
ZAC du quartier durable de la Plaine du Canal de l'Ourcq Noisy-le-Sec (93)

Etude de potentiel en énergies renouvelables

Juillet 2015

■ 33, avenue des Etats-Unis 78000 Versailles ■ Tél 01 39 20 62 00 ■ Fax 01 39 20 62 62

Siège Social: CAP TERRE ■ 13 rue Colbert 78000 Versailles ■ Tél 01 80 77 05 20 ■ Fax 01 80 77 05 30

SAS au capital de 76 400 euros ■ RCS Versailles B 438 774 127 ■ APE 7112B

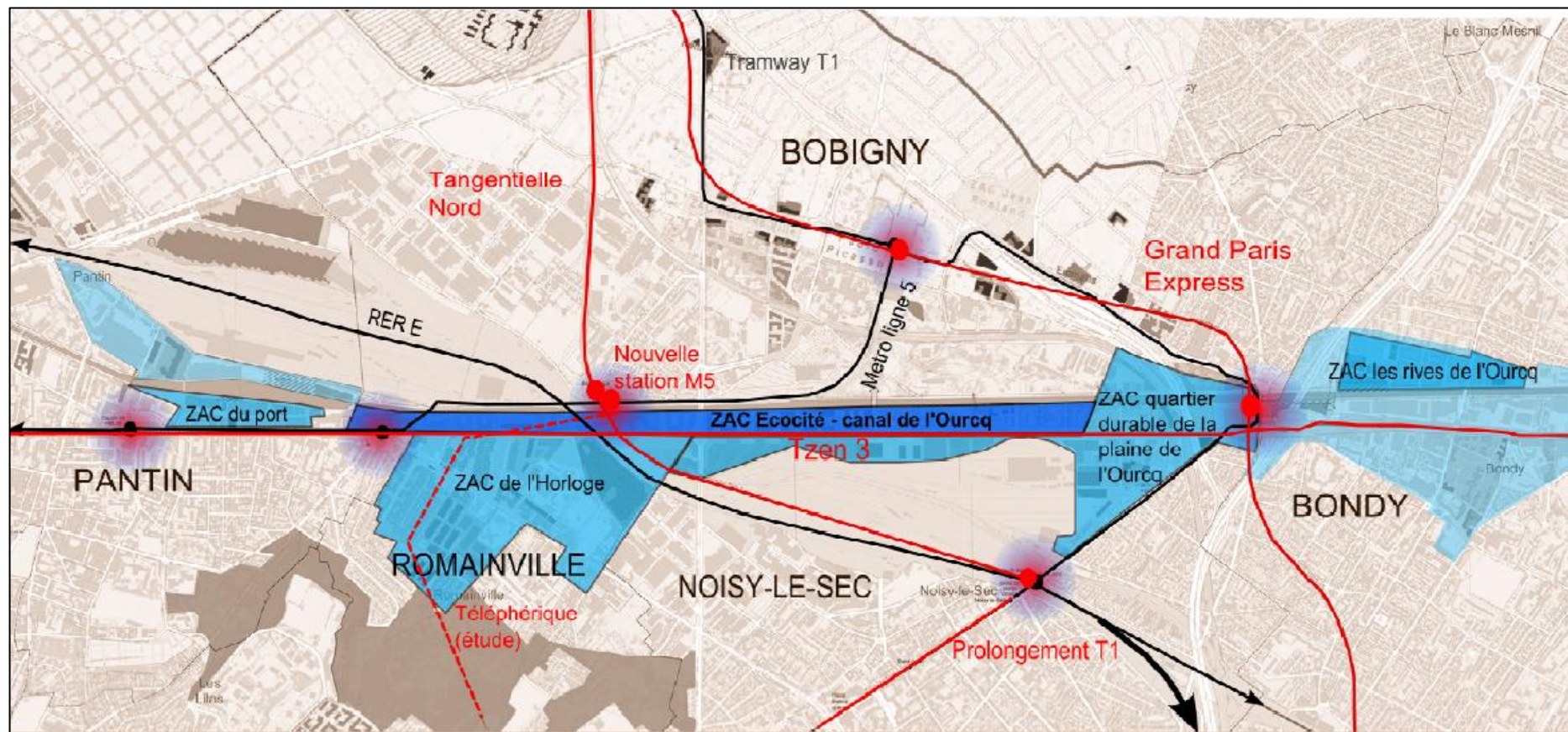
Site internet : www.cap-terre.com ■ e-mail : info@cap-terre.com

Version	Date	Auteur	Observation
Version 0	20/01/2015	Tarek OUANNAS	Version initiale
Version 1	30/03/2015	Tarek OUANNAS	Scénarii + coût global
Version 2	26/05/2015	Tarek OUANNAS	Reprise erreurs
Version 3	09/06/2015	Tarek OUANNAS	Reprise suite aux remarques de la MOA
Version 4	06/07/2015	Siham MADD Tarek OUANNAS	Reprise suite aux remarques de la MOA

Introduction

1) Présentation du territoire de la CAEE

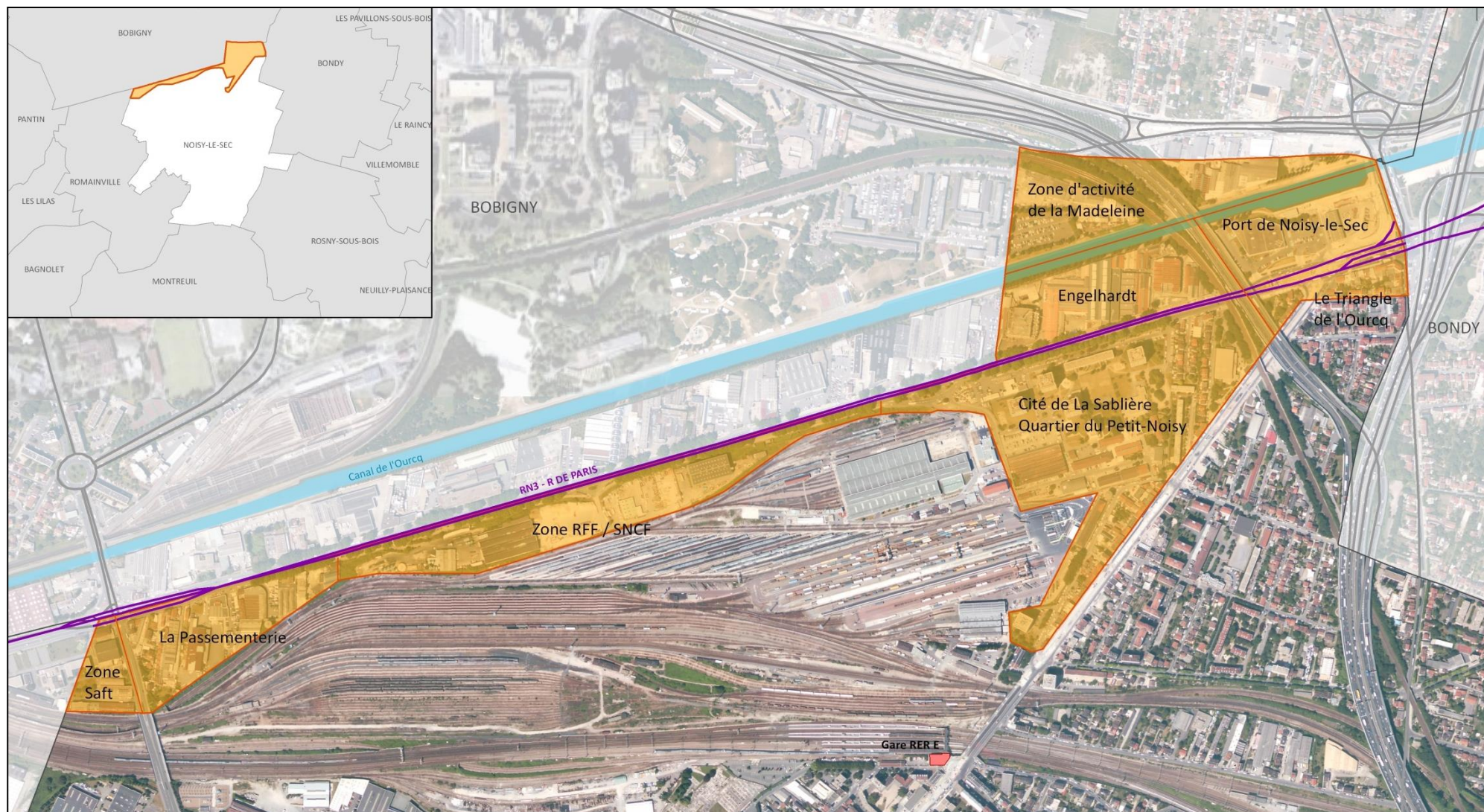
- La Ville de Noisy-le-Sec est membre de la Communauté d'agglomération Est-Ensemble (CAEE), créée par arrêté préfectoral le 17 décembre 2009. Elle réunit les communes de Montreuil, Bagnolet, les Lilas, Le Pré-Saint-Gervais, Pantin, Bobigny, Romainville, Bondy et Noisy-le-Sec et représente une population de 400 000 habitants.
- Le territoire de la CAEE a subi une forte influence de l'industrialisation au début du 19ème siècle, et concentre toujours aujourd'hui d'importantes activités industrielles et logistiques.
- La Plaine de l'Ourcq est identifiée comme l'un des trois secteurs d'entraînement d'Est Ensemble, avec le territoire des Faubourgs (portes de Paris) et le territoire du plateau et de la Corniche des Fort (point haut de la Métropole).
- Le territoire de la CAEE est engagé dans plusieurs projets d'aménagement en particulier sur tout le linéaire du Canal de l'Ourcq et de la RN3. Ces projets sont notamment portés par l'arrivée des gares de la future ligne 15 :
 - La ZAC du Port (6,5 ha)
 - La ZAC Ecocité – Canal de l'Ourcq (20ha)
 - La ZAC de l'Horloge (51 ha)
 - La ZAC des rives de l'Ourcq (11,4 ha)



2) Présentation du territoire communal

- La ville de Noisy-le-Sec, située à l'Est de Paris dans le département de la Seine-Saint-Denis (93), compte une population d'environ 40 000 habitants.
- Située à l'extrémité Nord du territoire communal, la ZAC du quartier durable de la plaine de l'Ourcq s'étend sur 27,9 hectares.

3) Présentation du projet



Source : Dossier de création de la ZAC

4) *Présentation des objectifs du projet*

L'aménagement du Quartier Durable de la plaine de l'Ourcq constitue une opportunité pour la communauté d'agglomération Est Ensemble et la Ville de Noisy-le-Sec de mettre en œuvre un projet de renouvellement économique et urbain d'ampleur en confortant et en favorisant la mixité, en diversifiant les activités accueillies et inscrivant ces nouveaux programmes dans un environnement urbain renouvelé et mieux intégré au reste de la ville.

Les mutations à engager sont profondes : le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) rappelle les objectifs du nouvel éco-quartier :

- « Réduire les coupures urbaines en créant de nouveaux axes pour raccorder les quartiers aux centralités urbaines.
- Revaloriser les abords du canal de l'Ourcq et son aspect paysager en améliorant son accès et en y développant des activités de loisirs. Réorienter ses usages vers de la mixité en introduisant des installations de fret, de plaisance, culturelles et de loisirs.
- Créer un quartier durable par la construction de logements diversifiés, accessibles à tous et répondant aux exigences de développement durable.
- Accompagner la transformation de l'activité économique liée à la désindustrialisation en redonnant une image qualitative au territoire.
- Aménager l'espace urbain : désenclaver le site en proposant des zones réservées aux piétons, aménager des voies dédiées aux vélos, créer des espaces verts de qualité et des espaces publics agréables.
- Valoriser l'Avenue Gallieni, lien essentiel entre la ZAC du territoire de l'Ourcq et le « centre-ville/pôle gare ».
- Le projet repose sur deux grands principes :
 - Favoriser l'émergence d'une nouvelle économie pour accompagner la création d'un nouveau quartier ;
 - Valoriser le paysage en bordure du canal de l'Ourcq, pour développer un lieu de vie innovant et équilibré.

5) *Le parti d'aménagement retenu*

- La mise en œuvre d'une véritable mixité urbaine.
- La restructuration du tissu économique.
- La création d'un maillage d'espaces publics pacifié et l'ouverture de la ville sur le canal.
- Un urbanisme de développement durable exemplaire et innovant.
- La mise en œuvre d'un pôle de sport et de loisirs connecté au port de Noisy.

La programmation du quartier durable de la plaine de l'Ourcq se veut mixte. Elle vise à intensifier l'activité et les flux afférents afin de développer une vie de quartier. Les typologies de logements créés permettront de répondre à l'ensemble des phases du parcours résidentiel.

	m ² (SDP)	%
Logements	108 300	50%
Activités	44 200	20%
Bureaux	30 800	14%
Commerces/Hôtel	18 540	9%
Equipements	15 000	7%
TOTAL	21 6840	100%

Il est prévu d'aménager sur le périmètre de la ZAC des espaces publics généreux, sur 38 750m² environ.

6) Le phasage général de la ZAC



Périmètre de la ZAC et secteurs opérationnels – Source : *Traité de concession*

Analyse du contexte réglementaire applicable au projet

1) Documents supra-communaux

Plan Régional pour le Climat (PRC) et Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE)

Le PRC, adopté en juin 2011, puis le SRCAE, adopté fin 2012, fixent les orientations régionales pour lutter efficacement contre le réchauffement climatique et en atténuer les effets.

La loi Grenelle II crée dans son article 68 les Schémas Régionaux du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE). Ils sont la déclinaison au niveau régional du Grenelle de l'Environnement. Ces documents stratégiques définissent les orientations en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des filières d'énergies renouvelables, de lutte contre la pollution atmosphérique, de qualité de l'air et d'adaptation aux effets des changements climatiques.

Le SRCAE a défini 3 orientations concernant l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique de la région :

- Densifier, étendre et créer des réseaux de chaleur et de froid en privilégiant le recours aux énergies renouvelables et de récupération,
- Favoriser le développement des énergies renouvelables intégrées au bâtiment,
- Favoriser le développement d'unités de production d'ENR électrique et de biogaz sur les sites propices et adaptés.

Dans le détail, les objectifs précisent les pistes d'actions suivantes :

N°	OBJECTIFS	N°	ORIENTATIONS
ENR 1	Densifier, étendre et créer des réseaux de chaleur et de froid en privilégiant le recours aux énergies renouvelables et de récupération	ENR 1.1	Déployer des outils en région et sur les territoires pour planifier et assurer le développement du chauffage urbain
		ENR 1.2	Optimiser la valorisation des énergies de récupération et favoriser la cogénération sur le territoire
		ENR 1.3	Encourager le développement et l'exploitation durable des géothermies
		ENR 1.4	Assurer une mobilisation et une utilisation cohérentes de la biomasse sur le territoire avec des systèmes de dépollution performants
ENR 2	Favoriser le développement des énergies renouvelables intégrées au bâtiment	ENR 2.1	Accélérer le développement des pompes à chaleur géothermales et aérothermiques
		ENR 2.2	Accompagner le développement des filières solaires thermique et photovoltaïque
		ENR 2.3	Mettre en place les conditions permettant au chauffage domestique au bois d'être compatible avec les objectifs de la qualité de l'air
ENR 3	Favoriser le développement d'unités de production d'ENR électrique et de biogaz sur les sites propices et adaptés	ENR 3.1	Favoriser la création de ZDE dans les zones favorables définies dans le SRE
		ENR 3.2	Améliorer la connaissance du potentiel et mettre en place les conditions nécessaires à un développement de la méthanisation
		ENR 3.3	Favoriser le développement de centrales photovoltaïques sur des sites ne générant pas de contraintes foncières supplémentaires

Agenda 21 et Plan Climat Energie départemental

Adopté en 2008 pour ses orientations stratégiques puis en 2009 pour son programme d'actions, l'Agenda 21 met en cohérence et en mouvement la stratégie départementale de développement durable. Le département de la Seine-Saint-Denis a également renforcé son action en adoptant un Plan Climat Energie départemental en 2010. Trois enjeux majeurs ont été définis pour atteindre l'objectif du Facteur 4 : agir sur les bâtiments en prévenant les risques de précarité énergétique, agir sur les déplacements de personnes et de marchandises en garantissant le droit à la mobilité et favoriser le changement des comportements de consommation et de déplacements.

Le plan comporte 70 actions départementales structurées en 10 axes :

- Réduire les émissions de gaz à effet de serre des logements et des bâtiments tertiaires,
- Accompagner le développement économique, notamment la mutation de la filière bâtiment,
- Garantir le droit à l'énergie en prévenant les risques de précarité énergétique des habitants,
- Construire une ville bioclimatique adaptée aux changements climatiques,
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre des déplacements domicile-travail,
- Reporter l'usage de la voiture pour les courtes distances (inférieures à 5 km),
- Rendre les transports collectifs plus attractifs pour réduire l'usage de la voiture individuelle,
- Promouvoir une meilleure gestion des flux de marchandises sur le territoire pour réduire le fret routier,
- Accompagner les séquano-dionysiens dans leur compréhension des enjeux et leurs changements de comportement,
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'administration départementale.

2) Documents communaux

PLU

- Le PLU a été approuvé le 15 novembre 2012.
- Le secteur de la ZAC Plaine de l'Ourcq est identifié en zone UA et UE (centre de la ZAC).
- La zone UA est dédiée aux espaces de centralité et secteurs de projet de Noisy-le-Sec, à vocation mixte.

Contexte climatique

1) Données climatiques

- La commune de Noisy-le-Sec bénéficie d'un climat de type tempéré, avec saisons intermédiaires humides et des hivers modérés. Les phénomènes extrêmes sont relativement rares (canicule ou grand froid, sécheresse ou précipitations fortes, etc.). Les années 2012 et 2013 ne font état d'aucun phénomène extrême.
- Les mesures de la station le Bourget, située à environ 4,5km du site d'étude, permettent d'apprécier les variations de températures, de précipitations, d'ensoleillement ainsi que de la force et la direction du vent :
 - Les **températures** sont ainsi relativement douces durant toute l'année 2013 avec une température moyenne mensuelle de 4,35°C en hiver et une moyenne de 18,7°C été.
 - Sur l'année 2013, les **précipitations** ont été fréquentes tout en restant relativement faible : une hauteur totale de précipitations de 640,7mm, avec un total de 109 jours de précipitations a été enregistré (le total annuel moyen établi par Météo France de 1981 à 2010 s'élève à 640,7mm sur 113,5 jours de précipitation).
 - L'**ensoleillement** annuel moyen sur l'année 2013 se situe légèrement en dessous de la normale annuelle : il est de 1511,5 heures ce qui correspond à 46 jours de fort ensoleillement et 168 jours de faibles ensoleillement.
 - La **vitesse moyenne du vent** sur l'année 2012 est de 14,5 km/h avec une vitesse mensuelle minimale de 13 km/h en août et une vitesse maximale de 16,7 km/h en décembre. Les vents de sud-ouest et nord-est sont prédominants, bien que les vents de sud-ouest soient les plus forts.

Offre énergétique actuelle

1) Electricité

- Le réseau d'électricité au niveau du site de l'opération s'étend le long de la rue de Paris pour desservir les sites SAFT, Passementerie, RFF ainsi que le secteur du Triangle de l'Ourcq. Il descend aussi l'avenue Gallieni afin de desservir la Sablière. Il borde le site ENGELHARD au Nord en longeant le canal de l'Ourcq jusqu'à la limite communale avec Bondy. Ce réseau fournit également de l'électricité sur l'actuelle ZAE de La Madeleine.

2) Gaz naturel

- Au niveau du site de l'opération, le réseau de gaz est similaire au réseau d'assainissement. Le réseau de gaz est présent notamment au niveau de la rue de Paris, la rue du Parc et le long de l'avenue Gallieni.

Plan du réseau de gaz dans le secteur Nord du territoire communal



Source : Etude d'impact sur l'environnement – Asterra – Mai 2011

3) Energies renouvelables

A l'heure actuelle, la géothermie peu profonde (avec Pompe à Chaleur) est utilisée sur le territoire d'étude. Le Réseau Observatoire et Statistique de l'Energie d'Ile de France (ROSE) recense à l'heure actuelle 2 Pompes à chaleur sur la commune de Noisy-le-Sec.

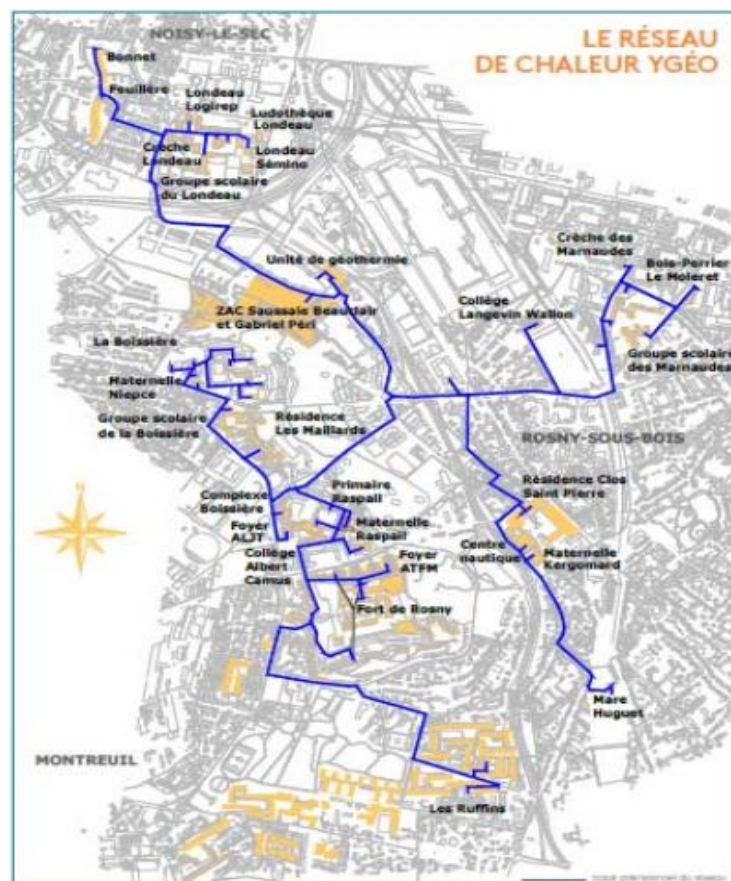
Le ROSE recense également un total de 15 panneaux solaires (thermiques et photovoltaïques confondus) sur la commune de Noisy-le-Sec.

Nombres d'installation de production d'énergie de source Solaire (Source : ROSE)			
Commune	Thermique		Solaire
Bagnolet	2		8
Bobigny	8		6
Bondy	1		8
Les Lilas	3		2
Le Pré Saint Gervais	NC		NC
Montreuil	79		43
Noisy-le-Sec	2		13
Pantin	3		6
Romainville	2		15
Total	100		101

Source : Rapport environnemental du CDT CAEE – Mai 2013

Un projet de source de production d'énergie renouvelable collective de type réseau de chaleur sur la commune de Noisy-le-Sec est en cours de travaux. Il s'agit du projet YGEO, dont les études menées par le SIPPAREC ont démontré la faisabilité technique et économique du projet, qui s'inscrit dans le cadre du programme de relance de la géothermie, initié par la Région Ile-de-France dans son Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE). La Délégation de Service Public a été attribuée à Cofely Réseaux, filiale de GDF SUEZ Energie Services.

La chaufferie géothermique et le réseau de chaleur associés couvriront les besoins énergétiques de plus de 10 000 équivalent-logements sur les 3 communes de Montreuil, Noisy-le-Sec et Rosny-sous-Bois (cf. carte du réseau de chaleur YGEO ci-dessous).



« Est Ensemble » a lancé une étude d'opportunité d'extension du réseau de la CPCU en accompagnant des travaux de transport sur la RN3. Les diagnostics et scénarios font état de nombreux projets développés sur le territoire de la Plaine de l'Ourcq et intègrent le projet YGEO sur le périmètre de la ZAC de Noisy. La conclusion de l'étude est prévue pour la fin de l'année 2015.

Conclusion :

Energies renouvelables : la capacité de raccordement à des installations existantes fonctionnant avec des énergies renouvelables est à l'heure actuelle nulle. Un projet de réseau de chaleur sur le territoire Nord de Noisy le sec est à l'étude. Des réserves conservatoires au niveau des aménagements publics et des immeubles sont à prévoir.

Energies fossiles : le gaz naturel et le réseau électrique sont les énergies principales du site.

Estimation des besoins du futur aménagement

1) ZAC de la Plaine de l'Ourcq

La ZAC de la Plaine de l'Ourcq sera constituée de logements, de zones d'activités, de bureaux, de commerces et d'équipements publics. Les besoins de chaleur (chauffage et ECS) ont été estimés avec des ratios par rapport à la surface de plancher (**SDP**) des bâtiments. Elles ont été estimées avec les hypothèses de programmation (cf. tableau p.8).

Les données utilisées pour caractériser les consommations globales annuelles du site proviennent des **retours d'expérience sur l'exploitation des bâtiments de type très basse consommation**, dont la conception et la mise en œuvre font état des meilleures pratiques aujourd'hui.

Ils ont été extrapolés et ramenés à un ratio de surface SHON RT et sont donnés à titre indicatif dans le tableau ci-dessous.

Sans connaissance des SHON RT du projet, nous prendrons l'hypothèse de SHON RT équivalents aux SDP.

Postes	Logements type RT 2012	
	kWh _{EF} /m ² .SHON RT	kWh _{EP} /m ² .SHON RT
Chauffage	30	30
ECS	35	35
Refroidissement	0	0
Eclairage	1	2,6
Aux. de Ventilation	2,5	6,5
Aux. de Génération	2,1	5,3
Sous-TOTAL	70,6	79,4
Autres Usages Parties privatives	18,5	47,8
Autres Usages Parties communes	4,6	12
TOTAL	93,7	139,2

Postes	Bureaux type RT 2012	
	kWh _{EF} /m ² .SHON RT	kWh _{EP} /m ² .SHON RT
Chauffage	21,5	21,5
ECS	3	3
Refroidissement	0	0
Eclairage	11,4	29,5
Auxiliaires	7,6	19,5
TOTAL	43,5	73,5

Postes	Commerces type RT 2012	
	kWh _{EF} /m ² .SHON RT	kWh _{EP} /m ² .SHON RT
Chauffage	18	18
ECS	0	0
Refroidissement	62,5	161,2
Eclairage	112,9	291,2
Aux. de Ventilation	14,1	36,4
Aux. de Génération	8,1	20,8
TOTAL	215,6	527,6

Postes	Activités type RT 2012	
	kWh _{EF} /m ² .SHON RT	kWh _{EP} /m ² .SHON RT
Chauffage	15	15
ECS	5	5
Refroidissement	0	0
Eclairage	6,7	17,2
Auxiliaires	7,5	19,4
TOTAL	34,2	56,6

Postes	Equipements publics type RT 2012	
	kWh _{EF} /m ² .SHON RT	kWh _{EP} /m ² .SHON RT
Chauffage	22,7	22,7
ECS	8,9	8,9
Refroidissement	0	0
Eclairage	6,7	17,2
Auxiliaires	7,5	19,4
TOTAL	45,8	68,2

Sans connaissance des systèmes de production de chauffage et d'ECS et de leurs rendements, nous prendrons l'hypothèse de besoins équivalents aux consommations.

