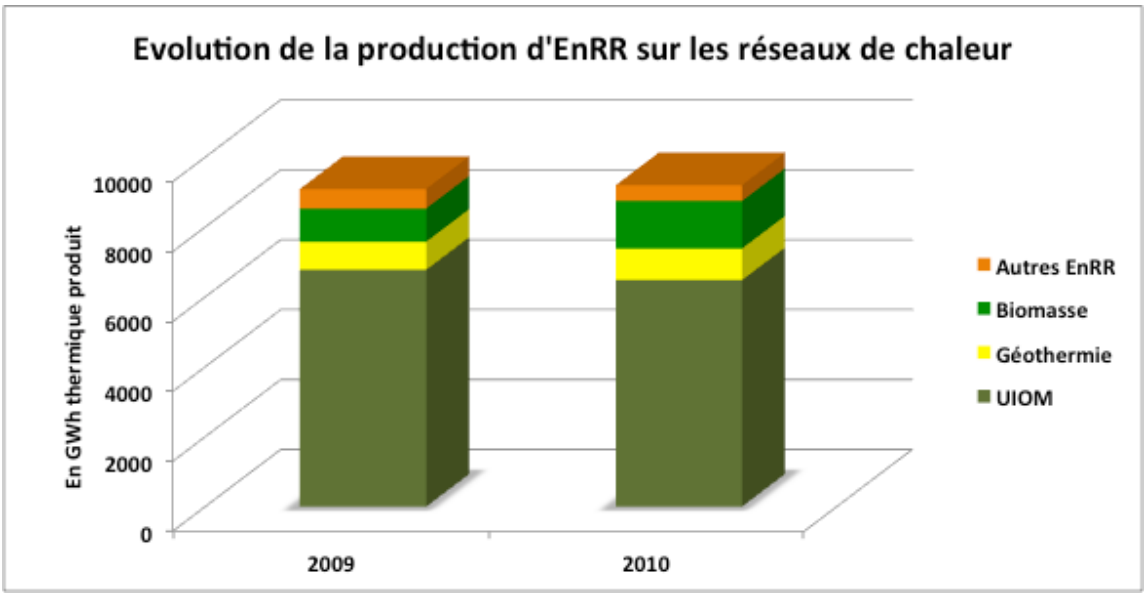
[1] Pour 101 réseaux, les données n'ont pas été utilisées pour notre analyse car elles présentaient des incohérences, liées à des erreurs de saisie ou à un manque d'actualisation des données économiques et/ou techniques, de nature à fausser les résultats des calculs de prix.

[2] Les résultats indiqués dans ce paragraphe sont issus de l'analyse effectuée par le SNCU sur les données techniques de l'enquête annuelle de branche.



Depuis 2007, on constate une augmentation de la part des Energies Renouvelables et de Récupération (EnRR) sur les réseaux de chaleur. Cette tendance est liée à la volonté de valoriser des énergies locales peu émettrices de GES, aux conditions d'éligibilité à la TVA à 5,5% sur la partie consommation d'énergie (R1[3]) et aux conditions à remplir pour bénéficier des aides du fond chaleur (besoins de chaleur du réseau assurés par des EnRR à hauteur de 50% minimum).

Le taux de couverture des EnRR sur l'année 2010 est resté stable par rapport à son niveau de 2009 malgré l'augmentation des livraisons de chaleur globale sur les réseaux. Le volume global d'EnRR valorisées sur des réseaux de chaleur a donc sensiblement augmenté entre 2009 et 2010, grâce notamment à une montée en puissance de la biomasse (+40% entre 2009 et 2010).



Le Grenelle de l'Environnement a mis en évidence le rôle indispensable des réseaux de chaleur pour le développement des EnRR et fixe des objectifs ambitieux de développement pour les réseaux : augmentation d'environ 1 MTep (12 TWh) des énergies renouvelables utilisées sur les réseaux impliquant, compte tenu des baisses de consommation unitaire des bâtiments par ailleurs, un passage de 2 à 6 millions d'équivalents logements desservis à 2020. L'ajout de 1 MTep d'EnRR au mix énergétique actuel, sans baisse des autres énergies, amènerait le taux d'EnRR moyen sur l'ensemble des réseaux à 54% à 2020.

[3] Pour un mix énergétique du réseau - initialement - à plus de 60% d'EnRR, ramené à 50% en Loi de finance rectificative pour 2008

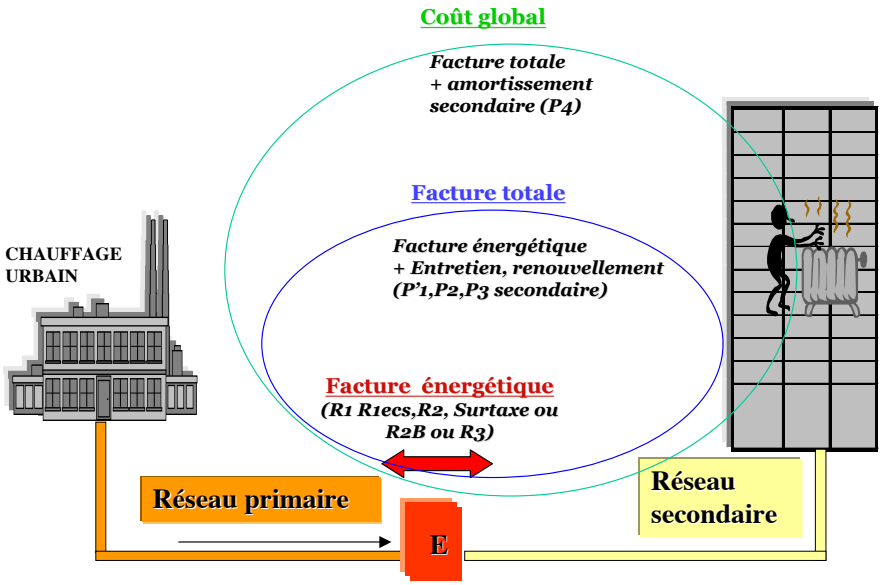
3. Méthodologie

3.1 Définitions

3.1.1 *Facture énergétique et coût global*

La méthodologie employée est basée sur la distinction entre les trois termes suivants :

- **La facture énergétique :** ce terme correspond au montant des dépenses énergétiques (consommation plus abonnement) à la sortie de la sous station dans le cas du chauffage urbain ou des compteurs de gaz et d'électricité (ou factures de livraison de fioul) pour les autres modes de chauffage. Ce terme correspond donc à ce que paie l'abonné directement au fournisseur d'énergie. Il inclut l'ensemble des dépenses (investissement, exploitation, maintenance, etc.) en amont du compteur.
- **La facture totale annuelle :** elle correspond au montant des dépenses totales annuelles incluant la facture énergétique et les dépenses de fonctionnement (entretien, renouvellement) en aval du point de comptage de la facture énergétique. Ce terme inclut, dans le cas du chauffage urbain, l'ensemble des dépenses d'entretien et de fonctionnement des équipements propres à l'immeuble chauffé ; c'est la partie liée au réseau secondaire, hors investissement. Pour les autres modes de chauffage, elle inclut l'entretien des équipements de production de chaleur en plus des éventuels équipements de distribution de chaleur dans l'immeuble ou dans le logement ainsi que la consommation d'électricité des auxiliaires.
- **Le coût global annuel :** ce terme prend en compte l'amortissement de l'installation du réseau secondaire et certains équipements de raccordement au réseau (cf annexe 4). Il est donc représentatif de l'ensemble des coûts liés au chauffage (investissement, exploitation, énergie, entretien, etc.). Pour les autres modes de chauffage, il intègre l'amortissement des équipements de production et de distribution de chaleur dans l'immeuble ou dans le logement. Il reflète la dépense totale supportée par l'usager au final et permet donc des comparaisons entre modes de chauffage.



3.1.2 *Tarification des réseaux de chaleur*

Les tarifs affichés par les réseaux de chaleur sont très variables selon les collectivités. Il est donc important de préciser le contenu de chaque terme de la facture énergétique d'un réseau de chaleur tels que demandés dans l'enquête :

- **Le terme R1 :** c'est le terme proportionnel à la consommation d'énergie primaire du réseau de chaleur qui s'exprime en €HT/MWh. Il dépend des combustibles utilisés (fioul, charbon, gaz, bois) et des prix d'acquisition de chaleur (UIOM, cogénération, rejets industriels). Au final, ce terme est représentatif de la consommation énergétique.
- **Le terme R1 ECS :** c'est le tarif proportionnel à la consommation d'eau chaude sanitaire, lorsqu'elle est facturée séparément du chauffage. R1 ECS est en €HT/m^3 d'eau consommé. Pour l'intégrer aux calculs théoriques des factures, un coefficient de conversion q (kWh/m^3) est appliqué ; q est propre à chaque réseau lorsqu'il est précisé, sinon il est fixé à 100 kWh/m^3.
- **Le terme R2 :** c'est l'abonnement ou partie fixe. Il est proportionnel à la puissance souscrite ou à la surface chauffée ; R2 s'exprime en €HT/$kW_{souscrit}$.an, en €HT/m^2.an ou en €HT/URF.an (l'URF, ou UFF, ou UFR, est une « unité de répartition forfaitaire », permettant la répartition de la part fixe entre les abonnés, sans référence directe à la puissance souscrite). Ce terme prend en compte la fourniture d'électricité (R21'), les charges d'exploitation (R22, R23) et l'amortissement de l'installation (R24) (dans certains cas) pour le réseau primaire.
- **La surtaxe et/ou R2B et/ou R3 et/ou R24 et/ou redevance spéciale :** un certain nombre de réseaux font payer une contribution supplémentaire, soit pour permettre à la collectivité de rembourser ses investissements dans le cas de l'affermage, soit pour l'amortissement de travaux. Ce terme peut s'exprimer en €HT/kW ou en €HT (forfait).

3.2 Prix moyen de vente de la chaleur

Cette première approche consiste à calculer un prix moyen de vente du MWh de chaque réseau qui correspond au rapport entre les recettes totales (tous clients confondus, chauffage et ECS) et le nombre de MWh vendus. Ce terme correspond à la facture énergétique ramenée au MWh.

Les données concernent exclusivement l'année civile 2010. Il faut être très vigilant sur la définition du contenu des recettes. Ce prix n'est pas directement comparable avec un prix moyen de vente du MWh tel que le présentent les fournisseurs de gaz ou d'électricité (voir définition de la facture énergétique), puisqu'il correspond bien à la livraison d'un « produit » (la chaleur) déjà transformé à partir des combustibles utilisés (ou de la récupération d'énergie).

C'est sur la base de cette méthode qu'a été proposé le classement des réseaux de chaleur en 5 catégories fonction du positionnement du prix moyen de vente du réseau par rapport au prix moyen de vente à l'échelle nationale :

- classe I : prix de vente moyen inférieur d'au moins 30% à la moyenne nationale,
- classe II : prix de vente moyen compris entre –30% et –10% par rapport à la moyenne nationale,
- classe III : prix de vente moyen compris entre –10% et +10% par rapport à la moyenne nationale,
- classe IV : prix de vente moyen compris entre +10% et +30% par rapport à la moyenne nationale,
- classe V : prix de vente moyen supérieur d'au moins 30% par rapport à la moyenne nationale.

3.3 Comparaison des modes de chauffage

La méthode de comparaison des modes de chauffage utilisée par AMORCE depuis 1988 consiste en l'établissement d'une facture pour un « logement-type » utilisant différents modes de chauffage. On se place alors du point de vue de l'usager et on calcule, à partir de ses besoins énergétiques, le coût global annuel de son poste énergie (chauffage + ECS).

Cette méthode a été retravaillée depuis quatre ans de façon à élargir le champ de comparaison à d'autres critères que le seul critère économique, à intégrer de nouveaux modes de chauffage et à conduire l'analyse pour différents niveaux de consommation, de façon à étudier l'impact des nouvelles exigences en termes de performances énergétiques des bâtiments neufs et réhabilités.

Avec la mise en place progressive de la RT 2012, nous avons affiné notre méthode de calcul afin de prendre en compte les exigences particulières de la nouvelle réglementation sur les bâtiments neufs. Ce sujet sera développée dans la partie 7.

3.3.1 *Les caractéristiques du logement-type*

Le logement-type considéré est un appartement de 70 m^2 dans un immeuble de 25 logements, avec 3 niveaux de consommation :

	Consommation de référence	**Comprend**	**Consommation utile Chauffage+ECS (kWh utile/ m^2.an)**
Bâtiments moyen RT 2005	120 kWh « primaire » / m^2 par an	Clim + ECS + Chauffage	96
Bâtiments parc social moyen	170 kWh « finale » / m^2 par an	Clim + ECS + Chauffage	136
Bâtiments peu performants	300 kWh « finale » / m^2 par an	Clim + ECS + Chauffage	240

La consommation utile en chauffage et eau chaude sanitaire (colonne de droite), utilisée par la suite pour les différentes comparaisons, a été évaluée à partir de la consommation de référence qui est fixée par convention (moyenne réglementaire ou statistique).

Cette consommation utile est ensuite identique *quel que soit le mode de chauffage retenu*. La comparaison proposée se base à « enveloppe » constante, à l'exception des bâtiments neufs soumis à la RT 2012. Ces derniers feront l'objet d'une analyse spécifique avec une enveloppe thermique qui évolue selon le système de chauffage retenu afin de respecter les exigences de la RT 2012, ce qui nous place du point de vue du maître d'ouvrage d'un bâtiment qui regarde les coûts ou surcoûts des différentes solutions.

3.3.2 *Les modes de chauffage*

Les modes de chauffage retenus représentent les principaux choix qui s'offrent à un maître d'ouvrage qui réhabilite ou construit des logements collectifs. Les abréviations sont celles qui seront reprises dans les tableaux et graphiques.

Les modes de chauffage aux combustibles fossiles :

- **Gaz ind** : chaudière au gaz naturel individuelle par appartement.
- **Gaz ind cond** : chaudière à condensation au gaz naturel individuelle par appartement.
- **Gaz coll** : chaudière au gaz naturel en pied d'immeuble, chauffage collectif.
- **Gaz coll cond** : chaudière à condensation au gaz naturel en pied d'immeuble, chauffage collectif.
- **Fioul coll**: chaudière au fioul domestique en pied d'immeuble, chauffage collectif.

Les modes de chauffage à base d'électricité :

- **Elec ind** : chauffage électrique individuel « classique » (avec ECS sur ballon à accumulation).
- **PAC ind** : pompe à chaleur individuelle air/air par appartement (avec ECS sur ballon à accumulation).
- **PAC géo** : pompe à chaleur collective géothermique eau/eau de COP 4,2 (valeur moyenne annuelle).

Le chauffage sur réseaux de chaleur :

On retient 4 exemples de réseaux de chaleur performants, avec les bouquets énergétiques suivants :

- **Réseau bois** : 80 % bois, 20 % gaz.
- **Réseau géo** : 40 % gaz naturel, 60 % géothermie.
- **Réseau cogé** : 60% cogénération, 30% gaz naturel, 10% fioul lourd.
- **Réseau UIOM** : 60% UIOM, 30% gaz naturel, 10% fioul lourd.

Nous avons fait le choix d'établir deux listes de systèmes de chauffage selon que l'on compare les bâtiments existants ou les bâtiments neufs, pour lesquels les choix qui s'offrent au maître d'ouvrage sont sensiblement différents (cf. partie 7).

3.3.3 *Les critères de comparaison*

La comparaison des modes de chauffage est construite sur les critères suivants :

Critère	Indicateur	Unité
Economique	Coût global	€TTC/an.logement
Energétique	Energie primaire	kWhep/kWhu
Effet de serre	Emissons de gaz à effet de serre	kg CO2/kWh

3.3.3.1 Comparaison économique

La comparaison économique est construite à partir des hypothèses présentées en **annexes**. La méthode consiste, pour chacun des 3 niveaux de consommation considérés, à calculer les différents éléments du coût global de chauffage et d'ECS.

- **Etape 1 : facture énergétique :** à partir du calcul des niveaux d'abonnement aux différentes énergies (électricité, gaz, réseau de chaleur) et des consommations, le poste « achat d'énergie », ou P1 (ou R1+R2 pour les réseaux de chaleur) est déterminé.
- **Etape 2 : Calcul des dépenses de fonctionnement (secondaire):** Définition des charges d'électricité annexe, d'entretien et de renouvellement (P'1, P2, P3) de l'installation de chauffage interne à l'immeuble, depuis le compteur jusqu'au corps de chauffe (cf. annexe 3).
- **Etape 3 : Calcul de la facture totale annuelle (facture énergétique + fonctionnement)**.
- **Etape 4 : Evaluation des investissements et de l'amortissement (P4)** pour les équipements de production et de distribution intérieure au bâtiment (cf. annexe 4)
- **Etape 5 : Calcul du coût global annuel (facture totale + amortissement)**

3.3.3.2 Comparaison énergétique

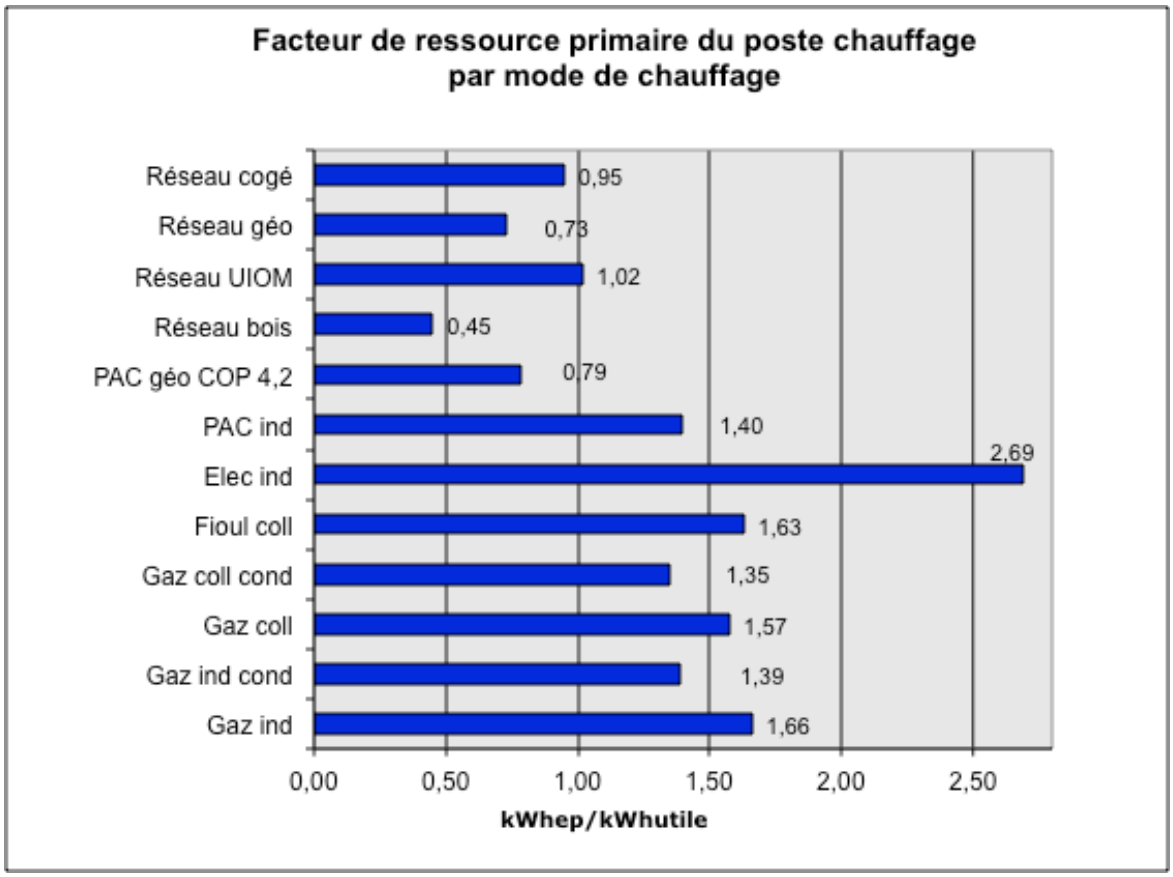
La comparaison énergétique est bâtie sur la base de facteurs d'énergie primaire pour chacune des énergies considérées.

Alors que l'utilisateur achète de l'énergie finale, il est nécessaire de prendre en compte toute la chaîne de transformation de l'énergie, depuis son extraction jusqu'au radiateur dans le logement pour estimer l'impact complet des consommations d'énergie. L'indicateur retenu est l'énergie primaire non-renouvelable consommée, qui représente le prélèvement total irréversible d'énergie sur la planète.

Les facteurs d'énergie primaire retenus sont, pour les valeurs disponibles, ceux de la norme EN-15316-4-5, établis dans le cadre du programme *Ecoheatcool*.

Le coefficient de conversion en énergie primaire pris en compte pour l'électricité est celui de la réglementation thermique, par souci de simplification (coefficient de 2,58[4]). Pour les énergies fossiles, un coefficient d'énergie primaire de 1,1 a été retenu[5].

Pour les différents modes de chauffage, les facteurs de ressource primaire sont ainsi les suivants :



Les réseaux de chaleur performants que nous avons retenus comme représentatifs du mix énergétique pour les réseaux de chaleur sont les moyens de chauffage les plus économes en énergie primaire, avec les pompes à chaleur géothermiques en collectif sous réserve que celles-ci tiennent effectivement les niveaux de COP moyen annuels de 4,2 utilisés dans le calcul.
Le réseau bois (alimenté à 80% par des énergies renouvelables) consomme trois fois moins d'énergie primaire qu'une chaudière collective gaz à condensation.

A noter qu'en utilisant un coefficient d'énergie primaire de 3,2 pour l'électricité, plus cohérent que le 2,58 au regard du bilan énergétique de la France publié par le MEDDTL pour 2010, l'écart avec la PAC grandit en faveur des réseaux de chaleur utilisant des EnRR.

[4] ADEME : Méthode RT 2005 et outil 3CL pour le calcul des DPE.

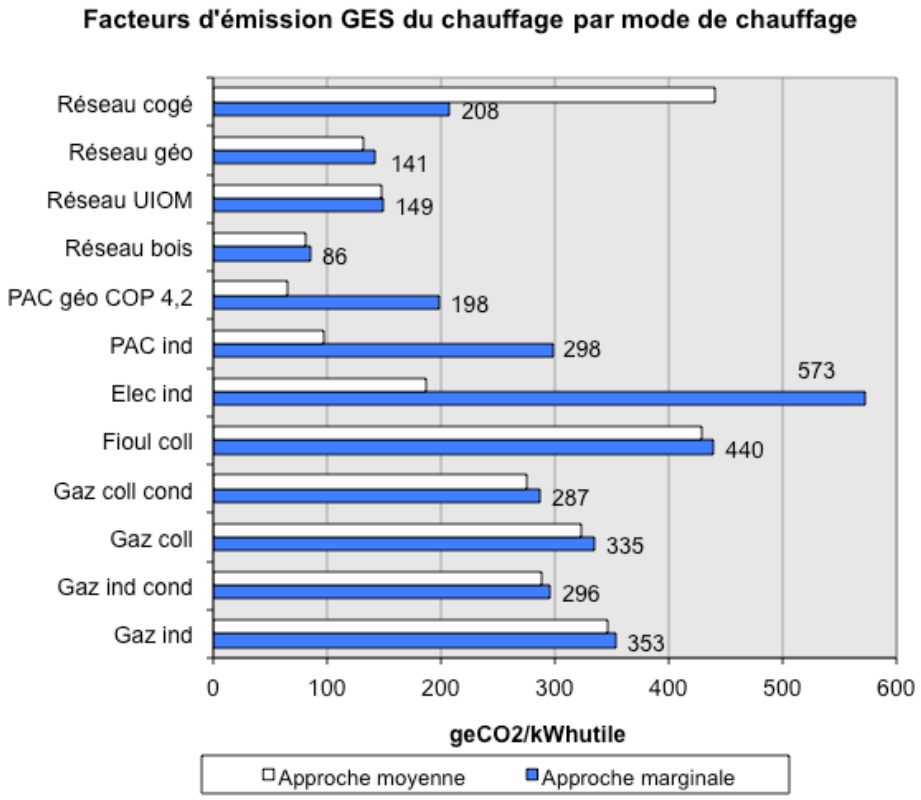
[5] À noter que la réglementation thermique qui raisonne en kWh PCI prévoit un coefficient de 1 pour le gaz et le fioul. En retenant 1,1, l'approche est plus exhaustive, mais tend à favoriser l'électricité dont le coefficient a été fixé à 2,58 dans la réglementation en tenant compte du coefficient de 1 pour les énergies fossiles.

