

Est Ensemble - Ville Bondy
SEQUANO Aménagement



**Est
Ensemble**
COMMUNAUTE
D'AGGLOMERATION



ZAC des Rives de l'Ourcq à Bondy

Etude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la ZAC

V2 - 19 juin 2015

IND.	DATE	MODIFICATIONS	ETABLI PAR	RELU PAR
1	02 07 12	Emission pour diffusion	A. NAULLEAU	M.NOEL
2	19 06 15	Emission pour diffusion	M. GANDON	M.NOEL

SOMMAIRE

I. PREAMBULE	5
I.1. Démarche méthodologique.....	5
I.2. Différence entre énergie primaire, énergie finale et énergie utile :.....	6
II. CADRE REGLEMENTAIRE APPLICABLE	7
II.1. L'étude d'approvisionnement en énergies à l'échelle de la ZAC.....	7
II.2. L'étude de faisabilité sur l'approvisionnement en énergie pour les bâtiments.....	7
II.3. La réglementation thermique 2012.....	8
II.4. L'attestation de prise en compte de la réglementation thermique.....	10
II.5. L'Arrêté du 20 février 2012 : prise en compte des véhicules électriques / hybrides.....	11
III. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES ET DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE PRIMAIRE DES BATIMENTS DE LA ZAC	12
III.1. Postes réglementaires énergétiques définis par la réglementation thermique 2012 pour les logements.....	12
III.1.1. Des objectifs renforcés à différentes échéances pour la RT012 et le label Effinergie +.....	13
III.1.2. Evaluations des besoins par poste pour les futurs logements.....	15
III.1.3. Evaluation des consommations en énergie primaire par poste selon la RT 2012.....	16
III.2. Postes énergétiques non réglementaires pour les logements.....	19
III.2.1. Postes énergétiques non réglementaires liés à l'aménagement intérieur.....	19
III.2.2. Postes énergétiques non réglementaires liés aux parties communes.....	20
III.3. Répartition des consommations sur l'ensemble des postes pour les logements collectifs.....	20
III.3.1. Consommations globales des logements de la ZAC Ecoquartier du canal.....	24
III.3.2. Influence entre les hypothèses de la réglementation thermique 2012 et la réalité des usages.....	25
III.4. Puissance appelée maximale.....	25
III.4.1. Profil de consommation horaire de pointe.....	25
III.4.2. Puissance maximale pour des logements basse consommation.....	27
III.5. Exigences réglementaires pour d'autres typologies de bâtiments.....	27
IV. EVALUATION DES RESSOURCES ENERGETIQUES RENEUVELABLES LOCALES	30
IV.1. Potentiel d'irradiation solaire.....	30
IV.2. Potentiel éolien : Atlas éolien régional.....	33
IV.2.1. Le Grand Eolien.....	33
IV.2.2. Le micro-éolien.....	33
IV.3. Disponibilité locale de biocombustible.....	34
IV.4. Raccordement au réseau de chaleur de proximité.....	36
IV.5. Ressources aquifères et géothermie.....	40
IV.6. Offre en « Electricité Verte ».....	44
V. SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE POUR LA ZAC	44
V.1. Comparaison des solutions d'approvisionnement en énergies renouvelables.....	44
V.2. Complément : Typologies de systèmes pour l'alimentation en eau chaude solaire des logements collectifs (ECS / chauffage).....	48
V.3. Synthèse des avantages et inconvénients de chaque système d'approvisionnement en énergie / Solutions pressenties.....	49
V.3.1. Production d'électricité.....	49
V.3.2. Récupération et production d'énergie thermique.....	49

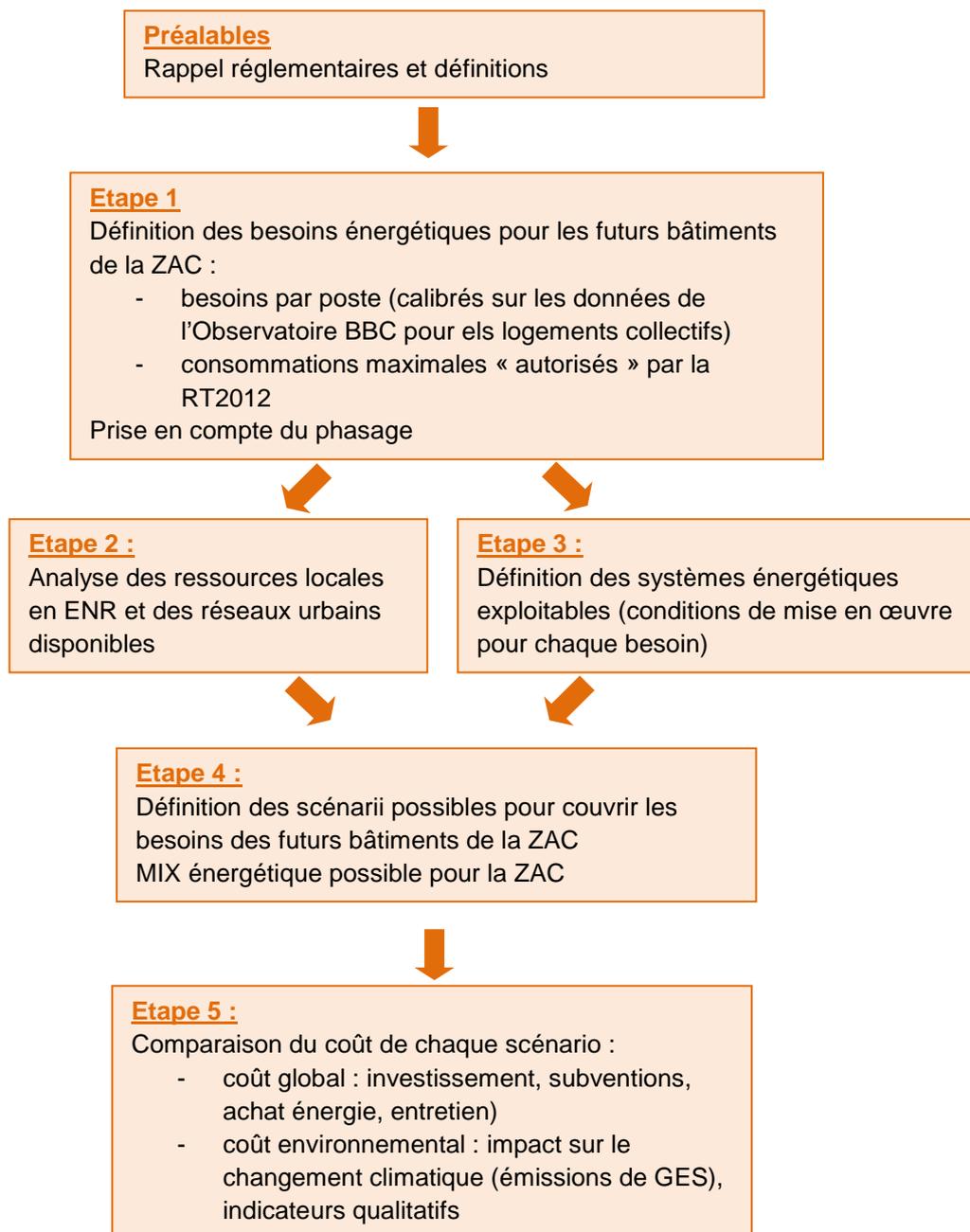
V.3.3. Economie d'énergie	49
V.3.4. Production d'énergie thermique.....	49
V.4. Scénarii	50
V.5. Hypothèses	51
V.5.1. Dimensionnement de base	51
V.5.2. Réseau Coriance	51
V.5.3. Gaz	51
V.5.4. Electricité	52
V.5.5. Géothermie	52
V.5.6. Solaire.....	52
V.5.7. ECS thermodynamique	53
V.5.8. Récupération de chaleur sur eaux usées.....	53
V.5.9. Evolution du prix de l'énergie	54
V.5.10. Subventions.....	55
V.6. Résultats	56
V.6.1. Comparaison en coût global pour 8 solutions d'approvisionnement en énergie pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire	56
V.6.2. Indicateurs environnementaux	60
V.6.3. Critères techniques.....	61
VI. ANNEXES.....	62

I. PREAMBULE

I.1. Démarche méthodologique

L'objectif de cette étude est d'étudier, en fonction du potentiel local, les différentes opportunités d'approvisionnement énergétique pour les futurs bâtiments de la ZAC, et d'en comparer leur avantages et inconvénients, en terme de coûts économiques et environnementaux.

Pour cela, l'étude a suivi les différentes étapes suivantes :



I.2. Différence entre énergie primaire, énergie finale et énergie utile :

L'énergie utilisée concrètement par l'utilisateur final est le produit d'une chaîne de transformation d'énergies primaires, qui émet des pollutions et consomme elle-même plus ou moins d'énergie.

Ainsi afin de **pouvoir comparer les consommations d'énergies entre elles**, et donc tenir compte des pollutions et des pertes constatées lors de leur transformation et leur acheminement jusqu'à l'utilisateur, il est convenu d'appliquer **un coefficient de conversion en énergie primaire (ep) pour chaque source énergétique**.

Dans le cas de l'électricité fournie par EDF, il faut produire 2,58 kWh en centrale pour fournir 1 kWh chez le consommateur.

D'où 1 kWh EDF finale = 2,58 kWh ep

Par convention, pour toutes les autres sources d'énergie (gaz, fioul, bois, réseau de chaleur), on a :

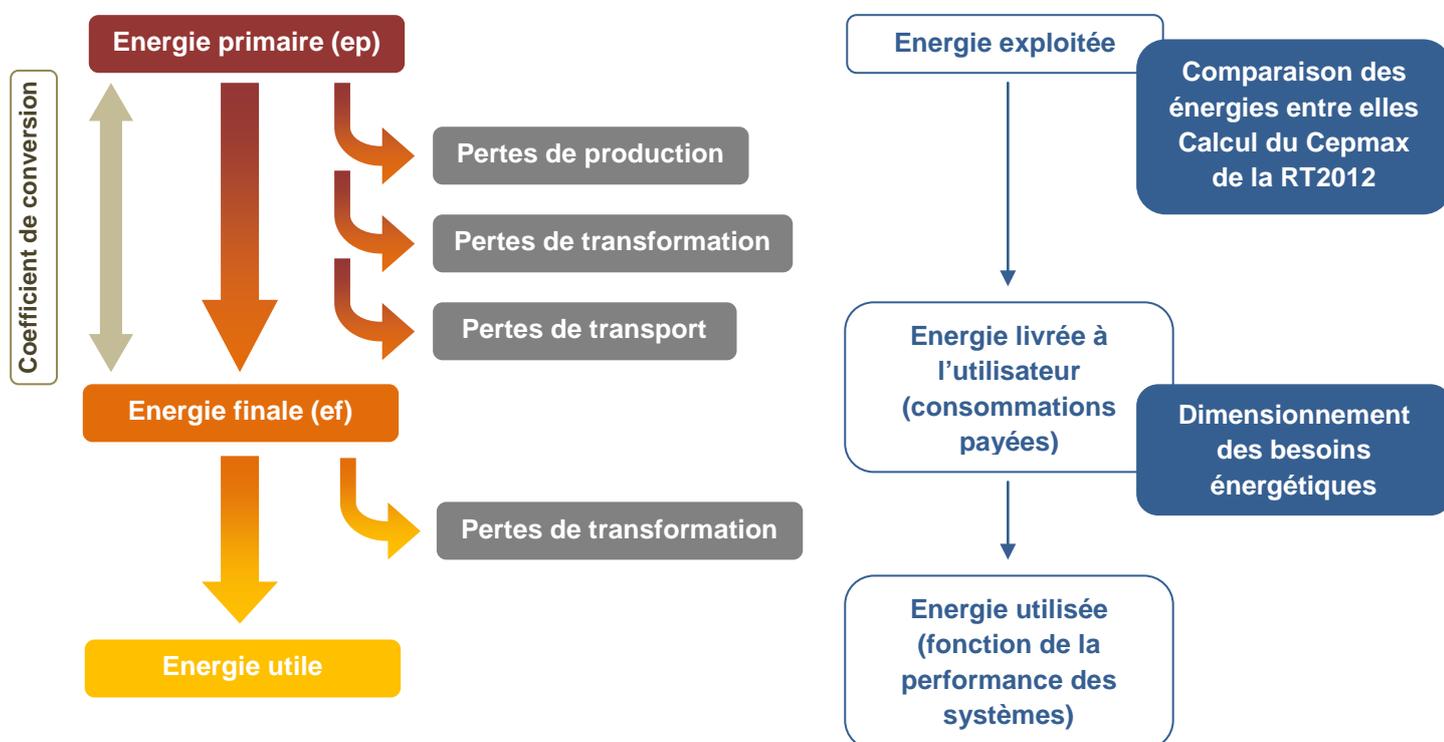
1 kWh énergie finale = 1 kWh ep

Ces coefficients sont retranscrits dans la RT 2012, qui pénalise donc fortement le recours à l'électricité de réseau.

L'énergie distribuée au consommateur est appelé « **énergie finale** ».

L'énergie réellement utilisée par le consommateur est « **l'énergie utile** », c'est l'énergie délivrée par les appareils techniques installés dans le bâtiment. Les pertes entre énergie finale et énergie utile dépendront directement du rendement du système technique utilisé.

La présente étude s'intéressera aux énergies primaires (notamment pour comparer les sources d'énergie entre elles) et aux énergies finales notamment pour calibrer les besoins (qui sont indépendants de la source d'énergie utilisée).



II. CADRE REGLEMENTAIRE APPLICABLE

II.1. L'étude d'approvisionnement en énergies à l'échelle de la ZAC

La première loi issue du Grenelle de l'Environnement dite Loi Grenelle 1, promulguée le 3 août 2009, définit différents domaines en matière de maîtrise de l'énergie, avec notamment les objectifs suivants :

- le facteur 4 : division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050,
- 23 % d'énergies renouvelables dans le cadre du « 3x20 » européen,
- la mise en œuvre de l'intégralité du Plan Bâtiment, avec notamment la confirmation de la norme de 50 kWhEP/m²/an¹ exprimée en énergie primaire

L'article 8 de la Loi Grenelle 1 modifie notamment l'article L128-4 du Code de l'Urbanisme en précisant que :
« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

La présente étude, réalisée à l'échelle de la ZAC de l'Ecoquartier du Canal à Bondy, a pour but de répondre à cette exigence réglementaire, en établissant un choix argumenté du ou des systèmes pressentis et des variantes envisageables afin de guider la réflexion du maître d'ouvrage.

Au regard de la programmation et de l'avancement du projet (programmation économique encore non précisément définie), l'étude énergétique sera axée sur la recherche de solutions énergétiques pour l'habitat collectif, prédominant dans le projet (1300 logements projetés).

II.2. L'étude de faisabilité sur l'approvisionnement en énergie pour les bâtiments

A l'échelle du bâtiment, les maîtres d'ouvrage publics et privés doivent désormais étudier les possibilités d'approvisionnement en énergie des bâtiments, en particulier par des sources d'énergies renouvelables et des systèmes de production très performants. Il s'agit d'une obligation réglementaire fixée par l'**Arrêté du 18 décembre 2007**, applicable depuis le 1er janvier 2008 pour les bâtiments neufs, et depuis le 1er avril 2008, pour les projets de rénovation.

Cette obligation concerne tous les bâtiments de plus de 1000m² de SHON (sauf exceptions, voir tableau ci-dessous).

Opération de construction d'un ou plusieurs bâtiments neufs ou d'extension	Conditions
	Permis de construire déposé après le 31 décembre 2007 SHON de la partie neuve supérieure à 1000 m ² (tout bâtiment)
	Exceptions
	Les bâtiments provisoires de durée inférieure à 2 ans Les bâtiments à faibles besoins énergétiques et à vocation artisanale, industrielle ou agricole Les lieux de cultes Les extensions des monuments historiques, classés ou inscrits

Les maîtres d'ouvrage doivent ainsi réaliser, ou faire réaliser, une **étude de faisabilité technique et économique** sur diverses solutions d'approvisionnement en énergie. Cette étude concerne l'énergie utilisée pour tous les postes réglementaires, soit :

¹ le seuil de 50 kWhEP/m²/an est en fait moduler par différents coefficient en fonction du contexte de l'opération

- **le chauffage,**
- **la production d'eau chaude d'eau chaude sanitaire (ECS),**
- **l'éclairage artificiel,**
- **les auxiliaires de ventilation et de chauffage,**
- **et le rafraîchissement**

A noter, dans les cas de logements, les consommations en rafraîchissement seront considérées nulles.

Neuf types de systèmes sont à étudier :

- les systèmes solaires thermiques ;
- les systèmes solaires photovoltaïques ;
- les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse ;
- les systèmes éoliens ;
- le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif ou urbain
- les pompes à chaleur géothermiques ;
- les autres types de pompes à chaleur ;
- les chaudières à condensation ;
- les systèmes combinés de production de chaleur et d'électricité

Pour chaque système, l'étude de faisabilité doit présenter :

- le coût d'investissement ;
- la consommation d'énergie globale, en MWh/an, et la consommation d'énergie par m² de SHON, en kWh/m².an ;
- les émissions annuelles totales et par m² de SHON de gaz à effet de serre, en t eq.CO₂/an
- la classe d'énergie et la classe climat atteintes par le système ;
- le coût annuel d'exploitation ;
- les avantages et inconvénients du système (conditions de mise en œuvre, conditions de gestion et de maintenance, etc.

Cette étude à l'échelle du bâtiment viendra donc prolonger les conclusions de l'étude à l'échelle de la ZAC et sera contextualisée par rapport aux spécificités de chaque opération, en fonction de son programme architectural, technique et fonctionnel.

II.3. La réglementation thermique 2012

Le Décret n°2010-1269 du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions fixe le périmètre des bâtiments concernés par la nouvelle réglementation thermique (dite RT 2012) :

- à tous les permis de construire déposés plus d'un an après la date de publication du décret pour les bâtiments neufs à usage de bureaux ou d'enseignement, les établissements d'accueil de la petite enfance et les bâtiments à usage d'habitation construits en zone ANRU, soit à partir du 26 octobre 2011 ;
- **à tous les permis de construire déposés à partir du 1er janvier 2013 pour les autres bâtiments neufs à usage d'habitation** (cas des futurs logements de la ZAC de l'écoquartier)

La réglementation thermique fait référence à un certain nombre de notions, définies ci-après :

- **Le Cep et Cepmax** (exprimés en kWh ep /m².an) : il s'agit de la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure. Le Cep max est un

seuil à ne pas dépasser. Il est modulé en fonction de plusieurs paramètres (voir formule de calcul citée plus loin)

- **Le Bbio et Bbiomax** (sans dimension et **exprimé en nombre de points**) : il s'agit du besoin bioclimatique conventionnel en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel. Le Bbio max est un seuil à ne pas dépasser. Il est modulé en fonction de plusieurs paramètres (voir formule de calcul citée plus loin)
- **La Tic** : il s'agit de la température intérieure conventionnelle d'un local, atteinte en été, c'est-à-dire la valeur horaire maximale en période d'occupation de la température opérative. Pour le résidentiel, la période d'occupation considérée est **la journée entière**.

L'Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments fixe les dispositions suivantes :

Exigences sur les performances énergétiques :

- Pour un bâtiment à usage d'habitation, le **Cep_{max}** à respecter se calcule comme suit :

Pour les permis de construire déposés avant le 31/12/2017 :

$$Cep_{max} = 57.5 \times M_{c_{type}} \times (M_{c_{géo}} + M_{c_{alt}} + M_{c_{surf}} + M_{c_{GES}})$$

Pour les permis de construire déposés après le 31/12/2017 :

$$Cep_{max} = 50 \times M_{c_{type}} \times (M_{c_{géo}} + M_{c_{alt}} + M_{c_{surf}} + M_{c_{GES}})$$

Les **coefficients de modulation** donnés pour des logements collectifs (c) sur le département 93 sont :

- $M_{c_{type}}$ (type de bâtiment et sa catégorie CE1 ou CE2) = 1
- $M_{c_{géo}}$ (localisation géographique) = 1.2 pour la Seine Saint Denis
- $M_{c_{alt}}$ (altitude) = 0 pour la ZAC de l'écoquartier
- $M_{c_{surf}}$ (surface) = 0,056 pour un logement moyen de 70,67 m²_{SRT} (hypothèse prise dans la présente étude)
- $M_{c_{GES}}$ (émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées) : **varie en fonction du contenu CO2 du réseau de chaleur auquel se raccorde le projet, le cas échéant**

- Pour un bâtiment à usage d'habitation, le **Bbio_{max}** à respecter se calcule comme suit :

$$Bbio_{max} = Bbio_{maxmoyen} \times (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$$

Les coefficients de modulation donnés pour des logements collectifs (b) sur le département 93 sont :

- $Bbio_{maxmoyen}$ (type de bâtiment et sa catégorie CE1 ou CE2) = 60
- $M_{bgéo}$ (localisation géographique) = 1.2
- M_{balt} (altitude) = 0
- M_{bsurf} (surface) = 0

Donc pour les projets de la ZAC on aura Bbio max = 72 points.

*N.B : le Bbio correspond à la somme de 3 besoins bioclimatiques pondérés par des coefficients selon la formule suivante : **Bbio = α (Bch + Bfr) + β.Becl**, avec :*

- $\alpha = 2$ et Bch = besoins en chauffage en kWh/(m².an)
 Bfr = besoins en refroidissement en kWh/(m².an)

- $\beta = 5$ et $Becl$ = besoins en éclairage en kWh/(m².an)

Ainsi, on constate que pour atteindre l'objectif Bbio, on doit :

- éviter à tous prix les besoins en rafraîchissement : travail sur les protections solaires, l'orientation des vitrages, etc.

- limiter au maximum les besoins en éclairage (pondération par 5 des besoins sur le calcul !) : taux de vitrage, éclairage zénithal, éclairage très basse consommation, etc.

Exigences sur l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâti

Pour les maisons individuelles ou accolées et les bâtiments collectifs d'habitation, la perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa, est inférieure ou égale à :

- 1,00 m³/(h.m²) de parois déperditives, hors plancher bas, en **bâtiment collectif d'habitation**.

Exigences sur les performances des parois

- Les parois séparant des parties de bâtiment à occupation continue de parties de bâtiments à occupation discontinue doivent présenter un coefficient de transmission thermique, U qui ne peut excéder 0,36 W/(m².K) en valeur moyenne
- Le ratio de transmission thermique linéique moyen global, des ponts thermiques du bâtiment n'excède pas 0,28 W/(m²SHONRT.K).
- Le coefficient de transmission thermique linéique moyen des liaisons entre les planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé, n'excède pas 0,6 W/(ml.K)

Exigences sur le vitrage

- Pour les bâtiments collectifs d'habitation, la surface totale des baies, est supérieure ou égale à **1/6 de la surface habitable**.
- Les baies de tout local destiné au sommeil et de catégorie CE1 sont équipées de protections solaires mobiles, de façon à ce que le facteur solaire des baies soit inférieur ou égal au facteur solaire défini dans le tableau de l'arrêté (le département de Seine Saint Denis est classé en zone H1a et par conséquent en catégorie CE1).

Exigences diverses

- Les bâtiments ou parties de bâtiments collectifs d'habitation sont **équipés de systèmes permettant de mesurer ou d'estimer la consommation d'énergie de chaque logement**, excepté pour les consommations des systèmes individuels au bois en maison individuelle ou accolée. Cette information est délivrée mensuellement dans le volume habitable, par type d'énergie, à minima selon la répartition suivante : chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire, réseau prises électriques, autres.
- Dans les bâtiments ou parties de bâtiment à usage d'habitation, une installation de chauffage comporte par local desservi **un ou plusieurs dispositifs d'arrêt manuel et de réglage automatique** en fonction de la température intérieure de ce local.

Le décret du 26 octobre 2010 a été complété par les textes suivants :

- **L'arrêté du 28 décembre 2012**, qui fixe les exigences pour d'autres typologies de bâtiments (tertiaire autre que bureaux, enseignement, EHPA, EHPAD, ...)
- **Les arrêtés du 11 et 19 décembre 2014, qui repoussent le passage du Cep réf des logements de 57,5 à 50 au 01/01/2018**. Ils modifient les exigences générales des EHPA et EHPAD.

II.4. L'attestation de prise en compte de la réglementation thermique

Le **Décret n° 2011-544 du 18 mai 2011** relatif aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs ou les parties nouvelles de bâtiments indique que le maître d'ouvrage de tout bâtiment neuf ou de partie nouvelle de bâtiment existant situé en France métropolitaine doit établir, pour chaque bâtiment

concerné, un document attestant qu'il a pris en compte ou fait prendre en compte par le maître d'œuvre, la réglementation thermique 2012, et en particulier :

- la prescription concernant le besoin conventionnel en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage
- les prescriptions sur les caractéristiques thermiques intervenant dans la performance énergétique du bâtiment

Cette attestation est établie sur un formulaire conforme à des prescriptions fixées par arrêté. Elle est jointe à la demande de permis de construire.

Le maître d'ouvrage de tout bâtiment neuf ou de partie nouvelle de bâtiment existant situé en France métropolitaine doit établir, pour chaque bâtiment concerné, un document attestant la réalisation, pour les bâtiments concernés par le cinquième alinéa de l'article L. 111-9, d'une étude de faisabilité sur les approvisionnements en énergie qui comporte notamment :

- le système prévu par le maître d'ouvrage à l'issue de l'étude de faisabilité en le justifiant
- la valeur de la consommation en kWh d'énergie primaire pour le système prévu
- le coût annuel d'exploitation du système prévu.

Cette attestation est établie sur un formulaire conforme à des prescriptions fixées par arrêté. Elle est jointe à la demande de permis de construire.

II.5. L'Arrêté du 20 février 2012 : prise en compte des véhicules électriques / hybrides

L'arrêté du 20 février 2012 prévoit notamment les « *exigences relatives aux installations électriques permettant la recharge des véhicules électriques et hybrides rechargeables dans les parcs de stationnement des bâtiments collectifs d'habitations et de bureaux neufs* ». Si ces installations ne rentrent pas dans les postes considérés par la RT 2012, ils constituent néanmoins un besoin supplémentaire en termes d'approvisionnement en énergie.

La prise en compte de ce poste apparaît ainsi nécessaire afin d'évaluer au mieux les besoins énergétiques de la future ZAC de l'Ecoquartier.

A noter que la recharge normale des véhicules électriques et hybrides appelle une puissance maximale de 4 kW par point de charge selon l'arrêté. Les dispositions du présent arrêté sont applicables aux bâtiments ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée à partir du 1er juillet 2012, et concernent donc l'opération d'aménagement qui nous intéresse.

III.EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES ET DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE PRIMAIRE DES BATIMENTS DE LA ZAC

III.1. Postes réglementaires énergétiques définis par la réglementation thermique 2012 pour les logements

Les postes énergétiques réglementaires qui sont pris en compte dans le calcul de la RT2012 sont les suivants :

- Chauffage
- Eau chaude Sanitaire (ECS)
- Eclairage
- Auxiliaires de ventilation et de chauffage
- Rafraîchissement (Dans le cas de logements, ce poste énergétique est considéré nul.)

Pour l'ensemble de ces postes, la nouvelle réglementation thermique 2012 fixe une valeur limite de consommation **Cep max (Consommation énergie primaire maximale, exprimé en kWhép/m².an.)** ainsi qu'une valeur **Bbiomax (besoin bioclimatique maximal, exprimé en points)**

Il est possible pour respecter l'objectif du Cepmax, de compenser une partie des consommations par la production d'électricité sur site, via par exemple des panneaux photovoltaïques, **dans la limite de 12 kWhép/(m².an).**

Certains postes ne peuvent être couverts que par un seul type d'énergie (par exemple l'électricité du réseau pour l'éclairage, hors prise en compte d'une éventuelle production photovoltaïque), et d'autres pourront être couverts par différentes sources, présentant des coefficients de conversion en EP différents (notamment si la source est en partie renouvelable).

Pour respecter le coefficient Cep max, tel qu'il est défini dans la réglementation, il existe **différentes marges de manœuvre** :

- Le choix de la source d'énergie, en tenant compte de la conversion entre énergie finale et énergie primaire.
Notamment, le choix de systèmes électriques implique de concevoir le bâtiment et de dimensionner les systèmes pour répondre à des besoins très faibles (les consommations finales étant multipliées par un facteur de 2,58 pour obtenir les consommations primaires, le Cepmax peut rapidement être dépassé avec une conception « classique »)
- Le raccordement à un réseau de chaleur « à faible contenu CO₂ » (le Cepmax étant pondéré en fonction du contenu CO₂ du réseau urbain auquel le bâtiment est raccordé, le cas échéant)
- La conception du bâtiment de sorte à limiter les besoins (notamment pour le chauffage et l'éclairage)
- Le choix des systèmes techniques, de sorte à limiter les consommations des auxiliaires.

Pour les bâtiments de logements; les postes présentant le plus d'enjeux sur le choix de la source énergétique sont la production d'ECS et le chauffage, puisque ceux-ci peuvent être couverts par l'utilisation de différents systèmes :

- un système électrique,

- une chaudière au gaz ou au fioul
- un raccordement à un réseau de chaleur
- ou une chaudière biomasse

Ils sont également prépondérants dans les consommations totales.

