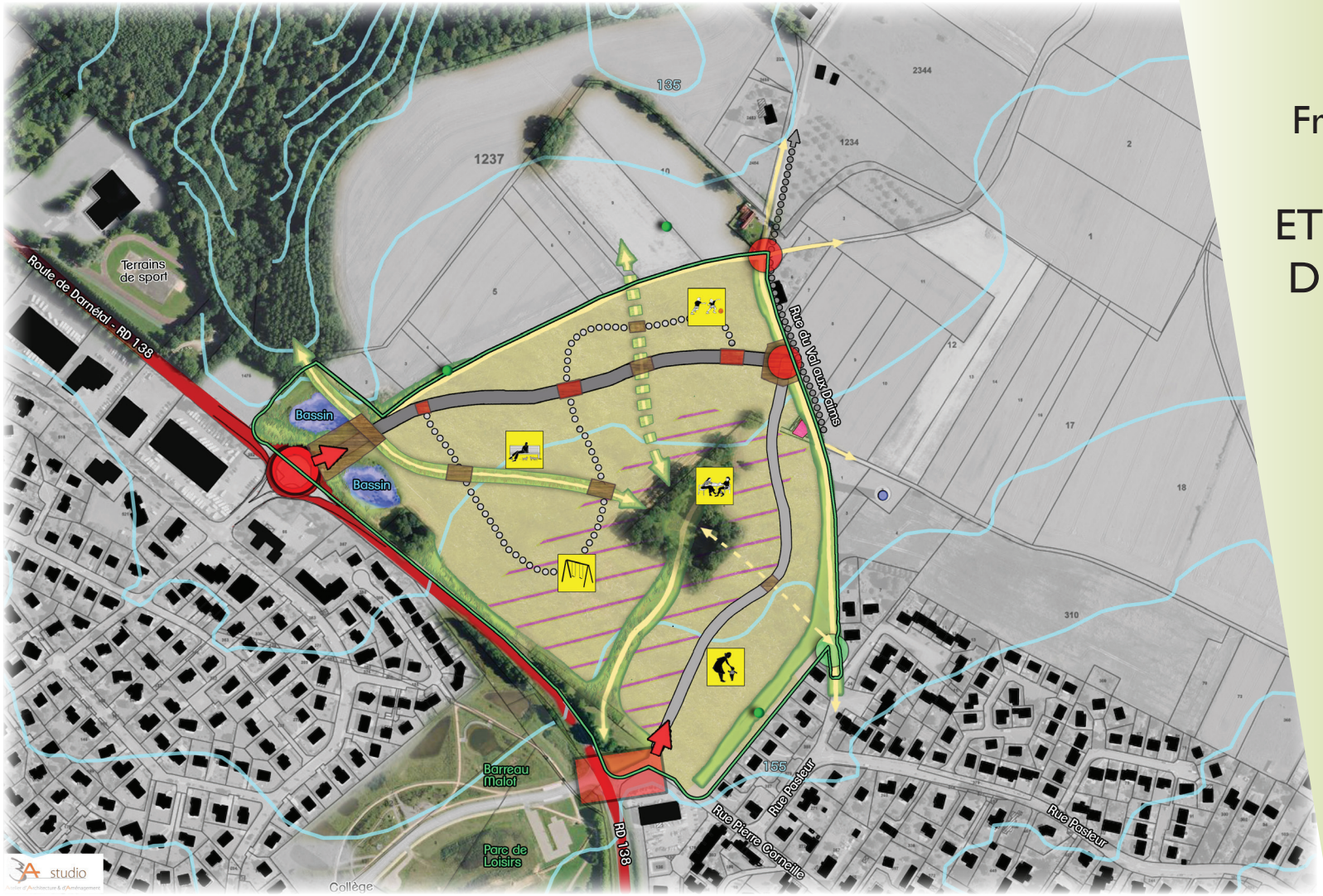
FRANQUEVILLE SAINT-PIERRE



Zone d'Aménagement Concerté
Le Val aux Daims

Commune de
Franqueville Saint Pierre

ETUDE DE FAISABILITÉ DU DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

au titre de l'article L. 128 – 4
du Code de l'Urbanisme

Siam Conseils
management de projets URBains

Energio
Economies & Gestion d'énergie

8 Septembre 2014

SOMMAIRE

1 - Préambule.....p.3

2 - Programme et phasage de l'opération.....p.4

3 - Le contexte réglementaire.....p.5

Des engagements nationaux p.5

Au Schéma Régional Climat Air Energie.....p.5

Le Plan Climat Energie.....p.6

La RT 2012.....p.6

4 - Impacts prévisibles du projet sur la consommation d'énergie.....p.7

Postes de consommation d'énergie liés au projet de ZAC.....p.7

Consommation d'énergie prévisionnelle des bâtiments au titre de la RT2012.....p.7

5 - Opportunités de développement des énergies renouvelables en système individuel.....p.10

Le solaire thermique.....p.11

L'aérothermie.....p.12

La géothermie.....p.13

La biomasse p.14

L'énergie photovoltaïque.....p.15

L'éolien p.17

La micro-cogénération..... .....p.18

Conclusion.....p.19

6 - Opportunité de création d'un réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables.....p.20

Principes de fonctionnement d'un réseau de chaleur.....p.20

Intérêts de recours à un réseau de chaleur.....p.20

Détermination des besoins.....p.21

Hypothèse 1 : création d'un réseau de chaleur sur une première tranche de 50 logements.....p.22

Hypothèse 2 : création d'un réseau de chaleur sur un programme dense.....p.23

Hypothèse 3 : création d'un réseau de chaleur pour le programme de logements collectifs.....p.24

Approche financière de l'hypothèse 3.....p.25

Conclusions sur l'opportunité de recours à un réseau de chaleur p.26

1 - Préambule

La commune de Franqueville-Saint-Pierre se situe dans le département de la Seine Maritime, en Haute Normandie. La commune est intégrée à la Communauté d'Agglomération Rouen, Elbeuf et Austreberthe.