3.3.3.3 Comparaison en termes de gaz à effet de serre

Les facteurs d'émission de gaz à effet de serre retenus sont ceux définis dans l'arrêté DPE et dans une étude RTE/ADEME[5].

	Facteur d'émission amont (kgeCO2/kWh PCI ou élec)	
Charbon	0,384	
Fioul lourd	0,320	
Fioul domestique	0,300	
Gaz naturel	0,234	
Electricité pour chauffage et auxiliaires de chauffage[6]	0,180	0,550
Chaleur UIOM (chaleur fatale)	0,004	
Electricité de base (ECS en heures creuses)[7]	0,040	
Plaquettes forestières	0,013	
Sciures et écorces[8]	0,004	
Biomasse (moyenne plaquettes et sciures)	0,008	

On obtient ainsi, pour les différents modes de production de chaleur, les facteurs d'émission de gaz à effet de serre suivants :



[6] *Etude RTE / ADEME sur le contenu en CO2 du kWh électrique (2007) ;* à gauche l'approche moyenne, à droite la valeur marginale

[7] Valeur hors période de pointe (retenue pour l'ECS produite en heures creuses)

[8] *Etude ADEME / Bio Intelligence Service (2005).* Pour la biomasse, le facteur d'émission retenu est celui associé à la plaquette forestière (0,013 kg CO2/kWh PCI) conformément à l'arrêté DPE. Cette hypothèse est majorante pour le bilan de la biomasse car cette valeur ne tient pas compte du facteur plus faible associé aux produits connexes de scierie, largement utilisés aujourd'hui.

4. Prix de vente moyen de la chaleur

4.1 Résultat

Pour l'année 2010, le prix moyen du MWh vendu par les réseaux de chaleur français est de 58,8 €HT/MWh.

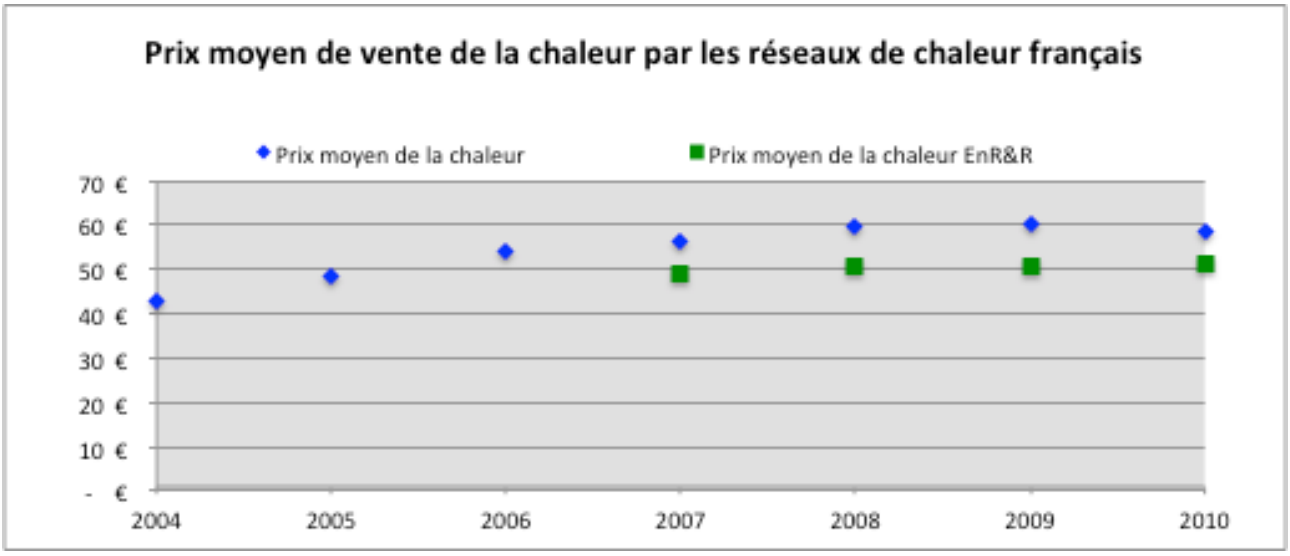
Attention, il s'agit bien du prix moyen hors taxe facturé par le réseau de chaleur, soit la « facture énergétique » (cf. 3.1). Il correspond donc à de la fourniture d'énergie utile et n'est pas directement comparable avec un prix moyen de vente du MWh tel que le présentent les fournisseurs de gaz ou d'électricité, qui n'est que du potentiel énergétique non transformé, auquel il y a lieu d'ajouter le coût du système de production de chaleur et de son entretien pour pouvoir mener une comparaison pertinente et équitable.

Le prix de vente moyen s'obtient en rapportant la somme des recettes générées par la vente de chaleur à la somme des MWh vendus par les réseaux français. Il y a donc pondération en fonction du volume de vente d'énergie (les réseaux avec de gros volumes de vente d'énergie « pèsent » plus que les petits réseaux dans la valeur obtenue).

Un autre indicateur est la moyenne des prix de vente, qui supprime cette pondération. La moyenne des prix de vente est un peu supérieure au prix moyen de vente : 60,0 €HT/MWh.

Le prix moyen du MWh dans les précédentes enquêtes était de 42,6 €HT/MWh sur la période 2003-2004, 48,6 €HT/MWh sur l'année 2005, 54 €HT/MWh sur l'année 2006, 56,1 €HT/MWh sur l'année 2007, 59,7 €HT/MWh sur l'année 2008 et 60,2 €HT/MWh sur l'année 2009.

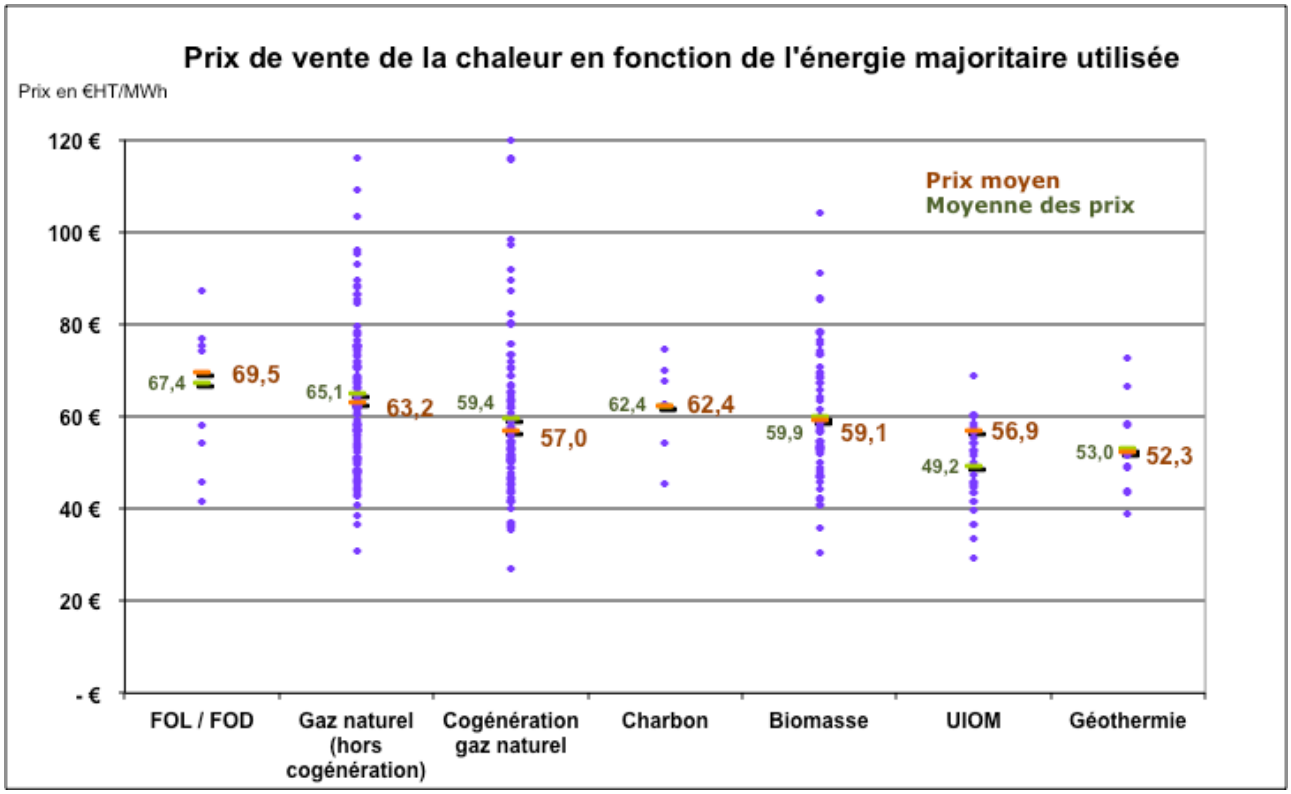
Pour l'année 2010, on constate une baisse du prix moyen HT de -2,3% par rapport à l'année précédente. Cette inflexion dans l'évolution du prix de vente de la chaleur peut être expliquée en partie par le fait que l'année 2010 fut plus rigoureuse entraînant ainsi une augmentation des livraisons de chaleur. Ainsi, la part abonnement restant constante et la part consommation augmentant, le prix de vente moyen au MWh a diminué car l'abonnement a été dilué dans une part de consommation plus importante.



Le graphique ci-dessus fournit une analyse complémentaire : on constate que les réseaux de chaleur fonctionnant avec plus de 50% d'EnRR présentent un prix moyen HT nettement inférieur (calculs réalisés respectivement sur 44, 64, 88 et 99 réseaux en 2007, 2008, 2009 et 2010). Bénéficiant de la TVA à 5,5% sur les ventes de chaleur, leur prix de vente au consommateur est donc encore plus intéressant.

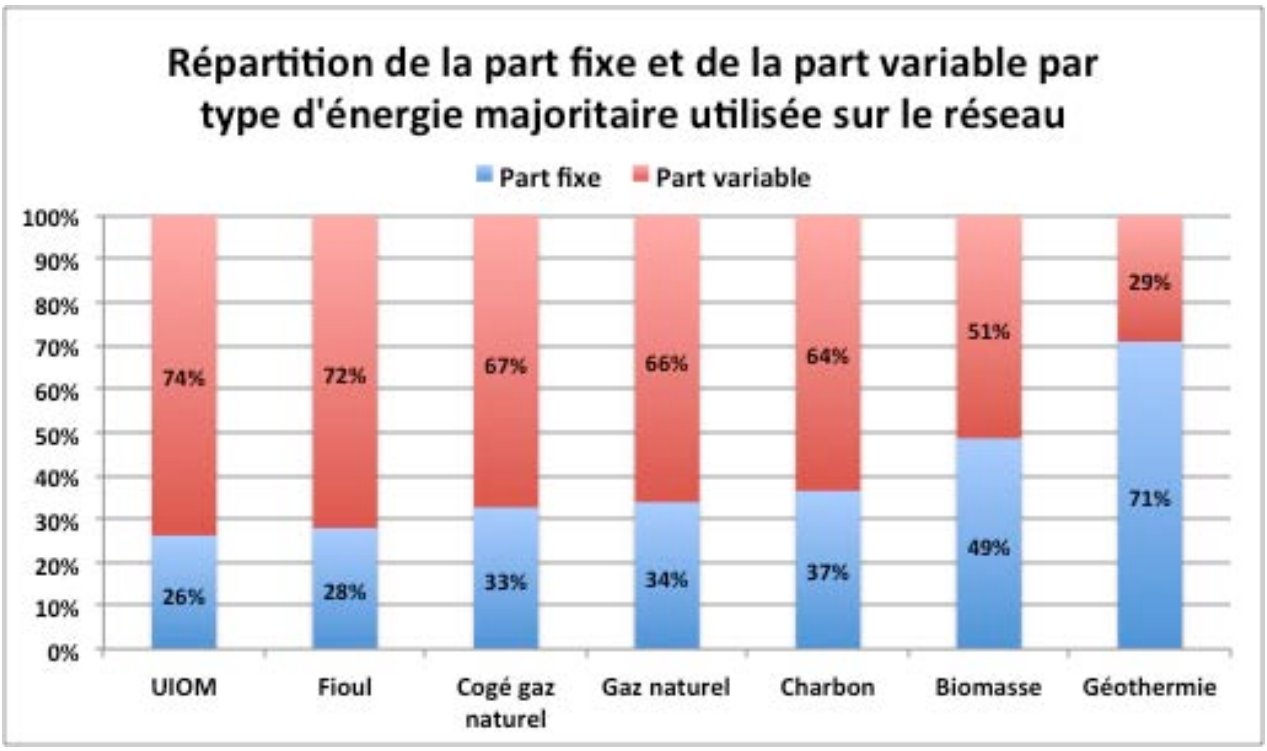
4.2 Impact de l'énergie utilisée

Nous avons comparé les prix moyens de vente de l'énergie en fonction de l'énergie primaire majoritairement utilisée sur le réseau de chaleur. La méthode proposée consiste à calculer, par source d'énergie, le prix moyen de vente de la chaleur pour les réseaux de chaleur sur lesquels la source d'énergie considérée représente la composante principale du bouquet énergétique. Sur le graphique ci-après, chaque losange bleu correspond à un réseau de chaleur.



Les prix les plus bas sont constatés sur les réseaux de chaleur pour lesquels la géothermie (52,3 € / MWh), la récupération sur l'incinération des déchets ménagers (56,9 € / MWh), la biomasse (59,1 € / MWh) ou la cogénération (57 € / MWh) sont la principale source d'énergie.

Les valeurs les plus hautes constatées sur le bois correspondent généralement à des petits réseaux de chaleur ruraux, créés dans un contexte de concurrence énergétique (absence de desserte en gaz naturel) permettant un prix de vente plus élevé que sur les grands réseaux urbains (avec des aides à l'investissement qui tiennent compte de ce contexte).



Si le type d'énergie majoritaire utilisée sur le réseau impacte le niveau de prix de vente moyen aux abonnés du réseau, il a également une forte influence sur la répartition part variable / part fixe.

La structure tarifaire des réseaux géothermiques s'appuie principalement sur la part fixe du fait des lourds investissements nécessaires pour valoriser cette énergie renouvelable. Les réseaux alimentés par de la biomasse ont également une part fixe relativement élevée, en moyenne près de la moitié du prix de vente HT. Sur ces réseaux, les abonnés sont davantage protégés contre une augmentation trop importante de la facture de chaleur en cas d'accroissement du prix de l'énergie, mais sont également moins incités à maîtriser leur consommation.

De l'autre côté, certains types d'énergie favorisent une structure tarifaire assise sur la part variable. Les réseaux majoritairement alimentés par des combustibles fossiles sont ainsi plus vulnérables aux évolutions du cours des énergies. On remarque que les réseaux adossés à une UIOM se classent également dans cette catégorie, en effet les coûts fixes sont faibles car l'installation a d'abord été financée pour un besoin de gestion des ordures ménagères de la collectivité. Il est alors nécessaire d'observer l'indexation de la part variable des réseaux UIOM afin de déterminer la vulnérabilité de ces réseaux aux évolutions des cours de l'énergie (Cf. enquête AMORCE ref. RCE13 - Performances et recettes des Unités de valorisation énergétique des ordures ménagères).

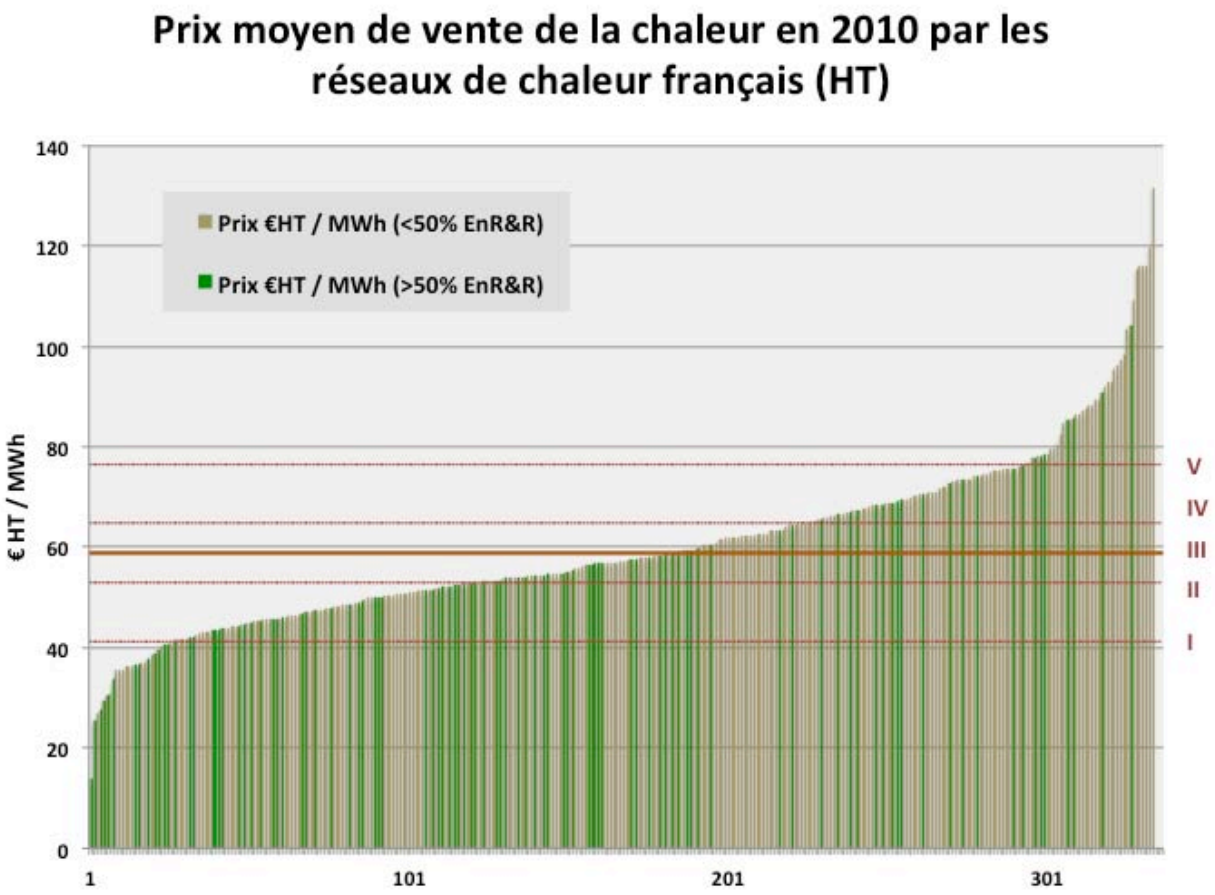
4.3 Monotone des prix

Nous avons établi 5 classes de prix en fonction du positionnement de chaque réseau par rapport au prix moyen de vente.

Le graphique suivant montre le large spectre de prix de vente sur les réseaux de chaleur, avec comme indiqué précédemment un prix moyen de vente de **58,8 €HT / MWh**. On constate un rapport de 1 à 4 entre les moins chers et les plus chers. Pour positionner un réseau de chaleur dans sa classe, il suffit de calculer le prix moyen de vente sur l'année 2010 selon la formule suivante :

$$\frac{\text{Recette totale de vente de chaleur (chauffage + ECS)}}{\text{Energie vendue (MWh chauffage + ECS)}}$$

4.3.1 *Prix hors taxes*



Les bornes des classes sont les suivantes :

- **classe I :** moins de 41,2 €HT/MWh (prix inférieur d'au moins 30% du prix moyen)
- **classe II :** de 41,2 à 52,9 €HT/MWh (10 à 30% inférieur au prix moyen)
- **classe III :** de 52,9 à 64,7 €HT/MWh (écart au prix moyen de +/- 10% maximum)
- **classe IV :** de 64,7 à 76,5 €HT/MWh (10 à 30% supérieur au prix moyen)
- **classe V :** plus de 76,5 €HT/MWh. (plus de 30% supérieur au prix moyen)

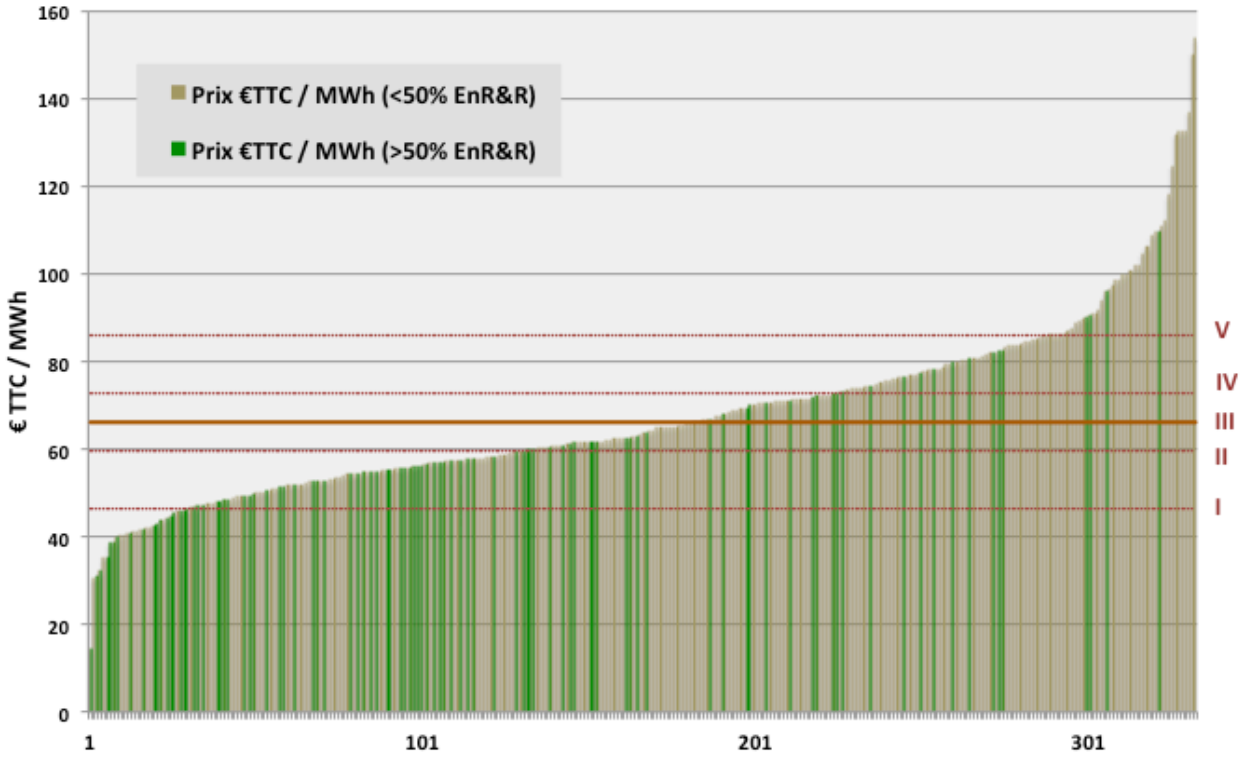
On constate sur ce graphique hors taxes que les réseaux à plus de 50% d'EnRR (barres vertes) sont souvent les mieux placés. Cette tendance est accentuée sur le graphique ci-après qui inclut la TVA.

