



Avec le soutien technique
et financier de



ENQUÊTE

Compétitivité des réseaux de Chaleur en 2015

Comparaison des modes
de chauffage
et
Prix de vente moyen
de la chaleur

Série
Économique

RCE 26

Décembre 2016

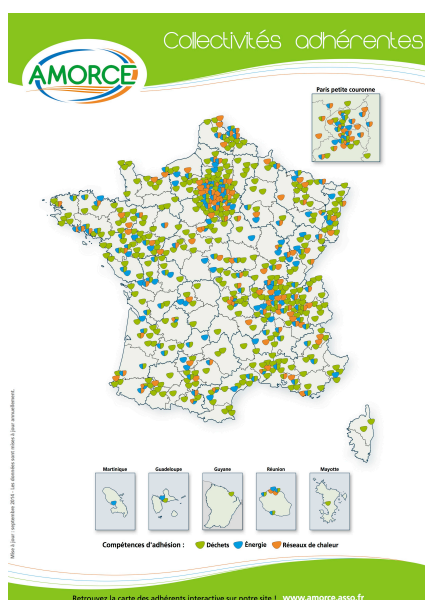


Réseaux
de chaleur

PRÉSENTATION D'AMORCE

Créée en 1987, AMORCE est l'association nationale des collectivités territoriales et des professionnels pour une gestion locale des déchets, de l'énergie et des réseaux de chaleur. Au 1^{er} décembre 2016, l'association regroupe **864 adhérents** dont plus de 560 collectivités rassemblant plus de 60 millions d'habitants, ainsi que près de 300 entreprises, fédérations professionnelles et associations.

Première association spécialisée de collectivités territoriales, toutes thématiques confondues, AMORCE est à l'origine de plusieurs mesures importantes qui ont permis d'accompagner les collectivités territoriales dans la mise en œuvre des politiques publiques environnementales sur leurs territoires. Tel fut le cas notamment du Fonds chaleur, de la TVA à taux réduit sur la chaleur renouvelable, de l'éligibilité des collectivités aux CEE (Certificat d'économie d'énergie) ou encore de l'obligation de rénovation de logements sociaux énergivores au moment de la vente.



AMORCE intervient dans **3 domaines d'actions : les déchets, l'énergie et les réseaux de chaleur** en accompagnant les collectivités territoriales dans les composantes des politiques publiques environnementales qu'elles veulent mettre en œuvre. AMORCE dispose d'une solide expertise sur :

- la technique
- l'impact sur l'environnement
- la réglementation
- l'économie (coûts, financements, fiscalité)
- les modes de gestion, les marchés
- l'organisation entre les structures et les différents niveaux de collectivités
- les politiques au niveau européen, national, territorial
- l'information, la concertation, le débat public

AMORCE constitue un lieu unique de partage des connaissances et des expériences entre collectivités territoriales et professionnels sur ces compétences. Ce réseau d'élus et de techniciens permet à chacun de disposer des informations les plus récentes et les plus pertinentes.

L'association représente également ses adhérents auprès des institutions françaises et européennes, afin de défendre leurs intérêts et leurs propositions. Nos équipes travaillent au sein des commissions à l'élaboration des réglementations environnementales de demain. Nos propositions sont très souvent reprises par les parlementaires.



PRÉSENTATION DE L'ADEME



L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil.

Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans ses domaines d'intervention.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du Ministère de l'Énergie, de l'Environnement et de la Mer et du Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Contact pour ce guide : David CANAL

ADEME

www.ademe.fr

AMORCE / ADEME – Décembre 2016

Guide réalisé en partenariat et avec le soutien technique et financier de l'ADEME

RÉDACTEURS

Romain ROY, rroy@amorce.asso.fr

Relecture : David LEICHER, AMORCE ; David CANAL, ADEME ; Julie PURDUE, SNCU ; François-Xavier DUSSUD, SOeS ; Guillaume BOICHÉ, SF2E ; Pierre BIGNON, SERMET

SOMMAIRE

PRÉSENTATION D'AMORCE	1
PRÉSENTATION DE L'ADEME	2
RÉDACTEURS	3
SOMMAIRE	4
INTRODUCTION	5
1. COMPARAISON DES MODES DE CHAUFFAGE EN 2015	6
1.1. Méthodes de comparaison des modes de chauffage et hypothèses	6
1.1.1. Facturation des différentes énergies	6
1.1.2. Facture énergétique, facture globale et coût global : que compare-t-on ?	8
1.1.3. Hypothèses tarifaires	9
1.1.4. Les modes de chauffage.....	14
1.1.5. Les caractéristiques du logement type	15
1.1.6. Méthodes et critères de comparaison	15
1.2. Comparaison des modes de chauffage pour les bâtiments existants	18
1.2.1. Comparaison économique	18
1.2.2. Comparaison énergétique	25
1.2.3. Comparaison en termes de gaz à effet de serre.....	25
1.3. Comparaison des modes de chauffage pour les bâtiments RT 2012	27
1.3.1. Hypothèses	27
1.3.2. Analyse des systèmes de chauffage permettant d'atteindre la RT 2012.....	30
1.3.3. Analyse des systèmes de chauffage permettant d'atteindre le label Effinergie+.	35
1.4. Évolution des prix de l'énergie et impacts sur la facture de chauffage	39
1.4.1. Évolution du coût global 1995-2015	39
1.4.2. Perspectives d'évolution du coût global 2015-2034	40
2. PRIX DE VENTE MOYEN DE LA CHALEUR EN 2015	42
2.1. Définitions, méthodologie et précautions d'interprétation	42
2.1.1. Ne pas mélanger prix de vente, tarif de vente et coût global.....	42
2.1.2. Comprendre l'impact de la rigueur climatique sur le prix de vente	43
2.1.3. Méthodologie et représentativité de l'enquête	44
2.2. Prix de vente moyen de la chaleur en 2015	45
2.2.1. Impact de l'énergie majoritaire utilisée	47
2.2.2. Impact des autres paramètres sur le prix de vente de la chaleur	51
2.3. Monotone des prix de vente de la chaleur	56
2.3.1. Prix de vente moyens HT	56
2.3.2. Prix de vente moyens TTC	58
CONCLUSION	59
ANNEXE 1 : HYPOTHÈSES SUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS	60
1. Consommations d'énergie	60
2. Dépenses de fonctionnement P'1-P2-P3	60
3. Amortissement des installations P4	61
ANNEXE 2 : HYPOTHÈSES SUR LES BÂTIMENTS RT 2012	63
A. Étude réalisée	63
B. Descriptif technique des solutions de chauffage	64
C. Descriptif technique des combinaisons de prestations sur le bâtiment	66

INTRODUCTION

Cette enquête sur la compétitivité des réseaux de chaleur se décompose en deux grandes parties : la comparaison des modes de chauffage et l'enquête sur le prix de vente moyen des réseaux de chaleur.

Partie 1 – Comparaison des modes de chauffage. Cette partie **compare les réseaux de chaleur aux autres modes de chauffage** (gaz, électricité, fioul), sur les plans économique et environnemental (émissions de gaz à effet de serre et énergie primaire) pour plusieurs niveaux de performance des bâtiments. Ce travail comprend également deux analyses complémentaires permettant de comparer les différents modes de chauffage dans le cadre de la RT 2012 et de comparer l'évolution du coût global à long terme en fonction de l'évolution des prix des énergies.

Partie 2 – Prix de vente moyen de la chaleur. Cette partie **compare les réseaux de chaleur entre eux**. Elle n'a absolument pas vocation à permettre la comparaison des réseaux aux autres modes de chauffage, qui est l'objet de la partie 1. L'enquête sur les prix de vente moyens de la chaleur a été réalisée à partir de l'enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid pour les données de l'année 2015, conduite par le SNCU (Syndicat National du Chauffage Urbain et de la Climatisation Urbaine) avec l'assistance d'AMORCE et sous la maîtrise d'ouvrage du SOeS (Service des statistiques du MEEM). A noter que les résultats présentés dans cette deuxième partie viennent nourrir les hypothèses servant à la comparaison des modes de chauffage de la première partie.

1. COMPARAISON DES MODES DE CHAUFFAGE EN 2015

Cette première partie a pour objet de comparer différents modes de chauffage. Après avoir posé les hypothèses considérées et les méthodes appliquées (sous partie 1.1), les différents modes de chauffage sont comparés sur le plan économique, énergétique et environnemental (sous partie 1.2). Puis la sous partie 1.3 s'intéresse en particulier à la comparaison des modes de chauffage pour les bâtiments neufs soumis à la RT 2012. Enfin, la sous partie 1.4 présente une comparaison des coûts du chauffage à moyen terme en fonction de l'évolution des prix des énergies. Pour la seconde fois, nous y avons inséré un historique des coûts du chauffage, basé sur les précédents rapports d'enquête. Les hypothèses de calcul détaillées sont exposées en annexes.

1.1. Méthodes de comparaison des modes de chauffage et hypothèses

Avant d'effectuer quelque comparaison que ce soit, il convient de rappeler les modes de facturation des différentes énergies et les différences qui existent en matière de définition des coûts du chauffage. Les hypothèses retenues pour les coûts du chauffage en 2015, les modes de chauffage, les caractéristiques du logement type et la méthode de comparaison sont ensuite définis.

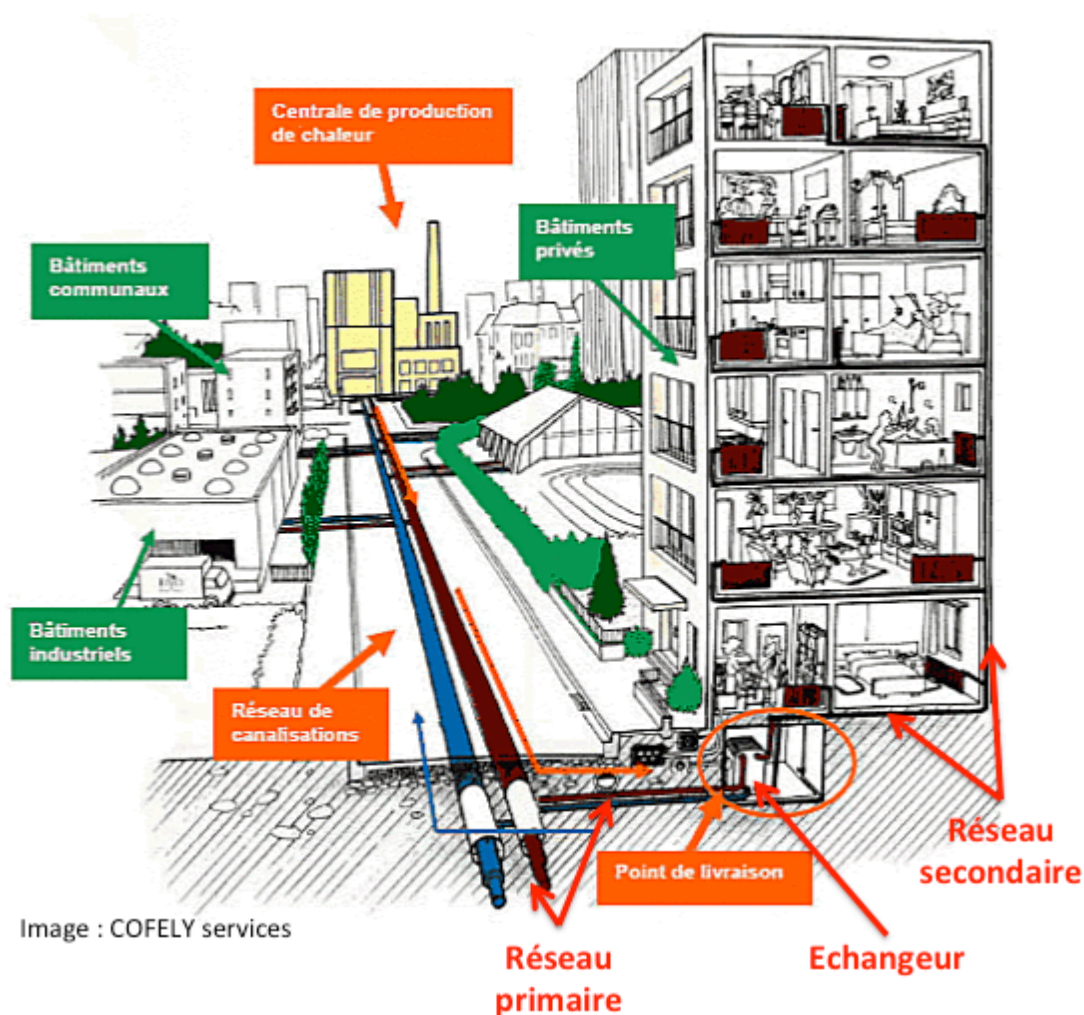
1.1.1. Facturation des différentes énergies

1.1.1.1. Énergies de réseau

a. Tarification des réseaux de chaleur

Les tarifs affichés par les réseaux de chaleur sont très variables d'un réseau à un autre. Il est donc important de préciser le contenu de chaque terme de la facture énergétique d'un réseau de chaleur :

- **Le terme R1** : c'est le coût unitaire de la chaleur consommée, qui s'exprime en €/HT/MWh. Il est multiplié par la consommation finale de l'abonné pour établir la part variable de sa facture. Il dépend directement des prix d'acquisition des combustibles utilisés (bois, gaz, etc.) et/ou de la chaleur le cas échéant (UVE, cogénération, etc.).
- **Le terme R1 ECS** : c'est le coût unitaire de la chaleur consommée pour la production d'eau chaude sanitaire, lorsqu'elle est facturée séparément du chauffage. Le R1 ECS s'exprime généralement en €/HT/m³ d'eau consommé. Pour l'intégrer aux calculs théoriques des factures, un coefficient de conversion q (kWh/m³) est appliqué ; q est propre à chaque réseau, s'il n'est pas précisé, sa valeur par défaut est fixée à 100 kWh/m³.
- **Le terme R2** : c'est l'abonnement ou part fixe. Il est proportionnel à la puissance souscrite ou à la surface chauffée ; R2 s'exprime en €/HT/kW_{souscrit.}an, ou en €/HT/m².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 R2 prend en compte la fourniture d'électricité (R21'), les charges d'exploitation (R22), le gros entretien et renouvellement (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 (surtaxe), soit pour l'amortissement de travaux (R2 et R3 en DSP). Ce terme peut s'exprimer en €/HT/kW ou même en €/HT en cas de montant forfaitaire.



b. Tarification de l'électricité

Les contrats de vente d'électricité, qu'il s'agisse de tarifs réglementés ou de tarifs de marché, se décomposent de la manière suivante :

- **L'abonnement** : c'est le terme payé à chaque période indépendamment de la quantité d'électricité consommée. Généralement le montant de l'abonnement est fonction de la puissance souscrite.
- **La part consommation** : c'est le terme proportionnel au volume de kWh livrés sur la période.

c. Tarification du gaz naturel

De même que pour l'électricité, les contrats de vente de gaz naturel en tarifs réglementés comme en tarifs de marché se décomposent de la manière suivante :

- **L'abonnement** : c'est le terme fixe payé à chaque période. Le montant de l'abonnement peut être fonction du volume prévisionnel de consommation (quantité de kWh consommés sur chaque période, du débit journalier maximum, etc.).
- **La part consommation** : c'est le terme proportionnel au volume de kWh livrés sur la période.

1.1.1.2. **Énergies hors réseaux**

Les énergies vendues en dehors d'un réseau de distribution d'énergies (fioul, propane, bois, etc.) sont facturées à la livraison du combustible par le fournisseur. Il n'y a généralement aucune part fixe et le prix unitaire est dégressif avec les quantités d'énergie livrées.

1.1.2. Facture énergétique, facture globale et coût global : que compare-t-on ?

Afin de comparer différents modes de chauffage en logement collectif, il ne suffit pas de comparer les charges locatives de plusieurs logements alimentés par différents systèmes, ni de comparer le coût unitaire (exprimé en c€/kWh par exemple) de l'énergie facturée par le fournisseur. **Il est nécessaire de comprendre au préalable la décomposition de l'ensemble des coûts liés au chauffage.**

Les exploitants de chauffage ont l'habitude de parler en termes P1, P2, P3, P4. Mais tous ces postes ne sont pas facturés au même acteur. Le tableau ci-dessous précise ces termes.

<p>La facture d'énergie avec l'abonnement (part fixe) et le coût proportionnel aux consommations d'énergie (part variable).</p> <ul style="list-style-type: none"> Ce sont le R1 et le R2 pour les réseaux de chaleur qui comprennent : <ul style="list-style-type: none"> la fourniture de chaleur au travers du R₁ (production, distribution, fourniture d'énergie) ; les charges d'électricité des auxiliaires : R₂₁ ; des charges de conduite et d'entretien des installations du réseau de chaleur (jusqu'à la sous-station en pied d'immeuble) : R₂₂ ; les charges de Gros Entretien et de Renouvellement des installations (jusqu'à la sous-station en pied d'immeuble) : R₂₃ ; les charges de financement des installations de premier établissement définies dans le contrat de DSP, déduction faite des aides et subventions obtenues : R₂₄. C'est le P1 pour les autres sources d'énergies : l'achat d'énergie peut être géré directement par le locataire (chauffage individuel), par l'Abonné (bailleur ou syndic de copropriété) ou par l'exploitant des installations, dans le cadre de son contrat d'exploitation. 	FACTURE ENERGETIQUE	CHARGES LOCATIVES RECUPERABLES	FACTURE TOTALE	COUT GLOBAL DU CHAUFFAGE
<p>L'électricité annexe nécessaire au fonctionnement des installations de production (brûleurs, pompes) et de distribution (pompes, régulation...) pour acheminer la chaleur jusqu'aux émetteurs de chauffage du logement et l'eau chaude sanitaire jusqu'aux points de puisage : c'est le terme P'1.</p>				
<p>La conduite et le petit entretien des installations : de l'arrivée de combustible ou de chaleur jusqu'aux émetteurs de chaleur. C'est le terme P2.</p>				
<p>Le gros entretien et le renouvellement à l'identique du matériel: de l'arrivée de combustible ou de chaleur jusqu'aux émetteurs de chaleur. C'est le terme P3.</p>				
<p>Les amortissements des installations de production de chaleur et de distribution de chaleur (dans l'immeuble ou le logement). C'est le terme P4. Viennent en déduction les subventions obtenues pour le financement des équipements.</p>				

Suivant le mode de chauffage, ces différents postes se répercutent différemment sur l'utilisateur final. Le tableau ci-après donne l'exemple de ces répartitions dans le cas d'un locataire (contrairement au locataire, le propriétaire occupant prend en charge le P3, le P4 étant compris à l'achat du logement).

Facture énergétique		Coût global					
Dépense	Chauffage individuel		Chauffage collectif		Chauffage collectif réseau de chaleur		
	Primaires	Secondaires	Primaires	Secondaires	Primaires	Secondaires	
P1 – Energie	Gaz ou électricité + abonnement, bois, fioul,...		Gaz ou électricité + abonnement, bois, fioul,...		Chaleur		
P'1 : électricité chaudière et auxiliaires	Payé directement par le locataire (facture)		X	Payé dans les charges		X	
P2 : conduite et entretien courant	X	X	X	X	X	X	
P3 : Gros entretien et renouvellement	X	X	X	X	X	X	
P4 : investissement initial	X	X	X	X	X	X	
					Raccordement	X	

Ces deux tableaux montrent bien qu'au final, **seul le calcul en coût global**, qui intègre les dépenses d'investissement, **reflète la dépense totale liée au chauffage supportée par l'usager et permet donc des comparaisons entre modes de chauffage**. Pour plus de détail sur le sujet, se référer à la note *Compréhension de la chaîne de facturation du chauffage d'un logement raccordé à un réseau de chaleur : du délégataire à l'usager final* (AMORCE réf. RCE11, Octobre 2012).

1.1.3. Hypothèses tarifaires

Cette partie vient exposer les hypothèses tarifaires retenues dans la comparaison des modes de chauffage.

1.1.3.1. Réseaux de chaleur

Les puissances souscrites par logement selon la performance énergétique sont les suivantes :

	Puissance/lgt kW
Bâtiment moyen RT 2005	5,38
Bâtiment parc social moyen	7,00
Bâtiment peu performant	11,28

Les tarifs ci-dessous sont issus de l'analyse menée par AMORCE sur le prix de vente de la chaleur (cf. partie 2).

Réseau de chaleur moyen :

Tarif binôme théorique construit à partir du prix moyen du MWh (68,3 €HT/MWh) et de la part fixe moyenne (40%) :

R1 : 41,07 €HT/MWh
R2 : 46,23 €HT/kW

Ce tarif est représentatif de la moyenne des prix pratiqués par les réseaux de chaleur en France pour l'année 2015.

Réseau de chaleur alimenté majoritairement à partir de combustibles fossiles :

Tarif binôme théorique construit à partir du prix moyen du MWh (70,9 €HT/MWh) et de la part fixe moyenne (34%) :

R1 : 46,91 €HT/MWh
R2 : 40,72 €HT/kW

Réseau de chaleur alimenté majoritairement par des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) :

Tarif binôme théorique construit à partir du prix moyen du MWh (65,6 €HT/MWh) et de la part fixe moyenne (46%) :

R1 : 35,13 €HT/MWh

R2 : 51,82 €HT/kW

Ce tarif est représentatif de la moyenne des prix pratiqués par les réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des EnR&R en France pour l'année 2015. L'abonnement (R2) est plus important que pour la moyenne de l'ensemble des réseaux de chaleur alors que la part consommation (R1) est plus faible.

Pour l'année 2015, le taux de TVA applicable pour la tarification des réseaux de chaleur est de 5,5% pour l'abonnement (R2) et pour la consommation (R1) des réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R. Le taux à 20% est applicable sur la consommation (R1) des réseaux de chaleur qui ne sont pas alimentés à plus de 50% par des EnR&R. Dans le cas du réseau de chaleur moyen, le taux de TVA appliqué sur la consommation est un taux moyen de 12,5%¹.

1.1.3.2. Électricité

Nous avons choisi de considérer les tarifs réglementés de vente (TRV) pour fixer le niveau des prix de l'électricité car 88% des clients résidentiels ont pour l'instant conservé ces tarifs². A noter que les offres de marchés proposent des prix relativement proches des tarifs réglementés (dans une fourchette de +/- 5% en moyenne³).

Les tarifs présentés ci-dessous sont issus de l'arrêté du 30 juillet 2015 relatif aux tarifs réglementés de vente de l'électricité.

Chauffage électrique individuel :

Les tarifs pris en compte pour le chauffage électrique individuel sont les tarifs bleus. On calcule la part de l'abonnement imputable au chauffage et à l'ECS par différence entre le tarif bleu retenu pour le niveau de performance du bâtiment considéré (cf. tableau ci-dessous) et un tarif 6 kVA que souscrit l'occupant du logement quel que soit son mode de chauffage.

Part abonnement – Tarifs bleu Option HC :

CTA (Contribution tarifaire d'acheminement) : 27,04 % de la part fixe du TURPE⁴

Puissance kVA	Abonnement €HT/an	CTA €HT/an	RT 2005	Parc social moyen	Peu Performant
15	188,16	36,73			X
12	163,20	30,89		X	
9	101,88	18,04	X		
6	75,00	14,54			

¹ Ce taux est la moyenne des taux de TVA sur le R1, pondérée par les quantités de chaleur livrées. Ce taux était de 13,9% en 2014 et de 14,6% en 2013, ce qui traduit le verdissement progressif des réseaux de chaleur français. Les années précédentes, le taux pris en compte était celui appliqué aux réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des énergies fossiles, soit 20%.

² Source CRE – Bilan du marché de l'électricité au 31 décembre 2015 : <http://www.cre.fr/marches/marche-de-detail/marche-de-l-electricite>

³ <http://comparateur-offres.energie-info.fr/comparateur-offres-electricite-gaz-naturel/criteria.action?profil=particulier>

⁴ TURPE : Tarif d'Utilisation du Réseau Public de distribution d'Electricité

Part consommation :

CSPE (Contribution au service public de l'électricité) : 19,5 €HT/MWh

TCFE (Taxe sur la consommation finale d'électricité) : 9,6 €HT/MWh (fixée par défaut au niveau communal et départemental maximum)

Tarif bleu : Option Heures Pleines / Heures Creuses

Conso HP : 10,43 c€HT/kWh (80% de la consommation pour le chauffage et 0% de la consommation pour l'ECS)

Conso HC : 6,38 c€HT/kWh (20% de la consommation pour le chauffage et 100% de la consommation pour l'ECS)

Chauffage électrique collectif :

Les tarifs pris en compte pour le chauffage électrique collectif (cas d'une PAC géothermique) sont les tarifs jaunes.

Part abonnement – Tarifs jaune Option base :

CTA (Contribution tarifaire d'acheminement) : 27,04 % de la part fixe du TURPE

	Puissance/lgt kVA ⁵	Prime fixe annuelle €HT/kVA	CTA €HT/kVA
Bâtiment moyen RT 2005	3,60	36,36	8,13
Bâtiment parc social moyen	4,68		
Bâtiment peu performant	7,52		

Part consommation :

CSPE (Contribution au service public de l'électricité) : 19,5 €HT/MWh

TCFE (Taxe sur la consommation finale d'électricité) : 9,6 €HT/MWh (fixée par défaut au niveau communal et départemental maximum)

Tarif jaune : Option base utilisation moyenne

	c€HT/kWh	%chauffage	%ECS
Tarif HP été	5,04	16%	41%
Tarif HC été	3,49	4%	14%
Tarif HP hiver	10,02	64%	34%
TarifHC hiver	7,19	16%	11%

Pour l'année 2015, le taux de TVA applicable pour la tarification de l'électricité est de 5,5% pour l'abonnement et la CTA et de 20% pour la consommation, la TCFE et la CSPE.

1.1.3.3. Gaz naturel

Chauffage individuel gaz naturel :

Nous avons choisi de considérer les tarifs réglementés de vente (TRV) pour fixer le niveau des prix du gaz naturel de la solution de chauffage individuel au gaz car 59% des clients résidentiels ont pour l'instant conservé ces tarifs⁶. L'ouverture des marchés est plus avancée pour le gaz naturel que pour l'électricité en France, en partie car la différence de prix entre offres de marché et tarifs réglementés est plus conséquente pour le gaz naturel (dans une fourchette de +/- 10% en moyenne pour un client domestique).

⁵ Les puissances souscrites au logement pour les PAC géothermiques sont environ 2/3 inférieures aux puissances souscrites pour les réseaux de chaleur.