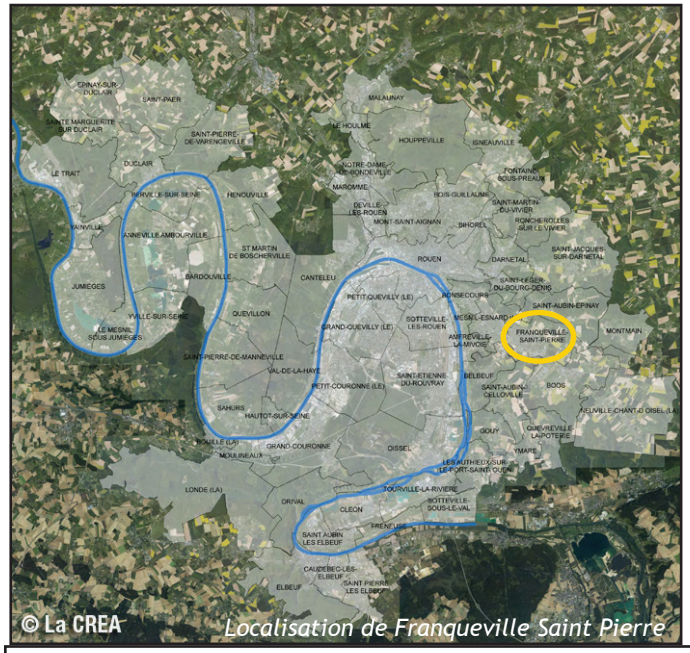
La commune de Franqueville-Saint-Pierre est soucieuse de maîtriser son développement, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. Pour cela, elle souhaite un schéma d'ensemble pour son urbanisation future.

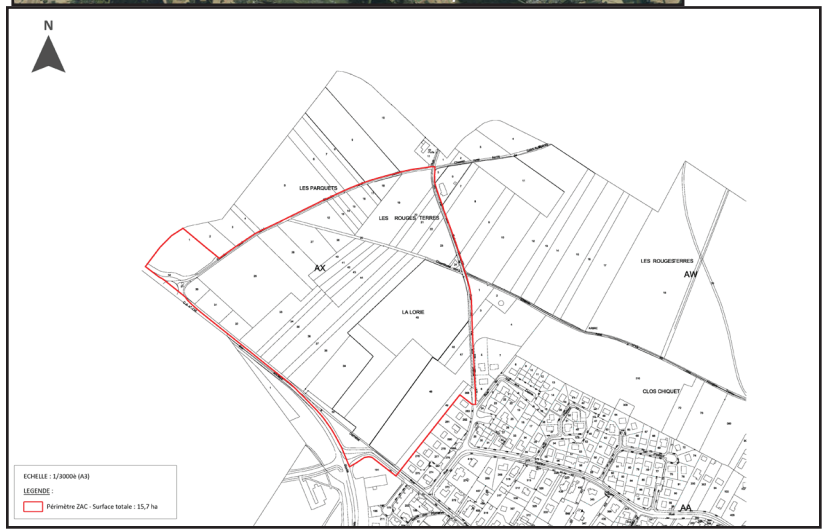
Elle envisage d'aménager le site du Val aux Daims, représentant une superficie d'environ 16 hectares, afin de mettre en œuvre sur son territoire un projet d'habitat. Les objectifs sont la maîtrise de l'urbanisation, l'adaptation de l'offre aux besoins de la population, et l'accompagnement du développement par des aménagements adaptés.

Située à l'extrémité Ouest de la partie agglomérée de la commune, cette opération à vocation principale d'habitat doit permettre l'amélioration qualitative et fonctionnelle de l'entrée Ouest de la ville, à l'interface entre Franqueville-Saint-Pierre et Le Mesnil-Esnard.

Il s'agit également de mettre en œuvre les objectifs de mixité sociale et de densité émis par le Programme Local de l'Habitat de la Communauté d'Agglomération de Rouen-Elbeuf-Austreberthe (CREA), approuvé en juin 2012, ainsi que par le Schéma de Cohérence Territoriale de la CREA en cours d'élaboration.

Cette opération d'aménagement implique la réalisation d'une étude d'impact au sens des articles L. 122-1 à L. 122-3 du Code de l'Environnement, elle relève donc également de **l'article L.128 – 4 du Code de l'Urbanisme. Le présent document a pour objectif de dresser un état initial des potentiels de développement des énergies renouvelables sur le secteur du Val aux Daims et d'étudier l'opportunité de développement d'un réseau de chaleur.**





Périmètre de la ZAC - extrait des études d'aménagement, source : SIAM Conseils

AVERTISSEMENT

Cette étude est une première approche des ressources existantes. Pour connaître la faisabilité technico-financière des différentes alternatives exposées, la commune, si elle est intéressée, décidera de lancer une étude de faisabilité sur un périmètre «opérationnel» d'intervention.

2 - Programme et phasage de l'opération

Le programme prévisionnel de constructions envisagé sur le secteur du Val aux Daims prévoit la réalisation d'environ 400 logements pour un total de 38 000 m² de surface de plancher.