4.3.2 *Prix toutes taxes comprises*

Le prix TTC moyen de vente de la chaleur issue des réseaux de chaleur français en 2010 s'établit à **66,1 €TTC / MWh**. La moyenne des prix de vente TTC est un peu plus élevé : 67,7 €TTC / MWh.

Pour les réseaux alimentés à plus de 50% par des énergies renouvelables ou de récupération, le prix TTC moyen de vente de la chaleur en 2010 s'élève à **55,4 €TTC / MWh**. La moyenne des prix TTC de ces réseaux EnRR est de 58,4 €TTC / MWh.

Prix moyen de vente de la chaleur en 2010 par les réseaux de chaleur français (TTC)



Les bornes des classes sont les suivantes :

- **classe I :** moins de 46,3 €TTC/MWh (prix inférieur d'au moins 30% du prix moyen)
- **classe II :** de 46,3 à 59,5 €TTC/MWh (10 à 30% inférieur au prix moyen)
- **classe III :** de 59,5 à 72,8 €TTC/MWh (écart au prix moyen de +/- 10% maximum)
- **classe IV :** de 72,8 à 86,0 €TTC/MWh (10 à 30% supérieur au prix moyen)
- **classe V :** plus de 86,0 €TTC/MWh. (plus de 30% supérieur au prix moyen)

La répartition des réseaux en 2010 selon les classes (en €TTC) est la suivante :

- **classe I :** 9,1%
- **classe II :** 29,3%
- **classe III :** 29,9%
- **classe IV :** 17,3%
- **classe V :** 14,4%

On remarque qu'une dizaine de réseaux ont un prix de vente très élevé (>110 €TTC/MWh). Il s'agit pour la majorité d'entre eux de petits réseaux anciens et alimentés par des énergies fossiles.

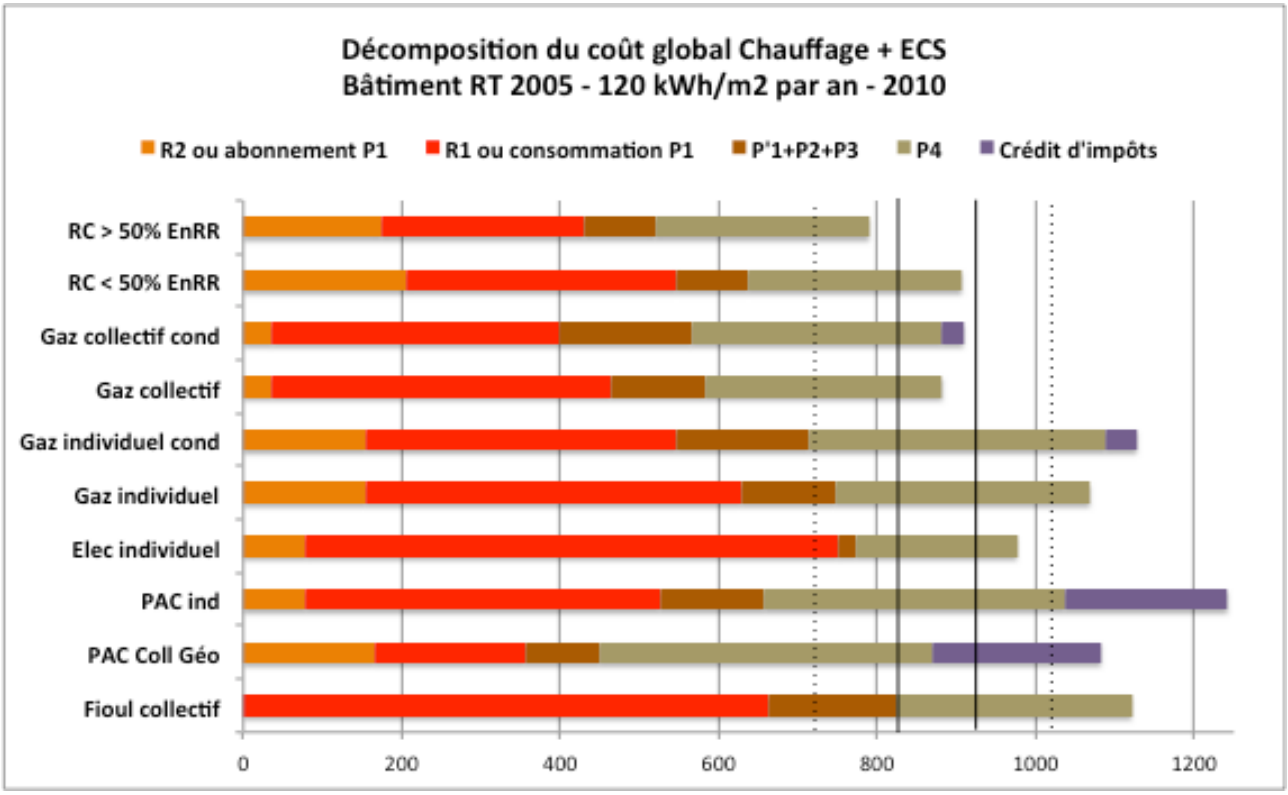
5. Comparaison des modes de chauffage

La partie 5 compare les différents modes de chauffage pour les bâtiments existants.

Le cas des bâtiments RT 2012 sera traité dans la partie 7.

5.1 Comparaison économique

5.1.1 *Bâtiment RT 2005 – 120 kWh/m².an*



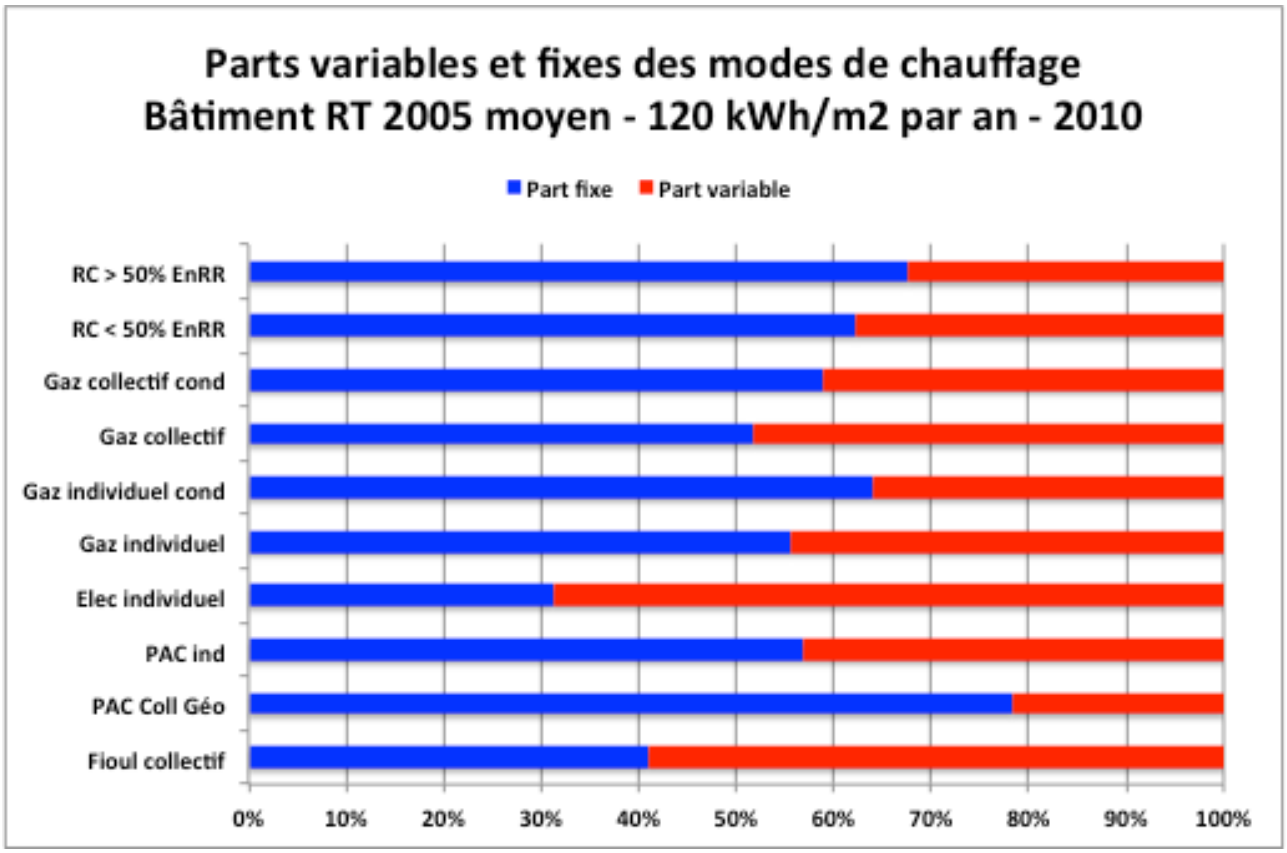
Les réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des EnRR constituent en moyenne la solution la plus compétitive en coût global pour ces bâtiments classés C dans le DPE. Les solutions chauffage collectif au gaz naturel se positionnent juste derrière, à hauteur de la moyenne des réseaux de chaleur alimentés par des combustibles fossiles.

Le chauffage électrique individuel se positionne relativement bien en coût global, mais possède une facture énergétique parmi les plus élevées pour le locataire, juste derrière le chauffage collectif au fioul.

Le pointillé vertical de gauche marque la limite entre les classes I et II des réseaux de chaleur (moyenne sur l'ensemble des réseaux de l'enquête), celui de droite la limite entre les classes IV et V. Le trait vertical de gauche marque la limite entre les classes II et III des réseaux de chaleur, celui de droite la limite entre les classes III et IV. Cette typologie sera reprise sur les autres graphiques du document

Les réseaux de chaleur les plus performants en termes de prix de vente (classes I et II) sont le système de chauffage le plus économique. Les moins performants (classe V) sont parmi les plus chers systèmes de chauffage.

	Facture énergétique (€TTC/log/an)	Facture totale annuelle (€TTC/log/an)	Coût global annuel sans subvention (€TTC/log/an)
Fioul collectif	662	824	1 121
PAC Coll Géo	355	450	1 082
PAC ind	525	657	1 242
Elec individuel	750	773	976
Gaz individuel	628	747	1 068
Gaz individuel cond	547	714	1 128
Gaz collectif	463	582	882
Gaz collectif cond	398	565	909
RC < 50% EnRR	547	637	907
RC > 50% EnRR	430	520	790



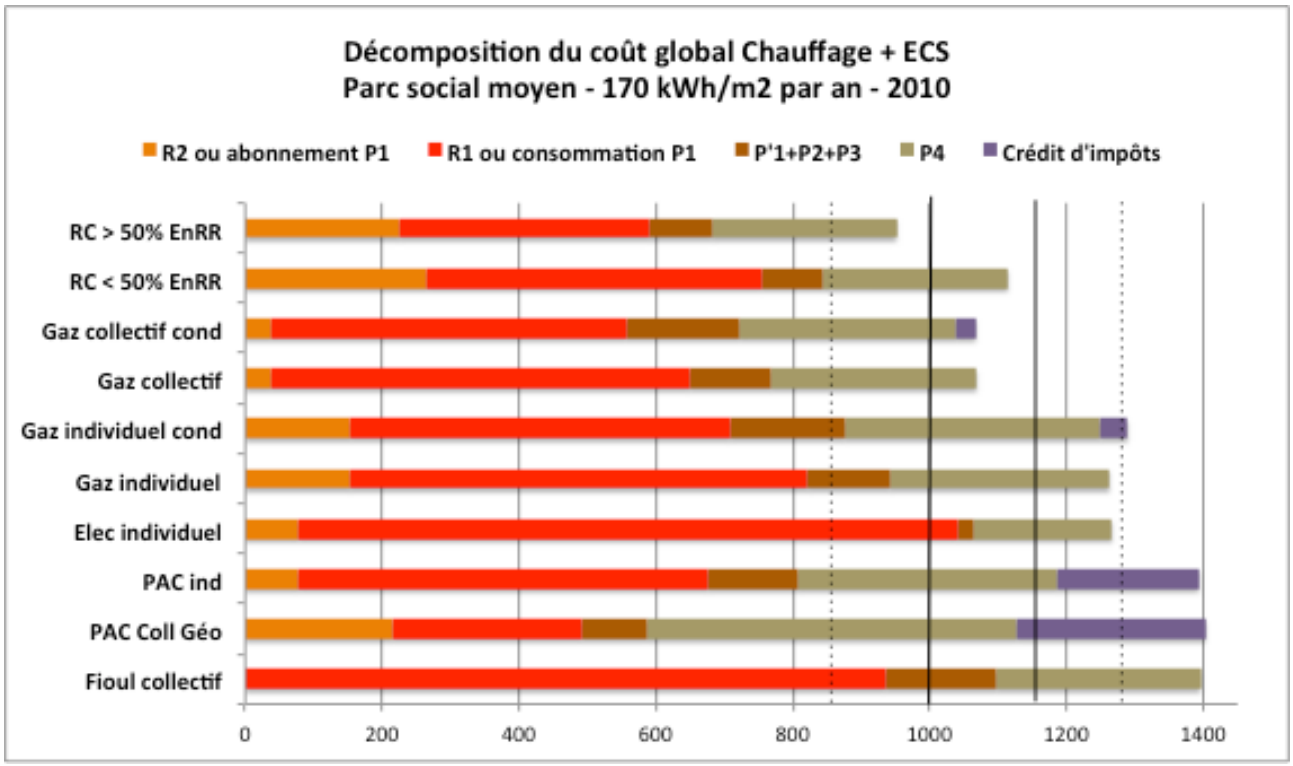
La part variable correspond à la partie consommation (R1 ou consommation P1) tandis que la part fixe se compose de l'abonnement (R2 ou abonnement P1), de l'entretien et du fonctionnement du réseau secondaire (P'1, P2 et P3) et de l'amortissement des équipements (P4).

La part fixe du coût global TTC est relativement élevée pour ce niveau de consommation, autour de 60% pour la plupart des modes de chauffage. Les réseaux de chaleur sont dans cette moyenne.

Le chauffage collectif au fioul et le chauffage individuel électrique présentent la part fixe la moins élevée, mais possèdent les prix de vente les plus élevés au kWh.

5.1.2 Parc social moyen – 170 kWh/ m².an

Le niveau de performance « parc social moyen » correspond à ce qui était défini comme le « logement-type » dans les précédentes enquêtes sur les prix de vente de la chaleur.



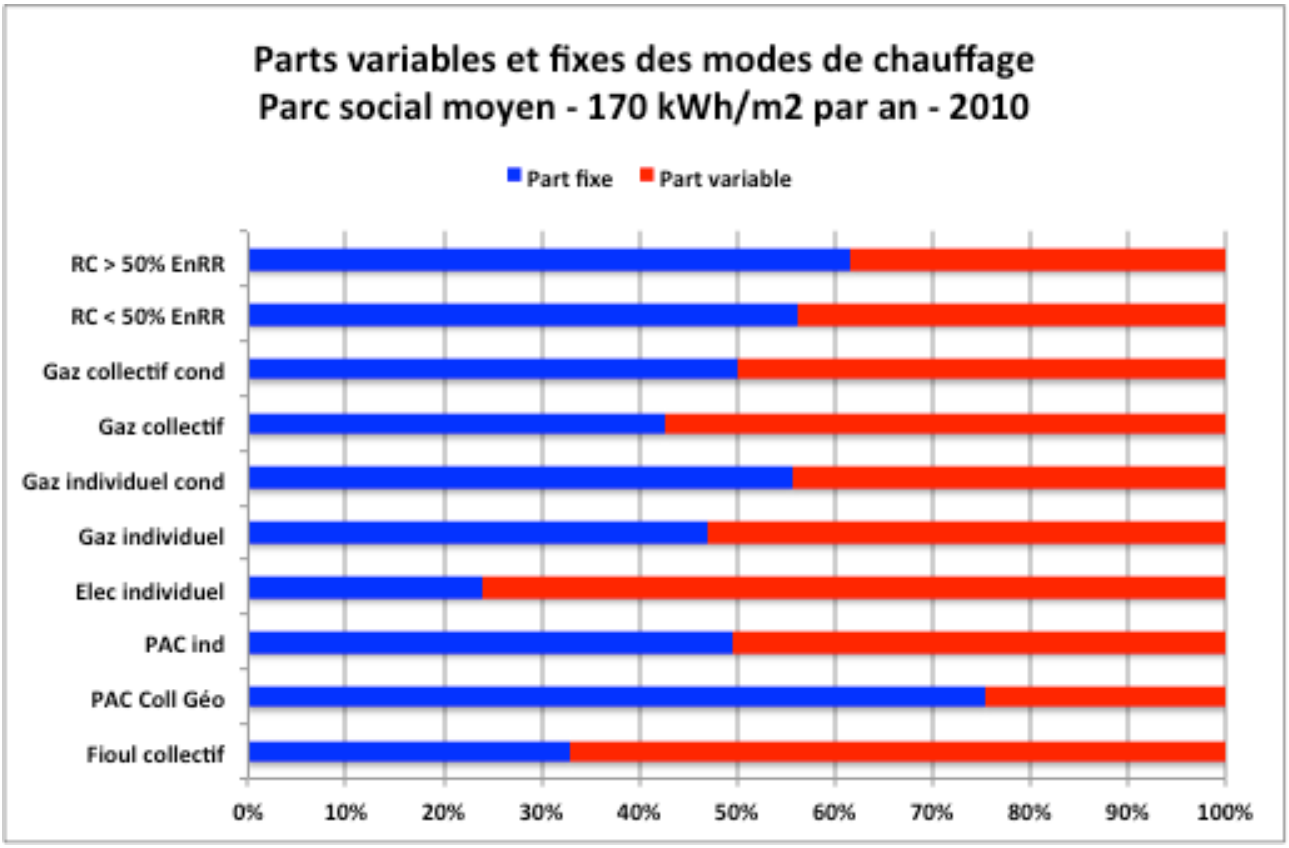
Les réseaux de chaleur EnRR représentent en moyenne la solution la plus compétitive pour les bâtiments « parc social moyen ». Les chauffages collectifs au gaz naturel se placent en deuxième position alors que les chauffages individuels au gaz naturel s'avèrent moins performants.

Le chauffage individuel électrique présente un coût global moins compétitif pour ce niveau de consommation plus important.

La PAC collective géothermique est toujours la solution qui présente la plus faible facture énergétique, mais l'amortissement pèse sur l'analyse en coût global[9], de surcroit le crédit d'impôt a été raboté par rapport au niveau pris en compte dans l'analyse (40% pour 2010, puis 31% en 2012).

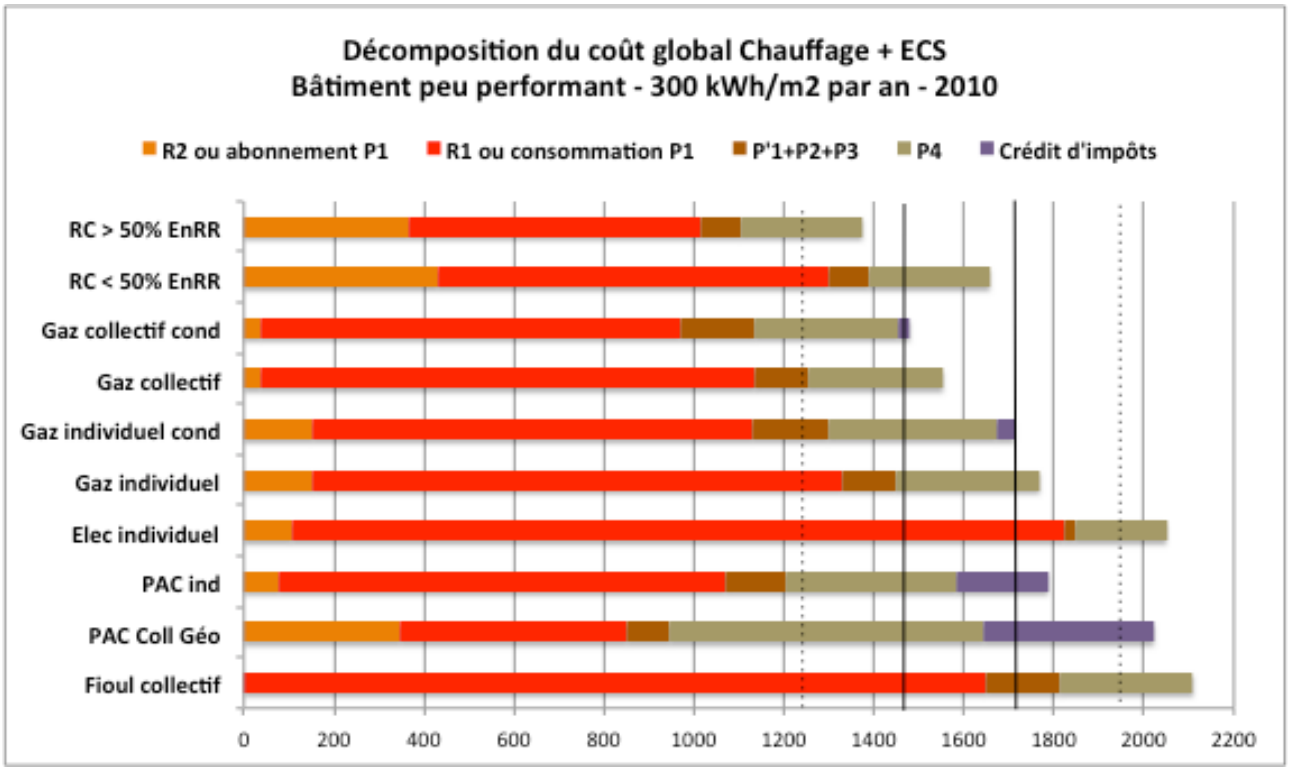
[9] A noter que compte tenu des écarts potentiels importants d'un site à l'autre dans les montants d'investissement (notamment les coûts de forage) des solutions PAC géothermiques, il est assez délicat d'établir un ratio de prix moyen.