⁶ Source CRE – Bilan du marché du gaz au 31 décembre 2015 : <http://www.cre.fr/marches/marche-de-detail/marche-du-gaz>

Les tarifs présentés ci-dessous sont issus des arrêtés du 30 juin 2014 et du 24 juin 2015, tout deux relatifs aux tarifs réglementés de vente de gaz naturel, en prenant en compte les évolutions tarifaires mensuelles entre chaque arrêté. Les tarifs en vigueur ont été pondérés par la consommation mensuelle moyenne du mois correspondant. Le prix moyen du gaz en utilisation chauffage est composé de 76% du tarif hiver et 24% du tarif été.

Part abonnement – Tarif B1 :

	Abo €HT/an	CTA €HT/an	RT 2005	Parc social moyen	Peu performant
Tarif B1	185,65	30	X	X	X

CTA (Contribution tarifaire d'acheminement) : 20,8% de la part fixe du tarif de distribution, soit 30 €HT/an pour le tarif B1⁷.

Part consommation :

TICGN⁸ (Taxe intérieure sur la consommation de gaz naturel) : 2,64 €HT/MWh PCS

CTSS (Contribution au tarif spécial de solidarité) : 0,2 €HT/MWh PCS

Contribution biométhane : 0,0153 €HT/MWh PCS

Tarifs B1 :

	c€HT/kWh PCS
Tarif B1	4,294 c€ chauffage
	4,228 c€ ECS

Pour l'année 2015, le taux de TVA applicable pour la tarification du gaz naturel est de 5,5% pour l'abonnement et la contribution tarifaire d'acheminement (CTA) et de 20% pour la consommation, la TICGN, la CTSS et la contribution biométhane. A noter qu'à partir du 1^{er} janvier 2016, la CTSS et la contribution biométhane sont intégrées à la TICGN.

Chauffage collectif gaz naturel :

Les tarifs réglementés B2S, qui étaient pris en compte jusqu'alors pour le chauffage collectif au gaz naturel, ont été supprimés fin 2014. Pour cette enquête nous prendrons en compte les prix issus de l'enquête Eurostat sur la transparence des prix. Cette enquête semestrielle prévue par la Directive Européenne 2008/92 tient compte des prix de vente moyens des principaux fournisseurs selon les niveaux de consommation, de manière à représenter 95% du marché aux entreprises. S'agissant de moyenne semestrielle, ces prix peuvent ne pas refléter d'éventuelles variations tarifaires en et hors saison de chauffage, et peuvent donc avoir tendance à minorer le prix réel du gaz utilisé pour le chauffage.

Les tarifs de la Tranche 1 correspondent à un niveau de consommation inférieur à 250 MWh/an tandis que ceux de la Tranche 2 correspondent aux consommations allant de 250 à 2 500 MWh/an.

Les tarifs indiqués ci-après comprennent l'abonnement ainsi que l'ensemble des taxes, hormis la TVA.

⁷ Valeurs moyennes issues de l'observation.

⁸ La TICGN a été étendue aux consommations domestiques en avril 2014. La TICGN et la TICPE vont être fortement impactées à la hausse par l'augmentation de la composante carbone, introduite en loi de finances 2014 et renforcée par la loi relative à la transition énergétique (cf. partie 0).

	Tarif c€HTVA/kWhPCS	RT 2005	Parc social moyen	Peu performant
Tranche 1	5,51	X		
Tranche 2	4,44		X	X

En l'état, ils ne permettent pas de distinguer le coût de l'abonnement des tarifs du gaz. Nous avons donc calculé le ratio part abonnement / part consommation de la facture énergétique que nous aurions obtenue en appliquant les tarifs réglementés B2S, qui bien qu'étant obsolètes sont toujours publiés à ce jour, et appliqué ce ratio aux tarifs de l'enquête Eurostat. En l'occurrence il en ressort que la part abonnement, soumise à un taux de TVA de 5,5%, représente 16, 12 ou 7% de la facture énergétique hors taxe selon la performance énergétique du bâtiment, le reste étant soumis au taux de TVA de 20% pour la consommation :

	Part de l'abonnement (TVA à 5,5%)	Part de la consommation (TVA à 20%)	Taux de TVA moyen appliqué
Bâtiment RT 2005	16%	84%	17,7%
Bâtiment parc social moyen	12%	88%	18,3%
Bâtiment peu performant	7%	93%	19,0%

Pour prendre en compte cette pondération, les taux de TVA moyens ci-dessus sont appliqués aux tarifs hors TVA issus de l'enquête Eurostat.

1.1.3.4. *Fioul domestique*

Le fioul domestique est uniquement étudié pour des chaufferies collectives. Le prix indiqué ci-dessous est le prix moyen du fioul domestique sur l'année 2015 pour des livraisons de plus de 27 000 litres figurant sur le site du Ministère de l'Énergie, de l'Environnement et de la Mer (MEEM)⁹.

	€HT/kWh PCI
Prix du fioul	4,60

TICPE (Taxe intérieure sur les produits énergétiques) : 7,64 €/hl

Pour l'année 2015, le taux de TVA applicable pour la tarification du fioul est de 20% sur la partie combustible et sur la taxe intérieure sur les produits énergétiques (TICPE).

⁹ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Prix-de-vente-moyens-des,10724.html>

1.1.4. 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 suivantes sont celles qui seront reprises dans les tableaux et graphiques. 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 RT 2012, pour lesquels les options qui s'offrent au maître d'ouvrage sont sensiblement différentes (cf. partie 1.3).

Les modes de chauffage aux combustibles fossiles :

- **Gaz ind cond** : chaudière individuelle à condensation au gaz naturel par appartement.
- **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.

A noter que les solutions de chaudière individuelle au gaz naturel et chaudière collective au gaz naturel sans condensation ne sont plus étudiées dans le cadre de cette enquête car, en rénovation comme en rééquipement, ce type de chaudière est de moins en moins installé (sauf contraintes techniques particulières). En coût global sur une année, l'écart de compétitivité entre la chaudière au gaz naturel avec condensation et la chaudière au gaz naturel sans condensation est de l'ordre de 10% en individuel et 5% en collectif. Pour cette comparaison des modes de chauffage, nous prenons donc la meilleure solution technique pour les chaudières gaz naturel en solution individuelle et collective.

Les modes de chauffage à base d'électricité :

- **Elec ind** : chauffage électrique individuel « classique » (convecteurs ou panneaux rayonnant avec ECS sur ballon à accumulation).
- **PAC ind** : pompe à chaleur individuelle air/eau par appartement (avec ECS sur ballon à accumulation).
- **PAC coll géo** : pompe à chaleur collective géothermique eau/eau (avec production d'ECS instantanée).

Le chauffage sur réseaux de chaleur¹⁰ :

→ Pour la partie *comparaison environnementale*, on retient 4 exemples de réseaux de chaleur performants, avec les bouquets énergétiques suivants :

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

→ Pour la partie *comparaison économique*, on retient 3 catégories de réseaux de chaleur en fonction de leur bouquet énergétique :

- **RC moyen** : moyenne de l'ensemble des réseaux de chaleur ;
- **RC > 50% EnR&R** : moyenne de l'ensemble des réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R ;
- **RC < 50% EnR&R** : moyenne de l'ensemble des réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des énergies fossiles.

¹⁰ Nous avons établi deux listes de réseaux de chaleur. La 1^{ère} présente des mix énergétiques représentatifs de certaines catégories de réseaux afin de pouvoir établir des comparaisons environnementales. Nous n'avons pas pu prendre ces mêmes catégories pour réaliser les comparaisons économiques du fait de la trop grande dispersion des résultats (cf. partie 2). La 2^{ème} liste présente des distinctions selon la contribution des EnR&R au mix énergétique global auquel nous avons associé le prix moyen de vente de chaleur correspondant en prenant en compte l'application ou non de la TVA réduite sur la fourniture de chaleur.

1.1.5. Les caractéristiques du logement type

Le logement-type considéré est un appartement de 70 m² dans un immeuble de 25 logements, avec 3 niveaux de consommation :

	Niveau de consommation de référence	Comprend	Conso utile chauffage + ECS kWh _{utile} /m ² .an
Bâtiment RT 2005	120 kWh « primaire » / m ² .an	Ch + ECS	96
Bâtiment parc social moyen	170 kWh « finale » / m ² .an	Ch + ECS	136
Bâtiment peu performant	300 kWh « finale » / m ² .an	Ch + ECS	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). La consommation d'ECS est identique pour les 3 catégories de bâtiments avec 2200 kWh utiles par logement et par an. Cette consommation utile qui caractérise le service rendu à l'usager final 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 font l'objet d'une analyse spécifique car les exigences de la RT 2012 font que selon le système de chauffage retenu, l'enveloppe thermique doit atteindre un niveau de performance plus ou moins avancé. Cette méthode nous place du point de vue du maître d'ouvrage d'un bâtiment qui regarde les coûts ou surcoûts des différentes solutions (cf. partie 1.3).

1.1.6. Méthodes et critères de comparaison

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

Critère	Indicateur	Unité
Economique	Coût global	€TTC/logement.an
Energétique	Energie primaire	kWhE _p /kWhE _u
Effet de serre	Emissions de gaz à effet de serre	kgCO ₂ /kWh

1.1.6.1. Comparaison économique

La comparaison économique est construite à partir des hypothèses présentées en annexe. 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** : le poste « achat d'énergie » P1 (ou R1+R2 pour les réseaux de chaleur) est déterminé à partir du calcul des abonnements nécessaires aux différentes énergies (électricité, gaz, réseau de chaleur) et des consommations.
- **Etape 2 : Dépenses de fonctionnement (sur le 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, du compteur aux corps de chauffe (cf. annexe 1).
- **Etape 3 : Calcul de la facture totale annuelle (facture énergétique + dépenses de fonctionnement)**.
- **Etape 4 : Évaluation des investissements et de l'amortissement (P4)** pour les équipements de production et de distribution intérieure au bâtiment (cf. annexe 1)
- **Etape 5 : Calcul du coût global annuel (facture totale + amortissement)**

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).

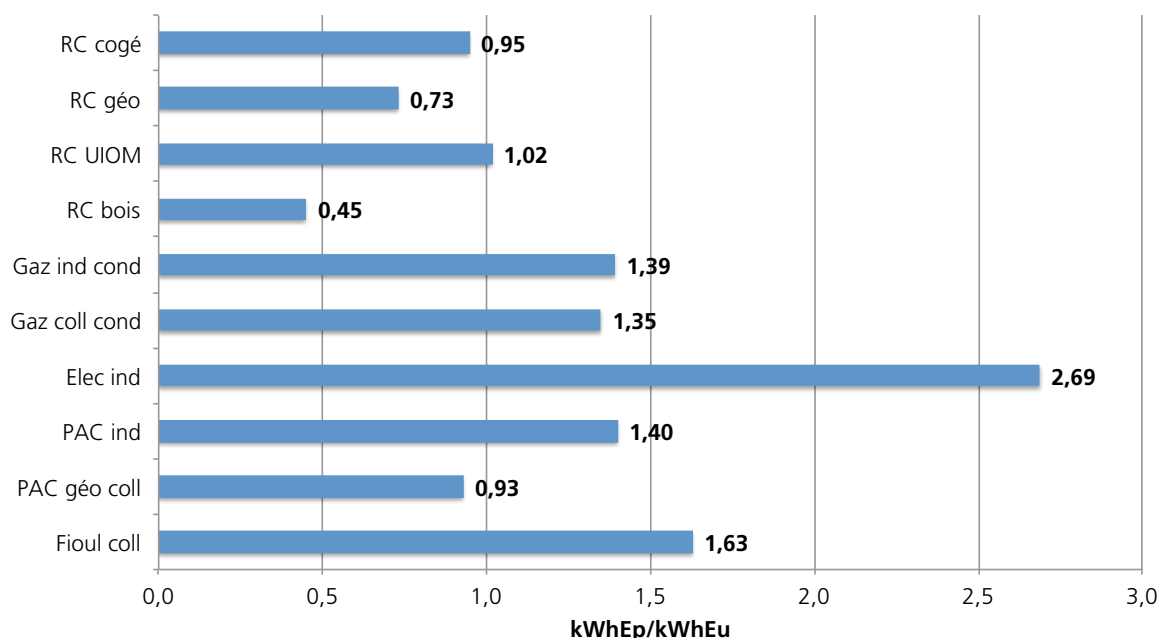
1.1.6.2. Comparaison énergétique

La comparaison énergétique est effectuée 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'à son utilisation au niveau de l'émetteur de chaleur 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 2,58¹¹). Pour les énergies fossiles, un coefficient d'énergie primaire de 1,1 a été retenu¹².

Pour les différents modes de chauffage, les facteurs de ressource primaire sont ainsi les suivants¹³ :

Facteur de ressource primaire du poste chauffage par mode de chauffage



Cette analyse montre que les 4 types de réseau de chaleur, que nous avons retenus pour leur représentativité du mix énergétique des réseaux de chaleur, sont les moyens de chauffage les plus économes en énergie primaire non renouvelable. La solution pompe à chaleur géothermique en chauffage collectif est également avantageuse, à condition d'atteindre un COP moyen annuel de 4,2 tel que nous l'avons considéré dans le calcul. Le réseau bois (alimenté à 80% par des énergies renouvelables) consomme trois fois moins d'énergie primaire non renouvelable qu'une chaudière collective gaz à condensation.

A noter qu'en utilisant un coefficient d'énergie primaire de 3,13 pour l'électricité, plus cohérent que le 2,58 au regard du bilan énergétique de la France pour 2015 publié par le SOeS¹⁴, l'écart avec la PAC grandit en faveur des réseaux de chaleur utilisant des EnR&R.

¹¹ ADEME : Méthode RT 2005 et outil 3CL pour le calcul des DPE.

¹² 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.

¹³ Ici, il s'agit bien des facteurs de ressource primaire des modes de chauffage, prenant en compte le rendement global des installations et la consommation des auxiliaires, et non de la source d'énergie.

¹⁴ Consommation d'électricité primaire / consommation d'électricité finale en 2015 (Mtep) : 116,6 / 37,2 = 3,13

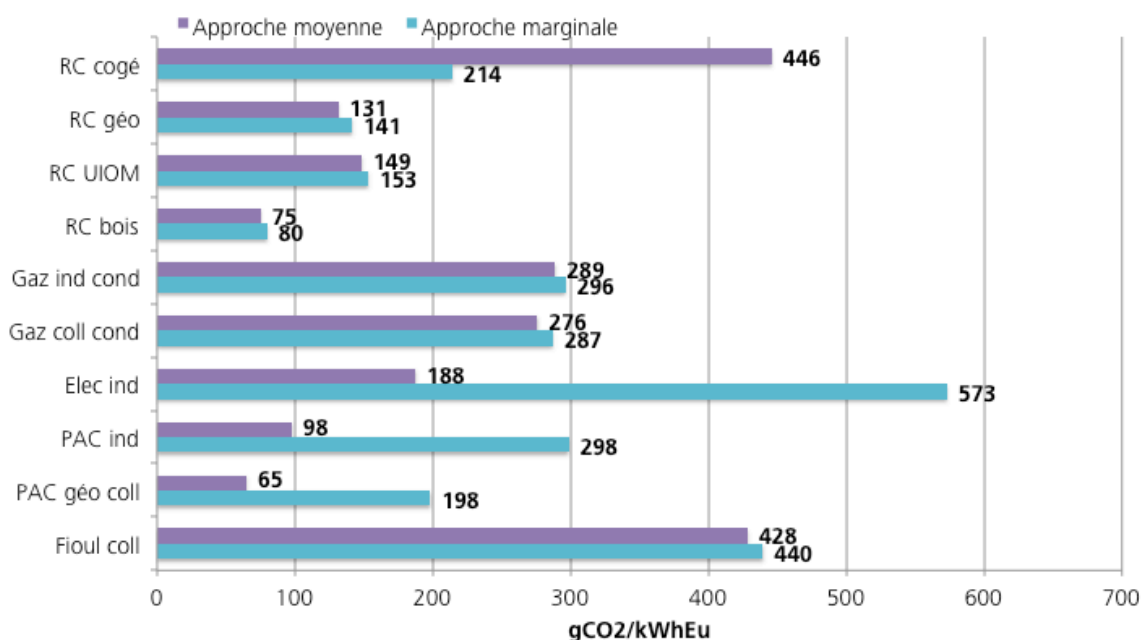
1.1.6.3. Comparaison en termes de gaz à effet de serre

Les facteurs d'émission de gaz à effet de serre (GES) retenus sont ceux définis dans l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic DPE et dans une étude RTE/ADEME.

	Facteur d'émission amont gCO ₂ /kWh PCI ou élec	
Fioul lourd	320	
Fioul domestique	300	
Gaz naturel	234	
Electricité (chauffage, auxiliaires de chauffage) ¹⁵	180 (approche moyenne)	550 (approche marginale)
Electricité de base (ECS en heures creuses) ¹⁶	40	
Chaleur UIOM (chaleur fatale)	4	
Plaquettes forestières	13	
Sciures et écorces ¹⁷	4	
Biomasse (moyenne plaquettes et sciures)	8	

Ainsi, les facteurs d'émission de GES pour chacun des modes de chauffage sont les suivants :

Facteur d'émission de GES du poste chauffage par mode de chauffage



Les émissions de GES des modes de chauffage utilisant l'électricité diffèrent selon que l'on prenne une approche moyenne (en violet : revient à prendre en compte le contenu CO₂ moyen du parc électrique français) ou marginale (en bleu : revient à prendre en compte le contenu CO₂ de l'unité de production qui va répondre à la demande supplémentaire, soit généralement une centrale à combustible fossile fortement émettrice dans le cas du chauffage) du contenu CO₂ de l'électricité. Les autres modes de chauffage sont moins affectés car ce choix n'influe que les émissions associées à la consommation d'électricité des auxiliaires. Les réseaux de chaleur bois, géothermie et UIOM sont faiblement émetteurs de GES ; pour ceux qui ont une cogénération gaz naturel, les émissions dépendent de la valorisation de l'électricité injectée.

¹⁵ Etude RTE / ADEME sur le contenu en CO₂ du kWh électrique (2007) ; à gauche l'approche moyenne, à droite la valeur marginale.

¹⁶ Valeur hors période de pointe (retenue pour l'ECS produite en heures creuses).

¹⁷ 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.

1.2. Comparaison des modes de chauffage pour les bâtiments existants

Cette partie compare les différents modes de chauffage pour 3 types de bâtiments existants : bâtiment RT 2005 (120 kWh/m².an), bâtiment parc social moyen (170 kWh/m².an) et bâtiment peu performant (300 kWh/m².an). Le cas des bâtiments RT 2012 sera traité dans la partie 1.3.

1.2.1. Comparaison économique

Comment lire les graphiques et tableaux des 3 paragraphes suivants ?

Graph. 1 : Décomposition du coût global chauffage + ECS

- Pour chacun des modes de chauffage, les dépenses afférentes à chaque poste de coût sont additionnées afin de permettre des comparaisons en coût global.
- Compte tenu de l'hétérogénéité des prix pratiqués par les réseaux de chaleur, nous avons placé des indicateurs (marqueurs gris) sur la deuxième ligne du tableau. Ces indicateurs font référence aux 5 classes de prix observées sur les réseaux de chaleur (cf. partie 2).

Tableau : Récapitulatif des postes de dépenses pour chaque solution de chauffage

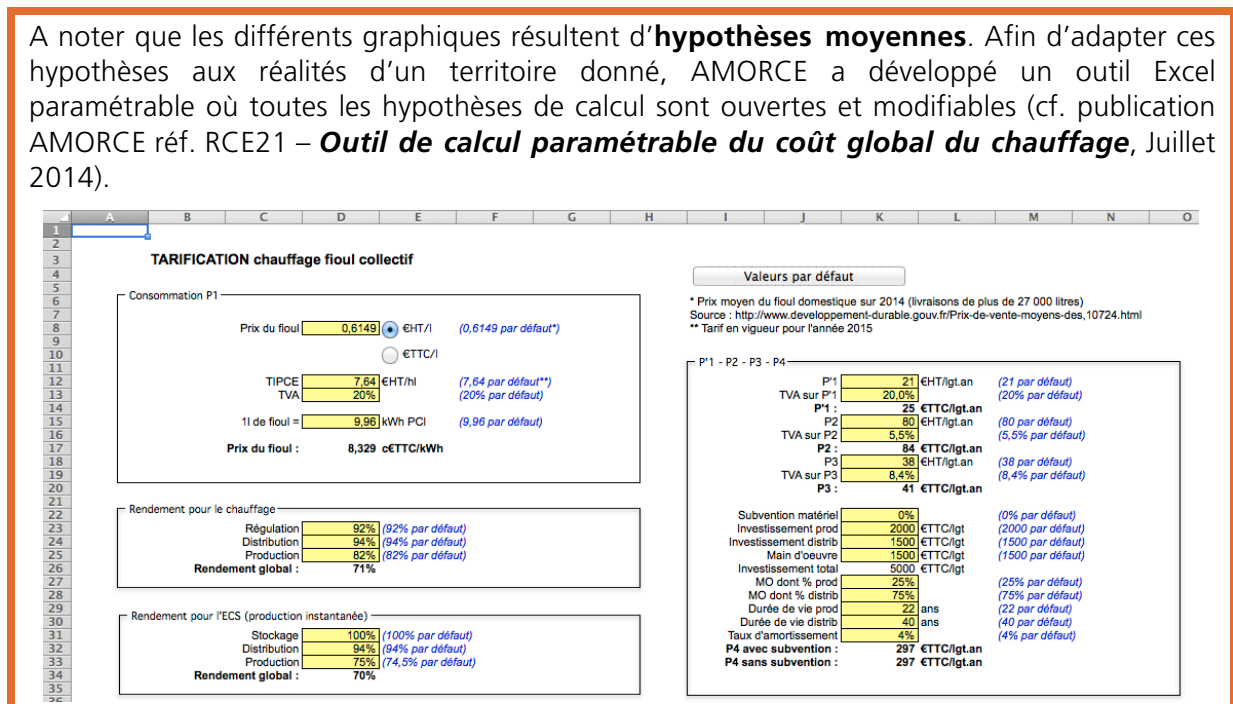
- Facture énergétique = P1 (ou R1 + R2 pour les réseaux de chaleur)
- Charges locatives récupérables = Facture énergétique + P'1 + P2
- Facture totale annuelle = Charges locatives récupérables + P3
- Coût global annuel sans subvention : Facture totale annuelle + P4

Plus de détails sur les postes de dépenses liés au chauffage dans la partie 1.1.2

Graph. 2 : Parts fixes et parts variables des modes de chauffage

- La part variable correspond à la partie consommation (R1 ou consommation P1)
- 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).

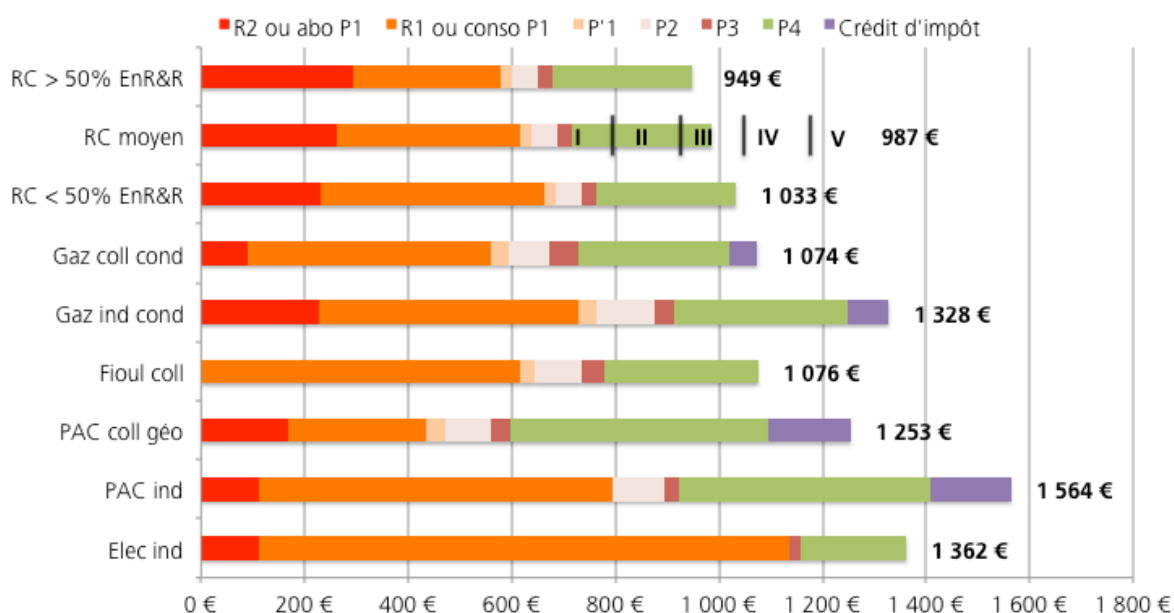
A noter que les différents graphiques résultent d'**hypothèses moyennes**. Afin d'adapter ces hypothèses aux réalités d'un territoire donné, AMORCE a développé un outil Excel paramétrable où toutes les hypothèses de calcul sont ouvertes et modifiables (cf. publication AMORCE réf. RCE21 – **Outil de calcul paramétrable du coût global du chauffage**, Juillet 2014).



1.2.1.1. Bâtiment RT 2005 – 120 kWh/m².an

Ce niveau de consommation correspond au niveau des bâtiments récents soumis à la RT 2005.

Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2015 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment RT 2005 - 120 kWh/m² par an - Analyse : AMORCE



Les réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des EnR&R constituent en moyenne la solution la plus compétitive en coût global pour ces bâtiments classés C dans le DPE. En prenant en compte le crédit d'impôt dont peuvent bénéficier les chaudières gaz à condensation¹⁸, la solution de chauffage collectif au gaz naturel à condensation¹⁹ devient légèrement plus compétitive que le cas « réseau de chaleur < 50% EnR&R ».

Les solutions de chauffage individuel, qu'elles soient au gaz naturel ou électriques, font clairement partie des modes de chauffage les plus chers. Le chauffage électrique à effet Joule n'est pas la solution la plus chère en coût global mais présente de loin la facture énergétique la plus élevée.

Malgré l'important crédit d'impôt dont elle bénéficie, la pompe à chaleur individuelle est la solution la plus chère en coût global, l'amortissement de l'installation pesant beaucoup à ce niveau de consommation. Toutefois il convient de nuancer ce résultat en gardant en tête le fait que la facture énergétique dépend de la technologie utilisée (PAC air/eau dans le cas présent) et de son COP²⁰ saisonnier. C'est en ce sens que la réalisation d'une étude de faisabilité permet de définir les solutions les plus adaptées techniquement et économiquement viables.

Les réseaux de chaleur les plus performants en termes de prix de vente (classes I, II, voire III) constituent le système énergétique le plus économique. Les moins performants (classe V) sont parmi les plus chers.