Besoins des bâtiments de la ZAC

Ci-après la répartition moyenne des consommations en énergie primaire et les besoins en énergie finale de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq sur la base des hypothèses définies ci-avant :

Poste	Consommations (MWhEP/an)	Besoins (MWhEF/an)
Chauffage	5 248	5 248
ECS	4 237	4 237
Refroidissement	2 988	1 158
Eclairage	7 607	2 950
Auxiliaires Ventilation	2 253	871
Auxiliaires Distribution	1 834	716
Autres usages Parties Privatives	5 176	2 003
Autres usages Parties communes	1 299	498

Les **besoins de chauffage et d'ECS** de la ZAC sont de l'ordre de **9,48 GWh**, ce qui correspond aux besoins estimés dans l'étude d'opportunité pour la mise en place d'un réseau de chaleur sur le secteur d'aménagement « Ex-RN3/ canal de l'Ourcq » réalisée par Est Ensemble.

Les consommations réelles prises en compte ci-dessus n'intègrent pas d'approvisionnement en énergie renouvelable spécifique.

Besoins en électricité de la ZAC

Dans cette catégorie sont pris en compte les consommations et besoins en énergie de l'éclairage urbain et pour les transports.

Le calcul des consommations et des besoins en éclairage urbain a été effectué avec les hypothèses suivantes issue du document Eclairer Juste – ADEME, Syndicat de l'éclairage, AFE ; 2010 :

- 36 points lumineux par km de voirie,
- Puissance unitaire des modèles : 115W ballast compris pour les modèles type voirie principale et 65W ballast compris pour les modèles type voies de desserte,
- Nombre d'heure de fonctionnement par an : 8 350 heures sur la base d'une baisse d'intensité envisageable de 40% en semaine de 00h à 6h et le week-end, de 01h30 à 6h.

L'éclairage lié au stationnement en entrée d'immeubles ou de maisons est déjà intégré dans le poste Consommation Autres Usages des Parties Communes, présentées ci-dessus.

En partant d'une hypothèse de maillage d'éclairage urbain sur 3,2 km de voirie principale et 0,8 km de voie de desserte, la consommation globale du poste éclairage public est estimé dans le tableau suivant :

Poste	Consommation (MWhEP/an)	Besoin (MWhEF/an)
Eclairage voiries principales	201	78
Eclairage voies de desserte	28	11
TOTAL	229	89

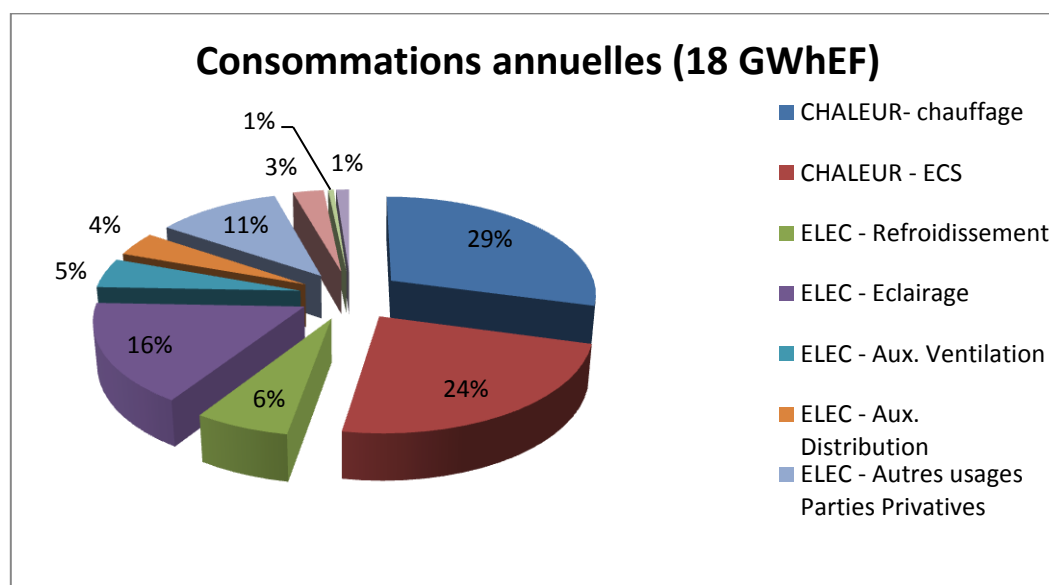
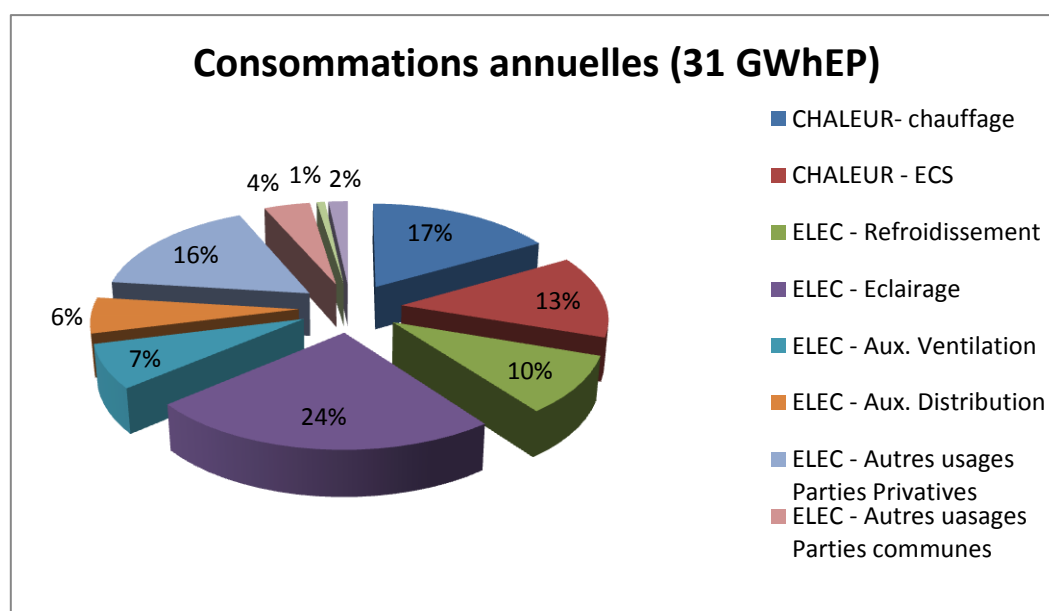
Le décret du 25 juillet 2011 impose la mise en œuvre de fourreaux électriques dans les immeubles d'habitation pour l'alimentation future des véhicules électriques à hauteur de 10% de places de stationnement équipées dans un parking de logement.

Le calcul a été effectué avec les hypothèses suivantes :

- L'ensemble des bornes électriques seront utilisés en exploitation des logements de la ZAC,
- L'estimation basse est de 1 200 logements minimum,
- Hypothèse d'une place de parking par logement,
- Trajet journalier effectué en véhicule électrique de l'ordre de 40 km, tous les jours de la semaine,
- Autonomie d'un véhicule électrique : 150 km (automobiles.challenge.fr)
- Consommation moyenne d'un véhicule électrique : 12 kWh / 100 km (automobiles.challenge.fr)

Poste	Consommation (MWhEP/an)	Besoin (MWhEF/an)
Bornes électriques de recharge	542	210

Synthèse des besoins de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq



2) Périmètre géographique et temporel de l'étude

Périmètre géographique de l'étude

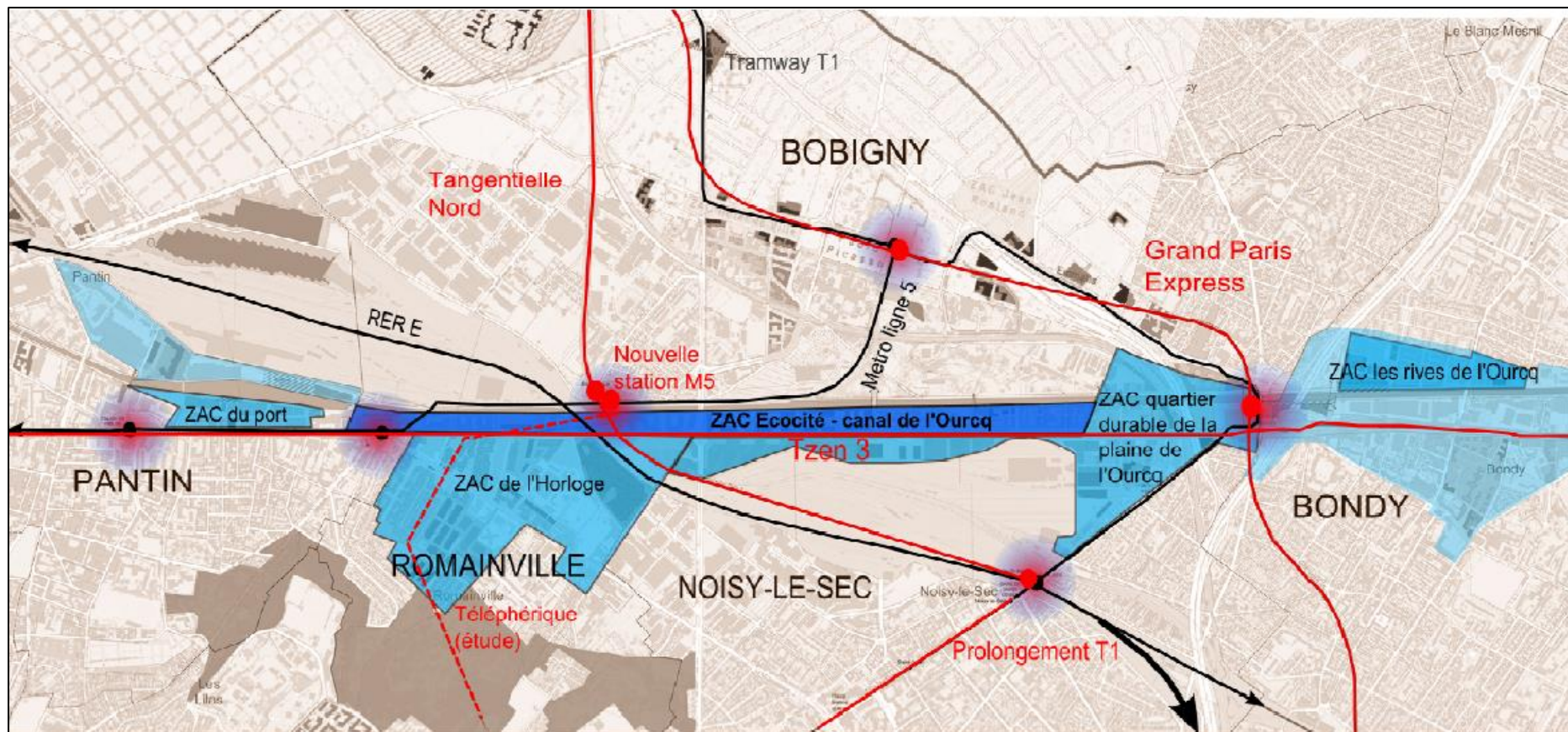
Le futur aménagement de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq s'insère dans une ville existante. Ce nouvel aménagement est donc lié au territoire qui l'entoure par différents réseaux : transports, énergies, eau, etc.

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

Cette étude est donc susceptible de prendre en compte des flux d'énergie d'ordre global à l'échelle de la ville :

- Energie produite et consommée à l'intérieur de la zone
- Energie produite à l'extérieur mais consommée à l'intérieur de la zone
- Energie produite à l'intérieur mais consommée à l'extérieur de la zone

Le schéma ci-dessous décrit l'environnement immédiat situé autour et à proximité de la ZAC à aménager :



Source : Extrait du CCTP

Zones	Présentation	Echanges énergétiques potentiels avec la ZAC de la Plaine de l'Ourcq
ZAC Ecocité – canal de l'Ourcq	<p>Projet de renouvellement urbain, éco-quartier mixte d'activités, de bureaux et de logements :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 140 000 m² de bureaux ○ 100 000 m² de logements (1 200 logements) ○ 50 000 m² de locaux d'activités artisanales, industrielles et commerciales ○ 4 000 m² de commerces ○ 6 000 m² d'équipements publics <p>Le projet prévoit la création d'un parc d'activités dédié à la filière éco-industrie (2,7 ha)</p>	<p>Raccordement potentiel au réseau de chaleur de la ville de Bobigny.</p> <p>-- : raccordement au réseau de chaleur de Bobigny compliqué du fait du passage du canal de l'Ourcq.</p> <p>Raccordement au projet de réseau de chaleur CPCU depuis la RN3 à l'étude.</p>
ZAC les rives de l'Ourcq	<p>Projet de renouvellement urbain, éco-quartier mixte d'activités, de bureaux et de logements :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Environ 1 300 logements ○ 10 000 m² d'activités ○ Des commerces 	Approvisionnement en réseau de chaleur depuis Bondy.
ZAC de l'Horloge	<p>Projet de renouvellement urbain, éco-quartier mixte d'activités, de bureaux et de logements :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 153 000 m² de locaux à destination d'entreprises ○ 37 000 m² de commerces ○ 73 000 m² de logements (environ 850 logements) ○ 1 lycée d'enseignement général ○ 40 000 m² d'extension pour Biociteh (pôle d'entreprises innovantes en santé et biotechnologies) 	<p>Solution d'une chaufferie collective au gaz à l'échelle du quartier privilégiée avec une alternative CPCU envisageable</p> <p>++ : possibilité d'utiliser la chaleur résiduelle des bâtiments de la ZAC de l'Horloge pour le futur aménagement. Des études sont à réaliser pour caractériser le potentiel de chaleur résiduelle en provenance de ces bâtiments.</p>

ZAC du port	Projet de renouvellement urbain, éco-quartier mixte d'activités, de bureaux et de logements : <ul style="list-style-type: none"> ○ Plus de 600 de logements ○ Commerces de proximité et espaces associatifs 	Etude d'approvisionnement d'énergie en cours. -- : zone éloignée de la ZAC (longueur de réseau pouvant générer trop de pertes).
-------------	---	--

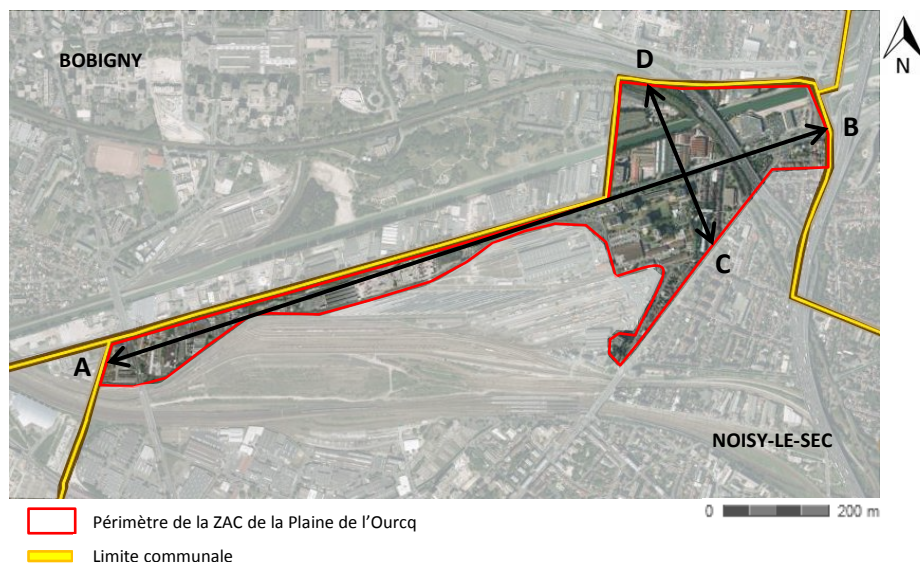
Conclusion :

Il est possible de conclure sur deux points importants :

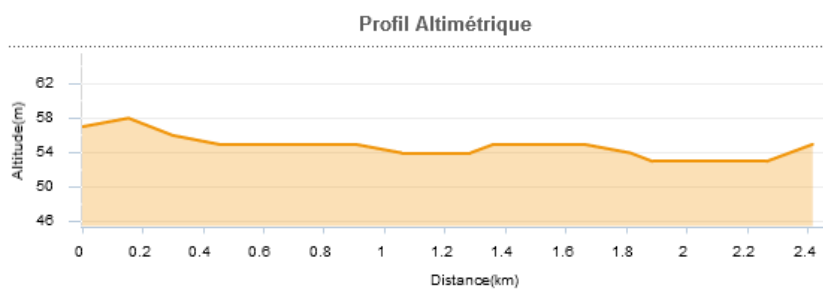
- **Les constructions et aménagements voisins présentent un potentiel important de possibilité de raccordement au projet réseau de chaleur ou des solutions locales de production de chaleur.** La présence ou l'extension d'un réseau de chaleur à Bobigny permettra à la ZAC de l'Ecocité un approvisionnement en énergie. La ZAC de l'Horloge a priori optée pour une chaufferie gaz collective. Un raccordement au projet YGEO est actuellement mené sur Noisy-le-Sec.
- **Les futures zones d'activités pourraient être intéressées par une alimentation en énergie provenant de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq (réseau de chaleur, électricité).** Ces usages sont généralement énergivores et pourraient contribuer à rentabiliser une installation énergétique de forte capacité.

Relief

- La ville de Noisy-le-Sec se trouve à une altitude moyenne de 86 m avec une altitude comprise entre 115 m au sud et 55 m au nord. Le territoire offre une pente douce vers le canal de l'Ourcq qui matérialise la limite nord de la commune.

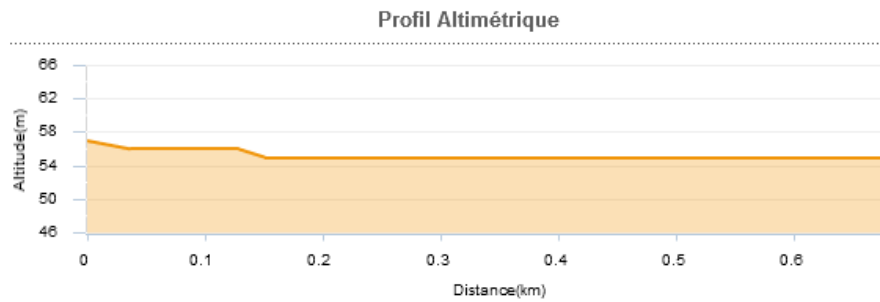
Coupe topographique du secteur

Source : Géoportail – Réalisation Cap Terre

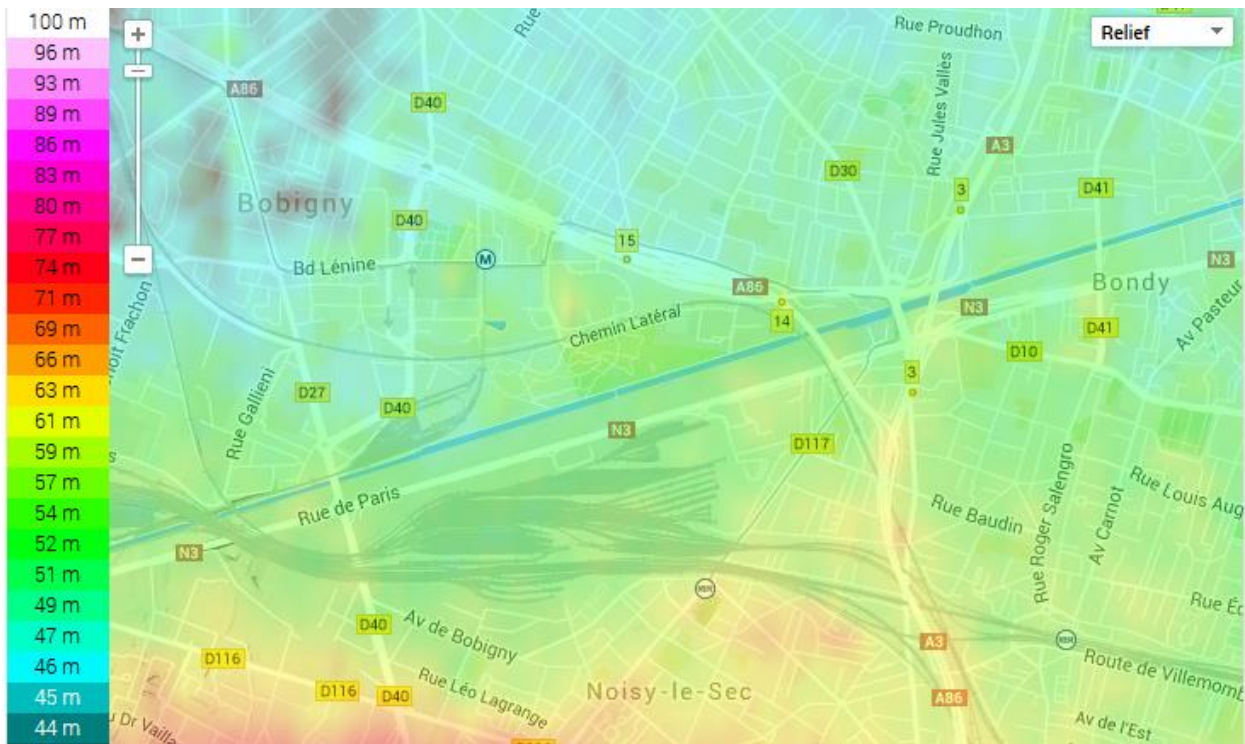
Coupe topographique du point A vers B

Source : Géoportail

Coupe topographique du point C vers D



Source : Géoportail



Source : www.cartes-topographiques.fr

➤ Comme nous pouvons le remarquer sur les coupes ainsi que sur la carte ci-dessus, le relief est relativement plat. Une légère déclivité est notable au niveau de la coupe topographique du point C vers D, avec une altitude maximum de 57 m et une altitude minimum de 55 m, et du point A vers B avec une altitude maximum de 58 m et une altitude minimum de 53 m.

➤ Cette pente présente un léger inconvénient puisque les constructions les plus à l'ouest et au sud seront sur un terrain naturel plus haut que les constructions disposées à l'est et au nord. L'implantation urbanistique des constructions devra s'appuyer sur des études d'ombres portées afin que les façades soient correctement solarisées ainsi que les capteurs solaires (photovoltaïques et solaires) disposés sur les toitures des constructions.

Phasage de la ZAC



Périmètre de la ZAC et secteurs opérationnels – Source : Traité de concession

Potentiel en énergies renouvelables

1) Potentiel géothermique

1.1 Géothermie très basse énergie

Solution technique n°1 : géothermie sur nappe

- Présentation :**

L'énergie des aquifères superficiels (température inférieure à 30°C – profondeur de nappe inférieure à 100 m) est utilisée, grâce à une PAC, sous forme de chaleur pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire ou le rafraîchissement de locaux (PAC réversibles).

Cette énergie est rendue exploitable par l'intermédiaire de pompes à chaleur (PAC à compression aquifère).

On distingue trois éléments clés : le forage et ses équipements, la ou les pompes à chaleur (PAC) et les émetteurs de chaleur (planchers chauffants basse température, ventilo-convecteurs, etc.).

La géothermie très basse énergie peut nécessiter un puit unique (avec un rejet en surface : rivière, plan d'eau, etc.) ou un doublet géothermique (double forage, permet de réinjecter l'eau dans la nappe ; c'est un procédé plus coûteux mais qui évite le rejet en surface de l'eau prélevée).

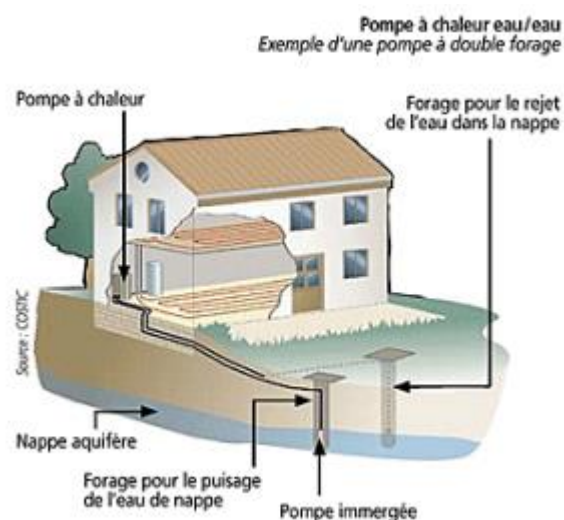
Il existe une garantie financière AQUAPAC prenant en charge la couverture financière du risque géologique lié à l'incertitude sur les conditions d'utilisation de la ressource naturelle (cf. paragraphe « Synthèse des aides et subventions envisageables »)

- Echelle théorique d'exploitation :**

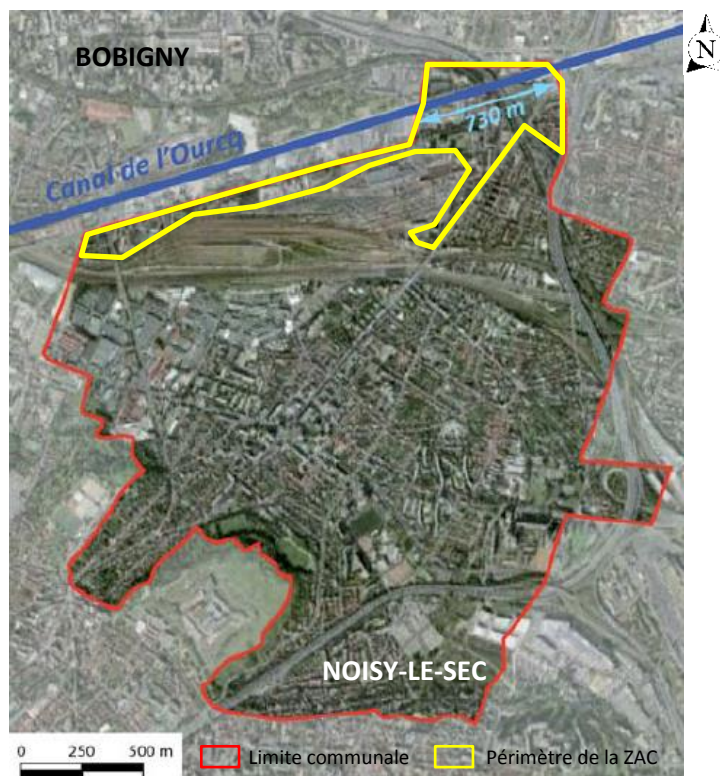
Echelle du bâtiment, ou bien d'un groupe de bâtiments.