La répartition typologique est la suivante :

- environ 40 à 45 % de collectifs
- environ 20 à 25 % de maisons individuelles denses
- le reste en terrain à bâtir

FRANQUEVILLE SAINT-PIERRE

Etude d'aménagement du secteur Val aux Daims

Programme prévisionnel **septembre 2014 - périmètre réduit + 45 logements/ ha**

PROGRAMME	nb d'unités	assiette / unité	SDP/ unité	SDP globale	assiette globale nette	%	périmètre	opérationnel	COS global
LOCATIF SOCIAL		1,20				**30%**		en m² :	
Collectifs	98	58	70	6 860	5 717		bois, carrière	9 500	
MIG*	20	200	80	1 600	4 000		traitement paysager RD 138 (14 m)	6 300	
Total locatif social :	**118**			**8 460**	**9 717**	**11%**	bassin pluvial Mesnil Esnard	5 839	
ACCESSION SOCIALE - MAITRISEE		1,20				**25%**			
Collectifs	0	58	70	-	-				
MIG psla*	25	250	85	2 125	6 250		pavillon rue du Val aux Daims	-	
MEB primo "TAB mitoyenneté" **	43	200	95	4 085	8 600		pavillon vétuste	inclus	
TAB primo	30	300	95	2 850	9 000				
Total accession :	**98**			**9 060**	**23 850**	**26%**	espaces conviviaux	**3 200**	
ACCESSION LIBRE						**46%**			
Collectifs	76	54	65	4 940	4 117				
TAB - moyen	80	450	120	9 600	36 000	*27%*			
TAB - grand	28	600	200	5 600	16 800				
Total libre :	**184**			**20 140**	**56 917**	**63%**	Coef. VRD esp. Verts		
							28%	**45 440**	
				37 660	**90 483**	**100%**			**COS :**
TOTAL	**400**	densité/ ha :	**25**	**cessible :**	**89 721**	**56%**		**160 000**	**0,24**
			45						

** MIG : Maison Individuelle Groupée*

*** MEB = Maisons en bande*

Programme prévisionnel d'aménagement - SIAM Conseils

Rythme prévisionnel de réalisation

Le phasage de réalisation envisagé prévoit une première tranche de 60 logements suivie de tranches de 25 à 35 logements.

Les constructions seront soumises dans un premier temps à la RT2012. Selon le rythme d'écoulement des terrains souhaité par la commune, la réalisation complète du projet pourra s'échelonner sur 7 à 12 ans : une partie des constructions serait alors soumise à la RT2020.

3 - Le contexte réglementaire

Des engagements nationaux ...

Pour faire face aux enjeux liés aux changements climatiques, la France s'est engagée dans le respect d'ici 2020 des objectifs européens du paquet « énergie-climat », ou « 3x20 », dans les textes datés du 23 avril 2009 (directives 2009/28/CE à 2009/21 CE). Cet objectif européen se traduit au niveau national par différents objectifs :

- Réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport à 2005,
- Réduire de 20 % les consommations d'énergie par rapport à la valeur tendancielle de 2020,
- Produire l'équivalent de 23 % de la consommation finale nationale à partir d'énergie renouvelable.

A plus long terme la France s'est également engagée à diviser les émissions de gaz à effet de serre (GES) par quatre d'ici 2050 : c'est l'objectif du facteur 4, inscrit dans la loi du 13 juillet 2005 du Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique de la France, dite loi « POPE », et réaffirmé dans celle du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en oeuvre du Grenelle de l'environnement, dite « Grenelle 1 ».

L'objectif de la France est de contribuer à limiter le réchauffement climatique à +2°C, et éviter l'emballement du climat. Pour autant, cette augmentation minimale de la température aura des conséquences importantes pour les territoires. La France s'est ainsi engagée à mettre en oeuvre une stratégie d'adaptation au changement climatique à travers son Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC).

L'atteinte de ces objectifs repose sur la capacité des territoires à mettre en oeuvre les actions d'économies d'énergie, de limitation des émissions de gaz à effet de serre.

... au Schéma Régional Climat Air Energie

A l'échelle régionale, la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010, dite loi « Grenelle 2 » introduit l'obligation de réaliser le Schéma Régional Climat Air Energie qui doit définir les objectifs et les orientations régionales permettant de concourir à l'atteinte de ces objectifs.

LE SRCAE de la Région Haute-Normandie a été arrêté le 21 mars 2013 par le Préfet de la région Haute-Normandie, suite à l'approbation du Conseil Régional le 18 mars 2013.

Ce document d'orientations fixe 9 défis pour le territoire :

DEFI 1 : Responsabiliser et éduquer à des comportements et une consommation durables

DEFI 2 : Promouvoir et former aux métiers de la transition énergétique

DEFI 3 : Actionner les leviers techniques et financiers pour une diffusion des meilleures solutions d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de polluants

DEFI 4 : Aménager durablement le territoi re

DEFI 5 : Favoriser les mutations environnementales de l'économie du territoire

DEFI 6: S'appuyer sur l'innovation pour relever le défi climatique et énergétique

DEFI 7 : Développer les Energies renouvelables (EnR) et les matériaux bio- sourcés

DEFI 8 : Anticiper la nécessaire adaptation au changement climatique

DEFI 9 : Assurer le suivi et l'évaluation du SRCAE

Le défi 7 identifie notamment les énergies renouvelables à développer en priorité sur le territoire :

ENR 1 : Mobiliser efficacement l**e potentiel éolien terrestre**

ENR 2 : **Développer des chaudières biomasse industrielles et collectives à haute performance environnementale**

ENR 3 : Structurer et d**évelopper les filières biomasse en région**

ENR 4 : Structurer une filière et valoriser **le potentiel de méthanisation**

ENR 5 : **Développer la production d'énergie électrique solaire**

ENR 6 : Développer la récupération et la mutualisation des énergies fatales

BAT 7 : Renforcer l'accompagnement pour l'intégration des EnR dans le bâtiment

BAT 8 : Favoriser le renouvellement des systèmes individuels de bois domestiques par des systèmes performants contribuant à la préservation de la qualité de l'air.

Le Plan Climat Energie

Les orientations de SRCAE se déclinent localement, à travers les différents documents de planification des collectivités.

Le Plan Climat Energie Territorial (PCET) est un projet de développement durable qui vise à lutter contre le changement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre et à adapter le territoire aux effets inéluctables de ce changement climatique.

Il définit les principes d'organisation de transport de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement.