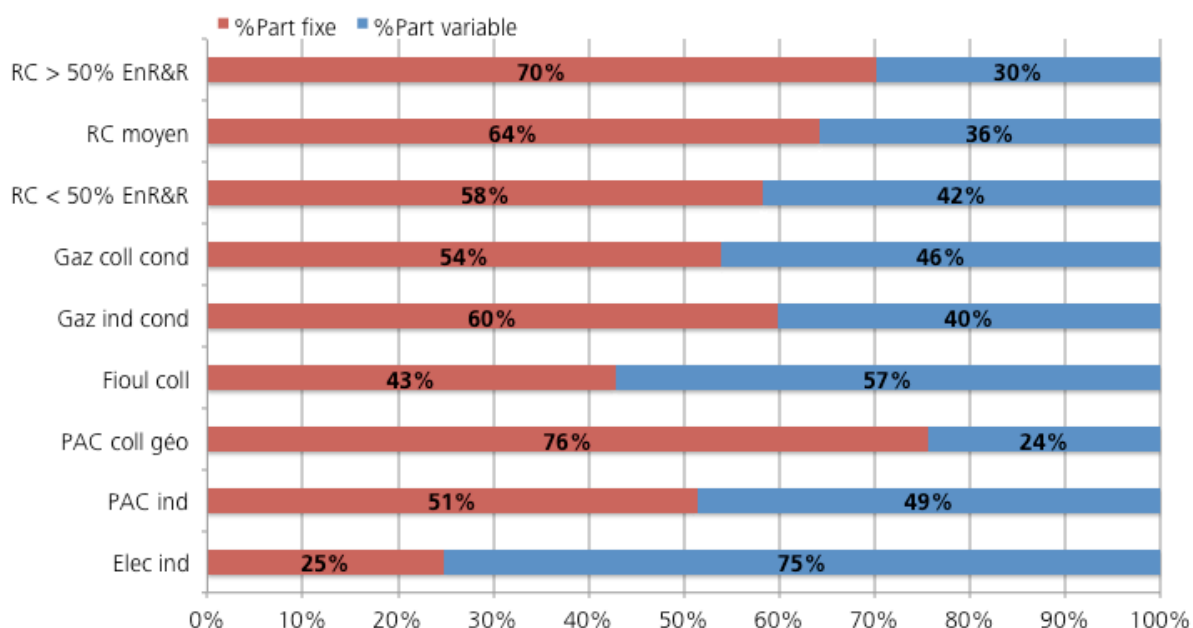
¹⁸ Théoriquement, le crédit d'impôt s'applique également sur l'acquisition d'équipement de raccordement à un réseau de chaleur majoritairement alimenté par des EnR&R et cogénération, mais nous ne l'avons pas pris en compte dans le cadre de cette étude car les retours de terrain montrent qu'il est finalement très peu utilisé. Pour plus d'informations, cf. publication AMORCE réf. RCE22 – *Coûts de raccordement des réseaux de chaleur et dispositifs de soutien*, Février 2015.

¹⁹ Pour la solution gaz collectif, la répartition de la facture énergétique entre l'abonnement et la part consommation est celle définie dans la partie 1.1.3.3

²⁰ Coefficient de Performance

	Facture énergétique (€TTC/lgt par an)	Charges locatives récupérables (€TTC/lgt par an)	Facture totale (€TTC/lgt par an)	Coût global annuel sans subvention (€TTC/lgt par an)
RC > 50% EnR&R	577 €	650 €	679 €	949 €
RC moyen	615 €	688 €	717 €	987 €
RC < 50% EnR&R	661 €	734 €	763 €	1 033 €
Gaz coll cond ²¹	559 €	672 €	729 €	1 074 €
Gaz ind cond	728 €	875 €	914 €	1 328 €
Elec ind	1 134 €	1 134 €	1 158 €	1 362 €
PAC ind	795 €	896 €	921 €	1 564 €
PAC coll géo	436 €	561 €	596 €	1 253 €
Fioul coll	615 €	734 €	779 €	1 076 €

Part variables et fixes du coût global par mode de chauffage en 2015
Bâtiment RT 2005 - 120 kWh/m² par an - Analyse AMORCE



La part fixe²² du coût global TTC est relativement élevée (autour de 56%) pour ce niveau de consommation pour la plupart des modes de chauffage. Les réseaux de chaleur moyen et majoritairement alimentés par des énergies fossiles sont dans cette moyenne. Ceux majoritairement alimentés par des EnR&R présentent une part abonnement structurellement plus élevée. A noter que la part fixe des réseaux de chaleur varie surtout selon la source d'énergie majoritaire valorisée sur le réseau, voire selon la taille du réseau (cf. partie 2 et publication AMORCE réf. RCT38 page 39). La solution chauffage électrique à effet Joule présente la part fixe la moins élevée mais possède le prix de vente au kWh le plus élevé.

A noter que si une part variable élevée apporte un signal intéressant d'incitation à la maîtrise de l'énergie, elle expose également plus le consommateur à une hausse de sa dépense globale en cas d'augmentation du prix des énergies.

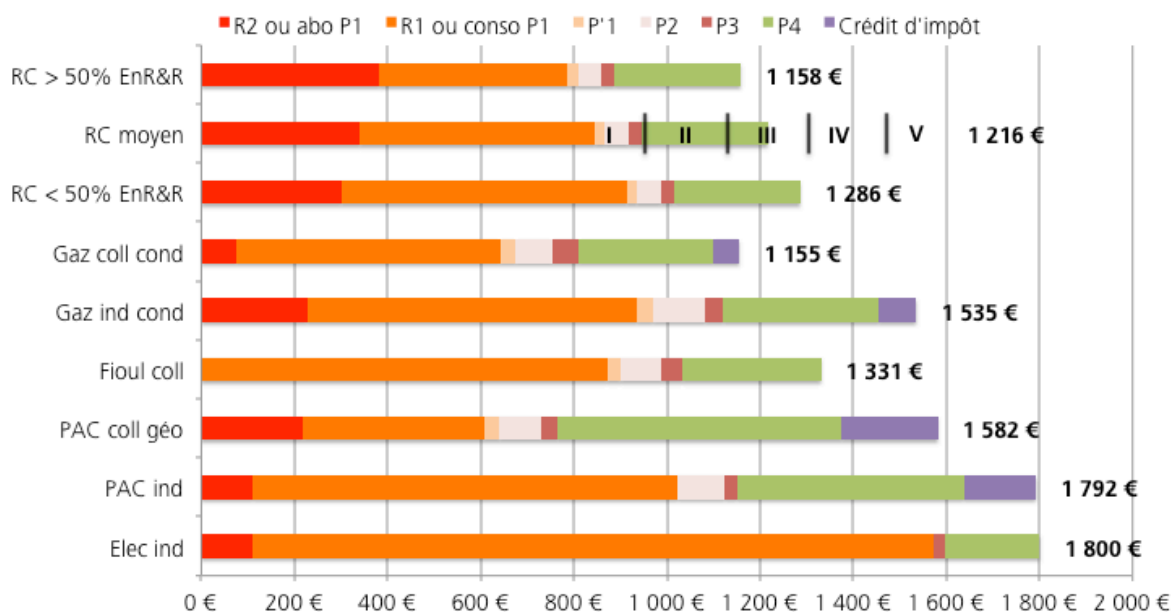
²¹ Pour la solution gaz collectif, la répartition de la facture énergétique

²² Comprend l'abonnement, P'1, P2, P3 et P4 – après déduction du crédit d'impôt. A noter que la partie du P'1 relative à la consommation d'électricité pourrait être comptée dans la part variable car il est possible d'optimiser le fonctionnement des circulateurs. Le montant correspondant ramené au logement étant minime, nous avons compté l'intégralité du P'1 dans la part fixe.

1.2.1.2. Parc social moyen – 170 kWh/m².an

Le niveau de performance *parc social moyen* correspond à la consommation moyenne du parc de logements collectifs (public et privé)²³.

**Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2015 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment parc social moyen - 170 kWh/m² par an - Analyse : AMORCE**



Les réseaux de chaleur alimentés majoritairement par des EnR&R constituent en moyenne la solution la plus compétitive en coût global pour les bâtiments représentatifs du *parc social moyen*, au coude à coude avec la solution chauffage collectif au gaz naturel à condensation. S'en suivent les réseaux de chaleur « moyens » puis ceux alimentés majoritairement par des énergies fossiles. La baisse du prix des énergies fossiles se fait particulièrement ressentir sur les solutions gaz et fioul collectif, principales concurrentes des réseaux de chaleur.

La solution chauffage individuel au gaz naturel à condensation fait partie des modes de chauffage les plus chers, au même titre que les solutions électriques. En effet, du fait des consommations plus élevées sur ce type de bâtiment que sur le bâtiment *RT 2005*, le chauffage électrique à effet Joule rattrape la solution PAC individuelle et devient la solution la plus chère en coût global, sa facture énergétique étant de loin la plus élevée.

La PAC collective géothermique présente la facture énergétique la plus faible, mais l'amortissement pèse sur l'analyse en coût global²⁴. Les aides du crédit d'impôt permettent tout de même de diminuer le coût global de 200€, remontant ainsi la solution dans le classement.

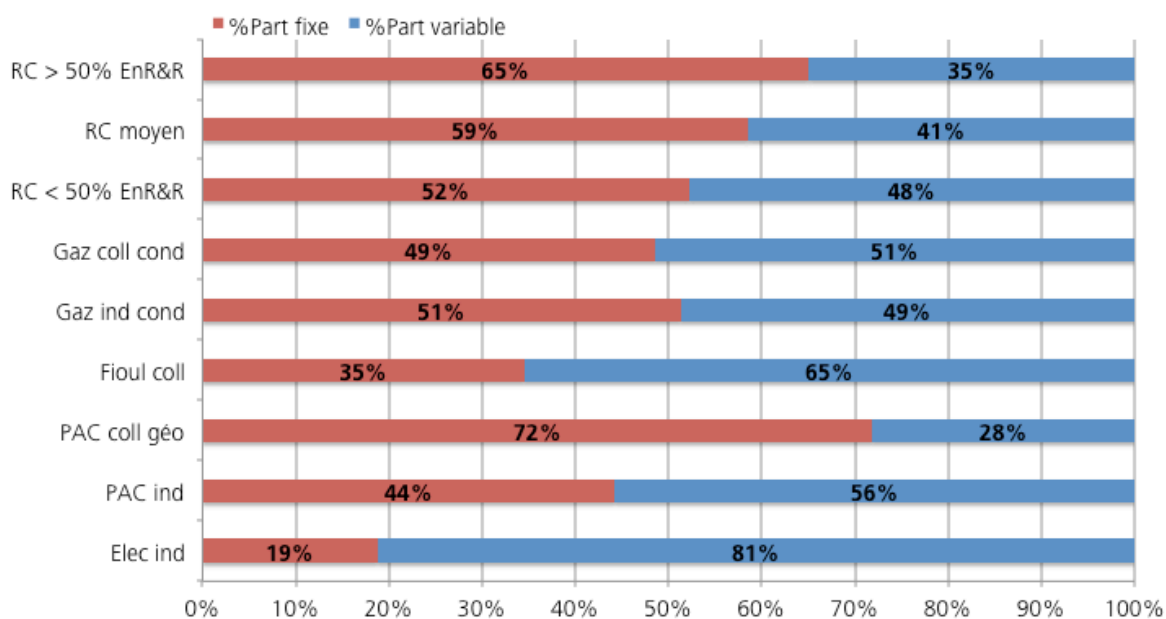
Les réseaux de chaleur les plus performants en termes de prix de vente (classes I et II) constituent le système énergétique le plus économique. Les moins performants (classe V) figurent quant à eux parmi les systèmes les plus chers.

²³ Source : ENERTER – Energie demain.

²⁴ 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/lgt par an)	Charges locatives récupérables (€TTC/lgt par an)	Facture totale (€TTC/lgt par an)	Coût global annuel sans subvention (€TTC/lgt par an)
RC > 50% EnR&R	787 €	859 €	888 €	1 158 €
RC moyen	845 €	917 €	946 €	1 216 €
RC < 50% EnR&R	915 €	987 €	1 016 €	1 286 €
Gaz coll cond	641 €	754 €	811 €	1 155 €
Gaz ind cond	937 €	1 083 €	1 122 €	1 535 €
Elec ind	1 573 €	1 573 €	1 597 €	1 800 €
PAC ind	1 024 €	1 124 €	1 150 €	1 792 €
PAC coll géo	606 €	730 €	766 €	1 582 €
Fioul coll	871 €	989 €	1 034 €	1 331 €

Part variables et fixes du coût global par mode de chauffage en 2015
Bâtiment parc social moyen - 170 kWh/m² par an - Analyse AMORCE

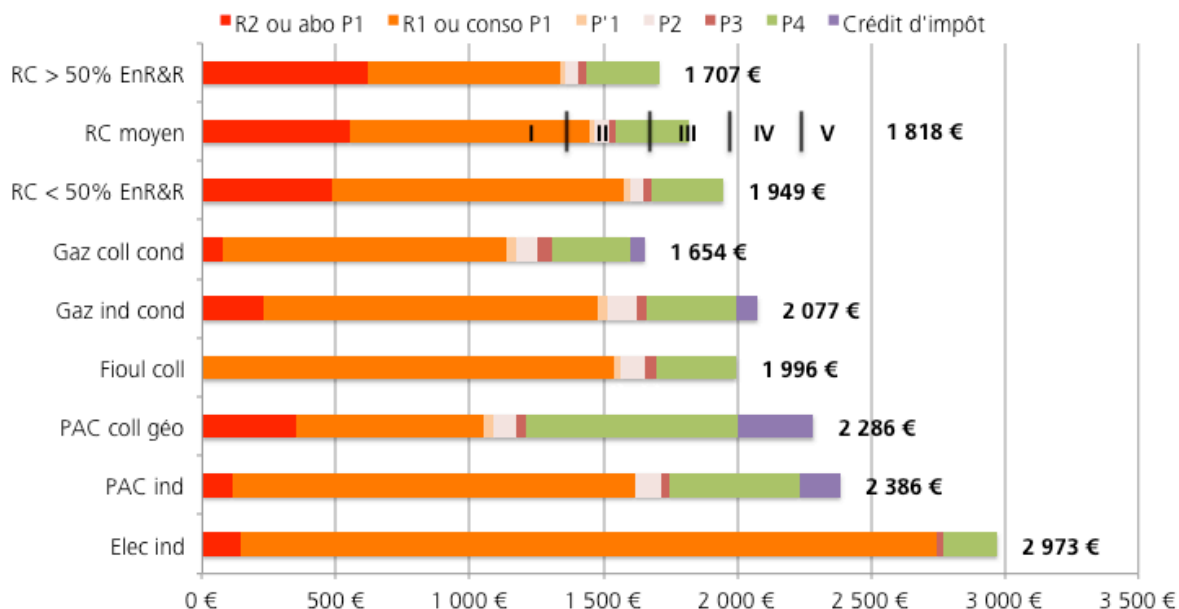


La part fixe est logiquement plus faible pour le logement *parc social moyen* que pour le logement *RT 2005* car les consommations – variables – y sont plus élevées, mais l'ordre entre les solutions analysées reste inchangé. Seules les solutions pompe à chaleur géothermique et réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R restent à plus de 60% de part fixe dans le coût global (les réseaux de chaleur moyen suivant de près).

1.2.1.3. Bâtiment peu performant – 300 kWh/m².an

Ce niveau de consommation se situe au dessus de la moyenne de la consommation du parc résidentiel français. Il s'agit de bâtiments énergivores qui engendrent des dépenses importantes de chauffage quel que soit le mode de chauffage. Les écarts de coût en valeur absolue entre les modes de chauffage sont encore plus prononcés que dans les deux cas précédents.

Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2015 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment peu performant - 300 kWh/m² par an - Analyse : AMORCE



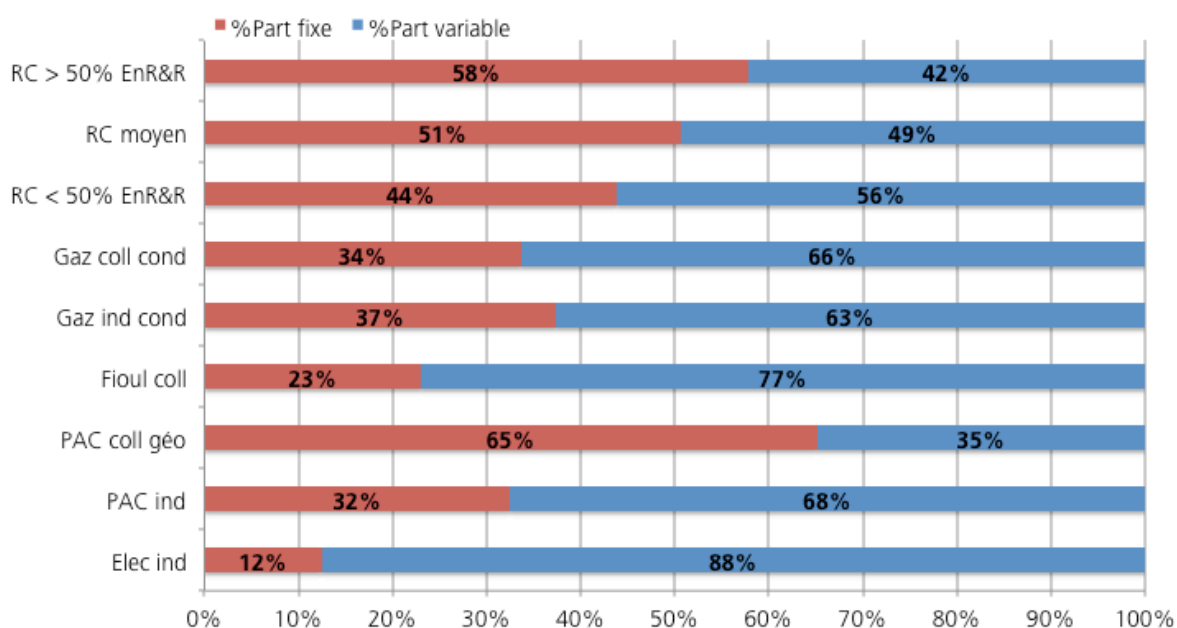
Sur ces niveaux de consommation élevés, la solution chauffage collectif au gaz naturel à condensation passe devant les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R et devient en moyenne la solution la plus compétitive. Ce résultat s'explique par une part fixe plus élevée couplée à une augmentation plus prononcée du prix de vente de la chaleur que les années précédentes sur ces réseaux, dues à la rigueur climatique de 2015 (cf. partie 2 Prix de vente), avec à l'inverse un prix du gaz qui a baissé.

La solution chauffage électrique à effet Joule creuse encore son écart de compétitivité avec les autres modes de chauffage, la facture énergétique pesant de plus en plus lourd. A noter que dans l'avant dernière version de cette enquête (réf. RCE23), la solution au fioul était quasiment au même niveau que la solution chauffage électrique à effet Joule, ce qui n'est plus du tout le cas en 2015. Le prix du fioul a en effet fortement diminué, face à un prix de l'électricité qui a plutôt augmenté : sur ces niveaux de consommation, l'impact est très significatif (écart de quasiment 1 000€ entre ces deux solutions, contre 500€ en 2014 et 200€ en 2013). Cet exemple illustre bien les précautions à prendre lorsque l'on fait un choix à une année donnée sur les hypothèses d'évolution du prix des énergies pour les 20 ans à venir (cf. partie 1.4.2).

Les réseaux de chaleur les plus performants en termes de prix de vente (classe I et II) constituent le système énergétique le plus économique. Les moins performants (classe V) sont quant à eux parmi les systèmes les plus chers.

	Facture énergétique (€TTC/lgt par an)	Charges locatives récupérables (€TTC/lgt par an)	Facture totale (€TTC/lgt par an)	Coût global annuel sans subvention (€TTC/lgt par an)
RC > 50% EnR&R	1 336 €	1 408 €	1 437 €	1 707 €
RC moyen	1 447 €	1 519 €	1 548 €	1 818 €
RC < 50% EnR&R	1 578 €	1 649 €	1 679 €	1 949 €
Gaz coll cond	1 140 €	1 252 €	1 309 €	1 654 €
Gaz ind cond	1 478 €	1 625 €	1 663 €	2 077 €
Elec ind	2 746 €	2 746 €	2 770 €	2 973 €
PAC ind	1 617 €	1 718 €	1 744 €	2 386 €
PAC coll géo	1 051 €	1 175 €	1 211 €	2 286 €
Fioul coll	1 537 €	1 655 €	1 699 €	1 996 €

Part variables et fixes du coût global par mode de chauffage en 2015
Bâtiment peu performant - 300 kWh/m² par an - Analyse AMORCE



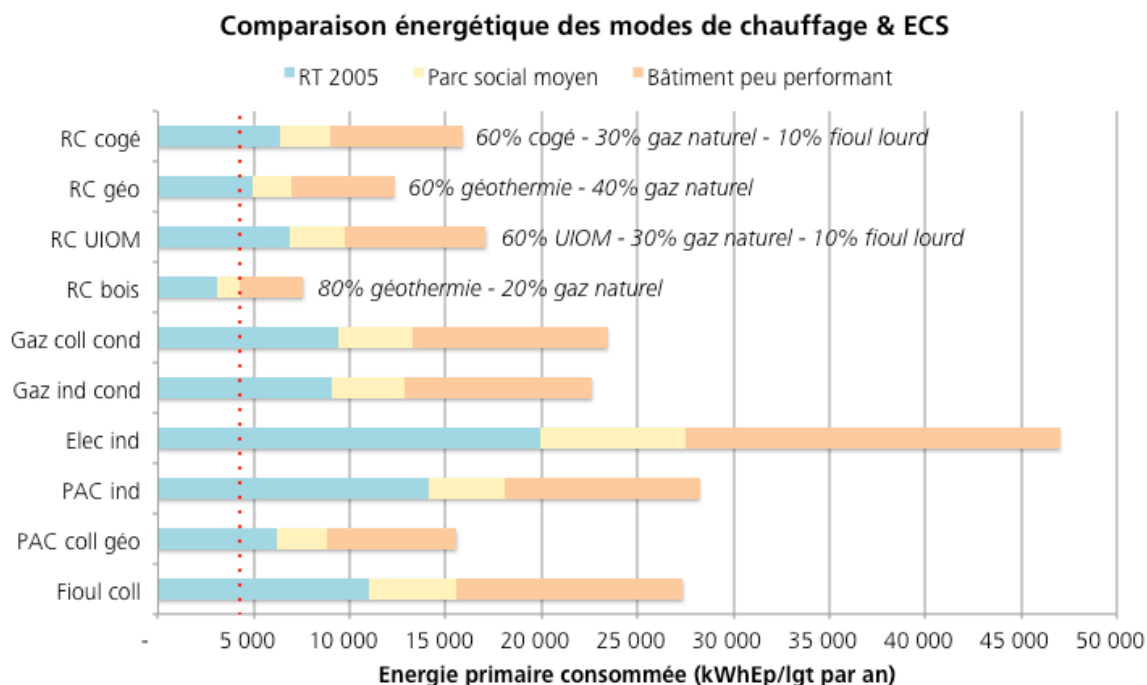
Pour ces niveaux importants de consommation, on retrouve en moyenne une part fixe de l'ordre de 40%. Les réseaux de chaleur vertueux et les PAC géothermiques restent les solutions à plus forte part fixe. L'incitation à la maîtrise de l'énergie y est donc moins importante, mais les usagers sont mieux protégés des hausses des combustibles ou de l'électricité qui sont très pénalisantes pour ces niveaux de consommation.

Les réseaux de chaleur se classent en moyenne parmi les solutions les plus compétitives, et d'autant plus les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R.

Les réseaux de chaleur les plus performants (classes I et II) sont la solution la plus compétitive tandis que les réseaux de chaleur les plus chers (classe V) se classent parmi les solutions les moins compétitives. Ces derniers sont les plus susceptibles de rencontrer des difficultés de commercialisation face aux solutions concurrentes collectives au gaz et au fioul.

1.2.2. 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 partie 1.1.6.2 sur les émissions de gaz à effet de serre.



On constate que les besoins en énergie primaire non renouvelable d'un logement correspondant au *parc social moyen* (170 kWh/ m².an) alimenté par un réseau de chaleur bois (représentés par le marqueur en pointillés rouges) sont équivalents à ceux d'un logement de même superficie mais de performance *RT 2005* et alimenté par un réseau de chaleur 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 quatre fois moins élevé que celui d'un logement *RT 2005* chauffé à l'électricité et deux fois moins élevé que celui d'un logement *RT 2005* chauffé au fioul ou au gaz.

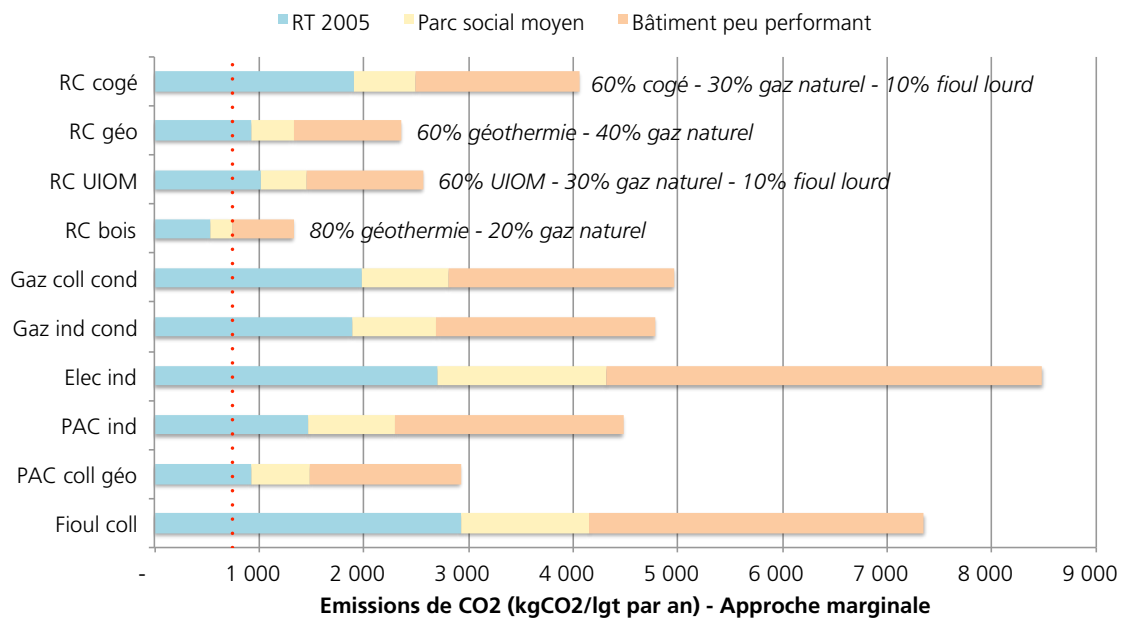
1.2.3. Comparaison en termes de gaz à effet de serre

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 partie 1.1.6.3.