	Facture énergétique (€TTC/log/an)	Facture totale annuelle (€TTC/log/an)	Coût global annuel sans subvention (€TTC/log/an)
Fioul collectif	937	1 099	1 396
PAC Coll Géo	492	587	1 403
PAC ind	676	808	1 394
Elec individuel	1 041	1 064	1 267
Gaz individuel	823	942	1 263
Gaz individuel cond	709	876	1 290
Gaz collectif	650	769	1 069
Gaz collectif cond	556	723	1 068
RC < 50% EnRR	755	845	1 115
RC > 50% EnRR	592	682	952



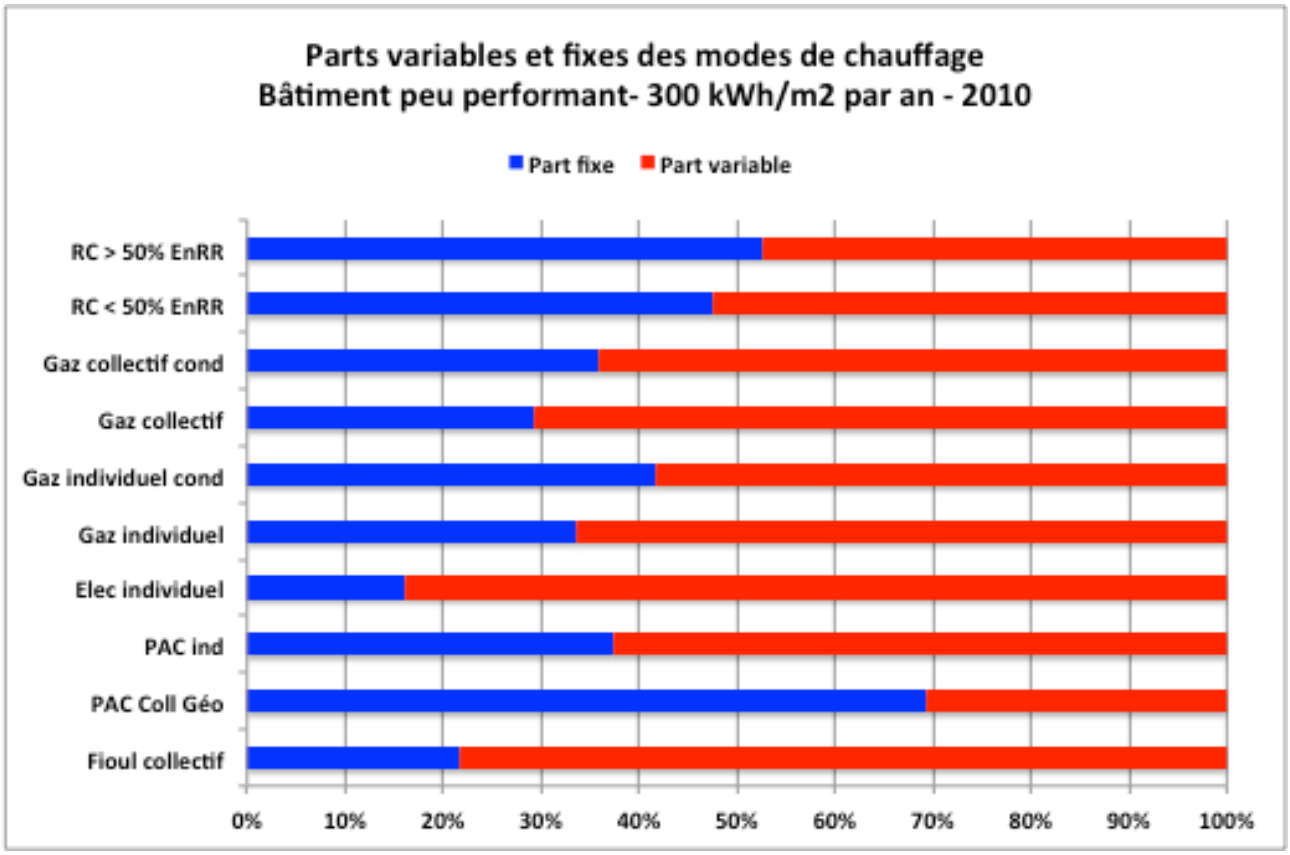
La part fixe est logiquement plus faible pour le logement parc social moyen que pour le logement RT 2005.

5.1.3 Bâtiment peu performant – 300 kWh/m2.an



Sur ces niveaux de consommation élevés, les réseaux de chaleur sont parmi les plus compétitifs grâce à un faible coût marginal de la chaleur.

	Facture énergétique (€TTC/log/an)	Facture totale annuelle (€TTC/log/an)	Coût global annuel sans subvention (€TTC/log/an)
Fioul collectif	1 651	1 813	2 110
PAC Coll Géo	852	947	2 022
PAC ind	1 070	1 202	1 787
Elec individuel	1 824	1 847	2 050
Gaz individuel	1 329	1 448	1 769
Gaz individuel cond	1 131	1 298	1 711
Gaz collectif	1 135	1 254	1 554
Gaz collectif cond	969	1 136	1 480
RC < 50% EnRR	1 298	1 388	1 658
RC > 50% EnRR	1 015	1 105	1 375



Pour ces niveaux importants de consommation, on retrouve des ratios moyens part fixe/part variables classiques : de l'ordre de 30 à 40%. Les réseaux de chaleur EnRR et les PAC restent les solutions à plus forte part fixe. L'incitation à la maîtrise de l'énergie y est donc moins importante, mais les usagers sont mieux protégés des hausses des combustibles ou de l'électricité qui seront très pénalisantes pour ces niveaux de consommation.

5.2 Comparaison gaz / réseau de chaleur pour un logement type « parc social moyen »

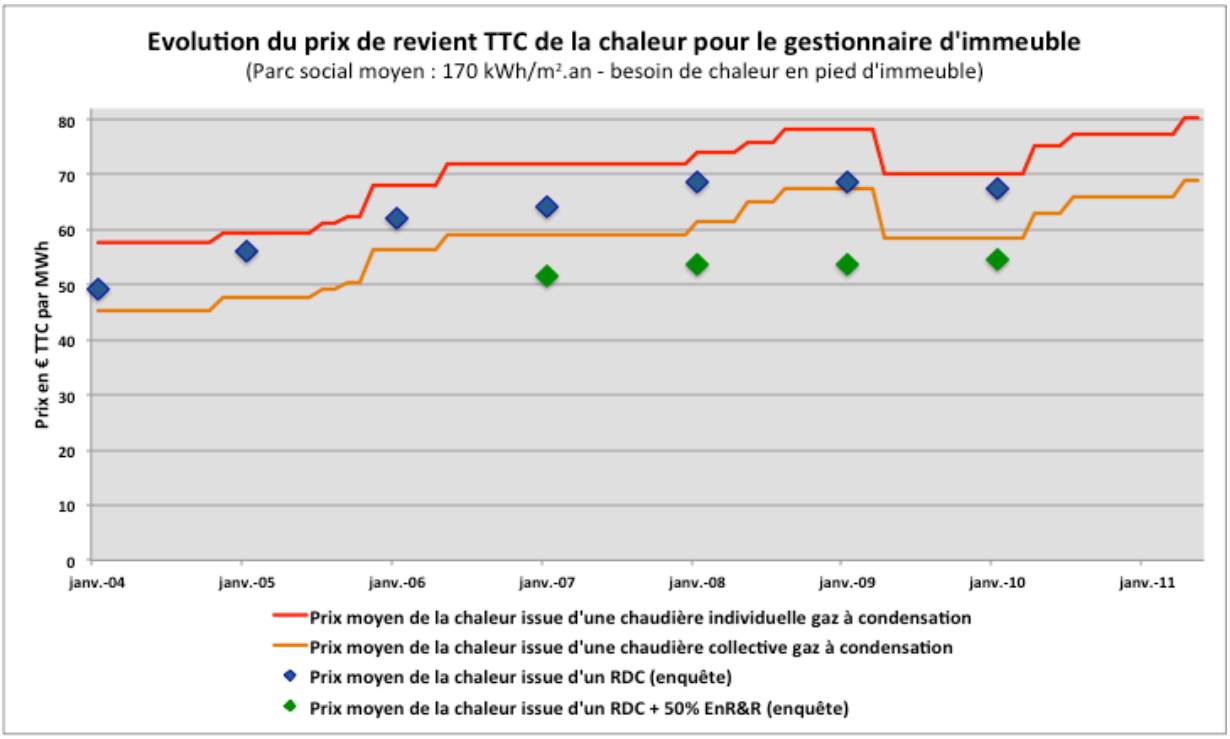
Il s'agit ici de se placer du point de vue d'un bailleur ou d'une copropriété et de comparer le prix de la chaleur livrée par un réseau de chaleur au prix de la chaleur produite par les meilleures solutions gaz. Les modes de production de chaleur comparés sont :

- une sous-station de réseau de chaleur
- une sous-station de réseau de chaleur alimentée à plus de 50% par des EnRR
- une chaufferie gaz individuelle à condensation.
- une chaufferie gaz collective à condensation en pied d'immeuble.

Afin de comparer le prix de vente moyen de la chaleur issue des réseaux de chaleur tel qu'il ressort de l'enquête avec le prix de revient de production de la chaleur à partir du gaz pour l'immeuble sur des bases identiques, nous avons considéré pour le chauffage collectif gaz les quatre composantes suivantes :

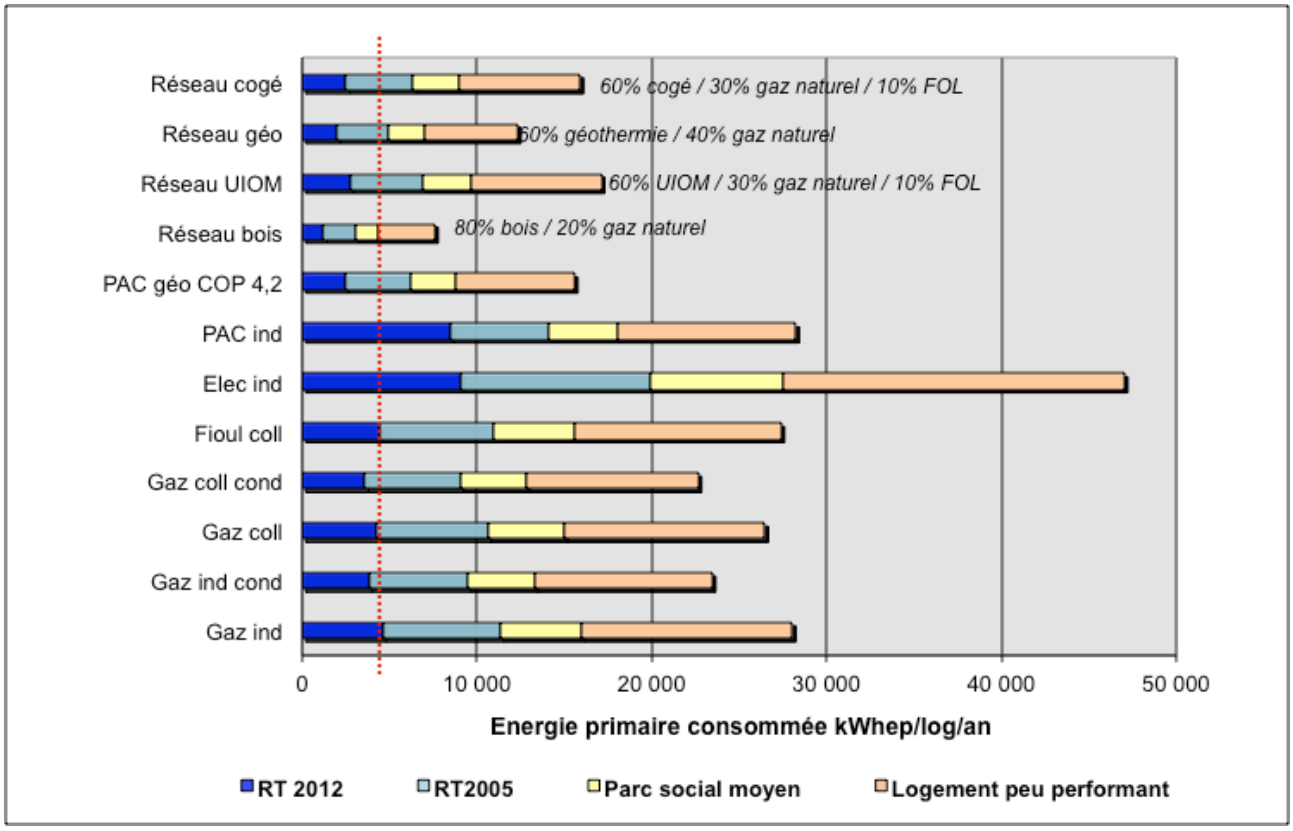
- P1 : abonnement et consommation de gaz, selon le tarif B2S ;
- P'1 : la consommation des auxiliaires de la chaudière (réseau secondaire exclu) ;
- P2 : maintenance de la chaudière collective (réseau secondaire exclu – on considère que dans le cas du réseau de chaleur, la maintenance de la sous-station est à la charge de l'exploitant du réseau et intégrée dans le prix de la chaleur) ;
- P3 : les provisions pour le renouvellement du matériel et les grosses réparations de la chaudière (réseau secondaire exclu) ;
- P4 : seul l'écart d'amortissement entre une chaudière collective et une sous station est pris en compte (l'amortissement du réseau secondaire étant le même dans les deux cas, il n'est pas compté).

Sur les 4 dernières années, on observe une évolution en dents de scie du prix de vente de la chaleur issue du chauffage au gaz alors que le prix de vente de la chaleur issue des réseaux de chaleur suit une progression beaucoup plus stable. Cette stabilité est encore plus marquée pour les réseaux alimentés à plus de 50% d'EnRR. A noter toutefois que cette analyse basée sur le prix moyen de vente de la chaleur des réseaux de chaleur masque les évolutions potentiellement importantes qui ont pu être constatées sur certains réseaux, alimentés notamment par des énergies fossiles.



5.3 Comparaison énergétique

La consommation en énergie primaire est directement proportionnelle à la consommation d'énergie utile pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Le positionnement des différents modes de chauffage, pour un niveau de consommation donné, reste identique au graphique présenté au 3.3.3.2.



On constate que les besoins en énergie primaire non renouvelable d'un logement correspondant au *parc social moyen* (170 kWh/ m^2.an) alimenté par un *Réseau bois* sont équivalents à ceux d'un logement de même superficie mais :

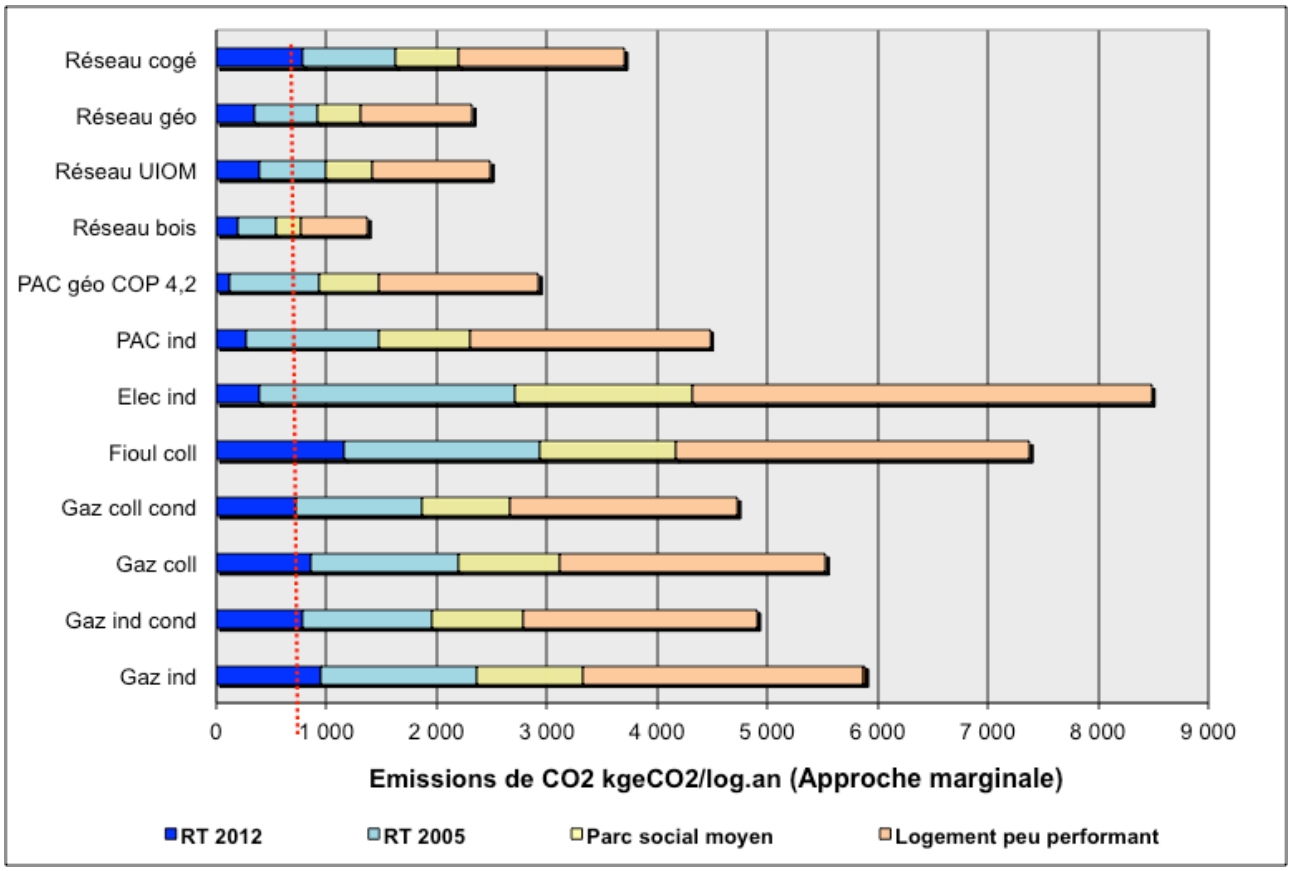
- de performance *RT 2012* et alimenté par une *chaufferie fioul* ou une *chaufferie gaz naturel*,
- de performance *RT 2005* et alimenté par un *Réseau géothermique* ou une *PAC géothermique* présentant en moyenne annuelle un COP de 4,2.

L'impact en énergie primaire pour un logement du *parc social moyen* alimenté par un réseau de chaleur bois est deux fois moins élevé que celui d'un logement *RT 2012* chauffé à l'électricité.

5.4 Comparaison en termes de gaz à effet de serre

Comme pour la comparaison énergétique, le niveau d'émissions de gaz à effet de serre est directement proportionnel à la consommation d'énergie utile pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Le positionnement des différents modes de chauffage, pour un niveau de consommation donné, reste identique au graphique présenté au 3.3.3.3.

On retient le mode de comparaison sur la base du **contenu CO_2 marginal** de l'électricité, à savoir 0,550 kgCO_2/kWh.

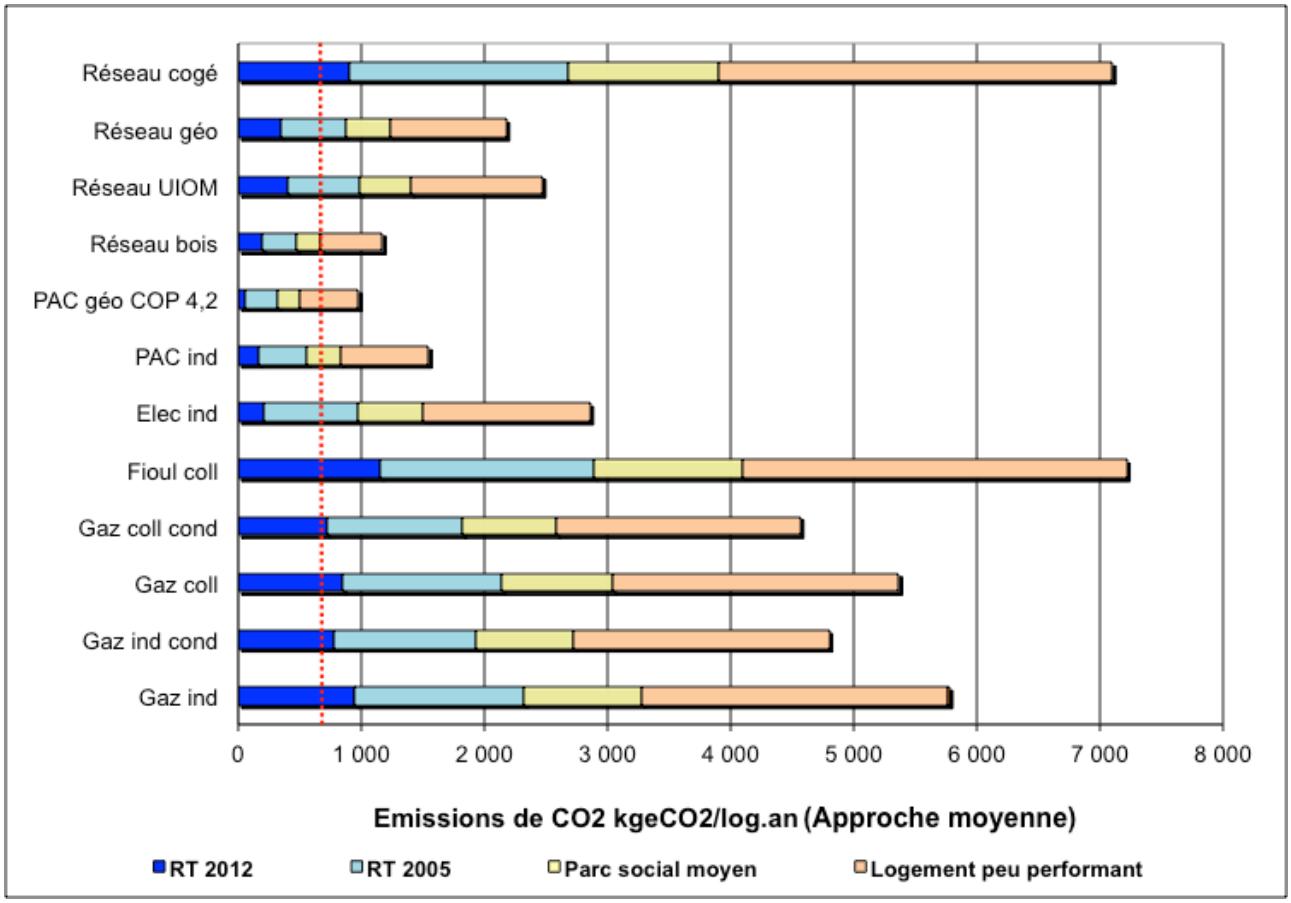


On constate que pour avoir un impact équivalent en termes d'émissions de gaz à effet de serre qu'un logement du *parc social moyen* (170 kWh/ m^2.an) alimenté par un *Réseau bois*[10] le niveau de performance de ce même logement doit être :

- *RT 2012* s'il est alimenté par une *chaufferie au gaz naturel* ou une *chaufferie au fioul*.
- *RT 2005* s'il est alimenté par un *Réseau géo* ou une *PAC géothermique* (COP moyen de 4,2).

[10] A noter que le facteur d'émission amont associé au Réseau bois est fixé à 13g CO_2 / kWh PCI. Cette hypothèse est majorante pour le bilan des réseaux bois car nombreux sont ceux qui sont alimentés par des produits connexes de scierie contenant un facteur d'émission amont inférieur à cette valeur (4 g CO_2 / kWh PCI selon l'étude ADEME / Bio Intelligence Service).

A titre indicatif, voici le graphique précédent réalisé sur la base du **contenu CO_2 moyen** de l'électricité, à savoir 0,180 $kgCO_2/kWh$.