Sur la région rouennaise, le PCET est porté par la Communauté d'Agglomération de Rouen Elbeuf Austreberthe et constitue le volet «climat» du SCoT. Il est actuellement en cours d'élaboration (diagnostic réalisé en 2013).

La RT2012

Dans cet engagement national pour la réduction des consommations d'énergie, le secteur du bâtiment doit répondre aux réglementations thermiques.

Depuis le 1er janvier 2013, tout bâtiment doit respecter les exigences fixées par la Réglementation Thermique au travers de deux arrêtés :

- L'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments
- L'arrêté du 28 décembre 2012 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des autres bâtiments.

Sur la ZAC, l'ensemble des nouvelles constructions est concerné par la RT2012.

La Réglementation Thermique fixe pour chaque nouvelle construction (bâtiment ou partie de bâtiment), le niveau de consommation d'énergie primaire maximale autorisé en considérant les postes suivants :
- eau chaude sanitaire
- chauffage
- ventilation et auxiliaires de ventilation
- refroidissement
- éclairage.

Autrement dit, la RT2012 exclut de son calcul l'ensemble des appareils électroniques et électroménagers branchés à l'intérieur du bâtiment.

La RT2012 impose trois exigences de résultats

1) Exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti : Le besoin bioclimatique ou «Bbiomax»

- Exigence de limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées au bâti (Chauffage, refroidissement et éclairage)
- Un indicateur qui rend compte de la qualité de la conception et de l'isolation du bâtiment, indépendamment du système de chauffage.
- Un indicateur qui valorise la conception bioclimatique (accès à l'éclairage naturel, surfaces vitrées orientées au Sud…) et l'isolation performante.
- Une innovation conceptuelle majeure, sans équivalent en Europe.

2) Exigence de consommation maximale : « Cmax »

- Exigence de consommations maximales d'énergie primaire (objectif de valeur moyenne de 50 kWh/m²/an- variable suivant la zone climatique ci-après).
- 5 usages pris en compte : chauffage, production d'eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage, auxiliaires (ventilateurs, pompes)

3) Exigence de confort en été

- Exigence sur la température intérieure atteinte au cours d'une séquence de 5 jours chauds de limitation

4 - Impacts prévisibles du projet sur la consommation d'énergie

Postes de consommation d'énergie liés au projet de ZAC

Quatre postes de consommation d'énergie sont prévisibles sur la création de la ZAC multi-sites :

- la consommation d'énergie pour les bâtiments : le chauffage, l'éclairage, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire ;
- la consommation d'énergie liée aux activités des habitants : appareils électriques et électroniques, électroménager, audiovisuel,…;
- la consommation d'énergie pour l'éclairage des espaces publics de la zone ;
- la consommation de carburants pour les engins à moteur : véhicules légers, engins de chantier, engins de livraisons/ secours / services.

Les impacts prévisibles sont donc une augmentation des besoins en énergies d'origines fossile et électrique et des émissions de gaz à effet de serre qui leur sont liées.

A ce stade des études, la programmation sur la future ZAC prévoit la construction d'environ 400 logements.

Consommation d'énergie prévisionnelle des bâtiments au titre de la RT2012

Pour les logements, la RT2012 fixe une consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire du bâtiment ou de la partie de bâtiment, Cepmax, déterminée comme suit :

Cepmax = 50 × Mctype × (Mcgéo + Mcalt + Mcsurf + McGES)

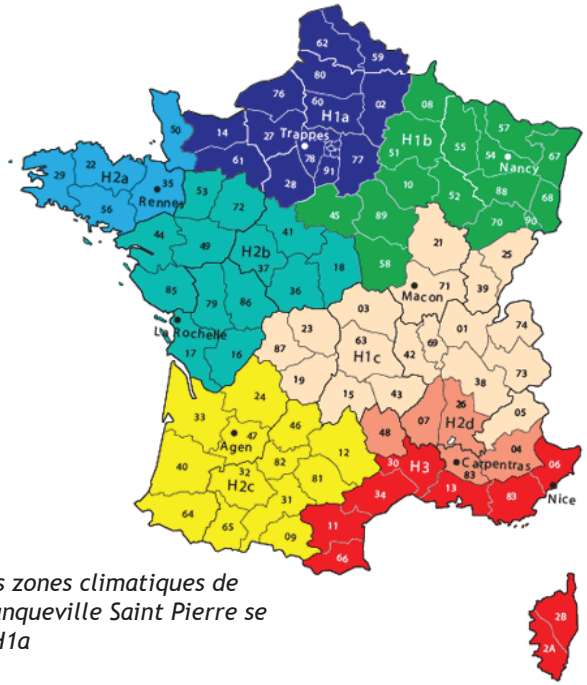
Avec :

- Mctype : coefficient de modulation selon le type de bâtiment ou de partie de bâtiment et sa catégorie CE1/CE2 ;
- Mcgéo : coefficient de modulation selon la localisation géographique ;
- Mcalt : coefficient de modulation selon l'altitude ;
- Mcsurf : pour les maisons individuelles ou accolées et les bâtiments collectifs d'habitation, coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment ou de la partie de bâtiment ;
- McGES : coefficient de modulation selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées.
- *Les valeurs des coefficients de modulation sont définies à l'annexe VIII.*

Pour le département de la Seine Maritime :

Mcgéo = 1,2
Mcalt = 0
Mcsurf = 0
McGES = 0.3 si rejet CO_2 inférieur à 50 g/kWh
0.2 si rejet CO_2 entre à 50 et 100 g/kWh
0.1 si rejet CO_2 entre à 100 et 150 g/kWh
0 si rejet CO_2 supérieur à 150 g/kWh

Plus la construction émet de gaz à effet de serre, plus l'effort sur la conception bioclimatique, l'isolation et la ventilation devra être important.