III.1.1. Des objectifs renforcés à différentes échéances pour la RT012 et le label Effinergie +

Présentation Effinergie + :

Comme la RT2012, le label effinergie + fixe des valeurs limites à ne pas dépasser, pour tous les types de bâtiments, avec des objectifs plus ambitieux :

- Une valeur limite de besoin bioclimatique $B_{bio_{max}}$
- Une valeur limite de consommation d'énergie primaire Cep_{max} en kWh ep/m²/an

En ce qui concerne le projet :

Pour les bâtiments collectifs d'habitation jusqu'au 1er janvier 2015, la consommation conventionnelle d'énergie primaire Cep du bâtiment ou de la partie de bâtiment doit être inférieure à :

$Cep_{max} = 45 \times Mc_{type} \times (Mc_{géo} + Mc_{alt} + Mc_{surf} + Mc_{GES})$, en kWh ep/m²/an

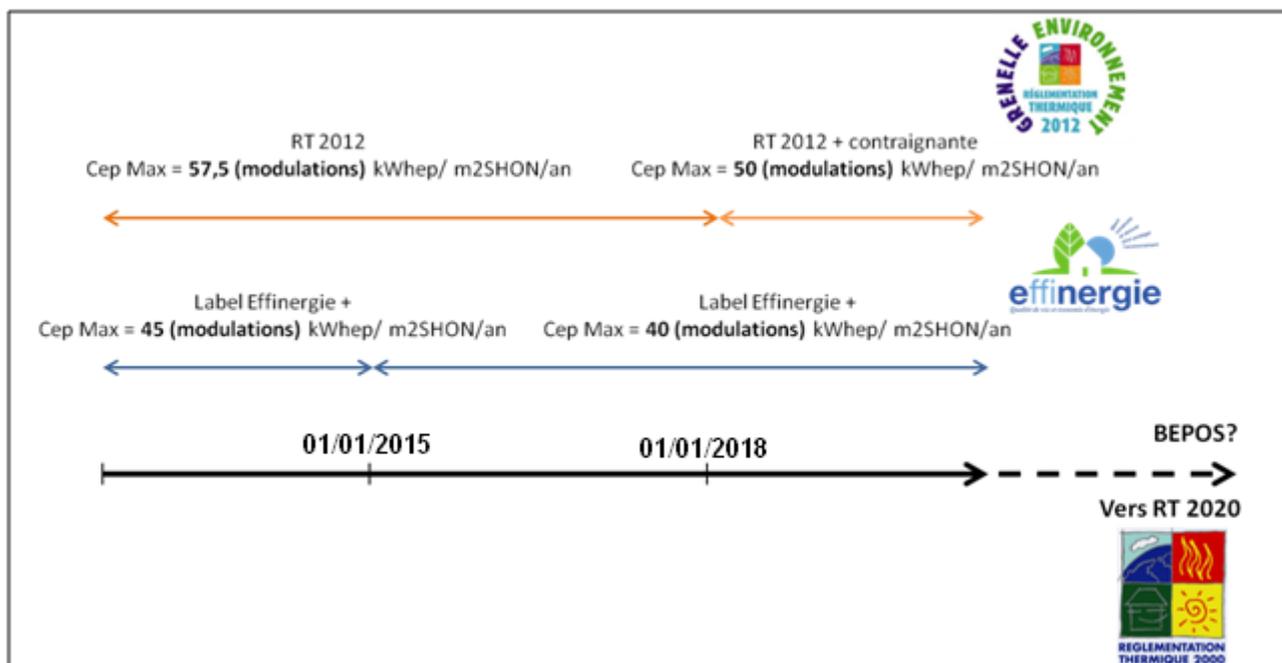
Pour les bâtiments collectifs d'habitation après le 1er janvier 2015, la consommation conventionnelle d'énergie primaire Cep du bâtiment ou de la partie de bâtiment doit être inférieure à :

$Cep_{max} = 40 \times Mc_{type} \times (Mc_{géo} + Mc_{alt} + Mc_{surf} + Mc_{GES})$, en kWh ep/m²/an

Autres exigences du Label :

- Perméabilité à l'air du bâti
- Contrôles des systèmes de ventilation
- Perméabilité à l'air des réseaux
- Calcul des consommations mobilières et autres usages
- Mesures et suivi des consommations du bâtiment
- Affichage des consommations du bâtiment
- Informations aux utilisateurs
- Qualités associées à la performance énergétique
- Consommation d'énergie liée au cycle de vie des matériaux de construction
- Consommation liée aux déplacements des utilisateurs du bâtiment

Pour les bâtiments collectifs d'habitation, qu'il s'agisse des objectifs de performance pour la RT 2012 ou pour le label Effinergie +, les seuils de $B_{bio_{max}}$ et de Cep_{max} sont révisés, à différentes échéances, tel que présenté ci-dessous.

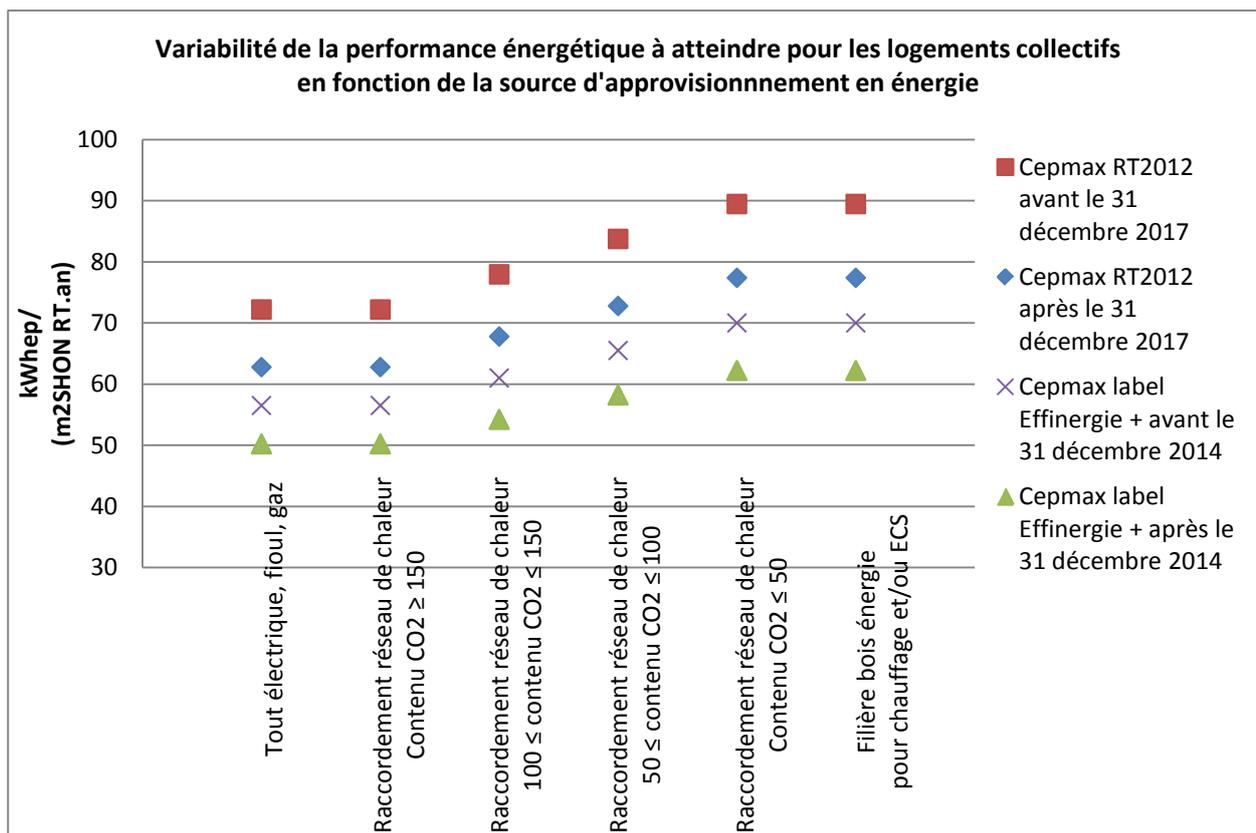


NB : Le label Effinergie + renforce les exigences avec un délai d'exécution plus court.

Les différents seuils Cepmax à ne pas dépasser ont été calculés pour un logement type de la future ZAC (soit un logement de 72m² de SHON), en fonction des dates de dépôts des PC :

	Cepmax RT2012 avant le 31 décembre 2017	Cepmax RT2012 après le 31 décembre 2017	Cepmax label Effinergie + avant le 31 décembre 2014	Cepmax label Effinergie + après le 31 décembre 2014
Tout électrique, fioul, gaz	72,22	62,8	56,52	50,24
Raccordement réseau de chaleur Contenu CO2 ≥ 150	72,22	62,8	56,52	50,24
Raccordement réseau de chaleur 100 ≤ contenu CO2 ≤ 150	77,97	67,8	61,02	54,24
Raccordement réseau de chaleur 50 ≤ contenu CO2 ≤ 100	83,76	72,8	65,52	58,24
Raccordement réseau de chaleur Contenu CO2 ≤ 50	89,47	77,4	70,02	62,24

Le graphique ci-dessous présente les consommations maximales autorisées par la réglementation pour l'ensemble des logements de la ZAC (avec l'hypothèse d'une réalisation à terme de 1300 logements). Ces consommations maximales « autorisées » varient en fonction de la source d'énergie choisie pour les postes de chauffage et d'ECS (avec le raccordement ou non à un réseau de chaleur urbain plu sou moins émetteur de GES).



III.1.2. Evaluations des besoins par poste pour les futurs logements

L'évaluation des besoins énergétiques par poste se base dans cette étude sur les retours d'expérience des premiers bâtiments de niveau BBC réalisés en France, que l'on peut considérer comme équivalent au futur niveau réglementaire des bâtiments de la ZAC.

Les données ont été obtenues auprès de l'Observatoire BBC, piloté par le Ministère de l'Ecologie, l'ADEME et l'association EFFINERGIE (site Internet : <http://www.observatoirebbc.org>).

Les besoins énergétiques sont considérés comme équivalents aux consommations d'énergie finales (voir schéma explicatif du préambule).

Ces besoins ont été calibrés à partir des consommations relevées pour des bâtiments de logements collectifs ayant recours au gaz ou à un réseau de chaleur pour couvrir les besoins en chauffage et en production d'ECS ; ces deux types de source d'énergie présentant un coefficient de conversion énergie primaire/énergie finale de 1.

Les besoins pour les postes de chauffage et de production d'ECS sont alors pris équivalents à la moyenne des consommations en énergie primaire pour ces mêmes postes.

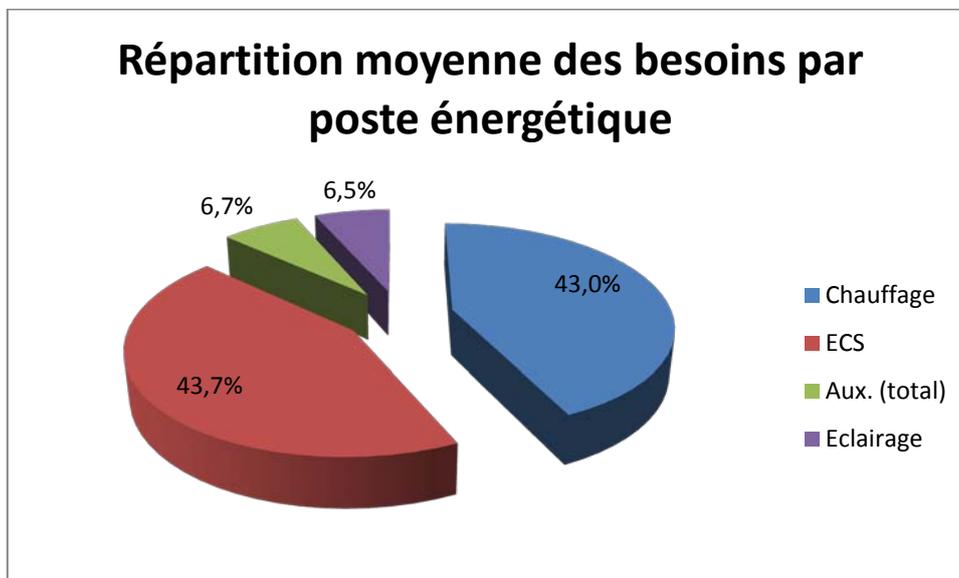
Pour l'éclairage et les auxiliaires de ventilation et de chauffage, les besoins ont été calibrés sur la moyenne des consommations en énergie primaire des projets pris en référence, convertie en énergie finale (soit en appliquant un coefficient de conversion de 2,58, puisque ces deux postes sont systématiquement couverts via de l'électricité de réseau²).

Le tableau suivant présente les consommations moyennes en énergie primaires relevées par l'Observatoire BBC pour des projets reliés au gaz ou à un réseau de chaleur (retours sur 53 projets), ainsi que la **conversion en énergie finale qui permet d'estimer les besoins moyens par poste** :

² A noter que les données de l'Observatoire BBC sont indiquées hors production éventuelle d'électricité sur site

	TOTAL	Chauffage	ECS	Auxiliaires	Eclairage
Consommations moyennes en énergie primaire (kWh ep)	52,9	18,8	19,1	7,6	7,35
Consommations moyennes en énergie finale (kWh ef)	43,7	18,8	19,1	2,9	2,8

Le graphe ci-dessous présente la répartition des besoins par poste énergétique (sur base des données de consommations d'énergie de bâtiment BBC – données de l'Observatoire BBC de 2011) :



Ces données confirment la **prépondérance des postes de chauffage et de production d'ECS** dans les logements collectifs. Le poste de production d'ECS passe même devant celui de chauffage.

A noter cependant, que les consommations **en énergie primaire globales relevées par l'Observatoire BBC sont en-deçà des seuils fixés par la RT 2012 (définition du Cep max).**

III.1.3. Evaluation des consommations en énergie primaire par poste selon la RT 2012

Il s'agit ici d'évaluer les consommations en énergie primaire « autorisées » par la RT 2012.

En effet, il a été expliqué plus en amont, que la nouvelle réglementation thermique définissait un seuil de consommations totales Cepmax à ne pas dépasser. Ce seuil pour les bâtiments de la ZAC dépendra directement du raccordement ou non des bâtiments à un réseau urbain et du « contenu carbone » de ce réseau (voir § III.1.1).

Il s'agit donc ici de « recalibrer » les consommations prévisibles par rapport à des consommations maximales autorisées par poste.

En ce qui concerne le poste de production d'ECS, les besoins sont constants sur l'année, incompressibles et indépendants de la conception du bâtiment.

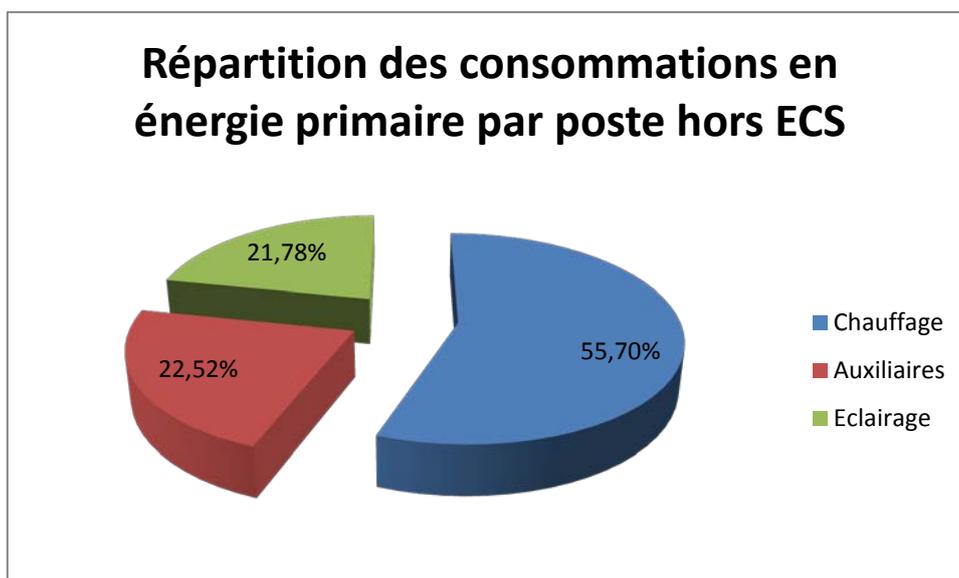
On peut donc considérer que les besoins constatés sur les opérations étudiées par l'Observatoire BBC seront de même ordre de grandeur que ceux des futurs bâtiments de la ZAC, soit 19,1 kWh d'ef/m²/an.

Pour les postes de chauffage, éclairage et les auxiliaires (de chauffage et de ventilation), les besoins varient :

- pour l'éclairage : en fonction de l'optimisation de la conception (taille, orientation des pièces, taille des fenêtres, caractéristiques des vitrages, de sorte à optimiser les apports en lumière naturelle et minimiser le besoin d'éclairage artificiel)
- pour le chauffage : en fonction de la performance de l'enveloppe
- pour les auxiliaires de ventilation et de chauffage : en fonction des systèmes techniques choisis et des besoins à couvrir en chauffage et ventilation

Le « delta » autorisé par la RT2012 par rapport aux consommations observées par l'Observatoire BBC est donc à répartir entre ces trois postes.

Afin de recalibrer les consommations d'énergie (finales et primaires) sur les seuils « autorisés », il est proposé de calculer la répartition des consommations d'énergie primaire par poste hors production d'ECS (répartition moyenne pour les projets ayant recours au gaz ou à un réseau de chaleur urbain) – voir graphe ci-dessous - et d'appliquer une même répartition sur le Cep max « autorisé » par la RT 2012 (déduit des consommations d'ECS, évaluées précédemment).



Le tableau suivant présente donc la répartition des consommations primaire et finales par poste, calibrées sur les objectifs de RT 2012 et Effinergie +, en fonction du Cep max visé (raccordement ou non à un réseau de chaleur plus ou moins émetteur de GES) :

Consommations par poste calibrées sur la RT 2012 (avant et après le 31 décembre 2017)

Source d'approvisionnement	Cepmax <u>avant le 31 décembre 2017</u> (kWh ep/m ² .an)	Conso en chauffage (kWh ef/m ² .an)	Conso en ECS (kWh ef/m ² .an)	Conso en éclairage (kWh ef/m ² .an)	Conso des auxiliaires (kWh ef/m ² .an)
Réseau de chaleur alimenté par biomasse	89,47	34,00	37,58	4,16	2,77
Electricité du réseau	72,22	10,64	11,76	3,36	2,24
Gaz, fioul	72,22	27,44	30,33	3,36	2,24
réseau de chaleur Contenu CO ₂ ≥ 150	72,22	27,44	30,33	3,36	2,24
réseau de chaleur 100 ≤ contenu CO ₂ ≤ 150	77,97	29,63	32,75	3,63	2,42
réseau de chaleur 50 ≤ contenu CO ₂ ≤ 100	83,72	31,81	35,16	3,89	2,60
réseau de chaleur Contenu CO ₂ ≤ 50	89,47	34,00	37,58	4,16	2,77

Source d'approvisionnement	Cepmax après le 31 décembre 2017 (kWh ep/m ² .an)	Besoins en chauffage (kWh ef/m ² .an)	Besoins en ECS (kWh ef/m ² .an)	Besoins en éclairage (kWh ef/m ² .an)	Besoins des auxiliaires (kWh ef/m ² .an)
Filière bois énergie pour chauffage et/ou ECS	77,80	29,56	32,68	3,62	2,41
Electricité du réseau	62,80	9,25	10,22	2,92	1,95
Gaz, fioul	62,80	23,86	26,38	2,92	1,95
réseau de chaleur Contenu CO2 ≥ 150	62,80	23,86	26,38	2,92	1,95
réseau de chaleur 100 ≤ contenu CO2 ≤ 150	67,80	25,76	28,48	3,15	2,10
réseau de chaleur 50 ≤ contenu CO2 ≤ 100	72,80	27,66	30,58	3,39	2,26
réseau de chaleur Contenu CO2 ≤ 50	77,80	29,56	32,68	3,62	2,41

Consommations par poste calibrées sur le Label Effinergie +

Source d'approvisionnement	Cepmax après le 01/01/2015 - Effinergie + (kWh ep/m ² .an)	Conso en chauffage (kWh ef/m ² .an)	Conso en ECS (kWh ef/m ² .an)	Conso en éclairage (kWh ef/m ² .an)	Conso des auxiliaires (kWh ef/m ² .an)
Réseau de chaleur alimenté par biomasse	62,24	23,65	26,14	2,89	1,93
Electricité du réseau	50,24	7,40	8,18	2,34	1,56
Gaz, fioul	50,24	19,09	21,10	2,34	1,56
réseau de chaleur Contenu CO2 ≥ 150	50,24	19,09	21,10	2,34	1,56
réseau de chaleur 100 ≤ contenu CO2 ≤ 150	54,24	20,61	22,78	2,52	1,68
réseau de chaleur 50 ≤ contenu CO2 ≤ 100	58,24	22,13	24,46	2,71	1,81
réseau de chaleur Contenu CO2 ≤ 50	62,24	23,65	26,14	2,89	1,93

NB : On observe une diminution d'environ 20% des Consommations autorisées avec le Label par rapport à la RT2012.

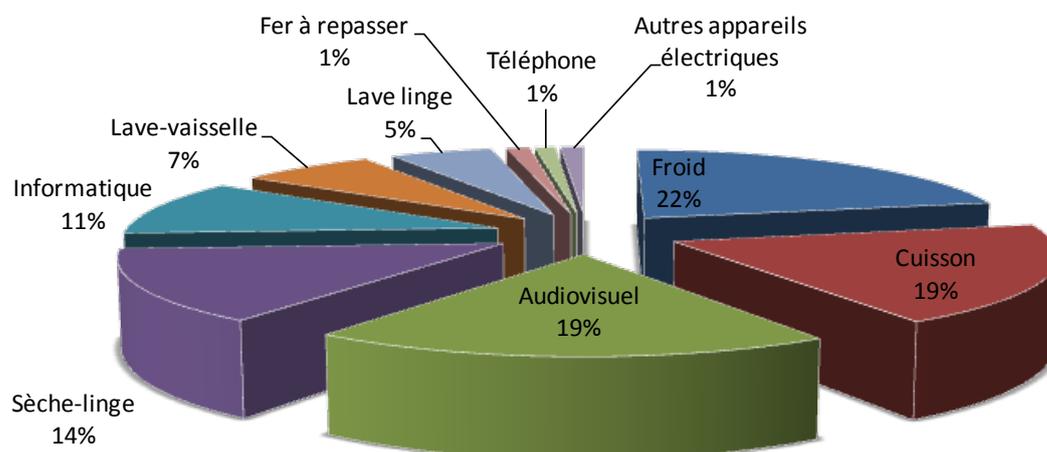
III.2. Postes énergétiques non réglementaires pour les logements

III.2.1. Postes énergétiques non réglementaires liés à l'aménagement intérieur

Pour un logement, les consommations énergétiques moyennes sur ces postes sont données ci-dessous

Postes énergétiques non réglementaires liés à l'aménagement intérieur	kWh/an
Froid	632
Cuisson	560
Audiovisuel	551
Sèche-linge	408
Informatique	311
Lave-vaisselle	199
Lave linge	149
Fer à repasser	34
Téléphone	30
Autres appareils électriques	34
Total Postes énergétiques non réglementaires liés à l'aménagement intérieur (données statistiques françaises)	2906,8

Répartition des consommations énergétiques liées à l'aménagement intérieur

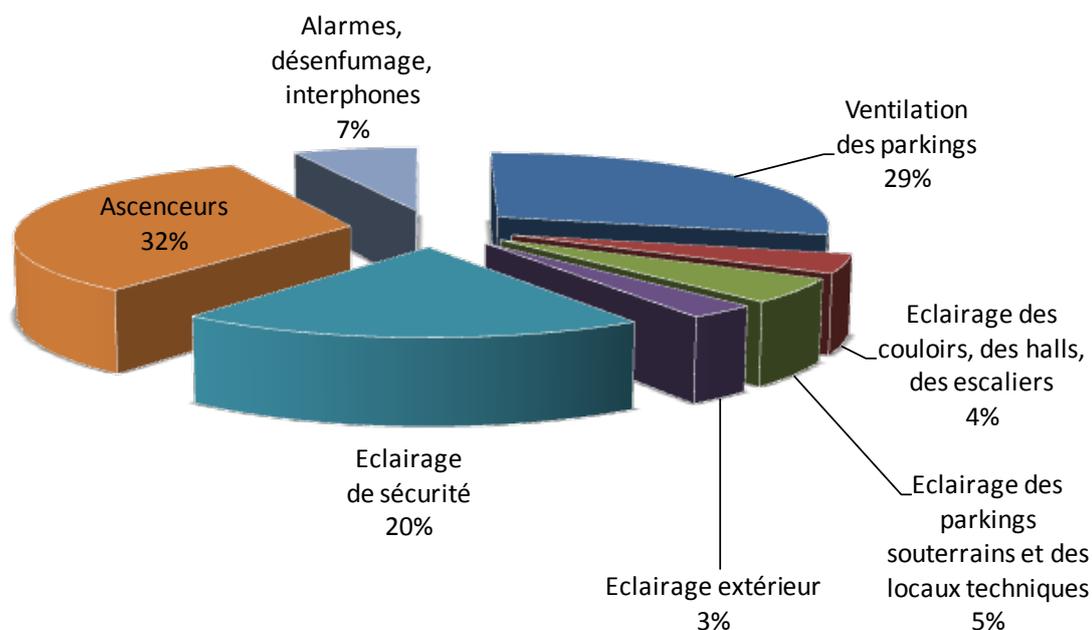


A noter que l'ensemble des besoins non réglementaires liés à l'aménagement intérieur sont couverts par l'électricité du réseau.

III.2.2. Postes énergétiques non réglementaires liés aux parties communes

Postes énergétiques non réglementaires liés aux parties communes	kWh/an
Ventilation des parkings	118
Eclairage des couloirs, des halls, des escaliers	17
Eclairage des parkings souterrains et des locaux techniques	21
Eclairage extérieur	12
Eclairage de sécurité	80
Ascenseurs	133
Alarmes, désenfumage, interphones	28
Total Postes énergétiques liés aux parties communes <i>(pour un bâtiment neuf 40% plus performant que la moyenne pour un bâtiment neuf)</i>	408,5

Répartition des consommations énergétiques liées aux parties communes



A noter que l'ensemble des besoins liés aux parties communes sont nécessairement couverts par l'électricité (du réseau ou par production EnR).

III.3. Répartition des consommations sur l'ensemble des postes pour les logements collectifs

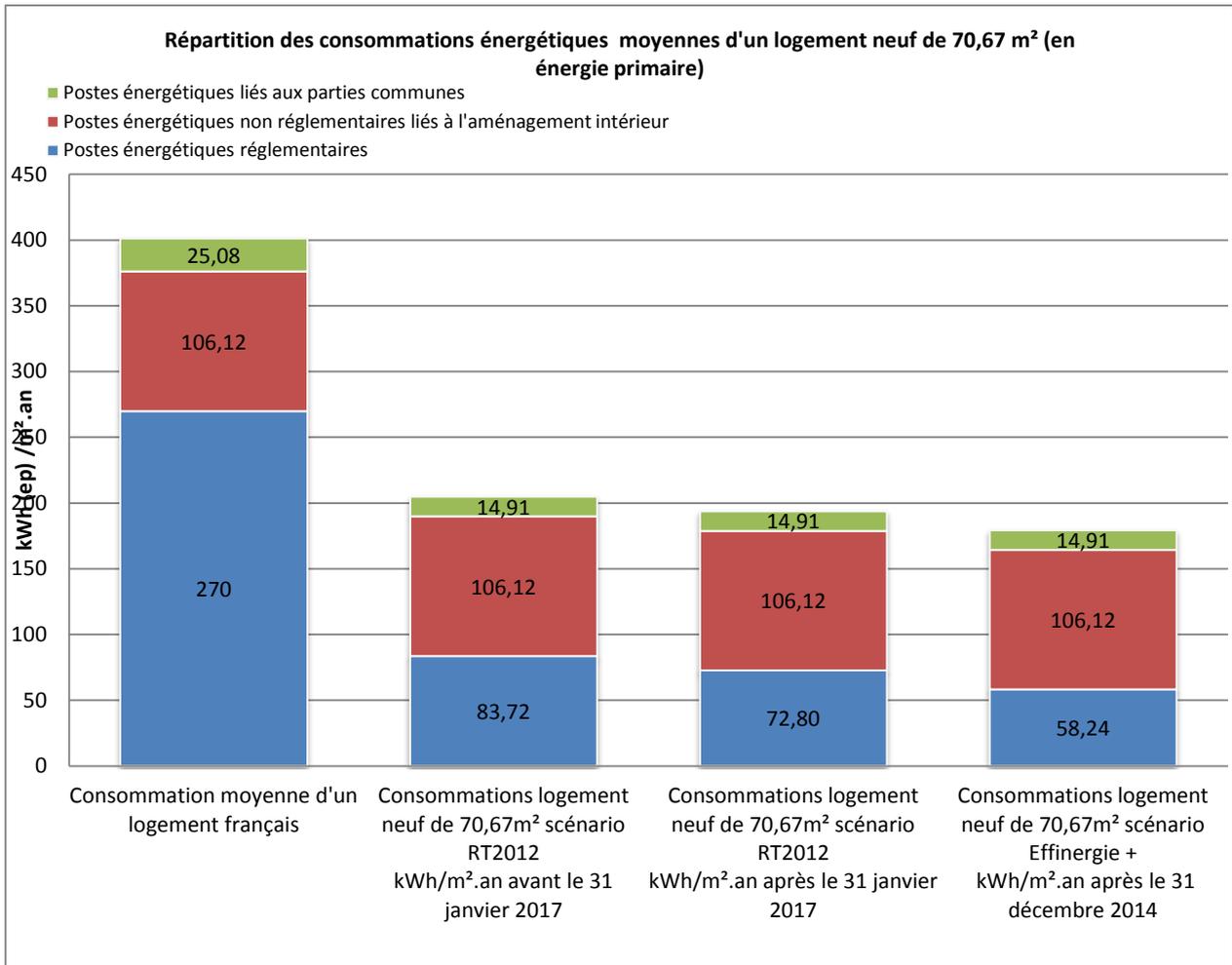
Le graphique suivant présente la répartition des consommations énergétiques données en kWh énergie primaire / an pour un logement moyen de 70,67 m².

A noter que les valeurs pour les postes réglementaires ont été prises pour le cas le plus « favorable » de la RT 2012, c'est-à-dire avec l'hypothèse d'un raccordement à un réseau de chaleur urbain à faible contenu en GES (<50geq CO2/kWh).

Pour rappel, l'unité « énergie primaire » correspond à l'unité réglementaire qui pondère les consommations en fonction de la source énergétique (ils ne correspondent donc pas aux consommations effectives).

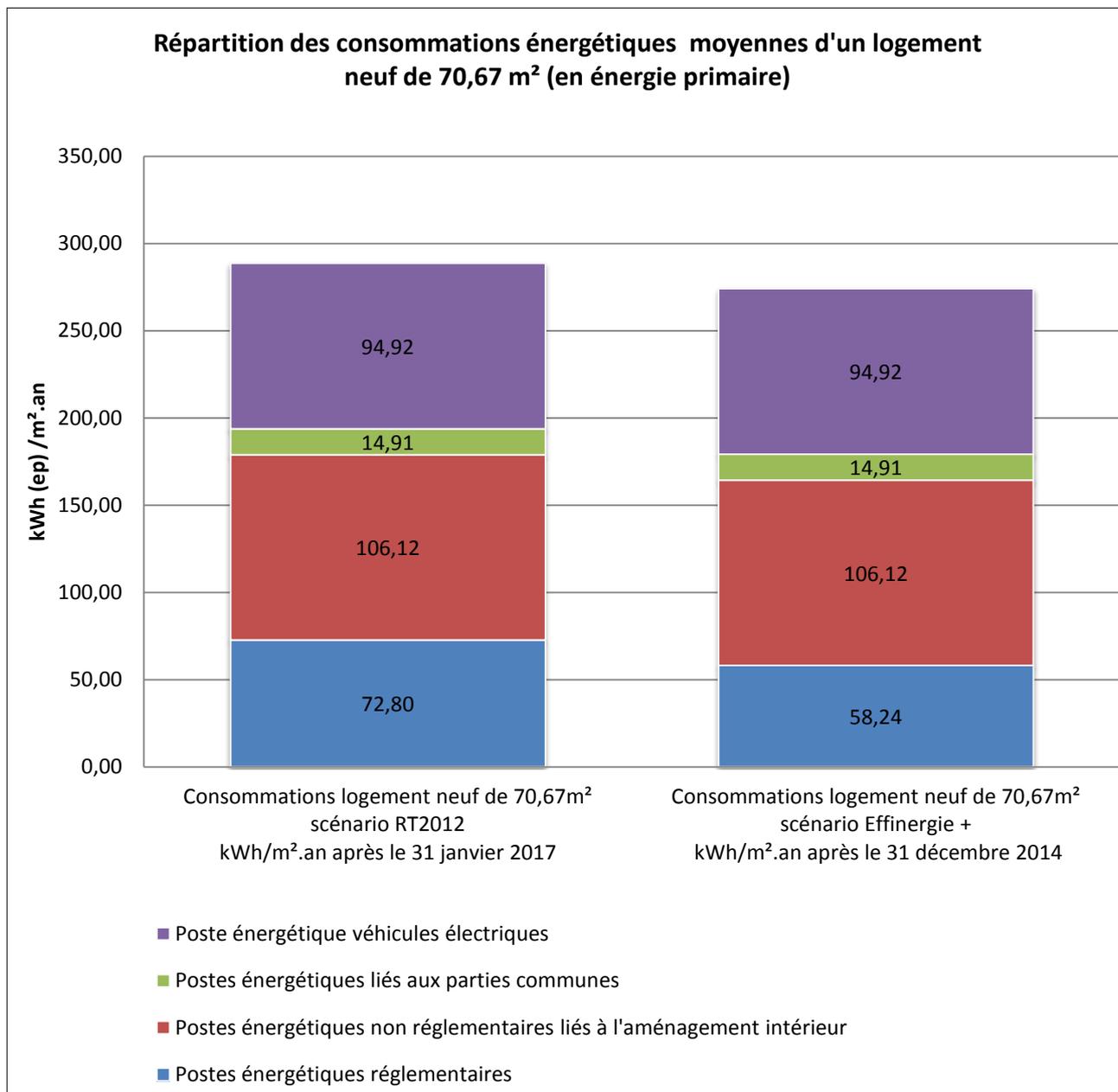
Les coefficients de conversion entre énergie primaire (Ep) et énergie finale (Ef) ont ainsi été appliqués pour permettre une comparaison effective par rapport aux postes énergétiques de la RT2012, qui donne des valeurs en énergie primaire à respecter. (Les consommations liées à l'utilisation de l'électricité du réseau ont donc été multipliées par 2.58)

NB : Précision concernant le Poste énergétique liés aux parties communes : considéré 40% plus performant que la moyenne pour un bâtiment neuf



Les postes énergétiques non réglementaires représentent la part dominante dans un bâtiment résidentiel basse consommation.