On effectue la comparaison sur la base du **contenu CO₂ marginal** de l'électricité, à savoir 0,550 kgCO₂/kWh.

On constate alors sur le graphique suivant, que pour avoir un impact équivalent en termes d'émissions de gaz à effet de serre d'un logement du *parc social moyen* (170 kWh/ m².an) alimenté par un réseau de chaleur bois (représentées par le marqueur en pointillés rouges), le niveau de performance de ce même logement doit être *RT 2005* s'il est alimenté par un réseau de chaleur géothermique ou une PAC géothermique présentant en moyenne annuelle un COP de 4,2.

Comparaison environnementale des modes de chauffage & ECS

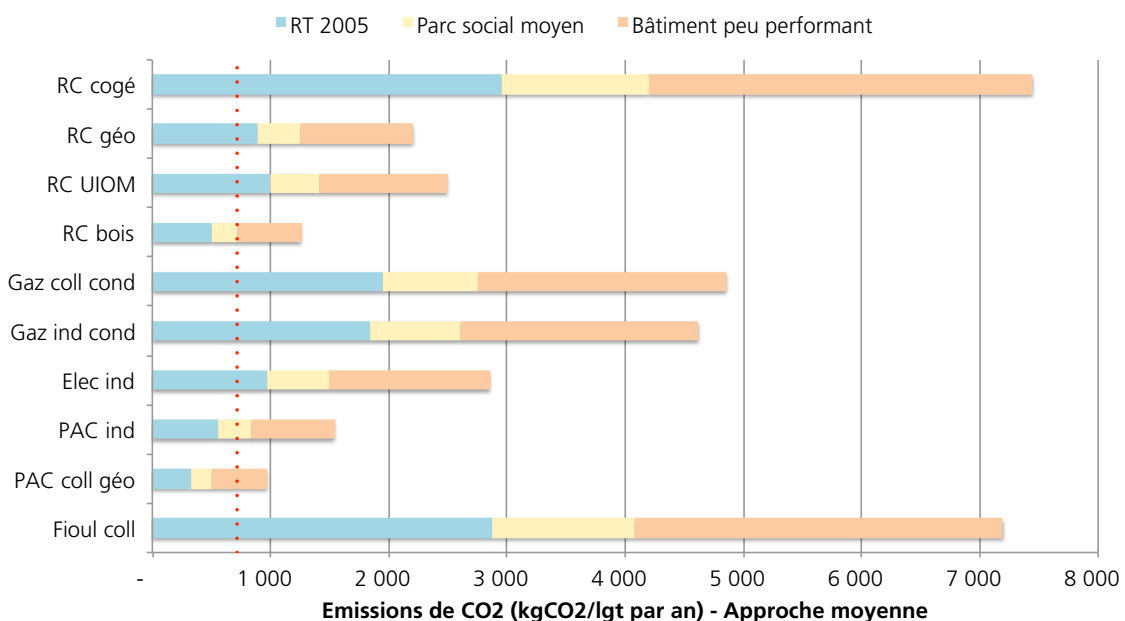


A titre indicatif, le contenu CO₂ moyen des réseaux de chaleur français est équivalent à celui de la solution réseau de chaleur géothermique (environ 0,150 kgCO₂/kWh).

Les réseaux de chaleur vertueux (géothermie, UIOM ou biomasse) sont en moyenne les solutions les plus performantes à la fois d'un point de vue énergétique qu'environnemental, surtout ceux majoritairement alimentés par de la biomasse. Les réseaux équipés de cogénération gaz naturel et la solution PAC géothermique collective suivent d'assez près (à condition pour la PAC de respecter le COP de 4,2).

Ci-dessous la même analyse est effectuée sur la base du **contenu CO₂ moyen** de l'électricité, soit 0,180 kgCO₂/kWh. Sans surprise, les solutions électriques présentent un bilan nettement plus avantageux, mais les réseaux de chaleur vertueux 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 (représenté par le marqueur en pointillés rouges), la solution chauffage électrique effet Joule doit être appliquée à un logement au niveau *RT 2005*.

Comparaison environnementale des modes de chauffage & ECS

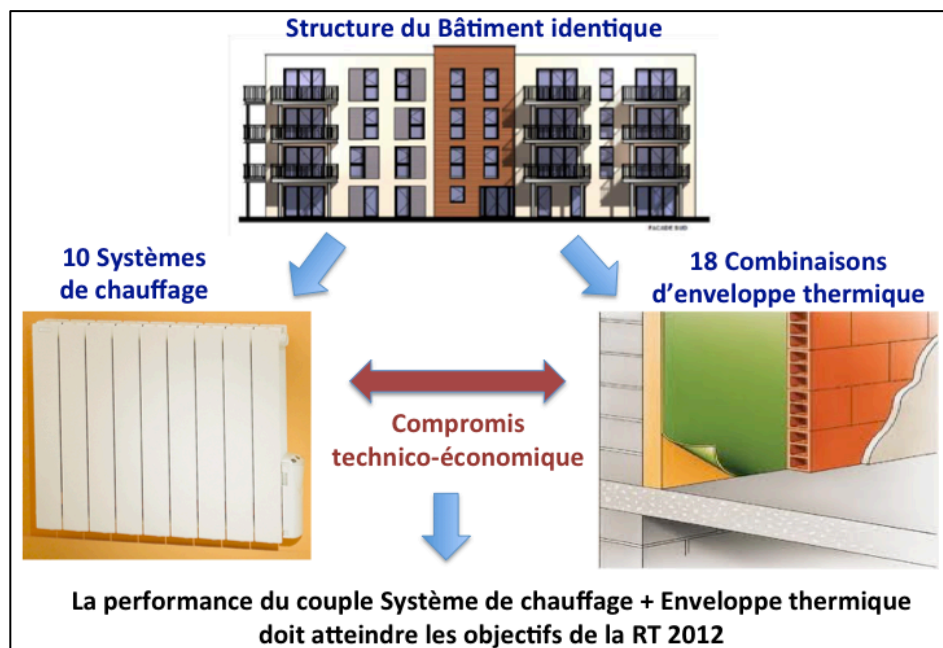


1.3. Comparaison des modes de chauffage pour les bâtiments RT 2012

Depuis 2012 AMORCE a intégré une partie spécifique à la RT 2012 pour analyser d'un point de vue technico-économique, les différentes solutions de référence permettant de respecter ces nouvelles exigences qui s'appliquent aux maîtres d'ouvrage du bâtiment et à leurs maîtres d'œuvre²⁵. L'étude a été réalisée sur un cas type réel d'immeuble collectif par le bureau d'études Tribu Energie.

Dans cette partie, **les performances de l'enveloppe thermique²⁶ du bâtiment sont ajustées pour chaque mode de chauffage afin de trouver un compromis technico-économique²⁷ qui permet d'atteindre les objectifs fixés par la RT 2012.**

1.3.1. Hypothèses



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

²⁵ Exigences portants sur 5 usages : chauffage, ECS, refroidissement, éclairage et auxiliaires.

²⁶ L'enveloppe thermique caractérise l'isolation thermique du bâtiment (sous-sol, toiture, murs extérieurs, menuiseries).

²⁷ Deux éléments participent à la performance thermique 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 neufs²⁸. 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**²⁹ 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, refroidissement, éclairage, auxiliaires) à **50 kWh_{Ep}/m² par an en moyenne**. Ce niveau de consommation maximum 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 2017 bénéficient d'une majoration de 7,5 kWh_{Ep}/m².an sur les valeurs de Cep_{max} ³⁰. 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 kWh_{Ep}/m².an lorsque le bâtiment est alimenté par un chauffage au gaz ou à l'électricité**³¹. Lorsque le bâtiment est alimenté par un système de chauffage faiblement émetteur de CO₂ (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 gCO₂/kWh** ou moins de **100 gCO₂/kWh** ou moins de **50 gCO₂/kWh**, la Cep_{max} autorisée dans le cadre de notre étude est ainsi respectivement de **80,1 kWh_{Ep}/m².an** ou **85,8 kWh_{Ep}/m².an** ou **91,6 kWh_{Ep}/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.

²⁸ Obligation en vigueur depuis le 28 Octobre 2011 pour les bâtiments d'habitation situés en zone ANRU et depuis le 1^{er} janvier 2013 pour tous les autres bâtiments d'habitation (date de dépôt de permis de construire).

²⁹ $Bbio_{max} = Bbio_{maxmoyen} \times (\text{Coeff géographique} + \text{Coeff altitude} + \text{Coeff Surface})$ avec $Bbio_{maxmoyen} = 60$ soit $Bbio_{max} = 60 \times (1,2 + 0 + 0) = 72$ points

³⁰ Initialement la majoration de consommation devait prendre fin le 31 Décembre 2014 mais un arrêté du 19 décembre paru au Journal Officiel du 26 décembre a prolongé la période de trois ans.

³¹ $Cep_{max} = (50 + 7,5) \times \text{Coeff type bâtiment} \times (\text{Coeff géographique} + \text{Coeff altitude} + \text{Coeff surface} + \text{Coeff GES})$ avec Coeff géographique de 1,2 pour la zone H1a et Coeff surface de 0,09 pour une surface de logement de 65 m² soit $Cep_{max} = 57,5 \times 1 \times (1,2 + 0 + 0,09 + 0) = 74,3$ 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 entraîne respectivement une Cep_{max} de 80,1 ou 85,8 ou 91,6 kWh / m².an

Pour chaque système de chauffage (caractérisé par un niveau de performance, une consommation d'énergie primaire et des émissions de CO₂) 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.

1.3.1.2. Les modes de chauffages

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 + ECS solaire** : 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 coll géo**³² : pompe à chaleur collective géothermique eau/eau de COP 4,2 (valeur moyenne annuelle).

Le chauffage sur réseaux de chaleur :

- **RC > 150 gCO₂/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO₂ est supérieur à 150 gCO₂/kWh.
- **RC < 150 gCO₂/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO₂ est compris entre 100 et 150 gCO₂/kWh.
- **RC < 100 gCO₂/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO₂ est compris entre 50 et 100 gCO₂/kWh.
- **RC < 50 gCO₂/kWh** : réseau de chaleur dont le contenu CO₂ est inférieur à 50 gCO₂/kWh.

1.3.1.3. 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'enveloppe³³ 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.

³² 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 RT 2005 a été utilisé pour déterminer les performances de la PAC en fonctionnement ECS dans le cadre de la RT T 2012.

³³ Les 18 solutions sont classées de la moins performante à la plus performante, de la façon suivante : 1-, 1, 2, ..., 15, 16, 16+

1.3.2. Analyse des systèmes de chauffage permettant d'atteindre la RT 2012

1.3.2.1. Construction du couple système de chauffage + enveloppe thermique

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

- Le critère de performance du bâti : $B_{bio} < B_{bio_{max}}$
- 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.

	Env. th.	Objectifs		Résultats		Performance		Investissement		
		Cep max	Bbio max	Cep	Bbio	Cep / Cep max	Bbio / Bbio max	Bâti €TTC/lgt	Système €TTC/lgt	Total €TTC/lgt
RC < 50 gCO ₂ /kWh	1-	92	72	81	71	11%	1%	10 087€	5 805€	15 892€
RC < 100 gCO ₂ /kWh	1-	86	72	81	71	5%	1%	10 087€	5 805€	15 892€
RC < 150 gCO ₂ /kWh	1	80	72	75	60	6%	17%	11 135€	5 805€	16 940€
RC > 150 gCO ₂ /kWh	2	74	72	74	57	1%	20%	11 241€	5 805€	17 046€
Gaz coll cond	4	74	72	73	53	1%	26%	12 235€	7 380€	19 615€
Gaz coll cond + ECS solaire	1-	74	72	61	71	17%	1%	10 087€	8 400€	18 487€
Gaz ind cond	1	74	72	70	60	6%	17%	11 135€	6 531€	17 666€
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€

La combinaison d'enveloppe thermique utilisée pour la chaudière gaz à condensation avec ECS solaire et les réseaux de chaleur faiblement émetteurs de CO₂ (contenu CO₂ inférieur à 100 gCO₂/kWh), ne peut être davantage dégradée au regard du critère $B_{bio_{max}}$; 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+).

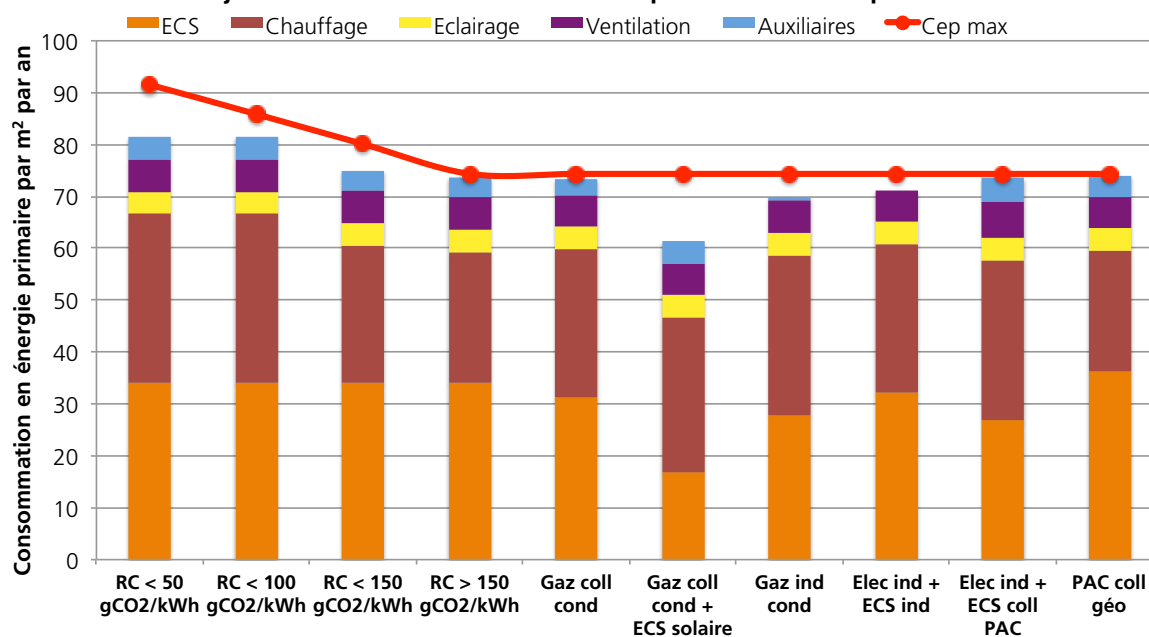
Le graphique ci-après représente les niveaux de consommation d'énergie primaire selon les postes de la RT 2012 pour chaque couple *système de chauffage + enveloppe thermique*. La somme des consommations d'énergie primaire (Cep) des 5 postes doit être inférieure au niveau de consommation d'énergie primaire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

Pour la chaudière gaz à condensation avec ECS solaire, la part du solaire dans la production d'ECS est sortie du bilan³⁴, ce qui explique le niveau faible de consommation sur ce poste.

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.

³⁴ La méthode de calcul réglementaire fait que la consommation de chaleur du bâtiment produite par du solaire sur le bâtiment n'est pas prise en compte.

Décomposition des consommations par poste selon les différents systèmes Obj : minimiser l'investissement total permettant de respecter la RT 2012

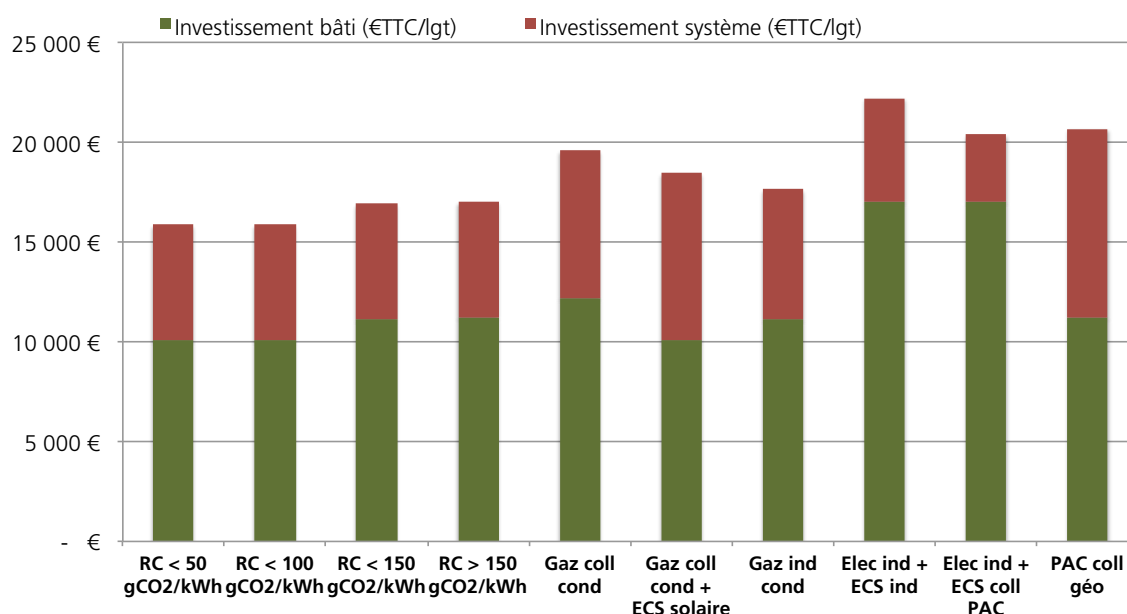


Le coefficient de modulation sur le Cep_{max} accordé aux bâtiments raccordés aux réseaux de chaleur faiblement émetteurs de CO_2 assure néanmoins une bonne performance énergétique du bâtiment.

Le coefficient $Bbio_{max}$, qui reste fixe pour tous les systèmes de chauffage, garantit la bonne conception bioclimatique du bâtiment.

Le graphique ci-dessous représente le niveau d'investissement pour le maître d'ouvrage du bâtiment correspondant à chaque couple de solution *système de chauffage + enveloppe thermique*. Pour rappel, les coûts présentés ci-dessous correspondent uniquement aux éléments pouvant varier d'une solution à l'autre.

Investissement sur le couple système de chauffage + enveloppe thermique du point de vue du maître d'ouvrage



Les systèmes de chauffage les plus onéreux en coût d'investissement sont la chaudière 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. **Les solutions réseaux de chaleur représentent globalement l'investissement total système de chauffage + enveloppe thermique le moins élevé pour le maître d'ouvrage du bâtiment.**

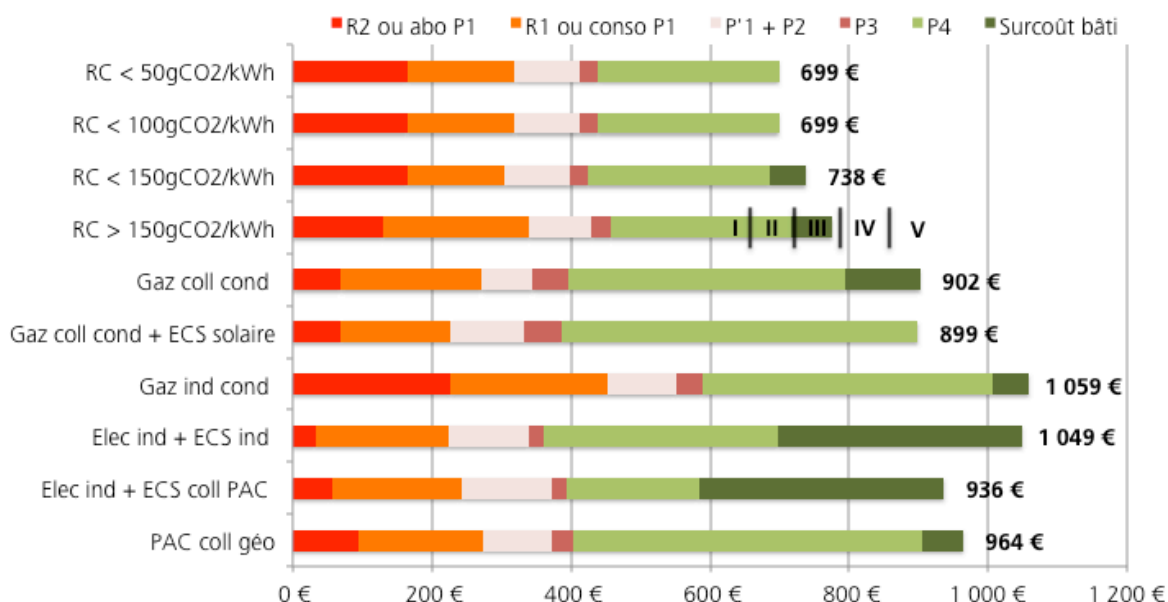
1.3.2.2. Analyse en coût global

Nous avons étudié pour chaque couple *système de chauffage + enveloppe thermique*, le coût global incluant les mêmes postes de dépense que pour les bâtiments existants (abonnement + consommation + entretien et maintenance + amortissement) auxquels nous avons ajouté le **surcoût éventuel sur la construction de l'enveloppe pour respecter la RT 2012.**

Les solutions réseaux de chaleur faiblement émetteurs de CO₂ (inférieurs à 50 et 100 gCO₂/kWh) et chaudière gaz à condensation 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 Bbio qui atteint presque la limite maximale. **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 chauffage³⁵.**

Le graphique ci-après présente le coût global³⁶ chauffage et ECS pour les bâtiments soumis à la RT 2012 :

**Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2015 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment RT 2012 - Analyse : AMORCE**



³⁵ Exemple : Pour la solution « Elec ind + ECS ind », le surcoût bâti est de 17 049 – 10 087 = 6 961 €. C'est cette valeur qui est reportée sur le graphique.

³⁶ 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.

De manière 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 énergétique³⁷.

A noter que, compte tenu de l'hétérogénéité des prix de vente de la chaleur selon les réseaux, nous avons retracé, pour la 4^{ème} ligne du graphique, le coût global pour les 5 classes de prix définies dans la partie 2 du présent document. Les réseaux de chaleur les plus performants en termes de prix de vente (classe I et II) sont de loin les systèmes de chauffage les plus économiques en coût global.

Le chauffage électrique à effet Joule présente la facture énergétique 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 (barres vertes « surcoût bâti ») qui se répercute lourdement sur le coût global.

Le chauffage gaz à condensation individuel, fréquemment plébiscité par le marché actuel de la construction, s'avère en réalité être la **solution la moins compétitive tant au niveau de la facture énergétique que du coût global**, du fait notamment de forts coûts fixes vis à vis des faibles niveaux de consommation (abonnement, entretien annuel, coût d'acquisition).

Le chauffage gaz à condensation collectif apparaît plus compétitif puisqu'il présente une facture totale légèrement plus intéressante que les réseaux de chaleurs vertueux. Cependant il se positionne parmi les alternatives les plus coûteuses en coût global, ce qui est dû au plus fort investissement et au surcoût bâti.

Il est intéressant de noter que le chauffage collectif au gaz présente 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 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 le coût de l'installation solaire est compensé par le surinvestissement sur l'enveloppe thermique pour la solution sans ECS solaire.

La prise en compte des postes P4 et « surcoût bâti » permet de comparer les choix énergétiques en coût global, seul indicateur représentatif de l'ensemble des coûts liés au chauffage à même de pouvoir établir des comparaisons sur le long terme.

Les réseaux de chaleur, particulièrement les réseaux faiblement émetteurs de CO₂, se classent en moyenne comme les solutions les plus compétitives en coût global³⁸. 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'ouvrage³⁹, ni de l'utilisateur.

³⁷ A noter que certains retours d'expérience tendent à montrer que pour les bâtiments faiblement consommateurs, les habitudes de travail passées ont tendance à installer une puissance de chauffage plus importante que nécessaire, impliquant par conséquent des parts abonnement plus importantes que celle présentées dans notre exemple.

³⁸ 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 EnR&R. Cela ne signifie pas que tous les réseaux de chaleur présentent cet avantage compétitif.

³⁹ 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 (cf. publication AMORCE réf. RCE 12 sur le sujet).

	Facture énergétique (€TTC/lgt.an)	Charges locatives récupérables (€TTC/lgt.an)	Facture totale (€TTC/lgt.an)	Coût global annuel (€TTC/lgt.an)
RC < 50gCO2/kWh	319 €	412 €	439 €	699 €
RC < 100gCO2/kWh	319 €	412 €	439 €	699 €
RC < 150gCO2/kWh	305 €	397 €	425 €	738 €
RC > 150gCO2/kWh	339 €	430 €	457 €	776 €
Gaz coll cond	272 €	344 €	397 €	902 €
Gaz coll cond + ECS solaire	227 €	333 €	386 €	899 €
Gaz ind cond	452 €	551 €	589 €	1 059 €
Elec ind + ECS ind	215 €	338 €	360 €	1 049 €
Elec ind + ECS coll PAC	243 €	373 €	395 €	936 €
PAC coll géo	274 €	372 €	402 €	964 €

Pour rappel, cette analyse concerne la RT 2012 pour la période de transition avec un niveau de consommation d'énergie primaire maximale (Cepmax) relevé de 7,5 kWh/m².an. Après cette période de transition (début 2018), 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.

AMORCE rappelle par ailleurs que le rehaussement des consommations sur les bâtiments raccordés à des réseaux de chaleur vertueux ne remet pas en cause le très bon positionnement de ces réseaux sur les critères environnementaux (cf. parties précédentes) et doit inciter les maîtres d'ouvrages à s'orienter vers les labels de performance de la RT 2012.

1.3.3. Analyse 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 récompense les bâtiments dont le niveau de performance dépasse de 20% les exigences de la RT 2012⁴⁰. 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**⁴¹. 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 kWh/m² par an lorsque le bâtiment est alimenté par un chauffage au gaz ou à l'électricité**⁴².
A noter que pour atteindre le label Effinergie+, les bâtiments dont le permis de construire était déposé avant le 31 Décembre 2014 bénéficiait d'une valeur initiale de la Cep_{max} fixée à 45 kWh/m² par an (contre 40 kWh/m² par an après cette date). Contrairement à la dérogation pour les bâtiments collectifs RT 2012, la majoration de consommation a bien pris fin à cette date. La présente étude comparant les différents modes de chauffage en 2015, les calculs ont cependant été maintenus sur la base de 45 kWh/m².
Selon que le bâtiment soit alimenté par un système de chauffage émettant **moins de 150 gCO₂/kWh** ou moins de **100 gCO₂/kWh** ou moins de **50 gCO₂/kWh**, la $Cep_{max\ Effinergie+}$ autorisée dans le cadre de notre étude est fixée respectivement à **62,7 kWh/m².an** ou **67,2 kWh/m².an** ou **71,7 kWh/m².an**⁴³. 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 pas répertoriées, ce qui explique que certains systèmes de chauffage ne puissent pas atteindre le label Effinergie+ dans cette étude.