- Potentiel :**

Le Canal de l'Ourcq traverse la commune (au nord) sur environ 730m. Il est propriété de la ville de Paris depuis 1876 et ouvert à la navigation depuis 1813.



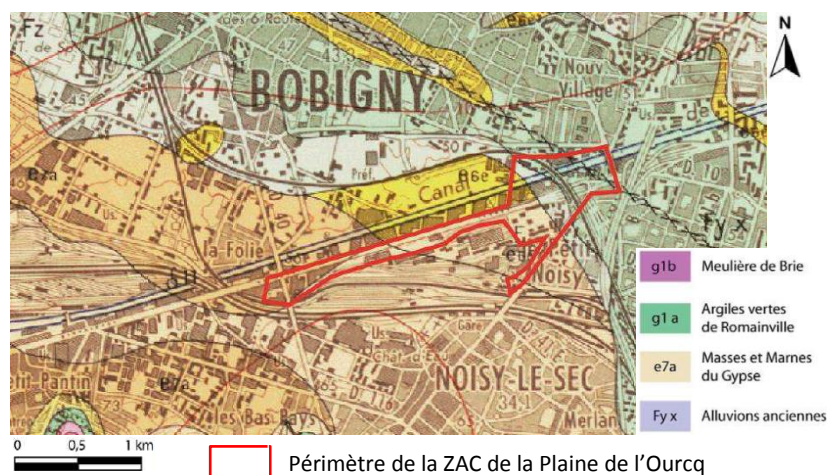
Localisation du Canal de l'Ourcq



Source : PLU de la ville de Noisy-le-Sec – Réalisation Cap TERRE

- La commune de Noisy-le-Sec appartient au bassin géologique Parisien. Les formations sédimentaires sur lesquelles se situe Noisy-le-Sec sont essentiellement des Masses et Marnes Gypse.
- Le projet repose donc principalement sur des Masses et Marnes Gypse (e7a) et est également occupé par des alluvions anciennes (Fy x) pouvant provoquer 3 conséquences directes :
 - Des risques d'effondrement liés à la dissolution du gypse,
 - Des risques d'instabilités des terrains liés à la présence d'anciennes carrières,
 - Des risques liés au retrait gonflement des argiles.

La géologie au niveau du site de l'opération



Source : Source BRGM

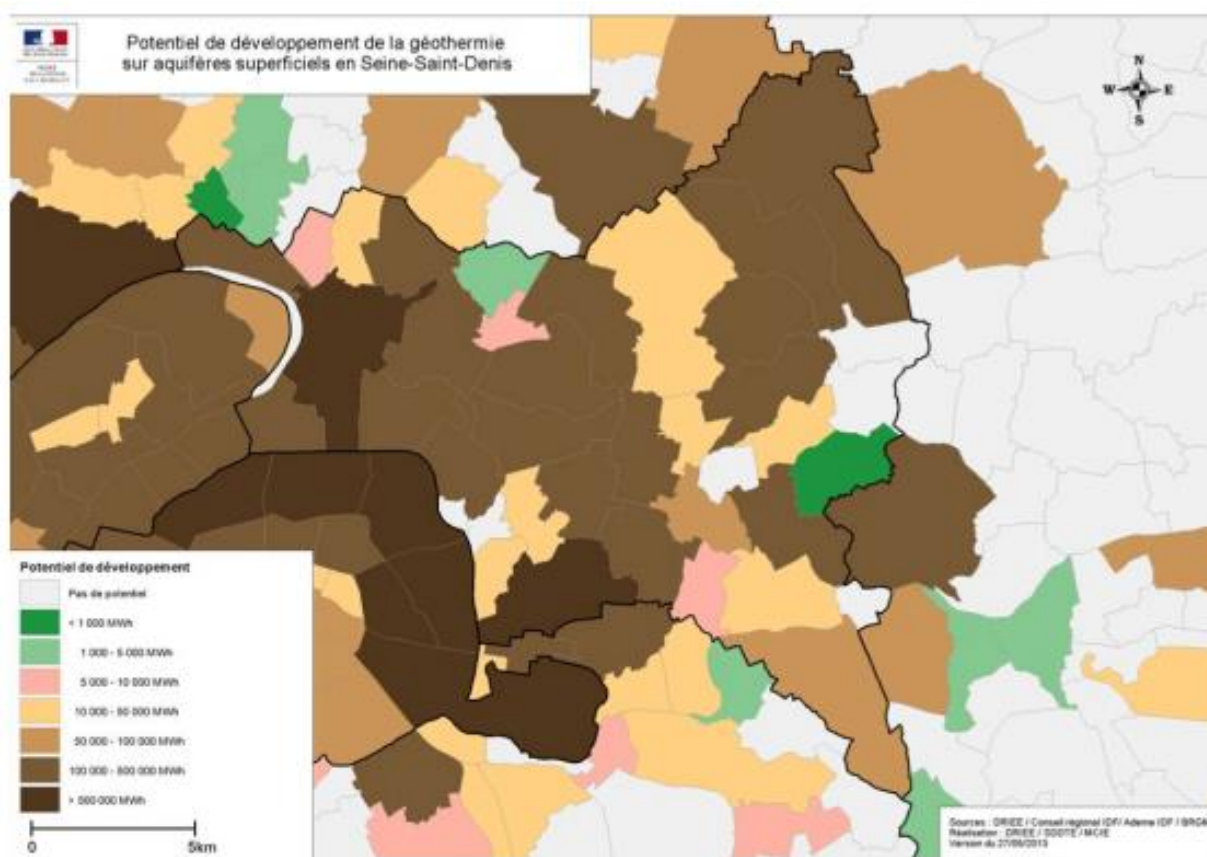


Figure 12 : Potentiel de développement de la géothermie sur aquifères superficiels en Seine Saint-Denis
(Sources : DRIEE, Conseil Régional IDF, BRGM)

La commune de Noisy-le-Sec présente un fort potentiel de création d'un réseau de chaleur géothermique. La carte ci-dessus montre que Noisy-le-Sec dispose d'un potentiel brut de développement de la géothermie sur aquifères superficiels compris entre 100 000 et 500 000 MWh.

➤ D'après le diagnostic complémentaire de pollution du milieu souterrain réalisé par BURGEAP en Avril 2010, la série géologique susceptible d'être rencontrée au droit du site est la suivante (de la surface du sol vers la profondeur) :

- Béton et remblais sur une épaisseur de 2 m environ ;
- Calcaire de Saint-Ouen sur une épaisseur de 17 m environ, composés de marnes, calcaire, calcaire argileux à passées siliceuses ;
- Sables de Beauchamp sur une épaisseur d'environ 6 m composés de sables gris, verts, ou bleus, argileux ;
- Marnes de caillasse sur une épaisseur d'environ 3 m, constitués de marnes, de calcaire blanc crème à brun et d'argile ;
- Calcaire grossier du Lutétien sur une épaisseur de 23 m ;
- Sables de cuisse de l'Yprésien sur une épaisseur de 30 m.

➤ Lors des investigations menées sur le site de l'opération au cours des diagnostics environnementaux relatifs à la pollution des sols, la nappe souterraine a été rencontrée à 11 m de profondeur environ et s'écoulait vers l'ouest/sud-ouest. La nappe phréatique est présente dans la couche géologique des calcaires de Saint-Ouen.

Des études hydrogéologiques complémentaires seront à réaliser afin d'enrichir les données sur les caractéristiques de la nappe d'eau souterraine (débit, profondeur et température exacte).

Le recours à de la géothermie sur le canal de l'Ourcq est tout à fait envisageable (sous réserve de débit et température réglementaire).

Le coût d'investissement de cette solution est élevé.

Réglementation – Opérations de pompes à chaleur sur nappe

Code de l'environnement

- ICPE : déclaration ou autorisation en fonction du prélèvement
- Code de l'environnement : articles L214 et articles R214

Code minier

Déclaration de sondage de plus de 10 m

Solution technique n°2 : géothermie sur sol

• Présentation :

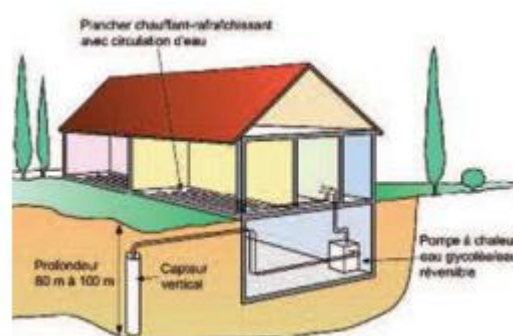
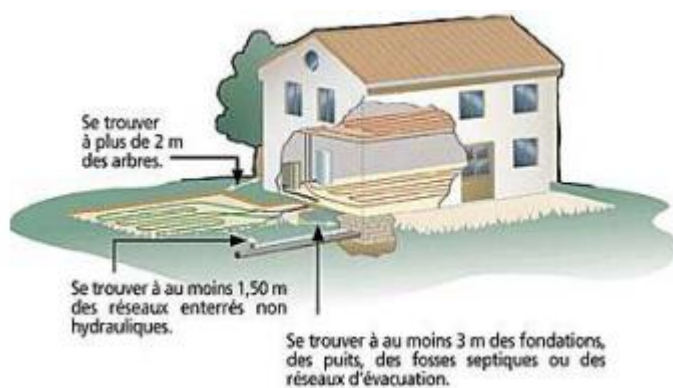
La chaleur du sous-sol est extraite par l'intermédiaire de capteurs enterrés et d'une pompe à chaleur, qui augmente la température du fluide frigorigène et transfère la chaleur dans le circuit de chauffage. Deux types de capteurs sont possibles pour exploiter la chaleur du sol :

- **Capteurs horizontaux** : ce sont des tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène installés en boucles dans le sol à 1m de profondeur.

De tels capteurs **nécessitent une surface au sol importante** : de 1,5 à 2 fois la surface à chauffer (pour un bâtiment de 1 000 m², le capteur occupera entre 1 500 et 2 000 m² d'espaces verts).

- **Capteurs verticaux** : il s'agit de tubes de polyéthylène installés dans des forages verticaux.

A titre indicatif, le chauffage d'un bâtiment de 1 000 m² peut être assuré par 8 sondes de 99 m de profondeur.



- **Echelle théorique d'exploitation :**

Echelle du bâtiment pour les deux types de capteurs.

- **Potentiel :**

Les systèmes de géothermie sur forages verticaux sont en général possible à mettre en œuvre sur tout type de terrain sauf les terrains très humides ou très fissurés.

Les caractéristiques de conductivité thermique moyenne et de capacité thermique volumique du sol de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq ne sont pas connues à l'heure actuelle. Aucune étude géothermique n'est disponible sur la commune de Noisy-le-Sec à notre connaissance. Les études de sol devront donc être entreprises au cas par cas.

Capteurs horizontaux

Compte tenu des surfaces d'échanges nécessaires, l'exploitation de la chaleur du sol par capteurs horizontaux ne semble pas envisageable en raison de la densité du projet urbanistique et des surfaces des parcelles qui en résultent (surface d'échange nécessaire = 1,5 à 2 fois la surface chauffée du bâtiment).

Capteurs verticaux

La géothermie verticale sur pieu paraît envisageable sur le projet, à l'échelle du bâtiment. A noter que pour l'ensemble du projet cela nécessite beaucoup de forages. Pour chaque parcelle, en fonction des bâtiments, une étude au cas par cas pourra être faite, compte tenu du manque d'information sur les caractéristiques du sol de la ZAC.

Réglementation : PAC sur sol

Capteurs horizontaux : pas de déclaration

Sonde verticale : soumis à déclaration ou autorisation

1.2 Géothermie basse énergie

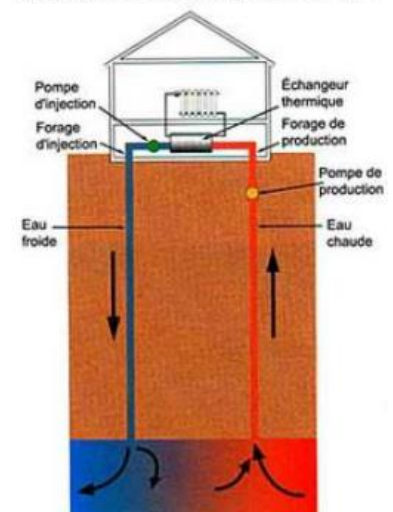
- **Présentation :**

L'eau chaude des sous-sols sédimentaires (entre 40 et 90°C) est extraite par l'intermédiaire de forages profonds de 1 000 à 2 000 mètres.

Le niveau de température de l'eau permet son utilisation en direct ou via une PAC suivant le régime de température : pour un usage thermique, un échangeur, précédé ou non d'un système de filtration, permet de restituer les calories ainsi captées à un réseau de chaleur.

Si les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont particulières ou si la réalimentation naturelle de la nappe est insuffisante, deux forages seront nécessaires. Dans ce cas, les deux puits (ou doublet) doivent être suffisamment éloignés l'un de l'autre pour que l'eau froide réinjectée ne

Principe du doublet géothermique



modifie pas les potentialités du gisement. Un seul doublet peut alimenter entre 3 et 6 000 équivalents logements. Dans le cas d'un puit unique, l'eau est rejetée en surface.

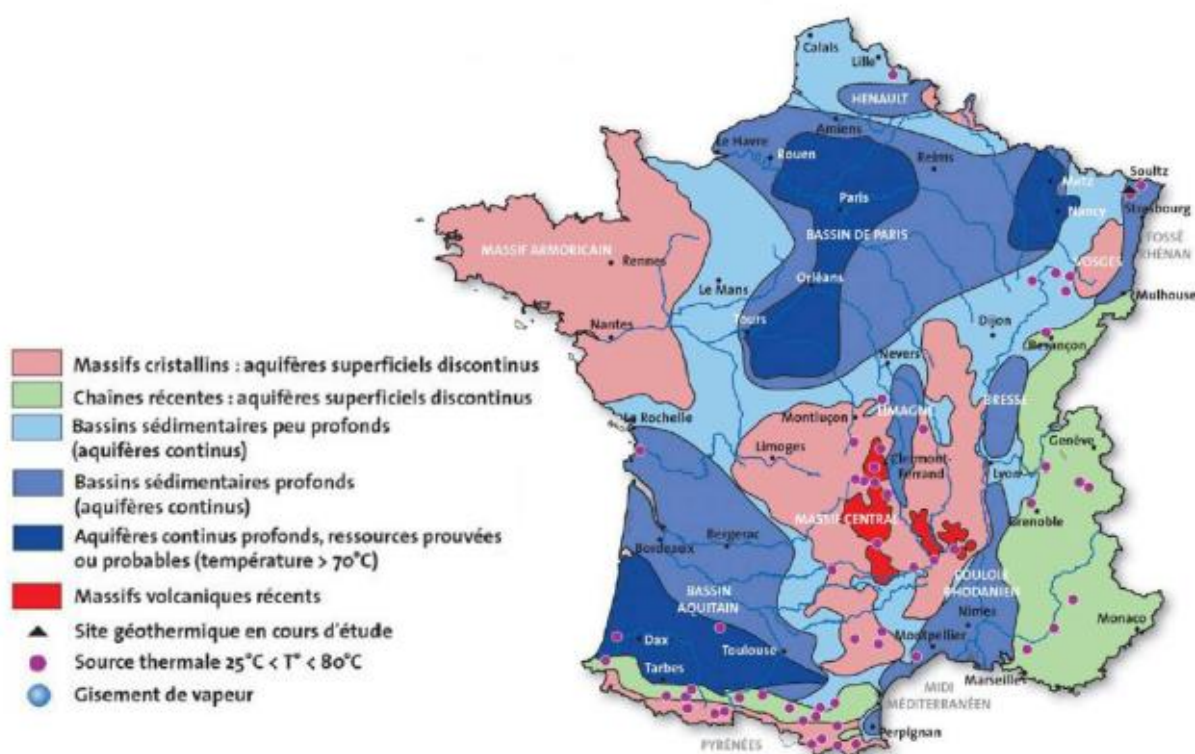
C'est cette solution qui est retenue pour le projet YGEO et présenté précédemment (voir p. 13). Un forage pourrait voir le jour à proximité de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq.

- **Echelle théorique d'exploitation :**

Exploitation à l'échelle collective : réseau de chaleur + PAC individuelles

- **Potentiel :**

Noisy-le-Sec est situé dans une zone a priori favorable pour la géothermie basse énergie comme le montre la carte ci-dessous :



Source BRGM

Au niveau de la ZAC, d'après le site du BRGM et de géothermie perspective, il existe une ressource de géothermie profonde dont le potentiel est très important grâce à la présence d'aquifères continus profonds. Le site se situe dans un secteur où l'exploitation de l'aquifère profond du Dogger est particulièrement favorable. L'aquifère du Dogger est un aquifère calcaire situé entre 1 600 et 1 800 mètres de profondeur avec une eau dont la température varie de 55 à 80°C.

Un potentiel de géothermie sur nappe profonde basse énergie est avéré avec un coût d'investissement élevé. Des études géotechniques et hydrogéologiques complémentaires pourront être réalisées afin d'enrichir les données sur les caractéristiques de la nappe d'eau souterraine.

Réglementation :

Cette réglementation impose aux personnes désirant exploiter une ressource géothermique à faire une déclaration en mairie (pour un puit ou un forage).

Le code minier

C'est la réglementation qui s'applique lors du forage. Suivant les caractéristiques (profondeur, etc.), une déclaration doit être faite auprès de l' « ingénieur en chef des mines ». Article 131 du code minier.

Il faut également une autorisation pour exploiter « un gîte géothermique », auprès de la préfecture ou du Conseil d'Etat.

Le code de l'environnement

Le code de l'environnement régit l'utilisation de la ressource eau. En ce qui concerne la géothermie, cela implique désormais plusieurs démarches, notamment pour le prélèvement de l'eau, la recherche de gîte géothermique, la réinjection de fluide dans les nappes, etc. Des déclarations à effectuer également en préfecture.

Le code de l'environnement encadre également les implantations et les créations de sondages géothermiques, afin de prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas dégrader les ressources en eaux souterraines.

Ainsi les « Dispositifs de captage ou de recharge artificielle des eaux souterraines » (Prélèvements permanents issus d'un forage, puit ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion des nappes d'accompagnement de cours d'eau, dans sa nappe, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé soumis à autorisation au titre de l'article R.214-1 du code de l'environnement et Recharge artificielle des eaux souterraines soumise à autorisation au titre de l'article R.214-1 du code de l'environnement) sont soumis obligatoirement à étude d'impact selon la rubrique 14 de l'annexe à l'article R122-2 du code de l'environnement.

De plus l'article R214-1 du code de l'environnement fixe les opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-3. Les forages pour géothermie peuvent ainsi être concernés par les rubriques suivantes :

- 1.1.1.0. *Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau (D).*
- 1.1.2.0. *Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant :*
 - 1) Supérieur ou égal à 200 000 m³/an (A) ;
 - 2) Supérieur à 10 000 m³/an mais inférieur à 200 000 m³/an (D).

1.3 Synthèse potentiel géothermique

POTENTIEL GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE

Sur eau de nappe :

Compte tenu des données actuelles il n'est pas envisageable de retenir cette solution sur la ZAC . Des études hydrogéologiques complémentaires seront à réaliser afin d'enrichir les données sur les caractéristiques de la nappe d'eau souterraine (débit, profondeur et température exacte).

Capteurs horizontaux :

L'installation de pompe à chaleur avec capteurs horizontaux n'est pas envisageable étant donné l'importance de la surface à mettre en œuvre (cette solution nécessite une surface de terrain pour l'échange thermique de 1,5 à 2 fois la surface à chauffer).

Capteurs verticaux :

L'installation de pompe à chaleur avec capteurs verticaux est envisageable si les futures études de sol prospectives locales sont favorables. La réalisation des forages peut être soumise au code de l'environnement et/ou au code minier.

POTENTIEL GEOTHERMIE BASSE ENERGIE

D'après les éléments du BRGM, on suppose la présence d'une nappe phréatique profonde et exploitable. Les facteurs déterminants pour la mise en œuvre d'installations de PAC sur aquifère restent les mêmes que pour le système sur nappe vu précédemment. Seule la mise en œuvre de forages avec essais de pompage sur la ZAC de la Plaine de l'Ourcq permettrait de caractériser et confirmer précisément le niveau de la ressource disponible localement.

1.4 PAC à absorption gaz

○ Présentation :

Les pompes à chaleur ne peuvent être classées parmi les énergies renouvelables au sens propre, bien qu'elles récupèrent de l'énergie solaire (par l'air, l'eau et le sol eux-mêmes chauffés par le soleil), car elles consomment une part non négligeable d'électricité pour alimenter leurs compresseurs.

Le rendement réel en exploitation de ces équipements (coefficient de performance COP) atteint pour le moment des niveaux aux alentours de 3 (en moyenne annuelle). Ces équipements, malgré l'utilisation technique d'énergie solaire, consomment donc presque autant d'énergie primaire (rapport énergie primaire / énergie finale égal à 2,58) qu'une chaudière gaz traditionnelle.

Les pompes à chaleur et surtout les PAC aérothermes sont donc encore assimilables à de bons systèmes de chauffage électriques.

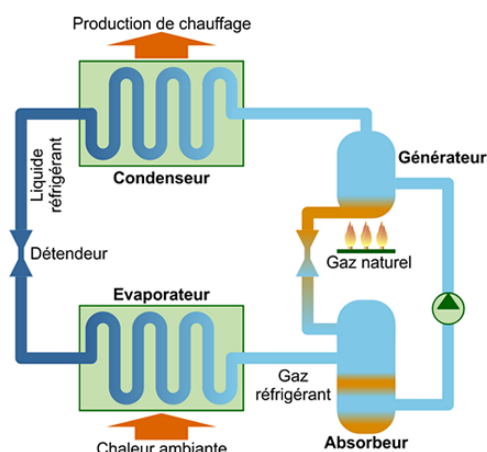


Schéma de principe (source Théma).

C'est la raison pour laquelle ces systèmes en aérothermie ne sont pas abordés dans cette étude.

Une alternative aux systèmes classiques PAC qui commence à se généraliser est la Pompe à Chaleur à Absorption Gaz.

Le « compresseur mécanique » est ici simplement remplacé par un « compresseur chimique ». Il fonctionne sur le principe de l'absorption, c'est-à-dire la capacité d'un élément, l'absorbeur (eau) à attirer un autre élément, le fluide caloporteur (solution d'ammoniac). La séparation de ces 2 éléments est réalisée par le réchauffeur au gaz naturel. La circulation des fluides se fait par une pompe dite « de solution ». L'absence de machine tournante rend ainsi le système particulièrement silencieux.

- **Echelle théorique d'exploitation :**

Echelle du bâtiment.

- **Potentiel :**

La commune de Noisy-le-Sec est alimentée en gaz. Cette technologie est donc tout à fait envisageable et possède l'avantage de garantir un COP optimal à toutes les périodes de l'année (de l'ordre de 1,7 soit supérieur à une chaudière gaz à condensation classique). Elle est de plus peu dépendante des températures extérieures grâce à la chaleur de la réaction d'absorption.

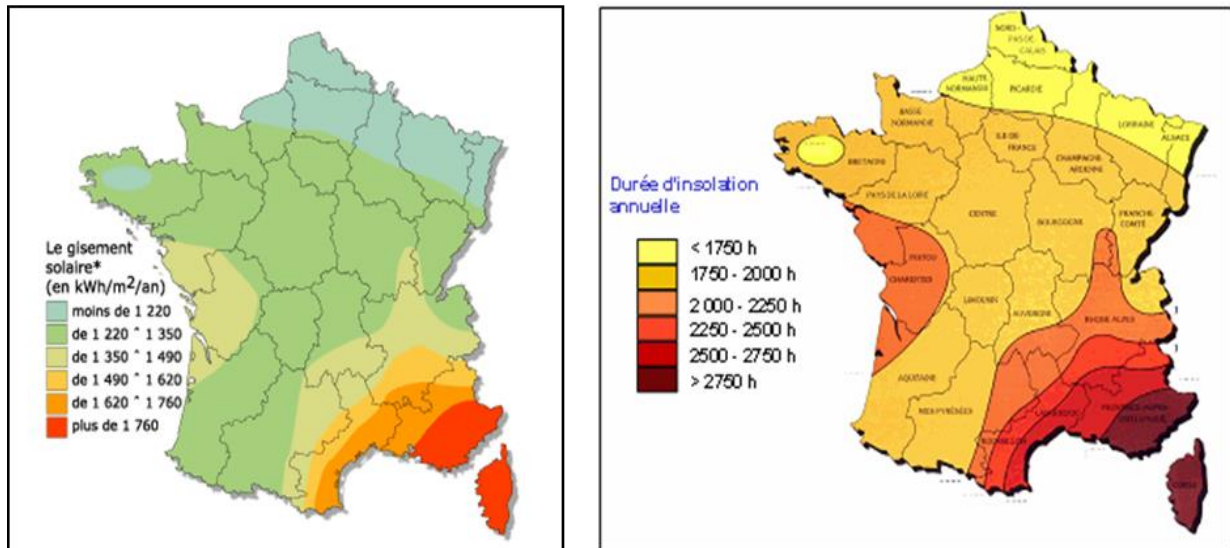
L'installation d'une pompe à chaleur à absorption gaz est envisageable à l'échelle des bâtiments de logements collectifs de la ZAC. Le coût global de ces installations qui commencent à se généraliser sur le marché des énergies renouvelables reste encore élevé.

Le combustible Gaz a un impact non négligeable sur les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère.