Le graphique ci-dessous ajoute la part énergétique que représenterait un logement qui effectuerait l'ensemble de ses déplacements annuels (environ 13 000 km par an) à l'aide d'un véhicule électrique



NB : Le poste énergétique « énergie grise » pourrait également être ajouté dans une optique de bilan général. Ce poste n'est pas immédiatement quantifiable. Il pourra cependant faire l'objet de recommandations à un stade ultérieur (production locale ou préfabrication des matériaux de Gros œuvre, transport limité, etc)

III.3.1. Consommations globales des logements de la ZAC Ecoquartier du canal

A partir des consommations maximales « autorisées » par la réglementation thermique 2012 telles qu'évaluées précédemment, les besoins énergétiques liées aux postes de chauffage et ECS d'une part et les autres postes d'autre part (y compris les postes non réglementaires) ont été définis pour l'ensemble des logements de la ZAC, en tenant compte du phasage de construction envisagé sur l'opération (avec l'hypothèse d'un logement moyen de 70,67 m2 SHON).

Deux cas sont comparés :

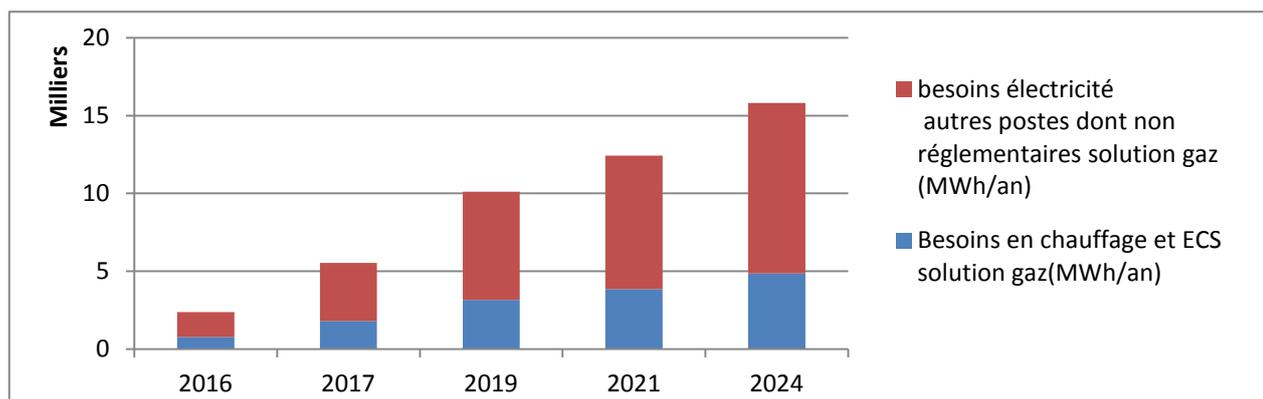
- le raccordement à un réseau de chaleur urbain « vertueux » pour couvrir les postes de chauffage et production d'ECS (soit avec un contenu en GES inférieur à 50 g eq. CO2)
- le recours à une source autre qu'un réseau de chaleur urbain (Cep max non modulé)

	Nb logements	phasage	besoins max en chauffage solution gaz (MWh/an)	besoins max en ECS solution gaz (MWh/an)	besoins max en chauffage solution réseau de chaleur Coriance (MWh/an)	Besoins en ECS solution réseau de chaleur (MWh/an)	besoins électricité autres postes réglementaires solution gaz (MWh/an)	besoins électricité autres postes réglementaires solution réseau de chaleur Coriance(MWh/an)
Phase 1	188	2016	365	403	423	467	192	222
Phase 2	439	2017	851	941	987	1091	448	519
Phase 3	822	2019	1497	1655	1736	1918	788	914
Phase 4	1017	2021	1826	2018	2117	2340	961	1114
Phase 5	1300	2024	2303	2546	2670	2951	1212	1405

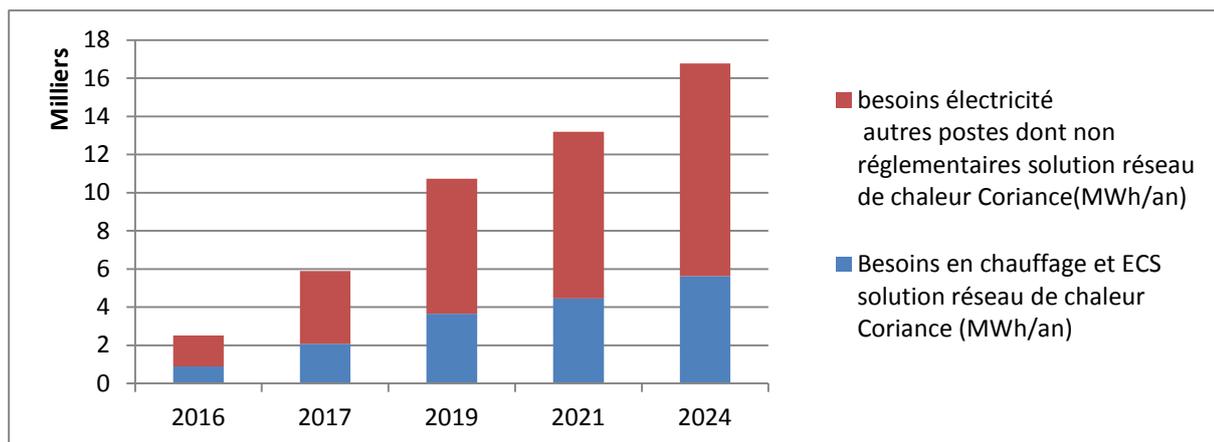
Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution de la demande énergétique en énergie primaire sur la ZAC, avec à gauche, les consommations totales cumulées en énergie primaire, calibrées sur un Cep max pour des sources d'énergie autre qu'un réseau urbain (ou un réseau avec un contenu en GES supérieur à 150g eq. CO2/kWh) et, à droite, les consommations calibrées sur un Cep max pour un raccordement à un réseau de chaleur urbain « vertueux ».

Evolution des consommations globales en énergie primaire pour les logements de la ZAC en fonction du phasage

Hypothèse 1 : gaz pour le chauffage et la production d'ECS



Hypothèse 2 : raccordement réseau CORIANCE pour le chauffage et la production d'ECS



Ces graphiques montrent :

- l'importance des consommations de l'ensemble des usages électrique, plus importante que la part du chauffage et de l'ECS (ceci étant dû à la conversion en énergie primaire de l'électricité, « pénalisée » par le coefficient 2,58)
- le « droit à consommer plus » pour un bâtiment relié à un réseau chaleur « CORIANCE »

La réglementation thermique 2012 favorise les opérations qui ont recours à un réseau de chaleur, par un « droit à consommer plus ».

III.3.2. Influence entre les hypothèses de la réglementation thermique 2012 et la réalité des usages

Les valeurs prises par la température de consigne varient généralement entre 17 et 23 degrés avec des profils plus ou moins réguliers selon que l'occupant dispose d'un système automatisé de gestion du chauffage ou pas.

Une hausse de température de consigne de 1°C peut engendrer, selon les bâtiments, une augmentation de la consommation d'énergie de 10% à 15%. (Guide AITF-EDF bâtiments basse consommation - AMOES).

Il apparaît donc important de dimensionner adéquatement les installations de chauffage et d'affiner les estimations des besoins réels en chauffage, notamment en prenant en compte une température de consigne effective de 20°C, comme c'est le cas pour le label Passiv'Haus.

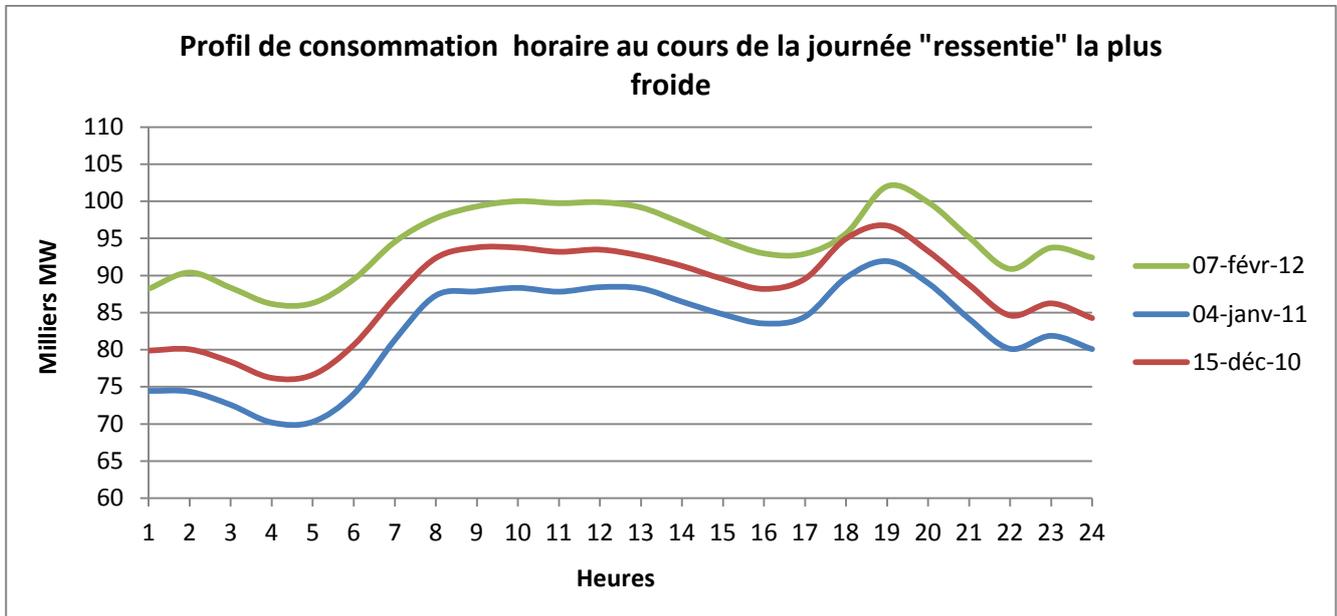
III.4. Puissance appelée maximale

III.4.1. Profil de consommation horaire de pointe

Sont présentés ici les 3 profils de consommations horaires pour les trois journées les plus consommatrices en électricité du réseau en 2010 et 2011, et 2012 : *Data provided by ENTSO-E'*

NB : les pointes de consommations ne sont pas enregistrées lors des températures les plus froides, mais lors des température « ressenties » les plus froides (présence d'un vent froid augmentant la sensation de froid) :

- 15 décembre 2010 : Température - écart à la normale - 6.4°C.
- 4 janvier 2011 : Température - écart à la normale - 4.4 °C.
- 7 février 2012 : Température : - 7°C. (événement exceptionnel d'ordre décennal)



L'interprétation des courbes de consommations électriques de pointe françaises nous apporte ainsi plusieurs types d'informations :

1. Le chauffage électrique, dont les appels de puissance sont très variables d'un jour à l'autre en niveau moyen, possède un profil journalier relativement stable. La variabilité importante de ces appels de puissance en présence de conditions climatiques exceptionnelles (périodes de grand froid = nécessité de davantage chauffer) conduisent cependant sur ces périodes à la mise en service de centrales supplémentaires (charbon, nucléaires, etc), avec un risque que le réseau n'ait pas les capacités suffisantes pour répondre à la demande.

Conclusion : il faut limiter le recours à l'électricité du réseau pour limiter les risques de coupure et concevoir des bâtiments peu déperditifs, étanches à l'air.

2. La pointe journalière de consommation à 19 heures est imputable pour partie à l'éclairage. Celui-ci accroît les consommations en matinée, mais moins qu'en soirée ; ce supplément de consommation est cependant parfois suffisant pour susciter une pointe matinale entre 9 et 12 heures.

Conclusion : il est donc très important de mettre en œuvre des luminaires énergétiquement performants et d'optimiser la conception pour apporter suffisamment de lumière naturelle dans les appartements.

3. Le développement de nouveaux usages doit s'attacher à ne pas accentuer les pointes de consommation. Ainsi, le développement des véhicules électriques (VE) et hybrides rechargeables (VHR) doit être accompagné de mesures incitant aux recharges hors pointe (heures creuses après 23h), par des signaux tarifaires adaptés – comme il en existe aujourd'hui pour les chauffe-eau – ou par des boîtiers intelligents permettant de placer au mieux la charge de la batterie en fonction des contraintes du système et des besoins de l'utilisateur (*Bilan Prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France – Edition 2011 – RTE*)

NB : Pour Paris, le dimensionnement ci-dessous tient compte d'une température minimale de -5°C, c'est-à-dire une température une température proche du 4 janvier 2011 (voir ci-avant).

Pour couvrir les besoins d'un évènement exceptionnel (-7°C), nous estimons que les déperditions sont d'environ 8% plus importantes pour 2°C de moins.

III.4.2. Puissance maximale pour des logements basse consommation

Nous posons le postulat que **malgré un « droit à consommer plus » selon le choix d'approvisionnement en énergie les scénarii devront respecter soit :**

- **une valeur en énergie finale de 24 kWh/m².an, par l'application de la RT2012 dès 2015**
- **une valeur en énergie finale de 20 kWh/m².an, par l'application du label Effinergie + dès 2014**

Nous intégrons également le postulat que les logements seront effectivement chauffés à 20°C, augmentant ainsi les consommations réels en chauffage de 10% pour le scénario RT2012 à 15% pour le scénario Effinergie +).

Le tableau suivant donne alors la puissance maximale appelée :

	Nb logements	phasage	Besoins en chauffage et ECS solution gaz(MWh/an)	Besoins en chauffage et ECS solution réseau de chaleur Coriance (MWh/an)	Besoins en chauffage et ECS solution réseau de chaleur Coriance (MWh/an) - Effinergie +	Puissance max estimée RT2012 Coriance	Puissance max estimée Effinergie + Coriance
Phase 1	188	2016	768	890	619	430	299
Phase 2	439	2017	1792	2078	1445	1004	698
Phase 3	822	2019	3152	3654	2707	1765	1308
Phase 4	1017	2021	3845	4457	3349	2153	1618
Phase 5	1300	2024	4849	5622	4280	2716	2068

La réduction des besoins à la source permet de limiter le dimensionnement des ouvrages de production.

III.5. Exigences réglementaires pour d'autres typologies de bâtiments

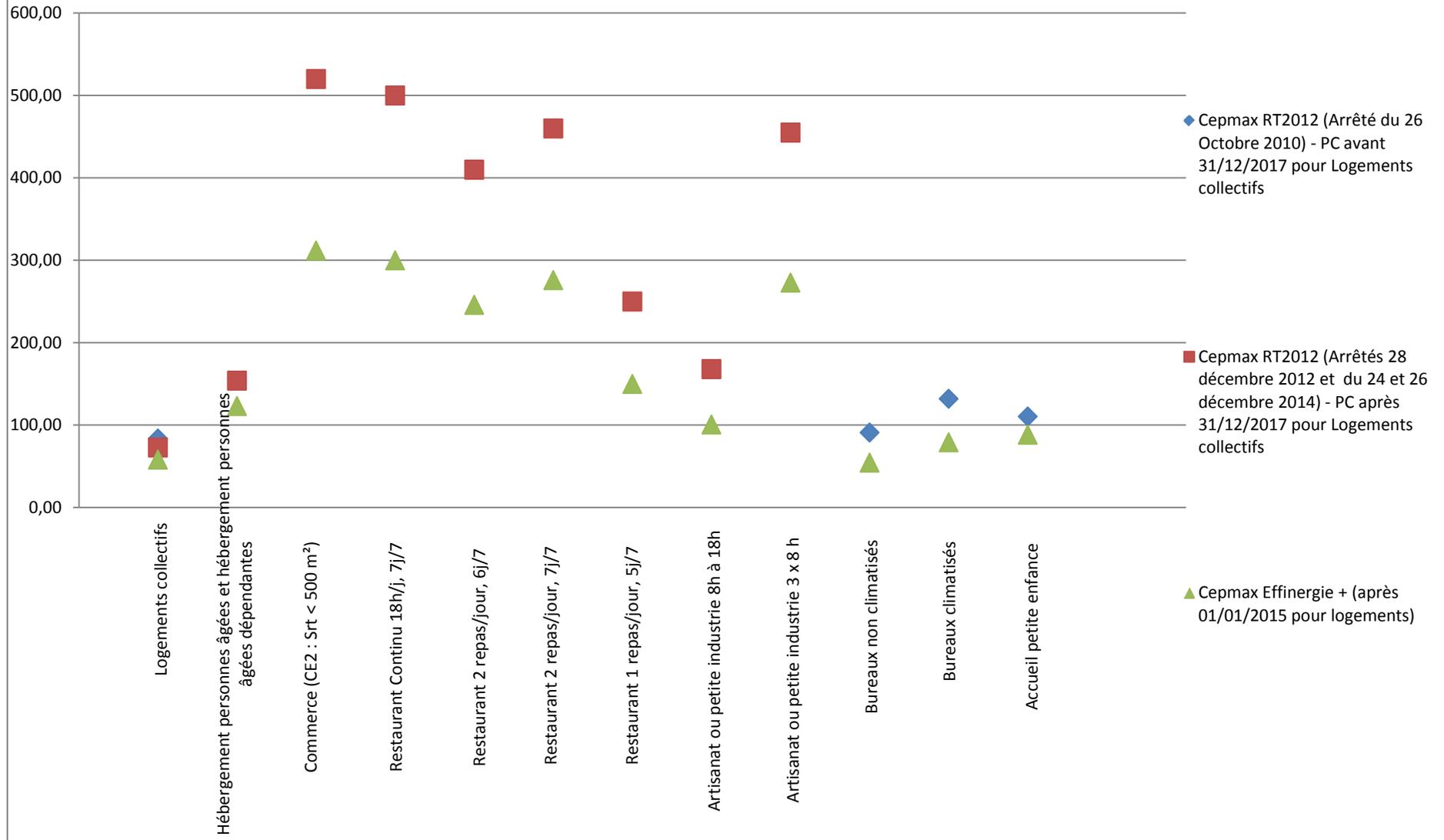
Afin d'anticiper une éventuelle intégration de bâtiments autres que les logements collectifs dans le programme de la ZAC, une étude a été menée pour connaître les exigences réglementaires et du label Effinergie + sur d'autres bâtiments tels que des commerces, EHPA(D), restaurants...

L'étude ne peut déterminer l'impact de l'implantation de telles infrastructures sur les consommations de la ZAC puisque le programme ne donne aucune orientation quant au type de bâtiments, leur surface...

Cette étude montre avant tout les différences d'exigences entre types de bâtiment.

Type de local	Précision	Cat bâtiment	Cepmax RT2012 (Arrêté du 26 Octobre 2010) - PC avant 31/12/2017 pour Logements collectifs	Cepmax RT2012 (Arrêtés 28 décembre 2012 et du 24 et 26 décembre 2014) - PC après 31/12/2017 pour Logements collectifs	Cepmax Effinergie + (avant le 01/01/2015 pour logements)	Cepmax Effinergie + (après 01/01/2015 pour logements)
Logements collectifs	Srt = 70,67 m ²	CE1	83,72	72,80	65,52	58,24
Hébergement personnes âgées et hébergement personnes âgées dépendantes	/	CE1		154		123,2
Commerce (CE2 : Srt < 500 m ²)	Srt = 500 m ²	CE2		520		312
Restaurant Continu 18h/j, 7j/7	/	CE2		500		300
Restaurant 2 repas/jour, 6j/7	/	CE2		410		246
Restaurant 2 repas/jour, 7j/7	/	CE2		460		276
Restaurant 1 repas/jour, 5j/7	/	CE2		250		150
Artisanat ou petite industrie 8h à 18h	/	CE1		168		100,8
Artisanat ou petite industrie 3 x 8 h	/	CE1		455		273
Bureaux non climatisés	Selon classement des baies au bruit	CE1	91			54,6
Bureaux climatisés	Selon classement des baies au bruit	CE2	132			79,2
Accueil petite enfance	/	CE1	110,5			88,4

Variabilité de la performance énergétique à atteindre en fonction des types de bâtiments



IV. EVALUATION DES RESSOURCES ENERGETIQUES RENEUVELABLES LOCALES

L'étude des gisements énergétiques disponibles permet d'estimer les potentiels pour l'approvisionnement en énergie renouvelable de la ZAC de l'Ecoquartier de Bondy. Nous nous attachons ainsi à considérer le gisement solaire, éolien, géothermique, mais également le gisement bois-énergie régional (biocombustible) de même que la faisabilité en termes de raccordement au réseau de chaleur de Bondy.

Pour chaque gisement, une évaluation de l'exploitabilité de la ressource sera justifiée pour fournir à la Maitrise d'Ouvrage une première idée des solutions d'approvisionnement possibles.

Cette évaluation devra permettre d'établir les scénarii envisageables en fonction des estimations de besoins énergétiques identifiés dans l'étape précédente.

IV.1. Potentiel d'irradiation solaire

Les informations d'irradiation solaire pour la commune de Bondy sont relevées à partir des données fournies par le **Photovoltaic Geographical Information System**, département de la Commission Européenne. Le tableau suivant synthétise les caractéristiques essentielles de cette irradiation pour la zone géographique qui nous intéresse.

Month	Hh	Hopt	H(35)	lopt	TD	T24h	NDD
Jan	829	1280	1280	63	4.6	4.0	409
Feb	1550	2270	2270	58	6.0	5.3	348
Mar	2650	3330	3330	45	9.0	7.8	279
Apr	4020	4460	4460	31	11.5	10.2	184
May	4740	4750	4750	18	15.5	14.2	77
Jun	5280	5070	5070	11	18.7	17.4	24
Jul	5530	5450	5450	15	20.7	19.4	2
Aug	4690	5020	5020	27	21.1	19.7	17
Sep	3320	4070	4070	42	17.7	16.1	100
Oct	2030	2880	2880	55	13.9	12.7	232
Nov	1110	1790	1790	64	8.1	7.3	375
Dec	657	1030	1030	64	5.0	4.5	430
Year	3040	3460	3460	35	12.6	11.6	2477

Hh: Irradiation sur le plan horizontal (Wh/m²)

Hopt: Irradiation sur le plan incliné optimal de 35° [H(35)] (Wh/m²)

lopt: Inclinaison optimale (deg.)

TD: Température moyenne diurne (°C)

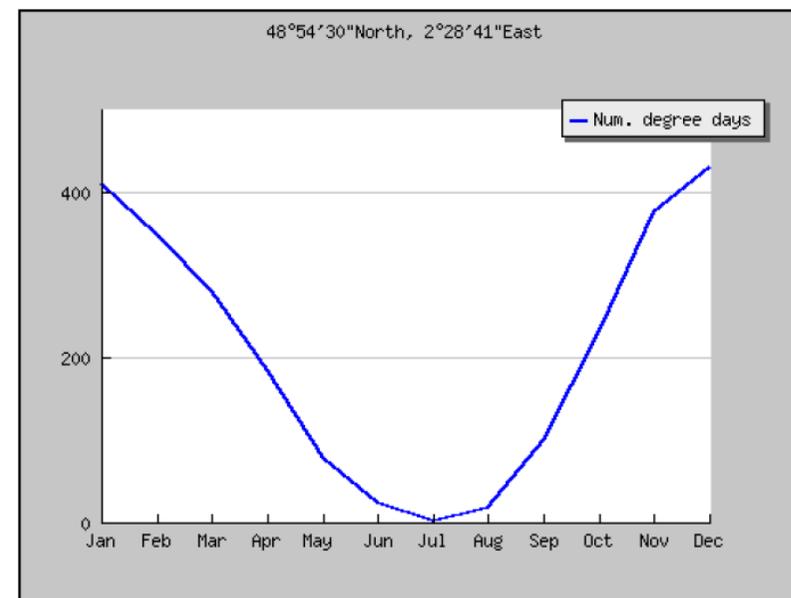
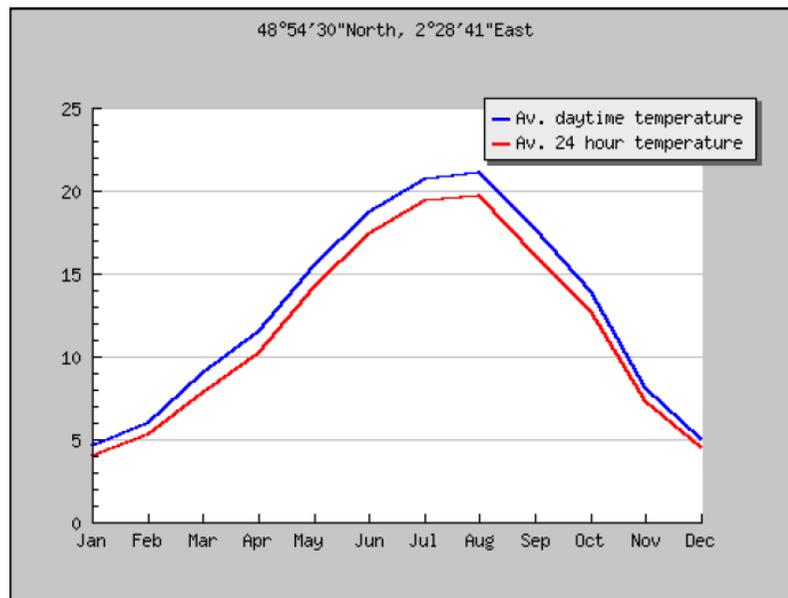
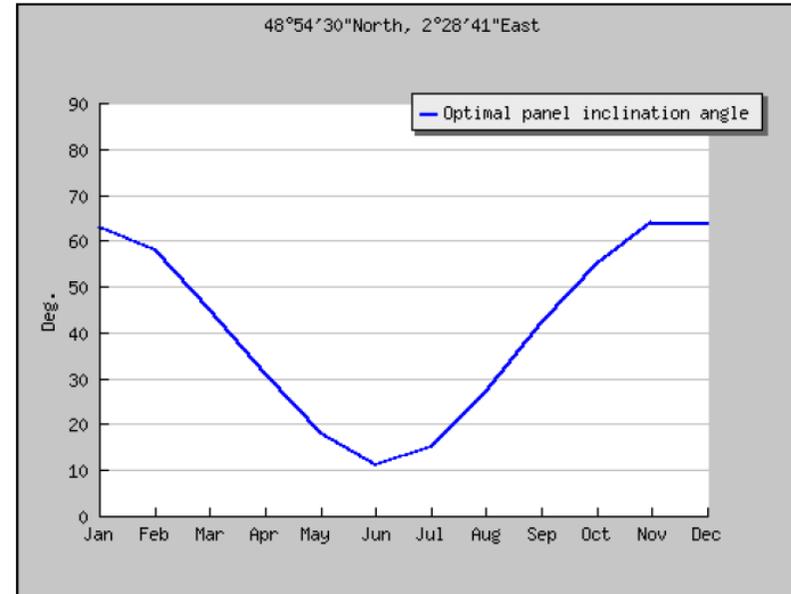
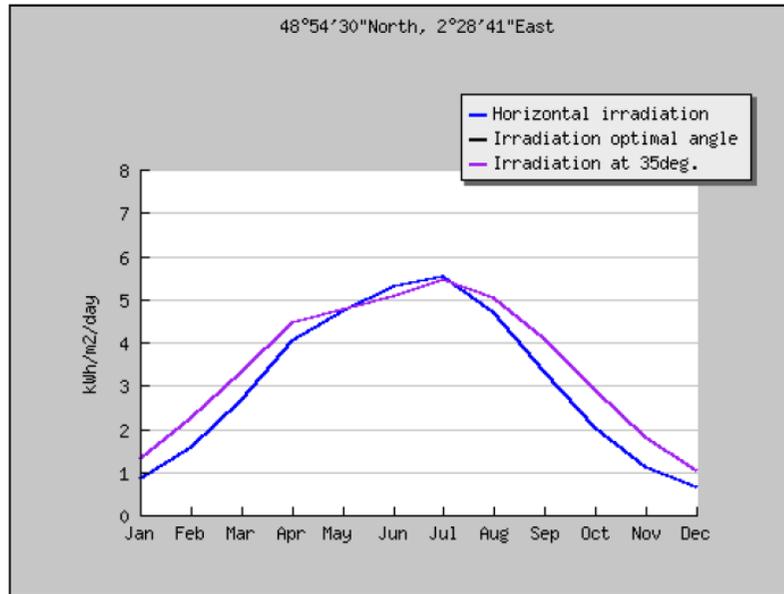
T24h: Température moyenne sur 24 h (°C)

NDD: Nombre de degrés-jour (nombre cumulé de degrés où la température descend en dessous de 18,3°C°)

Bilan du potentiel :

- Potentiel d'irradiation : **3.46 kWh/m²**
- Angle d'inclinaison optimal pour les capteurs : **35°**
- 2500 degrés-jour correspondent à un **climat moyennement rigoureux** (impact sur consommations de chauffage)

La valeur issue de la base de données PGIS nous permet ainsi d'estimer le gisement solaire à environ 1263 kWh/m².an, ce qui représente **un potentiel d'ensoleillement annuel situé dans la moyenne des valeurs nationales. L'exploitabilité du gisement solaire est ainsi justifiée.**



IV.2. Potentiel éolien : Atlas éolien régional

IV.2.1. Le Grand Eolien

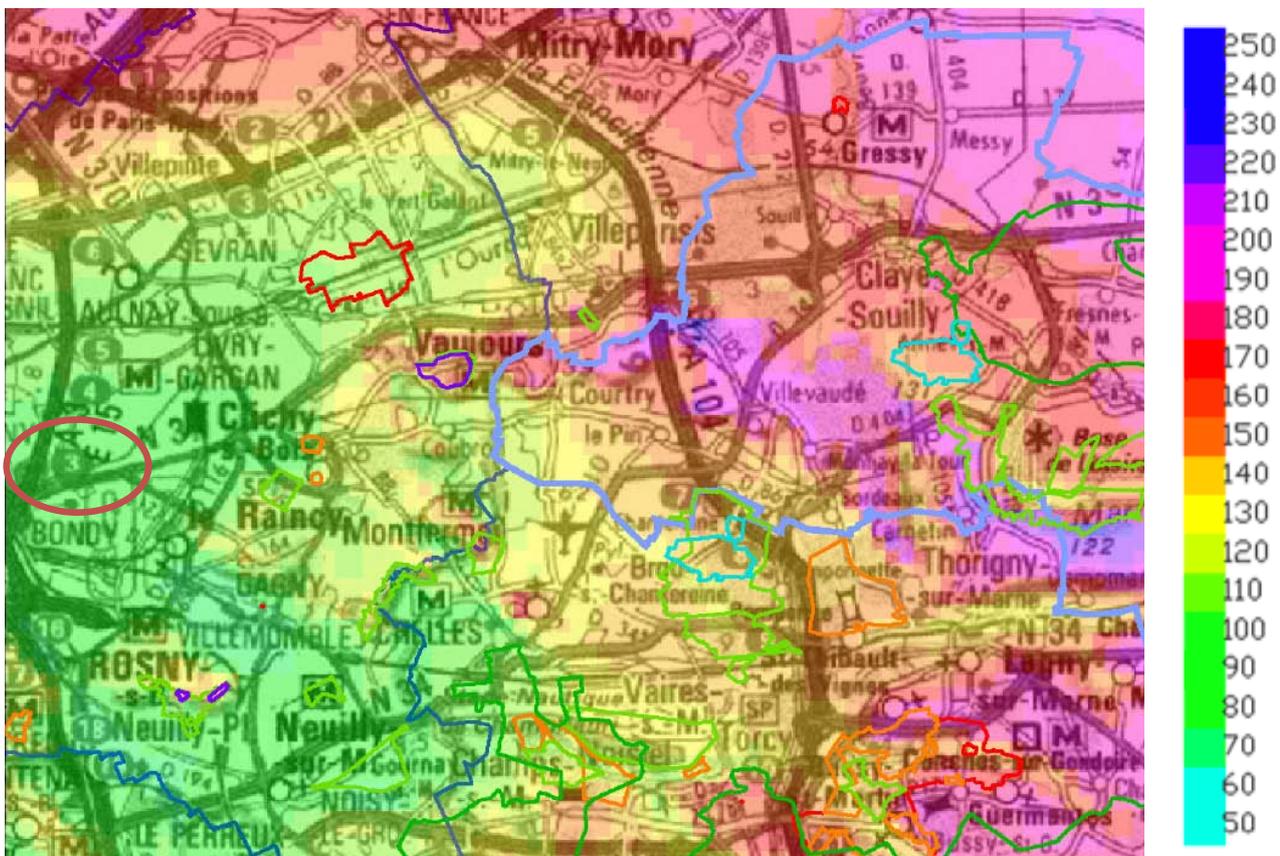
La puissance installée en Île-de-France est aujourd'hui de 0,06 MW pour un potentiel exploitable estimé à 100MW (2010). Le Parc Guitrancourt, situé à Issou est l'unique Parc éolien d'Ile de France en fonctionnement, pour une puissance de 0,06 MW. En ne retenant dans une première approche que les sites les plus ventés (gisement éolien supérieur à 220 W/m² à 60 m de hauteur), l'ARENE Ile-de-France a conclu que 16 zones en Ile-de-France pourraient accueillir un projet éolien de type industriel (en zone d'activité économique).