Répartition des zones climatiques de référence : Franqueville Saint Pierre se situe en zone H1a

RATIO DE CONSOMMATION PAR TYPOLOGIE AU TITRE DE LA RT2012

A partir de l'analyse des différents coefficients adaptés aux différentes typologies du programme, il est possible d'indiquer les niveaux de performance énergétique attendu pour les quatre grands types de constructions programmés sur la ZAC :

Ces niveaux de consommation (Cep) sont purement indicatifs : ils ne peuvent remplacer l'étude thermique à établir pour la conception des locaux.

Ils démontrent néanmoins de la logique poursuivie par la RT2012 :

> plus le logement est grand, moins il doit consommer au m²

> plus l'énergie utilisée pour le chauffage est renouvelable, plus le logement peut consommer d'énergie.

Consommation d'énergie primaire à respecter au titre de la RT2012 en kWhep/m²/an

	Si Mc GES = 0	Si Mc GES = 0,3
Un appartement de 70 m² de SP	68	83
Une maison de ville d'environ 85 m² de SP	66	76
Un pavillon de SP < 100m²	64	74
Un pavillon de SP > 100 m²	47 à 55	57 à 65

CONSOMMATION GLOBALE DU BATI SI TOUT LE PROGRAMME EST SOUMIS A LA RT2012

En se basant sur ces ratios de consommation d'énergie primaire, la consommation totale globale des constructions sur la ZAC est estimée entre 2 et 2,6 Gwh par an, considérant :

- uniquement la consommation en ECS, chauffage, éclairage, ventilation, refroidissement de 400 logements.
- l'emploi de différentes énergies renouvelables ou non
- et que l'ensemble du programme livré est soumis à la RT2012.

Récapitulatif	surface plancher global en m²	Cep en KWhep/an quand Mc GES = 0	Cep en kWhep/an quand Mc GES = 0,3
Habitation en collectifs et intermédiaires	12 070	655 695	827 643
Habitation en maison individuelle groupée ou TAB < 100m² SP	10 850	519 600	649 800
Habitation sur TAB, SP > 100 m²	15 200	594 000	784 800
TOTAL	**38 120**	**1 994 628**	**2 563 626**

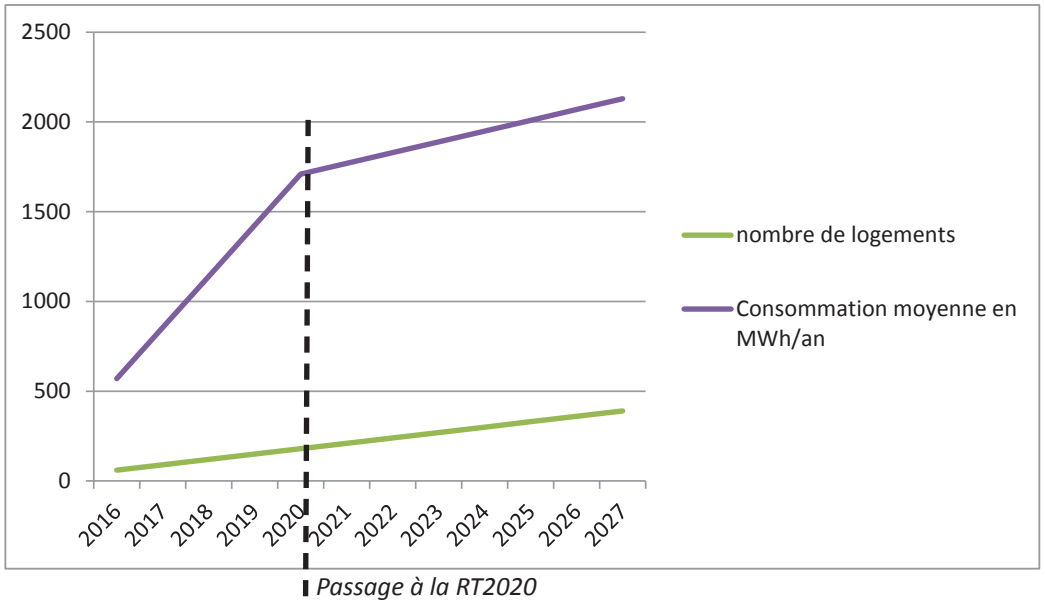
Simulation des niveaux de consommation d'énergie primaire au regard de la RT2012 par type de constrution et par ilot, en fonction de sources d'énergie considérées : si gaz McGES = 0,1, si bois McGes = 0,3

EVOLUTION DE LA CONSOMMATION GLOBALE DU BATI AVEC LE PASSAGE A LA RT2020

Si l'on considère le phasage de l'opération d'une part et la possible évolution de la RT2012 à la RT2020, le niveau global des consommations diminue, puisque la RT2020 devrait généraliser la construction de logements passifs (15 à 20 kWh/m²/an). Ainsi, à raison d'une première tranche de 50 logements suivi d'un rythme moyen de construction de 30 logements par an, à compter de 2016, l'opération serait entièrement livrée en 2028, dont environ 200 après 2021.

Si l'on considère l'hypothèse de recours systématique au bois énergie, le niveau de consommation global serait d'environ 1,7 GWh / an pour 345 logements au lieu de 2,2 GWh.

ANNEES	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
nombre de logements	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420
Consommation moyenne en MWh/an	569,69	854,54	1 139,39	1 424,24	1 709,08	1 769,08	1 829,08	1 889,08	1 949,08	2 009,08	2 069,08	2 129,08	2 189,08



Simulation de l'évolution du niveau de consommation du bâti au titre des postes de consommations encadrés par la Réglementation Thermique en vigueur, simulant le passage de la RT2012 à la RT2020 à compter de 2021.

La simulation des consommations d'énergie est indicative compte-tenu du nombre d'inconnues à ce jour (la surface réelle des logements, le nombre précis de logements réalisés, les types d'énergie réellement utilisées, le phasage de réalisation, l'évolution de la réglementation en vigueur...)

Les systèmes d'exploitation des énergies renouvelables vont continuer à progresser dans leur rendement et leur facilité d'installation.