1.3.3.1. Construction du couple système de chauffage + enveloppe thermique

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

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

⁴⁰ Règles techniques applicables aux bâtiments neufs faisant l'objet d'une demande de label Effinergie+.

⁴¹ $Bbio_{max\ Effinergie+} < 0,8 \times Bbio_{maxmoyen} \times (\text{Coeff géographique} + \text{Coeff altitude} + \text{Coeff Surface})$ avec $Bbio_{maxmoyen} = 60$ soit $Bbio_{max\ Effinergie+} = 0,8 \times 60 \times (1,2 + 0 + 0) = 57,6$ points

⁴² $Cep_{max\ Effinergie+} = 45 \times \text{Coeff type de bâtiment} \times (\text{Coeff géographique} + \text{Coeff altitude} + \text{Coeff Surface} + \text{Coeff GES})$

soit $Cep_{max\ Effinergie+} = 45 \times 1 \times (1,2 + 0 + 0,09 + 0) = 58,2$ kWh/m².an

⁴³ soit $Cep_{max\ Effinergie+} = 45 \times 1 \times (1,2 + 0 + 0,09 + 0,3) = 71,7$ kWh/m².an pour les bâtiments alimentés par un système de chauffage dont le contenu CO₂ est inférieur à 50 gCO₂/kWh.

soit $Cep_{max\ Effinergie+} = 45 \times 1 \times (1,2 + 0 + 0,09 + 0,2) = 67,2$ kWh/m².an pour les bâtiments alimentés par un système de chauffage dont le contenu CO₂ est inférieur à 100 gCO₂/kWh.

soit $Cep_{max\ Effinergie+} = 45 \times 1 \times (1,2 + 0 + 0,09 + 0,1) = 62,7$ kWh/m².an pour les bâtiments alimentés par un système de chauffage dont le contenu CO₂ est inférieur à 150 gCO₂/kWh.

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

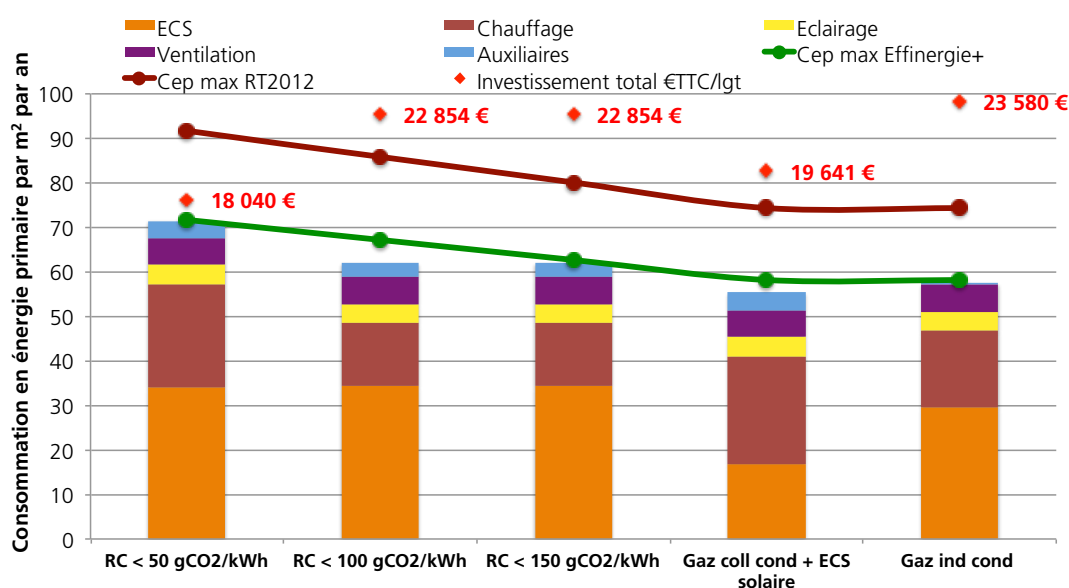
	Env. th.	Objectifs		Résultats		Performance		Investissement		
		Cep max Eff+	Bbio max Eff+	Cep	Bbio	Cep / Cep max	Bbio / Bbio max	Bâti €TTC/lgt	Système €TTC/lgt	Total €TTC/lgt
RC < 50 gCO ₂ /kWh	4	72	58	71	53	0%	8%	12 235€	5 805€	18 040€
RC < 100 gCO ₂ /kWh	16+	67	58	62	40	8%	31%	17 049€	5 805€	22 854€
RC < 150 gCO ₂ /kWh	16+	63	58	62	40	1%	31%	17 049€	5 805€	22 854€
Gaz coll cond + ECS solaire	2	58	58	55	57	5%	0%	11 241€	8 400€	19 641€
Gaz ind cond	16+	58	58	58	40	1%	31%	17 049€	6 531€	23 580€

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, mais il leur faudrait des enveloppes thermiques encore plus performantes qu'il n'ont pas été étudiées dans le cadre de l'étude.

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 50 gCO₂/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. Les points rouge vif représentent le coût d'investissement (*système de chauffage + enveloppe thermique*) pour le maître d'ouvrage : on observe que l'atteinte du label *Effinergie+* est la moins chère pour les réseaux de chaleur émettant moins de 50 gCO₂/kWh, suivie des chaudières gaz à condensation couplées à un système de production d'ECS solaire.

Décomposition des consommations par poste selon les différents systèmes
Obj : minimiser l'investissement total permettant de respecter la RT 2012

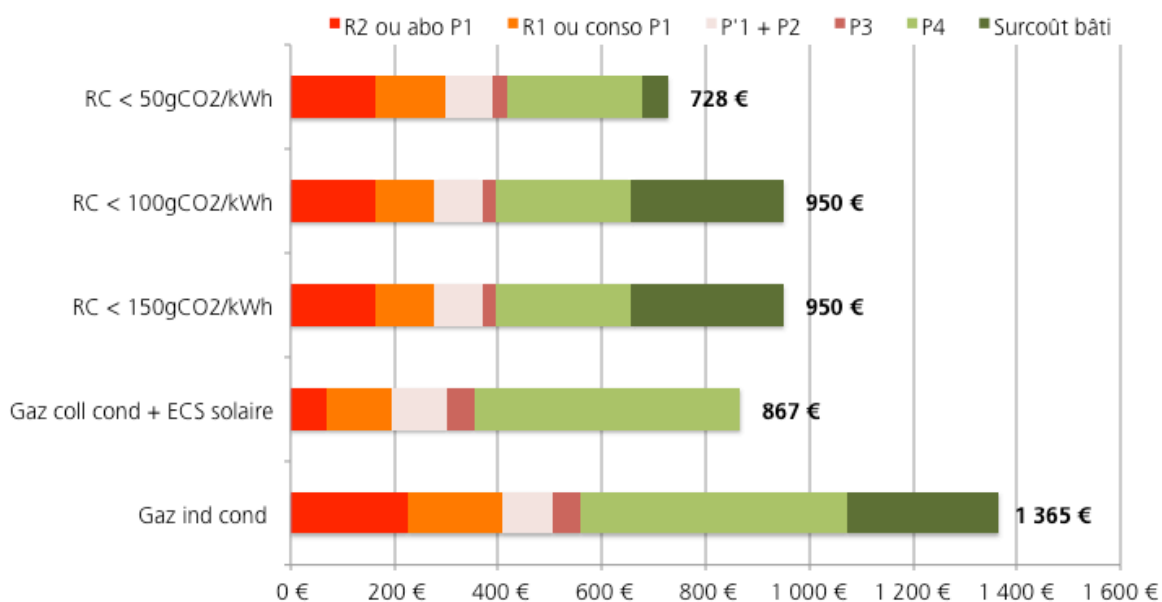


1.3.3.2. Analyse en coût global

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.

Décomposition du coût global chauffage & ECS en 2015 (€TTC/lgt par an)
Bâtiment RT 2012 label Effinergie+ - Analyse : AMORCE



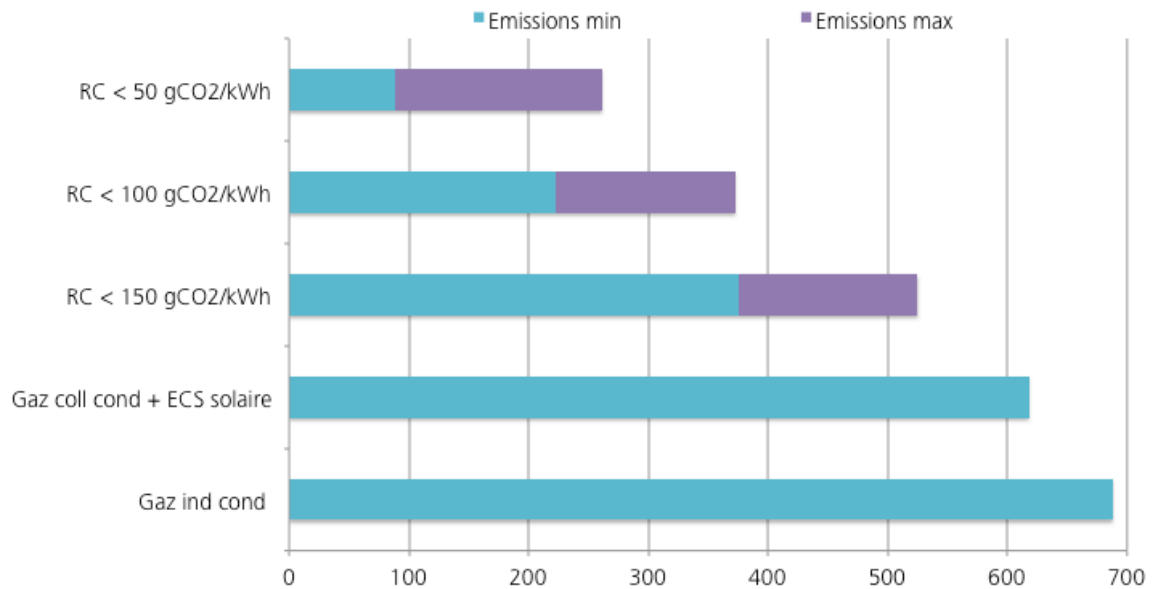
Cette analyse en coût global pour les bâtiments labellisés Effinergie+ montre que la part de la facture énergétique dans le coût global atteint seulement 30% en moyenne pour ces 5 solutions.

L'analyse en coût global des solutions système énergétique + enveloppe thermique nécessaires pour 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.

1.3.3.3. Comparaison des émissions de GES par logement

Le graphique ci-contre illustre le positionnement des différentes solutions de chauffage selon les émissions de CO₂ par logement⁴⁴.

Emissions de CO₂ par logement (kgCO₂/lgt par an)
Bâtiment RT 2012 label Effinergie+ - Analyse : AMORCE



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*.

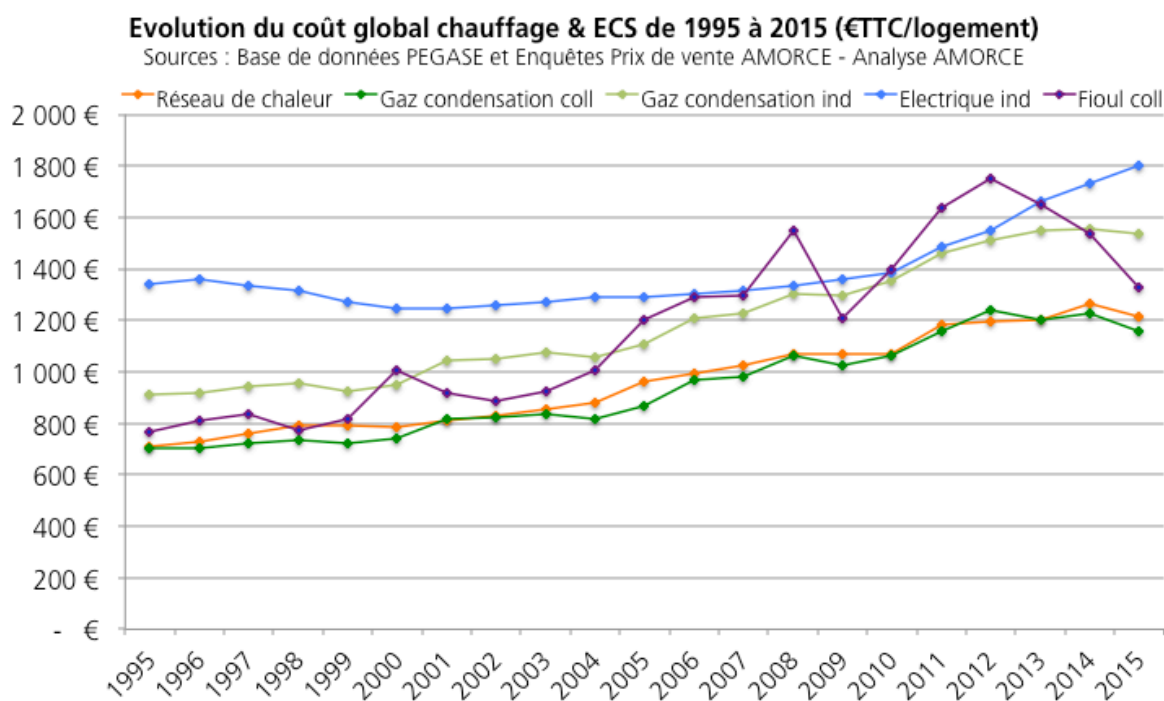
Les émissions de CO₂ par logement sont pourtant de 40 à 70 % inférieures avec un *réseau vertueux* qu'avec la *solution gaz naturel + solaire*.

⁴⁴ Calcul basés sur un contenu CO₂ du gaz à 205 gCO₂/kWh (approche PNAQ) afin d'établir des comparaisons avec les réseaux de chaleur à émission équivalente avec les réseaux de chaleur. Le contenu CO₂ des auxiliaires a été calculé avec un 100 gCO₂/kWh.

1.4. Évolution des prix de l'énergie et impacts sur la facture de chauffage

1.4.1. Évolution du coût global 1995-2015

AMORCE étudie le prix de la chaleur depuis plus de 25 ans. Nous avons donc tracé l'évolution du coût global du chauffage depuis 1995 pour les principaux modes de chauffage et pour un logement-type parc social moyen :



Les prix utilisés pour le gaz, le fioul et l'électricité pour les années 2012 et antérieures sont ceux de la base de données « Pégase » tenue par le SOeS (Service statistique du MEEM)⁴⁵. Les prix utilisés pour la chaleur sont issus des précédentes enquêtes « Comparatif des modes de chauffage et Prix de vente de la chaleur » d'AMORCE.

Ce graphique montre une concurrence historique entre le chauffage collectif au gaz naturel à condensation et les réseaux de chaleur moyen, notamment sur plusieurs périodes de rapprochement en 1995, 2002 et 2008, mais aussi la relative stabilité de ces solutions.

Il illustre également bien l'instabilité du prix du fioul, qui a fortement oscillé sur ces vingt dernières années (contrairement aux tarifs du gaz et de l'électricité qui ont longtemps été régulés). En effet la solution fioul, qui présentait un coût global assez proche des réseaux de chaleur jusqu'en 2000, était de loin la plus onéreuse en 2012. Trois ans plus tard, elle a considérablement baissé à tel point qu'elle redevient plus attractive que les solutions individuelles gaz et électricité qui, quant à elles, ont toujours été bien moins attractives que les réseaux de chaleur.

Comme évoqué partie 1.2.1.3, ces résultats illustrent bien les précautions à prendre lorsque l'on fait un choix à une année donnée sur un jeu d'hypothèses conjoncturel pour les 20 ans à venir.

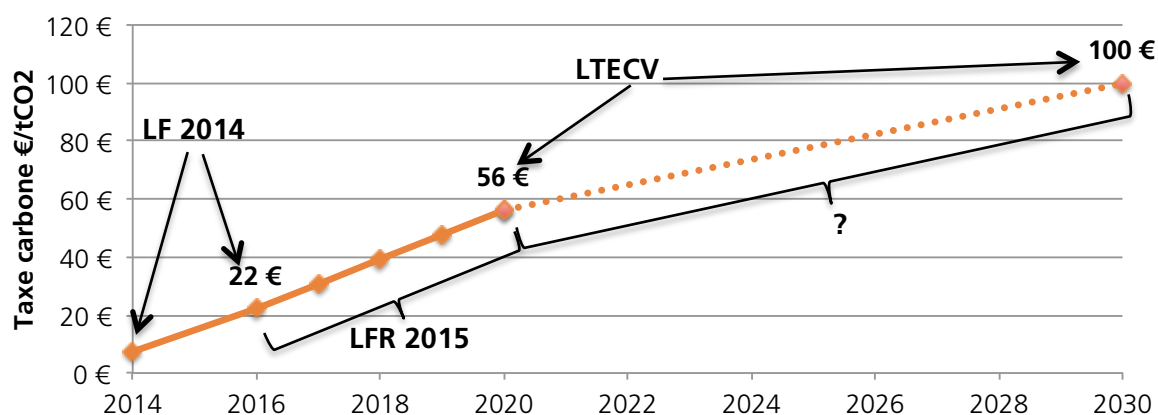
⁴⁵ <http://developpement-durable.bsocom.fr/Statistiques/ReportFolders/reportFolders.aspx>

1.4.2. Perspectives d'évolution du coût global 2015-2034

Le choix d'un système de chauffage engage à 20 ou 30 ans, **il est donc important d'envisager le coût global à long terme**. Ce travail de projection est nécessaire, mais délicat à mener, surtout dans une conjoncture économique actuelle qui entraîne des prix des énergies relativement peu élevés à court terme et très instables. N'étant pas à l'abri d'un choc extérieur (géopolitique, technique, etc.) qui pourrait bouleverser les fondamentaux de ces marchés de l'énergie, nous avons tout de même considéré une augmentation du prix des énergies de 3% sur les 20 prochaines années (hors composante carbone). Le prix de l'énergie payé par les consommateurs finaux dépend des cours sur les marchés mais aussi des autres contributions qui s'appliquent sur ces produits, dont des TIC (Taxes intérieures sur la consommation) qui comprennent depuis 2014 une composante carbone : **nous avons évalué l'impact de cette composante carbone sur le prix des énergies fossiles**, en tenant compte de l'évolution des prix de marché évoquée juste avant.

Impact de la composante carbone sur le prix des énergies fossiles

La loi de finances pour 2014 a introduit une composante carbone aux TIC fixée respectivement à 7€/tCO₂, 14,5€/tCO₂ et 22€/tCO₂ pour 2014, 2015 et 2016. La loi relative à la transition énergétique pour une croissance verte poursuit la trajectoire de cette composante carbone en fixant deux nouvelles valeurs cibles : 56€/tCO₂ en 2020 et 100€/tCO₂ en 2030. La loi de finances rectificative pour 2015 a complété la loi de transition énergétique en précisant la trajectoire que devra suivre cette composante jusqu'en 2020. Le graphique ci-dessous illustre l'évolution prévue de la composante carbone. Sa trajectoire n'ayant pas encore été définie entre 2020 et 2030, nous avons par défaut considéré qu'elle serait linéaire.



Le renforcement de cette taxe aura un impact non négligeable sur le prix des énergies fossiles. Le tableau ci-dessous traduit en €/HT/MWh PCI le montant de la composante aux différents objectifs pour le gaz et le fioul domestique (les facteurs d'émissions utilisés sont ceux de la base carbone de l'ADEME en émissions directes). Ces montants seront intégrés respectivement à la TICGN et à la TICPE, elles-mêmes ajoutées au prix de base du gaz et du fioul et soumises au taux plein de TVA (20%). Pour rappel, en 2015 la TICGN s'élève à 2,64 €/HT/MWh PCS soit 2,93 €/HT/MWh PCI et la TICPE s'élève à 7,67 €/HT/MWh PCI.

Le tableau ci-dessous l'évolution actuellement prévue pour la TICGN et la TICPE :

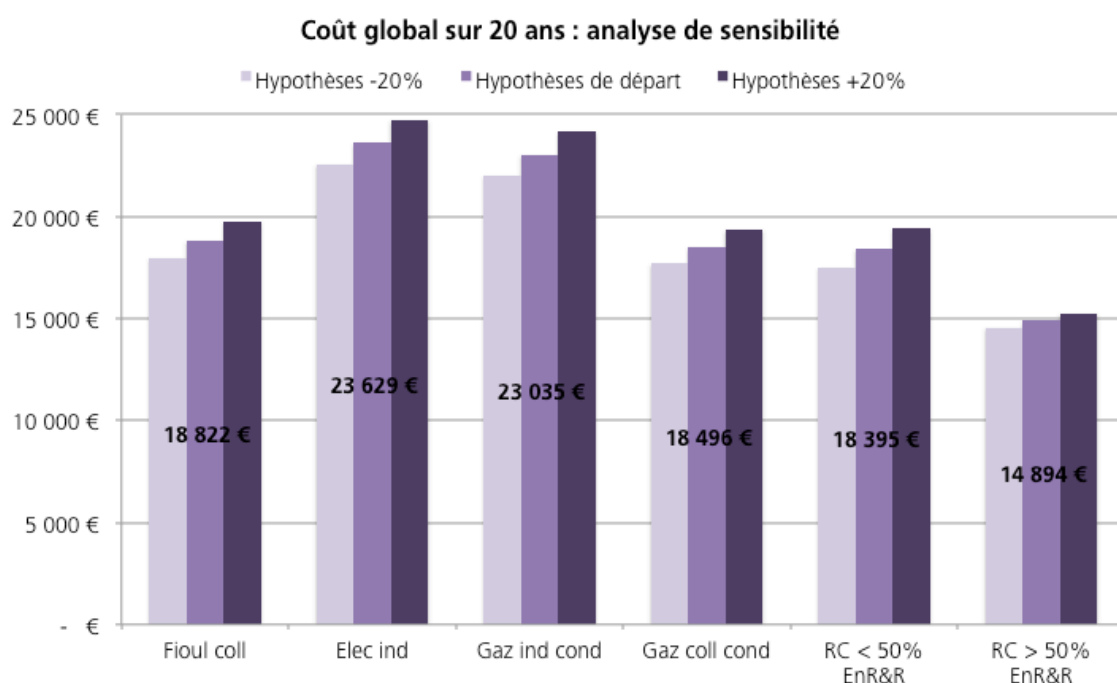
	2014	2015	2016	2020	2030
Gaz (€/HT/MWh PCI)	1,41 €	2,93 €	4,44 €	11,31 €	20,20 €
Fioul (€/HT/MWh PCI)	1,87 €	3,87 €	5,87 €	14,95 €	26,70 €

Nous avons ainsi évalué le coût global du chauffage pour les principaux modes de chauffage sur 20 ans et pour un bâtiment type RT 2005, relativement représentatif du parc résidentiel moyen sur la période de temps étudiée.

Hypothèses :

- Taux d'inflation : 1%
- Actualisation : 4%
- Évolution des prix de l'énergie (en % d'augmentation par an, en tenant compte de la composante carbone) :
 - 2% pour les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par de EnR&R
 - 4% pour les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des énergies fossiles
 - 4% sur le prix du gaz
 - 4% sur le prix du fioul
 - 3% sur le prix de l'électricité

Comme ce n'est pas un scénario mais plusieurs qu'il faudrait étudier pour évaluer la compétitivité d'un mode de chauffage sur le long terme, le graphique ci-dessous présente les résultats obtenus avec une sensibilité de + ou – 20% sur nos hypothèses de départ :



Ce graphique montre que les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R représentent la solution de chauffage la plus compétitive sur le long terme : même dans le pire des scénarios présentés ici, le coût global reste inférieur au meilleur scénario pour une chaudière gaz collective à condensation. Il s'agit également de la solution de chauffage la moins impactée par des évolutions fortes du prix des énergies. **AMORCE incite les collectivités et les bureaux d'études à présenter plusieurs scénarios d'évolution des prix et à réaliser des études de sensibilité** telle que celle présentée ci-dessus. Afin de faciliter ce travail, nous avons ajouté à notre simulateur de coût global (réf. RCE21) un onglet dédié à ces études prospectives.

2. PRIX DE VENTE MOYEN DE LA CHALEUR EN 2015

Ce chapitre présente les principaux résultats économiques de l'**enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid 2016 sur les données de 2015**⁴⁶ et analyse le prix de vente moyen de la chaleur à la lumière de divers paramètres. L'objectif de cette analyse est de comparer les réseaux de chaleur entre eux, mais en aucun cas de comparer les réseaux de chaleur aux autres modes de chauffage, ce qui est l'objet du premier chapitre de ce rapport.

2.1. Définitions, méthodologie et précautions d'interprétation

2.1.1. Ne pas mélanger prix de vente, tarif de vente et coût global

Plusieurs notions sont utilisées pour caractériser les performances économiques des réseaux de chaleur mais elles ne doivent pas être mélangées.

Le tarif de vente : c'est le prix de l'abonnement (R2) et de l'énergie (R1) auquel l'abonné achète la chaleur au gestionnaire de réseau. Ce tarif est contractualisé dans une police d'abonnement et, comme pour un abonnement de gaz ou d'électricité, il permet d'établir la facture énergétique de l'abonné. Lorsque le réseau est géré en délégation de service public, le tarif peut évoluer d'une année à l'autre en fonction d'une formule contractuelle basée sur des indices prédéfinis (inflation, prix des énergies (bois, gaz, fioul, électricité), coût de la main-d'œuvre, de l'ingénierie, etc.). Pour les réseaux gérés en régie, le tarif est ajusté chaque année pour permettre de couvrir les coûts, selon des modalités qui peuvent également se baser sur des indices prédéfinis. Il y a un tarif différent pour chaque réseau de chaleur. Mais sur un même réseau de chaleur public, il y a obligation d'égalité de traitement entre les abonnés, ce qui se traduit parfois par un tarif unique pour tous les abonnés d'un réseau, ou par des tarifs fixés par type d'abonnés en fonction des besoins spécifiques (tarif résidentiel/tertiaire et tarif industriel ou tarif en fonction de tranches de consommations).

Le coût global : comme expliqué dans la partie 1, il s'agit du seul indicateur permettant de **comparer un mode de chauffage à un autre**. Il intègre non seulement la facture énergétique, mais aussi les investissements, les contrats d'entretiens et de renouvellement, etc.