Sachant que le gisement éolien minimal pour envisager un projet viable est retenu à 180W/m² (contraintes techniques), une éolienne située à une **hauteur de 60m n'est pas adaptée au contexte de l'opération**. De la même manière, la **contrainte d'urbanisme** (situation d'un parc éolien à plus de 500m des habitations) rend impossible l'installation de grands équipements éoliens sur la ZAC.

Dans ce contexte, on cherchera donc à connaître la densité de puissance à **une hauteur de 10m**, ce qui correspondrait à un **système de micro-éolien (éoliennes urbaines)**.

IV.2.2. Le micro-éolien

La cartographie du gisement éolien pour la commune de Bondy permet d'évaluer la densité de puissance exploitable de **90 W/m² à 60m de hauteur** (figure 1)



En considérant la densité de puissance disponible (90W/m^2), on peut déterminer la vitesse moyenne du vent à 60m de hauteur, soit, 5.27 m/s.

Par le calcul nous extrapolons la vitesse à une hauteur de 10 m, avec la formule $V = V_0(H/H_0)^\alpha$

V = vitesse du vent à la nouvelle hauteur $H=10\text{m}$

V_0 = vitesse du vent à la hauteur initiale $H_0 = 60\text{m}$

α = coefficient de gradient vertical de la vitesse du vent qui varie selon le terrain, donc lié à la rugosité.

- Pour un terrain avec herbe coupée $\alpha = 0.14$
- Pour des cultures, prairies à hautes herbes $\alpha = 0.19$
- Pour des arbres haies et quelques bâtiments $\alpha = 0.29$
- Pour les banlieues $\alpha = 0.31$
- Pour les milieux urbains $\alpha = 0.4$.

Soit $V = 5.27 * (10/60)^{0.4} = 2.57$ m/s. Par le calcul nous obtenons, avec la formule $E = 3.18x V^3$, une densité d'énergie E de $54 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$

Ces informations, données à titre indicatif, constituent une bonne approximation de la densité d'énergie produite. A noter que le rendement global de conversion dépend du système d'éolienne pressenti. En milieu urbain, la vitesse du vent et sa direction sont imprévisibles, notamment en raison des turbulences engendrées par la configuration des bâtiments. Ainsi, la réalisation complémentaire d'une étude de vent (mesures des vitesses de vents in situ) préalable à l'installation de petites éoliennes sera nécessaire si le système est retenu. L'étude coûte, selon sa complexité, sa durée, et sa précision, environ 600 € HT (1 mois à 12 mètres, étude basique).

Les contraintes précédemment citées, ainsi que l'absence, dans le projet, de bâtiments se démarquant par une forte hauteur sont autant de facteurs limitant l'intérêt d'implantation d'éoliennes urbaines (l'installation en haut de tours de grande hauteur pouvant être adapté en milieu urbain). **Il apparaît ainsi peu envisageable d'implanter des micro-éoliennes** sur la ZAC de l'Ecoquartier du Canal de Bondy.

IV.3. Disponibilité locale de biocombustible

La filière bois énergie pouvant faire appel à des ressources en bois de différentes natures et qualités, il apparaît nécessaire dans un premier temps d'identifier les filières locales et leur structuration. Le gisement disponible est généralement composé de ressources forestières valorisables (taillis et petit bois, exploitations) et de sous produits des industries du bois, de résidus d'élagages et de bois de rebus.

Les forêts d'Ile-de-France couvrent pour 22% la superficie régionale, dont plus de la moitié en Seine-et-Marne (141 000 ha). La Région disposerait, selon une étude³ commandée par l'ADEME, d'un gisement mobilisable de **119000 de m3 de bois** (catégorie Bois Industrie – Bois Energie – BIBE) et de **162 000 m3 de menus bois**, soit **157 000 t** de matière sèche. Les volumes non mobilisables ne sont pas considérées (facteur environnemental, technique et économique). A cette estimation vient s'ajouter celle de la CPCU, qui fait état de 500 000 t de bois de rebus mobilisable (Sources : Projet Biomasse Métropole – ADEME – ORDIF - CREED).

³ Etude sur « la Biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour le bois énergie à l'horizon 2020 » - FCBA – IFN – Solegro – 2009

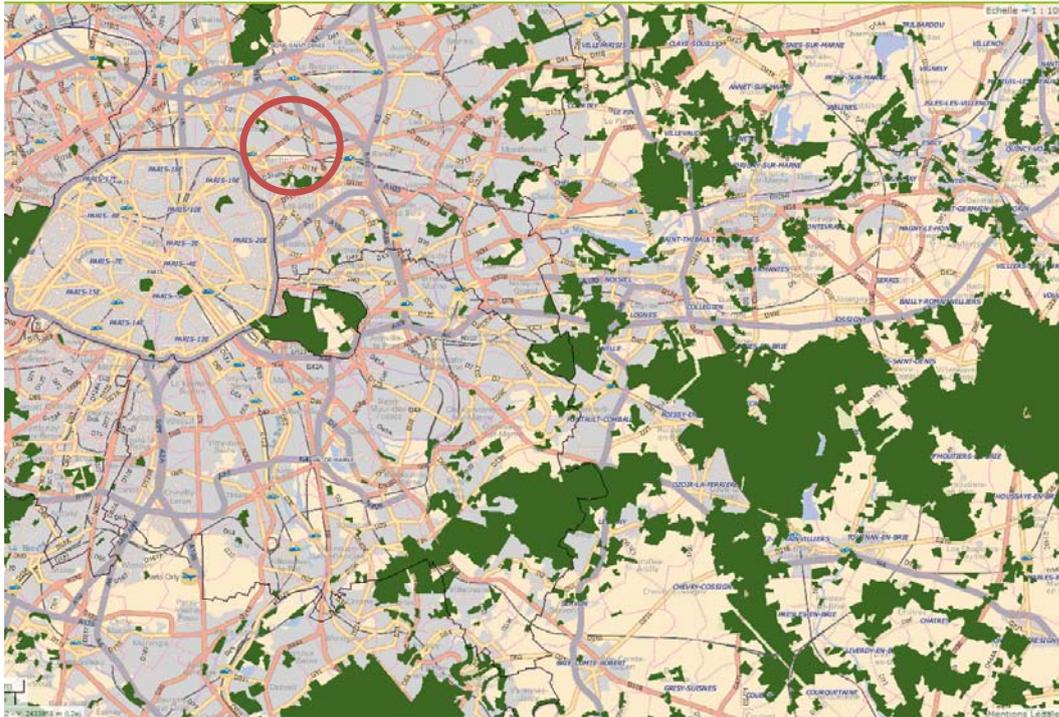


Figure 2 : Couvert forestier en Île-de-France (source : Inventaire Forestier National - IGN)

Bien que la filière forestière soit en cours de structuration en Ile-de-France, plusieurs structures franciliennes sont capables d'assurer l'approvisionnement en biocombustible, pour les réseaux de chaleur ou pour les particuliers. La forêt domaniale de Fontainebleau, au Sud, et le PNR Oise- Pays de France au Nord constituent des gisements intéressants pour l'approvisionnement de la ZAC de l'Ecoquartier du Canal, sous réserve de structuration des filières locales, régionales.

Les utilisations du bois comme source d'énergie sont de deux ordres : à l'échelle des particuliers, pour le chauffage, qu'il soit l'unique apport ou seulement en appoint, et à l'échelle industrielle, pour des chaufferies collectives.

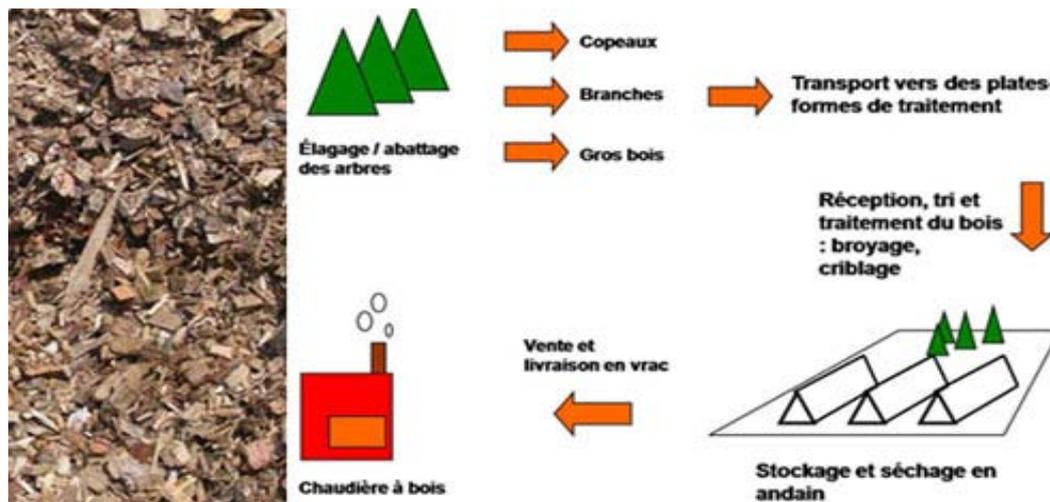


Figure 3 : Exemple de la structuration de la filière bois-énergie du Parc de la Haute Vallée de la Chevreuse

Il est également à noter que l'ADEME soutient financièrement le développement de la filière bois-énergie. Par ailleurs, la ZAC se situant à proximité de l'autoroute A3 et de la nationale N3, l'accessibilité pour la livraison est parfaitement envisageable. De la même manière, l'aménagement d'une plateforme fluviale le long

du Canal de l'Ourcq à Bobigny (ZAC de l'Ecocité) doit permettre le transit de 50000 t de marchandises. L'approvisionnement de la ZAC de l'Ecoquartier du Canal de Bondy en biocombustible pourrait ainsi être envisagé par voie d'eau.

Ainsi, selon l'état des ressources identifiées, il semble envisageable de couvrir les besoins de chaleur par l'implantation de chaudières collectives (micro-réseau à l'échelle de l'îlot). A l'échelle de l'îlot, une chaudière et un silo de stockage peuvent être intégrés aux bâtiments (environ 25 m² pour la chaufferie, 25 m² pour le silo, pour une chaudière bois de 240kW et un appoint Gaz de 400 kW) ; l'accessibilité depuis les rues devant toutefois être étudiée pour les livraisons (manœuvres des camions).

Il est important de noter cependant, qu'étant donné que le réseau de chaleur local présente déjà une production via de la biomasse (voir § suivant), il est **plus intéressant d'étudier le raccordement à ce réseau que de développer un autre réseau local**. En effet, le coût environnemental global lié au réapprovisionnement en biomasse (émissions de GES) serait dédoublé et limiterait de fait les bénéfices environnementaux d'un recours à la biomasse par rapport à une solution plus classique de type réseau gaz.

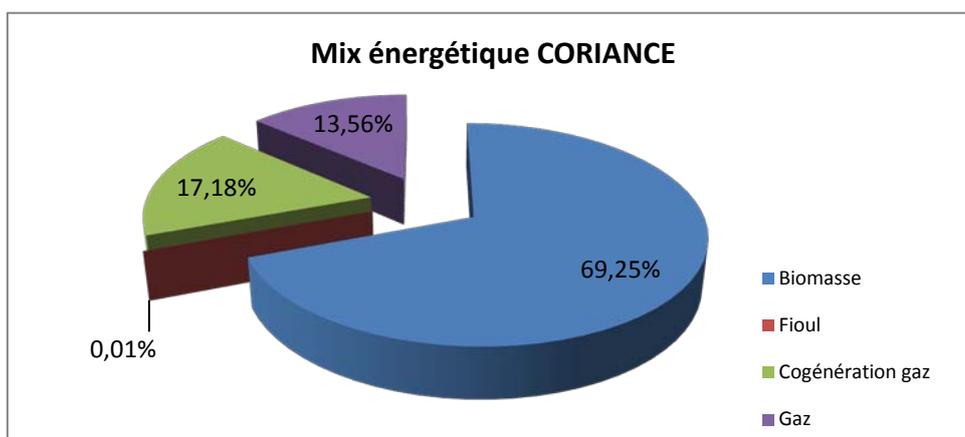
IV.4. Raccordement au réseau de chaleur de proximité

La proximité du réseau de chaleur de Bondy représente une opportunité majeure pour l'approvisionnement de la ZAC de l'Ecoquartier. Son évolution, prévue en 2013, devrait permettre le raccordement du secteur d'étude au réseau. Le prolongement du réseau par la route d'Aulnay pourrait permettre de répondre également aux contraintes de phasage, en desservant dans un premier temps le secteur des Salins, et dans un second temps le reste de la ZAC, par l'étirement des réseaux au niveau du chemin latéral.

L'intérêt de ce réseau réside dans le mix énergétique utilisé pour produire la chaleur (voir ci-après). Comme annoncé précédemment, le raccordement à un réseau de chaleur urbain peut être valorisé dans la RT 2012 si celui-ci présente un « faible contenu carbone » (au moins < 150 g eq CO₂/kWh).

Le réseau, exploité par la société CORIANCE, entre dans cette catégorie. On peut observer sur le graphique ci-dessous le mix énergétique du réseau :

Répartition des sources énergétiques utilisées pour produire la chaleur du réseau de Bondy



Source : Coriance, mars 2015

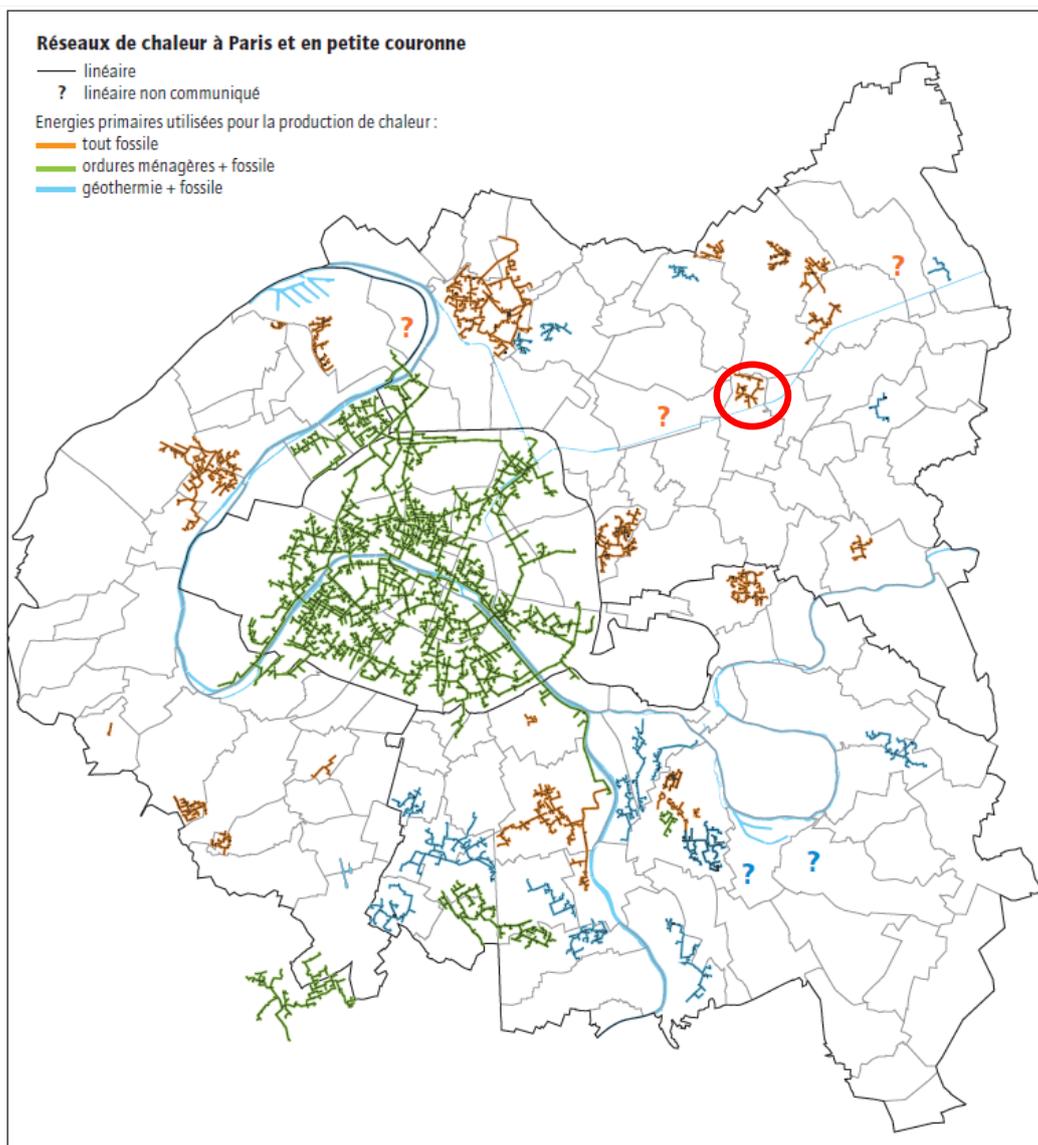


Figure 4 : Réseaux de chaleur IDF – APUR.

Le plan des réseaux de chaleur situés à proximités fournis par la société STB – groupe Coriance nous indique les réseaux existants et le raccordement à envisager :

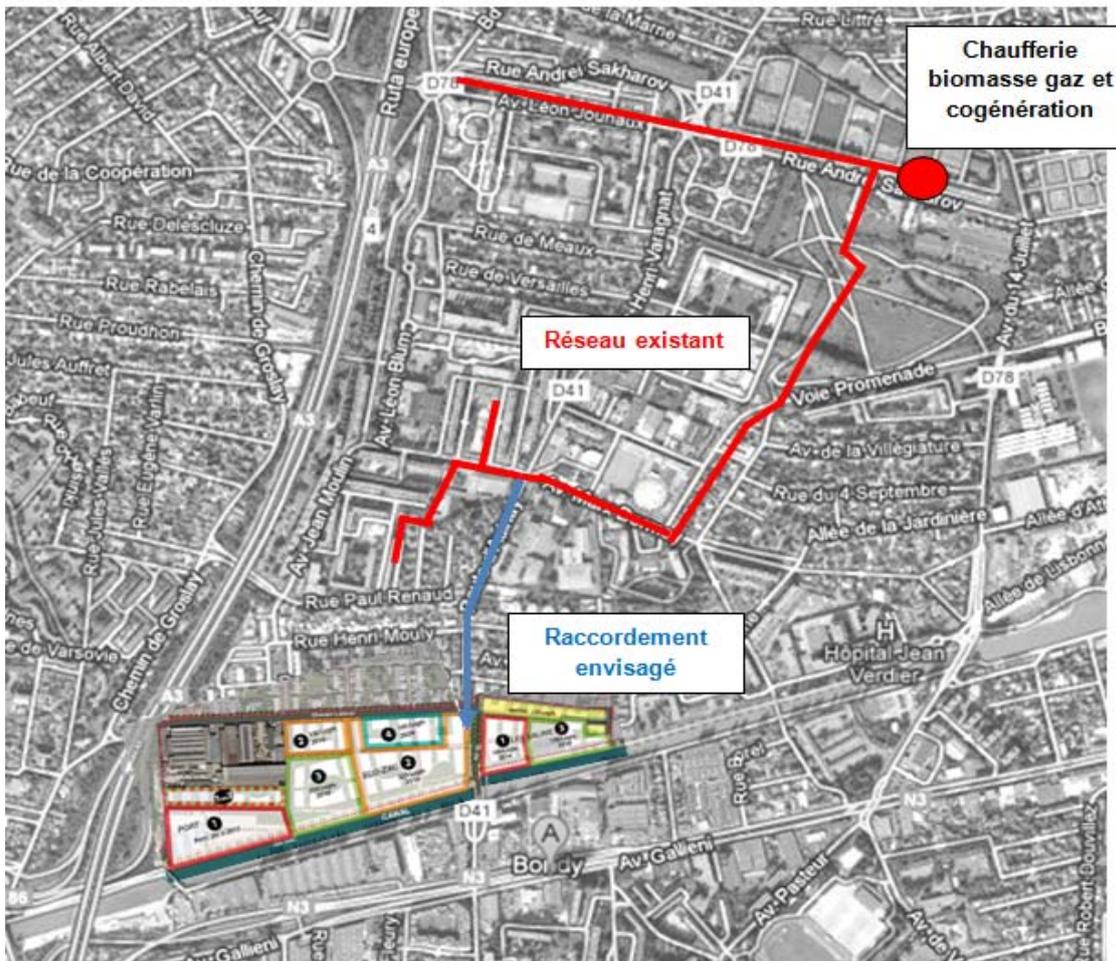


Figure 5 : Raccordement envisagé au réseau Coriance

Informations sur l’approvisionnement en combustible biomasse pour l’exploitation du réseau :

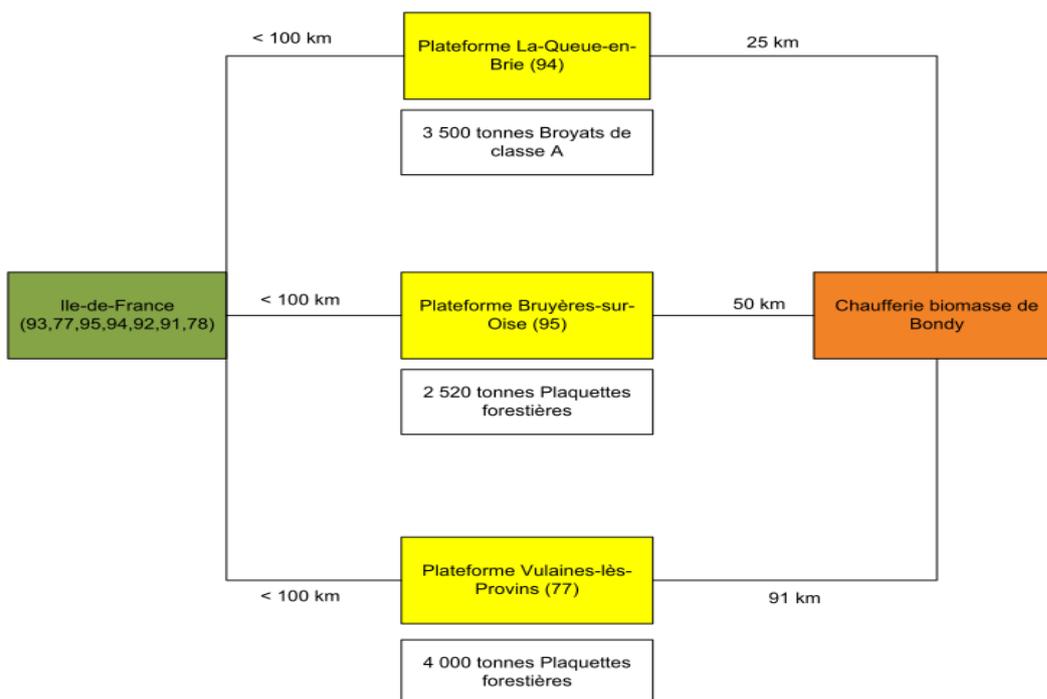


Figure 6 : Schéma d’approvisionnement du réseau de chaleur en biomasse : (source : Coriance)

Données sur le combustible acheté :

Volume total de combustible envisagé : 9628 tonnes				
Type de combustible envisagé	Catégorie	PF : Plaque Forestière	CIB : Connexe d'Industrie du Bois	PBFV : Produit Bois Fin de Vie
	Détails	Plaque forestière		Broyat de classe A
Part envisagée		5 461 tonnes	tonnes	4 167 tonnes
		50%	%	50%
Taux d'humidité (%)		40		25
Pouvoir Calorifique Inférieur (kWh/tonnes)		2 789		3 655
Granulométrie (mm)		3,15 à 100		3,15 à 100
Masse volumique (kg/m3)		200 à 300		200 à 300
Taux de cendres (%)		3		3
Localisation du fournisseur		Ile-de-France		Ile-de-France
Prix combustible (€/t ou €/MWh)		19		
Contrat d'approvisionnement ou lettre d'engagement lié				
Ratio « Energie consommée par le transport / contenu énergétique du bois livré »		0,38%		
Dispositif d'évacuation et de valorisation des cendres prévu		Big-bag sous filtre et voie humide sous foyer		

L'approvisionnement en biomasse est originaire de la Région Ile-de-France. Les filières sont situées dans un rayon de moins de 100 km (échelle « locale »). Le choix des filières et des fournisseurs est toujours en cours d'étude, mais la sélection doit être envisagée au niveau régional (figure 6).

Les études de dimensionnement pour l'extension du réseau de chaleur de Bondy ont considéré l'arrivée de la ZAC de l'Ecoquartier. Par ailleurs, les équipements publics seront également pris en compte, et notamment l'Hôpital, qui pourrait être raccordé à l'horizon 2014 (validation du raccordement en cours).

Etant donné la concordance entre le phasage de la ZAC et le phasage du projet de développement, **le raccordement au réseau de chaleur de Bondy apparaît tout à fait envisageable.**

Le contenu CO2 de ce réseau de chaleur en 2015 est de 65,09 g/kWh selon Coriance, via un réseau alimenté par plus de 65% en biomasse. Ceci permet de moduler en partie le Cep max de la RT 2012. Le tableau ci-contre présente le contenu de l'année 2014. Il est à noter que la part biomasse était à l'époque plus faible (environ 61 %).

Nom du réseau :		Ville de BONDY				
Localisation :		BONDY	Dép. :	93		
Etablissement gestionnaire :		STB				

Types d'énergies entrantes		Quantité utilisée (Unité)	Coef. PCI	Energie (MWh PCI)	Valeur CO ₂ (t/MWh PCI)	CO ₂ (tonnes)
CHAUFFERIES	Charbon (Houille)	tonnes	7,22	0	0,342	0
	Biomasse solide (Bois, ...)	10 015 tonnes	3,04	30 450	0,000	0
	Fioul Lourd (y compris CHV)	tonnes	11,07	0	0,281	0
	Fioul Domestique	m ³	9,83	0	0,270	0
	Gaz d'origine fossile : GPL	MWh pcs	0,90	0	0,230	0
	Gaz d'origine fossile : Gaz Naturel	22 623 MWh pcs	0,90	20 270	0,205	4 155
	Gaz à caractère renouvelable (biogaz ...)	MWh pcs	0,90	0		0
	Gaz de récupération (gaz industriel ...)	MWh pcs	0,90	0		0
Sous-total combustibles				50 729		4 155
ELEC.	Chaudière électrique	MWh		0	0,180	0
	Pompe à chaleur	MWh		0	0,180	0
Sous-total consommation électrique				0		0
AUTRES	Chaleur industrielle	MWh		0	0,000	0
	Usine d'incinération d'O.M.	MWh		0	0,000	0
	Géothermie	MWh		0	0,000	0
	Cogénération externe	MWh		0		0
	Autre réseau de chaleur	MWh		0		0
Sous-total autres énergies				0		0
TOTAL ÉNERGIES ENTRANTES				50 729		4 155
Electricité produite par Cogénération		5 302 MWh		5 302	0,356	1 888
TOTAL ELECTRICITE COGÉNÉRÉE				5 302		1 888
Quantité d'énergie livrées		34 844 MWh		34 844		
TOTAL ENERGIE LIVRÉE				34 844		
CONTENU EN CO2 DU RESEAU (g/kWh)						
65,09						

Figure 7 : Contenu CO2 du réseau de chaleur : (source : Coriance)

IV.5. Ressources aquifères et géothermie

La ressource géothermique présente en Île-de-France a deux composantes : la géothermie profonde dite basse énergie, avec l'exploitation possible de l'aquifère du Dogger, et la géothermie peu profonde dite très basse énergie des nappes superficielles exploitables à l'aide de pompe à chaleur (PAC). A l'échelle de la commune, la ressource géothermique profonde présente une potentialité moyenne à forte, avec **une dominante moyenne pour le périmètre de la ZAC** de l'Ecoquartier du Canal.