Les coûts vont également évoluer.

Les besoins énergétiques des constructions devraient diminuer avec l'amélioration de l'isolation, de la ventilation et du traitement des ponts thermiques.

Les objectifs de développement des énergies renouvelables à définir devront donc évoluer dans le temps, en fonction de la faisabilité technique et financière.

5 - Opportunités de développement des énergies renouvelables en systèmes individuels

Ce chapitre traite du cas des énergies renouvelables mobilisées à l'échelle du bâtiment.

L'opportunité de développement des énergies renouvelables est analysée au regard :

- de la disponibilité de la ressource
- des réglementations applicables
- des partis pris du projet
- des conditions de mise en oeuvre technique et financière

Les fiches suivantes établissent pour chaque énergie renouvelable l'analyse des conditions de développement sur la ZAC. Sont distinguées les énergies renouvelables permettant la production de chaleur (solaire thermique, biomasse...) de celles produisant de l'électricité.

Ce chapitre se conclue par un tableau récapitulatif de l'opportunité de développement par énergie.

Les sources d'énergie renouvelables sont définies à l'article 19 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement et modifiant l'article 29 de la loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique.

« Les sources d'énergies renouvelables sont les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz.

La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.»

Production de chaleur : le solaire thermique

FONCTIONNEMENT

Les capteurs solaires thermiques sont utiles à la production d'eau chaude sanitaire et, éventuellement, dans le cadre d'un système combiné, en production de chaleur pour alimenter un réseau de chauffage au sol.

Il s'agit d'un système de fourniture de chaleur complémentaire : les niveaux d'ensoleillement en France et le rendement des panneaux ne permettent pas d'être autonome en production d'énergie.

Un chauffe-eau solaire couplé directement ou indirectement à une chaudière classique permet de réduire son coût d'utilisation en préchauffant l'eau utilisée. La chaudière utilisera seulement de l'énergie pour maintenir l'eau à température adéquate.

DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

Franqueville-Saint-Pierre bénéficie d'un ensoleillement moyen d'environ 1 500 h par an.

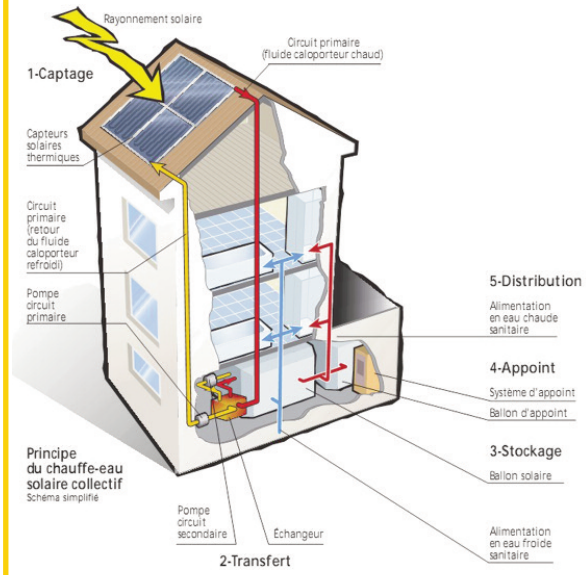
Une installation de panneaux solaires thermiques couvrira au minimum 40% des besoins en eau chaude d'un foyer.

REGLEMENTATION LOCALE

Dans la zone AU3a, l'article 11 demande l'intégration des capteurs solaires à la toiture, ce qui peut être un facteur limitant le rendement d'une installation.

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE TECHNIQUES ET FINANCIERES

Schéma d'une installation solaire collective dans un immeuble collectif



Crédit photo : ADEME

Les paramètres déterminants d'une installation vont être :

- la consommation d'ECS des utilisateurs et donc de l'énergie associée
- l'orientation des capteurs solaires par rapport au Sud (idéale) : pour une toiture orientée sud-est ou sud-ouest, la perte de rendement est assez faible (de l'ordre de 10%). Au delà, l'installation devient moins intéressante, voire inenvisageable si elle est orientée à l'Est ou à l'Ouest.
- l'inclinaison des capteurs solaires, 45° étant l'optimum. Une installation verticale en façade peut s'envisager notamment pour des tubes sous vide inclinables.
- la surface de capteurs installée : 1 à 2 m² de capteurs par logement, selon la surface de toiture disponible et le nombre d'occupants par logement.
- type d'implantation : sur toiture terrasse, intégré en toiture ou en apposition. Le plus simple et le plus répandu étant en toiture terrasse.
- les éventuelles ombres portées sur les capteurs : immeuble voisin, cheminée, arbre (à éviter au maximum car cela peut faire chuter fortement la production).

Approche financière

Le coût d'installation est d'environ 1000 € par m² de panneaux solaires installés (dont système de production d'eau chaude + distribution).

PARTIS PRIS DU PROJET

Les panneaux solaires thermiques sont conseillés pour les locaux nécessitant des besoins réguliers en eau chaude : les logements sont donc concernés.

> Dans les immeubles collectifs, les panneaux solaires sont utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire.

L'orientation sud des toitures est une condition à remplir pour assurer un rendement maximum des installations.

> cette recommandation sera à intégrer à la conception du plan masse.

Conclusion :

> Energie conseillée pour le programme de logements de la ZAC

> Anticiper l'implantation du bâti et la forme architecturale pour optimiser le rendement des installations.

Production de chaleur : l'aérothermie

FONCTIONNEMENT

Une pompe à chaleur capte la chaleur de l'air qu'elle compresse pour monter la température de l'air (PAC AIR/AIR) ou d'un fluide caloporteur circulant dans le logement (AIR/EAU). La pompe à chaleur fonctionne à l'électricité. Sa performance dépend du Coefficient de Performance : un COP de 4 signifie que la PAC produit (en moyenne) 4kWh de chaleur pour 1 kWh électrique consommé.