Le prix de vente moyen de la chaleur : pour un réseau de chaleur, il se définit comme suit :

$$\frac{\text{Recettes totales chauffage \& ECS (part fixe + part variable)}}{\text{Livraisons totales de chaleur chauffage \& ECS}}$$

En d'autres termes, il s'agit de la **facture énergétique ramenée au MWh livré en sous station**. Attention, il est nécessaire d'être très vigilant sur la définition du contenu des recettes : **ce prix n'est pas directement comparable avec un tarif de vente du MWh tel que le présentent les fournisseurs de gaz ou d'électricité**, puisqu'il correspond bien à la livraison en sous station d'un « produit ou service » (la chaleur) déjà transformé à partir des combustibles utilisés (ou de la récupération d'énergie).

Cet indicateur peut servir à **comparer la compétitivité des réseaux de chaleur entre eux** (bien qu'un potentiel abonné n'ait pas réellement le choix entre plusieurs réseaux), mais en aucun cas à les comparer avec d'autres modes de chauffage. Le prix de vente moyen national s'obtient en rapportant la somme des recettes générées par les ventes de chaleur à la somme des MWh vendus par tous les réseaux français. Il y a donc pondération en fonction du volume de vente d'énergie, ce qui signifie que les réseaux de taille plus importante (en MWh livrés) « pèsent » plus que les petits réseaux dans cette moyenne.

⁴⁶ L'enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid est conduite par le SNCU, avec l'assistance d'AMORCE et sous la maîtrise d'ouvrage du SOeS. Les dossiers techniques des enquêtes annuelles sont en libre téléchargement sur : <http://www.sncu.fr/Espace-documentaire/Statistiques/Chiffres-cles-EAB>.

2.1.2. Comprendre l'impact de la rigueur climatique sur le prix de vente

Contrairement au tarif de la chaleur qui n'évolue qu'en fonction d'indicateurs économiques, le prix de vente moyen d'une énergie de réseau avec une part fixe (abonnement) et une part variable (chaleur mais aussi gaz et électricité) varie d'une année à l'autre en fonction de la rigueur climatique.

L'indice de rigueur climatique⁴⁷ est calculé en divisant les DJU⁴⁸ réels par les DJU trentenaires. Il est de 0,9 pour 2015 ce qui traduit un hiver légèrement doux (voir graphique partie 2.2). L'ensemble des graphiques et tableaux présentés dans cette partie doit donc impérativement être lu en tenant compte de cette rigueur climatique, qui a non seulement impacté à la hausse le taux d'EnR&R des réseaux de chaleur (faible recours aux énergies fossiles d'appoint) mais également les prix de vente moyens associés.

A noter : l'effet d'un hiver doux sur le prix de vente de la chaleur

Le chauffage des bâtiments, quels qu'ils soient, est la principale utilisation de l'énergie véhiculée par les réseaux de chaleur. Lors d'un hiver doux, ces derniers voient donc leur livraison de chaleur diminuer. Ainsi, la part variable des recettes diminue en proportion de cette baisse des livraisons. Pour autant, les recettes fixes – qui ne dépendent par définition pas des livraisons – ne baissent pas. L'effet logique est que le ratio « recettes/livraison » augmente lors d'un hiver doux, comme nous l'avions constaté dans la précédente enquête, et diminue lorsque l'hiver est très au contraire très froid.

Prix de la chaleur et rigueur climatique : éviter les erreurs d'interprétation !

Sur le tableau ci-contre, on observe qu'à **tarif identique, la facture énergétique de l'année chaude est moins élevée en valeur absolue que celle de l'année froide mais le prix moyen (en €/MWh) augmente** en raison de la part constante de l'abonnement.

Puissance souscrite	a	7	kW/lgt
Tarif abonnement	b	38	€/kW
Tarif énergie	c	0,042	€/kWh
Données à titre indicatif		Année chaude	Année froide
Rigueur climatique		0,8	1,2
Conso chauffage /an / lgt (kWh)	d	7616	11424
Total abonnement	e=a*b	266 €	266 €
Total consommation	f=c*d	320 €	480 €
Total facture énergétique	g=e+f	586 €	746 €
Prix moyen (en €/MWh)	h=g/d	79,63 €	65,38 €

Dans cet exemple, on ne s'intéresse qu'à l'impact de la rigueur climatique sur la consommation et la facture énergétique liée au chauffage. **En tenant compte de la consommation d'énergie pour la production d'eau chaude, qui est elle indépendante du climat, l'impact de la rigueur climatique sur le prix moyen s'en trouve atténué.**

Le véritable outil de comparaison des modes de chauffage entre eux (ou dans le temps) n'est pas le prix unitaire, ni même la facture énergétique, c'est le coût global qui inclut tous les coûts liés au chauffage et à la production d'eau chaude (investissement, entretien, facture énergétique).

⁴⁷ Cet indice permet de caractériser la rigueur de la période hivernale d'une année (de janvier à mai et d'octobre à décembre, période de chauffage des habitations) par rapport à la moyenne de la période 1986-2015. L'historique des indices de rigueur climatique est téléchargeable sur le site du SOeS : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energie-climat/r/climat-effet-serre-changement-climatique.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=22776&cHash=de2c05af59b7bf94e41ab1f54a550ee5

⁴⁸ DJU : Degrés Jour Unifiés

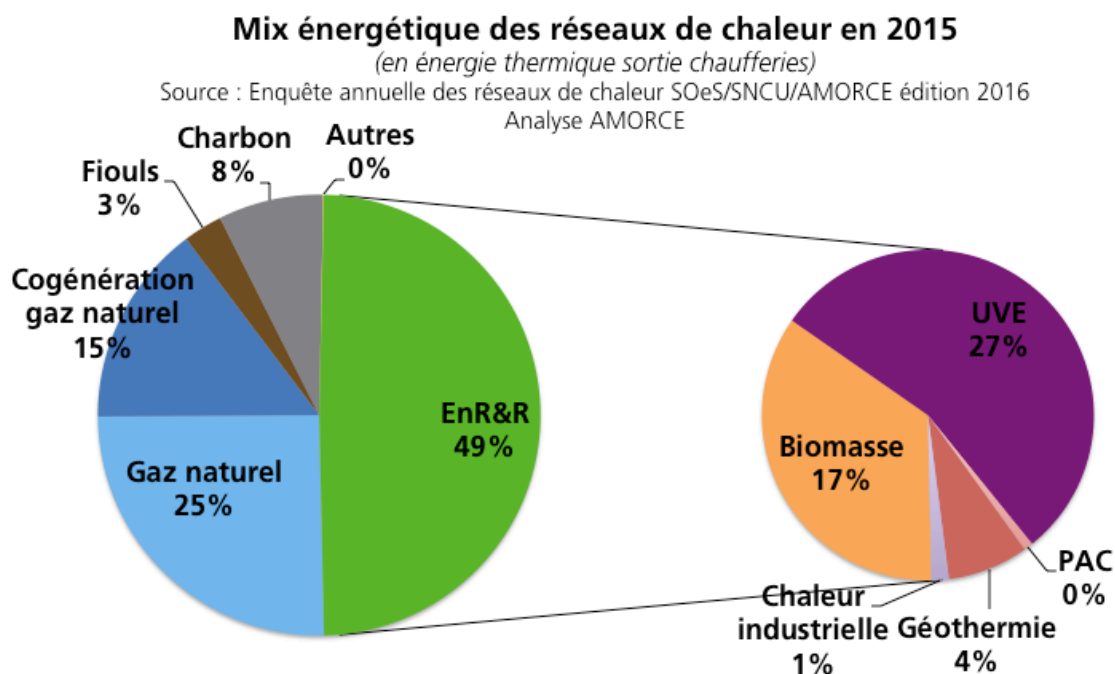
2.1.3. Méthodologie et représentativité de l'enquête

607 réseaux de chaleur⁴⁹ ont été recensés dans l'édition 2016 de l'enquête annuelle des réseaux de chaleur sur les données de 2015. La réponse à cette enquête est obligatoire pour les réseaux de plus de 3,5 MW de puissance installée, et facultative pour les plus petits réseaux qui peuvent y répondre pour le calcul de leur taux d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) et la publication de leur contenu CO₂ dans l'annexe 6 de l'arrêté DPE (cf. parties 1.1.6.3 et 1.3.1.1). Il est à noter qu'en vue des évolutions à venir des réglementations thermiques du bâtiment, les taux d'énergies renouvelables et de récupération des réseaux de chaleur sont également amenés à être publiés dans l'arrêté DPE.

En 2014 le SOeS a souhaité élargir l'enquête à tous les réseaux de chaleur répertoriés, avec un questionnaire simplifié pour ceux de moins de 3,5 MW. Ces derniers sont ainsi exemptés d'un certain nombre de questions, parfois indispensables pour définir le panel de réseaux retenu pour cette étude, ce qui ne nous permet pas de les y inclure. Sur les 23,2 TWh de chaleur distribués en 2015 (contre 21 TWh en 2014), les 82 réseaux de moins de 3,5 MW ainsi écartés représentent 0,35% des livraisons : **les résultats de la présente enquête sont donc tout à fait représentatifs de la moyenne des réseaux de chaleur français.**

Après tri et mise en cohérence des données brutes reçues, 403 réseaux de chaleur ont été retenus pour l'enquête sur le prix de vente de la chaleur⁵⁰. Cet échantillon représente 66% de l'effectif pour 92% de l'énergie distribuée.

Le graphique ci-après représente le bouquet énergétique des réseaux de chaleur en 2015 **non corrigé du climat**. La catégorie « Autres » regroupe l'énergie issue du GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié), des chaudières électriques et de la part non EnR&R de la production des pompes à chaleur.



⁴⁹ Les réseaux de froid ne sont pas traités dans le présent rapport.

⁵⁰ Les 204 réseaux de chaleur non pris en compte sont soit des réseaux livrant moins de 10% de leur chaleur au secteur résidentiel, soit des réseaux pour lesquels les données économiques n'ont pas été renseignées ou partiellement (questionnaire simplifié des réseaux < 3,5MW), soit des réseaux pour lesquels des incohérences, liées à des erreurs de saisie ou à un manque d'actualisation des données économiques, ont été constatées.

Le climat particulièrement doux observé en 2014 avait eu pour conséquence une hausse significative du taux d'EnR&R à 49% dans le bouquet énergétique des réseaux, du fait du moindre recours aux chaufferies d'appoint fossiles en cas de pic de consommation. Avec un indice de rigueur climatique de 0,9 (contre 0,8 en 2014), l'année 2015 s'est révélée un peu plus froide que la précédente mais présente pourtant le même taux d'EnR&R de 49%.

Ce résultat témoigne donc de la montée en puissance progressive des énergies renouvelables et de récupération dans le mix énergétique des réseaux de chaleur. Mais afin de comparer les données d'une année à l'autre, il y a lieu de corriger les consommations du climat, ce qu'a fait le SNCU dans son rapport d'enquête : le taux obtenu après correction s'élève à 47% d'EnR&R en 2015 contre 44% en 2014.

Il n'en reste pas moins que **les réseaux de chaleur constituent le principal vecteur d'énergies renouvelables, en valeur relative⁵¹, si l'on compare aux 20% pour l'électricité et moins de 0,1% pour le gaz.** L'utilisation d'EnR&R par les réseaux de chaleur a plus que doublé ces dix dernières années, si bien que depuis 2014, elle dépasse celle du gaz naturel (cogénération incluse). Le recours accru aux EnR&R a été largement favorisé par la moindre rigueur climatique des derniers hivers, mais témoigne tout de même de la volonté de valoriser des énergies locales peu émettrices de GES, donnant en outre accès à la TVA à 5,5% sur les ventes de chaleur et aux aides du Fonds chaleur (sous condition que la chaleur livrée proviennent au moins à 50% d'EnR&R).

2.2. Prix de vente moyen de la chaleur en 2015

Pour l'année 2015, le prix de vente moyen pondéré des réseaux de chaleur français est de 68,3 €HT/MWh (et 75,3 €TTC/MWh).

La moyenne des prix de vente de chacun des réseaux de chaleur français supprime la pondération en fonction de l'énergie livrée par chaque réseau et donne un résultat légèrement supérieur au prix de vente moyen pondéré : pour l'année 2015, le prix de vente moyen non pondéré des réseaux de chaleur français est de 72,5 €HT/MWh (et 79,0 €TTC/MWh). Autrement dit, les petits réseaux de chaleur sont en moyenne plus chers que les réseaux de taille plus importante (ce qui peut s'expliquer par des économies d'échelle sur les réseaux importants). Les petits réseaux plus chers que la moyenne sont généralement tout de même compétitifs car situés en zone rurale peu dense où la solution de référence est le fioul ou l'électricité – plus chers – et non pas le gaz naturel.

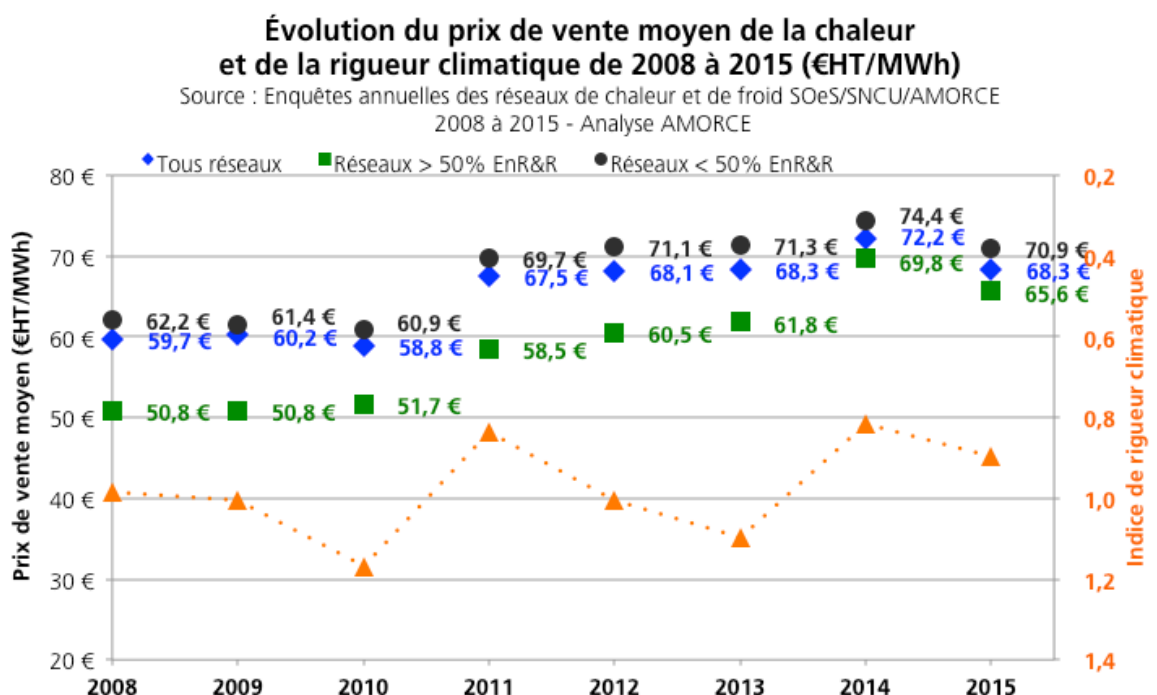
Le prix de vente moyen pondéré des réseaux majoritairement alimentés par des EnR&R est quant à lui de 65,6 €HT/MWh (et 69,5 €TTC/MWh).

On note dans le tableau ci-dessous que le prix de vente moyen TTC des réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R est légèrement supérieur au prix de vente moyen que l'on obtiendrait en multipliant le prix HT par une TVA à 5,5%. L'application de la TVA à 5,5% s'applique à l'année 2015 sur la part variable pour les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R en 2014. Or certains des réseaux ici classés parmi les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R ne l'étaient pas en 2014, ils ont donc dû facturer leur chaleur avec une TVA à 20% pour la part variable. Pour rappel, la part fixe (abonnement) est soumise quant à elle à une TVA de 5,5% quel que soit le taux d'EnR&R du réseau de chaleur.

⁵¹ En valeur absolue, c'est le réseau électrique qui est le principal vecteur d'énergies renouvelables avec 88,4 TWh en 2015 soit 18,7% de la consommation totale d'électricité (source : Panorama de l'électricité renouvelable en 2015, RTE/SER/ErDF/ADEEF).

Prix de vente unitaire moyen pondéré	€HT/MWh tous réseaux	€HT/MWh < 50% EnR&R	€HT/MWh > 50% EnR&R	€TTC/MWh tous réseaux	€TTC/MWh < 50% EnR&R	€TTC/MWh > 50% EnR&R
2014	72,2 €	74,4 €	69,8 €	80,3 €	85,5 €	74,5 €
2015	68,3 €	70,9 €	65,6 €	75,3 €	80,9 €	69,5 €

Le graphique suivant illustre l'évolution du prix de vente moyen de la chaleur depuis 2008 (en bleu) ainsi que l'évolution du prix de vente moyen de la chaleur des réseaux alimentés par plus et moins de 50% d'EnR&R⁵² (en vert et gris foncé). L'indice de rigueur climatique (en orange) permet de mettre en lumière l'impact du niveau de besoin en chaleur sur ces prix, notamment entre 2010 et 2011 puis entre 2013 et 2014, où la brusque baisse de l'indice de rigueur climatique a entraîné une assez forte hausse des prix de vente moyens de la chaleur. Pour rappel, une forte hausse du prix de vente moyen des réseaux de chaleur ne signifie pas une hausse des tarifs de vente (voir partie 2.1.1).



Le prix moyen de la chaleur hors taxe en 2015 revient au niveau des valeurs observées entre 2011 et 2013, malgré un hiver moins rigoureux que ceux des années 2012 ou 2013 par exemple, ce qui peut s'expliquer par la baisse du coût des énergies. Au delà de leur prix de vente HT toujours inférieur à la moyenne des réseaux tous confondus, les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R voient leur intérêt économique renforcé par la TVA à taux réduit de 5,5% dont ils bénéficient.

On constate tout de même une tendance au rapprochement entre ces deux catégories, qui s'explique en grande partie par le « verdissement » continu des réseaux de chaleur, qui entraîne la hausse du panel de réseaux vertueux pris en compte, passant de 27% des réseaux en 2008 à 60% en 2015.

Année de l'enquête	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Echantillon	236	376	334	360	334	349	408	403
Réseaux > 50% EnR&R	64	88	99	114	124	141	217	240
Part de l'échantillon (en nb)	27%	23%	30%	32%	37%	40%	53%	60%

⁵² Attention, lorsque nous parlons de « réseaux majoritairement alimentés par » il faut comprendre « réseau dont la chaleur livrée provient en majorité de » (le rendement des chaufferies est pris en compte).

D'autres facteurs pourraient expliquer ce phénomène :

- L'impact de la faible rigueur climatique est plus important pour les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R car il se ressent surtout pour les réseaux dont la structure tarifaire a une plus forte part fixe, ce qui est généralement le cas de ces réseaux (cf. graphique partie 2.2.1).
- La baisse du prix des énergies fossiles s'est probablement ressentie sur le prix de vente moyen des réseaux de chaleur, d'où une augmentation plus faible du prix de vente pour les réseaux de chaleur moyens et inférieurs à 50% d'EnR&R.

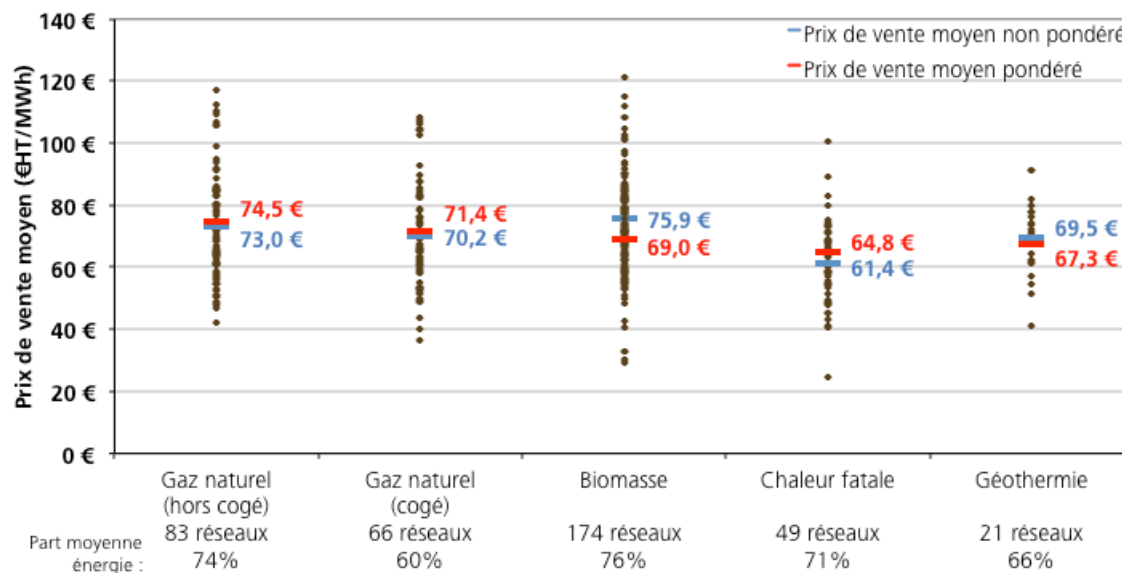
2.2.1. Impact de l'énergie majoritaire utilisée

Les prix de vente moyens de la chaleur ont été comparés en fonction de l'énergie majoritairement utilisée par les réseaux de chaleur. La méthode suivie consiste à représenter, par source d'énergie, le prix de vente moyen de la chaleur pour les réseaux sur lesquels la source d'énergie considérée représente la composante principale du bouquet énergétique. Cette source d'énergie n'est donc pas nécessairement supérieure à 50% du mix mais elle est supérieure à chacune des autres sources prises séparément.

Le mix énergétique de certains réseaux ne permet pas de les inclure dans cette analyse du fait d'une trop faible représentativité :

- les réseaux majoritairement alimentés par du charbon ou du fioul (lourd et domestique), qui ne représentent que 3 réseaux ;
- les réseaux majoritairement alimentés par d'autres sources d'énergie (pompe à chaleur, autre réseau de chaleur), qui représentent 8 réseaux.

**Prix de vente moyen HT de la chaleur en 2015
en fonction de l'énergie majoritaire utilisée sur le réseau**
Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SOeS/SNCU/AMORCE 2015
Analyse AMORCE



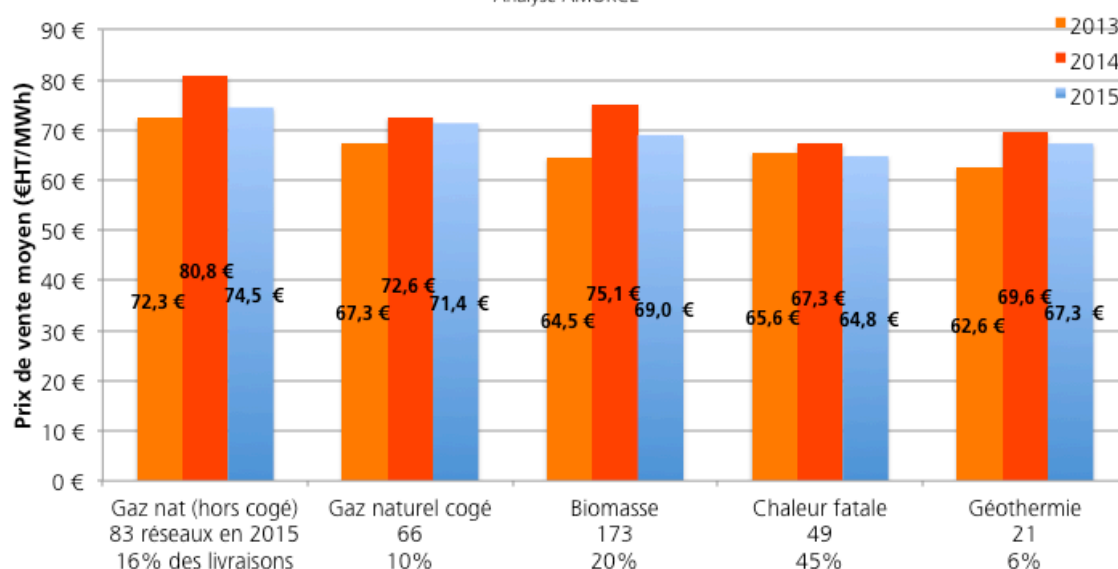
Sur ce graphique, chaque losange marron correspond à un réseau de chaleur. Le nombre de réseaux par source d'énergie et le pourcentage moyen de cette énergie sur le bouquet énergétique global sont indiqués en légende. Par exemple, 66 réseaux de chaleur sur les 403 pris en compte dans cette enquête utilisent en majorité du gaz naturel en cogénération. Sur ces réseaux, la cogénération au gaz naturel représente en moyenne 60% du mix énergétique et le prix de vente moyen pondéré de la chaleur s'élève à 71,4 €/HT/MWh.

Le premier enseignement que l'on peut tirer de cette analyse est la grande disparité des prix de vente d'un réseau à l'autre, et ce quelles que soient les sources d'énergie majoritaires. Les valeurs les plus hautes, plus particulièrement sur la biomasse, 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.

Historiquement, les prix de vente moyens de la chaleur les plus bas sont constatés sur les réseaux pour lesquels la récupération de chaleur fatale⁵³, la géothermie et la biomasse sont la principale source d'énergie (cf. graphique ci-après⁵⁴). L'an passé nous avons constaté une hausse du prix moyen des réseaux majoritairement alimentés par de la biomasse, au delà même de la moyenne nationale, qui pouvait s'expliquer par l'impact de la rigueur climatique sur leur structure tarifaire (forte part fixe). En 2015, ceux-ci reviennent à une valeur proche de la moyenne nationale, alors que les réseaux majoritairement alimentés par de la récupération de chaleur fatale ou de la géothermie restent les plus compétitifs.

Évolution du prix de vente moyen de la chaleur de 2013 à 2015 en fonction de l'énergie majoritaire utilisée par le réseau

Source : Enquêtes annuelles des réseaux de chaleur et de froid SOeS/SNCU/AMORCE éditions 2014 à 2016
Analyse AMORCE



Ce graphique nous montre que les réseaux de chaleur les plus compétitifs sont aussi ceux qui fournissent la plus grande quantité d'énergie, à savoir les réseaux majoritairement alimentés en chaleur fatale. Après avoir connu une forte hausse en 2014, les réseaux majoritairement alimentés par du gaz naturel (hors cogénération) reviennent à leur niveau de 2013, alors que le prix de marché de gros du gaz a chuté de 23% entre 2013 et 2014 puis de 6% entre 2014 et 2015⁵⁵. Le prix de vente moyen des réseaux de chaleur majoritairement alimentés par du gaz naturel, qu'il y ait ou non une cogénération gaz sur le réseau (ne figure pas sur le graphique), est quant à lui de 73,3 €/MWh soit entre la moyenne hors cogénération et avec cogénération.