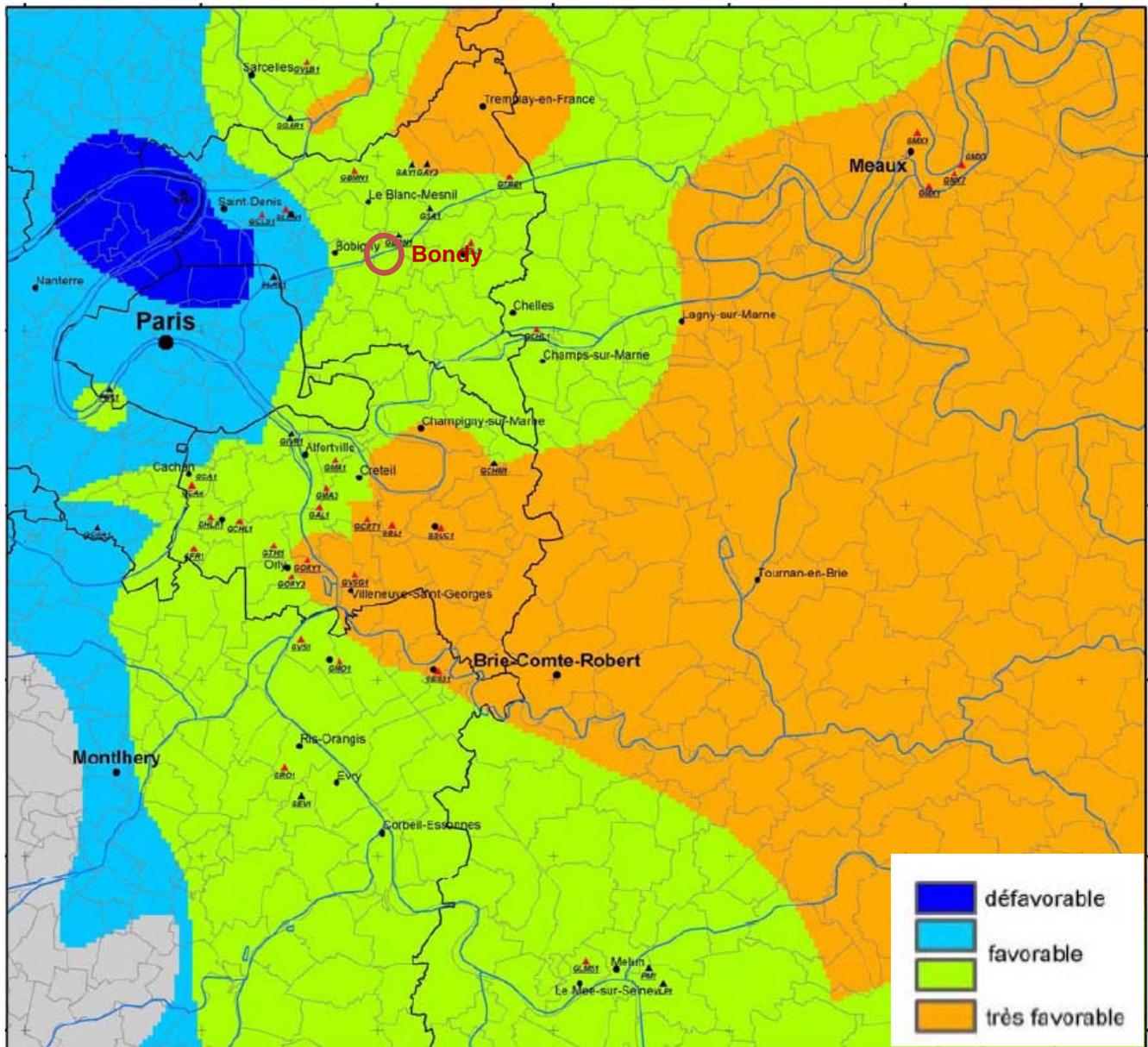


Figure 8 : carte de l'exploitabilité du Dogger – secteur à priori plus favorable (source : BRGM)

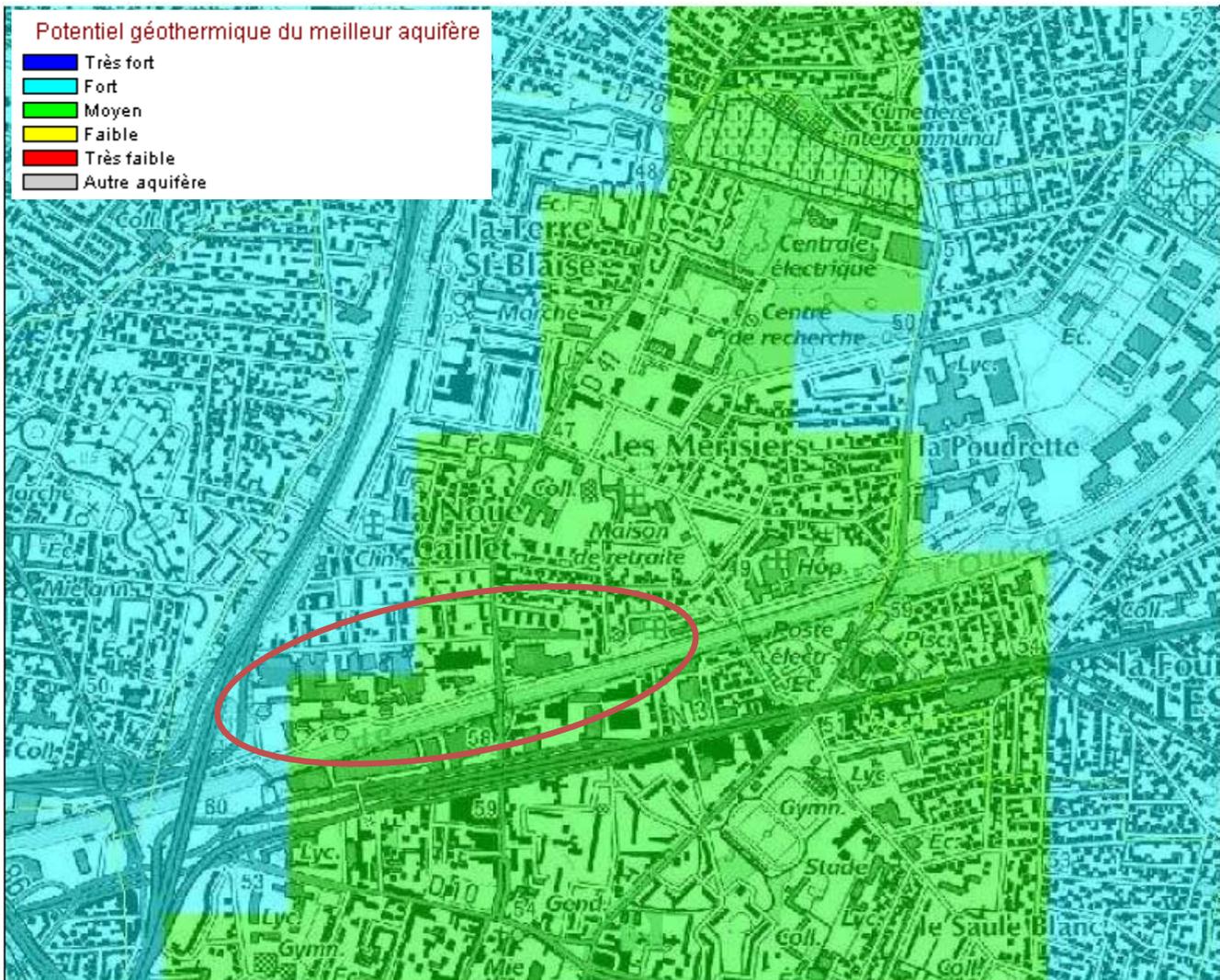
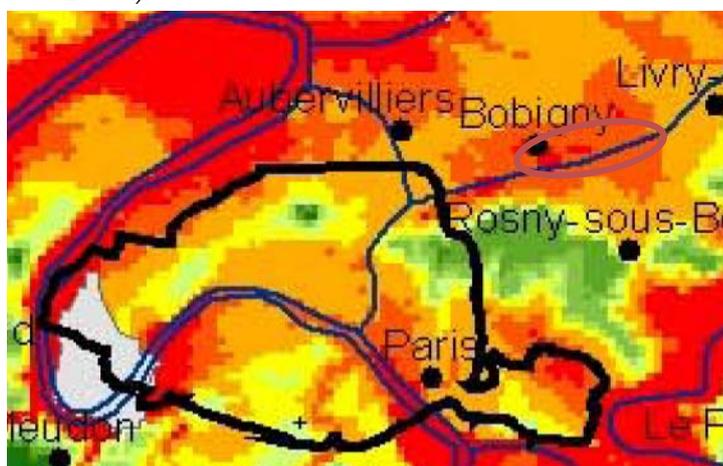


Figure 9 – Potentiel géothermique du meilleur aquifère en géothermie basse – très basse énergie (source : BRGM).

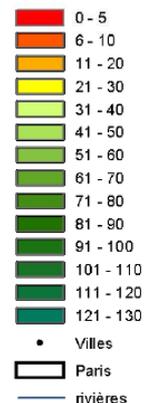
La géothermie très basse température est généralement utilisée pour chauffer et rafraîchir des locaux. Les PAC dites géothermiques se contentent de ces très basses températures (moins de 35°C), par captage horizontal (avec des contraintes de terrain) ou par des forages peu profonds (de 10 à 100 m) pour aller capter les calories contenues dans le sol ou dans l'eau des nappes aquifères peu profondes. C'est ce dernier système de capteurs sur nappe qu'il convient d'étudier au niveau du territoire de Bondy, puisqu'il fait directement appel à la ressource en eau du sous-sol et qu'il obtient les meilleurs rendements.

Figure 10 : Carte des profondeurs de l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur (source : BRGM)

Aquifère de l'Eocène inférieur et moyen (EMI)



Profondeur de la nappe (en m)



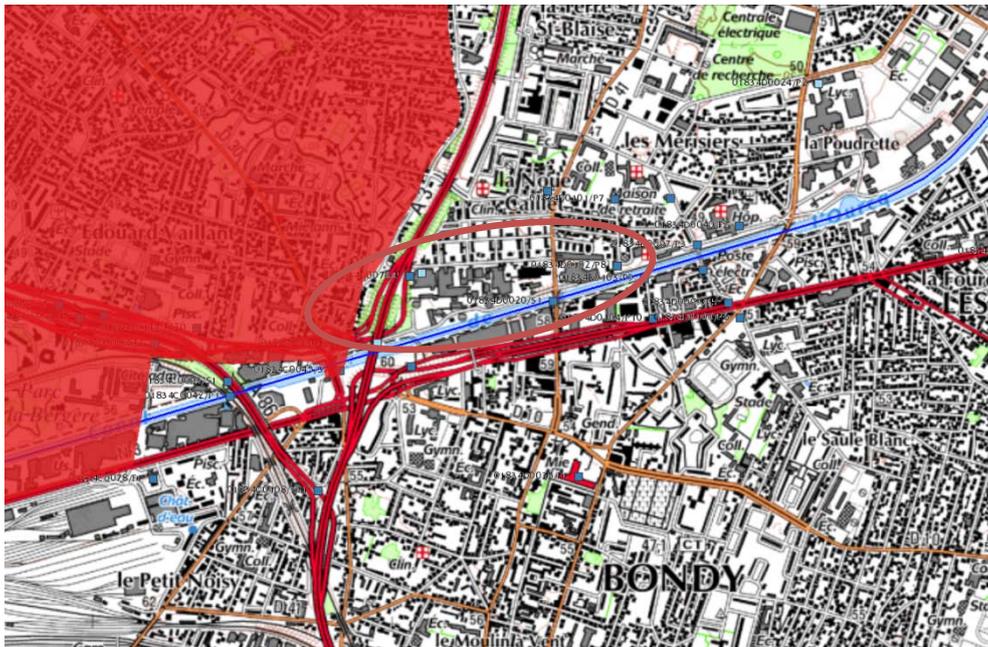


Figure 11 : Carte des eaux souterraines – localisation des puits (source : BRGM)

Profondeur	Lithologie	Stratigraphie
De 0 à 0.5 m	REMBLAI	QUATERNAIRE
De 0.5 à 0.9 m	SUPERF : TERRE	QUATERNAIRE
De 0.9 à 1.4 m	ALLUV: SABLE-ARGILE	QUATERNAIRE
De 1.4 à 2.4 m	ALLUV: GRAVIER-SABLE	QUATERNAIRE
De 2.4 à 10.3 m	MARNE	GYPSIFERE LUDIEN
De 10.3 à 21.8 m	CALCAIRE	MARINESIEN
De 21.8 à 30 m	SABLE, GRIS ARGILEUX	AUVERSIEN

Figure 12 : Géologie au point de forage 01834D0070/F – BRGM

La première couche de remblai n'est pas intéressante, mais la présence de sables argileux et des marnes et calcaires représentent un potentiel intéressant vis-à-vis de la géothermie sur sonde.

Concernant la ZAC de l'Ecoquartier du Canal, plusieurs forages ont été réalisés, notamment un pour le captage d'eau pour exploitation industrielle au 53 chemin latéral (forage à 30m – réf ; 01834D0070/F – BRGM). Au regard de la proximité de ce point d'eau, il est envisageable de considérer qu'une nappe d'eau superficielle se trouve potentiellement sur l'ensemble du secteur. Cependant, la base de données ADES – Eaufrance ne dispose pas de fiche détaillée sur le point de forage qui nous intéresse. Des relevés piézométriques et qualitatifs seront nécessaires pour évaluer précisément la possibilité de recours à la géothermie très basse température, si l'exploitation du gisement est envisagée.

En ce qui concerne **les nappes de faible profondeur**, c'est-à-dire la nappe de l'Eocène moyen et inférieur, le secteur présente un **potentiel fort à moyen**, sur une profondeur inférieure à 10m : la ZAC se situe sur deux secteurs, l'un faiblement et l'autre fortement minéralisé (source : BRGM).

De manière générale, la géothermie basse et très basse température représente un potentiel non négligeable. La géothermie plus profonde a d'ailleurs servi par exemple à l'alimentation du réseau de chaleur de Bondy. Il pourra donc s'agir d'une source d'approvisionnement en énergie de la ZAC, via des capteurs verticaux pour les bâtiments (besoins faibles), via des forages sur la nappe superficielle, voir sur l'installation d'un doublet sur la nappe dur Dogger (chaleur uniquement). **L'installation d'une solution géothermique devra néanmoins faire l'objet d'études techniques, notamment en hydrogéologie.**

IV.6. Offre en « Electricité Verte »

On entend par les termes d'électricité « verte », un mix énergétique plus respectueux de l'environnement que le mix énergétique moyen de l'électricité. Celle-ci est généralement assimilée à l'électricité renouvelable, et définie par la Directive européenne du 27 septembre 2001 comme l' « *électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables : électricité produite par des installations utilisant exclusivement des sources d'énergie renouvelables, ainsi que la part d'électricité produite à partir de source d'énergie renouvelable dans des installations hybrides utilisant les sources d'énergie classiques, y compris l'électricité renouvelable utilisée pour remplir des systèmes de stockage, et à l'exclusion de l'électricité produite à partir de ces systèmes* ».

En France, certains fournisseurs d'électricité se sont positionnés sur ce marché. On distingue alors :

- Les **fournisseurs intégrés** : présents sur l'ensemble de la chaîne, de la production à la commercialisation de cette électricité
- Les **commercialisateurs** : qui ne possèdent pas la capacité de production. Ils s'approvisionnent auprès des producteurs, et revendent l'électricité.
- Les **intermédiaires** : ni producteurs, ni fournisseurs, ils commercialisent les certificats « verts » acquis auprès de l'exploitant de capacité de production d'électricité utilisant les sources d'énergie renouvelables.

Les certificats verts garantissent l'origine renouvelable de l'électricité qui transite dans un réseau, et sont le plus souvent vendus par des exploitants de centrales d'énergie renouvelables. Dans le cadre du système européen RECS (Renewable Energy Certificate System), l'institut français Observ'ER est aujourd'hui chargé de l'émission de ces « certificats verts ».

Le fournisseur intégré Poweo par exemple produit et commercialise une électricité verte d'origine 100% renouvelable, certifiée grâce aux certificats verts émis et contrôlés par Observ'ER. Alterna, Planète Oui ou encore Enercoop sont des commercialisateurs d'énergie de source renouvelable.

Cependant, la prise en compte de l'achat d'électricité « verte » dans le bilan global des consommations est limitée puisqu'il s'agit d'un choix de consommateurs. **Par défaut, dans la présente étude, nous négligerons l'éventuel recours à des contrats d'achat d'électricité de ce type.**

V. SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE POUR LA ZAC

V.1. Comparaison des solutions d'approvisionnement en énergies renouvelables

Le tableau suivant présente, pour chaque système technique, les conditions de sa mise en œuvre, en précisant quel poste peut être couvert via cette technologie.

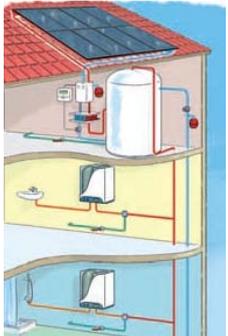
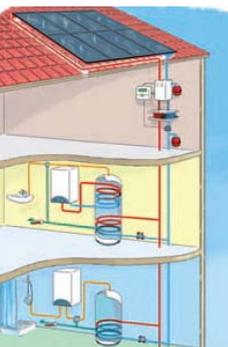
Ce travail permet de définir quels sont les systèmes les plus intéressants pour le contexte et préfigure le choix des mix énergétiques (scénarii) qui seront comparés dans l'étape suivante.

Source	Principe	Technologies	Application	Avantages / Inconvénients	
Solaire thermique	Absorption du rayonnement solaire transformation en chaleur. Celle-ci est transmise à un fluide caloporteur pour être transférée vers un réservoir de stockage	<u>Capteurs plans non vitrés</u> (fluide chauffé entre 35° à 50°C)	Chauffage des piscines	Non adapté au logement collectif	
		<u>Capteurs plans vitrés</u> (fluide chauffé entre 50° à 80°C)	Eau chaude sanitaire et/ou chauffage des locaux	Adapté au logement collectif Nécessite un appoint : - couverture de 30 à 60% pour l'ECS - couverture de 35% pour le chauffage	
		<u>Capteurs sous vide</u> (fluide chauffé entre 80° à 100°C)	Eau chaude sanitaire ou industrielle, machines de production de froid.	Beaucoup plus cher, mais 40% en moins de surface de capteurs. Adapté à des projets de climatisation importants	
		<u>Capteurs à air</u> (fluide chauffé entre 5° et 40°C)	Chauffage de locaux	Permet d'augmenter la température de l'air de 5 à 10°C, ne constitue pas un mode de chauffage principal	
Solaire photovoltaïque	Production d'électricité sous l'effet de la lumière, dans un matériau semi-conducteur (silicium, AsGA, etc.)	<u>Les cellules polycristallines</u> (silicium cristallisé)	Production d'électricité avec 2 options : Soit : injecter directement la totalité de l'énergie dans le réseau Soit : faire transiter l'énergie par une batterie avant injection dans le réseau afin d'obtenir une alimentation de secours	Temps de retour sur investissement le plus intéressant (18 ans) avec le tarif d'intégration simplifié au bâti	
		<u>Les cellules monocristallines</u> (silicium monocristallin).		Temps de retour sur investissement le plus intéressant (estimé 11 ans) avec le tarif d'intégration au bâti	
		<u>Les cellules amorphes</u> (support en verre ou en matière synthétique sur lequel est disposée une fine couche de silicium)		Capteurs flexibles	
Eolien	Production d'électricité par la transformation mécanique de l'énergie cinétique du vent, en énergie électrique via une génératrice	Eolienne à axe horizontal : Grand éolien : puissance > 350 kW	Les systèmes photovoltaïques autonomes, comme les systèmes éoliens autonomes, nécessitent des batteries de stockage (d'une durée de vie de 4 à 5 ans). D'une manière générale, l'autoconsommation de l'énergie n'améliore pas le coût de revient du kWh produit.	Grand éolien non adapté au contexte.	
		Eolienne à axe horizontal : Moyen éolien puissance entre 36 kW et 350 kW		Coût de revient du kWh produit : 20 c€ Vente au réseau : 8.2c€ maximum Investissement non rentabilisé	
		Eolienne à axe horizontal : Petit éolien : puissance entre 1kW et 36kW			
		Eolienne à axe horizontal : Très petit éolien : puissance < 1kW		L'éolien s'avère particulièrement adapté à notre consommation. Les parcs éoliens produisent plus d'énergie en hiver qu'en été, soit dans les périodes où la demande est la plus forte.	Les éoliennes à axe vertical sont destinées à des milieux urbains soumis à des contraintes de turbulence
		Eolienne à axe vertical : Très petit éolien : puissance < 1kW			
Biomasse	Combustion de plaquettes ou granulés	Création d'une Chaufferie	Chauffage et eau chaude sanitaire 80 à 90% des besoins en chauffage sont couverts : nécessite un appoint.	Implication d'acteurs économiques locaux dans la filière : l'exploitation de la filière assure 4 fois plus d'emplois locaux par rapport à une autre énergie. Quasi indépendance énergétique : Décomposition du	

			100% des besoins en ECS couverts	prix final de l'énergie : Bois : 27 % ; Gaz ou fioul : 19% ; Exploitation : 33% ; Charges d'investissement : 21 % Une fois l'investissement amorti, les économies nettes annuelles générées par une chaufferie-bois par rapport à une chaufferie gaz sont aujourd'hui de plus de 10% . L'augmentation du prix du gaz programmée accentuera encore cette différence. Le bois contient jusqu'à 10 fois moins d'énergie, ce qui implique un dispositif de stockage plus important et des livraisons de combustible plus fréquentes.
Pompes à chaleur (PAC) géothermiques	Puisage de la chaleur présente dans le sol à travers des capteurs. Des pompes à chaleur sont mises en place pour prélever cette énergie basse température et l'augmenter à une température suffisante. Cette opération requiert de l'énergie électrique.	<u>PAC sol/sol</u> : le fluide frigorigène circule dans les capteurs et le plancher chauffant. Les capteurs sont horizontaux.	Chauffage des locaux et rafraîchissement	Les capteurs horizontaux sont des tuyaux en polyéthylène enterrés à faible profondeur (de 0.6m à 1.2m). La surface de captage préconisée varie entre 1.5 et 3 fois la surface chauffée. C'est pourquoi, les PAC à capteurs horizontaux sont adaptées aux maisons individuelles.
		<u>PAC sol/eau</u> : le fluide frigorigène circule dans les capteurs et de l'eau circule dans le plancher. Les capteurs sont horizontaux.	Il n'est pas nécessaire de prévoir un appoint énergétique pour ce poste de consommation.	
		<u>PAC eau glycolée/eau</u> : le fluide frigorigène est de l'eau additionnée d'antigel. Le fluide frigorigène circule dans les capteurs et de l'eau circule dans le plancher. Les capteurs sont horizontaux ou verticaux.		Les capteurs verticaux correspondent à 2 sondes géothermiques. 2 sondes de 50m de profondeur suffisent à chauffer une surface de 120m². Les capteurs verticaux nécessitent un investissement plus élevé que les capteurs horizontaux dû au forage.
		<u>PAC eau/eau sur aquifère superficiel</u> : de l'eau de nappe est prélevée à travers un forage. (30 à 100m de profondeur).		Adapté aux bâtiments ayant peu de besoins, et donc adapté à des bâtiments basse ou très basse consommation
Géothermie sur aquifères profonds basse énergie (30° à 100°C)	Puisage de la chaleur dans une nappe d'eau très profonde sans utiliser de pompes à chaleur, la température de l'eau puisée étant suffisamment élevée	Technique du doublet : sonde de puisage de l'eau chaude, et sonde de réinjection de l'eau refroidie	Eau chaude sanitaire et chauffage Pour les bâtiments équipés d'émetteurs haute température (radiateurs), la géothermie n'est pas en mesure d'assurer la totalité des besoins en chauffage en période de pointe. Pour les bâtiments équipés de planchers chauffants, la totalité des besoins en chauffage peut être assurée sous réserve d'une température supérieure à 40°C.	Les investissements élevés sont compensés par des coûts d'exploitation faibles. Une exploitation géothermique produit très peu de gaz à effet de serre. TVA à 5.5% pour les réseaux de chaleur alimentés à plus de 50% d'EnR.
PAC aérothermique	Les PAC aérothermiques	<u>PAC air/eau</u> : Les calories sont extraites de l'air extérieur et sont injectées dans le	Chauffage des locaux Eau chaude sanitaire (chauffe-eau	Investissement initial pour le chauffage un peu moins élevé que les PAC géothermiques

s	fonctionnent sur le même principe que la PAC géothermiques en puisant cette fois les calories de l'air, et non celles du sol	circuit de chauffage central et éventuellement dans le circuit d'eau chaude	thermodynamique)	Chauffage dépendant de l'électricité du réseau. Appoint électrique nécessaire en cas de conditions climatiques extrêmes 70% de couverture des besoins en ECS par le chauffe eau thermodynamique
		<u>PAC air/air</u> : Les calories sont extraites de l'air extérieur. En sortie de l'unité d'échange un système de ventilo-convecteur diffuse les calories.	Chauffage des locaux	
Chaudières à condensation	Récupération de la chaleur de la vapeur d'eau contenue dans les fumées de combustion, ce qui permet d'augmenter le rendement de la chaudière.	Au fioul	Chauffage seul ou combiné avec la production d'eau chaude sanitaire	Par rapport à une chaudière moderne, les chaudières à condensation permettent d'obtenir des gains de consommation de chauffage de l'ordre de 15 à 20 %. Les chaudières couvrent les besoins en chauffage jusqu'à 140kW. (3 familles de 5 personnes). Adapté au milieu pavillonnaire Dépendance au prix du gaz
		Au gaz		
Systèmes combinés : cogénération	L'énergie thermique produite à partir de gaz naturel, de produits pétroliers, de charbon, de déchets ou de biomasse est récupérée.	<u>Cogénération (gaz, fioul, charbon déchets, biomasse)</u> : gamme 1 MWe – 250 MWe : récupération de la chaleur à l'échelle d'une centrale thermique = création d'un réseau de chaleur urbain	Electricité, chauffage, eau chaude sanitaire	Adapté à un programme urbain qui comporte des besoins thermiques importants. Dans le cas de l'autoconsommation de l'électricité et de la chaleur produite, le module de cogénération installé permet jusqu'à 20% d'économies sur les factures d'électricité et de chauffage.
		<u>Mini-cogénération (gaz, fioul, biomasse)</u> : gamme 200 – 600 kWe : système consiste à équiper le système de chauffage/ECS de moyen et grand collectif avec un module de récupération de chaleur		
		<u>Micro-cogénération (gaz, fioul, biomasse)</u> : la gamme 5 – 50 kWe ce système consiste à équiper le système de chauffage d'habitat individuel ou de petit collectif avec un module de récupération de chaleur		
Récupération de chaleur sur eaux usées	Récupération des calories des eaux usées via un échangeur	Pompe à chaleur implantée sur la canalisation d'eaux usées (température moyenne comprise entre 10° et 20°)	Chauffage pour 50 à 80 % des besoins totaux	Adapté au milieu urbain dense : nécessite un débit de canalisation d'environ 12l/s Amortissement sur 30 ans environ Dispositif mis en œuvre à Nanterre par la Lyonnaise des eaux Degrés Bleus® Réduction des émissions de CO2

V.2. Complément : Typologies de systèmes pour l'alimentation en eau chaude solaire des logements collectifs (ECS / chauffage)

Système	Distribution	Coût de l'installation	Couverture des besoins	Avantage	Inconvénient
<p>Chauffe-eau solaire collectif à appoint centralisé CESC</p> 	Stockage solaire centralisé, avec ballon d'appoint collectif	900€ HT /m ² à 1000€ HT/m ²	entre 30 et 50% en ECS pour tout le bâtiment	Pas d'encombrement	Individualisation des charges possible par compteurs d'eau et d'énergie
<p>Chauffe-eau solaire collectif à appoint individuel CESCAI</p> 	Un ou plusieurs ballons collectifs de stockage de l'énergie solaire et un appoint à accumulation ou semi-instantané dans chaque logement	1100€ HT /m ² à 1200€ HT/m ²	entre 30 et 50% en ECS pour tout le bâtiment	Individualisation des charges par compteurs d'eau Encombrement limité dans les logements – ballon d'appoint	Surcoût d'environ 20% par rapport au CESC
<p>Chauffe-eau solaire collectif individualisé CESCO</p> 	Ne comporte ni ballon de stockage ni chaudière collective. Le circuit solaire distribue l'énergie solaire aux ballons de stockage individuels dans chaque appartement par l'intermédiaire d'un échangeur incorporé à chaque ballon	1800€ HT /m ² à 2000€ HT/m ²	entre 30 et 50% en ECS pour tout le bâtiment	Individualisation totale de l'installation et des charges	Surcoût d'environ 50% par rapport au CESC Ces installations ne sont pas éligibles pour bénéficier des subventions ADEME Equilibrage des réseaux
<p>Système Solaire Combinés SSC</p>	Système qui vient s'intégrer à l'installation précédente (accumulation dans ballon ou stockage dans la dalle)	1500 à 2500 euros /m ² de surcoût	35 % en chauffage et 60% en ECS	Couverture d'une partie des besoins en chauffage	Très peu de fabricants

Images : Energie N°6 lettre d'information - GrdF ; Octobre 2009

V.3. Synthèse des avantages et inconvénients de chaque système d'approvisionnement en énergie / Solutions pressenties

Les systèmes d'approvisionnement en énergie décrits peuvent être classés de la manière suivante :

- **Production d'électricité**
- **Récupération d'énergie thermique**
- **Economie d'énergie**
- **Production d'énergie thermique**

V.3.1. Production d'électricité

La production d'électricité est liée à l'éolien, au photovoltaïque, à la cogénération :

- La production éolienne ; seul le grand éolien possède un réel intérêt économique. Sa mise en œuvre dans le cadre du projet de la ZAC de Bondy n'étant pas adaptée, nous ne retiendrons pas cette solution.
- Le photovoltaïque ; la portée de ce dispositif est de compenser les consommations d'un bâtiment. En compensant toutes les consommations, on se dirige vers un bâtiment dit « positif », qui produit autant qu'il consomme d'énergie.
- La cogénération ; le dispositif « ou module » de cogénération est intrinsèquement lié au système de production énergétique pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire des bâtiments. L'intérêt environnemental de ce système est prouvé, en limitant le recours à l'électricité du réseau. L'intérêt économique pourra être étudié en fonction des scénarios.