Ce système exige des installations de production de chaleur complémentaires, notamment pour produire l'eau chaude.

Son rendement dépend des variations de température : il sera d'autant plus faible que les écarts de température seront marqués entre l'intérieur à chauffer et l'extérieur où l'air est puisé.

DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

Les températures moyennes mensuelles demeurent positives toute l'année avec des extrêmes variant de 3,7°C en janvier à 17,7°C en août.

En moyenne, 51 jours de gelées sous abri sont observés par an à la station météorologique de Rouen-Boos.

Les basses températures en hiver réduisent fortement le COP des pompes PAC air/air ou Air/eau.

REGLEMENTATION LOCALE

Pas de contre-indication réglementaire à l'emploi des PACs.

PARTIS PRIS DU PROJET

Les PAC air/air ou air/eau peuvent engendrer un bruit de fond (variable selon le modèle).

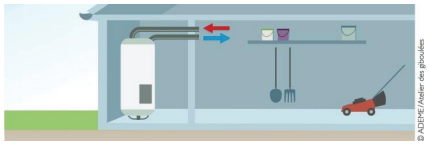
Pour limiter cet effet, ainsi que l'impact visuel sur la façade, il s'agirait de privilégier une installation commune aux logements d'un bâtiment collectif.

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE TECHNIQUES ET FINANCIERES

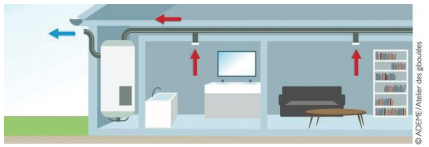
Pour un système collectif par aérothermie, ce sont le bruit ou la puissance des machines qui va limiter l'installation. Il sera conseillé d'utiliser la PAC en appoint d'une chaufferie centralisée : la PAC assure la production quotidienne de chaleur, soutenue par la chaudière en période de pointe.

Pour un logement individuel, la PAC air/eau assurera le chauffage (plancher chauffant par exemple). La PAC air/eau est également le système de production de chaleur du chauffe-eau thermodynamique : l'eau est chauffée par la PAC. Ce système combiné permet alors la production d'eau chaude et de chauffage.

- **CETI aérothermique sur air intérieur**, l'air est capté et refoulé en vrac dans le local dans lequel le CETI est installé, l'air du local se refroidit.



- **CETI aérothermique sur air extrait**, en combinaison avec une ventilation mécanique contrôlée, (VMC), c'est l'énergie de l'air vicié qui est utilisée avant de le refouler à l'extérieur, l'air du local n'est pas impacté.



source : Fiche Chauffe-Eau Thermodynamique Individuel- ADEME

Approche financière

Les pompes à chaleur air/air sont peu recommandées au vu de leur faible performance.

La pompe à chaleur (PAC) air-eau est plus chère à l'achat que les chaudières classiques au gaz ou au fuel. L'ADEME indique le prix d'achat indicatif suivant : 65 € TTC à 90 € TTC par m² chauffé. *(Source : ADEME – Guide pratique «Les pompes à chaleur»)*

Chauffe-eau thermodynamique individuel : 3000 - 4000 € TTC pour 250 L avec temps de retour sur investissement de 8 ans environ. (*source : Fiche CETI de l'ADEME*)

Conclusions :

> Recours au chauffe-eau thermodynamique intéressant à mettre en oeuvre.

> Eviter la mise en oeuvre de PAC individuelle : privilégier les systèmes mutualisés sur un bâtiment collectif.

Production de chaleur : le géothermie très basse énergie

FONCTIONNEMENT

La géothermie très basse énergie puise à faible profondeur dans un milieu à la température basse (entre 10 et 30°C). Elle nécessite la mise en place d'un réseau de capteurs enterré horizontalement ou verticalement **captant les calories du sol** ou de la **nappe d'eau souterraine.** Les échanges de chaleur entre les fluides s'effectuent par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur eau/eau ou sol/eau (PAC) : fonctionnant à l'électricité, elle augmente la pression de l'air pour le réchauffer à la température désirée.

Il s'agit d'une technique de pré-chauffage permettant de limiter les consommations d'énergie : le système est d'autant plus intéressant que le Coefficient de Performance (COP) est élevé : un COP de 4 permet de produire 4kWh pour 1 KWh consommé.

DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

Le recours aux forages nécessite une nappe d'eau assurant un débit régulier tout au long de l'année. Cette capacité est inconnue aujourd'hui : la Région Haute Normandie réalise actuellement l'atlas de la géothermie sur nappe avec le BRGM.

En première approche, l'inventaire des puits et forages existants à proximité du site relève plusieurs forages de nature inconnue (source : infoterre). L'étude d'impact relève que «les données piézométriques extraites du travail effectué par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) en 1997 indiquent que la nappe [de la Craie du Crétacé] peut, selon son état hydrique, se rencontrer entre 50 et 55 m NGF ; soit approximativement àenviron 100 m de profondeur par rapport aux terrains retenus pour la future ZAC». Cependant, la qualification des ressources nécessite obligatoirement la réalisation de tests in situ.

Le recours aux sondes dépend de la capacité calorifique du sous-sol qui reste à déterminer localement en fonction de la composition du sous-sol.

REGLEMENTATION LOCALE

Aucune contre-indication réglementaire à la géothermie. Le site se trouve en dehors du périmètre de protection de captage d'eau potable.