Sans surprise, avec une approche moyenne du contenu CO_2, les solutions électriques présentent un bilan nettement plus avantageux. A noter cependant que les réseaux EnRR restent mieux placés que le chauffage électrique direct. Par exemple, pour atteindre le niveau d'émissions d'un logement *parc social moyen* sur réseau de chaleur bois, la solution chauffage électrique directe doit être appliquée à un logement au niveau *RT 2005*.

6. Evolution des prix de l'énergie et impacts sur la facture de chauffage

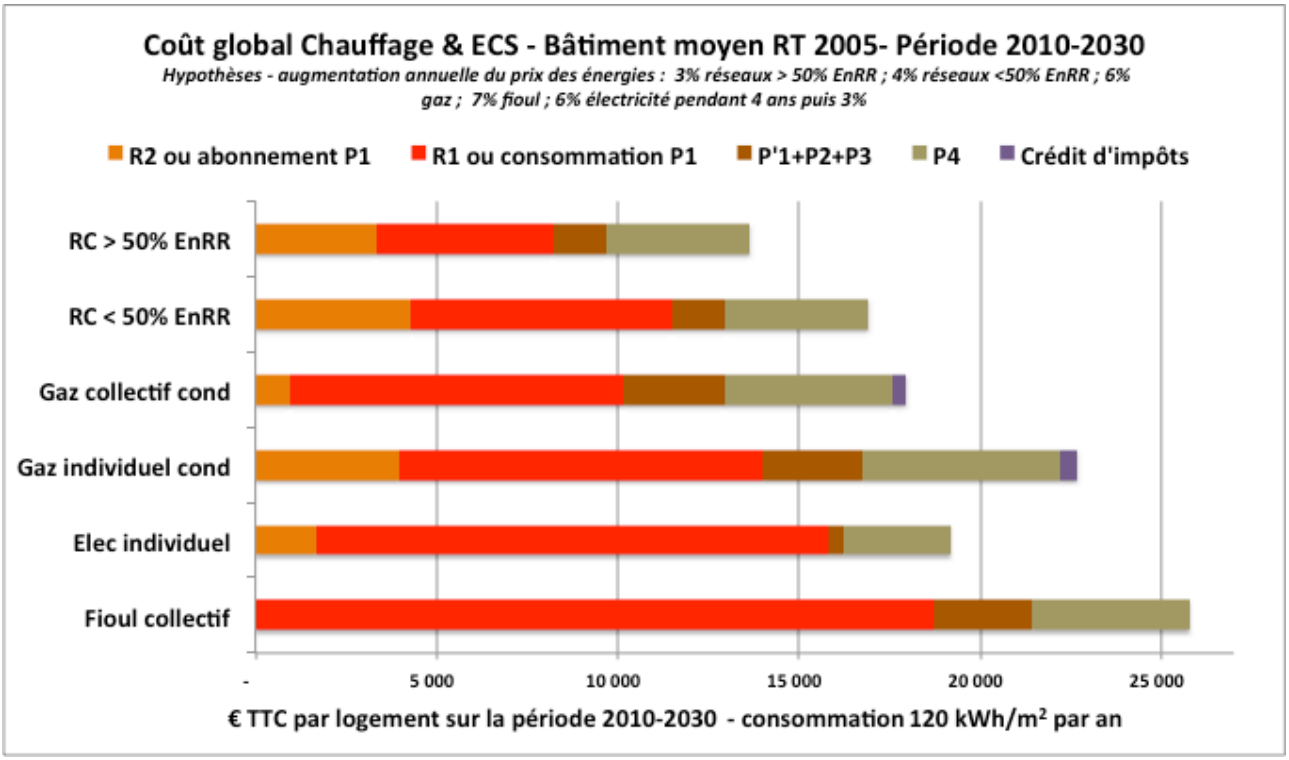
AMORCE étudie le prix de la chaleur issue des réseaux de chaleur depuis plus de 20 ans. Les fortes évolutions sur les prix des énergies ces dernières années nous ont poussé à un exercice de prospective permettant de comparer le coût global des différentes solutions sur le long terme, une telle analyse devant guider les choix des maîtres d'ouvrage. Le choix des hypothèses est particulièrement sensible pour ce type d'analyse. Nous examinerons dans un second temps la sensibilité de l'hypothèse d'augmentation des prix.

Hypothèse :

- Taux d'actualisation : 4%. Dans une optique de développement durable, il conviendrai de choisir un taux d'actualisation au plus égal à l'inflation afin d'attribuer une importance égale à une valeur future et à une valeur présente. Ce taux de 4% fait toutefois l'objet d'un consensus.
- Inflation : 1,5%. Dans ce modèle, l'inflation pèse sur le poste entretien et maintenance.
- Evolution des prix de l'énergie : (en % d'augmentation par an)
  - **4%** pour les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des énergies fossiles.
  - **3%** pour les réseaux majoritairement alimentés par des EnRR. Cette hypothèse se situe un point au dessus de l'évolution des prix observée sur ces réseaux depuis 2007.
  - **6%** sur le prix du gaz naturel.
  - **7%** sur le prix du fioul.
  - **3%** sur le prix de l'électricité à partir de 2016 et **6%** de 2012 à 2016.

Prospective sur le coût global des systèmes de chauffage sur une période de 20 ans

Pour cette simulation, nous nous sommes basé sur le comparatif réalisé dans la partie 5 sur le coût global des différents systèmes de chauffage pour l'année 2010. Nous avons choisi de garder comme référence le logement type RT 2005 à 120 kWh/ m^2.an, relativement représentatif du parc résidentiel moyen sur la période de temps étudiée.

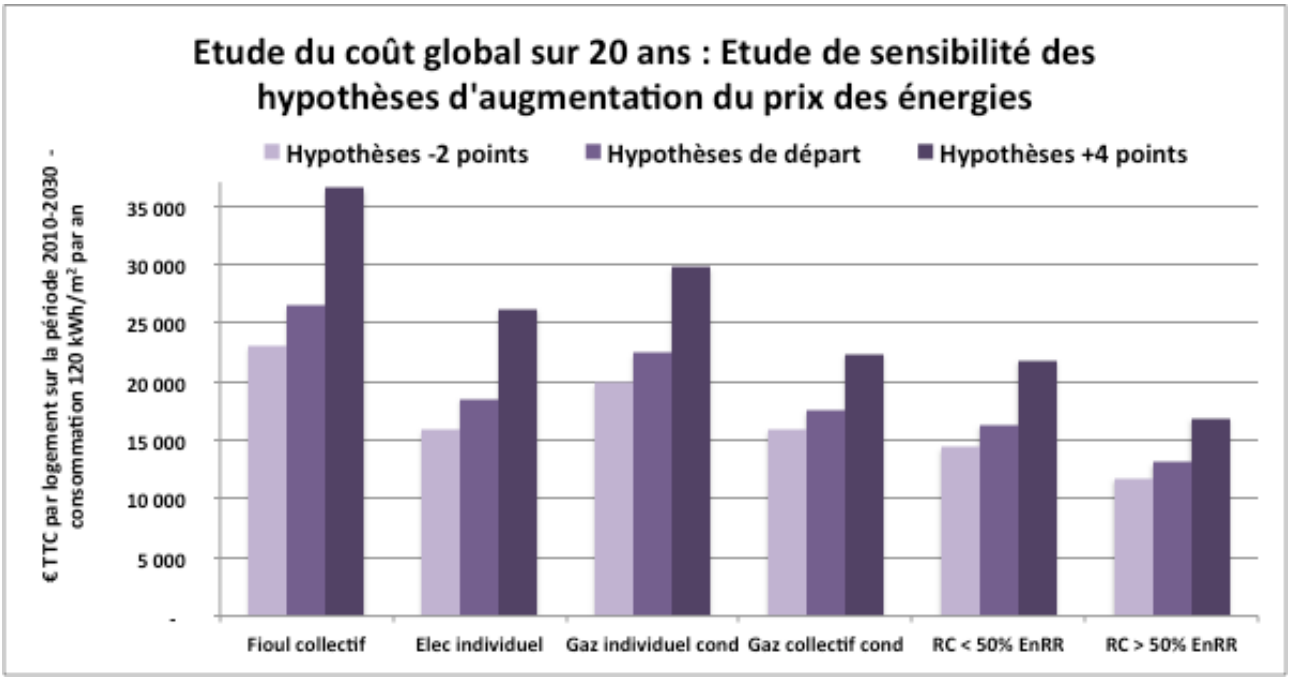


Le graphique illustre bien les évolutions du coût global des différents systèmes de chauffage en prenant en compte l'évolution du prix des énergies selon les hypothèses présentées ci-dessus. Sur une période de 20 ans, les solutions réseaux de chaleur, et plus particulièrement les réseaux EnRR se classent parmi les alternatives les plus économiques. Les systèmes de chauffage avec une part variable importante dans le coût global seront logiquement plus onéreux dans un contexte d'évolution des prix de l'énergie à la hausse.

Etude de sensibilité du modèle aux hypothèses d'évolution des prix.

Nous avons ensuite étudié la sensibilité des hypothèses d'augmentation des prix de l'énergie définies ci-dessus. Nous avons analysé l'impact d'un scénario de faible évolution des prix (-2 points de pourcentage sur les hypothèses de départ), et un scénario de plus forte évolution des prix (+4 points de pourcentage sur les hypothèses de départ).

Au regard des hypothèses choisies, le modèle de faible évolution des prix (-2 points) apparaît comme une alternative très optimiste, alors que le modèle de forte évolution des prix (+4 points) relève presque d'un scénario de rupture, mais qui reste plausible avec une augmentation persistante des consommations d'énergies fossiles au niveau mondial.



Le graphique indique que même avec le scénario de forte augmentation des prix, les solutions réseaux de chaleur restent relativement protégées d'une augmentation du coût du chauffage. D'autres solutions apparaissent bien plus vulnérables au scénario de forte évolution des prix de l'énergie, ainsi pour la solution gaz individuel à condensation, ce scénario amène un surcoût de près de 8 000€ sur 20 ans par rapport aux hypothèses de départ, soit deux à trois fois le prix de la chaudière.

A noter que les évolutions des prix de l'énergie sont fortement atténuées par le taux d'actualisation à 4%. Sans la prise en compte de ce paramètre l'écart entre les différentes solutions de chauffage serait bien plus important.

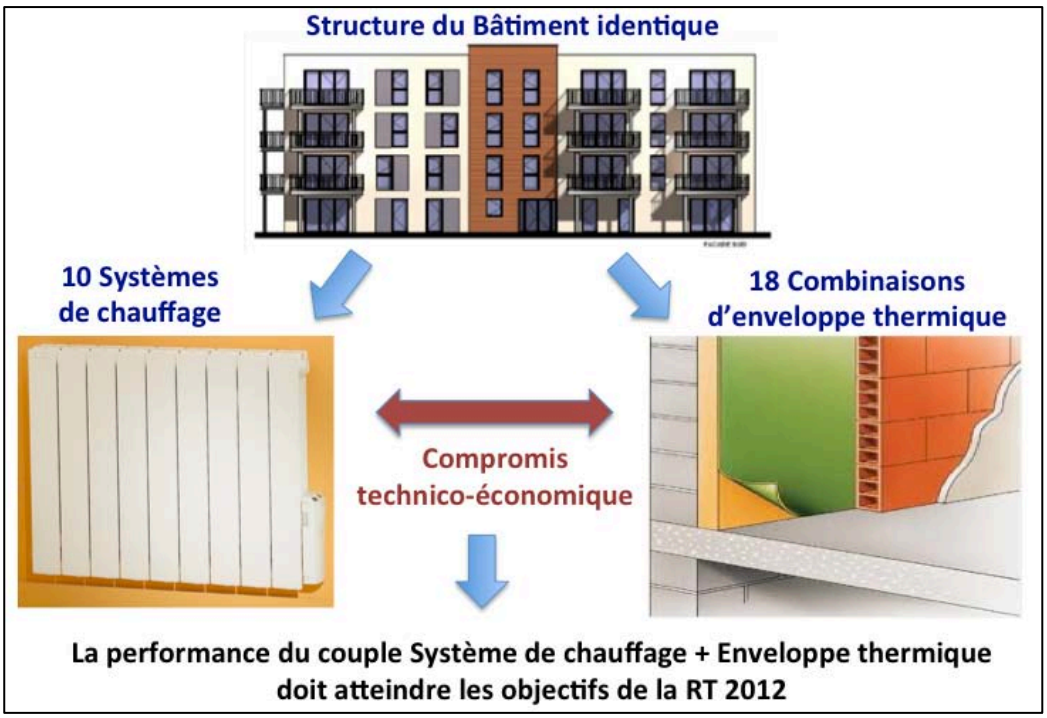
7. Analyse pour les bâtiments RT 2012

Dans cette 7ème partie, on se place du point de vue du maître d'ouvrage du bâtiment et de son maître d'œuvre qui doivent respecter les exigences de la Réglementation thermique 2012[11].

AMORCE a mandaté le bureau d'étude Tribu, spécialiste - notamment - de la RT 2012, pour analyser d'un point de vue technico-économique les différentes solutions de référence pour respecter les nouvelles exigences. L'étude a été réalisée sur un cas type réel d'immeuble collectif. Les précisions sur les différents paramètres sont présentés ci-après et en annexe 2.

Dans cette partie 7, **les performances de l'enveloppe thermique[12] du bâtiment sont ajustées pour chaque mode de chauffage afin de trouver un compromis technico-économique[13] qui permet d'atteindre les objectifs fixés par la RT 2012**.

7.1 Hypothèses



7.1.1 *Le bâtiment type étudié*

L'étude se base sur des calculs menés sur un immeuble représentatif du marché de la construction. Les caractéristiques du bâtiment sont détaillées en annexe 2.
La structure du bâtiment est identique pour chaque système de chauffage. Ainsi, les coûts des éléments communs à toutes les solutions ne sont pas pris en compte dans l'étude : foncier, préparation du terrain, fondations, revêtements de surface intérieure, éclairage, charpente de toiture, serrurerie, ascenseurs, murs intérieurs.

Seuls les coûts des **éléments** (**système de chauffage** et **enveloppe thermique**) **variant** d'une solution à l'autre sont définis et pris en compte dans l'étude.

[11] Exigences portants sur 5 usages : chauffage, ECS, refroidissement, éclairage et auxiliaires

[12] *L'enveloppe thermique* caractérise l'isolation thermique du bâtiment (sous-sol, toiture, murs extérieurs, menuiseries)

[13] Deux éléments participent à la performance énergétique d'un bâtiment :
- Les caractéristiques du bâtiment (orientation, compacité, performance de l'enveloppe...)
- Le système de chauffage (type d'énergie utilisée, système de production et de distribution de chaleur)

Ces deux éléments doivent former un couple de solutions permettant d'atteindre les exigences de la RT 2012. Cela implique que l'on ne réalise pas une simple comparaison des performances des différents systèmes de chauffage puisque, au final, le couple *Enveloppe thermique* + *Système de chauffage* est toujours dimensionné pour atteindre le même objectif.

La RT 2012 appliquée au bâtiment type

La RT 2012, définie par l'arrêté du 26 octobre 2010, établit des performances énergétiques et des caractéristiques thermiques à respecter pour tous les bâtiments neufs[14]. L'ensemble des exigences présentées ici sont relatives aux immeubles d'habitation collectifs et ne sont pas nécessairement applicables aux autres secteurs du bâtiment.

- Les exigences de résultats sont les suivantes :
  - ✓ **Besoin bioclimatique (Bbio)**. Le critère Bbio exprime l'exigence d'efficacité énergétique minimale du bâtiment. Il valorise la conception bioclimatique (implantation, compacité, orientation des baies, éclairage naturel et isolation performante). Le coefficient bioclimatique est sans dimension. Le $Bbio_{max}$, valeur maximale autorisée, est de **72 points**[15] dans le cadre de notre étude. **Le bâtiment doit respecter Bbio < $Bbio_{max}$**
  - ✓ **Consommation d'énergie primaire (Cep)**. La RT 2012 fixe pour objectif une consommation d'énergie primaire pour les 5 usages (chauffage, ECS, rafraichissement, éclairage, auxiliaire) à **50 kWhep/m² par an en moyenne**. Ce niveau de consommation maximum pour les bâtiments neufs est modulé en fonction de plusieurs paramètres (type de bâtiment, localisation géographique, altitude, surface du logement, émissions de GES des énergies utilisées).
    A noter que les immeubles d'habitat collectif dont le permis de construire est déposé avant le 31 Décembre 2014 bénéficient d'une majoration de 7,5 kWhep/m².an sur les valeurs de Cep_{max}. Nous avons appliqué cette disposition dans le cadre de notre étude.
    La Cep_{max} autorisée dans le cadre de notre étude est fixée à **74 kWhep/m².an lorsque le bâtiment est alimenté par un chauffage au gaz ou à l'électricité**[16].
    Lorsque le bâtiment est alimenté par un système de chauffage faiblement émetteur de CO_2 (le plus souvent un réseau de chaleur utilisant des énergies renouvelables ou de récupération), il bénéficie d'un coefficient de modulation autorisant de consommer un peu plus d'énergie. Trois classes de chauffage vertueux sont définies dans la RT 2012, permettant de bénéficier d'un coefficient de modulation de 10%, 20% ou 30% par rapport à la Cep_{max}. **Selon que le bâtiment soit alimenté par un système de chauffage émettant moins de 150 g CO_2/kWh** ou moins de **100 g CO_2/kWh** ou moins de **50 g CO_2/kWh,** la Cep_{max} autorisée dans le cadre de notre étude est ainsi respectivement de **80,1 kWh/m².an** ou **85,8 kWh/m².an** ou **91,6 kWh/m².an**. **Le bâtiment doit respecter Cep < Cep_{max}**
  - ✓ **Confort d'été (Tic)**. Ce critère expose les exigences sur la température intérieure atteinte au cours d'une séquence de 5 jours chauds.
- Des exigences de moyens (énergies renouvelables, étanchéité à l'air de l'enveloppe, accès à l'éclairage naturel), viennent renforcer les exigences de résultat.

Dans le cadre de la RT 2012, il est **nécessaire de raisonner globalement**, en considérant une structure (type) de bâtiment couplée à une enveloppe thermique et alimenté par un système de chauffage. Afin de réaliser notre analyse sur les comparatifs de différents systèmes de chauffage pour les bâtiments RT 2012, nous avons raisonné avec une structure de bâtiment identique.

Pour chaque système de chauffage (caractérisé par un niveau de performance, une consommation d'énergie primaire et des émissions de CO_2) **nous avons attribué une solution d'enveloppe thermique** (caractérisé par un niveau de performance) **permettant d'atteindre les objectifs de la RT 2012 au moindre coût d'investissement pour le maître d'ouvrage.**

---

[14] Obligation en vigueur depuis le 28 Octobre 2011 pour les bâtiments d'habitation situés en zone ANRU et à partir du 1er janvier 2013 pour tous les autres bâtiments d'habitation (date de dépôt de permis de construire)

[15] Bio_{max} = $Bbio_{maxmoyen}$ x (Coeff géographique + Coeff altitude + Coeff Surface) avec $Bbio_{maxmoyen}$ = 60
soit Bio_{max} = 60 x (1,2 + 0 + 0) = 72 points

[16] Cep_{max} = (50 + 7,5) x Coeff type de bâtiment x (Coeff géographique + Coeff altitude + Coeff Surface + Coeff GES)
avec Coeff géographique de 1,2 pour la zone H1a et Coeff Surface de 0,09 pour une surface par logement de 65 m²
soit Cep_{max} = 57,5 x 1 x (1,2 + 0 + 0,09 + 0) = 74,3 kWh / m².an avec un coefficient GES égal à 0. La prise en compte d'un coefficient GES de 0,1 ou 0,2 ou 0,3 entraine respectivement une Cep_{max} de 80,1 ou 85,8 ou 91,6 kWh / m².an

7.1.2 Les modes de chauffage

Les modes de chauffage aux combustibles fossiles :

- **Gaz ind cond** : chaudière à condensation au gaz naturel individuelle par appartement.
- **Gaz coll cond** : chaudière à condensation au gaz naturel en pied d'immeuble, chauffage collectif.
- **Gaz coll cond + solaire ECS** : chaudière à condensation au gaz naturel en pied d'immeuble, chauffage collectif + solaire thermique pour production d'eau chaude sanitaire.

Les modes de chauffage à base d'électricité :

- **Elec ind + ECS ind** : chauffage électrique individuel à panneaux rayonnants + Ballon thermodynamique individuel sur air extérieur pour l'ECS.
- **Elec ind + ECS coll PAC**: chauffage électrique individuel à panneaux rayonnants + Production collective d'ECS via une PAC sur air extrait.
- **PAC géo**[17] : pompe à chaleur collective géothermique eau/eau de COP 4,2 (valeur moyenne annuelle).

Le chauffage sur réseaux de chaleur :

- **RC > 150g CO_2/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO_2 est supérieur à 150g CO_2/kWh.
- **RC < 150g CO_2/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO_2 est inférieur à 150g CO_2/kWh.
  Exemple : Bouquet énergétique du réseau composé de 40% d'EnRR et 60% de gaz.
- **RC < 100g CO_2/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO_2 est inférieur à 100g CO2/kWh.
  Exemple : Bouquet énergétique du réseau composé de 60% d'EnRR et 40% de gaz.
- **RC < 50g CO_2/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO_2 est inférieur à 50g CO_2/kWh.
  Exemple : Bouquet énergétique du réseau composé de 80% d'EnRR et 20% de gaz.

Deux autres solutions ont été étudiées, mais à l'heure de rédaction de ce document, le logiciel RT 2012 utilisé pour ce travail (version v1.1.4. de l'outil Maestro du CSTB) ne permettait pas d'établir des résultats définitifs. Les premières simulations réalisées montrent des résultats intéressants sur ces deux systèmes. Sous réserve de leur bonne prise en compte dans les prochaines versions du logiciel, ces deux systèmes seront donc intégrés dans l'enquête 2011 :

- **PAC ind :** pompe à chaleur individuelle sur air extrait. PAC 3 en 1, système « TZEN » qui assure chauffage, ECS et la ventilation mécanique.
- **PAC abso gaz** : pompe à chaleur collective à absorption gaz. Appoint par chaudière gaz à condensation. Production ESC collective par PAC absorption.

Les coûts indiqués dans l'étude sont en € TTC fourni/posé par logement. Ils correspondent uniquement aux éléments variant d'une solution à l'autre. Les données techniques sur chaque système de chauffage sont détaillées en annexe 2.

7.1.3 Les prestations sur le bâti :

Plusieurs solutions techniques concernant l'enveloppe thermique ont été définies :

- 4 niveaux d'isolation thermique par l'intérieur et 3 niveaux par l'extérieur
- 4 niveaux d'isolation du sous-sol
- 3 niveaux d'isolation de la toiture terrasse

A partir de ces prestations, 18 combinaisons d'enveloppe ont été obtenues afin de sélectionner le meilleur compromis technico-économique pour chaque système de chauffage.
Les coûts indiqués dans l'étude sont en € TTC fourni/posé par logement. Ils correspondent uniquement aux éléments variant d'une solution à l'autre. Les prestations sur le bâti sont détaillées en annexe 2.

[17] Dans la version V1.1.4 du logiciel utilisée, la production d'ECS par PAC géothermique n'est pas prise en compte. Le Titre V relatif à la prise en compte de la production d'ECS par PAC pour la RT2005 a été utilisé pour déterminer les performances de la PAC en fonctionnement ECS dans le cadre de la RT2012.