2) Potentiel solaire

2.1 Gisement solaire de la zone d'étude

La région Ile-de-France présente un bon niveau de gisement solaire et d'ensoleillement. On observe en effet: en moyenne 1 220 à 1 350 kWh/m² d'irradiations annuelles et 1800 à 2000 heures d'ensoleillement annuel (cf. cartes ci-dessous).



Source ADEME & INES

Potentiel solaire intéressant sur la ZAC. Les faibles dénivelés Sud-Nord et Est-Ouest nécessitent un travail sur l'ensoleillement des bâtiments et leurs toitures afin de tirer profit du maximum de rayonnement solaire possible.

2.2 Energie solaire passive et constructions bioclimatiques

○ **Présentation :**

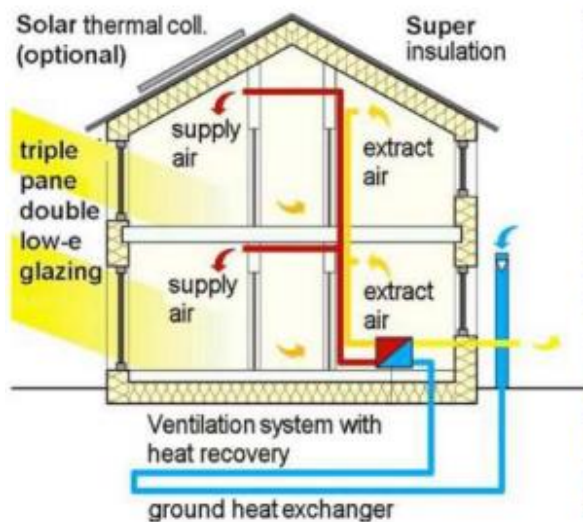
Partant du constat que l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas, l'intérêt des constructions bioclimatiques est d'orienter et d'ouvrir les façades principales du bâtiment au sud afin de capter un maximum d'apports solaires gratuits tout en mettant en œuvre une isolation de l'enveloppe des bâtiments très performante afin de conserver cette chaleur à l'intérieur du volume chauffé. Les gains attendus en termes d'économies de chauffage sont très importants.

Le soleil, l'isolation, les apports énergétiques intérieurs suffisent en hiver pour maintenir le bâtiment à une température agréable. Cette énergie disponible de façon passive est directement liée au plan masse de la zone et à l'organisation des bâtiments sur chaque parcelle.

Ce type de bâtiment intègre également des protections solaires (casquettes, volets, etc.) pour limiter les apports en mi-saison et en été afin d'éviter les surchauffes.

La conception se base sur plusieurs critères liés à l'enveloppe bioclimatique et aux équipements présents dans le bâtiment :

- Une isolation très performante, par l'extérieur, sans ponts thermiques,
- Des menuiseries très performantes de type triple vitrage,
- Des surfaces vitrées orientées principalement au sud, mais aussi à l'est et à l'ouest,
- Une architecture compacte,
- Un système de ventilation performant à très haut rendement



Source Passiv Haus



Photo façade Sud – Quartier Vauban à Fribourg

Le surcoût à l'investissement lié aux performances des matériaux et équipements demandés est rapidement rentabilisé par les fortes économies financières réalisées sur la facture énergétique des occupants.

○ **Echelle théorique d'exploitation :**

Echelle du bâtiment.

○ **Potentiel :**

Le climat en limite océanique et continentale de l'Ile-de-France est favorable aux constructions bioclimatiques avec des hivers plutôt cléments et un bon ensoleillement.

Les températures sont ainsi relativement douces durant toute l'année 2013 avec une température moyenne mensuelle de 4.35°C en hiver et une moyenne de 18,7°C été.

L'exigence thermique forte est concrétisée par l'obligation de construire aux conditions de la réglementation thermique 2012 à minima. Il est possible d'aller au-delà.

Un climat clément et des apports solaires corrects voir bons permettent de tendre vers une solution passive, favorable et envisageable par bâtiment. La forte captation d'apports solaires gratuits pour le chauffage permet également de s'affranchir de moyens de production énergétique complexes et coûteux.

Le travail du plan masse revêt dans ce cas une importance primordiale en termes d'orientation des ouvertures optimisées et d'ombres portées sur les constructions.

Réglementation – bâtiments passifs :

Labellisation BEPOS Effinergie 2013 ou labellisation étrangère Minergie Passif (suisse) ou Passiv'Haus (allemande). Nécessité en parallèle du respect de la réglementation thermique RT 2012 en vigueur en France.

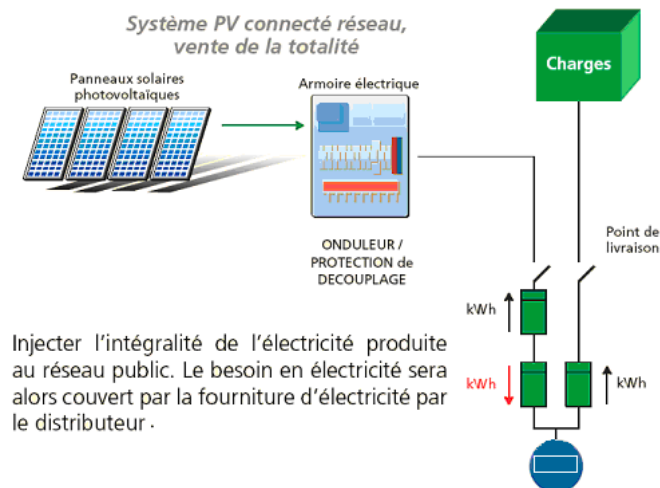
Ces labels constituent la base adéquate à la future réglementation thermique RT 2020 et la généralisation des bâtiments à énergie positive.

2.3 Solaire photovoltaïque

○ Présentation :

Le rayonnement solaire est directement transformé en électricité par les cellules photovoltaïques.

Cette technologie est subordonnée à la condition d'un espace disponible, d'une inclinaison et d'une orientation favorable (plein sud pour l'implantation des capteurs).



Source : ADEME

Il existe 3 catégories de panneaux photovoltaïques, qui sont différenciés par le type de cellules qui les composent. Toutes les cellules sont produites à base de silicium, mais les méthodes de fabrication différentes leur donnent des caractéristiques très différentes, notamment en termes de productivité.

- **Les cellules monocristallines** sont issues d'un seul bloc de silicium fondu, elles sont donc très "pures". Elles offrent le meilleur rendement (entre 13 et 17%), mais sont aussi plus chères à la production, donc à la vente.
- **Les cellules polycristallines** sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines.
- **Les cellules amorphes** sont produites à partir d'un "gaz de silicium", qui est projeté sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide. Son rendement est 2 à 3 fois plus faible que les cellules monocristallines.

Les panneaux sont installés en toiture pour produire l'électricité, qui est :

- soit utilisée en autoconsommation,
- soit revendue à EDF via des contrats de revente spécifiques et réglementés.

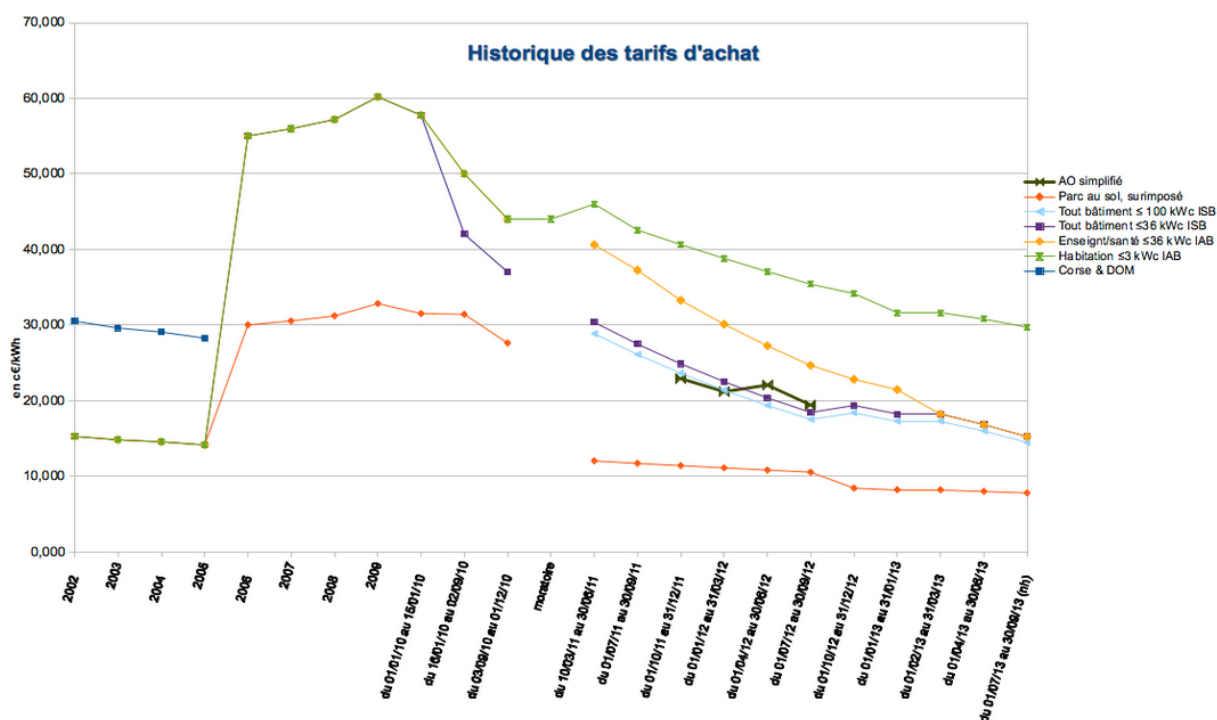
Compte tenu des tarifs de rachat à la baisse depuis quelques années, **la solution de l'autoconsommation d'une partie de la production électrique et la revente du restant sur le réseau est à privilégier.**

Les panneaux photovoltaïques produisent de l'électricité lorsque les conditions d'ensoleillement sont suffisantes et celle-ci est revendue à EDF à des tarifs fixés contractuellement pendant une durée de 20 ans mais le tarif de chaque contrat sera réévalué chaque année pour tenir compte en partie de l'inflation.

Les nouveaux tarifs d'achat sont maintenant fixés par l'arrêté du 7 Janvier 2013, et sont ajustés chaque semestre en fonction de la puissance totale des installations raccordés au semestre précédent. Actuellement et pour les installations réalisées jusqu'à fin Décembre 2014, les tarifs de rachat sont les suivants :

tarifs de vente du 1/09/14 au 31/12/14	Puissance (kWc)	Tarifs (c€/kWh)
Intégration au bâti (IAB)	0-9	26,96
Intégration simplifiée au bâti (ISB)	0-36	13,75
	36-100	13,05
Non intégré au bâti ou IAB/ISB > 100 kWc	< 12000	6,80

Source : www.les-energies-renouvelables.eu



Source : www.photovoltaique.info

Pour les installations de petite et moyenne puissance ($P < 100$ kWc soit une surface inférieure à 1 000 m² de panneaux photovoltaïques), le tarif de rachat sera révisé chaque trimestre. Pour la moyenne et grande puissance ($P > 100$ kWc soit une surface supérieure à 1 000 m² de panneaux photovoltaïques) l'installation sera soumise à appel d'offre.

A souligner que le crédit d'impôt pour les installations photovoltaïques a été supprimé en 2014, la tva 2014 pour les installations inférieures ou égal à 3 kwc (soit une surface d'environ 20 m² de panneaux photovoltaïques) est à 10 % et de 20 % (nouveau taux de TVA 2014) pour les installations photovoltaïques supérieures à 3 kwc.

▪ Echelle théorique d'exploitation :

L'échelle d'intégration des panneaux solaires photovoltaïques dans le cadre de cette ZAC est celle du bâtiment. La mise en place de cette technologie est **possible au cas par cas sur les différentes constructions prévues**. Les solutions intégrées au bâti sont à privilégier sur les bâtiments les mieux exposés afin d'assurer la rentabilité des

projets. La **solution de l'autoconsommation d'une partie de la production électrique et la revente du restant sur le réseau est à privilégier.**

L'autre utilisation de cette technologie est envisageable pour **l'éclairage public**. Les lampadaires mis en place sur le site de ZAC peuvent être équipés de cellules permettant le stockage d'électricité photovoltaïque pour une utilisation en autoconsommation (pas de revente sur le réseau dans ce cas précis).

Un potentiel solaire correct et une exploitation envisageable par bâtiment. La mutualisation des achats peut permettre de réduire les coûts d'investissement.

A titre indicatif, les temps de retour sur investissement pour de petites installations intégrées au bâti (< 9 kWc soit une surface d'environ 60 m² de panneaux photovoltaïques) est inférieur à 20 ans et pour les installations de puissance supérieure, située entre 20 et 25 ans.

Des systèmes permettant l'autoconsommation sur site d'une partie plus ou moins importante de la production commence à être commercialisés à grande échelle (onduleurs/chargeurs solaires avec pilotage intelligent des équipements techniques du bâtiment permettant d'adapter leur consommation au profil de production solaire).

Réglementation - panneaux solaires photovoltaïques :

En tant qu'éléments de composition architecturale, ils doivent être intégrés dans le permis de construire.

Nécessite une déclaration ou une autorisation à construire.

2.4 Solaire thermique

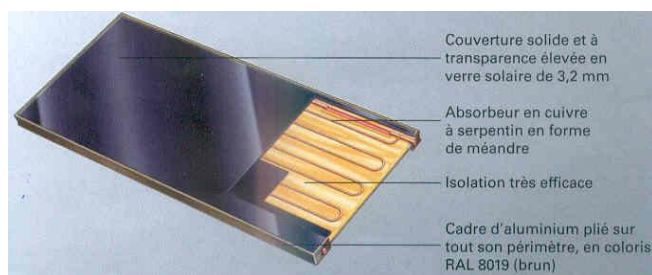
Le rayonnement solaire est converti en chaleur puis utilisé pour le chauffage et/ou l'ECS. Ce système nécessite cependant un appoint énergétique.

Le rayonnement solaire est capté par les panneaux solaires thermiques puis stocké ou bien distribué par un circulateur et un fluide caloporteur (air, eau...) sous forme de chaleur.

Des capteurs plans vitrés ou bien sous vide peuvent être utilisés.

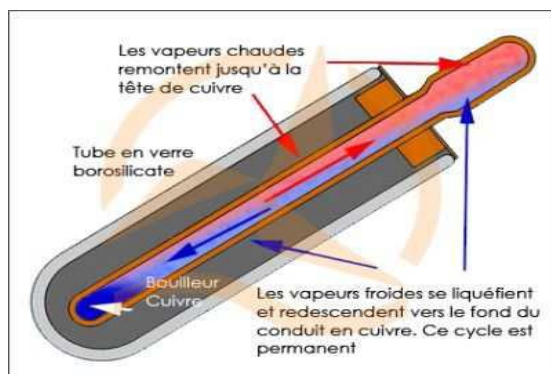
- **Le capteur plan vitré :** à l'intérieur du coffre isolant est disposée une feuille métallique noire destinée à absorber l'énergie solaire. La chaleur est ensuite prélevée par le fluide caloporteur circulant dans des tuyaux, en contact avec cette surface absorbante. Le vitrage qui ferme le coffre permet de réduire les déperditions thermiques.

La plupart des capteurs plans vitrés permettent des gains de température allant jusqu'à 70°C par rapport à la température ambiante et sont de ce fait parfaitement adaptés à la production d'eau chaude sanitaire.



Source : www.energiesolaire.wordpress.com

- **Le capteur sous vide** : il est constitué d'une série de tubes de verre sous vide à l'intérieur desquels se trouve un absorbeur avec un circuit hydraulique, qui capte l'énergie solaire et la transfère au fluide caloporteur. Grâce aux propriétés isolantes du vide, les déperditions de chaleur sont faibles. Ainsi, on peut obtenir des gains de température de 100°C et plus. Ce type de capteur est particulièrement bien adapté aux applications nécessitant des hautes températures de type climatisation solaire.



Source : www.energiesdouce.com

▪ Echelle théorique d'exploitation :

L'échelle du bâtiment correspond à ce type d'énergie.

Un potentiel solaire correct sur le site et solution favorable. La production d'ECS solaire est à étudier au cas par cas sur les bâtiments, puisqu'il s'agit d'une solution pouvant permettre d'atteindre le niveau RT 2012 (production EnR obligatoire en maison individuelle). De plus, dans le cas de bâtiments d'activités consommant beaucoup d'eau (ex : piscine, santé, sport) cette technologie est à mettre en œuvre.

La production de chauffage solaire pourra être étudiée en fonction des besoins de chauffage et du type de bâtiment. Le taux de couverture du système est compris entre 10 et 50% des besoins annuels de chauffage.

La mutualisation des achats peut permettre de réduire les coûts d'investissement.

Réglementation - panneaux solaires thermiques :

En tant qu'éléments de composition architecturale, ils doivent être intégrés dans le permis de construire.

Nécessite une déclaration ou une autorisation à construire

2.5 Synthèse potentiel solaire

Avant toute analyse des solutions d'utilisation, la ressource solaire est bonne et ne peut être négligée sur ce site. Les niveaux d'irradiation et d'ensoleillement permettent sans difficulté la mise en place des technologies exposées précédemment. Un travail du plan masse est indispensable pour éviter les ombres portées sur les bâtiments.

POTENTIEL BIOCLIMATIQUE

La mise en œuvre de cahiers des charges pour la conception de bâtiments très basse consommation sur la ZAC pourrait rencontrer des difficultés étant donné l'emplacement en milieu urbain, très dense. Ce type de construction mettant en avant l'architecture bioclimatique est intéressant en région parisienne, grâce à son climat et son taux d'ensoleillement.

Cette solution s'inscrit dans une démarche de sobriété énergétique valorisante pour la commune et prépare la prochaine réglementation thermique 2020 et la mise en œuvre obligatoire de bâtiments à énergie positive (BEPOS).

Elle permet de soustraire la ZAC à des systèmes d'approvisionnement énergétiques complexes et coûteux.

POTENTIEL SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

L'utilisation de la ressource solaire pour la production d'électricité photovoltaïque est possible sur le site.

L'intégration de cette production d'électricité est à prévoir au niveau du bâtiment (en opposition à la mise en place d'une centrale de production collective à petite ou moyenne échelle). La production d'électricité photovoltaïque est à penser en amont de la construction, pour une intégration à l'échelle du bâtiment.

L'intégration des panneaux dans la construction du bâti permet de bénéficier des tarifs de revente de l'électricité définis par l'arrêté du 04 mars 2011 révisé tous les trimestres, condition d'un amortissement optimum des cellules photovoltaïques.

Des systèmes de régulation poussés voient le jour actuellement pour permettre d'autoconsommer une part non négligeable de l'électricité produite par les systèmes photovoltaïques, de l'ordre de 50% dans les logements (cf chapitre focus sur les smart grids).

POTENTIEL SOLAIRE THERMIQUE

La production d'ECS solaire, est adaptée et favorable pour des bâtiments de type logements collectifs ou individuels. Pour les bâtiments tertiaires cette solution est à retenir si les besoins d'eau chaude sont conséquents.

COMBINAISONS DES TECHNOLOGIES SOLAIRES

Compte tenu des évolutions technologiques en cours, la mise en œuvre de panneaux solaires hybrides permettant la production combinée d'électricité et d'eau chaude est à étudier. Cette solution permet de produire de l'électricité tout en couvrant une part des besoins de chauffage et/ou ECS.

Un autre système hybride consiste à préchauffer l'air neuf entrant dans les logements grâce à la chaleur dissipée et perdue par les capteurs photovoltaïques. Cet air neuf préchauffé permet de réduire les consommations de chauffage en hiver.

3) Potentiel biomasse

3.1 Bois énergie

L'énergie est produite à partir de la valorisation du bois par combustion. Elle est utilisée sous forme de chaleur lors de la combustion et est utilisée directement pour produire de la chaleur, ou de la chaleur et de l'électricité en cogénération, pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire.

▪ Echelle théorique d'exploitation :

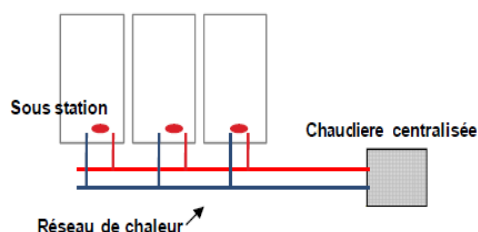
Ce type de combustible peut être utilisé à 4 échelles différentes :

- **Individuelle par bâtiment** : poêle à bûches ou à granulés et chaudières à granulés pour les maisons de grande surface
- **Collectif par bâtiment** : chaudières à granulés pour les bâtiments à faible consommation et à plaquettes forestières pour les bâtiments à forte consommation
- **Collectif sur la ZAC** : chaufferie centralisée + réseau de chaleur (plaquettes forestières ou déchets de bois moins nobles)
- **Collectif sur plusieurs ZAC** : chaufferie centralisée + réseau de chaleur (plaquettes forestières ou déchets de bois moins nobles).

Principe de fonctionnement d'une chaufferie centralisée raccordée à un réseau de chaleur :

Éléments constituant une installation collective :

- une chaufferie bois pour l'ensemble des bâtiments,
- un réseau de chaleur distribuant l'eau chaude,
- des sous-stations, desservant un ou plusieurs bâtiments, composées d'un échangeur de chaleur.



▪ **Combustible :**

Granulés : ils sont obtenus par la compression de sciure de bois de feuillus et des résineux (sciure compressée sans agents de liaison), et se présentent sous la forme de petits cylindres de 6 à 10 mm de diamètre et de 10 à 30 mm de longueur. La masse volumique est de l'ordre de 0,7 tonne par m³, ce qui facilite le transport et le stockage.

Plaquettes forestières : les plaquettes proviennent des forêts, elles sont issues du déchetage des petits bois et des résanants.



Tarifs indicatifs (issus de « l'enquête sur le prix des combustibles bois en 2010 – 2011 » - source ADEME) :

Tarif granulés : 57 € TTC /MWh

Tarif plaquettes forestières : 28 € TTC /MWh

▪ **Potentiel : ressource en bois :**

La ressource en bois mobilisable à court et moyen terme est conséquente en région Ile de France :

- 300 000 tonnes/an de bois de rebut mobilisable en chaufferie bois (déchets d'emballage, déchets de chantiers, bois d'élague et sous-produits de l'industrie du bois),
- 230 000 tonnes provenant d'essences d'arbres à croissance rapide (cultures lignocellulosiques),
- 150 000 tonnes de bois issus de forêts non exploitées (étude INRA - 1997),
- 10 000 tonnes de sous-produits issus de l'exploitation forestière.

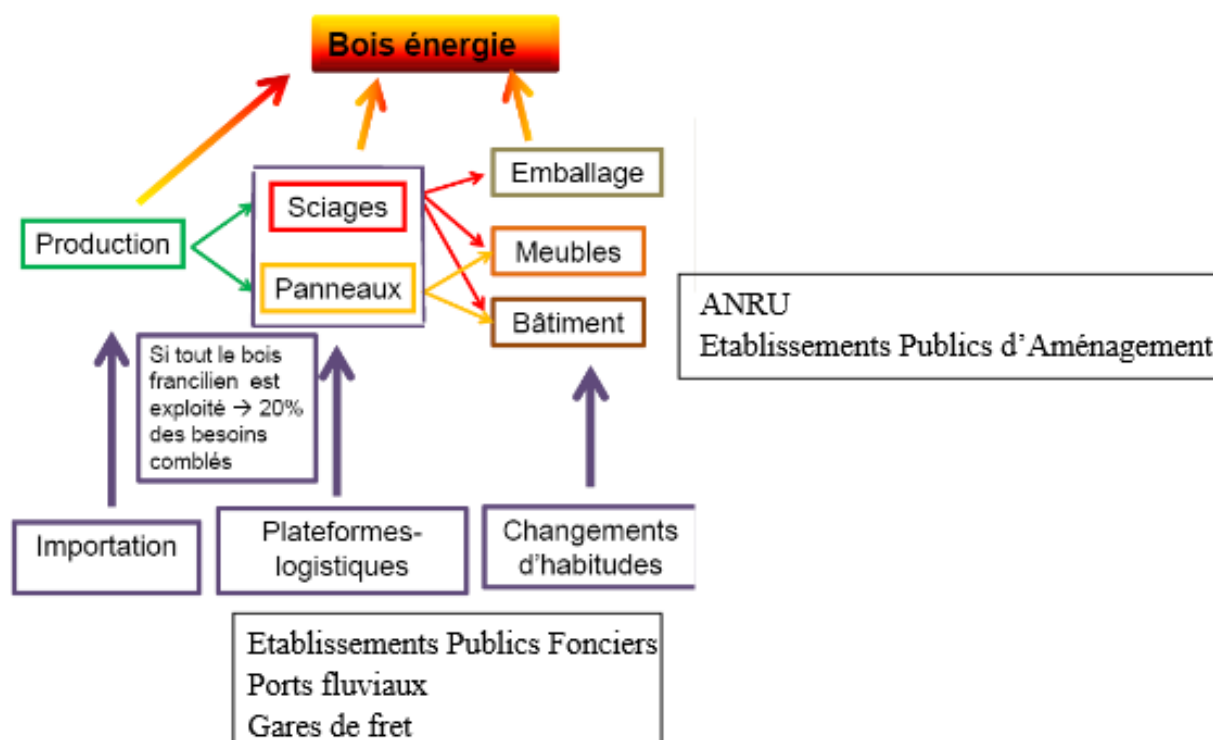
Source : étude INRA, ARENE, ADEME-2000

Le potentiel forestier francilien est encore sous-exploité et les principaux bois franciliens sciés le sont dans les régions voisines car **l'Ile de France n'a pas de plates-formes de première transformation**.

Toutefois, le bois francilien ne suffira pas, **l'approvisionnement par d'autres régions est incontournable** : au vu de la demande actuelle d'énergie en Ile de France, ainsi que la multiplication des bâtiments à rénover ou construire, si l'Ile de France exploite le maximum de ses ressources en bois, elle ne pourra satisfaire que 20% de

la demande régionale. La région devra nécessairement importer des bois pour la construction, la trituration et l'énergie. **La question du mode de transport pour l'approvisionnement de ces chaufferies ainsi que la distance à parcourir, donc de l'origine de la ressource, est cruciale : faire venir par camions des tonnes de bois de l'autre côté de l'Europe pour alimenter les chaufferies de l'Ile de France ferait perdre d'un côté, en termes d'émissions de gaz à effet de serre, ce qui a été gagné de l'autre.**

La filière bois énergie quasi inexistante en Ile de France tend à se développer sous l'impulsion du Grenelle de l'environnement, notamment grâce à des aides publiques conséquentes, mais ne peut se développer localement si la filière bois-construction n'est pas organisée conjointement. Le bois énergie doit s'appuyer sur des projets de chaufferie bois dans les réseaux de chaleur, nombreux en Ile de France, permettant ainsi de travailler la question des modes d'approvisionnement massifiés.