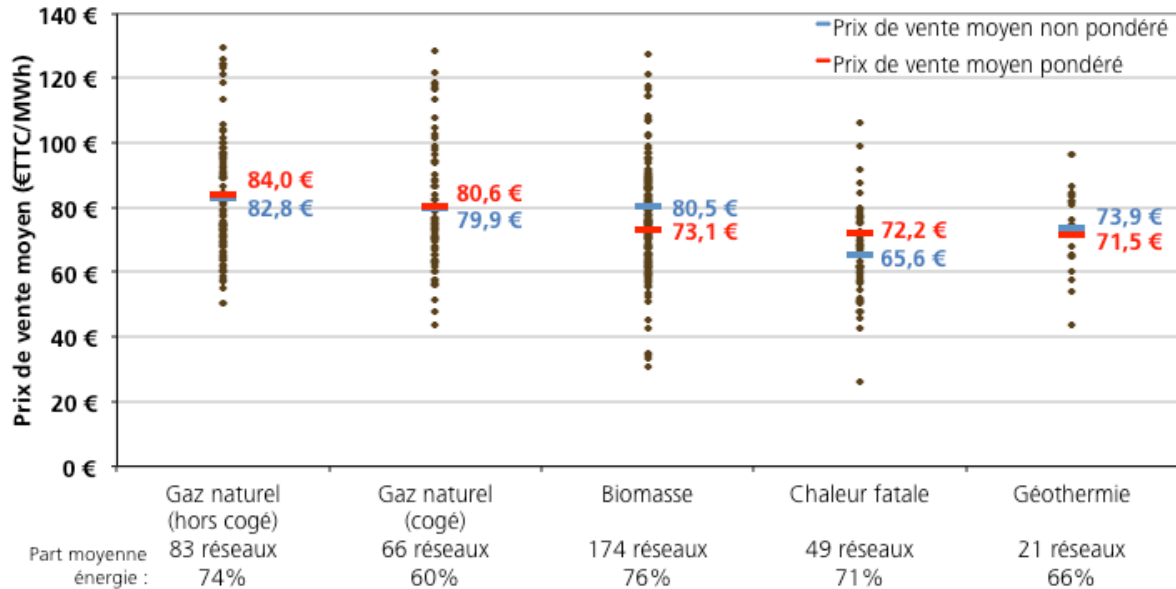
⁵³ La catégorie « chaleur fatale » prend en compte la récupération de chaleur sur les UIOM et procédés industriels.

⁵⁴ Attention, ce graphique doit être observé avec prudence : certains réseaux sont très diversifiés avec une énergie majoritaire qui pèse parfois pour moins de 50% et car le panel des réseaux enquêtés évolue au cours du temps.

⁵⁵ Variation du prix Spot PEG Nord day-ahead moyen entre 2013-2014 et entre 2014-2015 – Source : « Le fonctionnement des marchés de gros de l'électricité, du CO2 et du gaz naturel », Rapports 2014-2015 et 2015-16, CRE : <http://www.cre.fr/marches/marche-de-gros/rapports-sur-le-fonctionnement-des-marches-de-gros>

Le graphique ci-après indique en complément de cette première analyse les prix de vente moyens TTC par source d'énergie majoritaire :

**Prix de vente moyen TTC de la chaleur en 2015
en fonction de l'énergie majoritaire utilisée sur le réseau**
Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SOeS/SNCU/AMORCE 2015
Analyse AMORCE

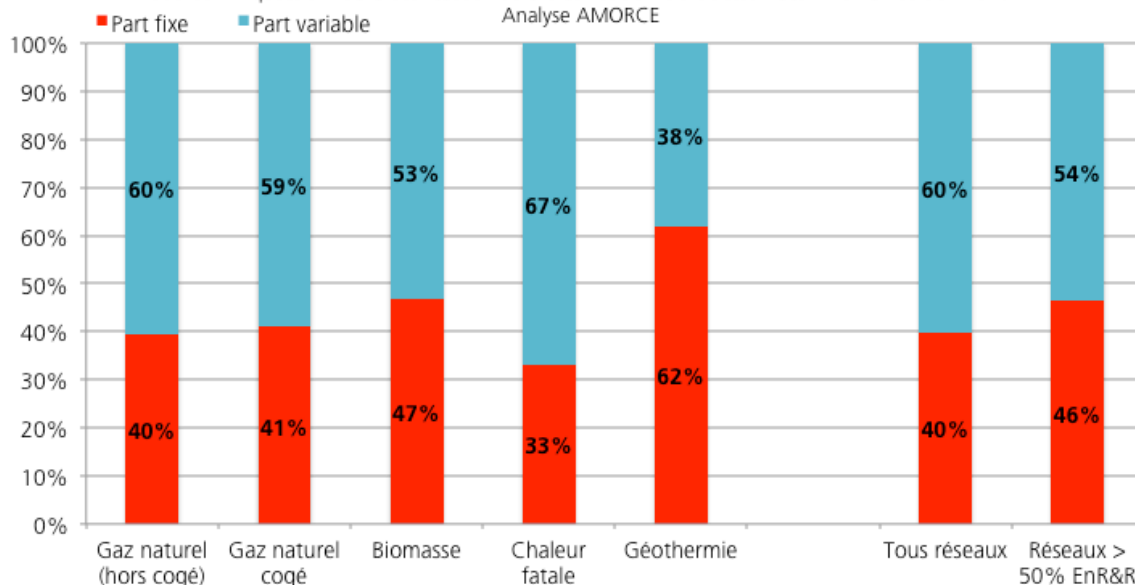


Ici, l'impact et l'intérêt de la TVA à taux réduit mise en place pour les réseaux majoritairement alimentés par des EnR&R est clairement mise en évidence : les prix de vente moyens TTC des réseaux de chaleur majoritairement alimentés par une EnR&R (biomasse, chaleur fatale ou géothermie) sont nettement inférieurs aux prix constatés sur les réseaux majoritairement alimentés par une énergie fossile.

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 (R1) / part fixe (R2) des recettes. C'est ce que montre le graphique ci-dessous :

Répartition part fixe et part variable des recettes en fonction de l'énergie majoritaire utilisée par le réseau en 2015

Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SOeS/SNCU/AMORCE édition 2016
Analyse AMORCE



En moyenne sur l'année 2015, la part fixe représente 40% des recettes des réseaux de chaleur, contre 39% en 2014. Les tendances sur la répartition des recettes part fixe / part variable entre les différentes catégories restent les mêmes entre 2014 et 2015 à l'exception de la biomasse qui affiche un recul de 57% à 47% de part fixe.

- Gaz naturel : la structure tarifaire de ces réseaux s'appuie principalement sur la part variable, le coût d'acquisition et d'entretien des chaufferies étant moins significative par rapport aux coûts du combustible.
- Biomasse et géothermie : la structure tarifaire de ces réseaux s'appuie principalement sur la part fixe du fait des lourds investissements nécessaires pour valoriser ces énergies renouvelables (d'autant plus pour la géothermie). Le nombre de réseaux majoritairement alimentés par du gaz naturel est passé de 103 à 83 entre 2014 et 2015, quand celui des réseaux majoritairement alimentés en biomasse est passé de 145 à 174. Cette évolution laisse penser à une montée en puissance de chaufferies bois sur des réseaux historiquement majoritairement alimentés en gaz, faisant basculer un certain nombre de ces réseaux, parfois structurants dans l'échantillon, d'une catégorie à l'autre, ce qui pourrait expliquer l'importante diminution de la part fixe pour les réseaux biomasse.
- Chaleur fatale : la structure tarifaire de ces réseaux est plus semblable à celle des réseaux utilisant en majorité des énergies fossiles puisque l'installation principale générant la chaleur a d'abord été financée pour un besoin de gestion des ordures ménagères de la collectivité ou un besoin industriel.

Si une structure tarifaire avec une forte part variable permet de mieux valoriser les économies d'énergies, une baisse de la consommation liée à un hiver doux, ou une baisse ponctuelle du prix des énergies, elle rend aussi l'utilisateur plus vulnérable à une hausse de ce prix ou à un hiver rigoureux. A l'inverse une structure tarifaire avec une forte part fixe permet de limiter l'impact des fluctuations du prix des énergies sur l'utilisateur, mais incite moins à la maîtrise de la consommation. Il faut toutefois rappeler que la puissance souscrite d'un abonné (et donc sa part fixe) peut être revue à la baisse en cas de rénovation énergétique du bâtiment raccordé⁵⁶.

56

https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=094EB846E997D09B4E4CF83A6CE12338.tpdila14v_2?cidTexte=LEGITEXT000023983208&idArticle=LEGIARTI000031748193&dateTexte=20160823&categorieLien=id

2.2.2. Impact des autres paramètres sur le prix de vente de la chaleur

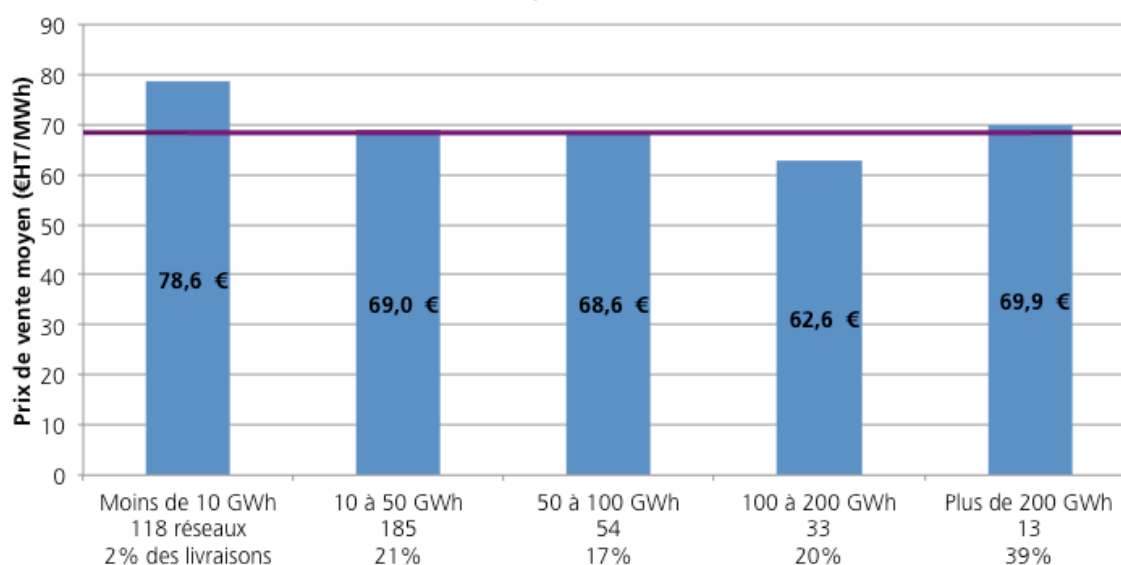
Les disparités de prix de vente de la chaleur selon les réseaux s'expliquent par un grand nombre de variables au sein desquelles le mix énergétique et les grandes caractéristiques techniques sont les facteurs prépondérants. Cette partie présente une analyse croisée avec d'autres facteurs, qui peuvent aussi influencer sur le prix de la chaleur.

2.2.2.1. Taille du réseau et prix de vente de la chaleur

Les réseaux ont été classés suivant la quantité de chaleur annuellement livrée aux abonnés. On observe sur le graphique ci-après une tendance à des prix moyens inférieurs à la moyenne nationale pour les réseaux livrant entre 100 et 200 GWh.

Impact de la taille du réseau sur le prix de vente moyen de la chaleur

Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SOES/SNCU/AMORCE édition 2016
Analyse AMORCE



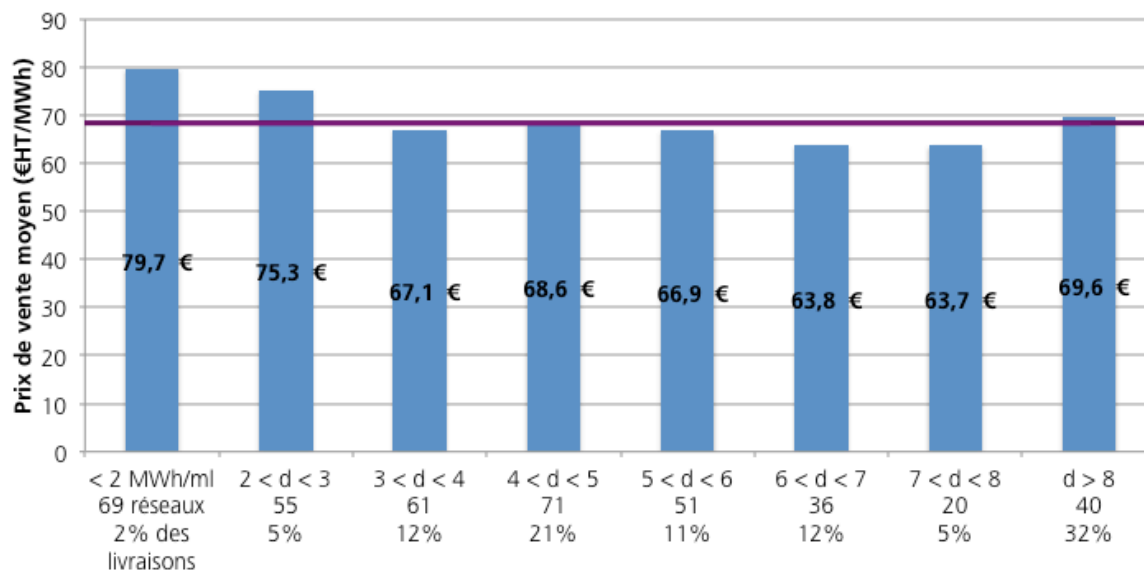
Les plus petits réseaux (moins de 10 GWh) ont un prix relativement plus élevé. Ils restent toutefois généralement compétitifs car ils sont fréquemment amenés à être comparés avec les solutions de référence des zones rurales non reliées au gaz naturel (fioul, propane, ou plus rarement électricité). Les réseaux appartenant aux autres classes de livraison sont eux exactement ou presque alignés sur la moyenne nationale (en violet).

2.2.2.2. Densité thermique et prix de vente de la chaleur

Les réseaux ont été classés selon leur densité thermique linéaire, définie en MWh/ml (quantité d'énergie livrée / longueur aller du réseau). Cet indicateur technique permet d'apprécier le dimensionnement et la viabilité économique d'un réseau de chaleur, en liant les recettes potentielles issues de la vente de chaleur, à travers la quantité d'énergie livrée, aux investissements consentis pour réaliser le réseau, à travers sa longueur.

Impact de la densité du réseau sur le prix de vente moyen de la chaleur

Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SOES/SNCU/AMORCE édition 2016
Analyse AMORCE



L'étude du prix de chaleur en fonction de la densité thermique du réseau permet de dresser un seuil à partir duquel le prix de la chaleur devient plus performant. Ce seuil est établi à 3 MWh par mètre linéaire de réseau dans cette enquête.

Densité du réseau	Prix moyen de la chaleur (€/MWh)	Prix moyen de la chaleur (€/TTC/MWh)
Moins de 3 MWh/ml	76,5 €	82,4 €
Plus de 3 MWh/ml	67,6 €	74,7 €

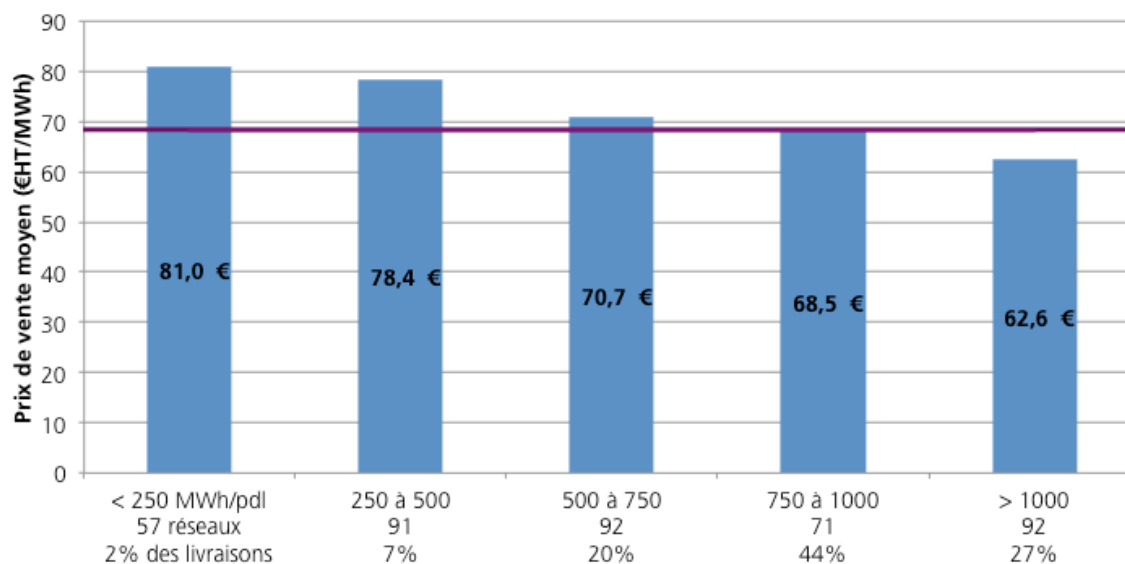
Dans la pratique, les réseaux de chaleur sont considérés comme étant viables dès lors qu'ils présentent une densité thermique supérieure à 1,5 MWh/ml. Ce seuil est notamment retenu par l'ADEME pour qualifier la viabilité des projets.

2.2.2.3. Quantité d'énergie livrée par sous station et prix de vente de la chaleur

Dans cette partie, les réseaux de chaleur ont été classés selon la quantité de chaleur moyenne qu'ils délivrent par sous station (quantité d'énergie livrée par le réseau / nombre de sous stations raccordées). Cette analyse révèle tout l'intérêt de raccorder les sites les plus consommateurs sur les réseaux de chaleur.

Impact de l'énergie livrée par sous station sur le prix de vente moyen de la chaleur

Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SOES/SNCU/AMORCE édition 2016
Analyse AMORCE



On remarque que les réseaux qui livrent en moyenne le moins d'énergie par point de livraison sont les plus chers. Le prix de vente moyen de la chaleur décroît avec l'augmentation de la quantité d'énergie moyenne livrée par sous station. D'ailleurs, il se trouve que les réseaux qui livrent le plus d'énergie par point de livraison sont aussi les plus denses avec une densité moyenne de 7,1MWh/ml. Cette densité décroît linéairement pour atteindre 1,5MWh/ml dans la classe des réseaux qui livrent moins de 250 MWh en moyenne par sous station.

2.2.2.4. Mode de gestion et prix de vente de la chaleur

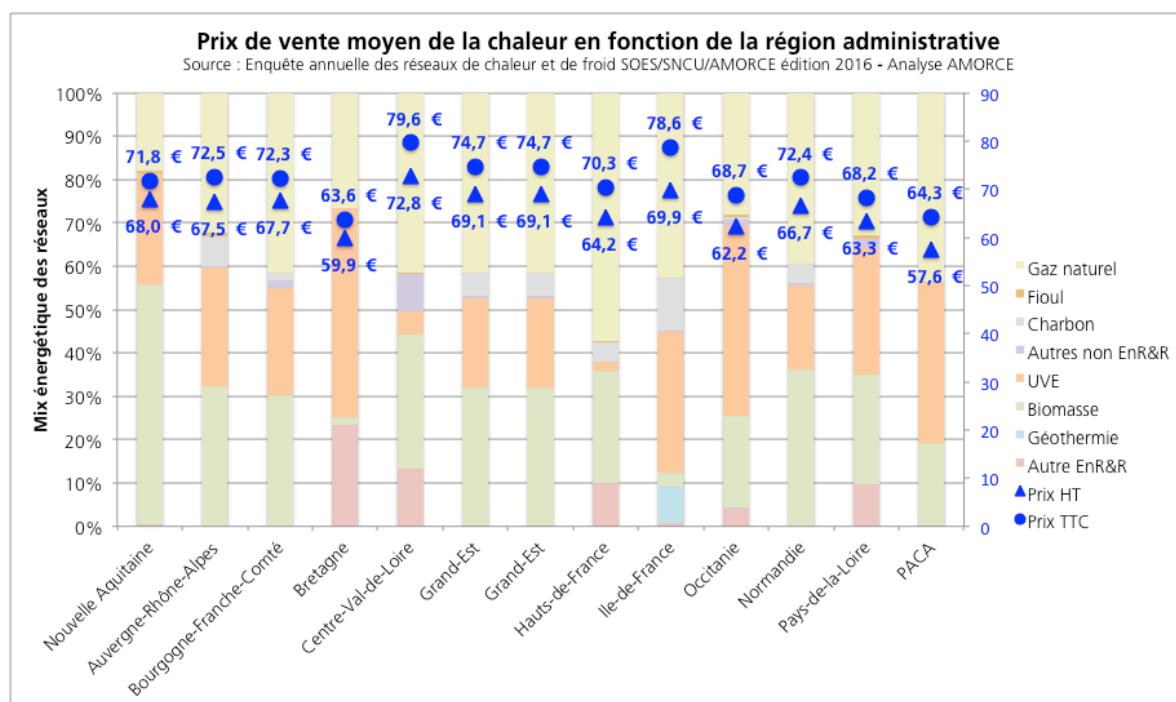
Les réseaux ont été classés suivant leur mode de gestion. On observe sur le tableau ci-dessous qu'en moyenne les réseaux de chaleur publics gérés en régie sont plus compétitifs que les réseaux de chaleur publics gérés en DSP. Les réseaux de chaleur privés sont quant à eux en moyenne plus compétitifs que les réseaux de chaleur publics en HT, mais leur prix de vente moyen TTC, par l'effet de la TVA à taux réduit, est supérieur à celui des réseaux de chaleur en régie. En effet ceci s'explique du fait que les réseaux de chaleur en régie présentent un taux EnR&R moyen plus élevé que les réseaux de chaleur privés. Enfin, le fait que les prix en DSP soient plus élevés peut notamment s'expliquer par le fait que le délégataire assume les risques liés au projet et donc se rémunère pour ces risques.

Mode de gestion	Nombre de réseaux	Part des livraisons globales	Taille moyenne du réseau (GWh livrés/an)	Prix moyen de la chaleur (€/MWh)	Prix moyen de la chaleur (€TTC/MWh)
Régie	48	2%	11	62,6 €	68,1 €
DSP	267	90%	72	68,8 €	75,8 €
Autres ⁵⁷	88	8%	19	63,4 €	70,8 €

⁵⁷ Réseaux de chaleur privés, par exemple : association de copropriétaires, bailleurs, hôpitaux, universités...

2.2.2.5. Région administrative et prix de vente de la chaleur

Dans cette partie les réseaux ont été triés selon leur région administrative d'implantation. On peut noter une grande disparité d'une région à l'autre, avec un écart de 16€TTC/MWh entre les réseaux implantés en région Bretagne et ceux de la région Centre Val de Loire.

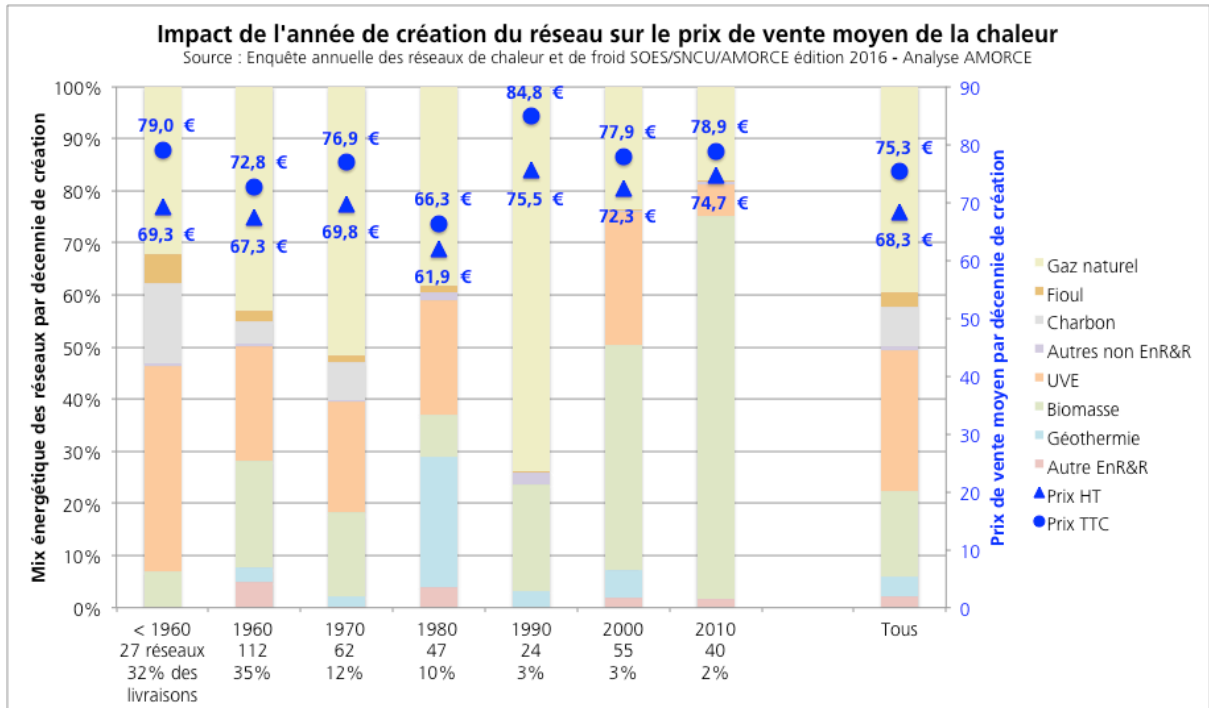


Le tableau ci-dessous met en avant le fait que les régions Bretagne et PACA sont celles qui, au delà de présenter le prix de vente moyen le plus compétitif, présentent la densité moyenne la plus élevée après les réseaux franciliens.