V.3.2. Récupération et production d'énergie thermique

La récupération d'énergie thermique concerne la récupération de calories sur les eaux usées des bâtiments. Ce scénario ne sera pas étudié ici compte tenu d'un amortissement estimé très largement supérieur à d'autres solutions et d'un taux de couverture limité pour le chauffage. Il fera faire l'objet d'un scénario supplémentaire, à la demande de la maîtrise d'ouvrage.

V.3.3. Economie d'énergie

L'économie d'énergie est liée aux chaudières à condensation. Nous intégrerons ce système dans le scénario de base « raccordement au réseau gaz ».

V.3.4. Production d'énergie thermique

La production d'énergie thermique pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire constitue le réel enjeu de l'étude de scénarios d'approvisionnement :

- Le solaire thermique ; Pouvant être envisagé pour une partie des besoins en chauffage, son domaine d'application reste néanmoins la couverture d'une bonne moitié des besoins en eau chaude sanitaire. Nous proposerons d'intégrer ce système dans un scénario.
- La biomasse : Compte tenu de la présence proche d'un réseau de chaleur alimenté par une chaufferie biomasse / gaz, le développement d'un scénario de création d'une chaufferie biomasse n'a pas de sens. Nous étudierons plutôt l'intérêt de se raccorder à ce réseau dans un scénario.

- Pompes à chaleur (PAC) géothermiques : Ce système est adapté à des bâtiments basse ou très basse consommation, avec une distribution par bâtiments, ce qui laisse une flexibilité au niveau du phasage de construction envisagé. Nous étudierons donc ce scénario.
- Géothermie sur aquifères profonds basse énergie : Pour être envisagé, ce système nécessite des besoins thermiques importants de l'ordre de 28 GWh/an à 54 GWh/an pour les opérations constatées dans le Bassin Parisien. Les besoins sur la ZAC de l'Ecoquartier du Canal de Bondy étant de l'ordre de 5 GWh, la dimension de l'opération seule n'apparaît pas suffisante. Ce scénario ne sera pas étudié.
- PAC aérothermiques : L'intérêt concerne la production d'eau chaude sanitaire. Son temps de retour sur investissement pourra être comparé avec le recours à l'ECS solaire. Nous proposons donc d'intégrer dans un scénario ce système.

V.4. Scénarii

Suite à l'analyse du potentiel local en ressource énergétique renouvelable et des systèmes techniques pouvant être facilement être mis en œuvre, les **scénarii de mix énergétique proposés** sont les suivants :

- **Scénario de base** : Raccordement au réseau gaz
- **Scénario 1** : Raccordement au réseau de chaleur biomasse / gaz de CORIANCE
- **Scénario 2** : Mise en place de pompes à chaleur géothermiques / ECS électrique
- **Scénario 3** : Mix - Raccordement au réseau de chaleur biomasse / gaz de CORIANCE + ECS solaire
- **Scénario 4** : Mix - Raccordement au réseau de chaleur biomasse / gaz de CORIANCE + ECS thermodynamique
- **Scénario 5** : Mix - Raccordement au réseau de chaleur biomasse / gaz de CORIANCE + récupération de chaleur sur eaux usées
- **Scénario 6** : Mise en place de pompes à chaleur géothermiques / ECS solaire /appoint électrique
- **Scénario 7** : Raccordement au réseau gaz + ECS solaire

Ces scénarii seront comparés en termes de coût global économique et en termes d'impacts environnementaux. Le coût global est effectué sur la période 2016-2036, selon le phasage d'aménagement en cinq étapes.

L'approche en coût global intègre :

- **L'investissement initial**
- **Le prix des consommations énergétiques des logements selon le phasage de construction**
- **Le coût de l'entretien / contrats d'entretien des équipements**
- **Les subventions allouées**

Les scénarios en coût global sont effectués sur la base de ratios et d'hypothèses, dont il faut tenir compte pour toute interprétation des résultats.

Ces hypothèses se basent sur les données disponibles aujourd'hui (notamment en ce qui concerne le coût d'achat de l'énergie, les projections concernant l'évolution de ces coûts et les montants des subventions accordées pour les différentes solutions énergétiques).

Les résultats sont présentés en € TTC, car un projet raccordé à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% bénéficie d'une TVA réduite à 5.5% sur le prix de vente de l'énergie. Il est donc primordial de faire apparaître l'intérêt économique de ce scénario par un calcul en € TTC.

V.5. Hypothèses

V.5.1. Dimensionnement de base

Nous considérons que la puissance installée est invariante quelle que soit la source énergétique. Cette hypothèse permet ainsi de comparer des scénarii sur la base de consommations équivalentes.

Les besoins globaux cumulés en chauffage et ECS (consommations en énergie finale) sont calculés à partir des consommations en énergie primaire « autorisées » pour un scénario de type gaz.

Puissance installée (kW)	2700
Besoins cumulés en chauffage entre 2016 et 2036 (MWh)	40486
Besoins cumulés en ECS entre 2016 et 2036 (MWh)	44747

Les parties suivantes récapitulent les données utilisées pour chaque source d'énergie.

V.5.2. Réseau Coriance

CORIANCE

Nombre de m à raccorder coriance	1000
TVA coriance	5,50%
R1 Coriance 2014 (transition gaz-bois) € HT / MWh	35,431
R2 Coriance 2014 € HT/kW	60,932
R1 Coriance 2015 € HT / MWh	26,16
R2 Coriance 2015 € HT/kW	60,932
Evolution prix (Moyenne : Rapport ADEME / % transmis par Coriance)	2,000%
Pmax appelée totale (Chauffage + ECS)	5200,00
Pmax appelée (Chauffage + ECS) par logement Calcul à partir de l'outil de dimensionnement du site www.energieplus-lesite.be (kW)	4,00
Actualisation de l'augmentation du prix de la chaleur de 1% en lien avec la hausse de la part gaz du réseau au fur et à mesure des raccordement (complément de la demande par chaufferie gaz)	

Les données du réseau ont été collectées auprès de Coriance, les puissances maximales recalculées afin de ne pas sous évaluer les coûts liés à l'achat de l'énergie.

V.5.3. Gaz

GAZ

Prix chaudière gaz (€ HT)	550
Nombre de chaudières	20

Prix complet gaz 1 kWh PCI tarif B1 2013 (c€ HT / kWh)	6,162
evolution prix du gaz (Rapport ADEME)	6,00%
prix entretien (Rapport ADEME) € HT	550

Les données ont été collectées sur la plateforme Pégase et dans différents ouvrages de l'ADEME.

V.5.4. Electricité

ELECTRICITE

prix Complet (abonnement 6 kVA, PEGASE) c€ HT / kWh	15,151
evolution prix électricité (Rapport ADEME)	3,00%

Les données ont été collectées sur la plateforme Pégase et dans différents ouvrages de l'ADEME.

V.5.5. Géothermie

GEOOTHERMIE

COP PAC eau/eau (géothermie)	4
electricité consommée par les pompes	7,00%

Les données de performance utilisées correspondent à des performances d'équipements de nouvelle génération, actuellement sur le marché.

V.5.6. Solaire

SOLAIRE

1 m ² capteur pour 50L par jour	
100 à 150L par logement par jour (2 à 3 pers/logement)	2m2 par logement
surface capteur pour 1180 logements et couverture de 60% des besoins (m2)	3900
Besoins annuels ECS (MWh/an)	2546
production ilde France source actu environnement (kWh/an/m2 installés)	450
besoins couverts avec surface disponible de 1200 m2 (MWh)	540
46,5 kWh/m3 (passage 10°C à 50°C)	
Pourcentage couverture ECS solaire	60,00%

Coût entretien par système solaire	300
Total systèmes coût entretien systèmes solaires	6000

Les données de performance utilisées correspondent à des performances d'équipements de nouvelle génération, actuellement sur le marché.

V.5.7. ECS thermodynamique

ECS THERMODYNAMIQUE

hypothèse	une unité pour 5 logements (15 habitants)
puissance restituée chaleur par unité matériel altherma daikin (kW)	23,0
COP	3,0
puissance consommée (kW)	7,7
temps de chauffe ballon (4h/ballon; 6 ballons par unités)	1,0
consommation PAC kWh/an	67160,0
Production énergie kWh/an	201480,0
Nb unité nécessaire	260,0
Prix unitaire €	10000,0
Prix ballon	900,0
Pourcentage couverture ECS thermo	70,00%
COP PAC air/eau	3
Quantité de fluide par PAC	0,6

Les données de performance utilisées correspondent à des performances d'équipements de nouvelle génération, actuellement sur le marché.

V.5.8. Récupération de chaleur sur eaux usées

RECUPERATION DE CHALEUR SUR LES EAUX USEES

Prix par m d'échangeur (€)	6666,67
Puissance de la Pac par m2 d'échangeur (kW)	4,00
Production énergie par kW de PAC (KWh)	535,38
Prix entretien pompe	350,00
Nb de pompes	2,00
COP	4,00
Longueur d'échangeur (m) on considère 1m de largeur	200,00
Puissance de la PAC (kW)	800,00
production énergie annuelle (MWh)	428,31
Couverture besoin sur total	0,08
Part de la consommation électrique sur la consommation	0,02

Couverture besoin sur phase 1	0,56	
Part de la consommation électrique sur la consommation	0,14	
eco quartier boule : nb logements	650,00	
eco quartier boule : surface échangeur m2	200,00	
Prix par logement pour couverture 40% des besoins	2051,28	
Perte fluide frigorigène annuel	30,00	
phase1	55,80%	13,95%
phase2	23,90%	5,97%
phase3	12,76%	3,19%
phase4	10,31%	2,58%
phase5	3,46%	0,02%

Les données utilisées proviennent de l'étude réalisée par S'PACE Environnement.

V.5.9. Evolution du prix de l'énergie

L'évolution du prix de l'énergie est un paramètre déterminant dans l'élaboration des scénarios en coût global. Ainsi, compte-tenu du prix actuel de l'électricité et de l'évolution de prix envisagé, cette source énergétique possède le bilan économique le plus défavorable.

D'après un rapport de l'ADEME, voici l'évolution des prix suggérée sur la période 2010 – 2030 :

ETUDE ADEME (2013) :

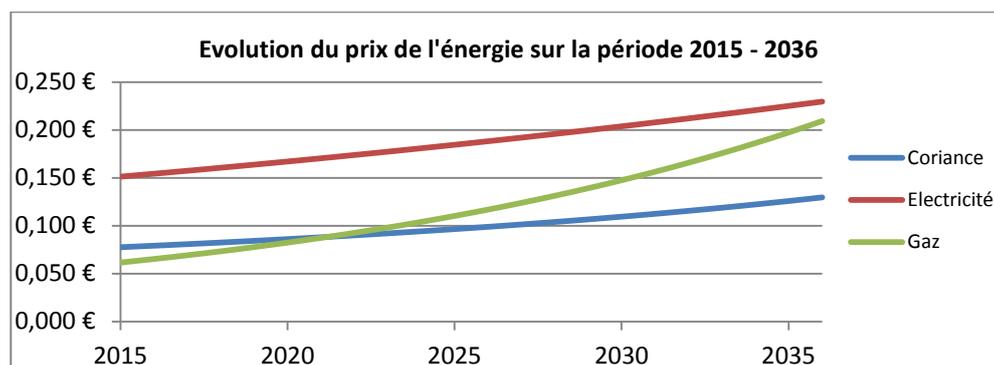
Comparatif des modes de chauffage et prix de vente de la chaleur en 2011

Hypothèses de l'ADEME sur l'évolution du prix sur 2010 - 2030

RdC Majorité énergies fossiles	4,00%
RdC Majorité énergies renouvelables	2,00%
Gaz Naturel	6,00%
Fioul	7,00%
Electricité	2,00%

Il est important de noter que les scénarios ayant recours à des Pompes à chaleur (géothermie, récupération sur eaux usées, ECS thermodynamique), nécessitent d'avoir recours à l'électricité du réseau et donc à l'achat d'énergie d'origine électrique. (part dépendant du COP de l'installation)

Il est intéressant de constater qu'à long terme le prix de vente Coriance à l'utilisateur devient plus faible que le prix de vente du gaz, compte-tenu d'une évolution de prix plus faible.



V.5.10. Subventions

Les règles d'éligibilité des aides à l'investissement sont données ci-dessous. Sont éligibles dans le cadre des scénarios envisagés :

- Le coût du raccordement au réseau CORIANCE (extension réseau de chaleur)
- La géothermie au titre d'une opération « Pompes à chaleur sur nappe »
- La récupération de chaleur sur les réseaux d'eaux usées
- Le solaire thermique

Activités	Règles d'éligibilité	
Bois énergie	Projet < 1 000 tep / an	Biocombustible constitué au minimum par 20% de plaquettes forestières
	Projet ≥ 1 000 tep / an	Biocombustible constitué au minimum par 50% de plaquettes forestières
	Recours à des systèmes performants de dépoussiérage des fumées	
	Valeur limite d'Emission de poussières totales à 11% d'O ₂	50 mg/Nm ³
Extension ou création de réseau de chaleur	- Densité énergétique de l'extension du réseau supérieure à 1,5 MWh par mètre linéaire de réseau et par an - Réseaux de chaleur alimentés à au moins 50% par des énergies renouvelables et/ou de la chaleur de récupération	
Géothermie profonde	Exploitation des aquifères d'une profondeur supérieure à au moins 200 m.	
Pompes à Chaleur sur capteurs verticaux et nappe aquifère	Types opérations	
	- Eau sur nappe - Eau sur réseaux d'eaux usées	4,0
	- Eau sur champs de sonde	3,7
Solaire thermique	- Surface des capteurs solaire > 25 m ² - Productivité solaire annuelle supérieure à 350 kWh utile par m ² de capteurs solaires - Montant de l'investissement de l'installation inférieur à 2,50 €/kWh solaire utile produit annuellement	

Les montants de ces subventions sont indiqués ci-dessous. Dans le cadre de l'élaboration des scénarios et notamment pour le scénario de raccordement au réseau CORIANCE, nous avons cumulé les aides ADEME et région Ile de France.

Activités	ADEME	Conseil régional d'Ile-de-France
Bois Energie Pompes à Chaleur géothermiques ou sur eaux usées	Candidats et taux d'aides déterminés dans le cadre d'appels à projets	Taux maximum d'aide : 30% Aide maximale : 1 000 000 €
Réseaux	Taux maximum d'aide : 400 €/ml ⁴	T*600 €/ml de réseau maxi avec T = part des énergies renouvelables dans le mix énergétique du réseau (en %)
Solaire thermique	Taux maximum d'aide : 30% Aide maximale : 100 000 €	Taux maximum d'aide : 30% Aide maximale : 1 000 000 €
Solaire photovoltaïque ⁵		- 0,6 €/kWh annuel, pour les installations bénéficiant du tarif d'intégration - 1 €/kWh annuel, pour les installations ne bénéficiant pas du tarif d'intégration Aide maximale : 1 000 000 €

⁴ Le cumul des aides publiques pour les réseaux ne dépasse pas 40% de l'assiette des dépenses éligibles plafonnée à 1 000 €/ml.

⁵ Seules installations d'une puissance crête entre 3kW et 250kW sont aidées par le Conseil Régional d'Ile-de-France

V.6. Résultats

V.6.1. Comparaison en coût global pour 8 solutions d'approvisionnement en énergie pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire

Lorsque l'on compile les solutions d'approvisionnement en énergie pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire, **la plus solution financièrement la plus intéressante est celle du raccordement au réseau de chaleur urbain combinée au recours à l'ECS solaire. Cependant, cette solution présente des investissements considérables, 1,5 plus que la solution de raccordement au réseau pour 100% des besoins.**

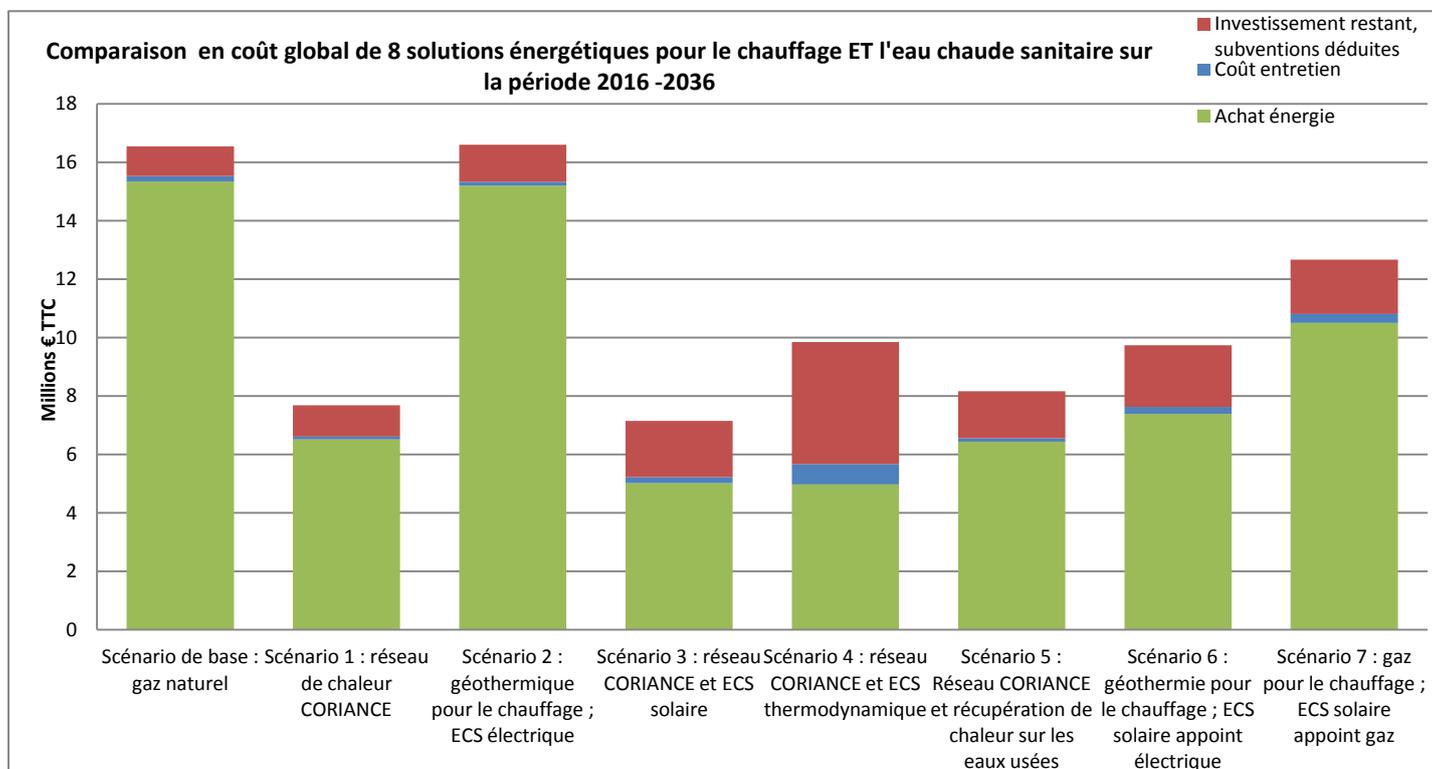
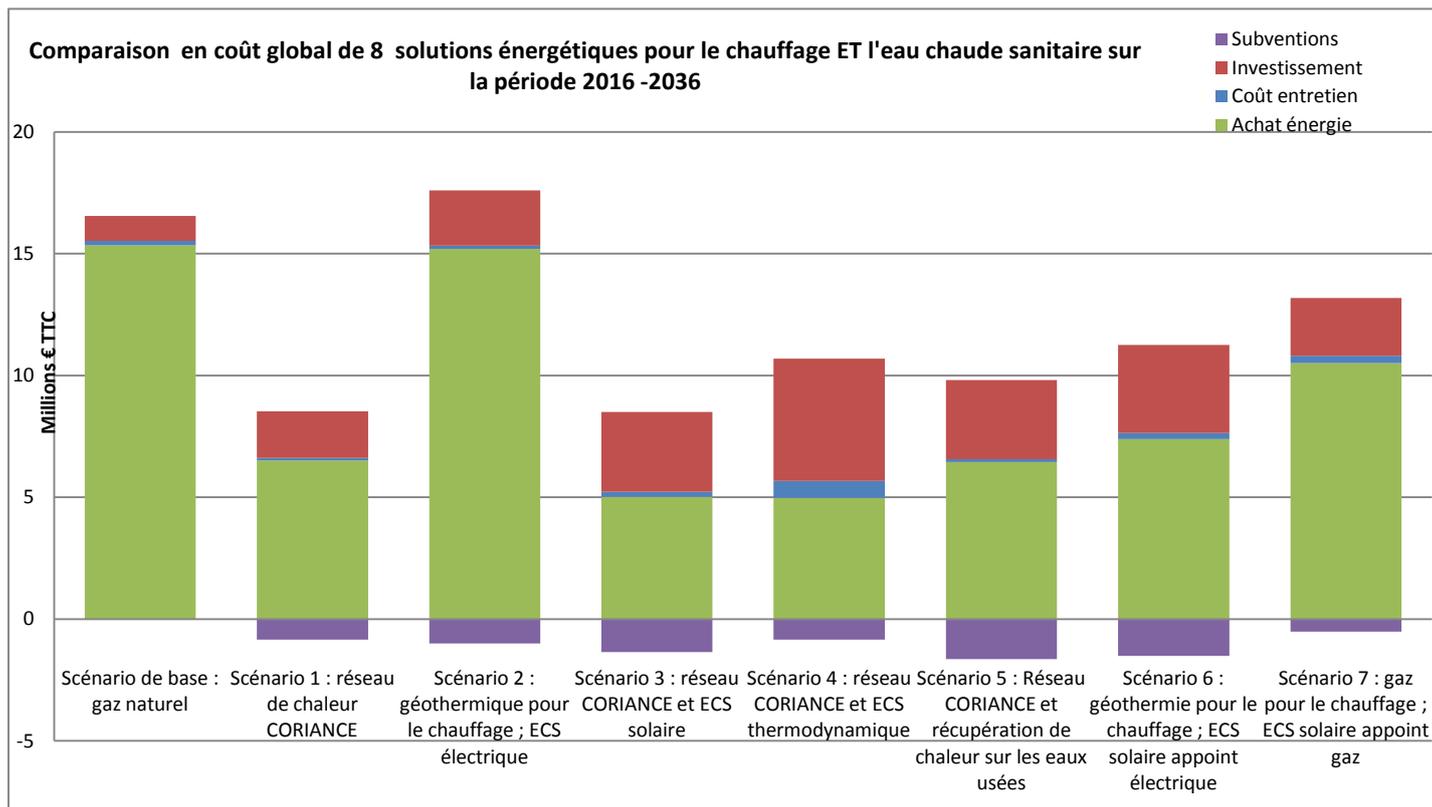
On constate que la géothermie sur nappe peu profonde bien que très intéressante nécessite un complément électrique pour l'eau chaude sanitaire, pénalisant ainsi le bilan global des scénarios géothermiques.

Concernant la récupération de calories sur la canalisation située le long de la voie « chemin latéral », cette solution ne peut être qu'un appoint à un autre scénario d'approvisionnement. En effet, les calories récupérées ne permettent de couvrir que 60% des besoins en chauffage et en ECS de la phase 1. Autrement dit, cette solution couvrirait seulement 10% des besoins en chauffage et en ECS du programme de 1300 logements. Subventionnée, cette solution peut être économiquement intéressante.

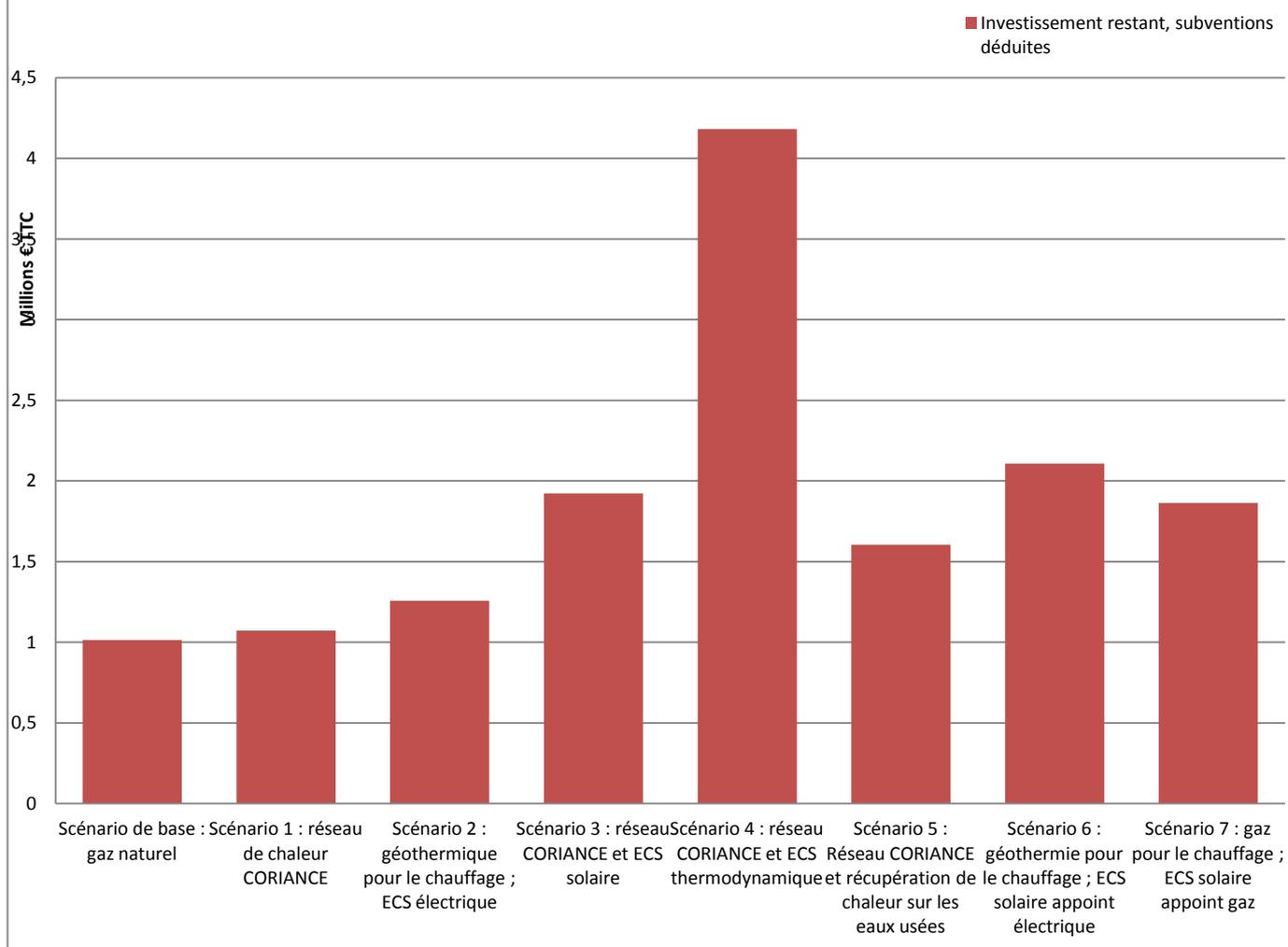
Cependant, les premières estimations de débit de la DEA montrent que les conditions techniques ne seraient pas favorable à l'exploitation de cette canalisation (com. pers. DEA : débit moyen estimé à environ 5l/s alors qu'une telle solution nécessite au moins un débit moyen de 12l/s).

MONTANT TOTAL (€TTC)	Scénario de base : gaz naturel	Scénario 1 : réseau de chaleur CORIANCE	Scénario 2 : géothermie pour le chauffage ; ECS électrique	Scénario 3 : réseau CORIANCE et ECS solaire	Scénario 4 : réseau CORIANCE et ECS thermodynamique	Scénario 5 : Réseau CORIANCE et récupération de chaleur sur les eaux usées	Scénario 6 : géothermie pour le chauffage ; ECS solaire appoint électrique	Scénario 7 : gaz pour le chauffage ; ECS solaire appoint gaz
investissement	1 013 730	1 913 600	2 258 048	3 271 431	5 023 200	3 246 933	3 615 879	2 371 561
Energie	15 338 224	6 512 054	15 195 486	5 018 242	4 975 527	6 441 284	7 388 738	10 506 683
par m² S RT/an	9,58	3,38	9,41	3,11	3,08	3,99	4,58	6,51
Entretien	191 747	104 589	139 932	209 178	693 775	119 289	244 521	296 336
Coût global 2016-2036	16 543 700	7 688 744	16 593 466	7 150 003	9 851 002	8 166 006	9 741 789	12 667 231
subventions	0	-841 500	-1 000 000	-1 348 849	-841 500	-1 641 500	-1 507 349	-507 349
Différence investissement - subventions	1 013 730	1 072 100	1 258 048	1 922 582	4 181 700	1 605 433	2 108 530	1 864 211

Les graphiques ci-dessous comparent plus visuellement les différents scénarii :



Comparaison en coût d'investissement de 8 solutions énergétiques pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire sur la période 20146-2036



Le tableau suivant permet de positionner chaque scénario par rapport au scénario le plus intéressant pour chaque montant :

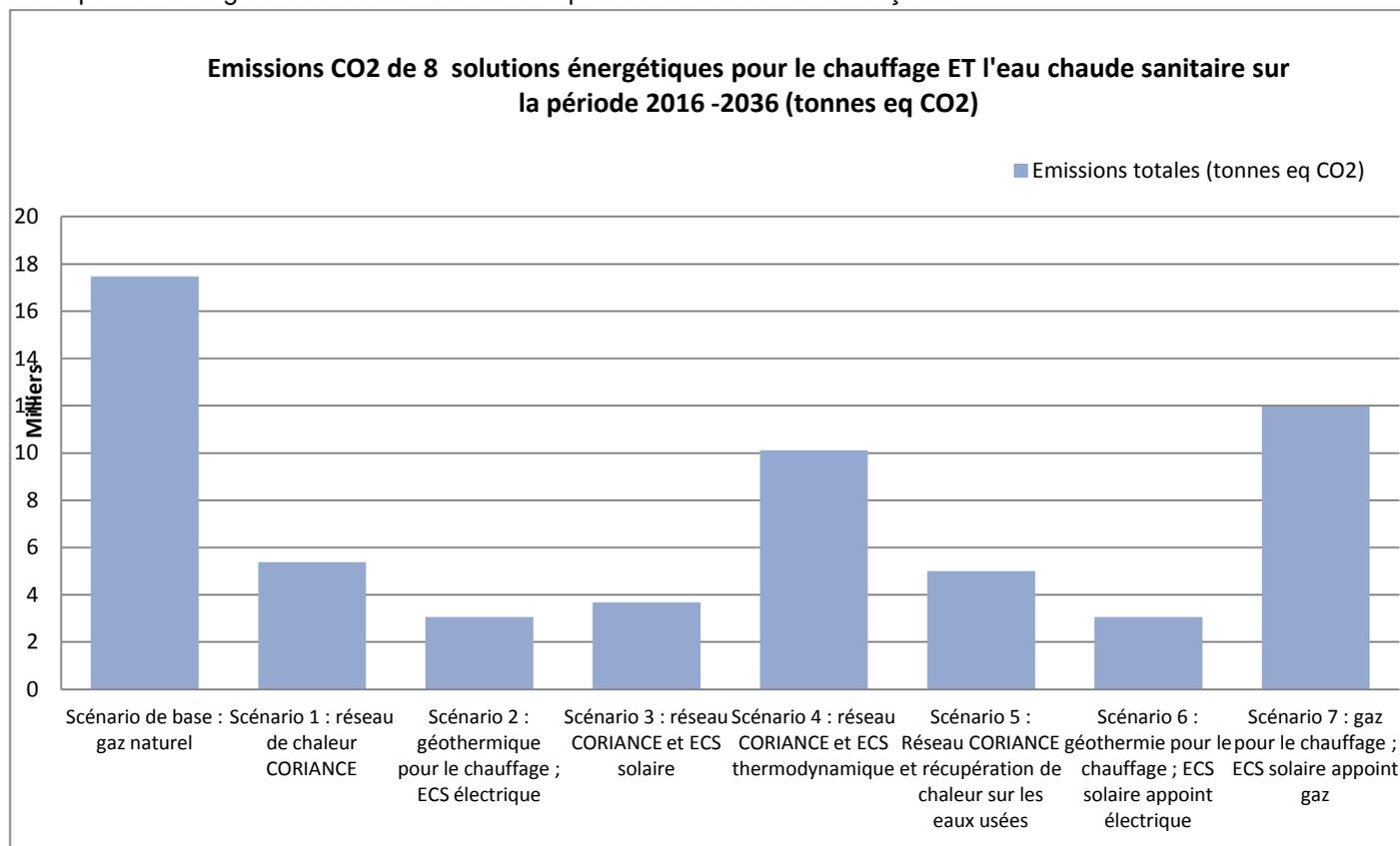
Surcoût par rapport à la solution la moins onéreuse	Scénario de base : gaz naturel	Scénario 1 : réseau de chaleur CORIANCE	Scénario 2 : géothermique pour le chauffage ; ECS électrique	Scénario 3 : réseau CORIANCE et ECS solaire	Scénario 4 : réseau CORIANCE et ECS thermodynamique	Scénario 5 : Réseau CORIANCE et récupération de chaleur sur les eaux usées	Scénario 6 : géothermie pour le chauffage ; ECS solaire appoint électrique	Scénario 7 : gaz pour le chauffage ; ECS solaire appoint gaz
Investissement	0,00%	5,76%	24,10%	89,65%	312,51%	58,37%	108,00%	83,90%

Achat de l'énergie	210,83%	9,65%	205,40%	0,86%	0,00%	29,46%	48,50%	111,17%
Entretien	83,33%	0,00%	33,79%	100,00%	563,33%	14,05%	133,79%	183,33%
Coût global	131,38%	7,53%	132,08%	0,00%	37,78%	14,21%	36,25%	77,16%

Cette comparaison des scénarii permet d'affirmer que la solution du raccordement au réseau de chaleur de Coriance constitue une solution très intéressante, qui permet, avec un investissement relativement faible par rapport aux autres alternatives (hors gaz) de proposer une source d'énergie à bas coût pour les usagers.