Source :

Actuellement, les déchets sont la principale source d'énergie bois utilisée en Ile de France. Ils comprennent les bois d'élague et d'abatage, les composts et les bois en fin de vie. Les plates-formes de compostage des déchets verts peuvent actuellement de moins en moins répondre aux appels d'offres d'approvisionnement des chaufferies publiques et industrielles. **Ces chaufferies demandent des approvisionnements importants et réguliers, ce qui n'est pas envisageable pour les plates-formes de compostage. A contrario, le faible nombre de petites chaufferies publiques ne permet pas de développer la filière.**

On est face à un double blocage : d'une part **la biomasse à usage énergétique attend une émergence des contrats d'approvisionnement de petites chaufferies collectives afin de développer sa filière**, d'autre part, **les chaufferies collectives peinent à émerger par manque de combustible.**

L'Ile-de-France compte aujourd'hui plus de 70 chaufferies biomasse, en fonctionnement, en construction ou en projet. Ces installations, d'une puissance totale cumulée de plus de 240 MW, permettent la production de près de 100ktep d'origine renouvelable, se substituant le plus souvent au gaz naturel, au fioul, voire au charbon. Ces chaufferies se situent en majorité dans des zones périurbaines ou rurales. Leur taille est très variable; 50% d'entre elles ont une puissance supérieure à 720 kW.

Fournisseurs environnants :

Bois bûches

Aujourd'hui, de nombreux distributeurs et fournisseurs existent à proximité du département de la Seine-Saint-Denis et peuvent fournir les besoins individuels.

Plusieurs fournisseurs sont géographiquement proches de Noisy-le-Sec, par exemple :

- Jacky Toulorge à Villetaneuse (93430)
- Photeus à Vincennes (94300)

Un site internet recense les fournisseurs par proximité géographique

<http://www.lemarchedubois.com>

Granulés de bois

Plusieurs fournisseurs sont géographiquement proches de Noisy-le-Sec, par exemple :




- Caldeo à Nanterre (92000)
- GM Transports à Verneuil L'étang (77390)

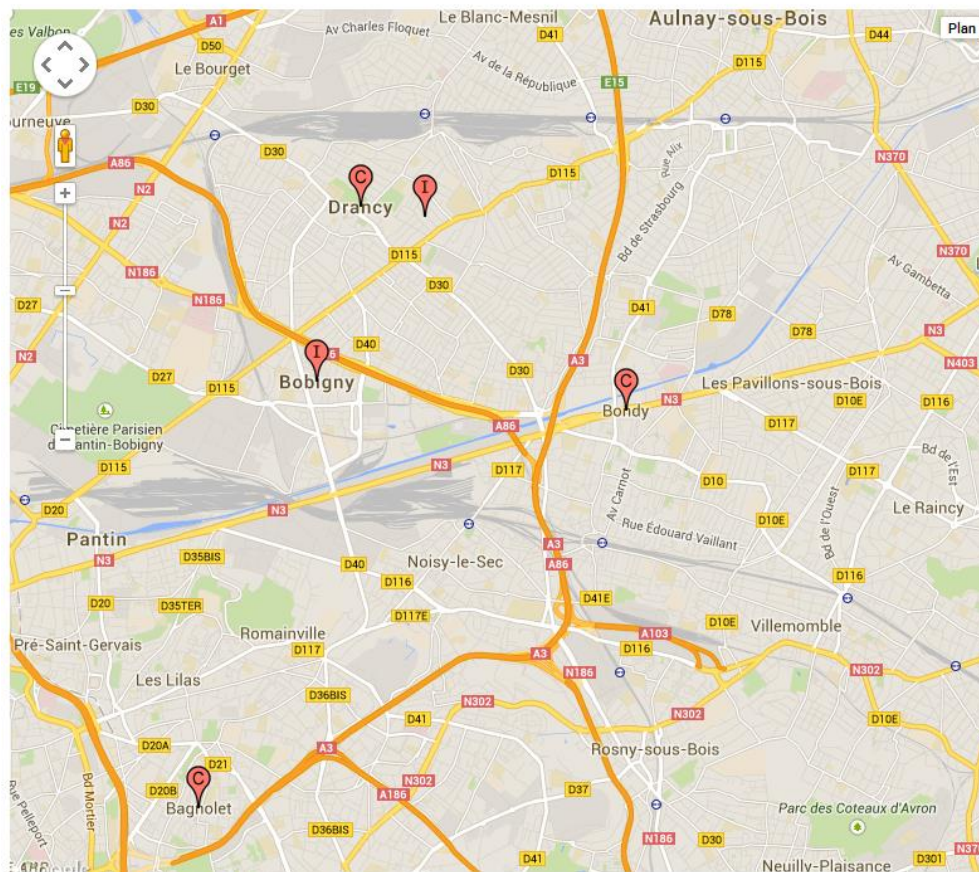
Un site internet recense les fournisseurs par proximité géographique

<http://www.lemarchedubois.com>

Localisation des chaufferies bois à proximité de Noisy-le-Sec :

Légende :

-  Chaufferie collective sur réseau de chaleur
-  Chaufferie collective dédiée
-  Chaufferie industrielle



Source : ADEME - <http://www.biomasseenergieidf.org>

POTENTIEL BOIS ENERGIE – PAR BÂTIMENT

La solution de chaufferie bois par bâtiment n'est pas envisageable en effet cela nécessiterait d'avoir une chaufferie, un silo et une aire de livraison par bâtiment. De plus la livraison du combustible serait contraignante : plusieurs poids lourd traverseraient le site chaque jour. Cette solution est à exclure.

POTENTIEL BOIS ENERGIE – SUR LE ZAC

La solution de chaufferie bois centralisée couplée avec la création d'un réseau de chaleur à l'échelle de la ZAC site est envisageable mais impose quelques contraintes, comme la connaissance précise des besoins énergétiques et un phasage rigoureux des travaux pour éviter les problèmes suivants :

- un mauvais rendement des installations,
- un surdimensionnement du réseau,

- si le programme est modifié au fil des années une installation qui ne serait pas dimensionnée au plus juste (soucis d'optimisation).

La densité énergétique semble suffisante pour que la mise en œuvre d'un réseau à l'échelle du site soit rentable.

La mise en place d'un réseau de chaleur biomasse nécessite de prévoir pour la chaufferie une emprise de 80 à 100 m² pour le site. Des sous-stations d'environ 10 m² environ seront également à prévoir dans les immeubles raccordés au réseau.

Les camions de livraisons sont en général de gros modèle (18 m de long), il faudra donc prévoir un espace supplémentaire de manœuvres.

POTENTIEL BOIS ENERGIE – SUR PLUSIEURS ZAC

La solution de chaufferie bois centralisée couplée avec la création d'un réseau de chaleur à l'échelle de plusieurs ZAC site est envisageable. Elle impose toutefois les mêmes contraintes, que pour la solution à l'échelle de la ZAC mais en plus importantes : phasage précis de plusieurs ZAC (ZAC Ecocité, ZAC les rives de l'Ourcq, ZAC de l'Horloge, ZAC du port).

Une sécurisation des approvisionnements en amont de la création de la chaufferie est à prévoir.

La notion de densité énergétique (kWh d'énergie consommée annuelle par mètre linéaire de réseaux) devra également être prise en compte pour analyser la pertinence de la conception d'un réseau de chaleur du fait de l'éloignement des différentes ZAC.

Réglementation – biomasse/bois énergie : Arrêté du 25 juillet 1997 pour les installations de plus de 2MW (ICPE)

Type de combustible : Bois propre

Production < 2MW : il n'existe pas de procédure de déclaration ou d'autorisation au titre de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement. Seuls les seuils indiqués dans la norme européenne EN 303.5 pour les chaudières de puissance inférieure ou égale à 300 kW sont utilisés comme référence pour les petites unités.

Production > 2 MW et < 20 MW est soumise à déclaration préalable (rubrique 2910-A.2) ;

Production > 20 MW est soumise à autorisation préalable (rubrique 2910-A.1).

3.2 Méthanisation / Biogaz

La méthanisation est une digestion anaérobie, ou fermentation méthanique, qui transforme la matière organique en compost, méthane et dioxyde de carbone par un écosystème microbien complexe fonctionnant en absence d'oxygène. La méthanisation permet d'éliminer la pollution organique tout en consommant peu d'énergie, en produisant peu de boues et en générant une énergie renouvelable : le biogaz. C'est un gaz constitué essentiellement de méthane (55 à 80 % en masse pour la méthanisation), ainsi que de dioxyde de carbone. Le débit de production et la qualité du biogaz dépendent de la quantité en matière organique et du type de déchet traité.

Le biogaz peut être utilisé pour produire de la chaleur, de l'électricité ou du gaz naturel pour injection en réseau.

▪ Type de déchets :

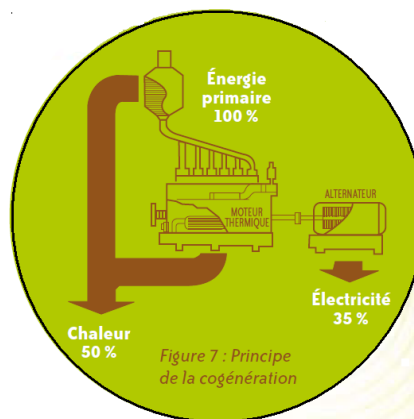
La méthanisation s'applique à différents types de déchets essentiellement organiques :

- Déchets d'entreprise,
- Boues d'épuration,
- Déchets verts,
- Déchets ménagers résiduels,
- Biodéchets ménagers,
- Déjections animales (lisier, fumier),
- Résidus végétaux agricoles (paille, ensilage, ...).

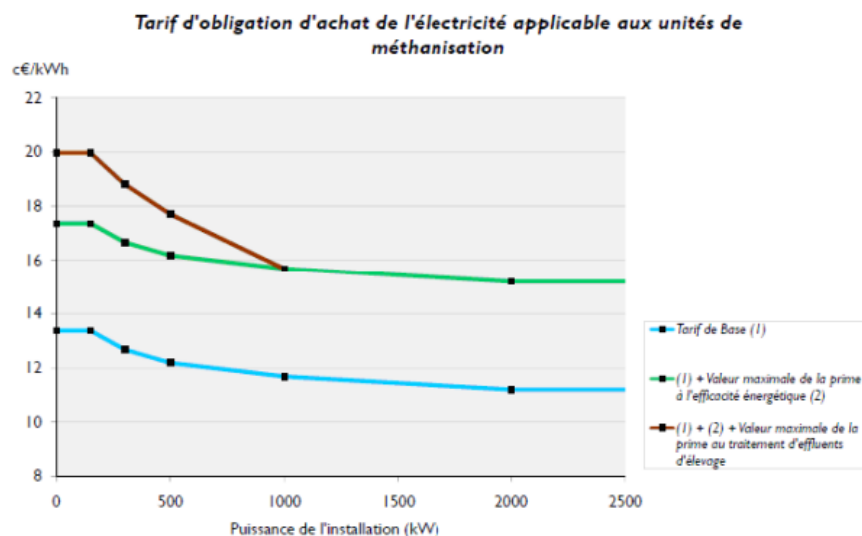
La méthanisation donne éventuellement suite à la réalisation d'une unité de cogénération. Plusieurs procédés de valorisation énergétique peuvent être utilisés :

- **Production de chaleur** sous forme d'eau chaude, de vapeur ou d'air chaud, pour le chauffage, le séchage, les process industriels... Il s'agit de brûler le gaz pour en tirer de la chaleur. Une valorisation du biogaz uniquement sous forme de chaleur est possible par l'intermédiaire d'une chaudière gaz disposant d'un injecteur adapté. Le coût d'investissement est alors moins élevé que pour la cogénération. Cette valorisation est rentable s'il existe une forte demande de chaleur à proximité du site capable d'absorber toute la chaleur produite sur toute l'année. La mise en place d'une chaudière peut aussi être envisagée en cas d'arrêt de la cogénération (entretien, panne) pour maintenir les digesteurs à température et éviter les émissions de méthane.

- **Production d'électricité** : le biogaz, comme toute énergie, peut se transformer en électricité via une cogénération. Ce mode de valorisation consiste à produire, à partir du biogaz, de l'électricité et de la chaleur. Un moteur entraîne un générateur de courant électrique (alternateur). La circulation d'un fluide caloporteur permet de valoriser la chaleur dissipée par le moteur. La récupération maximale de l'énergie thermique est assurée par une série d'échangeurs.

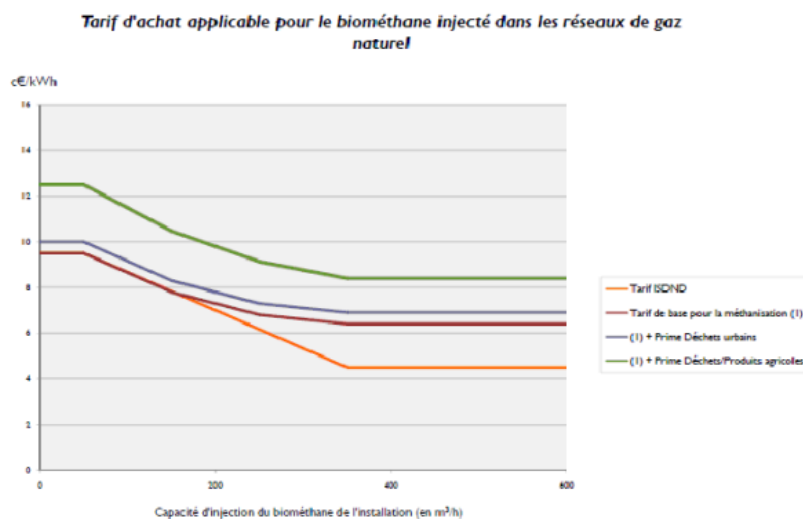


En référence au décret du gouvernement publié le 21 et 23 novembre 2011, le biogaz issu de la méthanisation peut être injecté sur les réseaux de gaz naturel. Les tarifs de rachat des kWh produits par une unité de méthanisation sont les suivants :



Source : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du logement (décret du 21/11/2011).

NB : Le tarif d'achat est constant jusqu'à 12 MW (limite légale de l'obligation d'achat pour le biogaz).



Source : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du logement (décret du 21/11/2011).

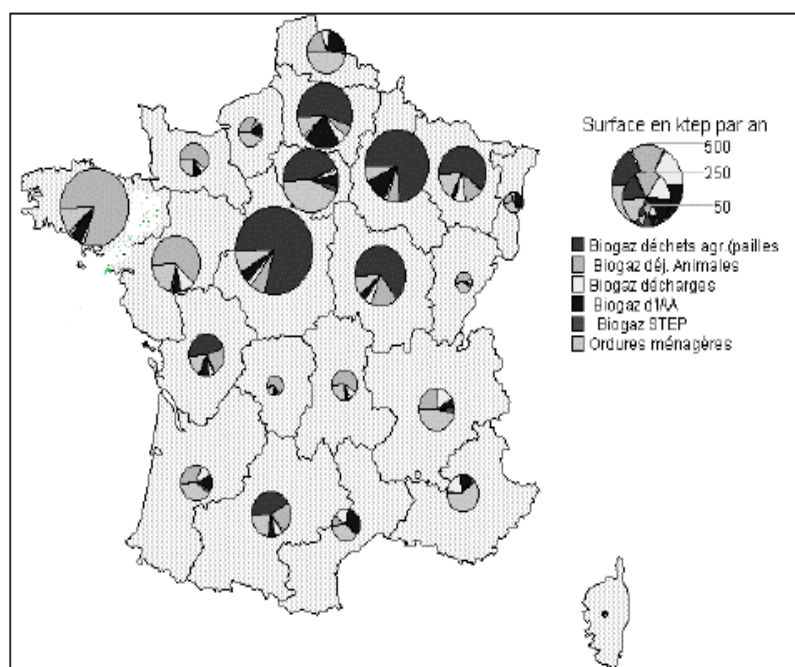
▪ Echelle théorique d'exploitation :

A l'échelle communale ou intercommunale dans le cadre d'injection de gaz dans le réseau de gaz existant. A l'échelle intercommunale, communale, de plusieurs ZAC ou de la ZAC dans le cadre d'une cogénération avec réseau de chaleur pour l'exploitation de déchets ménagers, agricoles (excréments, déchets verts) et agroalimentaires.

▪ Potentiel :

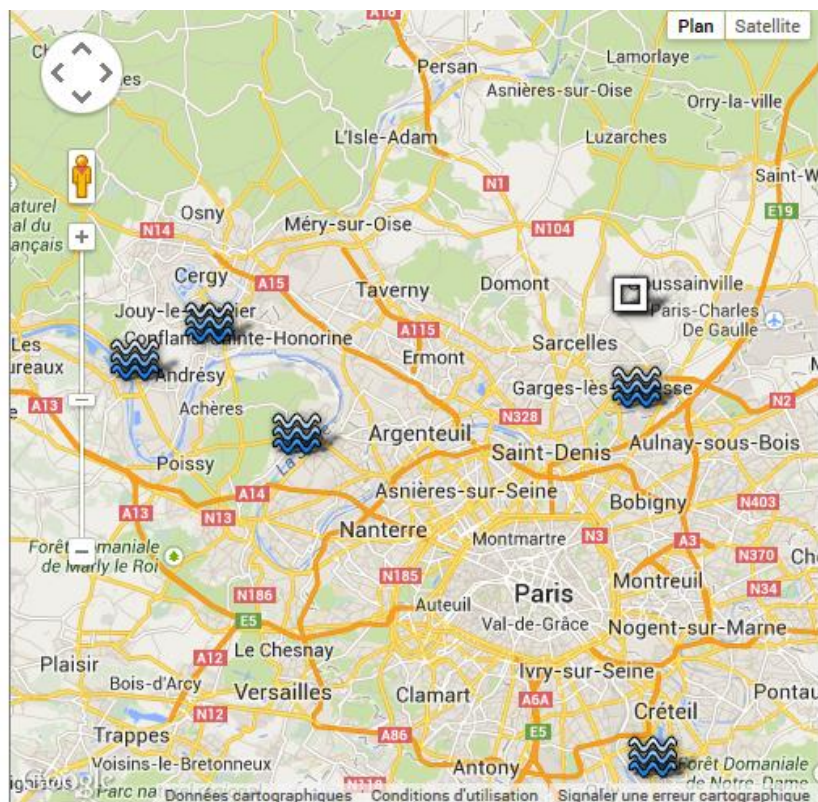
Selon l'ADEME, l'Ile-de-France possède un gisement méthanisable important. En effet, plus de 4,7 millions de tonnes de déchets ménagers (hors déchets verts et encombrants) et 260 000 tonnes de déchets verts sont produits chaque année. Selon une étude de l'ARENE, le gisement mobilisable à l'horizon 2006 pour la méthanisation s'élevait à 1,6 millions de tonnes, soit une production annuelle de biogaz équivalente à 110 000 tep/an et une production de 500 000 tonnes de compost.

Le premier méthaniseur bio-déchets d'Ile-de-France, et le quatrième en France, a été construit en 2012 à Etampes. Il traite les bio-déchets de l'ensemble de l'Ile-de-France et produit des fertilisants, de l'électricité (12,5 GWh) et de l'eau chaude utilisée par le process du site.










Ressources mobilisables de biogaz par filières (Ktep par an)

Source : ADEME



Légende:

	Méthanisation à la ferme		Méthanisation d'ordures ménagères
	Méthanisation territoriale		Récupération de gaz de décharge
	Méthanisation sur un site industriel		Type de méthanisation non identifié dans les sources de données utilisées
	Méthanisation dans une station d'épuration		

La région Ile-de-France, de par l'importance de son secteur agricole, possède un fort potentiel de développement d'unités de méthanisation agricole. Ce type de projet prend donc une dimension territoriale en associant différentes compétences et ressources sur un territoire. Par ailleurs, certaines industries agroalimentaires (sucre, lait, restauration collective...) peuvent s'y intégrer dans le cadre de la gestion optimisée des gisements de matières méthanisables. L'ARENE a d'ailleurs choisi de se focaliser plus particulièrement sur la problématique de la cogénération à partir de biogaz, dans le cadre du projet européen CHP Goes Green.

L'autre filière susceptible d'évoluer dans le futur est la valorisation de la fraction fermentescible des ordures ménagères, conduits par les collectivités et entreprises spécialisées.

L'agence métropolitaine des déchets ménagers de l'agglomération parisienne (Syctom), prévoyait de reconstruire le centre multifilière de Romainville (93). Il aurait s'agit du plus grand projet européen de tri mécano-biologique (TMB) adossé à un centre de méthanisation : d'une capacité de 322 500 tonnes de déchets ménagers par an, le centre devait traiter les déchets de 900 000 ménages.

L'objectif d'une telle installation est de valoriser la fraction fermentescible des ordures ménagères en biogaz (électricité, chaleur et gaz) et en compost destiné à l'agriculture. Mais sans collecte sélective en amont et avec une implantation en zone urbaine dense, le projet de Romainville a été vivement discuté. Il a fait l'objet d'un audit sur la maîtrise des risques et des nuisances liés à l'installation puis a été abandonné. Syctom semble se diriger vers une relance des études vers une autre solution.

Depuis le 1er janvier 2013, les entreprises produisant plus de 80t/an de biodéchets sont dans l'obligation de les valoriser. Ce seuil sera abaissé chaque année, pour arriver à 10t/an au 1er janvier 2016. Le potentiel productif de biodéchets de tels établissements éventuellement présents sur le site pourra être estimé une fois la programmation de l'opération d'aménagement fixée.

La solution de méthanisation couplée avec la création d'un réseau de chaleur à l'échelle de la ZAC ou du quartier reste envisageable à moyen terme en fonction de l'organisation de la filière locale (nature et quantité du gisement directement mobilisable à proximité). Comme pour le réseau bois, cela nécessite une parfaite connaissance des besoins et un phasage rigoureux des travaux. Possibilité d'une cogénération gaz.

Réglementation – biomasse/production de biogaz :

La méthanisation est soumise à la rubrique 2781 « méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétal » de la nomenclature ICPE :

- Si la méthanisation se fait à partir de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires
- Si la quantité de matières traitées est ≥ 50 t/j, le projet est soumis à autorisation.
- Si la quantité de matières traitées est ≥ 30 t/j et < 50 t/j, le projet est soumis à enregistrement.
- Si la quantité de matières traitées est < 30 t/j, le projet est soumis à déclaration.
- Si la méthanisation se fait à partir d'autres déchets non dangereux, le projet est soumis à autorisation.

Lorsqu'une installation consomme exclusivement du biogaz, celle-ci est soumise à la rubrique 2910 « Combustion : Lorsque l'installation consomme exclusivement du biogaz provenant d'installation classée sous la rubrique 2781-1 et si la puissance thermique maximale de l'installation est supérieure à 0,1 MW »

- Lorsque le biogaz est produit par une installation soumise à autorisation, ou par plusieurs installations classées au titre de la rubrique 2781-1 le projet est soumis à autorisation.
- Lorsque le biogaz est produit par une seule installation soumise à enregistrement au titre de la rubrique 2781-1, le projet est soumis à enregistrement.
- Lorsque le biogaz est produit par une seule installation, soumise à déclaration au titre de la rubrique 2781-1, le projet est soumis à déclaration.

4) Potentiel éolien

L'énergie cinétique du vent est convertie en un couple qui fait tourner les pales du rotor selon la turbulence et la vitesse du vent ; l'énergie mécanique est convertie en énergie électrique. Cette énergie électrique peut être raccordée au réseau électrique ou autoconsommée.

Il existe 2 types d'éoliennes :



Eolienne à axe horizontal (petits modèles pour milieu urbain) : les pales mises en rotation par l'énergie cinétique du vent entraînent un arbre raccordé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique créée en énergie électrique.

Caractéristiques :

- Petite taille : de 5 à 20 mètres
- Diamètre compris entre 2 et 10 mètres
- Puissance de production pouvant aller jusqu'à 20KW.

Eolienne à axe vertical (petits modèles pour milieu urbain) : basée sur le même principe, elle est cependant plus adaptée au milieu urbain vu la facilité de son intégration aux bâtiments, sa meilleure résistance aux vents forts et rafales, sa capacité à produire de l'électricité par vent faible et enfin parce qu'elles génèrent de faibles nuisances sonores.



Il existe deux types d'éolienne à axe vertical classées selon leurs caractéristiques aérodynamiques :

- Le modèle Darrieus constituée de deux ou trois pales en forme de C. Cette éolienne utilise l'effet de la portance
- Le modèle Savonius constituée de parties cylindriques en opposition. Cette éolienne utilise l'effet de la trainée. La vitesse de démarrage est basse, autour de 2 m/s.

Puissance de production pouvant aller jusqu'à 60 kW.



▪ **Echelle théorique d'exploitation :**

Exploitation à l'échelle des espaces publics (ex : pour l'éclairage public)

Exploitation au niveau des bâtiments, également possible (ex : éclairage des parties communes).

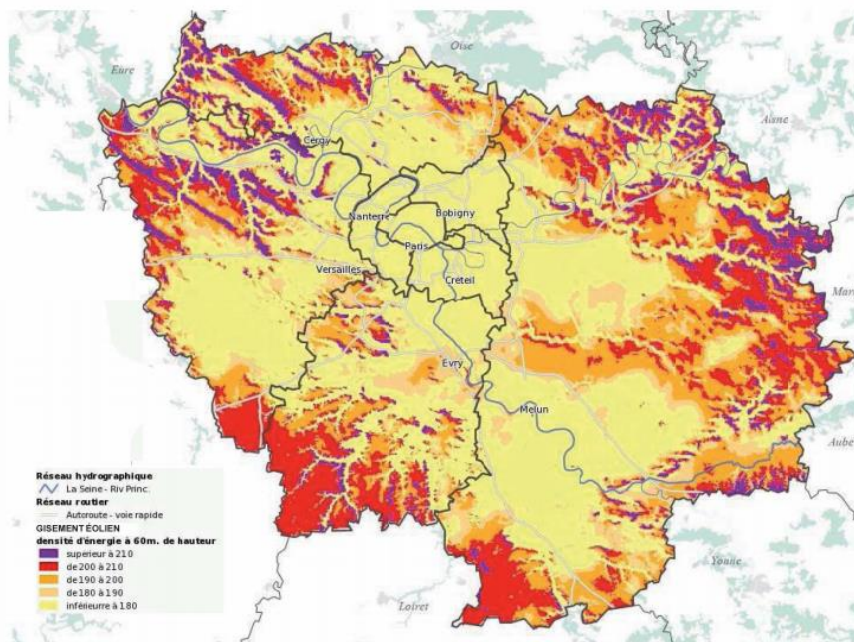
▪ **Potentiel :**

Selon la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE), les parcs éoliens en fonctionnement en Ile-de-France sont peu nombreux et la puissance installée reste faible. Les parcs comprennent l'éolienne de Guiltrancourt produisant 36 KW, l'éolienne de Melun-Sénart avec une puissance de 132 KW et de 3 éoliennes de 132 mètres à Pussay qui produisent une puissance totale de 7 MW.