7.2 Comparatif des systèmes de chauffage permettant d'atteindre la RT 2012

7.2.1 *Construction du couple Système de chauffage + Enveloppe*

Pour chaque système de chauffage, on a choisi l'enveloppe thermique la moins onéreuse qui permet de respecter à la fois :

- **Le critère de performance du bâti : Bbio < $Bbio_{max}$**
- **le critère de performance globale Cep < Cep_{max}**

Le tableau ci-dessous récapitule les couples de solutions optimales *Système de chauffage + Enveloppe thermique* permettant d'atteindre les objectifs fixés par la RT 2012.

Système de chauffage	Combinaison enveloppe thermique	Objectifs		Résultats		Performance		Investissement		
		Cep max	Bbio max	Cep	Bbio	Cep/ Cep max	Bbio / Bbio max	Invest bâti € TTC/lgt	Invest système € TTC/lgt	Invest total € TTC/lgt
Gaz ind cond	**1**	74	72	**70**	**60**	6%	17%	11 135	6 531	**17 666**
Gaz coll cond	**4**	74	72	**73**	**53**	1%	26%	12 235	7 380	**19 615**
Gaz coll cond + solaire ECS	**1-**	74	72	**61**	**71**	17%	1%	10 087	8 400	**18 487**
Elec ind + ECS ind	**16+**	74	72	**71**	**40**	4%	45%	17 049	5 200	**22 249**
Elec ind + ECS coll PAC	**16+**	74	72	**74**	**40**	1%	45%	17 049	3 370	**20 419**
PAC géo coll	**2**	74	72	**74**	**57**	1%	20%	11 241	9 475	**20 716**
RC > 150g CO_2 / kWh	**2**	74	72	**74**	**57**	1%	20%	11 241	5 805	**17 046**
RC <150g CO_2 / kWh	**1**	80	72	**75**	**60**	6%	17%	11 135	5 805	**16 940**
RC <100g CO_2 / kWh	**1-**	86	72	**81**	**71**	5%	1%	10 087	5 805	**15 892**
RC <50g CO_2 / kWh	**1-**	92	72	**81**	**71**	11%	1%	10 087	5 805	**15 892**

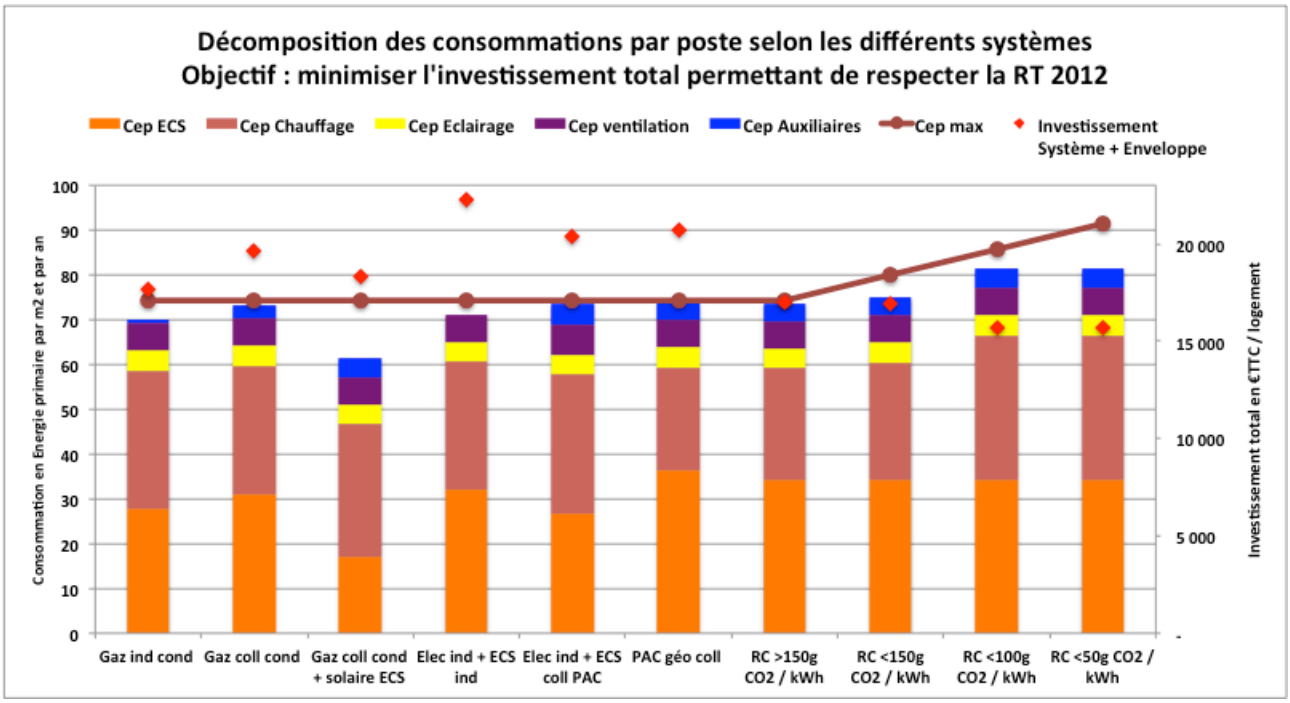
La combinaison d'enveloppe thermique utilisée pour la *chaudière à condensation au gaz avec ECS solaire* et les *réseaux de chaleur faiblement émetteurs de CO_2* (contenu $C0_2$ inférieur à 100 g CO_2/kWh), ne peut être davantage dégradée au regard du critère $Bbio_{max}$; c'est l'enveloppe thermique la moins performante du panel (1-).

A l'opposé, la combinaison d'enveloppe thermique associée aux solutions de chauffage électrique par effet joule permet tout juste de remplir l'objectif Cep_{max} pour ces systèmes de chauffage. C'est l'enveloppe thermique la plus performante du panel (16+).

Le graphique ci-après représente les niveaux de consommation d'énergie primaire selon les postes de la RT 2012 pour chaque couple *Système de chauffage + Enveloppe thermique*. La somme des consommations d'énergie primaire (Cep) des 5 postes doit être inférieure au niveau de consommation d'énergie primaire maximum (Cep_{max}).

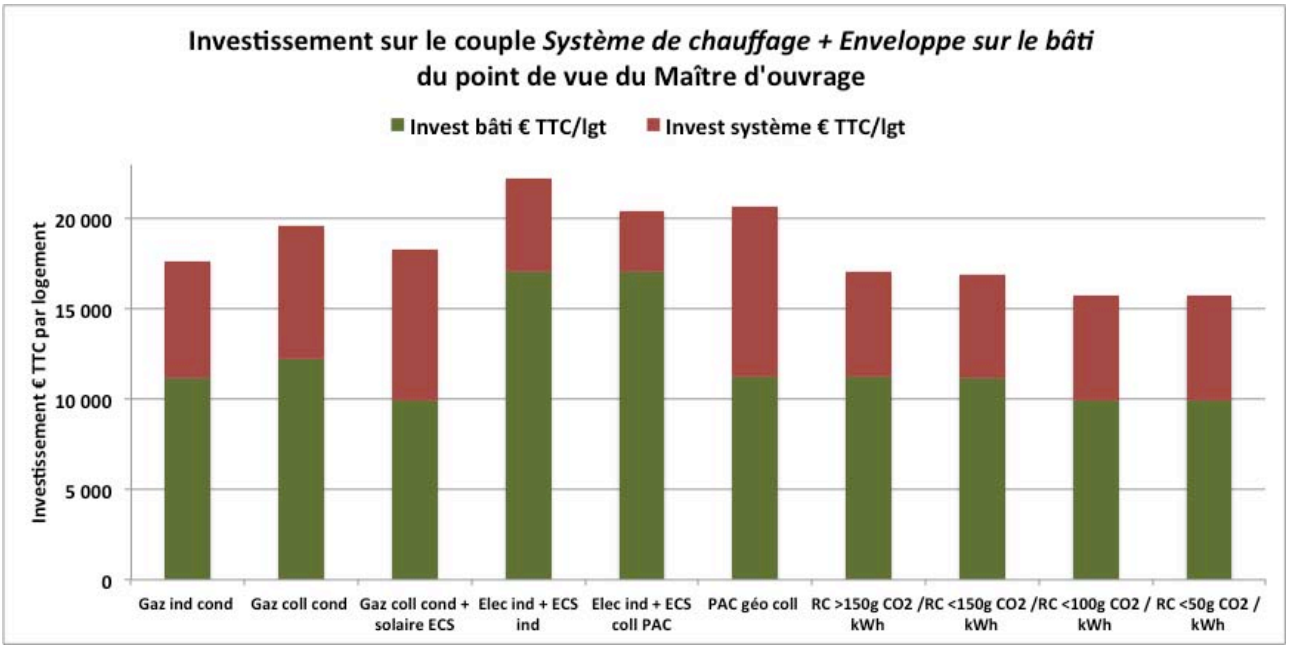
Pour la solution *gaz à condensation couplée à une production d'ECS solaire*, la part du solaire dans la production d'ECS est sortie du bilan, ce qui explique le niveau faible de consommation sur ce poste.

Les losanges rouges sur le graphique correspondent au niveau d'investissement du couple *Système de chauffage + Enveloppe thermique* permettant l'atteinte des objectifs RT 2012. Le deuxième graphique de la page suivante détaille la répartition de l'investissement entre *Système de chauffage* et *Enveloppe thermique*.



Les réseaux de chaleur vertueux bénéficiant d'un coefficient de modulation sur la consommation d'énergie primaire (au sens de la RT 2012) sont autorisés à présenter un niveau de consommation légèrement plus élevé. Le niveau de consommation de ces réseaux vertueux n'atteint pas le niveau maximum (Cep_{max}) car les combinaisons d'enveloppes thermiques sont caractérisées par des paliers qui ne permettent pas toujours de se rapprocher au maximum de la limite autorisée.

Le graphique ci-dessous représente le niveau d'investissement correspondant à chaque couple de solution *Système de chauffage + Enveloppe thermique.* Pour rappel, les coûts présentés ci-dessous correspondent uniquement aux éléments variant d'une solution à l'autre.



Les systèmes de chauffage les plus onéreux en coût d'investissement sont le chauffage au gaz à condensation avec ECS solaire et la PAC géothermique.

A l'opposé, on retrouve les équipements de chauffage électrique par effet joule qui sont les moins chers mais qui nécessitent les investissements les plus élevés sur l'enveloppe thermique.

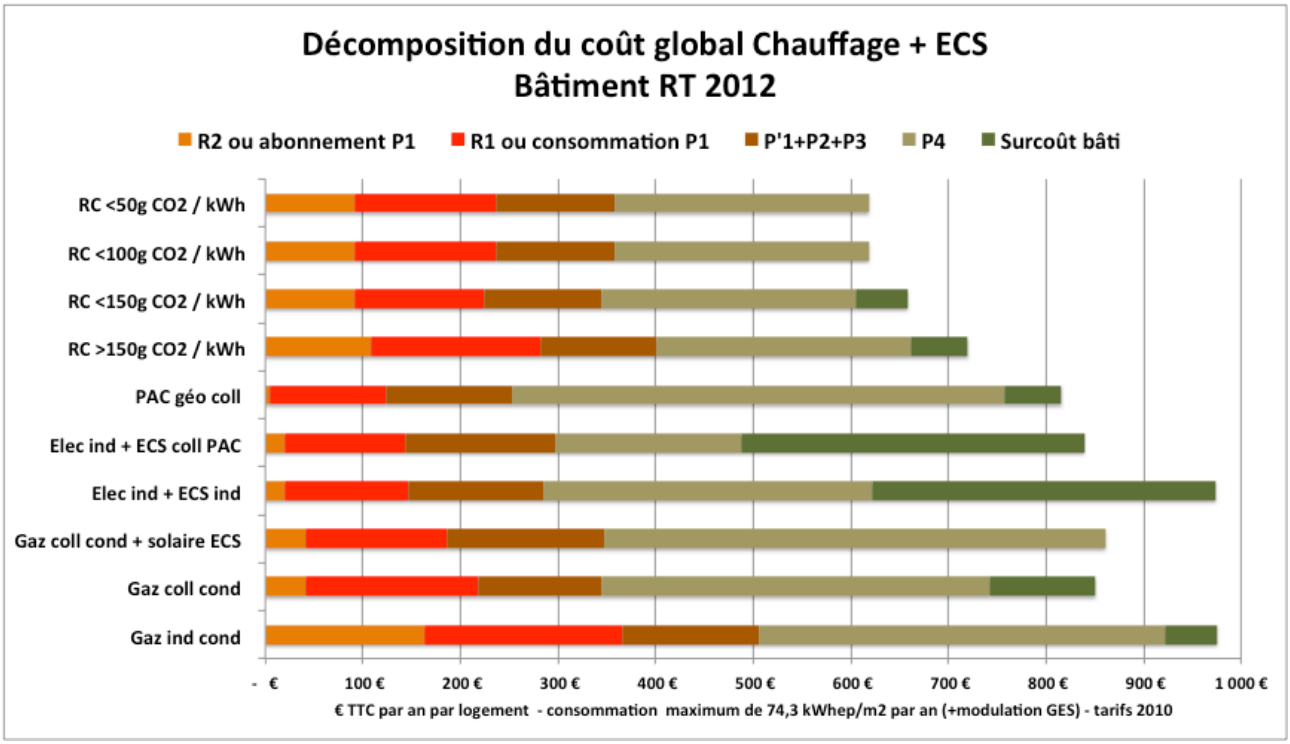
De façon globale, **les solutions réseaux de chaleur représentent l'investissement total « système + enveloppe » le moins élevé pour le maître d'ouvrage**.

7.2.2 *Analyse en coût global*

Nous avons étudié le coût global pour chaque couple *Système de chauffage + Enveloppe thermique* qui inclut les mêmes postes de dépense que pour les bâtiments existants (Abonnement + Consommation + Entretien et maintenance + Amortissement) auxquels on a ajouté le surcoût éventuel sur la construction de l'enveloppe pour respecter la RT 2012.

Les solutions *Réseau de chaleur faiblement émetteurs de CO2* (inférieurs à 50 et 100 g CO_2/ kWh) et *Chaudière à condensation au gaz naturel combiné à du solaire thermique pour l'ECS* sont les solutions les moins chères en coût sur le bâti (enveloppe thermique 1-). Ces trois solutions sont caractérisées par un coefficient Bio qui atteint presque la limite maximale, $Bbio_{max}$, fixée par la RT (« garde fou » de la réglementation pour s'assurer que l'enveloppe du bâtiment reste de bonne qualité thermique, quel que soit le système de chauffage retenu). L'Enveloppe thermique de ces solutions sert de référence pour calculer le surinvestissement (surcoût bâti) nécessaire sur l'enveloppe pour respecter la RT 2012 avec les autres systèmes de chauffage.

Le graphique ci-après présente le coût global[18] chauffage et ECS pour les bâtiments soumis à la RT 2012. D'une façon générale, on constate la faible part de la facture énergétique (aux prix actuels de l'énergie) sur ces nouvelles constructions au regard des investissements consentis pour une bonne performance énergétique.



Les modes de chauffage électrique par effet joule présentent la facture énergétique (Abonnement P1 ou R2 + Consommation P1 ou R1) la plus faible car d'une part l'abonnement est faible (différence entre un abonnement 9 kVA et un abonnement 6 kVA) et d'autre part le niveau de consommation d'énergie finale est plus faible que les autres (pour compenser le coefficient 2,58 d'énergie primaire de l'électricité). Toutefois, ces solutions de chauffage électrique impliquent un surinvestissement conséquent sur l'enveloppe qui se répercute lourdement sur le coût global.

[18] Bien que cette partie traite des bâtiments neufs soumis à la RT 2012, les coûts associés à chaque couple de solution *Système de chauffage* + *Enveloppe thermique* du bâtiment sont liés aux prix de l'année 2010.

Les ***chaudières individuelles au gaz*** *naturel à condensation*, fréquemment plébiscitées par le marché actuel de la construction, s'avèrent en réalité être la **solution la moins compétitive tant au niveau de la facture énergétique que du coût global**. Les solutions collectives au gaz naturel apparaissent plus compétitives puisqu'elles présentent une facture totale comparable aux réseaux de chaleurs vertueux mais se positionnent parmi les alternatives les plus couteuses en coût global. Il est intéressant de noter que les ***chaudières collectives au gaz*** *naturel à condensation* présentent les **mêmes niveaux de facture totale et de coût global** qu'elles soient associées ou non à un *système de production d'eau chaude sanitaire solaire*. Ce double rapprochement s'explique d'une part car la baisse des consommations de gaz sur le système équipé d'ECS solaire est rattrapée par un coût de maintenance plus élevé et d'autre part car l'amortissement du surcoût de l'installation solaire est compensé par l'amortissement du surinvestissement sur l'enveloppe thermique pour la solution sans apport d'ECS solaire.

La prise en compte des postes P4 et «surcoût bâti» permet de comparer les systèmes en coût global, le seul indicateur représentatif de l'ensemble des coûts liés au système de chauffage à même de pouvoir établir des comparaisons sur le long terme et dans une approche globale. **Les réseaux de chaleur, particulièrement les réseaux faiblement émetteurs de CO2, se classent en moyenne comme les solutions les plus compétitives en coût global**[19]. Ce résultat montre que le raccordement d'un bâtiment basse consommation sur un réseau de chaleur existant ne devrait pas poser de difficulté en termes de pertinence économique du point de vue du maître d'ouvrage[20].

	Facture énergétique (€TTC/log/an)	Facture totale (€TTC/log/an)	Coût global (€TTC/log/an)
Gaz ind cond	365	506	975
Gaz coll cond	218	345	850
Gaz coll cond + solaire ECS	187	347	861
Elec ind + ECS ind	146	285	974
Elec ind + ECS coll PAC	143	297	839
PAC géo coll	124	253	816
RC >150g CO_2 / kWh	282	401	720
RC <150g CO_2 / kWh	224	345	658
RC <100g CO_2 / kWh	237	358	618
RC <50g CO_2 / kWh	237	358	618

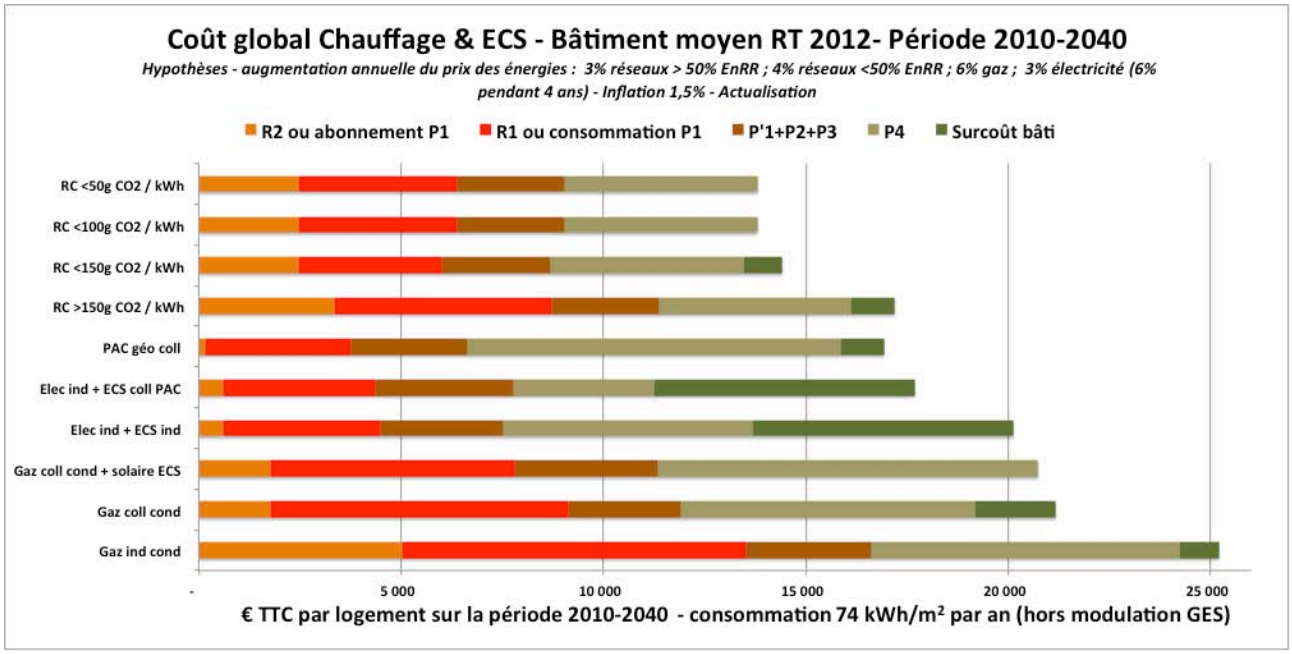
Pour rappel, cette analyse concerne la RT 2012 pour la période de transition avec un niveau de consommation d'énergie primaire maximale (Cep_{max}) relevé de 7,5 kWh/m^2.an. Après cette période de transition, l'effort sur le bâti sera plus important, particulièrement pour les solutions effet joule qui devront surmonter un coût marginal sur l'enveloppe plus conséquent.

[19] A noter que ce résultat est obtenu à partir du prix moyen de la chaleur pour les réseaux alimentés à plus de 50% par des EnRR pour les réseaux affichant un contenu CO2 inférieur à 150 g/kWh. Les écarts entre filières peuvent varier d'un réseau à l'autre.

[20] Les coûts du réseau étant mutualisés sur l'ensemble des clients, l'arrivée de quelques bâtiments basse consommation ne remet en effet pas en question l'équilibre économique d'un grand réseau de chaleur. La question se pose différemment pour la création d'un réseau de chaleur dédié à un quartier nouveau à basse consommation (voir étude Amorce Ref RCE 12 sur le sujet).

7.2.3 Analyse en coût global sur 30 ans

L'analyse en coût global sur 30 ans des différents couples de solutions *Système de chauffage + Enveloppe thermique* a été réalisée avec les mêmes hypothèses que pour l'analyse en cout global concernant les bâtiments existants (cf. Partie 6). L'objectif est de pouvoir comparer le coût global des différents modes de chauffage pour les bâtiments RT 2012 sur le long terme.



La nouvelle réglementation thermique RT 2012, en imposant un effort accru sur l'enveloppe thermique des bâtiments, permet de ramener le montant de la facture énergétique à seulement un tiers du coût global chauffage en moyenne.

On retrouve les mêmes tendances dans cette analyse sur le long terme que pour l'analyse sur une année de fonctionnement. **Les réseaux de chaleur vertueux apparaissent bien en moyenne comme la solution la plus compétitive en coût global.**

La modulation de l'exigence de consommation accordée dans la RT 2012 aux bâtiments raccordés à un réseau de chaleur faiblement émetteur de CO_2 apparaît particulièrement adaptée au regard de ces résultats. En effet, cette analyse en coût global montre que, même sur trente ans, le surcoût engendré sur les factures d'énergie est largement compensé par un niveau d'investissement initial bien plus faible. Ainsi, le système « production de chaleur + enveloppe thermique » des bâtiments alimentés par un réseau vertueux présente le meilleur bilan économique global. Ce rehaussement des consommations à la marge ne remet par ailleurs pas en cause le très bon positionnement des réseaux de chaleur vertueux sur les critères environnementaux (cf. Partie 5.3 et 5.4) et doit inciter les maîtres d'ouvrages à s'orienter vers les labels de performance de la RT2012.