V.6.2. Indicateurs environnementaux

Les émissions de CO2 liées aux consommations énergétiques sont présentées ci-dessous. Nous tenons compte d'une part en énergies fossiles de 10% dans la production d'électricité française.



Comparaison des émissions de CO2 par rapport à la solution la moins onéreuse	471,52%	75,89%	0,23%	20,48%	231,09%	63,68%	0,00%	291,49%
--	---------	--------	-------	--------	---------	--------	-------	---------

Les scénarios géothermiques représentent la meilleure solution du point de vue des émissions de CO2 évitées. A noter également que le scénario Coriance + ECS solaire se distingue par des émissions en équivalent CO2 seulement 6.4% supérieures au scénario géothermique.

L'approvisionnement gaz offre le moins bon résultat.

La solution au seul raccordement au réseau de chaleur n'offre pas les meilleurs résultats mais reste une alternative crédible aux sources d'énergie fossiles.

Emissions totales (tonnes eq CO2)	17473	5377	3064	3683	10122	5004	3057	11969
Nox (tonnes)	12	13	-	9	8	13	-	9
SO2 (tonnes)	-	2	-	2	1	2	-	-

Production de déchets radioactifs sur 20 ans (nota: si production tout électrique 1200 kg)	0	0	862	0,00	123	14	440	0
---	---	---	-----	------	-----	----	-----	---

V.6.3. Critères techniques

L'intégralité des équipements techniques envisagés possède une durée de vie supérieure 20 ans, hormis pour la pompe à chaleur dite ECS thermodynamique.

Les scénarios en coût global sur la durée 2016-2036 ne nécessitent donc aucun remplacement excepté pour le système précédemment cité.

	Scénario de base : gaz naturel	Scénario 1 : réseau de chaleur Coriance	Scénario 2 : géothermique pour le chauffage ; ECS électrique	Scénario 3 : réseau Coriance et ECS solaire	Scénario 4 : réseau Coriance et ECS thermodynamique	Scénario 5 : Réseau Coriance et récupération de chaleur sur les eaux usées	Scénario 6 : géothermie pour le chauffage ; ECS solaire appoint électrique	Scénario 7 : gaz pour le chauffage ; ECS solaire appoint gaz
Filière de production / approvisionnement	International	Local	Local	Local	Local et international	Local	Local et International	International
Développement d'emplois locaux	/	Emplois locaux sur filière bois amont	Emplois locaux sur contrats d'entretien	Emplois locaux sur filière bois amont	Emplois locaux sur filière bois amont	Emplois locaux sur filière bois amont	Emplois locaux sur contrats d'entretien géothermie et solaire	Emplois locaux sur contrats d'entretien systèmes solaires
Aléas selon conjoncture	Fort	Faible	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Fort
Evolution du prix de l'énergie	Non maîtrisé +6% par an	Maîtrisé par Contrat +2-3% par an sur la période 2015 - 2036	Maîtrisé intégralement pour le chauffage Dépendance à l'électricité du réseau +3% par an	Dépendance doublement limitée	Maîtrisé par Contrat et filière bois	Maîtrisé par Contrat et filière bois	Maîtrisé intégralement pour le chauffage Dépendance à l'électricité du réseau limité	Non maîtrisé pour la partie chauffage et 40% de l'ECS +6% par an
Durée de vie	chaudière à condensation : 20 ans	Echangeur vapeur : 50 ans	géothermie : 30 à 50ans	panneaux solaires : 20-25 ans garantie constructeur 10 ans	PAC : 15 ans; garantie constructeur 5 ans	échangeur : 30 ans	géothermie : 30-50 ans; panneaux solaires : 20-25 ans	panneaux solaires : 20-25 ans

VI. ANNEXES

COTECH n°7 de la ZAC Les Rives de l'Ourcq à Bondy

Compte-rendu récapitulatif de la mise à
jour de l'étude EnR

Partie 1

Focus sur la réglementation thermique RT2012

La réglementation thermique 2012 fixe des valeurs limites à ne pas dépasser, pour tous les types de bâtiments (évolution par rapport à la RT2005) :

- Une valeur limite de besoin bioclimatique **Bbio_{max}** (besoin en chauffage, rafraîchissement et éclairage) permettant de garantir une réflexion sur la conception de l'enveloppe des bâtiments avant tout choix de systèmes.
- Une valeur limite de consommation d'énergie primaire **Cep_{max}** en kWh ep/m²/an

La RT 2012 s'intéresse aux postes de consommations suivants (postes dits « réglementaires ») :

- Chauffage **38%**
 - Eau chaude sanitaire (ECS) **42 %**
- 
- 80% des consommations réglementaires d'un logement !**
- Eclairage **12%**
 - Auxiliaires de ventilation et de chauffage **8%**
 - Refroidissement

Le Cep max se calcule de la façon suivante :

$$Cep_{max} = Cep_{ref} \times Mc_{type} \times (Mc_{géo} + Mc_{alt} + Mc_{surf} + Mc_{GES})$$

- **Cep_{ref}** : Consommation conventionnelle de référence d'énergie primaire applicable au bâtiment.
- **Mc_{type}** : coefficient de modulation selon le type de bâtiment ou de partie de bâtiment et sa catégorie CE1/CE2
- **Mc_{géo}** : coefficient de modulation selon la localisation géographique ;
- **Mc_{alt}** : coefficient de modulation selon l'altitude ;
- **Mc_{surf}** : pour les maisons individuelles ou accolées et les bâtiments collectifs d'habitation, coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment ou de la partie de bâtiment ;
- **Mc_{GES}** : coefficient de modulation selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées.

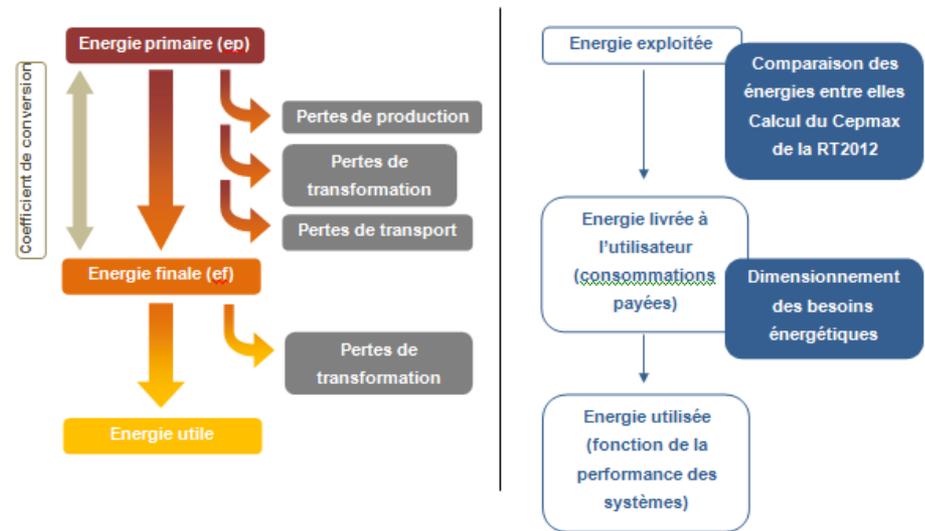
C'est ce facteur qui évolue à partir du 01/01/2018. De 57,5 à 50 kWh_{ep}/m²/an.

Un bonus ou « droit à consommer » est donné par le raccordement au réseau de chaleur Coriance

Pourquoi parle-t-on d'énergie primaire ?

La RT impose de calculer des consommations en **énergie primaire**. A chaque source d'énergie est associé un coefficient d'énergie primaire, qui permet de passer des besoins aux consommations telles que définies dans la RT.

Ceci permet également de mieux rendre de compte de l'impact du choix de la source d'énergie.



Source énergétique	Coefficients de conversion en énergie primaire (= passage des besoins à la valeur réglementaire pondérée)
Électricité	2.58
Fioul	1
gaz	1
bois	1
réseau de chaleur	1

Le recours à l'électricité est fortement pénalisé (coefficient de conversion de 2,58 - prise en compte des pertes en ligne lors du transport).

Bbio, Cep : quelles différences ?



Exigences du Label Effinergie + :

Comme la RT2012, le label effinergie + fixe des valeurs limites à ne pas dépasser, pour tous les types de bâtiments, avec des objectifs plus ambitieux :

- Une valeur limite de besoin bioclimatique **Bbio_{max}**
- Une valeur limite de consommation d'énergie primaire **Cep_{max}** en kWh ep/m²/an

En ce qui concerne le projet :

Pour les bâtiments collectifs d'habitation jusqu'au 1er janvier 2015, la consommation conventionnelle d'énergie primaire Cep du bâtiment ou de la partie de bâtiment doit être inférieure à :

$$\text{Cep}_{\text{max}} = 45 \times \text{Mc}_{\text{type}} \times (\text{Mc}_{\text{géo}} + \text{Mc}_{\text{alt}} + \text{Mc}_{\text{surf}} + \text{Mc}_{\text{GES}}), \text{ en kWh ep/m}^2/\text{an}$$

Pour les bâtiments collectifs d'habitation après le 1er janvier 2015, la consommation conventionnelle d'énergie primaire Cep du bâtiment ou de la partie de bâtiment doit être inférieure à :

$$\text{Cep}_{\text{max}} = 40 \times \text{Mc}_{\text{type}} \times (\text{Mc}_{\text{géo}} + \text{Mc}_{\text{alt}} + \text{Mc}_{\text{surf}} + \text{Mc}_{\text{GES}}), \text{ en kWh ep/m}^2/\text{an}$$

Autres exigences du label :

- Perméabilité à l'air du bâti
- Contrôles des systèmes de ventilation
- Perméabilité à l'air des réseaux
- Calcul des consommations mobilières et autres usages
- Mesures et suivi des consommations du bâtiment
- Affichage des consommations du bâtiment
- Informations aux utilisateurs
- Qualités associées à la performance énergétique
- Consommation d'énergie liée au cycle de vie des matériaux de construction
- Consommation liée aux déplacements des utilisateurs du bâtiment

Cep_{max} en kWh_{ep}/m²/an applicables au projet pour le scénario de raccordement au réseau :

Catégorie	Mc _{type}	Mc _{géo}	Mc _{alt}	Mc _{surf}	Mc _{GES}	Cepmax RT2012 (Arrêté du 26 Octobre 2010) - <u>PC avant 01/01/2018</u>	Cepmax RT2012 (Arrêtés 28 décembre 2012 et du 24 et 26 décembre 2014) - <u>PC après 01/01/2018</u>	Cepmax Effinergie + <u>PC avant 01/01/2015</u>	Cepmax Effinergie + <u>PC après 01/01/2015</u>	
Logements collectifs	CE1	1	1,2	0	0,056	0,2	83,72	72,80	65,52	58,24

Les Cep_{max} différeront selon les îlots compte tenu du phasage/dépôt du PC de la construction.

Le label Effinergie + ne tient pas compte de la modification de l'arrêté du 26 octobre 2010 par l'arrêté du 26 décembre 2014. Le Cep_{max} est calculé sur la même formule mais diffère dans la valeur du Cep_{ref} : **45 kWh_{ep}/m²/an avant** le 01/01/2015, **40 kWh_{ep}/m²/an après** le 01/01/2015 (comme vu précédemment).

Contenu CO ₂ des réseaux de chaleur en g/kWh				
	Contenu CO ₂ ≤ 50	50 < contenu CO ₂ ≤ 100	100 < contenu CO ₂ ≤ 150	Contenu CO ₂ > 150
Mc _{GESchaud}	0,3	0,2	0,1	0

Remarque : Le projet bénéficie d'un droit à consommer du fait de son raccordement au réseau Coriance. Ce coefficient avantageux dépend du contenu CO₂ du réseau actuellement de **63 g CO₂ / kWh livré**.

Une évolution de ce contenu (lié au mix énergétique) au moment du PC pourra influencer le bonus octroyé.

Partie 2

**Mise à jour de l'étude
d'approvisionnement en énergie de la ZAC**

1. Phasage et propriétés des logements
2. Actualisation des données du réseau de chaleur CORIANCE
3. Exigences de la RT2012 : Cep max
4. Besoins énergétiques de la ZAC
5. Comparaison des scénarii
6. Emissions de CO2 des scénarii
7. Récapitulatif
8. Intérêt du label Effinergie +

Conclusion

1. Programmation et phasage du projet

Nouveau phasage du projet utilisé pour la mise à jour :

	Nb logements	phasage
Phase 1	188	2016
Phase 2	439	2017
Phase 3	822	2019
Phase 4	1017	2021
Phase 5	1300	2024

Nombre de logements : 1300

Surface de plancher des logements : 66,05 m²

Surface RT2012 utilisée (majoration de 7 % de la SdP) : 70,67 m²

Dans le cadre d'un raccordement au réseau : Une sous-station par copropriété soit 3 sous-stations par îlot en moyenne.

2. Actualisation des données du réseau de chaleur CORIANCE

Le mix énergétique du réseau :

Nature de l'énergie	Part dans le mix (%)
Bois	69,25
Cogénération Gaz	17,18
Gaz	13,56

Contenu CO₂ du réseau de chaleur : 63 kg CO₂/MWh produit

Tarif du réseau au 1^{er} janvier 2015 :

- R1 = 26,12€ HT/MWh
- R2 = 60,932€ HT/kW

TVA réduite à **5,5%** car le mix du réseau contient + de 50% d'EnR

Taux d'inflation annuel de 2% contre 6% pour le gaz naturel ou 4% pour les réseaux de chaleurs à majorité d'énergie fossile.

Taux identique pour l'électricité mais énergie pénalisée dans le calcul du Cep max (Cep = 2,58 Cef) et plus chère à l'achat.

2. Actualisation des données du réseau de chaleur CORIANCE

Point de prudence :

Accroissement du nombre de personnes
raccordées au réseau

Appoint gaz pour répondre à cette demande

Augmentation du contenu
CO₂ du réseau

Ce paramètre reste à surveiller pour garantir l'obtention du facteur de McGES = 2 pour les dernières phases du projet, point fort du raccordement.

Augmentation du
taux d'inflation

Ce paramètre a été pris en compte dans le calcul du coût global.

Diminution de la part
bois dans le mix

Suppression de
l'avantage TVA ?

D'après CORIANCE, des dispositions seront prises si nécessaire pour garantir cet avantage.

3. Exigences de la RT2012 : Cep max

Les valeurs de Cep_{max} ont été calculés pour différents types de bâtiment dans le cadre d'un raccordement au réseau de chaleur de Bondy.

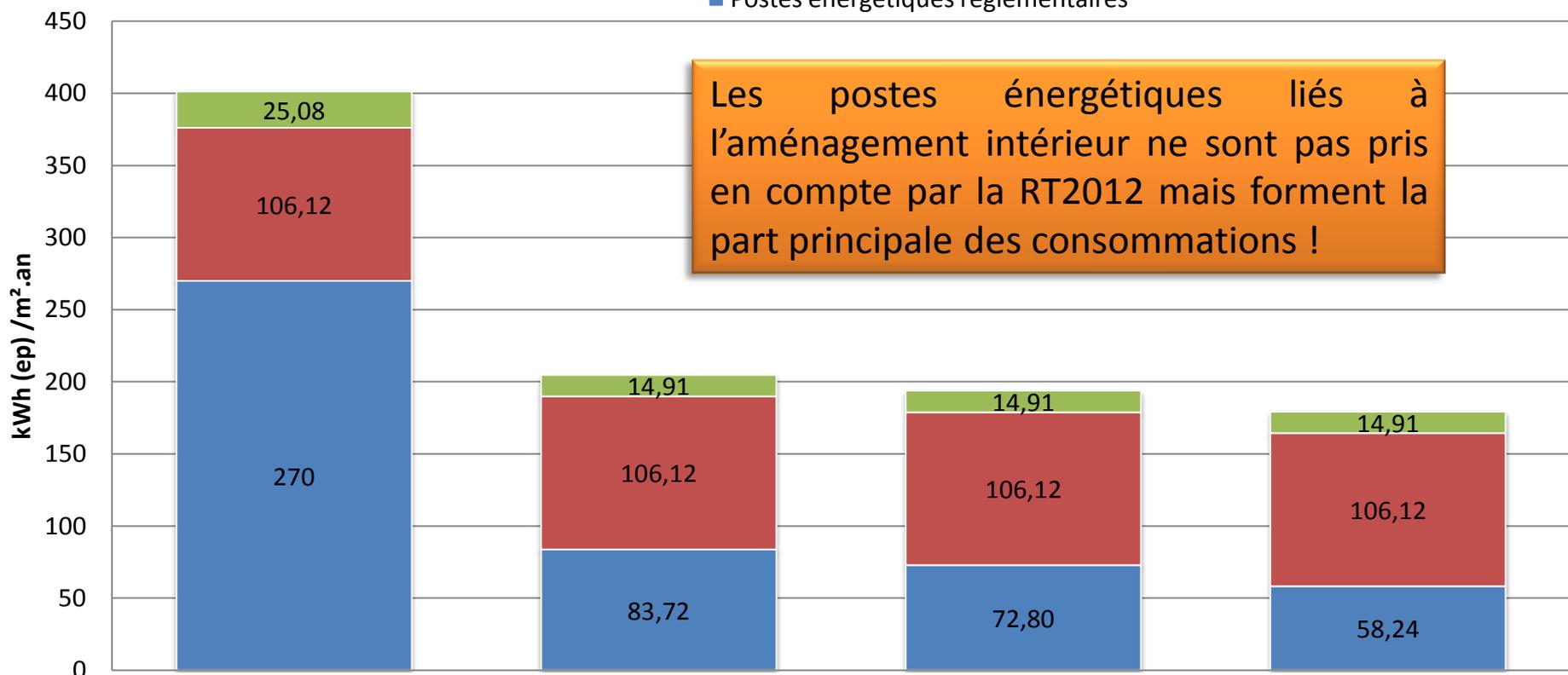
Ces valeurs sont exprimées dans le tableau ci-après selon la date de dépôt de permis de construire.

Type de local	Précision	Catégorie	Cepmax RT2012 (Arrêté du 26 Octobre 2010) - PC avant 31/12/2017 pour Logements collectifs	Cepmax RT2012 (Arrêtés du 28 décembre 2012 et du 24 et 26 décembre 2014) - PC après 31/12/2017 pour Logements collectifs	Cepmax Effinergie + (avant le 01/01/2015 pour logements)	Cepmax Effinergie + (après 01/01/2015 pour logements)	Mctype	Mcgeo	Mcalt	Mcsurf	McGES	Remarques
Logements collectifs	Srt = 70,67 m ²	CE1	83,72	72,80	65,52	58,24	1	1,2	0	0,056	0,2	Réseau de Coriance
Hébergement personnes âgées et hébergement personnes âgées dépendantes	/	CE1		154		123,2	2,2	1,2	0	0	0,2	
Commerce (CE2 : Srt < 500 m ²)	Srt = 500 m ²	CE2		520		312	10,4	1	0	0	0	4 commerces d'une surface totale de 2000 m ² d'après MO
Restaurant Continu 18h/j, 7j/7	/	CE2		500		300	10	1	0	0	0	
Restaurant 2 repas/jour, 6j/7	/	CE2		410		246	8,2	1	0	0	0	
Restaurant 2 repas/jour, 7j/7	/	CE2		460		276	9,2	1	0	0	0	
Restaurant 1 repas/jour, 5j/7	/	CE2		250		150	5	1	0	0	0	
Artisanat ou petite industrie 8h à 18h	/	CE1		168		100,8	2,8	1	0	0	0,2	
Artisanat ou petite industrie 3 x 8 h	/	CE1		455		273	7	1,1	0	0	0,2	
Bureaux non climatisés	Selon classement des baies au bruit	CE1	91			54,6	1,4	1,1	0	0	0,2	Pour Srt > 500m2
Bureaux climatisés	Selon classement des baies au bruit	CE2	132			79,2	2,2	1	0	0	0,2	Pour Srt > 500m2
Accueil petite enfance	/	CE1	110,5			88,4	1,7	1,1	0	0	0,2	Pour Srt > 500m2
Logements collectifs	Srt = 70,67 m ²	CE1	89,47	77,80	70,02	62,24	1	1,2	0	0,056	0,3	Bois énergie
Logements collectifs	Srt = 70,67 m ²	CE1	89,47	77,80	70,02	62,24	1	1,2	0	0,056	0,3	CO2<50
Logements collectifs	Srt = 70,67 m ²	CE1	77,97	67,80	61,02	54,24	1	1,2	0	0,056	0,1	100<CO2<150
Logements collectifs	Srt = 70,67 m ²	CE1	72,22	62,80	56,52	50,24	1	1,2	0	0,056	0	CO2>150, fioul...

4. Besoins énergétiques de la ZAC

Répartition des consommations énergétiques moyennes d'un logement neuf de 70,67 m² (en énergie primaire) en cas de raccordement au réseau

- Postes énergétiques liés aux parties communes
- Postes énergétiques non réglementaires liés à l'aménagement intérieur
- Postes énergétiques réglementaires



Consommation moyenne d'un logement français

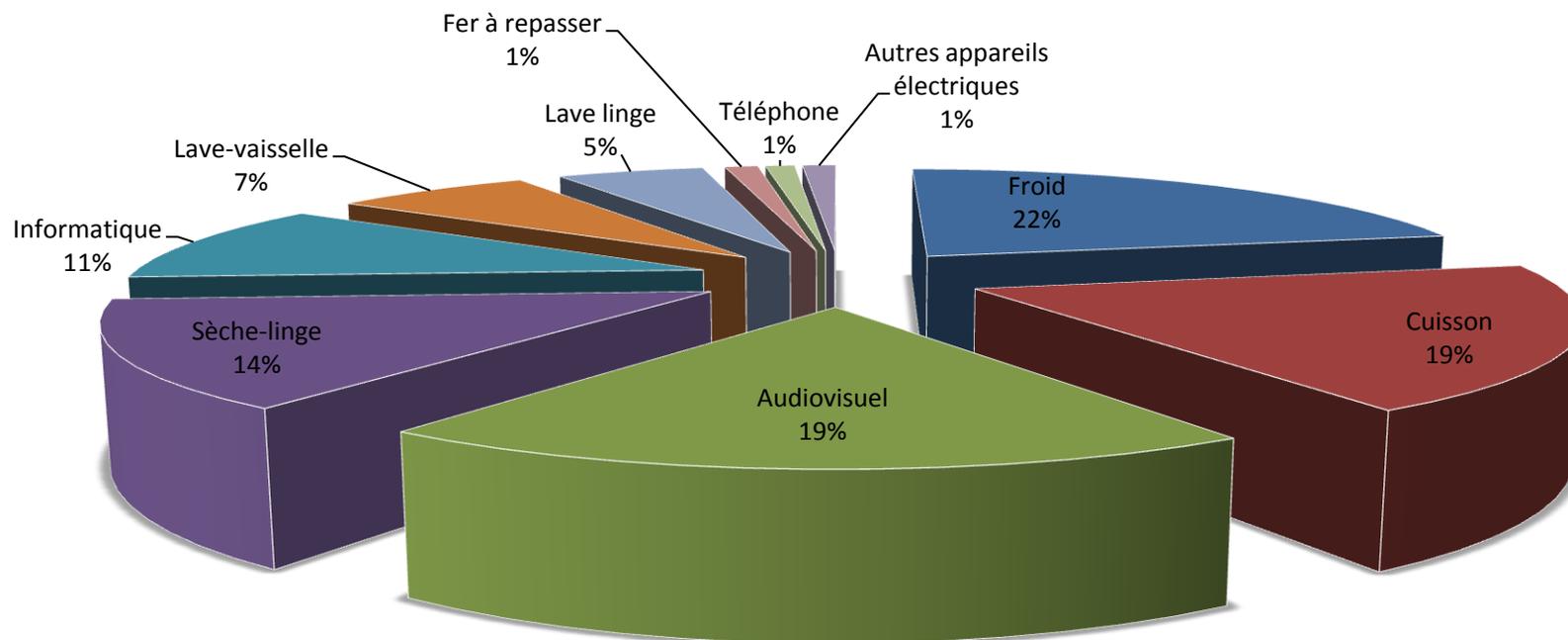
Consommations logement neuf de 70,67m² scénario RT2012 de kWh/m².an avant le 31 janvier 2017

Consommations logement neuf de 70,67m² scénario RT2012 de kWh/m².an après le 31 janvier 2017

Consommations logement neuf de 70,67m² scénario Effinergie + kWh/m².an après le 31 décembre 2014

4. Besoins énergétiques de la ZAC

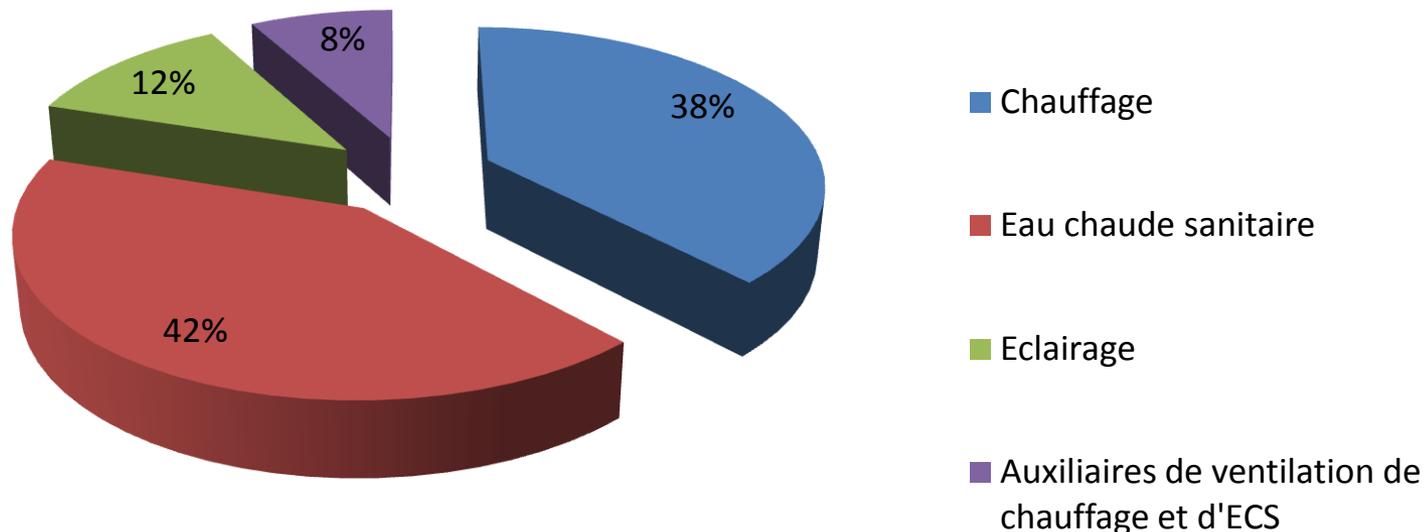
Répartition des consommations énergétiques liées à l'aménagement intérieur



L'ensemble de ces postes n'est pas contrôlable lors de la conception des logements. La sensibilisation auprès des futurs habitants sera d'autant plus importante afin de limiter les consommations sur ces postes. Le choix d'équipements économes en énergie, les gestes éco-citoyens sont les leviers principaux pour agir sur ces consommations.