Le territoire de la région Ile-de-France est peu propice au développement de cette énergie. Les régimes de vent y sont faibles et le territoire fortement urbanisé.

La carte suivante, élaborée par l'ADEME et l'ARENE Ile-de-France, représente le gisement éolien (quantité d'énergie éolienne tenant compte de la force du vent et de sa régularité) à 60 mètres et montre que la commune d'Enghien-les-Bains possède un faible gisement. La production d'énergie grâce à des installations de type éolien n'est pas optimale sur ce territoire.

GISEMENT EOLIEN REGIONAL

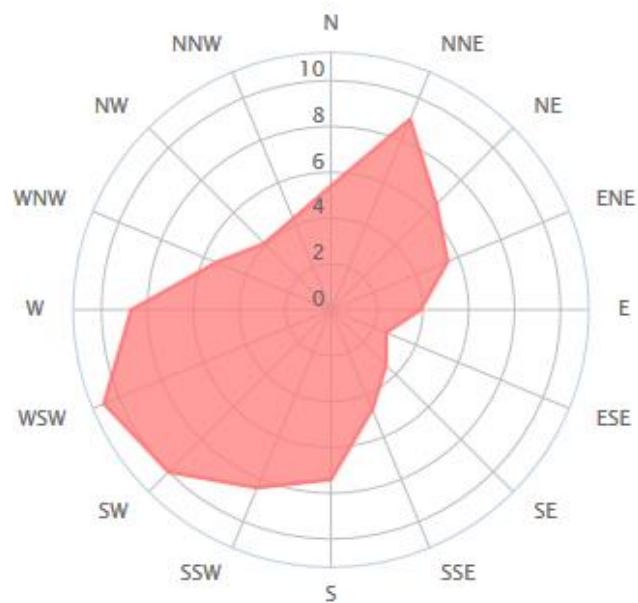


Source : ADEME-ARENE

Le tableau suivant représente les statistiques sur 4 ans (2010-2014) des caractéristiques du vent :

Mois	Jan 01	Fév 02	Mar 03	Avr 04	Mai 05	Juin 06	Jui 07	Aoû 08	Sep 09	Oct 10	Nov 11	Dec 12	An 1-12
Direction du Vent dominant	↙	↗	↖	↗	↗	↗	↖	↗	↗	↖	↗	↗	↗
Probabilité du vent >= 4 Beaufort (%)	23	25	17	23	18	19	17	16	11	17	17	25	19
Vitesse du Vitesse du vent (kts)	8	8	8	8	8	8	7	7	7	8	8	9	7
Température de l'air moyenne (°C)	6	6	11	13	16	19	22	21	19	15	9	6	13

Tableau 4. Caractéristiques du vent au Bourget - Source : www.windfinder.com



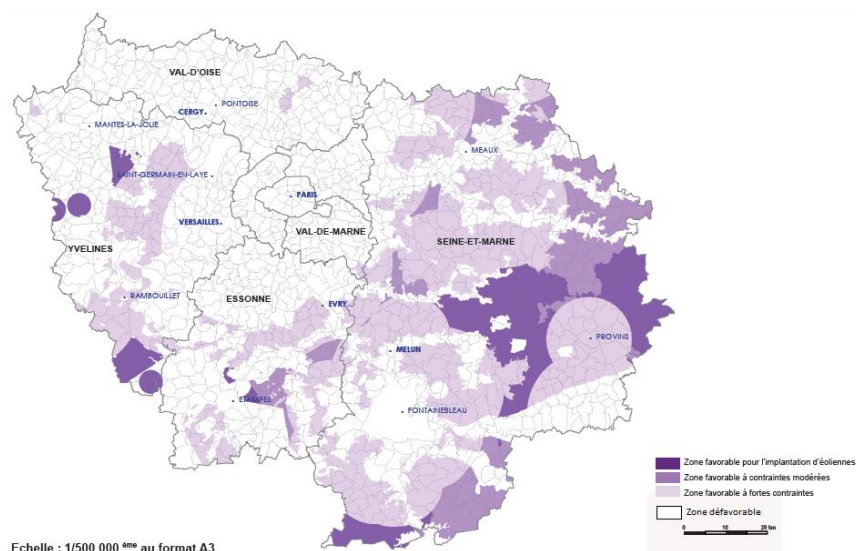
Rose des vents au Bourget - *Source : www.windfinder.com*

Les vents, en moyenne annuelle, soufflent majoritairement en provenance du secteur OSO et SO et dans une moindre mesure en provenance NNE. Les valeurs de vitesses varient de 3 à 5 m/s ce qui peut être qualifié de faible.

▪ **Servitudes liées au site :**

Le site de la ZAC n'est pas inclus dans une zone de développement éolien (ZDE). Par conséquent, il est impossible de revendre l'électricité produite à EDF : la production d'électricité sera alors autoconsommée directement sur la ZAC.

La mise en place de mini-éolienne pourrait permettre d'alimenter les postes de consommation des parties communes ou l'éclairage urbain.



Carte des zones favorables – Source : www.srcae-idf.fr

La ville de Noisy-le-Sec est localisée sur une zone où l'implantation d'éoliennes est fortement déconseillée en raison de contraintes patrimoniales et environnementales.

En raison du potentiel éolien et de l'investissement d'une éolienne, la mise en place de petites éoliennes à axe horizontal ou vertical peut être envisageable, mais avec des temps de retour sur investissement assez longs et des usages très spécifiques. La mise en place de grandes éoliennes est impossible car le périmètre de la ZAC est non soumis à ZDE.

Réglementation – éolien :

L'implantation d'une éolienne, ou de toute autre construction ne générant pas de surface de plancher, **n'est soumise à aucune autorisation au titre de l'urbanisme lorsque ces constructions ont une hauteur inférieure à 12m.**

Les travaux d'installation des ouvrages de production d'énergie éolienne dont la hauteur du mât est **inférieure ou égale à 50 mètres sont soumis à notice d'impact.** Lorsque la hauteur du mât est **supérieure à 50m, les travaux d'installation sont soumis à étude d'impact et à enquête public.**

5) Potentiel de récupération d'énergies sur les eaux usées

5.1 Récupération passive avec échangeur de chaleur

La source de chaleur est constituée par les eaux usées des réseaux gravitaires. Un échangeur calorifique à plaque, tubulaire vertical droit ou en serpentin permet par contact de récupérer les calories des eaux grises pour les transmettre au flux d'eau froide sanitaire qui se déplace à contre-sens dans une double couche de réseaux. De

cette manière, l'eau froide est préchauffée : elle passe de 10°C à son arrivée dans le bâtiment à environ 25-30°C (selon le type de système choisi), soit un gain énergétique conséquent.

Une fois l'eau froide préchauffée, elle est renvoyée d'une part vers le robinet thermostatique des équipements de douche et d'autre part vers le préparateur d'eau chaude sanitaire (ECS).

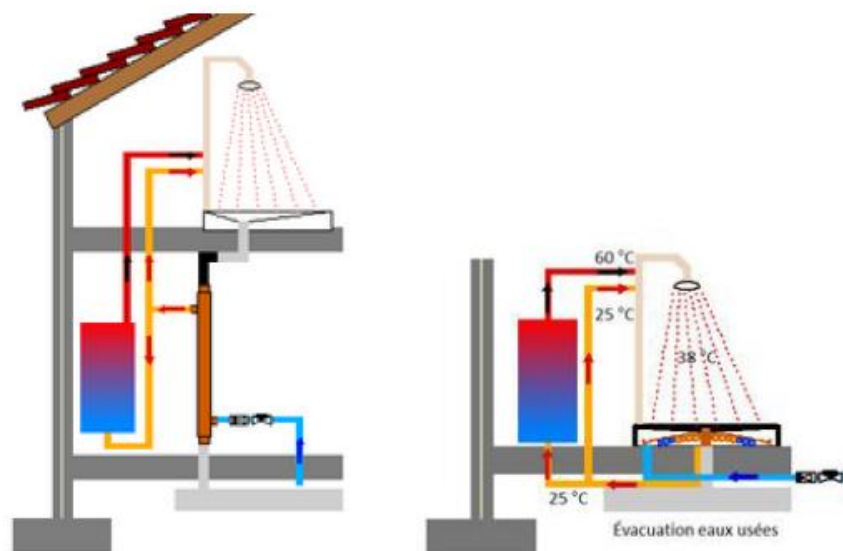


Schéma de principe de différents produits - GaiaGreen

Le tableau ci-dessous reprend l'état de l'art des installations de récupération passives des calories des eaux grises :

Type d'échangeur	A plaques	Tubulaires vertical à serpent	Tubulaire vertical droit	Tubulaire horizontal à serpent
Direction des flux	croisés/opposés	opposés	opposés	croisés/opposés
Efficacité instantanée (%)	40 – 65%	30 – 70%	45 – 65%	40 – 50%
Récupération directe, simultanéité flux	1 échangeur par douche ou 2 douches	Individuel : 1 échangeur par logement collectif Collectif : échangeur en parallèle à l'arrivée en EFS dans le bâtiment	Individuel : 1 échangeur par logement collectif Collectif : échangeur en parallèle à l'arrivée en EFS dans le bâtiment	1 échangeur par douche
Eau Froide Sanitaire (EFS)/ Eau Grises (EG)				

▪ Echelle théorique d'exploitation :

L'échelle du bâtiment, coir même l'échelle du logement individuel, correspond à ce type d'énergie.

▪ Potentiel :

En secteur résidentiel, comme c'est le cas sur une grande partie du futur aménagement de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq, les eaux grises (douches, lavabos, équipements électro-ménagers) représentent plus de 50 litres/jour/personnes, pour une température moyenne de 40°C. Il s'agit donc d'un gisement considérable encore peu exploité. Ce marché arrive doucement à maturation avec des produits désormais éprouvés.

A l'heure actuelle, la mise en place d'un tel système, permet une diminution des consommations en énergie finale de l'ordre de 15% à 40%. Les produits les plus performants sont ceux qui affichent un rendement d'échange calorique supérieure à 40% et destinent l'eau froide sanitaire, préchauffée après échangeur, à l'alimentation à la fois de la génération et directement des points de puisage (robinets thermostatiques).

Le potentiel de récupération d'énergie sur eaux grises est très important dans le secteur résidentiel. Il s'applique donc favorablement aux futurs logements. Ces systèmes de récupération de chaleur passifs doivent être intégrés dès les premières phases d'études de conception car nécessitent des aménagements de gros œuvre pour certains.

Réglementation – récupération passive d'énergie sur les eaux usées :

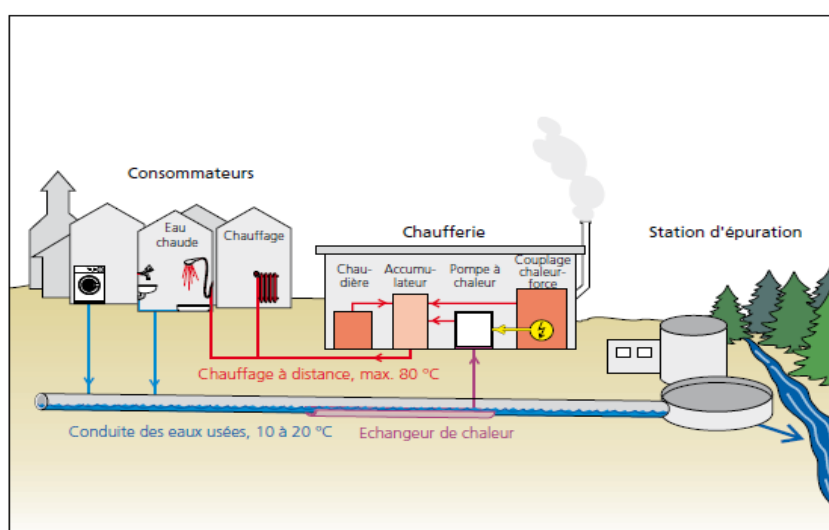
Les installations devront être conformes au règlement sanitaire en vigueur.

5.2 Génération active avec pompe à chaleur

Deux sources d'énergie disponibles : l'eau usée des réseaux gravitaires ou l'eau épurée des stations d'épuration. L'énergie des eaux usées ou épurées (température variable de 10 à 20°C selon les saisons et les régions) est utilisée, grâce à une PAC, sous forme de chaleur pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire ou le rafraîchissement de locaux (PAC réversibles).

On distingue trois éléments clés :

- l'échangeur thermique, uniquement pour les récupérations sur eaux usées, est ajouté dans les canalisations existantes ou directement intégré dans les éléments préfabriqués (remplacement ou réseau neuf),
- la ou les pompes à chaleur (PAC),
- les émetteurs de chaleur (planchers chauffants basse température, ventilo-convecteurs, distribution de chaleur bitube ou monotube...).



Source : www.energie.sia-partners.com

▪ **Echelle théorique d'exploitation :**

Exploitation à l'échelle de la ZCA via une chaufferie collective avec réseau de chaleur.

Exploitation également à l'échelle des bâtiments de logements collectifs en chaufferie par bâtiment ou en sous-station pour appoint d'un réseau de chaleur.

▪ **Potentiel :**

Par ailleurs, certaines conditions doivent être vérifiées pour envisager le recours à un système de récupération de chaleur sur les eaux usées :

- Le débit dans les canalisations doit dépasser un certain seuil, ce débit dépend directement du nombre de logements raccordés à ce réseau
- Une taille de canalisation suffisamment grande. Souvent la pose d'un échangeur de chaleur ne peut être envisagée qu'à l'occasion d'un renouvellement des canalisations.

La ZAC de la Plaine de l'Ourcq, à vocation principalement de logements, permet d'avoir un débit suffisant pour envisager une récupération de chaleur des eaux usées. Cette solution nécessite un débit de canalisation d'environ 15 l/s et est adaptée au milieu urbain dense.

Il existe un potentiel de récupération d'énergie sur les eaux usées, mais celui-ci devra s'accompagner d'études spécifiques afin d'optimiser au maximum les installations.

Réglementation – récupération d'énergie sur les eaux usées :

Une autorisation de l'exploitant des eaux usées est indispensable pour vérifier que leur température d'exploitation ne subit qu'une faible variation (limité à 1°C)

Avant toute analyse des solutions d'utilisation, la ressource de récupération de chaleur sur eaux grises est bonne et ne peut être négligée sur ce site, essentiellement dédié au secteur résidentiel.

POTENTIEL RECUPERATION PASSIVE

La mise en œuvre de ce type d'installation ne rencontre pas d'obstacle majeur mais nécessite d'être intégrée très tôt dans les études de conception, à l'échelle des bâtiments. Le prix de ces installations qui commencent à se généraliser sur le marché des énergies renouvelables reste encore élevé.

POTENTIEL RECUPERATION ACTIVE

La mise en œuvre de ce type d'installation ne rencontre pas d'obstacle majeur mais nécessite d'être intégrée très tôt dans les études de conception, à l'échelle des bâtiments ou de la ZAC elle-même. Le gisement de récupération de calories sur eaux grises est à estimer pour rentabiliser ce type d'installation. Le coût global de ces installations qui commencent à se généraliser sur le marché des énergies renouvelables reste encore élevé.

6) Potentiel de cogénération

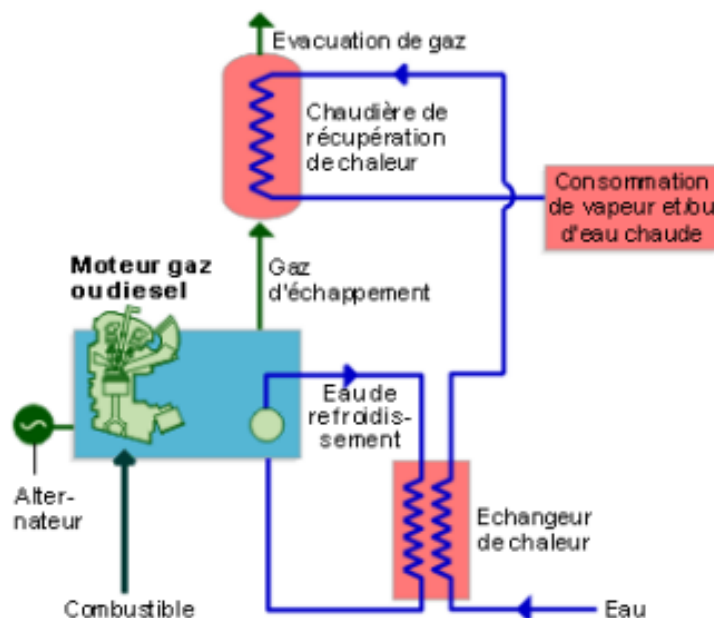
6.1 Présentation : principe de fonctionnement

La cogénération est un principe de production simultanée d'électricité et de chaleur. En effet, la production d'électricité engendre la production de chaleur qui est habituellement dissipée dans l'atmosphère.

Les moteurs des cogénérateurs sont des moteurs à explosion classique, couplés à des alternateurs produisant l'électricité.

La chaleur des gaz d'échappement à 500°C peut être récupérée à plus de 70% par refroidissement à 150°C. La chaleur de l'eau de refroidissement et de l'huile du moteur à +/- 100°C peut être entièrement récupérée.

Il s'agit donc d'une source de production d'énergie décentralisée.



Source : Institut de Conseil et Etudes en Développement Durable

Les moteurs diesel et gaz sont utilisés dans une gamme de puissance de 5 kW à plusieurs MW. La récupération de chaleur de ce type de moteur se prête bien à des utilisations à des températures inférieures à 100°C comme la préparation d'eau chaude sanitaire.

Il existe à l'heure actuelle sur le marché :

- des unités de fortes puissances pour une utilisation à l'échelle du bâtiment de logements collectifs, dont l'approvisionnement en combustible est sous forme de gaz ou d'huiles végétales. Elles utilisent la technologie de cogénération par moteurs thermiques
- des unités de micro-cogénération équipées généralement de moteurs Stirling pour une utilisation à l'échelle du logement individuel, dont l'approvisionnement en combustible est sous forme de gaz

▪ Echelle théorique d'exploitation :

L'échelle du bâtiment, voir même l'échelle du logement individuel dans le cas des systèmes à moteur Stirling, correspond à ce type d'énergie.

▪ **Potentiel :**

La production combinée de chaleur et d'électricité, ou cogénération permet d'économiser entre 10 et 20% d'énergie primaire et donc de réduire les émissions polluantes, dont le CO₂.

L'intérêt de la cogénération est que tout en produisant de la chaleur pour le chauffage et la production d'ECS de façon identique à une chaudière gaz à condensation par exemple, le système produit simultanément de l'électricité.

Les rendements de production électrique sont les suivants :

- Cogénération par moteur : rendements situés généralement entre 30 et 40%
- Moteur Stirling : plus de 90% d'après les constructeurs

Ces installations nécessitent par contre une utilisation simultanée de la production de chaleur et d'électricité car cette dernière ne peut être stockée et devra être autoconsommée, ou alors elle est transférée au réseau électrique du prestataire qui a une obligation d'achat. Les débouchés concernant la chaleur produite en surplus par l'installation doivent être consolidés et contractualisés.

La cogénération permet donc une meilleure rentabilité des énergies fossiles, mais ne les remplacent pas. Elle possède un meilleur rendement que les installations gaz classiques. Sur un plan économique, cette efficacité énergétique se traduit par une réduction de la facture énergétique, pondérée par le faible coût de l'énergie électrique actuelle en France.

POTENTIEL COGENERATION – PAR BÂTIMENT OU SITE

Les puissances actuellement disponible dans la gamme de technologies abordées et les contraintes liés aux obligations de production d'électricité, ne permettent pas l'utilisation de ces systèmes dans un réseau de chaleur à l'échelle de la ZAC.

Le coût de ces installations reste encore élevé.

POTENTIEL COGENERATION – PAR LOGEMENT

Les petites installations devront être favorisées dans le cas du site résidentiel de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq. Des chaudières compactes à mini-cogénération sont donc envisageables sur le projet.

Le coût de ces installations reste élevé.

7) Valorisation du potentiel en énergies renouvelables grâce à un réseau de chaleur

Potentiel en énergie renouvelable	Compatibilité réseau de chaleur	Commentaire
Géothermie très basse énergie	Oui	Très bon potentiel de développement sur sol ou sur eau à faible profondeur. Présence d'une nappe souterraine à 11 mètres de profondeur. Le terrain n'est pas favorable à son exploitation. En revanche peut être considéré l'exploitation du canal de l'Ourcq (sous réserve de débit et température réglementaire).
Géothermie basse énergie	Oui	Le terrain n'est pas favorable à son développement.
PAC à absorption gaz	Non	Les puissances sont faibles, mais solution envisageable à l'échelle du bâtiment.
Solaire thermique	Non	Il existe des installations couplant le bois au solaire mais cela reste du domaine de l'expérimentation
Bois énergie	Oui	Potentiel réel mais implique un phasage rigoureux et une estimation des besoins précise.
Méthanisation	Oui	Nécessité d'études complémentaires sur le gisement de déchets potentiellement utilisables et remarque identique que pour le bois énergie. Solution non compatible avec une politique de réduction des déchets.
Eolien	Non	/
Récupération d'énergie par les eaux usées	Oui	Nécessité d'études complémentaires sur les réseaux actuels et sur les réseaux futurs de la zone.
Cogénération	Oui	La présence de module de cogénération en région Île-de-France est importante. Les puissances des systèmes actuels peuvent répondre aux besoins à l'échelle de la ZAC uniquement. Non applicable pour quelques bâtiments. Les débouchés pour la chaleur produite doivent être consolidés et garantis.

La pertinence de faisabilité d'un approvisionnement en énergie du futur aménagement par un réseau de chaleur s'évalue entre autre par son efficacité, traduite par la notion de « densité énergétique » du site. Elle correspond à la quantité d'énergie consommée par les bâtiments du futur aménagement (en kWh), par unité de longueur du réseau (mètre linéaire).

Les valeurs seuils usuellement prise en compte dans un premier temps sont les suivantes (source - SRCAE) :

- 1 500 kWh/ml de réseau considéré comme la limite inférieure de rentabilité de raccordement au réseau.
- 4 500 kWh/ml de réseau correspondant à la limite moyenne de rentabilité économique jugée acceptable en Île-de-France.
- 9 000 kWh/ml de réseau correspondant à la valeur moyenne constatée pour l'ensemble des réseaux de chaleur franciliens.

Selon l'étude d'opportunité réalisée par Est Ensemble, la densité énergétique de la ZAC de la Plaine de l'Ourcq est de l'ordre de 4,5 MWh/ml. Ce qui correspond à un potentiel moyen de raccordement au réseau de chaleur. Les besoins de chauffage estimés pour la Plaine de l'Ourcq sont de 9,5 GWh et la limite inférieure de rentabilité d'un raccordement est estimée à 1,5 MWh/ml. La longueur du réseau ne doit donc pas être supérieure à 6 300 mètres, ce qui est le cas (environ 5 500 mètres).

Plusieurs scénarii possibles sur la commune de Noisy-le-Sec :

- **Raccordement au réseau YGEO.**
- **Raccordement au CPCU via la RN3 ou le canal.**
- **Solution locale par quartier : Madeleine Ouest, Madeleine Est, Engelhard, Port de Noisy, Triangle de l'Ourcq, Cité de la Sablière – Quartier du Petit Noisy, RFF, Passementerie et Saft.**

Cependant des mesures conservatoires sont à prévoir au niveau des aménagements publics et des immeubles (ex : emplacement au sol, chaufferie mobile ou remplacement à terme des installations).

8) Synthèse du potentiel d'EnR

	Energie	Chauffage	Rafrachissement	ECS	Eclairage auxiliaires	Taux de couverture	Potentiel	Echelle d'exploitation	Solution préconisée (en fonction d'étude technico-économique)	Investissement en € / kW	Prix indicatif (€ TTC / kWh)
Energies traditionnelles	Gaz	X		X		100% des besoins	Fort	Bâtiment, ZAC, plusieurs ZAC	Conseillée en appoint d'une ENR	200 à 350	0,05
	Electricité	X	X	X	X	100% des besoins	Fort	Bâtiment, éclairage public, recharge véhicules électriques	Déconseillée pour les postes de chauffage et ECS, excepté en appoint (taux de conversion Cef / Cep, contenu CO2 du kWh)	100 à 260	0,08 à 0,12
Energies renouvelables	Géothermie très basse énergie (sur nappe ou directement sur le canal de l'Ourcq)	X	X	X		A déterminer	Très fort	Bâtiment	Conseillée dans le cas de la géothermie sur le canal de l'Ourcq (moins coûteux)	350 à 600	0,016 à 0,024
	Géothermie très basse énergie (sur sol)	X	X	X		A déterminer	Bon	Bâtiment	Envisageable mais nécessite des investissements et une surface au sol disponible importants	350 à 600	0,02 à 0,03
	Géothermie basse énergie	X	X	X		A déterminer	Très fort		Cette solution est envisagée aujourd'hui avec la création d'un forage à Noisy-le-Sec. Coût d'investissement élevé. Etudes géotechniques et hydrogéologiques complémentaires à réaliser afin d'enrichir les données sur les caractéristiques de la nappe d'eau souterraine.	/	/
	Pac à absorption	X	X	X		A déterminer	Bon	Bâtiment	Envisageable mais retour sur investissements faibles	/	/
	Solaire	Bioclimatique	X		X	> 60% des besoins de chauffage Valeur limite pour les autres postes	Fort	Bâtiment	Conseillée en combinaison avec une production d'ECS par ENR	/	
		Thermique		X		En appoint : 60 % des besoins	Bon	Bâtiment	Conseillée	0	0
		Photovoltaïque			X	A déterminer selon surface	Bon	Bâtiment et éclairage public	Conseillée en complément d'autres ENR pour l'ECS et le chauffage	0	0
	Biomasse (par bâtiment)	X		X		80% à 90% des besoins hivernaux	Bon	Bâtiment	Déconseillée en raison de la surface utilisée et des modalités de livraison	300 à 500 pour la méthanisation / biogaz 700 à 1 500 pour le bois énergie	0,05 pour la méthanisation / biogaz 0,025 à 0,055 pour le bois énergie
	Mini-éolien				X	A déterminer	A déterminer	Parties communes des bâtiments et éclairage public	Envisageable mais retour sur investissements faibles	0	0
	Eolien				X	A déterminer	Faible	Bâtiment et éclairage public	Déconseillée	0	0
	Eaux usées (récupération passive avec échangeur)	X		X		A déterminer	Bon	Bâtiment	Conseillée	300 à 600	0
	Eaux usées (génération active avec pompe à chaleur)	X		X		A déterminer	A déterminer	Bâtiment ou Zac via réseau de chaleur	Conseillée	300 à 600	0
	Cogénération (moteur sterling)	X		X	X	A déterminer	Bon	Bâtiment	Envisageable mais retour sur investissements faibles	/	/

Synthèse des aides et subventions envisageables

Au regard du futur projet d'aménagement, des aides issues du Fonds Chaleur peuvent être envisagées en fonction de l'importance des systèmes mis en œuvre.