7.3 Comparatif des systèmes de chauffage permettant d'atteindre le label Effinergie+

Le label Effinergie+ appliqué au bâtiment type

Le label Effinergie+ mis en place par l'association Effinergie en janvier 2012 vient récompenser les bâtiments dont le niveau de performance dépasse de 20% les exigences de la RT 2012[21]. Les exigences de résultats sont les suivantes :

- ✓ **Besoin bioclimatique (Bbio)**. Le critère Bbio exprime l'exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti. Le coefficient Bbio maximum autorisée dans le cadre de notre étude pour atteindre le label effinergie+ est fixé à 57,6 points[22].
  Le bâtiment doit respecter Bbio < $Bbio_{max\ Effinergie+}$
- ✓ **Consommation d'énergie primaire (Cep)**.
  La $Cep_{max\ Effinergie+}$ autorisée dans le cadre de notre étude afin d'atteindre le label Effinergie+ est fixée à **58,2 kWhep/m² par an lorsque le bâtiment est alimenté par un chauffage au gaz ou à l'électricité**[23].
  A noter que pour atteindre le label Effinergie+, les bâtiments dont le permis de construire est déposé avant le 31 Décembre 2014 bénéficient d'une valeur initiale de la Cep_{max} fixée à 45 kWh/m^2 par an (contre 40 kWh/m^2 par an après cette date).
  Selon que le bâtiment soit alimenté par un système de chauffage émettant moins de 150 g CO_2/kWh ou moins de **100 g CO_2/kWh** ou moins de **50 g CO_2/kWh,** la $Cep_{max\ Effinergie+}$ autorisée dans le cadre de notre étude est fixée respectivement à **62,7 kWh/m^2.an** ou **67,2 kWh/m^2.an** ou **71,7 kWh/m^2.an**[24].
  Le bâtiment doit respecter Cep < $Cep_{max\ Effinergie+}$

A noter que les combinaisons d'enveloppe thermique qui ont été définies dans cette étude ont été avant tout calibrées afin d'atteindre les objectifs RT 2012. Les meilleures solutions d'enveloppe thermique existantes sur le marché ne sont répertoriées, ce qui explique que certains systèmes de chauffage ne puissent pas atteindre le label Effinergie+ dans cette étude.

7.3.1 Construction du couple Système de chauffage + Enveloppe

Pour chaque système de chauffage, on a choisi l'enveloppe thermique la moins onéreuse qui permet de respecter :

- Bbio < $Bbio_{max\ Effinergie+}$
- Cep < $Cep_{max\ Effinergie+}$

Le tableau ci-dessous récapitule les couples de solutions optimales *Système de chauffage + Enveloppe thermique* permettant d'atteindre le label Effinergie+.

---

[21] Règles techniques applicables aux bâtiments neufs faisant l'objet d'une demande de label Effinergie+. Janvier 2012.

[22] $Bbio_{max\ Effinergie+}$ < 0,8 x $Bbio_{maxmoyen}$ x (Coeff géographique + Coeff altitude + Coeff Surface) avec $Bbio_{maxmoyen}$ =60
soit $Bbio_{max\ Effinergie+}$ = 0,8 x 60 x (1,2 + 0 + 0) = 57,6 points

[23] $Cep_{max\ Effinergie+}$ = 45 x Coeff type de bâtiment x (Coeff géographique + Coeff altitude + Coeff Surface + Coeff GES)
soit $Cep_{max\ Effinergie+}$ = 45 x 1 x (1,2 + 0 + 0,09 + 0) = 58,2 kWh / m^2.an

[24] soit $Cep_{max\ Effinergie+}$ = 45 x 1 x (1,2 + 0 + 0,09 + 0,3) = 71,7 kWh / m^2.an pour les bâtiments alimentés par un système de chauffage dont le contenu CO_2 est inférieur à 50g CO_2 / kWh.

soit $Cep_{max\ Effinergie+}$ = 45 x 1 x (1,2 + 0 + 0,09 + 0,2) = 67,2 kWh / m^2.an pour les bâtiments alimentés par un système de chauffage dont le contenu CO_2 est inférieur à 100g CO_2 / kWh.

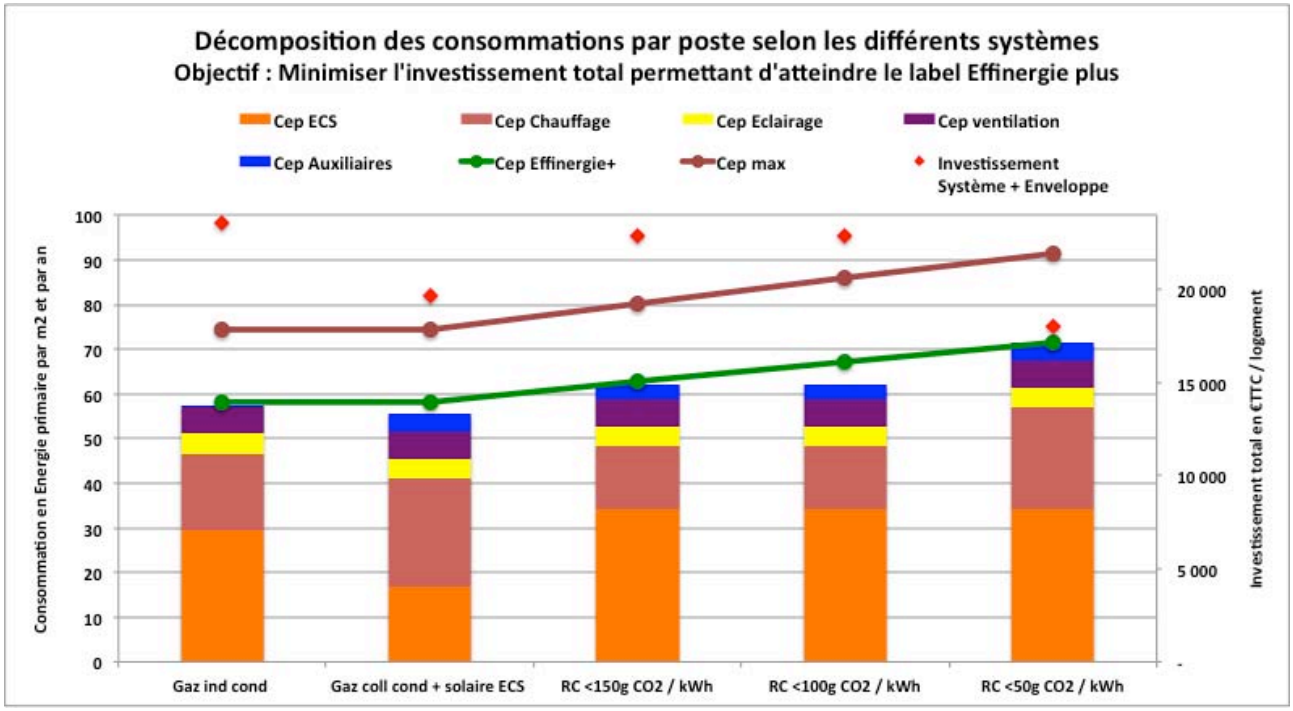
soit $Cep_{max\ Effinergie+}$ = 45 x 1 x (1,2 + 0 + 0,09 + 0,1) = 62,7 kWh / m^2.an pour les bâtiments alimentés par un système de chauffage dont le contenu CO_2 est inférieur à 150g CO_2 / kWh.

	Combinaison enveloppe thermique	Objectifs		Résultats		Performance		Investissement		
		Cep Effinergie +	Bbio Effinergie +	Cep	Bbio	Cep/ Cep Effinergie+	Bbio/ Bbio Effinergie+	Invest bâti € TTC/lgt	Invest système € TTC/lgt	Invest total € TTC/lgt
Gaz ind cond	**16+**	58	58	**58**	**40**	1%	31%	17 049	6 531	**23 580**
Gaz coll cond + solaire ECS	**2**	58	58	**55**	**57**	5%	0%	11 241	8 400	**19 641**
RC <150g CO2 / kWh	**16+**	63	58	**62**	**40**	1%	31%	17 049	5 805	**22 854**
RC <100g CO2 / kWh	**16+**	67	58	**62**	**40**	8%	31%	17 049	5 805	**22 854**
RC <50g CO2 / kWh	**4**	72	58	**71**	**53**	0%	8%	12 235	5 805	**18 040**

Sur les 10 systèmes de chauffage étudiés seuls 5 parviennent à atteindre le label Effinergie+ avec les 18 combinaisons thermiques retenues sur l'analyse. Cela ne signifie pas que les autres solutions ne peuvent pas atteindre le label, mail il leur faudrait des enveloppes thermiques encore plus performantes.

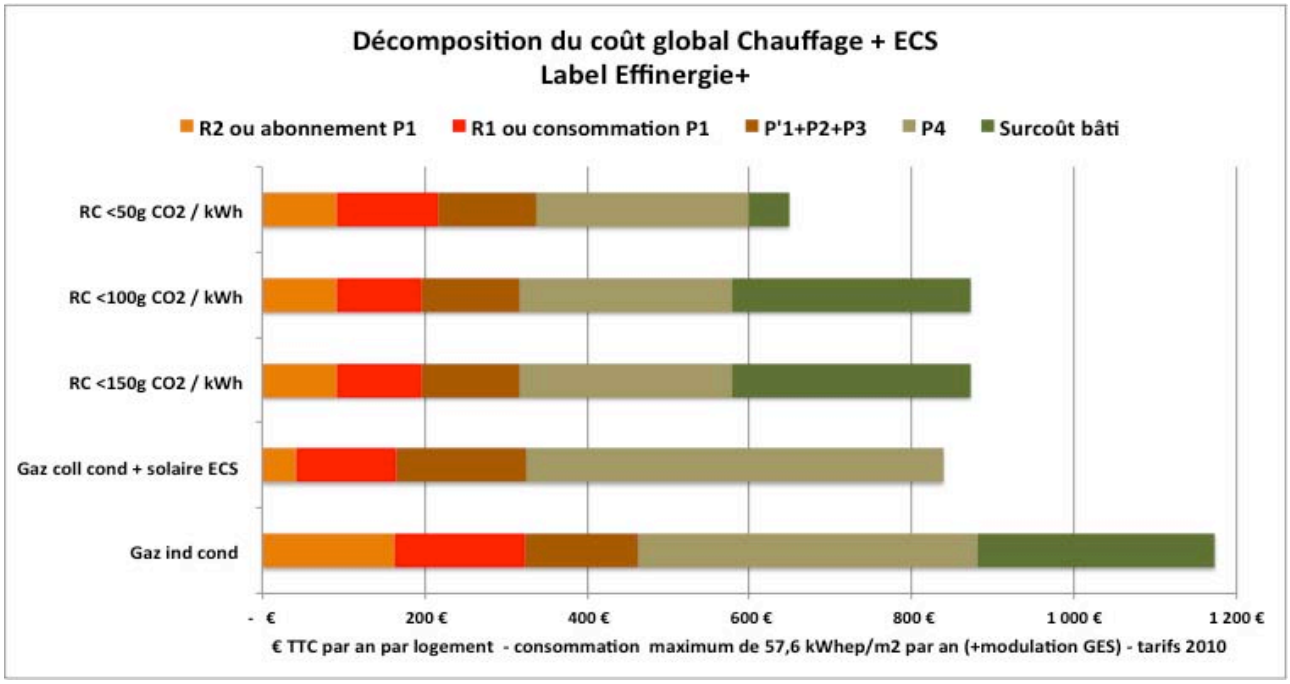
Du point de vue du maître d'ouvrage, la solution la plus compétitive en termes d'investissement total est le *réseau de chaleur émettant moins de 50g de CO_2 / kWh*. A noter que l'écart entre le coût total de cette solution pour atteindre le label Effinergie+ et le coût total pour atteindre les objectifs RT 2012 est relativement faible (surcoût de 2 048 € par logement). Ce constat devrait inciter les maîtres d'ouvrage et les collectivités à se tourner vers le label pour ces solutions performantes, et plus encore durant cette période transitoire.

Le graphique ci-après représente les niveaux de consommation d'énergie primaire selon les postes de la RT 2012 pour chaque couple *Système de chauffage + Enveloppe thermique* atteignant le label Effinergie+. La ligne verte représente le niveau de consommation à ne pas dépasser pour atteindre les objectifs Effinergie+, alors que la ligne rouge fixe l'objectif RT 2012.



7.3.2 Analyse en coût global

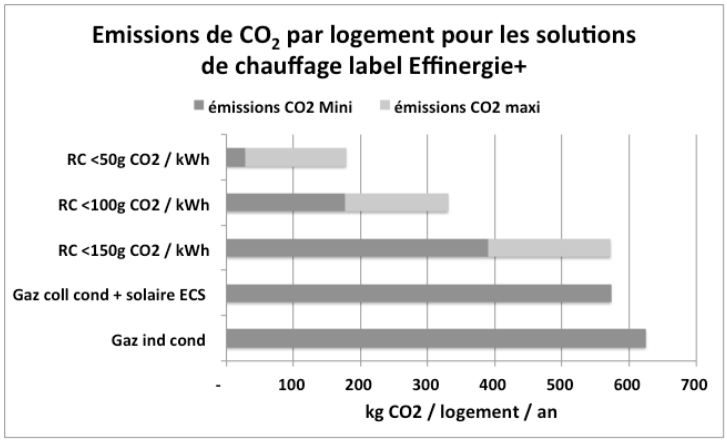
Pour cette analyse en coût global sur les couples de solution *Système de chauffage + Enveloppe thermique* qui atteignent le label Effinergie+, nous avons recalculé le terme «surcoût bâti».
La solution *gaz à condensation couplée à une production d'ECS solaire* présente le coût d'investissement sur l'enveloppe le plus faible (combinaison d'enveloppe n°2), c'est donc sur cette base là que nous avons établi le surcoût sur le bâti pour les quatre autres solutions.



Cette analyse en coût global pour les bâtiments labellisés Effinergie+ montre que la part de la facture énergétique dans le coût global atteint seulement 25% en moyenne pour ces 5 solutions.

L'analyse en coût global des solutions *Système de chauffage + Enveloppe thermique* permettant d'atteindre le label Effinergie+ permet de constater que **les réseaux de chaleur s'avèrent compétitifs du point de vue de la facture énergétique et du coût global**.

7.3.3 Comparaison des émissions de GES par logement



Le graphique ci-contre illustre le positionnement des différentes solutions de chauffage selon les émissions de CO_2 par logement[25].

Les réseaux de chaleur vertueux sont bien placés dans la RT 2012, mais leurs avantages sont moins bien reconnus dans le label : le coût d'investissement pour atteindre le label Effinergie + pour un maître d'ouvrage est moins élevé pour la solution *Gaz à condensation + ECS solaire* que pour la solution *réseau de chaleur avec un contenu CO2 inférieur à 100 g/kWh.* Les émissions de CO_2 par logement sont pourtant de <u>40 à 70 % inférieures</u> avec un *réseau vertueux* qu'avec la *solution gaz naturel + solaire.*

[25] Les calculs se basent sur un contenu CO_2 du gaz à 205 gCO_2/kWh (approche PNAQ) afin d'établir des comparaisons à émission équivalente avec les réseaux de chaleur. Le contenu CO_2 des auxiliaires a été calculé avec un contenu CO_2 de 100 gCO_2/kWh.

8. Conclusion

On retiendra de cette enquête sur l'année civile 2010 les informations suivantes :

- Le prix moyen de vente de la chaleur a été calculé à partir des retours de 334 réseaux de chaleur (376 en 2009, 236 en 2008 et 200 en 2007).
- **Le prix moyen du MWh vendu par les réseaux à leurs clients est de 58,8 € HT/MWh. Le prix moyen a ainsi diminué de 2,3% par rapport au prix moyen en 2009** (qui était de 60,2 €HT/MWh).
- **La dispersion des prix de vente autour de la valeur moyenne est extrêmement large, comprise entre moins de 25 €HT/MWh et près de 120 €HT/MWh.** Le prix moyen est notamment conditionné par les énergies primaires utilisées, faisant apparaître un niveau sensiblement inférieur à la moyenne pour les réseaux fonctionnant principalement à partir de chaleur issue d'usines d'incinération, de chaufferies bois ou de géothermie.
- Le coût global de chauffage pour un logement-type correspondant au « Parc social moyen » (170 kWh/m^2.an) raccordé à un réseau de chaleur est évalué en moyenne à **1 089 € TTC/an**. Pour les réseaux alimentés à plus de 50% par des EnRR, le coût global moyen est de **952 €TTC/an,** c'est **la solution la plus compétitive**.
- Après une année 2009 caractérisée par une chute des prix du gaz naturel et du fioul qui a permis aux usagers utilisant ces combustibles de bénéficier d'une facture énergétique parmi les plus compétitive, l'année 2010 a été marqué par une hausse du prix des combustibles fossiles. Le prix moyen des réseaux de chaleur est repassé pour cette année en dessous du prix des solutions gaz naturel.
- Avec l'élargissement du champ de comparaison des modes de chauffage, on constate que les réseaux de chaleur sont globalement bien positionnés sur la plupart des critères, même si d'autres systèmes de chauffage peuvent être plus pertinents sur tel ou tel critère.
- Les réseaux de chaleur sont mieux placés d'un point de vue économique pour les bâtiments dont la consommation est élevée mais ils restent compétitifs, notamment pour les réseaux existants, même pour des niveaux faibles de consommation. Une analyse plus complète a été menée par AMORCE, en partenariat avec l'ADEME, sur la pertinence des réseaux pour alimenter des nouveaux quartiers à haute performance énergétique[26].
- Sur les bâtiments présentant les plus faibles consommations, le chauffage électrique individuel affiche un coût global assez attractif mais est très mal placé en termes d'énergie primaire ou de gaz à effet de serre.
- Les pompes à chaleur géothermique, sous réserve que le niveau de performance retenu dans les calculs (COP 4,2) puisse effectivement être tenu comme une moyenne annuelle, peuvent être une solution relativement performante en termes d'énergie primaire ou de gaz à effet de serre, voire en termes économiques en tenant compte d'aides à l'investissement (de type crédit d'impôt par exemple).
- Les réseaux de chaleur alimentés à 80% par des énergies renouvelables sont le mode de chauffage le plus performant sur les deux critères environnementaux examinés, quels que soient les niveaux de consommation des bâtiments alimentés.
- Les études sur 20 ans confortent la position des réseaux de chaleur et mettent en évidence le risque qui pèse sur le consommateur pour les solutions ou l'achat d'énergie représente une part importante de la facture et pour les solutions individuelles.
- Les réseaux représentent une solution économiquement pertinente pour le respect de la RT 2012.

26 RCE12 : Réseaux de chaleur & bâtiments basse consommation :l'équation impossible ? Enjeux pour les collectivités et les autres acteurs

Annexe 1 : Hypothèses sur les bâtiments existants

A) Consommations d'énergie pour les bâtiments existants

Hypothèses

- Immeuble de 25 logements,
- Appartement de 70 m^2 et 180 m^3 (Volume V)
- Les niveaux de consommation ont été établis à partir d'un même besoin en énergie utile (pour un niveau de performance « enveloppe et renouvellement d'air du bâtiment » donné) et d'hypothèses sur les rendements de production / de distribution / de régulation en fonction des énergies considérées et des modes de chauffage (cf. rapport « Comparaison des modes de chauffage »).

On abouti à la synthèse suivante pour la consommation livrée prise en compte dans les calculs :

Consommation imputée au chauffage en kWh/log.an	PCI	PCI	PCI	PCI	PCI	livré compteur	livré compteur	livré compteur	livré ss-station
Mode de chauffage	Gaz ind	Gaz ind cond	Gaz coll	Gaz coll cond	Fioul coll	Elec ind	Pac ind	PAC geo COP 4,2	Réseau de chaleur
Moyen RT 2005	6 610	5 508	6 149	5 227	6 374	4 708	2 453	1 493	5 616
Parc social moyen	10 704	8 920	9 958	8 464	10 322	7 625	3 972	2 418	9 096
Peu performant	21 350	17 791	19 862	16 883	20 588	15 208	7 922	4 824	18 142

Quantité d'énergie achetée par l'usager pour les besoins d'ECS à 2 200 kWh utile / log.an

Consommation imputée à la production d'ECS en kWh/log.an	PCI	PCI	PCI	PCI	PCI	livré compteur	livré compteur	livré compteur	livré ss-station
Mode de chauffage	Gaz ind	Gaz ind cond	Gaz coll	Gaz coll cond	Fioul coll	Elec ind	Pac ind	PAC geo COP 4,2	Réseau de chaleur
Toutes performances bâtim	3 360	2 749	3 020	2 530	3 142	3 024	3 024	709	2 364

B) Dépenses de fonctionnement (P'1, P2, P3)

Les dépenses de fonctionnement de l'installation de chauffage interne à l'immeuble depuis le compteur (sous-station) ou la chaufferie jusqu'au corps de chauffe sont :

- L'électricité annexe (appelée P'1) nécessaire au fonctionnement de la chaudière et à la distribution de chaleur (pompes, brûleurs) ;
- l'entretien et le renouvellement (appelés P2 et P3) de l'installation de chauffage et d'eau chaude depuis la chaudière jusqu'aux corps de chauffe. Cela inclut notamment l'entretien de la sous-station dans le cas du chauffage urbain.

Il est important de préciser pour chaque mode de chauffage ce qui correspond aux dépenses de fonctionnement P'1, P2 et P3 :

- Pour les réseaux de chaleur, il s'agit des dépenses de fonctionnement en aval du compteur c'est-à-dire du circuit secondaire (après échangeur).
- Pour les chaufferies collectives, il s'agit des dépenses de fonctionnement depuis la chaudière (incluse) jusqu'au corps de chauffe.
- Pour les chauffages individuels, il s'agit des dépenses de fonctionnement depuis la chaudière jusqu'au corps de chauffe pour le gaz et des convecteurs et du ballon d'eau chaude pour l'électrique.

À partir des hypothèses actualisées des années précédentes, les valeurs suivantes ont été retenues :

	P1' (€HT/log/an)	TVA sur P'1	P2 et P3 (€HT/log/an)	TVA sur P'1
Gaz ind	16	19,60%	96	5,50%
Gaz coll	16		84	19,60%
Gaz ind cond	24		131	5,50%
Gaz coll cond	24		115	19,60%
Fioul coll	20		115	19,60%
Elec ind	-		19	19,60%
PAC ind	-		110	19,60%
PAC collectives géo	24		55	19,60%
RDC	15		68	5,50%

C) Amortissement des installations (P4)

Hypothèses de répartition des coûts

Pour fournir de la chaleur à un logement, il faut, à l'origine, investir dans un système énergétique qui comprend le raccordement à un réseau de distribution, son stockage dans certains cas, sa transformation en chaleur (sauf bien sûr pour les réseaux de chaleur), sa distribution dans l'immeuble, et son émission dans les logements.

Selon les cas, son amortissement partiel est déjà compris dans la facture énergétique, ou il est inclus dans le coût de construction de l'immeuble, auquel cas l'amortissement (P4) est répercuté dans le loyer pour les locataires ou les remboursements d'emprunts pour les propriétaires.