Région	Nombre de réseaux	Livraisons (GWh)	Densité (MWh/ml)	Prix moyen (€HT/MWh)	Prix moyen (€TTC/MWh)
Nouvelle Aquitaine	19	335	2,9	68,0	71,8
Auvergne Rhône Alpes	69	2 694	4,0	67,5	72,5
Bourgogne Franche Comté	26	1 037	3,8	67,7	72,3
Bretagne	7	458	5,0	59,9	63,6
Centre Val de Loire	16	643	4,7	72,8	79,6
Grand Est	44	2 113	4,7	69,1	74,7
Hauts de France	35	1 262	4,2	64,2	70,3
Ile de France	89	10 537	7,0	69,9	78,6
Occitanie	28	472	2,9	62,2	68,7
Normandie	38	991	4,1	66,7	72,4
Pays de la Loire	16	540	3,6	63,3	68,2
PACA	16	340	5,2	57,6	64,3

2.2.2.6. Décennie de création du réseau et prix de vente de la chaleur

Ici, les réseaux de chaleur ont été classés selon leur décennie de création. On peut voir que les réseaux de chaleur les plus compétitifs sont ceux créés dans les années 80, soit la période durant laquelle de nombreux réseaux de chaleur géothermiques ont vu le jour en région parisienne suite aux chocs pétroliers successifs des années 70. A l'inverse, les réseaux qui présentent aujourd'hui le coût de chaleur le plus élevé sont ceux qui ont été créés dans les années 90, très majoritairement alimentés en gaz naturel.



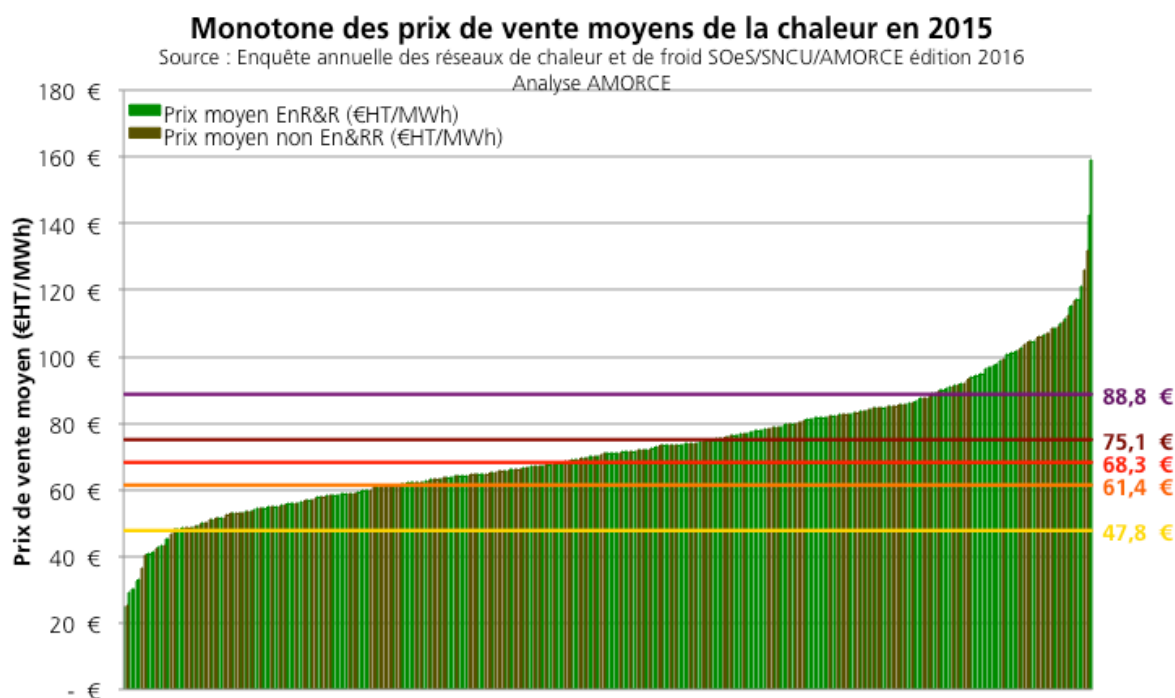
2.3. Monotone des prix de vente de la chaleur

Dans cette partie, le prix de vente de la chaleur a été calculé selon la formule décrite partie 2.1.1 pour chacun des réseaux de l'enquête, puis les réseaux ont été classés en 5 catégories suivant leur positionnement par rapport au prix de vente moyen national :

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

2.3.1. Prix de vente moyens HT

Le graphique suivant montre le large spectre des prix de vente moyen des réseaux de chaleur, avec comme indiqué précédemment un **prix de vente moyen national de 68,3 €HT/MWh en 2015** (il est de 65,6 €HT/MWh pour les réseaux majoritairement alimentés par des EnR&R). Les barres verticales en marron représentent les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des énergies fossiles, et les barres vertes ceux majoritairement alimentés par des EnR&R. On constate une très grande disparité entre les réseaux les moins chers et ceux les plus chers. Sur cet échantillon de 403 réseaux de chaleur, la médiane est de 70,9 €HT/MWh, le premier quartile de 60,0 €HT/MWh et le troisième quartile de 82,9 €HT/MWh.



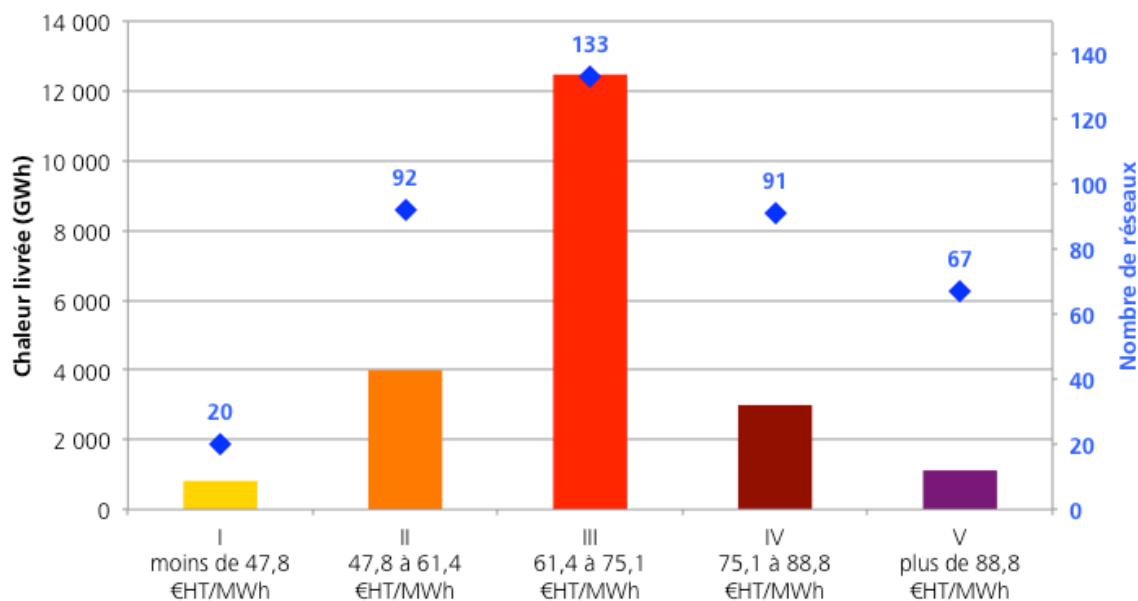
Les 5 classes de prix sont représentées par des lignes de niveau :

- **classe I :** moins de 47,8 €HT/MWh (prix inférieur d'au moins 30% du prix moyen)
- **classe II :** de 47,8 à 61,4 €HT/MWh (10 à 30% inférieur au prix moyen)
- **classe III :** de 61,4 à 75,1 €HT/MWh (écart au prix moyen de +/- 10% maximum)
- **classe IV :** de 75,1 à 88,8 €HT/MWh (10 à 30% supérieur au prix moyen)
- **classe V :** plus de 88,8 €HT/MWh (plus de 30% supérieur au prix moyen)

Cette monotone est à analyser avec précaution et n'a de sens qu'avec le graphique suivant, qui illustre le nombre de réseau de chaleur compris dans chacune des cinq classes, et la quantité de chaleur livrée correspondant.

Nombre de réseaux et chaleur livrée par tranche de prix

Source : Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid SOES/SNCU/AMORCE édition 2016
Analyse AMORCE



Les classes II et III comprennent quasiment autant de réseaux mais les quantités d'énergie livrées sont d'environ 4 TWh pour la première contre 3 TWh pour la seconde. Quant aux classes I et V qui présentent respectivement les prix les moins élevés et ceux les plus élevés, elles fournissent chacune le même ordre de grandeur d'énergie, soit moins de 10% des livraisons globales à elles deux. Ceci étant la classe V compte bien plus de réseaux que la classe I ce qui nous permet d'en déduire que les réseaux les plus chers sont en moyenne des réseaux de plus petite taille, pour la plupart situés en milieu rural, en concurrence avec le fioul et admettant un prix de vente de la chaleur plus élevé.

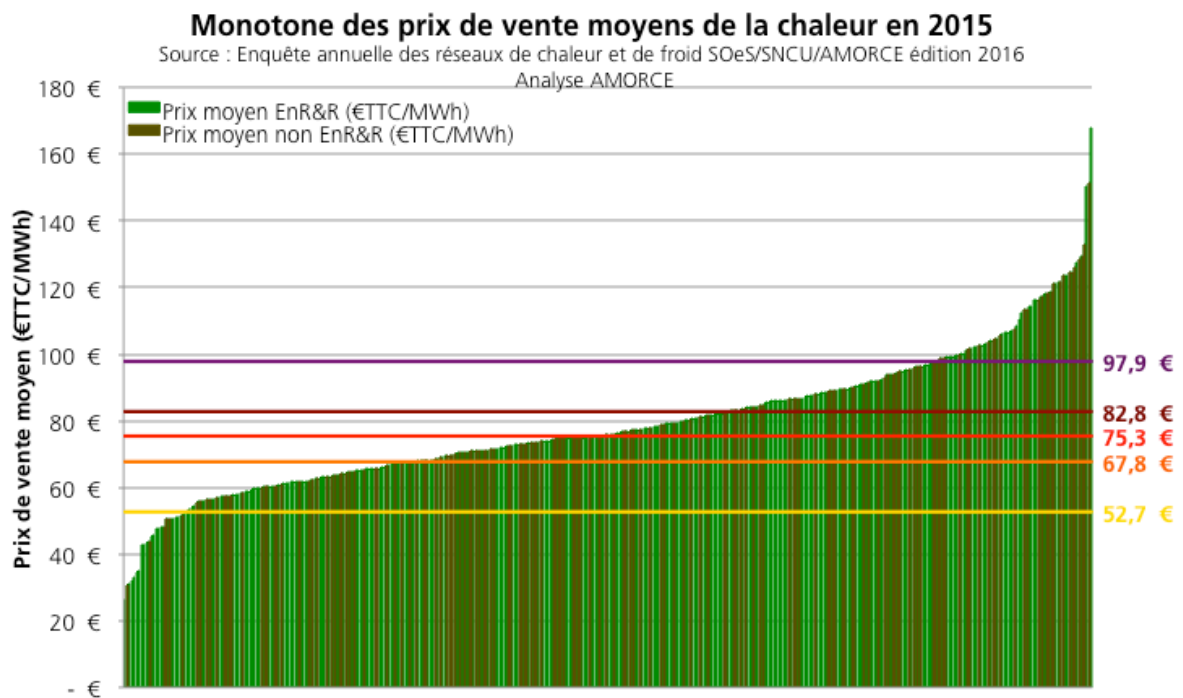
Enfin, alors que les prix de vente moyens des réseaux de chaleur affichent une très grande disparité, près de 60% de la chaleur livrée est vendue à un prix compris entre -10 et +10% de la moyenne nationale.

Plus encore, on remarque que plus de 90% de la chaleur livrée est vendue à un prix compris entre -30 et +30% de la moyenne nationale.

2.3.2. Prix de vente moyens TTC

De la même manière que pour les prix de vente moyens HT, une monotone des prix de vente moyens TTC des réseaux de chaleur a été tracée. Pour rappel, le **prix de vente moyen national s'élève à 75,3 €TTC/MWh en 2015** (il est de 69,5 €TTC/MWh pour les réseaux majoritairement alimentés par des EnR&R). Ce nouveau graphique permet de visualiser l'effet de la TVA à taux réduit pour les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R, avec une répartition des barres vertes qui tend vers les prix les plus compétitifs et à l'inverse celle des barres marrons qui tend vers les prix les moins compétitifs.

Sur cet échantillon, la médiane est de 76,0 €TTC/MWh, le premier quartile de 65,5 €TTC/MWh et le troisième quartile de 89,5 €TTC/MWh.



Les 5 classes de prix ont été à nouveau représentées par des lignes de niveau :

- **classe I** : moins de 52,7 €TTC/MWh (prix inférieur d'au moins 30% du prix moyen)
- **classe II** : de 52,7 à 67,8 €TTC/MWh (10 à 30% inférieur au prix moyen)
- **classe III** : de 67,8 à 82,8 €TTC/MWh (écart au prix moyen de +/- 10% maximum)
- **classe IV** : de 82,8 à 97,9 €TTC/MWh (10 à 30% supérieur au prix moyen)
- **classe V** : plus de 97,9 €TTC/MWh (plus de 30% supérieur au prix moyen)

CONCLUSION

On retiendra de cette enquête sur l'année civile 2015 les informations suivantes :

- **Le prix de vente moyen des réseaux de chaleur en 2015 s'élève à 68,3 €HT/MWh**, soit une baisse de 5,4% par rapport à 2014 (72,2 €HT/MWh). Cette baisse est liée à l'indice de rigueur climatique moins faible en 2015 qu'en 2014, et donc une baisse moins significative des MWh livrés par rapport à une année dite « normale » d'un point de vue climatique.
- **Bien que la dispersion des prix de vente autour de la valeur moyenne soit extrêmement large, la majorité de l'énergie livrée par les réseaux de chaleur est vendue autour de +/- 10% du prix moyen.** Le prix de vente 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 de récupération de chaleur fatale (issue de l'incinération des ordures ménagères, de processus industriels, des eaux usées,...), de biomasse, ou de géothermie.

Outre le positionnement d'un réseau de chaleur par rapport à la moyenne nationale, cette enquête a permis d'établir un comparatif économique des modes de chauffage les plus courants. Il en ressort que :

- D'un point de vue énergétique et environnemental, les réseaux de chaleur sont globalement bien positionnés (selon le mix énergétique du réseau).
- Le coût global de chauffage pour un logement type correspondant au *parc social moyen* (170 kWh/m².an) raccordé à un réseau de chaleur est évalué en moyenne à **1 216 €TTC par an**. Pour les réseaux de chaleur majoritairement alimentés par des EnR&R, le coût global moyen est de **1 158 €TTC par an**, soit légèrement en dessus du chauffage collectif au gaz condensation (1 155 €TTC par an), ce qui en fait **une solution des plus compétitives** parmi tous les modes de chauffage. Les réseaux de chaleur sont mieux placés pour les bâtiments dont la consommation est élevée mais restent compétitifs pour des niveaux faibles de consommation⁵⁸.
- Quel que soit le niveau de consommation pris en compte, le chauffage individuel au gaz condensation figure parmi les solutions les moins compétitives.
- Le chauffage électrique individuel affiche un coût global peu attractif et est mal placé en termes d'énergie primaire ou de gaz à effet de serre. Sa facture énergétique est très basse dans le cas de la RT 2012 mais la mise en place d'un tel système implique des surinvestissements sur le bâti qui se répercutent sur le coût global.
- L'importante baisse du coût global de la solution fioul collectif traduit la volatilité du prix des énergies fossiles. Ce mode de chauffage figurait parmi les solutions les plus coûteuses il y a quelques années et redevient plus compétitif que les solutions électriques et PAC en 2015.
- Les pompes à chaleur géothermiques, 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 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 études sur le long terme confortent la position des réseaux de chaleur et mettent en évidence le risque qui pèse sur le consommateur à la fois pour les solutions où l'achat d'énergie représente une part importante de la facture et pour les solutions individuelles.

⁵⁸ Pour plus d'informations, se référer à l'étude AMORCE réf. RCE12 – *Réseaux de chaleur & bâtiments basse consommation : l'équation impossible ? Enjeux pour les collectivités et les autres acteurs*, Mai 2011.

ANNEXE 1 : HYPOTHÈSES SUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS

1. Consommations d'énergie

Hypothèses :

- Immeuble de 25 logements ;
- Appartement de 70 m² et 180 m³ (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.

On aboutit à la synthèse suivante pour la consommation finale prise en compte dans les calculs :

Système de production	Fioul coll	PAC coll géo	PAC ind	Elec ind	Gaz ind cond	Gaz coll cond	RC
Conso imputée au chauffage kWh/lgt.an	PCI	livré compteur	livré compteur	livré compteur	PCI	PCI	livré sous-station
RT2005	6 374	1 413	2 453	4 708	5 508	5 227	5 279
Social moyen	10 322	2 288	3 972	7 625	8 920	8 464	8 550
Peu performant	20 588	4 563	7 922	15 208	17 791	16 883	17 053
Conso imputée à l'ECS kWh/lgt.an	PCI	livré compteur	livré compteur	livré compteur	PCI	PCI	livré sous-station
Tous bâtiments	3 121	633	2 835	2 835	2 733	2 517	2 364

2. 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 (hors échangeur) 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 précédentes⁵⁹, les valeurs suivantes ont été retenues :

	P1' (€TTC/lgt.an)	P2 (€TTC/lgt.an)	P3 (€TTC/lgt.an)
RC	22 €	50 €	29 €
Gaz coll cond	35 €	77 €	56 €
Gaz ind cond	35 €	110 €	38 €
Elec ind	0 €	0 €	24 €
PAC ind	0 €	99 €	25 €
PAC coll géo	35 €	88 €	35 €
Fioul coll	29 €	88 €	44 €

3. 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
Fioul coll	Fourniture du fioul en pied d'immeuble (production, raffinage transport distribution)	Cuve, chaufferie, tuyauterie immeuble, corps de chauffe
PAC coll géo	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
PAC ind Elec ind	Fourniture d'électricité jusqu'à l'appartement (production, transport, distribution)	Convecteurs / Ballon d'eau chaude
Gaz ind cond	Fourniture de Gaz jusqu'à l'appartement (production, transport, distribution)	Chaudière murale, distribution intérieure, corps de chauffe
Gaz coll cond	Fourniture du gaz en pied d'immeuble (production, transport distribution)	Raccordement au réseau (parfois), chaufferie, tuyauterie d'immeuble, corps de chauffe
RC	Fourniture de chaleur à la sous-station centrale (fourniture énergie primaire production de chaleur, distribution de Sous-station incluant ou non l'échangeur de chaleur (souvent)	Raccordement au réseau (parfois)

⁵⁹ P'1 est indexé sur l'évolution du prix de l'électricité et P2-P3 sont indexés sur l'indice de prix de production de l'industrie française pour le marché français – Prix de marché – Énergie (MIG EBIQ) et sur l'index du bâtiment – Chauffage central (BT40) : $0,55 \times \text{MIG EBIQ} + 0,3 \times \text{BT40}$.

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.

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 et la main d'œuvre. 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 avec un taux de 4%.

	Investissement total (€TTC/lgt)	Crédit d'impôt en % sur l'équipement	Durée de l'installation (ans)	Durée du réseau de distrib (ans)
RC	5 000 €		30	40
Gaz coll cond	5 500 €	30 %	20	40
Gaz ind cond	5 000 €	30 %	12	40
Elec ind	2 730 €		16	25
PAC ind	7 918 €	30 %	16	25
PAC coll géo peu performant	14 857 €	30 %	20	40
PAC coll géo parc social moyen	11 333 €	30 %	20	40
PAC coll RT2005 ⁶⁰	9 179 €	30 %	20	40
Fioul coll	5 000 €		22	40

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

	Annuité totale	Dont annuité production	Dont annuité distrib	Crédit d'impôt	Annuité après crédit d'impôt
RC	270 €	137 €	133 €	- €	270 €
Gaz coll cond	344 €	212 €	133 €	55 €	289 €
Gaz ind cond	414 €	306 €	107 €	80 €	334 €
Elec ind	203 €	112 €	91 €	- €	203 €
PAC ind	643 €	535 €	108 €	154 €	488 €
PAC coll géo peu performant	1 075 €	955 €	120 €	284 €	791 €
PAC coll géo parc social moyen	816 €	696 €	120 €	206 €	610 €
PAC coll RT2005	657 €	537 €	120 €	158 €	499 €
Fioul coll	297 €	164 €	133 €	- €	297 €

En fonction du type de bâtiment, l'ensemble des annuités n'est pas pris en compte pour le calcul en coût global, car elles peuvent être déjà réalisées et amorties. Par exemple, un bâtiment raccordé à l'origine de la création du réseau de chaleur (ex : 1980) possède ses installations de distribution et de système de chauffage déjà amorties. Alors qu'un bâtiment existant en distribution collective de chauffage (créé en 1980 par exemple) qui souhaiterait se raccorder doit prendre en compte dans son calcul en coût global la partie annuité de système de chauffage, mais pas celle liée au réseau de distribution.

⁶⁰ 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).

ANNEXE 2 : HYPOTHÈSES SUR LES BATIMENTS RT 2012

A. Étude réalisée

L'annexe 2 reprend les éléments principaux de l'étude menée par le Bureau d'étude Tribu Energie⁶¹. 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.

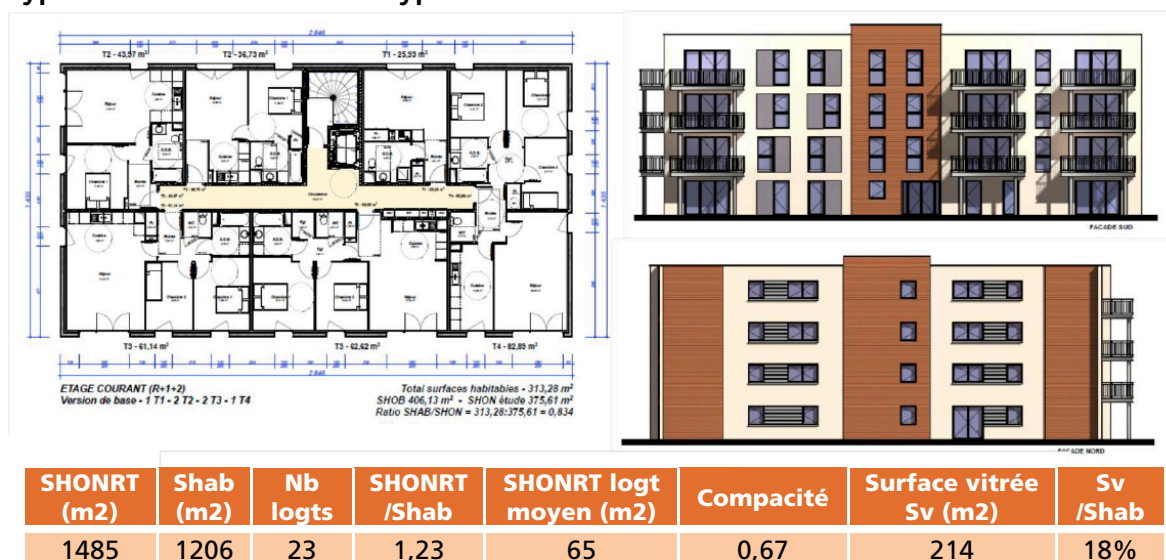
L'exigence d'efficacité énergétique minimale de la conception du bâti de la RT2012 impose un échange amont entre architecte et bureau d'études thermiques. Pour prouver le respect de la RT2012, le maître d'ouvrage devra fournir deux attestations (au dépôt de la demande de permis de construire et à l'achèvement 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 2017, c'est-à-dire qu'elles intègrent la majoration de 7,5 kWh/m².an sur les valeurs de Cep_{max} (50 kWh/m².an).

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

Hypothèses sur la bâtiment type RT 2012 :



⁶¹ L'étude complète peut être disponible sur simple demande auprès d'AMORCE.

B. Descriptif technique des solutions de chauffage

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.

P _{nom}	50 kW
η 100%	97 %
η 30%	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 + ECS solaire)

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.

P _{nom}	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 (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.

Trois cas de réseaux de chaleur vertueux sont en plus développés, se classant selon leur contenu CO₂ de l'énergie livrée :

Le réseau de chaleur a un contenu CO₂ < 50 g/kWh (coeff de modulation MCGES : 0.3).

Le réseau de chaleur a un contenu CO₂ < 100 g/kWh (coeff de modulation MCGES : 0.2).

Le réseau de chaleur a un contenu CO₂ < 150 g/kWh (coeff de modulation MCGES : 0.1).

Hypothèse d'investissement sur les systèmes de chauffage :

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
RC	4 200 €	1 605 €	5 805 €
Gaz coll cond	7 380 €	0 €	7 380 €
Gaz coll cond + ESC solaire	5 470 €	2 920 €	8 400 €
Gaz ind cond	6 531 €	0 €	6 531 €
Elec ind + ECS ind	1 850 €	3 350 €	5 200 €
PAC géo coll	7 870 €	1 605 €	9 475 €
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/m ² /K)	Coefficient Umaximal selon la RT2005 (en W/m ² /K)
ITI---	Parpaing (20 cm, R=0.23 m ² .K/W) + 8 cm Th38 (R=2.11 m ² .K/W)	0.396	0.450
ITI--	Brique (20 cm, R=0.65 m ² .K/W) + 8 cm Th38 (R=2.11 m ² .K/W)	0.337	
ITI-	Brique (20 cm, R=1.00 m ² .K/W) + 10 cm Th32 (R=3.13 m ² .K/W)	0,231	
ITI+	Brique (20 cm, R=1.00 m ² .K/W) + 12 cm Th30 (R=4.00 m ² .K/W)	0.187	
ITE-	Béton (20 cm, R=1.00 m ² .K/W) + 12 cm Th32 (R=3.75 m ² .K/W)	0.249	
ITE+	Béton (20 cm, R=1.00 m ² .K/W) + 16 cm Th32 (R=5.00 m ² .K/W)	0.190	
ITE++	Béton (20 cm, R=1.00 m ² .K/W) + 20 cm Th32 (R=6.25 m ² .K/W)	0.129	0.400
SS--	Sous-sol + 12 cm flochage Th40 (R=3.00 m ² .K/W)	0.422	
SS-	Sous-sol + 14 cm de flochage Th40 (R=3.50 m ² .K/W)	0.349	
SS+	Sous-sol + 12 cm flochage (R=3.00 m ² .K/W) + 6 cm de Th23 (R=2.61 m ² .K/W)	0.198	
SS++	Sous-sol + 15 cm fibragglo (R=1.80 m ² .K/W) + 12 cm Th23 (R=5.22 m ² .K/W)	0.119	0.340
TT--	Terrasse + 8 cm Th23 (R=3.48 m ² .K/W)	0.280	
TT-	Terrasse + 10 cm Th23 (R=4.35 m ² .K/W)	0.227	
TT+	Terrasse + 15 cm Th23 (R=6.52 m ² .K/W)	0.154	
TT++	Terrasse + 20 cm Th23 (R=8.70 m ² .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 (€TTC/lgt)
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 €