1) Fonds Chaleur Renouvelable

Le Fonds Chaleur renouvelable est l'une des mesures majeures issue du Grenelle de l'Environnement en faveur du développement des Energies Renouvelables. Le Fonds Chaleur permet de financer les projets utilisant la chaleur renouvelable dans les secteurs de l'habitat collectif, du tertiaire et de l'industrie, ceux-ci devant contribuer à hauteur d'environ 25 % (5,5 Mtep) à l'objectif 2020 de développement des énergies renouvelables. Les taux d'aides mis à jour le 25/07/2012 sont les suivants :

	Type d'énergie	Conditions d'éligibilité	Montant de l'aide indicatif										
PRODUCTION	Bois énergie	<ul style="list-style-type: none">- Production minimum : 100 tep d'énergie biomasse en sortie chaudière- Exigences environnementales : valeurs maximales d'émission de poussières fonction de la production thermique et de la puissance de l'installation- Taux de plaquettes forestières constituant le combustible biomasse fonction de la production thermique de l'installation	<table><tr><th>tep/an biomasse en sortie chaudière</th><th>Aides maxi en €/tep</th></tr><tr><td>0 à 250</td><td>1 750</td></tr><tr><td>250 à 500</td><td>1 250</td></tr><tr><td>500 à 1 000</td><td>600</td></tr><tr><td>>1000</td><td>300</td></tr></table>	tep/an biomasse en sortie chaudière	Aides maxi en €/tep	0 à 250	1 750	250 à 500	1 250	500 à 1 000	600	>1000	300
			tep/an biomasse en sortie chaudière	Aides maxi en €/tep									
			0 à 250	1 750									
			250 à 500	1 250									
			500 à 1 000	600									
			>1000	300									
			(1 tep = 11,63 MWh)										
L'aide maximum de la production s'effectue par l'addition des tranches correspondantes au projet													

	Solaire thermique collectif	<ul style="list-style-type: none"> - Exclusivement ECS - Nouvelles installations solaires thermiques pour bâtiments neufs (sauf si l'installation est nécessaire au respect de la RT2012) - Surface de capteurs solaires > 25 m² utiles à l'échelle du projet - Surface de capteurs solaires > 15 m² pour chacune des installations du projet - Production solaire utile > 400 kWh utile / m² - Dépenses éligibles < 1 200€/m² pour le logement collectif et 1 100€/m² pour le tertiaire - Capteurs solaires certifiés - Le projet doit respecter la RT en vigueur - Instrumentation pour le suivi de la production. <p>Projets non éligibles : Systèmes constitués de PAC couplées à des capteurs solaires thermiques et les installations pouvant bénéficier du crédit d'impôt.</p>	<p>13 000 € / tep solaire utile produite annuellement pour le logement collectif</p> <p>11 000 € / tep solaire utile produite annuellement pour le tertiaire</p>
PRODUCTION	Géothermie sur aquifère profond	<p>Réalisation de doublet (ou triplet) et création de réseau de chaleur associé</p> <p>D'autres configurations sont possibles, l'acceptation revient à l'ADEME.</p>	<p>Instruction des projets au cas par cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de 0 à 40 % des dépenses éligibles sans PAC plafonné à 1 600 €/tep EnR. - de 0 à 60% des dépenses éligibles avec PAC plafonné à 3 300 €/tep EnR. <p>Les Tep EnR sont comptabilisées en sortie d'échangeur ou en entrée de PAC.</p>

	<p><i>PAC sur nappe</i> <i>PAC sur champs de sonde</i> <i>PAC sur réseaux d'eaux usées</i></p>	<p>PAC sur eau de nappe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puissance thermique de la PAC > 50 kW - Réinjection du fluide géothermal extrait dans l'aquifère d'origine - COP machine > 4 (élec) - COP machine > 1.55 (gaz) <p>PAC sur champs de sonde :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puissance thermique de la PAC > 30 kW - Réalisation d'un test de mesure des propriétés thermiques du terrain pour le dimensionnement des installations et d'une étude de simulation dynamique pour les opérations de surface SHON > 1 000 m² - COP machine > 3,7 (élec) - COP machine > 1.43 (gaz) <p>PAC sur réseaux d'eaux usées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puissance thermique de la PAC > 50 kW - COP machine > 4 (élec) - COP machine > 1.55 (gaz) <p>Mise en place d'un monitoring pour les 3 modes. En cas de doute sur l'éligibilité, la décision reviendra à l'ADEME.</p>	<p>Instruction des projets au cas par cas. <u>Aide indicative :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - PAC sur nappe : de 0 à 40% des dépenses éligibles plafonné à 2 400 €/tep EnR. - PAC sur champs de sonde : de 0 à 60% des dépenses éligibles plafonné à 8 300 €/tep EnR. - PAC sur réseaux d'eau usées : de 0 à 60% des dépenses éligibles plafonné à 5 000 €/tep EnR. <p>Les Tep EnR en entrée de PAC.</p>
	<p>Méthanisation / biogaz</p>	<p>Concerne les projets de valorisation de biogaz d'une production énergétique minimum de 100 tep/an :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de chaleur sortie chaudière - de chaleur sortie cogénération (si rendement de l'installation > 70%) 	<p>Au cas par cas</p> <p>De plus les projets de méthanisation/biogaz sont éligibles au fonds déchets : assiette de l'aide plafonnée à 10 M€ pour un taux d'aides maximum de 30%.</p> <p>Ces 2 fonds peuvent être mobilisés conjointement.</p>

DISTRIBUTION	Réseaux de chaleur	- Longueur du réseau > 200 ml	>	60 % de l'investissement réseau avec plafond d'assiette variant avec le type de réseau : 1 800€/ml pour les réseaux hautes pressions et de 900 à 450€/ml pour les basses pressions (fonction du diamètre).
		- Densité thermique du réseau 1,5 MWh / ml.an (si moins, aide plafonnée à 1 000 €/tep EnR&R)		
		- 50% minimum d'EnR sur le réseau		

L'aide totale est la somme de l'aide liée à la production de chaleur et de l'aide liée à la distribution.

2) Garantie AQUAPAC

Les nappes d'eau souterraines de faible profondeur recèlent un potentiel énergétique utilisable grâce aux pompes à chaleur. Cependant, il peut exister une incertitude sur les conditions d'utilisation de la ressource naturelle qui dépend des caractéristiques géologiques locales. La procédure AQUAPAC, créée par l'ADEME, le BRGM, et EDF prend en charge la couverture financière de ce risque géologique.

La procédure AQUAPAC mise en place par l'ADEME, EDF et le BRGM est une procédure de «Garantie sur la ressource en eau souterraine à faible profondeur, utilisée à des fins énergétiques » pour des pompes à chaleur d'une puissance supérieure à 30 KW. Cette garantie, offerte aux maîtres d'ouvrage, se décompose en deux phases :

- une garantie de recherche, liée à la découverte de la ressource en eau souterraine lors de la réalisation du forage,
- une garantie de pérennité qui couvre le risque de disparition ou de modification de la ressource au cours de l'exploitation (5 ans lors de la mise en œuvre initiale de la garantie).

Ce type de garantie couvre donc l'aléa géologique lié à la mise en œuvre d'une ressource souterraine. Le contrat de garantie recherche doit être signé avant le commencement des travaux de forage. La garantie de pérennité ne peut être effective que si les opérations d'entretien et de maintenance sont effectivement mises en œuvre sur l'opération.

La cotisation de la garantie "recherche" est égale à 5 % du montant garanti. La cotisation de la garantie "pérennité" est égale à 4% du coût des ouvrages garantis.

Les indemnités de la garantie AQUAPAC, en "recherche" et en "pérennité", sont plafonnées à 140 000 € depuis le 1er janvier 2011.

L'attribution de la garantie repose sur l'examen, par le Comité AQUAPAC, d'un dossier présentant les éléments techniques, liés à la ressource géologique et à l'utilisation de la chaleur, nécessaires à l'évaluation du projet. Le BRGM, membre du Comité AQUAPAC, apporte son expertise sur les aléas géologiques et hydrogéologiques du site, ainsi que sur les essais de production envisagés par le maître d'ouvrage.

Présentation des différents scénarii

Les scénarii sont analysés à l'échelle du bâtiment. Cinq scénarii sont retenus ici pour l'étude :

- Chauffage gaz,
- Géothermie très basse énergie (PAC sur eau – canal de l'Ourcq),
- PAC à absorption gaz,
- Récupération d'énergie sur eaux usées (génération active avec PAC),
- Raccordement au réseau de chaleur YGEO
- Raccordement au CPCU

Le 2^{ème} scénario s'applique en particulier pour les quartiers ou groupe de bâtiment à proximité directe avec le canal de l'Ourcq.

Les scénarii ne seront pas analysés à l'échelle de plusieurs ZAC. Les études menées notamment pour les ZAC canal de l'Ourcq et ZAC de l'Horloge ont conclu à la mise en place de solution à l'échelle de la ZAC : raccordement au réseau de chaleur urbain de Bobigny pour la première et chauffage gaz à condensation pour la deuxième (voir tableau page 21).

Des scénarii de solaire photovoltaïque et de solaire thermique n'ont pas été étudiés car ces systèmes sont généralement utilisés sur les toitures des bâtiments par les concepteurs pour faire baisser la consommation d'énergie primaire des bâtiments et être ainsi conforme à minima à la RT 2012. De plus, des fermes photovoltaïques et/ou thermiques ne sont pas implantables sur le reste de la ZAC.

1) Cas du quartier d'Engelhard

Le cas d'Engelhard est étudié ici sur la demande de Sequano Aménagement, pour des raisons de programme d'aménagement et de prévision de construction plus avancés. Les résultats de cette étude sont à priori transposables sur les quartiers avec une surface importante consacrée au logement, ce qui est le cas du quartier d'Engelhard. Pour les quartiers dont la surface de locaux d'activités, bureaux ou équipements publics est très majoritaire comparé à la surface de logement (Port de Noisy, Passementerie, SAFT et RFF), les conclusions de l'étude pourront être différentes (voir conclusion ci-après).

D'après le programme et les plans masses transmis, un nombre de 12 bâtiments a été estimé sur le quartier d'Engelhard. La surface totale de ces bâtiments est d'environ 42 000 m² SDP ce qui fait une moyenne de ces bâtiments a été estimée à 3 500 m² SDP.

Pour simplifier l'analyse au niveau des bâtiments, l'étude a été réalisée sur un bâtiment « type » avec une consommation et une puissance moyennées entre les logements et les bâtiments tertiaires au prorata de leurs surfaces. Soit une consommation pour le chauffage et l'ECS de 61 kWh/m².an. La puissance de chauffage et production d'ECS nécessaire est d'environ 2 200 kW pour le secteur.

2) Hypothèses de calcul à l'échelle du quartier Engelhard

2.1 Actualisation des coûts

Les augmentations du prix des énergies (consommation et abonnement pour un ménage) données à titre indicatif pour les différentes énergies testées sont les suivantes (évolutions moyennes calculées sur les années 2007 à 2012) :

- Gaz naturel : 4,7 % par an

- Electricité : 2,9 % par an
- CPCU (UIOM, Bois) : 1,1 % par an

Pour le taux d'inflation et le taux d'actualisation de l'entretien et de la maintenance, les valeurs prises sont égales à la moyenne des 5 dernières années (*Source : Insee, Index BT*), c'est-à-dire :

- Inflation moyenne : 1,60 %
- Actualisation de l'entretien et de la maintenance : 1,80 %

Ces valeurs proviennent de retours d'expériences et sont très proches des valeurs que l'on peut retrouver dans les enquêtes publiées par AMORCE / ADEME sur l'évolution du prix de l'énergie.

2.2 Tarif des énergies

Prix moyen actuel (en 2015) des énergies en centimes d'euro HT par kWh suivant le poste de consommation et de l'abonnement correspondant :

Tarif	Energie	Consommation (c€/ kWh _{eff})	Abonnement annuel	Puissance concernée
Bleu	Elec	13,290	84,05 €	max. 6 kVA
Vert A5 (base UL)	Elec	4,979	54,6 €/kVA 125 580 €	entre 250 et 3 000 kVA
B2S (base)	Gaz	3,646	1 357,08 €	inférieure à 4 MW
CPCU	CPCU	5,205	50,75 €/kWh	/

2.3 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement des solutions prennent en compte les coûts de la pose et de la fourniture des équipements suivants :

- Raccordement au gaz / CPCU
- Générateurs de chauffage et d'ECS
- Stockage ECS
- Distribution
- Emission (radiateurs)

2.4 Durée de vie

La durée de vie des équipements sont les suivantes :

Système	Durée de vie
Régulation	15 ans
Radiateurs	25 ans
Ballons ECS + échangeur	20 ans

3) Descriptif des systèmes énergétiques

Toutes les solutions de chauffage sont constituées à l'identique d'un réseau de distribution hydraulique avec pour émetteurs des radiateurs à eau chaude moyenne ou basse température (60/40°C ou 45/35°C).
En annexe vous trouverez toutes les hypothèses de calcul.

3.1 Chaufferie gaz collective

Mise en place d'une chaufferie collective avec des chaudières gaz à condensation pour l'ensemble des bâtiments pour le chauffage et la production d'ECS.

La consommation d'énergie primaire du bâtiment est évaluée à 111 kWh_{ep}/m².an (taux de conversion du gaz égal à 1 et taux de conversion de l'électricité égal à 2,58).

- Coût d'exploitation :	
Abonnement (P1') :	55 213 € _{HT} / an
Consommation (P1'') :	175 659 € _{HT} / an
Valeur moyenne du kWh : 3,849 ct€	
Entretien-maintenance (P2) :	800 € _{HT} / an
Remplacement (P3) :	120 450 € _{HT} / an
(P3 correspond aux petits et gros remplacements des systèmes)	
- Investissement :	4 265 000 €_{HT}
- Coût global sur 30 ans :	17 782 991 €_{HT}

3.2 Géothermie très basse énergie : PAC sur eau (canal de l'Ourcq)

Mise en place d'une chaufferie collective avec PAC sur eau (canal de l'Ourcq) pour l'ensemble des bâtiments pour le chauffage et chaudières gaz à condensation pour la production d'ECS.

La consommation d'énergie primaire du bâtiment est évaluée à 87 kWh_{ep}/m².an (taux de conversion du gaz égal à 1 et taux de conversion de l'électricité égal à 2,58).

- Investissement :	4 759 300 € _{HT}
- Coût d'exploitation :	
Abonnement (P1') :	180 793 € _{HT} / an
Consommation (P1'') :	145 364 € _{HT} / an
Remplacement (P3) :	120 450 € _{HT} / an
- Coût global sur 30 ans :	22 052 300 €_{HT}
- Consommation annuelle d'énergie primaire :	
3 666 MWh soit 87 kWh/m ² Shon	

- Emission annuelle d'énergie primaire :
694 TCO₂ soit 16,5 kgCO₂/m²Shon

3.3 PAC à absorption gaz

Mise en place de PAC à absorption gaz pour tous les bâtiments pour le chauffage et chaudières gaz à condensation pour la production d'ECS. Quatre à cinq PAC à absorption gaz seront nécessaires pour chaque bâtiment. Ces équipements ont en effet une puissance maximale d'environ 38 kW.

La consommation d'énergie primaire du bâtiment est évaluée à 88 kWh/m².an (taux de conversion du gaz égal à 1 et taux de conversion de l'électricité égal à 2,58).

- Investissement :	4 954 300 € _{HT}
- Coût d'exploitation :	
Abonnement (P1') :	71 498 € _{HT} / an
Consommation (P1'') :	159 810 € _{HT} / an
Remplacement (P3) :	120 450 € _{HT} / an
- Coût global sur 30 ans :	18 501 153 € _{HT}
- Consommation annuelle d'énergie primaire :	3 691 MWh soit 68 kWh/m ² Shon
- Emission annuelle d'énergie primaire :	719 TCO ₂ soit 17,1 kgCO ₂ /m ² Shon

3.4 Récupération d'énergie sur eaux usées (génération active avec pompe à chaleur)

Mise en place d'une PAC de récupération d'énergie des eaux usées avec appoint par chaudières gaz à condensation pour l'ensemble des bâtiments pour la production d'ECS. Le chauffage est entièrement réalisé par les chaudières gaz à condensation.

Nous admettons comme hypothèse que la puissance thermique potentielle récupérable sur les eaux usées permet une couverture de 70% des besoins d'ECS.

La consommation d'énergie primaire des bâtiments est évaluée à 68 kWh/m².an (taux de conversion du gaz égal à 1 et taux de conversion de l'électricité égal à 2,58).

- Investissement :	5 485 200 € _{HT}
- Coût d'exploitation :	
Abonnement (P1') :	180 793 € _{HT} / an
Consommation (P1'') :	130 521 € _{HT} / an

Remplacement (P3) :	118 175 € _{HT} / an
- Coût global sur 30 ans :	22 046 835 € _{HT}
- Consommation annuelle d'énergie primaire : 2 870 MWh soit 68 kWh/m ² Shon	
- Emission annuelle d'énergie primaire : 414 TCO ₂ soit 9,8 kgCO ₂ /m ² Shon	

3.5 Raccordement au réseau de chaleur géothermie basse énergie (projet YGEO)

Raccordement au futur réseau de chaleur de source géothermie basse énergie pour l'ensemble des bâtiments pour le chauffage et chaudières gaz à condensation en appoint.

La consommation d'énergie primaire du bâtiment est évaluée à 81 kWh/m².an (taux de conversion du gaz égal à 1 et taux de conversion de l'électricité égal à 2,58).

- Investissement :	6 019 300 € _{HT}
- Coût d'exploitation :	
Abonnement (P1') :	180 793 € _{HT} / an
Consommation (P1'') :	140 311 € _{HT} / an
Remplacement (P3) :	120 450 € _{HT} / an
- Coût global sur 30 ans :	23 069 582 € _{HT}
- Consommation annuelle d'énergie primaire : 3 410 MWh soit 81,2 kWh/m ² Shon	
- Emission annuelle d'énergie primaire : 648 TCO ₂ soit 15,4 kgCO ₂ /m ² Shon	

3.6 Raccordement au réseau de chaleur urbain de Paris (CPCU)

Raccordement au CPCU pour l'ensemble des bâtiments pour le chauffage.

La consommation d'énergie primaire du bâtiment est évaluée à 97 kWh/m².an (taux de conversion égal à 1 et taux de conversion de l'électricité égal à 2,58).

- Investissement :	5 290 000 € _{HT}
- Coût d'exploitation :	
Abonnement (P1') :	282 231 € _{HT} / an
Consommation (P1'') :	215 237 € _{HT} / an
Remplacement (P3) :	118 450 € _{HT} / an

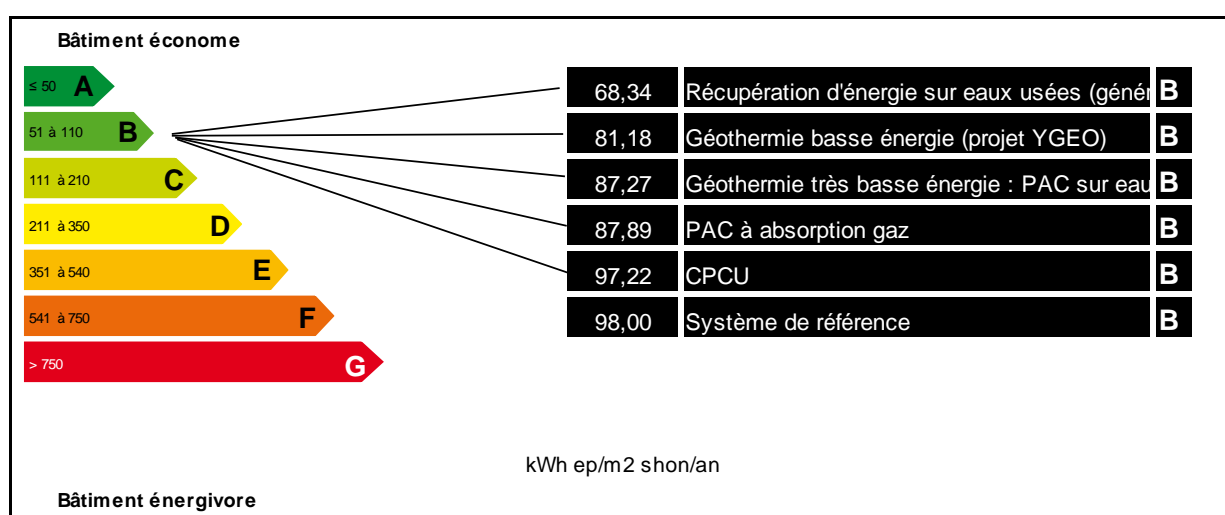
- Coût global sur 30 ans :		25 166 431 € _{HT}
- Consommation annuelle d'énergie primaire :		
4083 MWh	soit	97,2 kWh/m ² Shon
- Emission annuelle d'énergie primaire :		
666,48 TCO ₂	soit	15,9 kgCO ₂ /m ² Shon

4) Résultats comparatifs climat / énergie

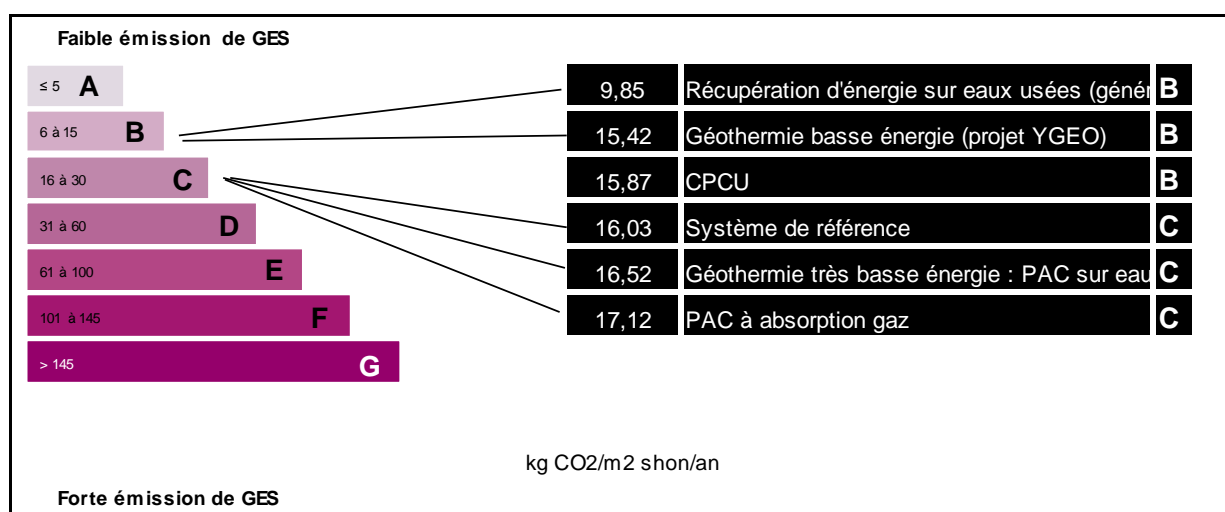
Dans cette partie sont présentés les résultats de consommation énergétique, d'émission de gaz à effet de serre, de coût d'investissement, de coût d'exploitation, et de coût global des différentes solutions de génération de chaleur étudiées.