	Amortissement déjà inclus dans la facture énergétique	**Amortissement inclus dans le loyer ou le prix d'achat du logement**
Collectif fioul	Fourniture du fioul en pied d'immeuble (production, raffinage transport distribution)	Cuve, chaufferie, tuyauterie immeuble, corps de chauffe
Collectif gaz	Fourniture du gaz en pied d'immeuble (production, transport distribution)	Raccordement au réseau (parfois), chaufferie, tuyauterie d'immeuble, corps de chauffe
Chauffage urbain	Fourniture de chaleur à la sous-station centrale (fourniture énergie primaire production de chaleur, distribution de chaleur échangeur (souvent))	Raccordement au réseau (parfois) Sous-station (incluant ou non l'échangeur), tuyauterie immeuble, corps de chauffe
Individuel gaz	Fourniture de Gaz jusqu'à l'appartement (production, transport, distribution)	Chaudière murale, distribution intérieure, corps de chauffe
Chauffage électrique individuel	Fourniture d'électricité jusqu'à l'appartement (production, transport, distribution)	Convecteurs / Ballon d'eau chaude
Pompe à chaleur collective	Fourniture d'électricité en pied d'immeuble (production, transport, distribution)	Raccordement au réseau (parfois), local et équipements pompe à chaleur, tuyauterie d'immeuble, corps de chauffe

Dans le cas des réseaux de chaleur, on rencontre des situations variées : la limite entre le réseau primaire (dont l'amortissement est inclus dans le prix de vente de la chaleur) et le réseau secondaire (dont l'amortissement est à la charge de l'abonné, donc inclus dans le loyer ou le prix d'achat du logement) se situe selon les cas avant ou après l'échangeur. Dans la très grande majorité des cas, la facturation est réalisée après l'échangeur. Dans quelques réseaux, la sous-station complète est même à la charge du réseau et son amortissement est inclus dans le prix de la chaleur.

Les montants d'investissement considérés

Les montants d'investissement retenus, présentés dans le tableau suivant, comprennent : les équipements de production et/ou de distribution dans l'immeuble, la main d'œuvre. Pour les pompes à chaleur géothermique, les coûts de forage sont inclus et impactent fortement sur le montant global ; ils sont en outre quasi proportionnels à la puissance installée (le linéaire de forage est proportionnel à la puissance, au facteur de performance du sol près).

	Investissement total (€TTC/log)	Aide à l'investissement / crédit d'impôt en % sur l'équipement
Gaz ind	4 500 €	
Gaz ind cond	4 375 €	15%
Gaz coll	4 900 €	
Gaz coll cond	4 875 €	15%
Fioul coll	5 000 €	
Elec ind	2 230 €	
PAC ind	4 719 €	40%
RC	5 000 €	
PAC géo pour Bâtiment moyen RT2005	6 307 €	40%
PAC géo pour Bâtiment parc social moyen	7 600 €	40%
PAC géo pour Bâtiment peu performant	11 025 €	40%

Pour intégrer ces montants d'investissement dans le calcul du coût global de chauffage, on considère un amortissement sur une durée fonction du type d'installations (cf. tableau ci-après) avec un taux de 4%.

	Durée de vie de l'installation (années)	Durée de vie du réseau de distribution (années)
Gaz ind	15	40
Gaz ind cond	12	40
Gaz coll	20	40
Gaz coll cond	20	40
Fioul coll	22	40
Elec ind	16	25
PAC ind	16	25
RDC	30	40
PAC géo pour Bâtiment moyen RT2005	20	40
PAC géo pour Bâtiment parc social moyen	20	40
PAC géo pour Bâtiment peu performant	20	40

Les annuités d'amortissement sont ainsi les suivantes, ramenées au logement :

	Annuité totale	Impact de l'aide à l'investissement (crédit d'impôt)	Annuité après aide à l'investissement
GN Ind	321 €	- €	321 €
GN Ind Cond	414 €	40 €	374 €
GN Coll	300 €	- €	300 €
GN Coll Cond	344 €	28 €	317 €
Fioul	297 €	- €	297 €
Elec	203 €	- €	203 €
PAC Ind	585 €	206 €	379 €
RC	270 €	- €	270 €
PAC Coll Géo RT 2005	632 €	211 €	421 €
PAC Coll Géo Parc social	816 €	275 €	541 €
PAC Coll Géo Bâtiment peu perf	1 075 €	378 €	697 €

Annexe 2 : Hypothèses sur les bâtiments RT 2012

A) Etude réalisée sur un bâtiment type RT 20112

L'annexe 2 reprend les éléments principaux de l'étude menée par le Bureau d'étude TRIBU[27]. Cette étude a pour objectif de comparer d'un point de vue économique, les différentes solutions techniques qui permettent de respecter les nouvelles exigences de la RT 2012.
L'étude a été réalisée sur un immeuble collectif, deux modes constructifs ont été définis (structure brique ou béton) avec deux types de procédés d'isolations (isolation intérieure et extérieure) ainsi que neuf systèmes énergétiques.

La RT 2012

La RT 2012 fixée par l'arrêté du 26 octobre 2010 établit des performances énergétiques et de caractéristiques thermiques à respecter.

L'exigence d'efficacité énergétique minimale de la conception du bâti de la RT2012 impose un échange amont entre architecte et bureau d'études thermiques. Pour prouver le respect de la RT2012, le maître d'ouvrage devra fournir deux attestations (au dépôt de la demande de permis de construire et à l'achèvement des travaux).

Les calculs ont été réalisés avec la version v1.1.4 de l'outil Maestro du CSTB qui utilise la méthode de calcul Th-BCE 2012.
Dans cette étude, les valeurs de Cep_{max} retenus sont celles applicables aux bâtiments dont le permis de construire sera déposé avant le 31 décembre 2014, c'est-à-dire qu'elles intègrent la majoration de 7,5 kWh/m^2.an sur les valeurs de Cep_{max} (50 kWh/m^2.an).

Nous avons choisi le coefficient de modulation géographique H1a (qui inclut l'Ile de France) sur la RT 2012, le plus représentatif de la répartition des réseaux de chaleur en France.

Hypothèses sur le bâtiment type RT 2012

SHONRT (m2)	Shab (m2)	Nombre de logements	SHONRT /Shab	SHONRT logement moyen (m2)	Compacité	Surface vitrée Sv (m2)	Sv/Shab
1485	1206	23	1,23	65	0,67	214	18%

[27] L'étude complète peut être disponible sur simple demande auprès d'AMORCE.

B) Descriptif technique des solutions de chauffages pour les bâtiments RT 2012

Chaudières condensation individuelles au gaz naturel + ECS instantanée (Gaz ind cond)

Le chauffage est assuré par des chaudières gaz à condensation individuelles avec production d'ECS instantanée.

Puissance nominale	23,6 kW
rendement 100% de charge	98,3 %
rendement 30% de charge	108,7 %
Perte à l'arrêt	86 W
Puissance auxiliaire	33 W
Emplacement générateur	En volume chauffé

Chaudière condensation collective au gaz naturel (Gaz coll cond)

Le chauffage est assuré par une chaudière gaz à condensation collective avec production d'ECS accumulée dans un stockage de 1275 litres.

Pnom	50 kW
η100%	97 %
η30%	106 %
Perte à l'arrêt	156 W
Puissance auxiliaire	313 W
Emplacement générateur	Hors volume chauffé

Chaudière condensation collective au gaz + ECS solaire (Gaz coll cond + solaire ECS)

Le chauffage est assuré par une chaudière gaz à condensation collective avec production d'ECS solaire et appoint hydraulique via la chaudière. Les capteurs solaires thermiques sont orientés au sud, inclinés à 45° et ont une surface d'entrée cumulée de 30 m².

Pompe à chaleur collective absorption gaz air/eau (PAC gaz)

Le chauffage est assuré par une pompe à chaleur collective absorption gaz air/eau qui alimente des radiateurs chaleur douce. La production ECS est réalisée par la PAC couplée à un ballon d'accumulation de 1275 litres. Une chaudière gaz à condensation collective réalise l'appoint du chauffage et de la production d'ECS.

Pnom	**40 kW**
Rendement d'Utilisation du Gaz pour un régime d'eau de 7°/45°	**156 %**
Rendement d'Utilisation du Gaz pour un régime d'eau de 7°/50°	**125 %**

Non pris en compte dans l'analyse car la v1.1.4. de l'outil Maestro du CSTB ne prend pas en compte ce système de chauffage.

Panneaux rayonnants + chauffe-eau thermodynamique individuel (Elec ind + ECS ind)

Le chauffage est assuré par des panneaux rayonnants électriques, la production d'ECS est assurée par logement par des chauffe-eaux thermodynamiques individuels sur air extrait.

- Panneaux rayonnants avec un coefficient d'amplitude (CA) égal à 0,14 K. Cette valeur traduit l'efficacité de la régulation des panneaux rayonnants. Elle a été déterminée de façon à caler au mieux cette solution (Cep/Cepmax positif). Actuellement cette valeur du CA est la meilleure du marché.
- Chauffe-eau thermodynamique :

Volume ballon	200 L
Coefficient de performance du cycle selon la norme EN16147	2,7
Cycle de puisage	Cycle L

Panneaux rayonnants + chauffe-eau thermodynamique collectif (Elec ind + ECS coll PAC)

Le chauffage est assuré par des panneaux rayonnants électriques, la production d'ECS est assurée par un chauffe-eau thermodynamique collectif sur air extérieur.

Volume ballon	2000 L
Puissance thermodynamique	19 kW
Coefficient de performance ECS	2,75

Pompe à chaleur individuelle de type 3 en 1 (TZEN)

Le chauffage des logements se fait par vecteur air grâce à un système 3 en 1 : cela consiste en une récupération statique sur l'air extrait complétée par une récupération thermodynamique (PAC individuelle sur air extrait). La production d'ECS est assurée individuellement par la PAC sur air extrait. Le système assure également la ventilation des logements par une VMC double flux statique avec échangeur d'efficacité 60 %. Non pris en compte dans l'analyse car la v1.1.4. de l'outil Maestro du CSTB ne prend pas en compte ce système de chauffage.

Pompe à chaleur géothermique collective (PAC géo coll)

Le chauffage est assuré par une pompe à chaleur eau glycolée / eau sur capteurs verticaux. La PAC assure également la production d'ECS avec accumulation dans un volume de 1275 litres.

Puissance PAC	50 kW
COP	4,27
Volume ballon	1275 L

Dans la version V1.1.4 du logiciel utilisée, la production d'ECS par PAC géothermique n'est pas prise en compte. Le Titre V relatif à la prise en compte de la production d'ECS par PAC pour la RT2005 a été utilisé pour déterminer les performances de la PAC en fonctionnement ECS dans le cadre de la RT2012.

Réseau de chaleur urbain (RC)

Le chauffage est assuré par le réseau de chaleur qui alimente des radiateurs chaleur douce. La production ECS est aussi réalisée par le réseau de chaleur depuis la sous-station couplée à un ballon d'accumulation de 1275 litres. Puissance souscrite : 50 kW.

Réseau de chaleur vertueux (RC vertueux)

Le chauffage est assuré par le réseau de chaleur qui alimente des radiateurs chaleur douce. La production ECS est aussi réalisée par le réseau de chaleur depuis la sous-station couplée à un ballon d'accumulation de 1275 litres. Puissance souscrite : 50 kW

Ces réseaux vertueux se classent en trois catégories selon leur contenu CO_2 de l'énergie livrée.

Le réseau de chaleur a un contenu CO_2 inférieur à 50 g/kWh (coeff de modulation MCGES : 0.3).

Le réseau de chaleur a un contenu CO_2 inférieur à 100 g/kWh (coeff de modulation MCGES : 0.2).

Le réseau de chaleur a un contenu CO_2 inférieur à 150 g/kWh (coeff de modulation MCGES : 0.1).

<u>Hypothèse d'investissement sur les systèmes de chauffage</u>

Les coûts d'investissement relatifs aux systèmes de chauffage comprennent la distribution (liaison radiateurs/collecteurs/générateur), les émetteurs, la régulation, l'alimentation en énergie et la mise en service. Le tableau ci-dessous présente le Ratio de coût fourni/posé - € TTC/logement.

Ces coûts d'investissement intègrent le coût de l'installation d'une ventilation hygro B estimé à 960 € TTC/logement et le coût d'installation du système de distribution pour les solutions de chauffage collectif estimé à 1 620 € TTC/logement.

	Chauffage	ECS	Total
Gaz ind cond	6 531 €	0 €	**6 531 €**
Gaz coll cond + solaire ESC	5 470 €	2 920 €	**8 400 €**
Gaz coll cond	7 380 €	0 €	**7 380 €**
RC	4 200 €	1 605 €	**5 805 €**
PAC géo coll	7 870 €	1 605 €	**9 475 €**
Elec ind + ECS ind	1 850 €	3 350 €	**5 200 €**
Elec ind + ECS coll PAC	1 850 €	1 520 €	**3 370 €**

C) Descriptif technique des combinaisons de prestations sur le bâtiment

Le tableau ci dessous répertorie les différents choix de matériaux pour chacune des parois avec :

- ITI : isolation thermique par l'intérieur,
- ITE : isolation thermique par l'extérieur,
- SS : sous-sol,
- TT : toiture terrasse.

Réf. type de paroi	Description	U_p (W/m²/K)	Coefficient Umaximal selon la RT2005 (en W/m²/K)
ITI---	**Parpaing** (20 cm, R=0.23 m².K/W) + **8 cm Th38** (R=2.11 m².K/W)	0.396	0.450
ITI--	**Brique** (20 cm, R=0.65 m².K/W) + **8 cm Th38** (R=2.11 m².K/W)	0.337	
ITI-	**Brique** (20 cm, R=1.00 m².K/W) + **10 cm Th32** (R=3.13 m².K/W)	0,231	
ITI+	**Brique** (20 cm, R=1.00 m².K/W) +**12 cm Th30** (R=4.00 m².K/W)	0.187	
ITE-	**Béton** (20 cm, R=1.00 m².K/W) + **12 cm Th32** (R=3.75 m².K/W)	0.249	
ITE+	**Béton** (20 cm, R=1.00 m².K/W) + **16 cm Th32** (R=5.00 m².K/W)	0.190	
ITE++	**Béton** (20 cm, R=1.00 m².K/W) +**20 cm Th32** (R=6.25 m².K/W)	0.129	
SS--	Sous-sol + **12 cm flocage Th40** (R=3.00 m².K/W)	0.422	0.400
SS-	Sous-sol +**14 cm de flocage Th40** (R=3.50 m².K/W)	0.349	
SS+	Sous-sol+**12 cm flocage** (R=3.00 m².K/W) +**6 cm de Th23** (R=2.61 m².K/W)	0.198	
SS++	Sous-sol +**15 cm fibragglo** (R=1.80 m².K/W) + **12 cm Th23** (R=5.22 m².K/W)	0.119	
TT--	Terrasse + **8 cm Th23** (R=3.48 m².K/W)	0.280	0.340
TT-	Terrasse + **10 cm Th23** (R=4.35 m².K/W)	0.227	
TT+	Terrasse +**15 cm Th23** (R=6.52 m².K/W)	0.154	
TT++	Terrasse + **20 cm Th23** (R=8.70 m².K/W)	0.117	

A partir de ces prestations, 18 combinaisons d'enveloppe sont obtenues afin d'établir le positionnement des solutions technologiques.

Combinaison	Isolation	Sous sol	Toiture terrasse	Investissement par logement (€ TTC)
1-	ITI--	SS--	TT--	10 087
1	ITI-	SS-	TT-	11 135
2	ITI-	SS-	TT+	11 241
3	ITI-	SS+	TT-	12 129
4	ITI-	SS+	TT+	12 235
5	ITI+	SS-	TT-	11 433
6	ITI+	SS-	TT+	11 539
7	ITI+	SS+	TT-	12 427
8	ITI+	SS+	TT+	12 534
9	ITE-	SS-	TT-	13 357
10	ITE-	SS-	TT+	13 463
11	ITE-	SS+	TT-	14 351
12	ITE-	SS+	TT+	14 457
13	ITE+	SS-	TT-	13 995
14	ITE+	SS-	TT+	14 102
15	ITE+	SS+	TT-	14 990
16	ITE+	SS+	TT+	15 096
16+	ITE++	SS++	TT++	17 049

Annexe 3 : Tarifs d'achat de l'énergie (P1)

Réseau de chaleur alimenté majoritairement à partir de combustibles fossiles :

Tarif binôme théorique construit à partir du prix moyen du MWh (60,9 € HT/MWh) et de la part moyenne de la partie variable (38%) :

R1 : 37,77 €HT/MWh

R2 : 36,09 €HT/kW

Avec les puissances souscrites suivantes, en kW :

Type de bâtiment	Puissance/log (kW)
Bâtiment moyen RT2005	5,38
Bâtiment parc social moyen	7,00
Bâtiment peu performant	11,28

Réseau de chaleur alimenté majoritairement par des EnRR :

Tarif binôme théorique construit à partir du prix moyen du MWh (51,7 € HT/MWh) et de la part moyenne de la partie variable (38%) :

R1 : 32,05 €HT/MWh

R2 : 30,63 €HT/kW

Avec les mêmes puissances souscrites que sur le tableau ci-dessus.

Gaz naturel :

Tarifs considérés sur la moyenne de l'année 2010 composés de 80% de chauffage avec les tarifs d'hiver et 42% de production d'ECS avec les tarifs d'hiver.

	Abonnement annuel	Prix de 100 kWh PCS	RT 2005	Parc social moyen	Bâtiment peu Performant	Chaufferie collective tous bâtiments
Tarif B1 (€ HT)	154,31 €	3,97 €	X	X	X	
Tarif B2S (€ HT)	919,53 €	3,68 € (Chauffage)				X
		3,12 € (ECS)				

Fioul domestique :

Uniquement considéré pour livraison en chaufferie collective en moyenne sur l'année 2010.

	c€ HT/ kWh PCI	c€ TTC / kWh PCI
Prix du fioul	5,25	6,96

Electricité :

Tarifs août 2010:

Abonnement :

	Puissance	Abonnement annuel HT	RT 2005	Parc social moyen	Peu Performant
Tarif bleu Option HC	15	177,12 €			X
	12	150,96 €		X	
	9	90,96 €	X		
	6	76,32 €			
Tarif jaune	€ / kW souscrit.an	29,16 €			

Pour les systèmes de chauffage électrique individuel (Elec ind et PAC ind), on calcule la part de l'abonnement imputable au chauffage et à l'ECS par différence entre le tarif retenu pour le niveau de performance du bâtiment considéré (cf. tableau ci-dessus) et un tarif 6 kVA que souscrirait l'occupant du logement quel que soit son mode de chauffage.

Consommation :

CSPE : contribution au service public de l'électricité

0,45 c€HT/kWh

TLCE : taxe sur la consommation finale d'électricité

0,9 c€HT/kWh (fixée par défaut au montant maximum)

Tarif bleu : Option HC

Conso HP : 9,01 c€HT/kWh

Conso HC : 5,57 c€HT/kWh

Tarif jaune : Utilisation Moyenne

Eté Conso HP : 4,08 c€HT/kWh

Eté Conso HC : 2,91 c€HT/kWh

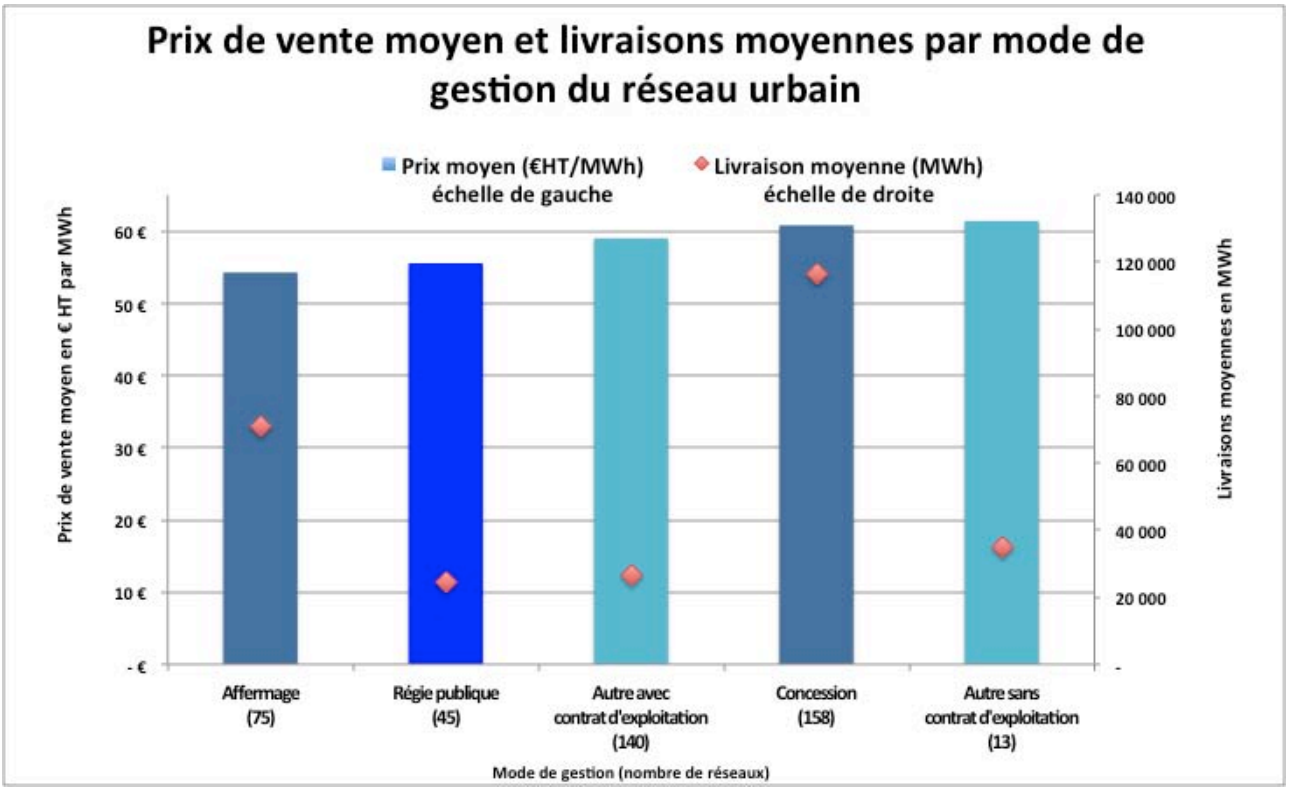
Hiver Conso HP : 10,10 c€HT/kWh

Hiver Conso HC : 7,10 c€HT/kWh

Annexe 4 : Impact du mode de gestion du réseau

Nous avons observé pour chaque mode de gestion du réseau de chaleur, le prix de vente HT moyen et le niveau des livraisons moyennes aux abonnés.

Le prix de vente moyen fluctue légèrement selon le type de gestion du réseau, mais ce seul critère ne suffit pas à expliquer les différences observées bien qu'il soit probable que celui-ci ait un impact sur le prix facturé à l'usager.

On peut clairement identifier que la quantité de chaleur livrée aux abonnées diffère selon le mode de gestion. La régie est davantage utilisée pour des réseaux de taille modeste (25 000 MW en moyenne) tandis que les délégations de service public sont plus souvent créées pour des réseaux plus importants (100 000 MWh en moyenne).

Cette analyse par type de gestion du réseau ne sera pas étudiée plus en détail pour l'enquête sur le prix de vente de la chaleur 2010, faute de données suffisamment consolidées sur ce critère pour cette année.