4. Besoins énergétiques de la ZAC

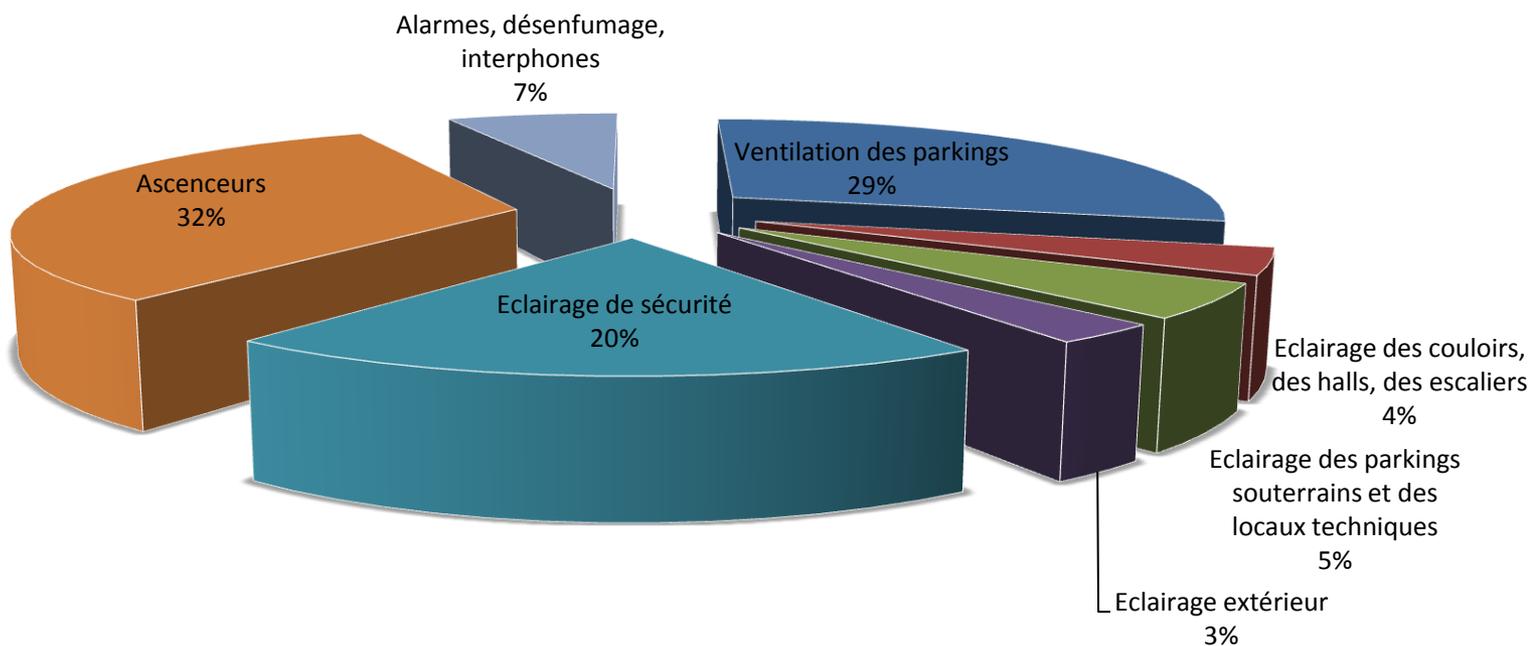
Répartition des consommations des postes énergétiques réglementaires dans un logement RT2012



Les postes énergétiques réglementaires les plus consommateurs d'énergie primaire sont le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Le choix d'équipements performants combiné à une enveloppe thermique efficace permettent de diminuer significativement les consommations liées à ces postes. La sensibilisation auprès des habitants sur l'utilisation de l'eau chaude est aussi un levier pour agir.

4. Besoins énergétiques de la ZAC

Répartition des consommations énergétiques liées aux parties communes



Les consommations liées aux parties communes forment une part plus faibles des consommations générales mais peuvent être facilement réduites. La temporisation adaptées des éclairages, la bonne disposition des luminaires ainsi que le choix d'équipements (ascenseurs, ventilateurs) performants peuvent réduire également les consommations.

5. Comparaison des scénarii

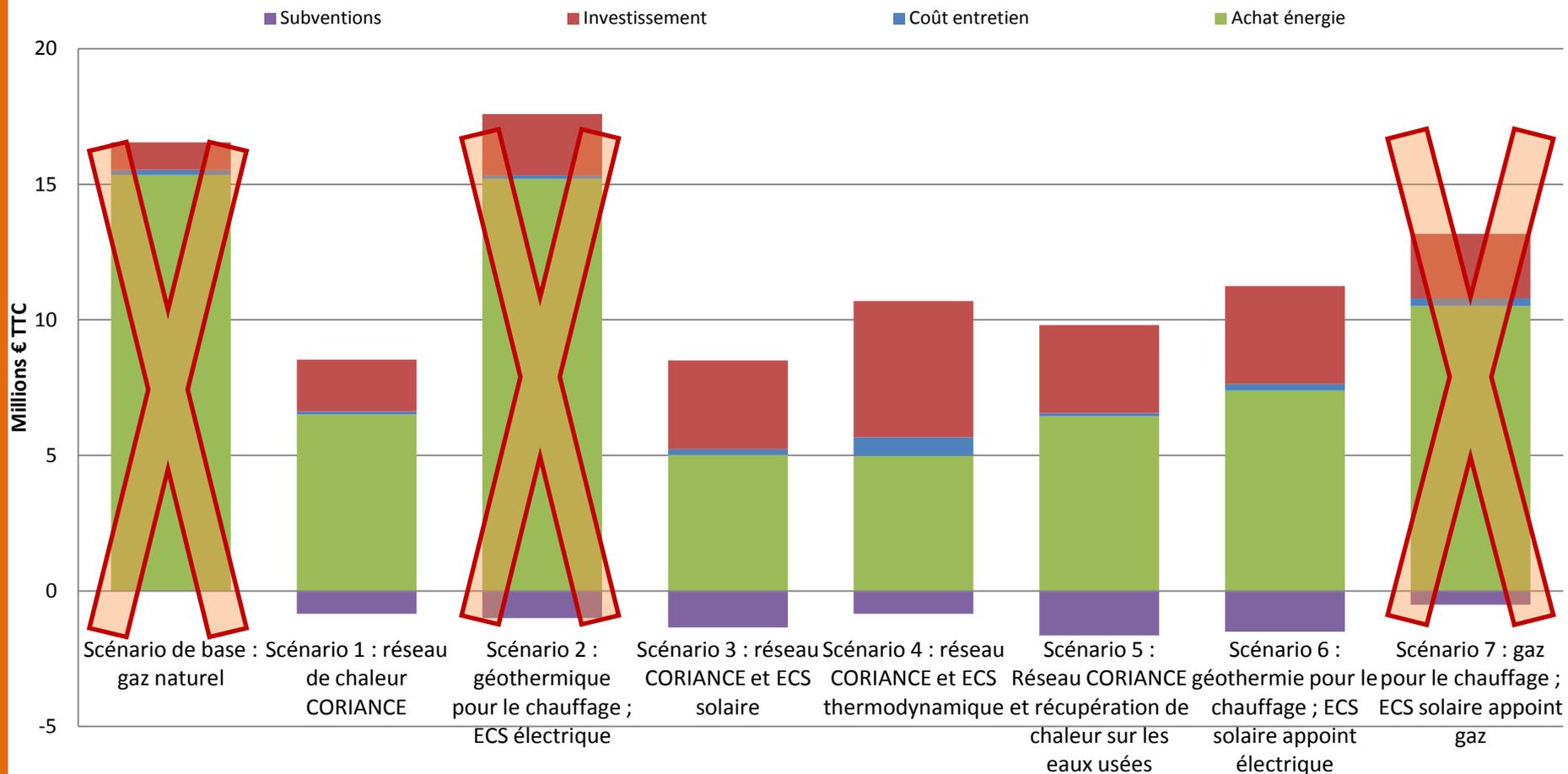
8 scénarii comparés dans l'étude :

- **Scénario de base** : Chauffage et ECS au gaz naturel
- **Scénario 1** : Raccordement au réseau de chaleur (RDC) pour 100% des besoins
- **Scénario 2** : Géothermie pour le chauffage et ECS électrique
- **Scénario 3** : Raccordement au réseau de chaleur et panneaux solaires thermiques pour 60% des besoins en ECS
- **Scénario 4** : Raccordement au réseau de chaleur pour le chauffage et ECS thermodynamique à 70%
- **Scénario 5** : Raccordement au réseau de chaleur et récupération de chaleur sur les eaux usées
- **Scénario 6** : Géothermie pour le chauffage, ECS solaire à 60% et appoint électrique
- **Scénario 7** : Chauffage au gaz naturel, ECS solaire à 60% et appoint gaz naturel

Remarque : Dans cette comparaison, les besoins des logements ont été calés sur les consommations maximales RT2012 conventionnelles (ECS et Chauffage gaz).

5. Comparaison des scénarii – Coût global

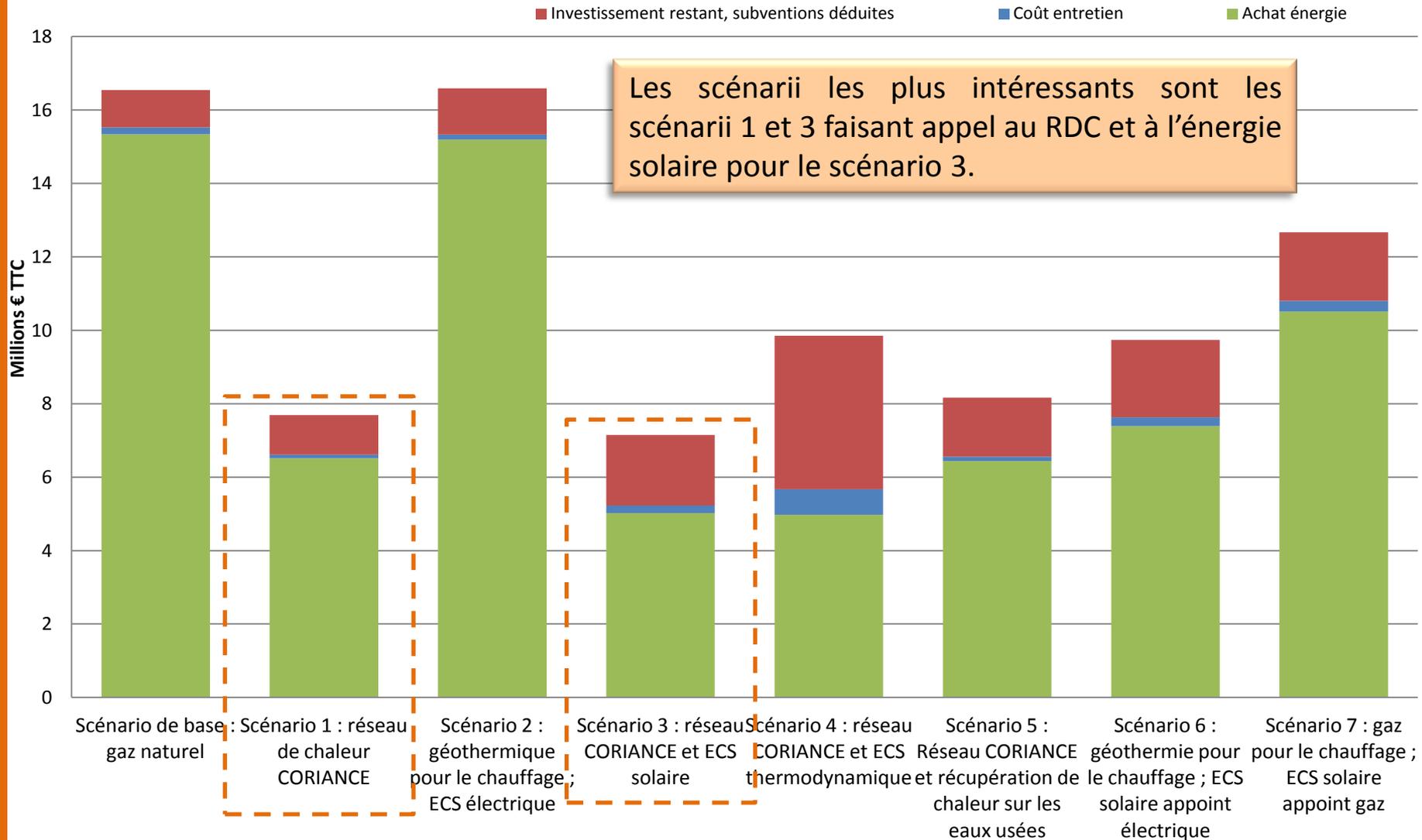
Comparaison en coût global de 8 solutions énergétiques pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire sur la période 2016 -2036



On remarque que les scénarii faisant appel à des énergies renouvelables sont subventionnés, parfois amplement, ce qui permet de diminuer les coûts d'investissement. Les projets faisant appel au gaz naturel ou à l'électricité ne semble pas pertinents.

5. Comparaison des scénarii – Coût global

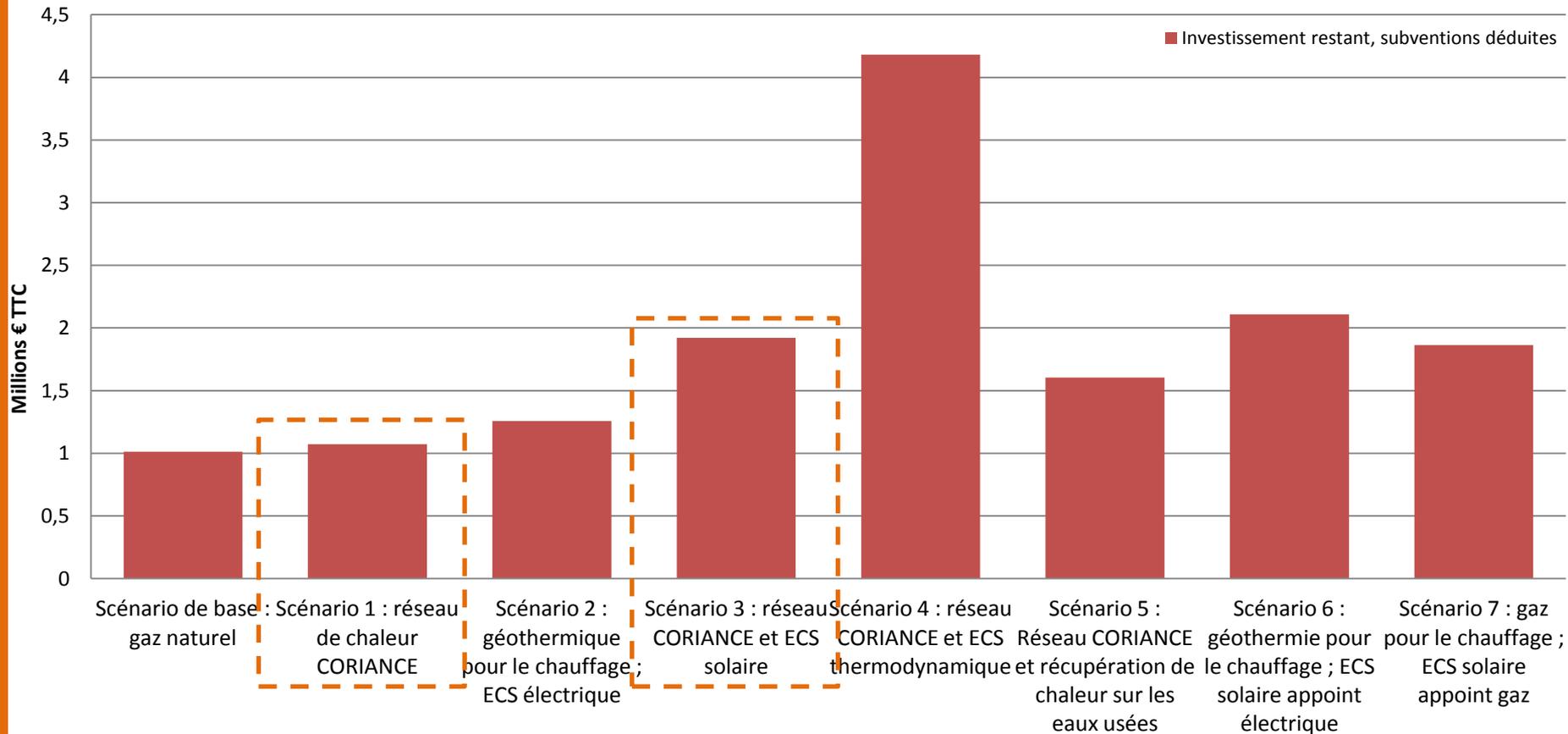
Comparaison en coût global de 8 solutions énergétiques pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire sur la période 2016 -2036



Les scénarii les plus intéressants sont les scénarii 1 et 3 faisant appel au RDC et à l'énergie solaire pour le scénario 3.

5. Comparaison des scénarii - Investissement

Comparaison en coût d'investissement de 8 solutions énergétiques pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire sur la période 2016-2036

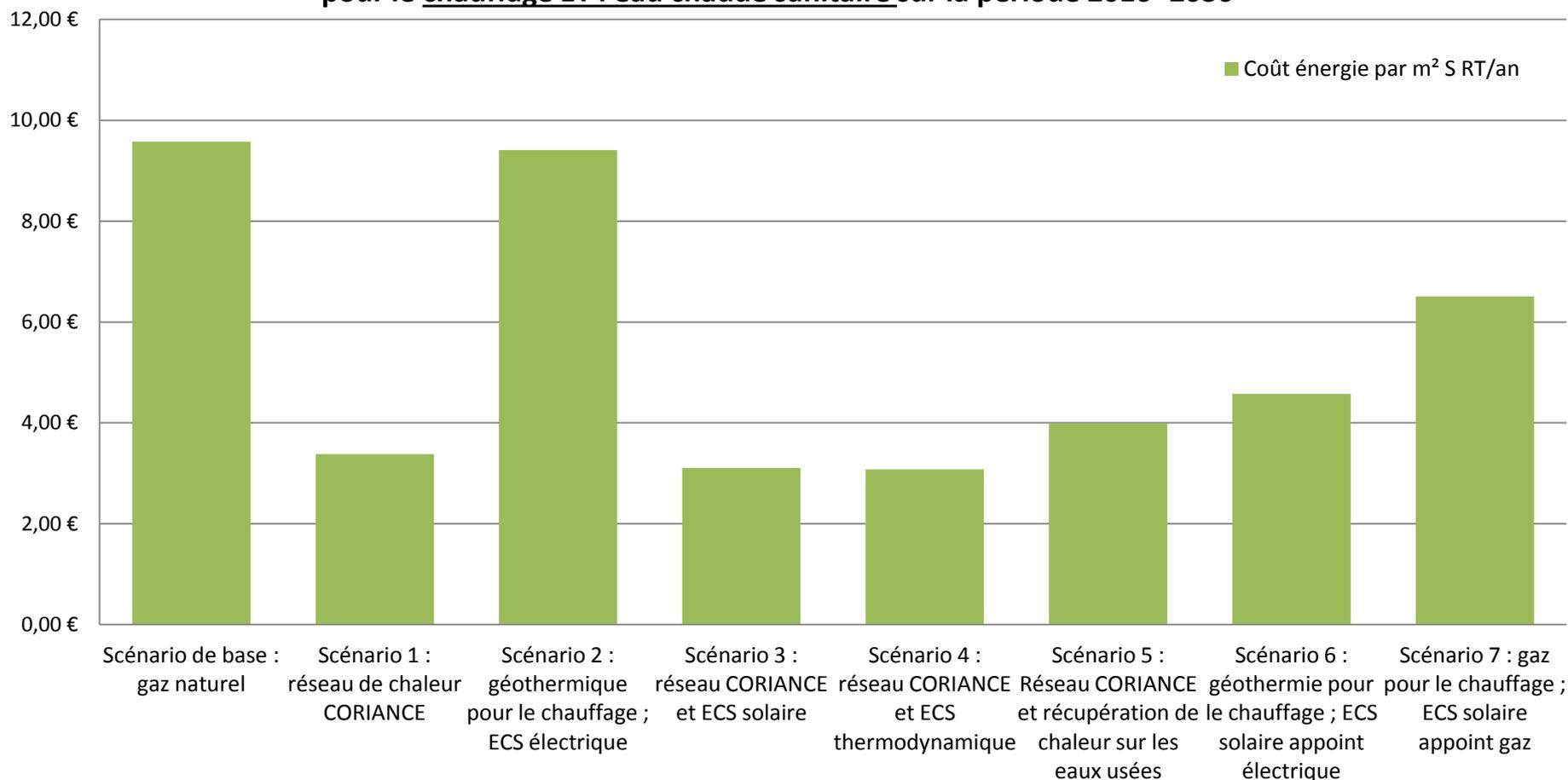


L'investissement est un point déterminant dans le choix de la source d'approvisionnement en énergie. On remarque que le scénario 1 est très compétitif sur ce point.

Invest Sc1 = 1 075 000 € * - Invest Sc3 : 1 925 000 € * * *Montants subventions maximales déduites*

5. Comparaison des scénarii – Charges des usagers

Comparaison du prix moyen d'achat de l'énergie au m² SRT/an de 8 solutions énergétiques pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire sur la période 2016 -2036

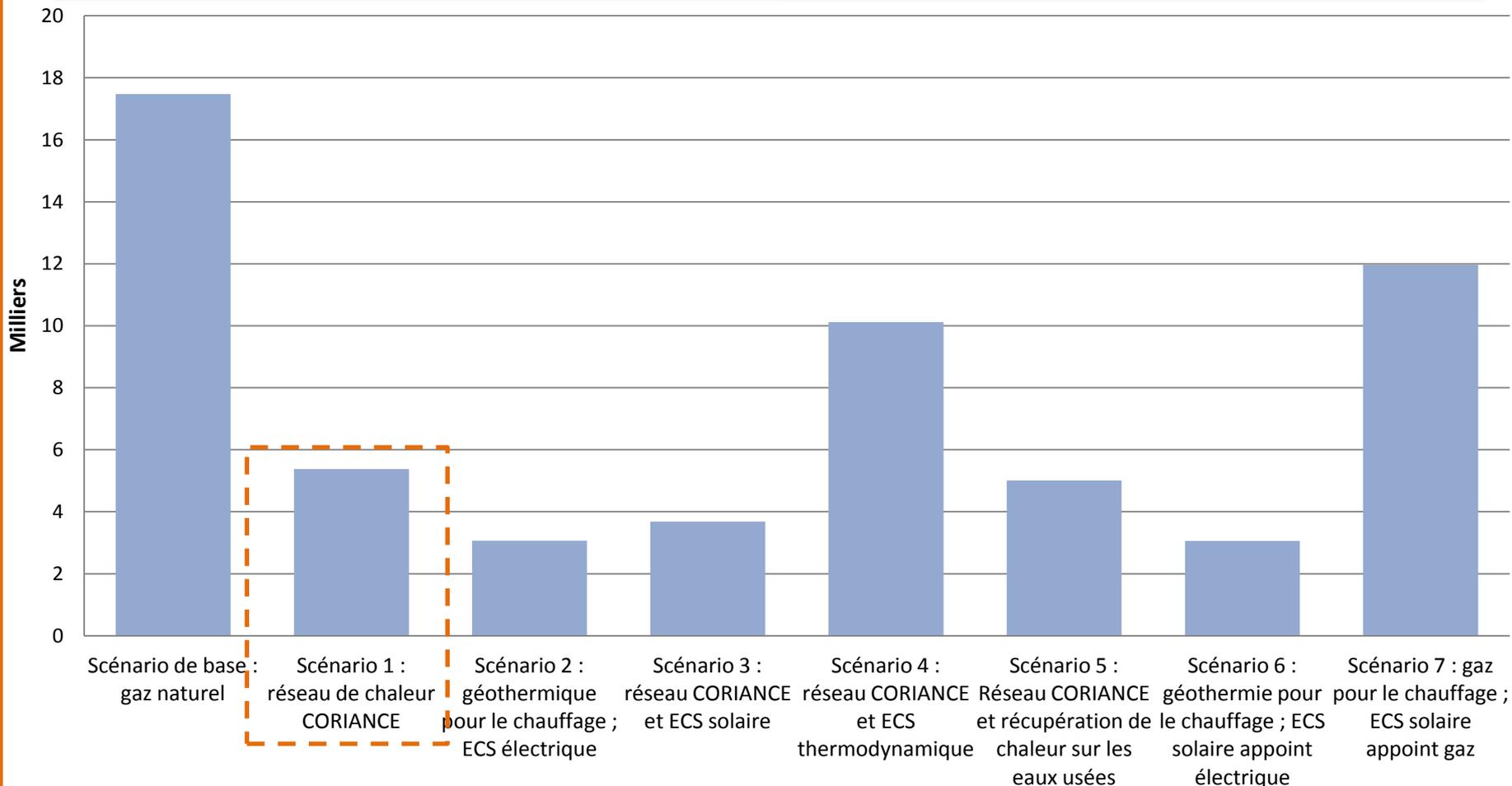


Le coût moyen annuel d'achat de l'énergie au m² de surface thermique permet de rendre compte de la charge imputée à l'occupant du logement. On remarque que le Scénario 1 permet d'offrir une énergie à un prix attractif, pour un investissement relativement faible par rapport aux autres scénarii.

6. Comparaison des scénarii – Emissions de CO₂

Emissions CO₂ de 8 solutions énergétiques pour le chauffage ET l'eau chaude sanitaire sur la période 2016 -2036 (tonnes eq CO₂)

Malgré des émissions supérieures à certaines autres sources d'énergie, le recours à l'énergie du réseau de chaleur reste une alternative très pertinente aux énergies fossiles.



7. Comparaison des scénarii – Récapitulatif

La comparaison des surcoûts pour les différents scénarii par rapport à la solution la moins onéreuse, montre que le scénario 1 est le plus pertinent.

	Scénario de base	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4	Scénario 5	Scénario 6	Scénario 7
Surcoût d'investissement par rapport à la solution la moins onéreuse	0,00%	5,76%	24,10%	89,65%	312,51%	58,37%	108,00%	83,90%
Surcoût d'achat de l'énergie par rapport à la solution la moins onéreuse	210,83%	9,65%	205,40%	0,86%	0,00%	29,46%	48,50%	111,17%
Surcoût d'entretien par rapport à la solution la moins onéreuse	83,33%	0,00%	33,79%	100,00%	563,33%	14,05%	133,79%	183,33%
Surcoût global par rapport à la solution la moins onéreuse	131,38%	7,53%	132,08%	0,00%	37,78%	14,21%	36,25%	77,16%
Comparaison des émissions de CO2 par rapport à la solution la moins onéreuse	471,52%	75,89%	0,23%	20,48%	231,09%	63,68%	0,00%	291,49%

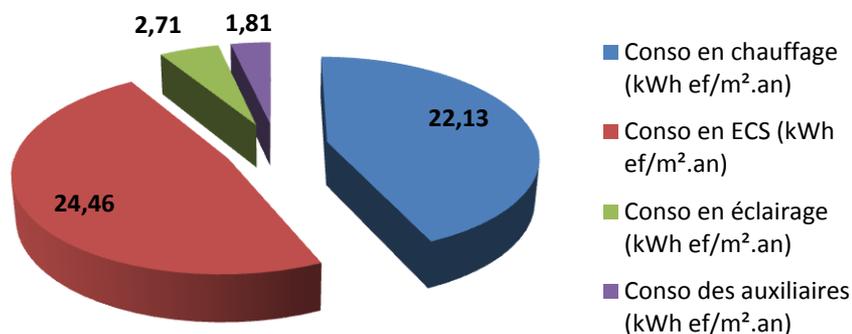
8. Intérêt du label Effinergie +

Si le raccordement de la ZAC au réseau de chaleur de Bondy semble être la solution la plus pertinente, il est intéressant de connaître les conséquences d'une démarche de haute performance énergétique tel que la labellisation Effinergie + sur les consommations des logements et la facture énergétique associée.

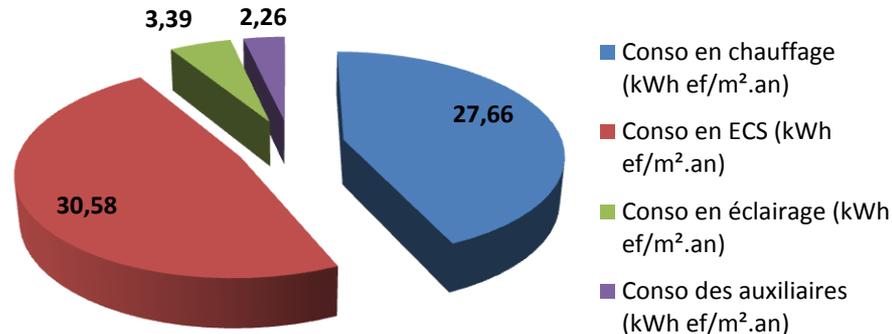
Tableau récapitulatif des Cep_{max} dans l'hypothèse d'un raccordement au réseau:

Type de local	Cepmax RT2012 (Arrêté du 26 Octobre 2010) - PC avant 31/12/2017 pour Logements collectifs	Cepmax RT2012 (Arrêtés 28 décembre 2012 et du 24 et 26 décembre 2014) - PC après 31/12/2017 pour Logements collectifs	Cepmax Effinergie + (avant le 01/01/2015 pour logements)	Cepmax Effinergie + (après 01/01/2015 pour logements)	Mctype	Mcgeo	Mcalt	Mcsurf	McGES
Logements collectifs Srt = 70,67 m ²	83,72	72,80	65,52	58,24	1	1,2	0	0,056	0,2

Consommations d'énergie finale par poste - Label Effinergie + (kWh ef/m².an) après le 31/12/2014



Consommations d'énergie finale par poste - RT2012 (kWh ef/m².an) après le 31/12/2017



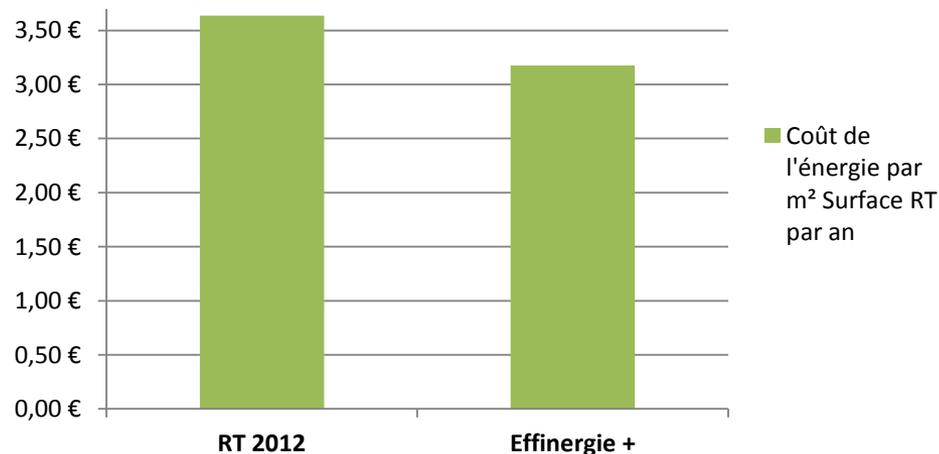
8. Intérêt du label Effinergie +

Les objectifs de diminution de la consommation d'énergie du label implique un surcoût lors de la construction, généralement de l'ordre de 5 à 7 % (SOURCE : Effinergie[®]).

Ce surcoût permet cependant de diminuer les besoins en énergie.

D'après l'étude menée sur la ZAC des Rives de l'Ourcq, voici la comparaison des coûts d'énergie par m² par an :

Coût de l'énergie par m² Surface RT par an



Economies moyennes annuelles
réalisées par logement
(Surface RT de 70,67 m²) :

32,58 €

Choix du scénario 1 : Raccordement au réseau de chaleur pour les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire

- Le raccordement permet un assouplissement de la RT2012 sur le projet
- Ce scénario induit l'investissement le plus faible, subventions déduites
- Il permet l'accès à une énergie à faible coût pour les habitants
- Le réseau possède un contenu carbone relativement faible compte tenu de son mix énergétique à majorité constitué d'énergie bois
- Le taux d'inflation de ce type d'énergie est plus faible et plus constant que les énergies fossiles.

Il convient d'être prudent sur l'évolution du mix énergétique du réseau en lien avec son développement : augmentation de la part de gaz donc du contenu CO₂ ...

Importance de la sensibilisation auprès des habitants pour réduire les consommations des postes énergétiques non réglementaires liés à l'aménagement intérieur notamment.