1 -	Système de référence : Chauffage gaz collective à condensation
2 -	Géothermie très basse énergie : PAC sur eau (canal de l'Ourcq)
3 -	PAC à absorption gaz
4 -	Récupération d'énergie sur eaux usées (génération active avec pompe à chaleur)
5 -	Géothermie basse énergie (projet YGEO)
6 -	CPCU

Classe énergie :



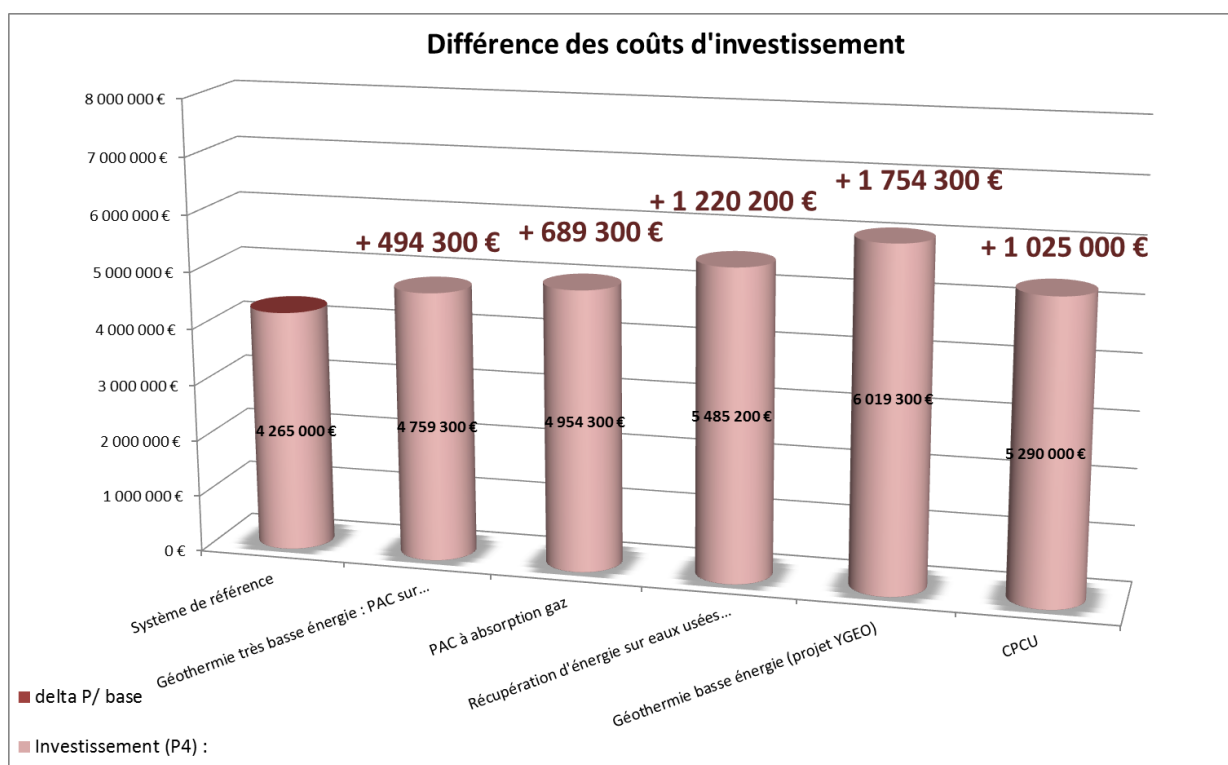
Classe climat :



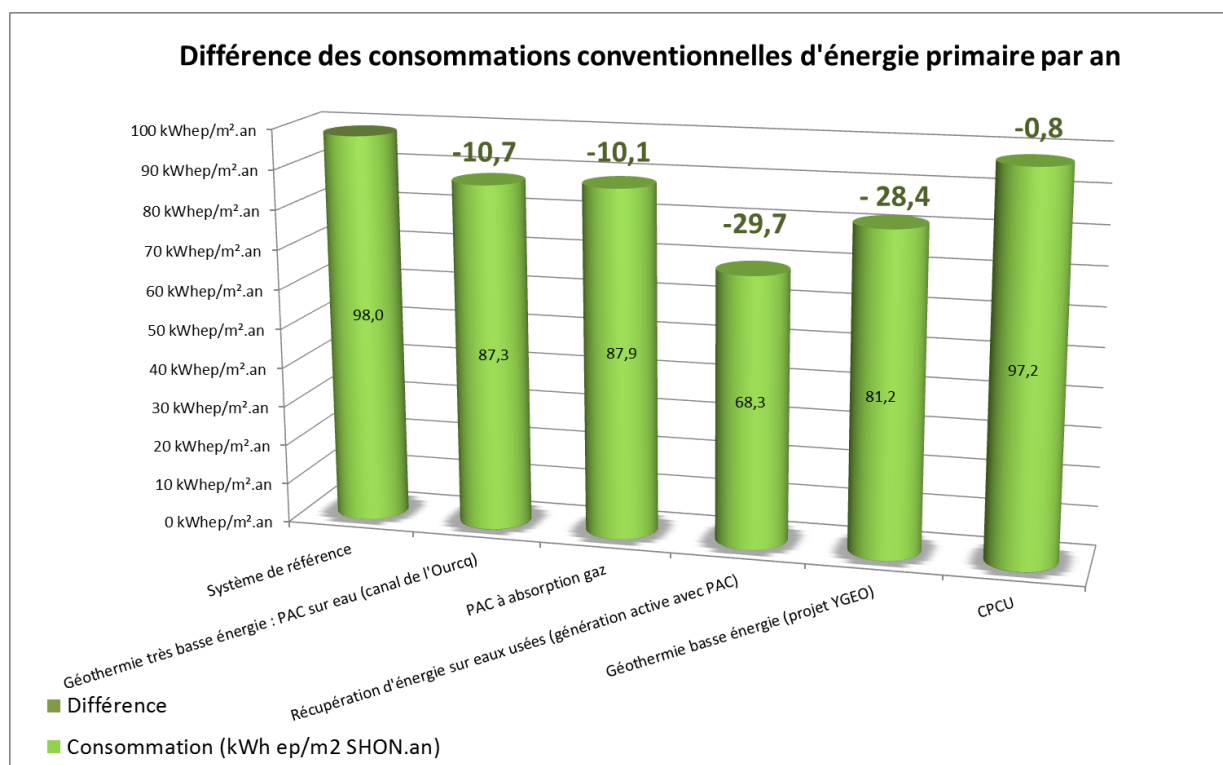
5) Résultats comparatifs des coûts

	Chaufferie gaz collective	Géothermie très basse énergie : PAC sur eau (canal de l'Ourcq)	PAC à absorption gaz	Récupération d'énergie sur eaux usées (génération active avec PAC)	Géothermie basse énergie (projet YGEO)	CPCU
Coût d'investissement (P4)	4 265 000 €	4 759 300 €	4 954 300 €	5 485 200 €	6 019 300 €	5 290 000 €
Coût d'exploitation annuel (2014) (P1+P2+P3)	352 122 €	447 408 €	352 558 €	430 289 €	442 354 €	615 918 €
Coût d'exploitation annuel (2044) (P1+P2+P3)	876 717 €	1 153 809 €	894 735 €	1 117 049 €	1 141 896 €	1 208 584 €
Consommation annuelle d'énergie primaire	98 kWhep/m².an	87 kWhep/m².an	88 kWhep/m².an	68 kWhep/m².an	81 kWhep/m².an	97 kWhep/m².an
Emission de gaz à effet de serre	16,0 kgCO2/m².an	16,5 kgCO2/m².an	17,1 kgCO2/m².an	9,8 kgCO2/m².an	15,4 kgCO2/m².an	15,9 kgCO2/m².an
Coût sur 30 ans	Abonnement et consommation (P1)	12 857 922 €	16 633 624 €	12 886 784 €	15 924 291 €	16 390 214 €
	Entretien-maintenance (P2)	23 283 €	23 283 €	23 283 €	23 283 €	0 €
	Remplacement (P3)	636 786 €	636 786 €	636 786 €	614 061 €	636 786 €
	Global	17 782 990 €	22 052 992 €	18 501 153 €	22 046 835 €	25 166 431 €

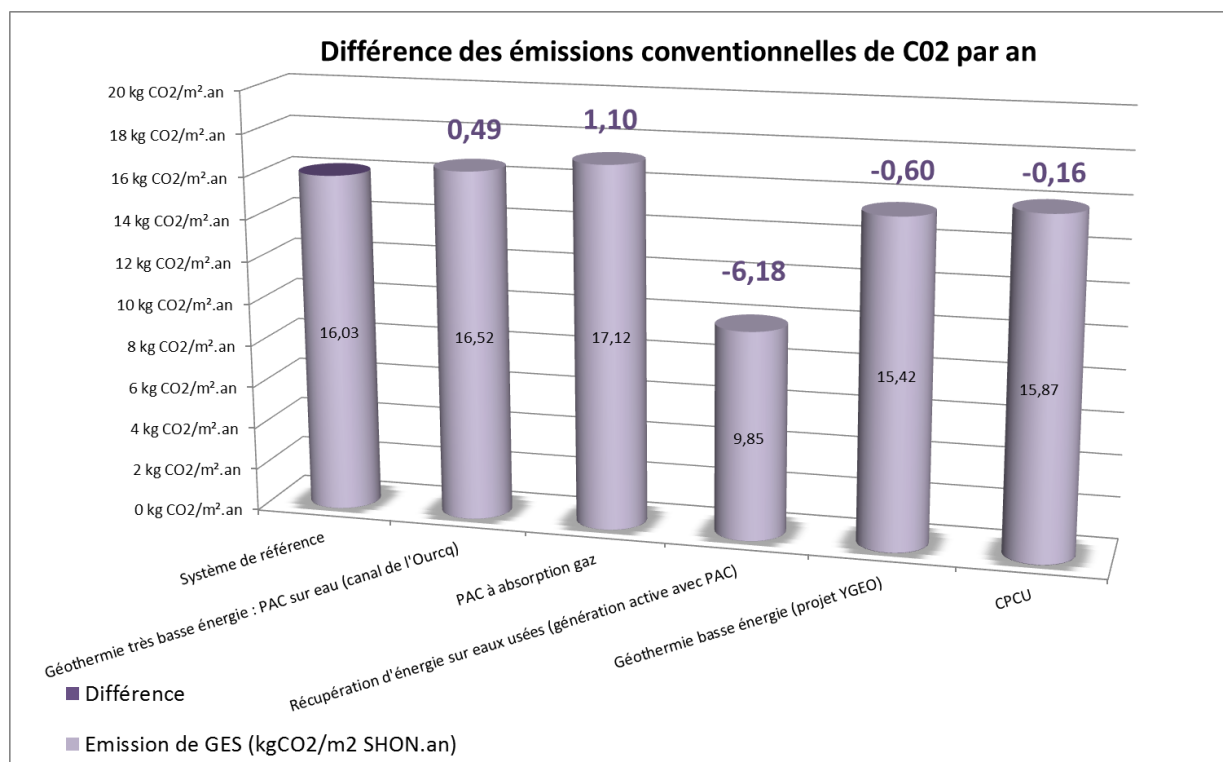
Coût d'investissement :



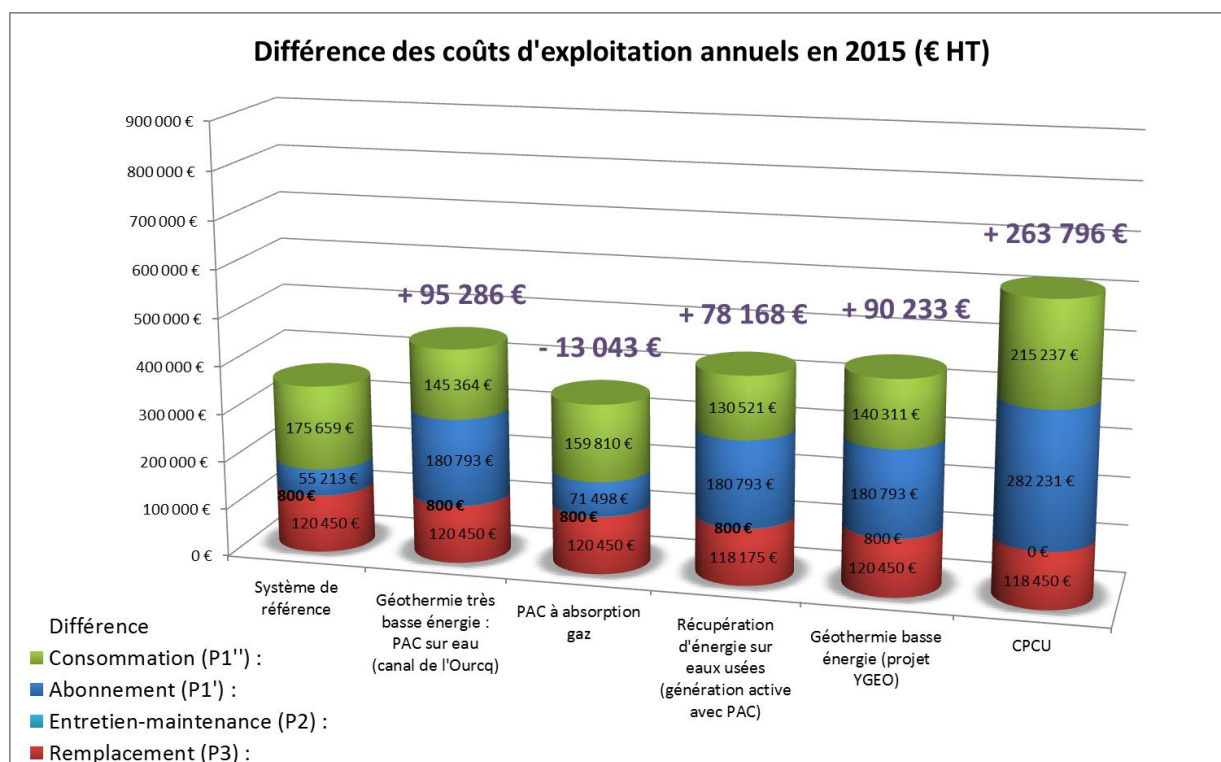
Consommation annuelle d'énergie primaire :



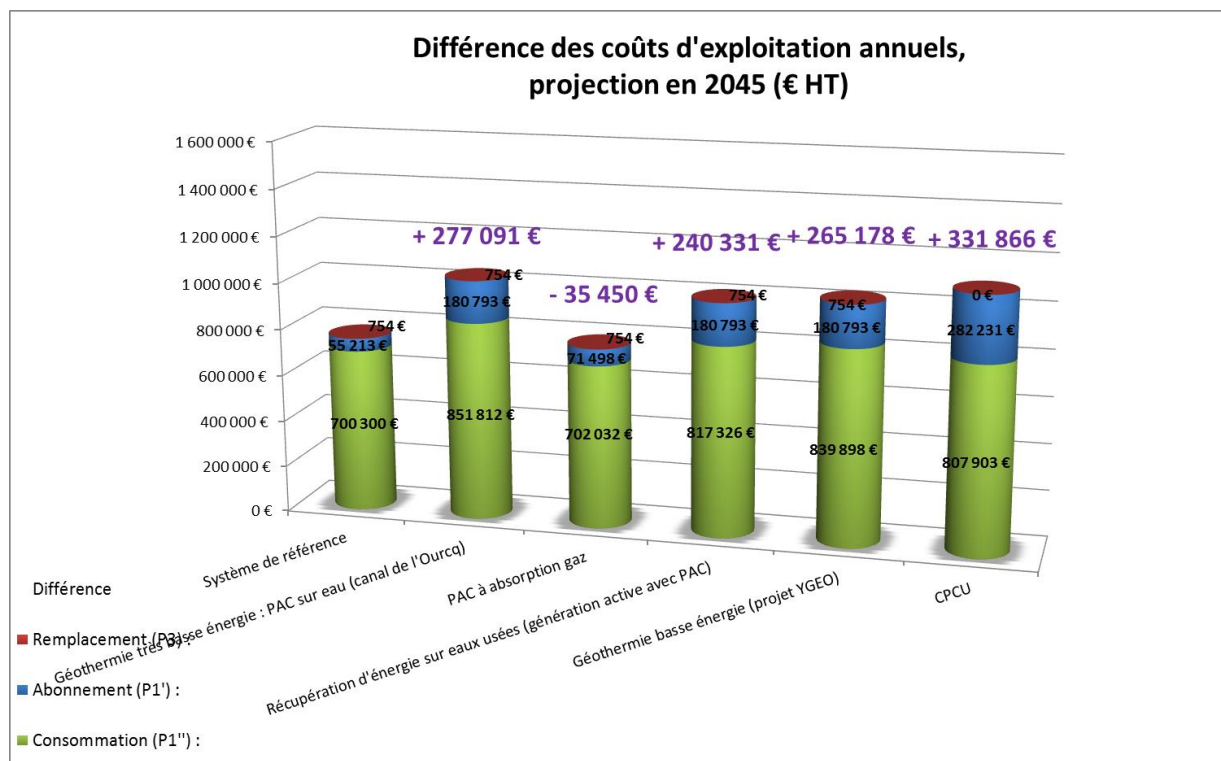
Emission annuelle de CO2 éq. :



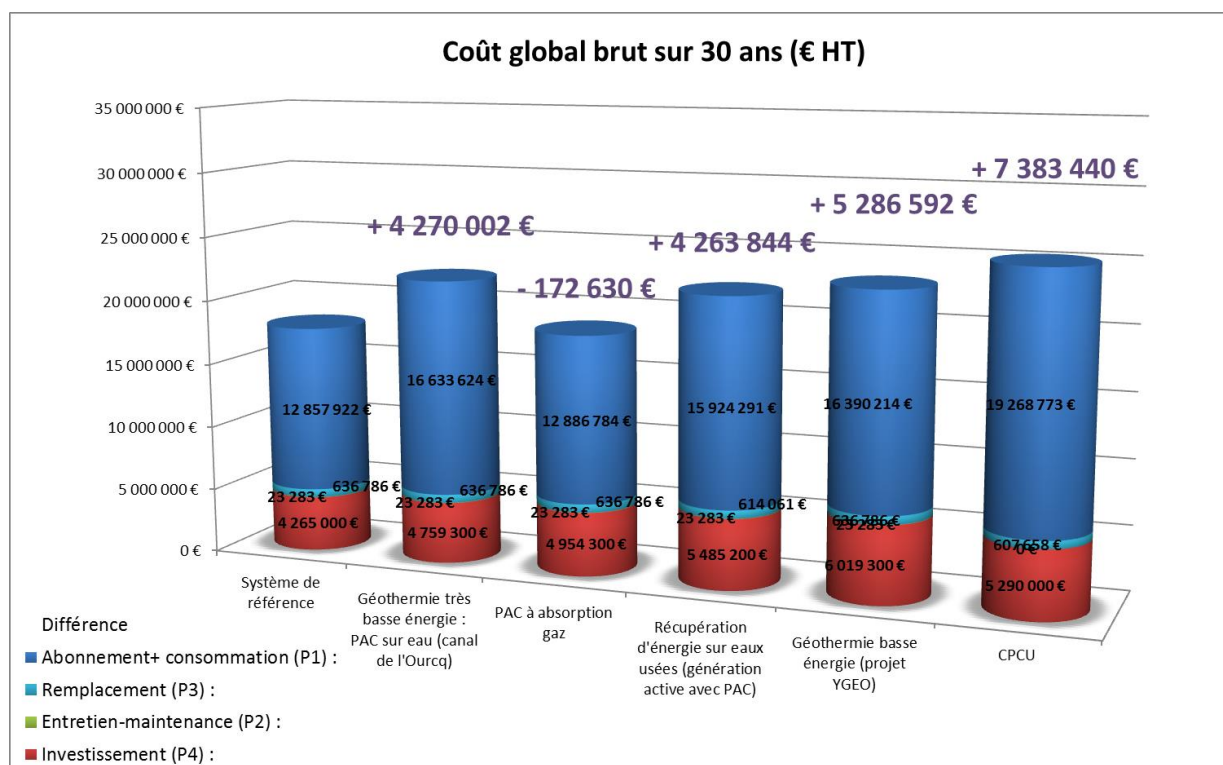
Coûts d'exploitation annuels en 2015 :



Coûts d'exploitation annuels en 2045 :



Coût global sur 30 ans :



Conclusion

Le système de référence correspond à une chaufferie gaz qui alimentera en chauffage et en eau chaude sanitaire les bâtiments. Il représente l'investissement le moins coûteux de toutes les variantes. En exploitation, les coûts restent relativement maîtrisés malgré une augmentation du prix du gaz plus élevée que l'électricité. Cette solution est performante en termes de coût global sur 30 ans. En revanche, cette solution est considérée comme la plus consommatrice d'énergie primaire et émettrice en Gaz à Effet de Serre (GES).

La solution avec PAC sur le canal de l'Ourcq est moins intéressante que la chaufferie gaz de par un investissement et un coût d'exploitation plus importants, et donc un coût global moins intéressant malgré l'utilisation d'une énergie bon marché et à faible évolution dans le temps.

La solution PAC à absorption gaz est une des variantes la plus chère à l'investissement, cependant, grâce à des coûts d'exploitation les moins élevés de toutes les variantes proposées en particulier une faible consommation d'énergie, c'est la solution la plus économique en termes de coût global sur 30 ans et ainsi la plus rentable à long terme. Cette solution est considérée comme moins consommatrice d'énergie primaire et moins émettrice en Gaz à Effet de Serre comparée à la solution chaufferie gaz.

La solution de récupération d'énergie sur eaux usées est la variante la plus chère à l'investissement. Même avec une très faible consommation d'énergie, c'est la variante la plus coûteuse en coût global sur 30 ans comparée aux autres solutions. Elle est toutefois la moins émettrice en Gaz à Effet de Serre (GES).

La solution de raccordement au projet YGEO (géothermie basse énergie) représente un coût d'investissement et d'exploitation plus importants, et donc un coût global moins intéressant malgré l'utilisation d'une énergie bon marché et à faible évolution dans le temps. Cette solution est considérée comme la moins consommatrice d'énergie primaire et moins émettrice en Gaz à Effet de Serre de toutes les solutions étudiées.

La solution de raccordement au CPCU présente un coût d'investissement et d'exploitation très importants, et donc un coût global très élevé. Ces coûts élevés sont principalement dus à un prix du kWh et un abonnement élevés, ainsi que des consommations fortes, conséquence de rendements d'installation faibles. En termes de consommation d'énergie primaire et d'émission de Gaz à Effet de Serre, cette solution n'est pas plus performante que la solution de base (chaufferie collective gaz).

La présente étude n'a pas pris en compte les aides présentés dans la partie « Synthèse des aides et subventions envisageables » p.65. D'autre part, l'étude présente des résultats dans la configuration la plus défavorable pour les énergies renouvelables. En effet, il n'est pas considéré que les solutions fonctionnent pour du préchauffage ECS.

Annexe

Chaudière gaz collective				
Investissement initial	Q	PU	Q*PU	Commentaire
Raccordement gaz	1	5 000	5 000	
Compteur gaz + autre gaz	1	10 000	10 000	
Chaudière	1	775 000	775 000	
Régulation	1	30 000	30 000	
Distribution	1	500 000	500 000	
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
Ballons ECS + échangeur	13	5 000	65 000	
Total €			4 265 000	
Entretien & Exploitation tous les X ans :	Q	PU	Q*PU	Commentaire
1				
Entretien (P2)	2,00	400	800	
			0	
			0	
Total €			800	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
15				
Régulation	1	30 000	30 000	
			0	
Total €			30 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
25				
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
			0	
			0	
			0	
			0	
Total €			2 880 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
20				
Ballons ECS + échangeur	13	5 000	65 000	
Total €			65 000	

Géothermie très basse énergie : PAC sur eau (canal de l'Ourcq)

Investissement initial	Q	PU	Q*PU	Commentaire
PAC eau/eau	1	975 000	975 000	
Régulation	1	30 000	30 000	
Distribution	1	500 000	500 000	
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
Chaudières gaz à cond. (873 kW)	1	294 300	294 300	
Raccordement gaz	1	5 000	5 000	
Compteur gaz + autre gaz	1	10 000	10 000	
Ballons ECS	13	5 000	65 000	
Total €			4 759 300	
Entretien & Exploitation tous les X ans :	Q	PU	Q*PU	Commentaire
1				
Entretien (P2)	2	400	800	
			0	
			0	
Total €			800	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
15				
Régulation	1,00	30 000,00	30 000	
			0	
Total €			30 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
25				
Radiateurs	2 400	1 200,00	2 880 000	
			0	
			0	
			0	
Total €			2 880 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
20				
Ballons ECS	13	5 000	65 000	
Total €			65 000	

PAC à absorption gaz				
Investissement initial	Q	PU	Q*PU	Commentaire
PAC absorption gaz	13	90 000	1 170 000	
Régulation	1	30 000	30 000	
Distribution	1	500 000	500 000	
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
			0	
Chaudières gaz à cond. (873 kW)	1	294 300	294 300	
Raccordement gaz	1	5 000	5 000	
Compteur gaz + autre gaz	1	10 000	10 000	
Ballons ECS	13	5 000	65 000	
			0	
			0	
Total €			4 954 300	
Entretien & Exploitation tous les X ans :	Q	PU	Q*PU	Commentaire
1				
Entretien (P2)	2,00	400	800	
			0	
			0	
Total €			800	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
15				
Régulation	1	30 000	30 000	
			0	
Total €			30 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
25				
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
			0	
			0	
			0	
Total €			2 880 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
20				
Ballons ECS	13	5 000	65 000	
Total €			65 000	

Récupération d'énergie sur eaux usées (génération active avec PAC)

Investissement initial	Q	PU	Q*PU	Commentaire
PAC eau/eau	13	120 000	1 560 000	
Régulation	1	30 000	30 000	
Distribution	1	500 000	500 000	
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
			0	
Chaudières gaz à cond. (1 427 kW)	1	480 700	480 700	
Raccordement gaz	1	5 000	5 000	
Compteur gaz + autre gaz	1	10 000	10 000	
Ballons ECS	13	1 500	19 500	
Total €			5 485 200	

Entretien & Exploitation tous les X	Q	PU	Q*PU	Commentaire
1				
Entretien (P2)	2,00	400	800	
			0	
			0	
Total €			800	

Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
15				
Régulation	1	30 000	30 000	
			0	
Total €			30 000	

Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
25				
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
			0	
			0	
			0	
			0	
Total €			2 880 000	

Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
20				
Ballons ECS	13	1 500	19 500	
Total €			19 500	

Géothermie basse énergie (projet YGEO)

Investissement initial	Q	PU	Q*PU	Commentaire
PAC	1	975 000	975 000	
Régulation	1	30 000	30 000	
Distribution	1	500 000	500 000	
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
Forage (350 €/ml sur 1 800 mètres x 2)	1	1 260 000	1 260 000	
Chaudières gaz à cond. (873 kW)	1	294 300	294 300	
Raccordement gaz	1	5 000	5 000	
Compteur gaz + autre gaz	1	10 000	10 000	
Ballons ECS	13	5 000	65 000	
Total €			6 019 300	
Entretien & Exploitation tous les X ans :	Q	PU	Q*PU	Commentaire
1				
Entretien (P2)	2,00	400	800	
			0	
			0	
Total €			800	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
15				
Régulation	1	30 000	30 000	
			0	
Total €			30 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
25				
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
			0	
			0	
			0	
Total €			2 880 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
20				
Ballons ECS	13	5 000	65 000	
Total €			65 000	

CPCU				
Investissement initial	Q	PU	Q*PU	Commentaire
Raccordement CPCU + distribution	7 600	300	2 280 000	
Sous-station + régulation + ballon ECS + échangeur	13	10 000	130 000	
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
Total €			5 290 000	
Entretien & Exploitation tous les X ans :	Q	PU	Q*PU	Commentaire
1				
Entretien (P2)	0,00	400	0	
			0	
			0	
Total €			0	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
15				
	0	0	0	
			0	
Total €			0	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
25				
Radiateurs	2 400	1 200	2 880 000	
			0	
			0	
			0	
Total €			2 880 000	
Remplacement à X ans : (DVT)	Q	PU	Q*PU	Commentaire
20				
Ballon ECS	13	5 000	65 000	
Total €			65 000	