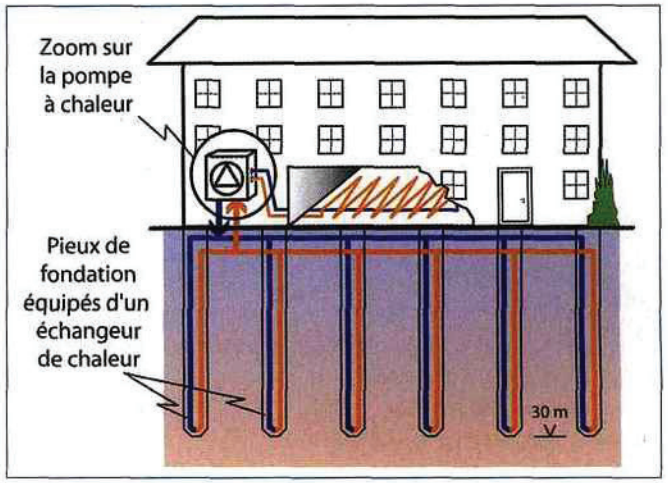
Pour rappel, les forages doivent être déclarés au titre du Code Minier, pour ceux puisant et rejetant dans la nappe phréatique, faire l'objet d'étude d'incidence au titre de la loi sur l'eau.

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE TECHNIQUES ET FINANCIERES

Les installations de géothermie nécessitent des emprises au sol relativement importantes :

- Pour les capteurs horizontaux, la surface à mobiliser est de 1,5 à 2 fois la surface à chauffer.

> considérant le programme de de logements, cette installation peut être envisagée sur les terrains les plus grands, à condition de vérifier la présence de la ressource et de la faisabilité économique.



- Pour les capteurs verticaux (sondes ou forages), l'emprise au sol est plus réduite, mais le champs de sondes ou les forages doit respecter des distances minimales de séparation. Les sondes peuvent selon les cas être introduites dans les piliers de fondation (fondations «thermo-actives»). Le recours à cette énergie sera d'autant plus opportune qu'elle alimentera un réseau de chaleur reliant différents immeubles pour mutualiser à la fois l'investissement et l'espace occupé par l'installation.

> sous réserve de la capacité calorifique du sol, ce système peut être développé sur la ZAC, l'intérêt d'un programme de collectifs étant d'optimiser la performance de l'installation.

Approche financière

Le coût d'installation varie fortement selon la technique retenue (champs de sonde ou forages) et la profondeur des capteurs. L'ADEME estime à 40 à 80 € le mètre linéaire de sonde. Une installation complète coûte de 350 à 600 € / kW de puissance installée.

Les installations géothermiques sont éligibles au Fonds Chaleur 2014.

Conclusions :

> Des tests complémentaires doivent être réalisés sur site pour préciser le potentiel et définir la technique la plus performante.

Production de chaleur : la biomasse

FONCTIONNEMENT

La biomasse (bois, paille, granulé...) est un combustible brulé dans une chaudière : l'énergie issue de cette combustion est utilisée pour le chauffage (cheminée, poele) et la production d'eau chaude (chaudière) d'un bâtiment. La chaleur produite peut également être convertie en électricité au moyen de chaudière à cogénération.

Une chaufferie bois énergie est un local (bâtiment)dédié comportant une chaudière bois/biomasse dont la puissance est supérieure à 70 kW et un silo de stockage du combustible bois (plaquettes, granulés). Sous ces formes particulières, l'alimentation de la chaudière peut s'effectuer automatiquement.

Les produits de combustion sont évacués par un conduit de fumée correctement dimensionné et équipé de filtres pour limiter l'émission de particules dans les airs.

DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

Les bois couvrent 17% du territoire de la Seine Maritime. La Normandie est l'un des territoires les plus faiblement boisés de France. Cependant, le SRCAE affirme l'objectif de structuration des filières locales et le développement du recours à la biomasse.

A proximité de Franqueville-Saint-Pierre, différentes plates-formes d'approvisionnement existent qui fournissent actuellement des chaufferies industrielles et collectives:

- BioCombustible SA gère les plate-formes de Saint Etienne du rouvray, Etrepagny, Evreux, Neufchâtel en Bray, St Maclou...
- SAS GFDD Normandie à Saint Aubin les Elbeufs.

Localement, le bois énergie provient également de la valorisation des haies. Le Syndicat Mixte d'Aménagement et de Développement du Pays de Bray accompagne la structuration de la filière Haies-Energie, visant ainsi à soutenir l'activité agricole locale. Depuis plusieurs années, la structure mobilise les agriculteurs autour d'une dynamique d'entretien des haies qui leur permet d'en tirer profit. À ce titre, un groupement d'agriculteurs produit des plaquettes bocagères qu'il revend depuis deux ans.

PARTIS PRIS DU PROJET

La majeure partie du programme est du logement individuel. L'avantage du chauffage au bois réside dans les différents systèmes qui existe : du poêle à bois en chauffage d'appoint à la chaudière bois à alimentation automatique.

Pour autant la configuration idéale est la création d'une chaufferie centralisée par groupe de logements : la multiplication des systèmes individuels générant autant de besoin de stockage du combustible à satisfaire et la multiplication des approvisionnements.

REGLEMENTATION LOCALE

Néant

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE TECHNIQUES ET FINANCIERES

- Création d'un silo de stockage suffisamment dimensionné pour assurer l'autonomie du système de production de chaleur pendant plusieurs jours.
- accessibilité du silo au camion de livraison (possibilité de silo enterré)
- production mutualisée possible avec mise en place de compteurs dans chaque logement.

Approche financière

Le coût d'un poêle à bois se situe entre 2 000 et 10 000 € selon le modèle, la puissance, le combustible.

Le coût d'installation d'une chaudière bois est supérieure à une chaudière à condensation gaz. Les investissements seront déterminés par la puissance installée et la conception du silo (volume et structure).

Conclusion :

> A l'échelle de la ZAC, créer une chaufferie par bâtiment conduirait à multiplier les coûts d'installation, chaufferie, maintenance, entretien, livraison, … D'où l'intérêt d'étudier la faisabilité d'un réseau de chaleur à l'échelle du projet.

Production d'électricité : le photovoltaïque

FONCTIONNEMENT

Les panneaux solaires photovoltaïques convertissent la lumière reçue en électricité. Leur rendement dépendra donc de l'ensoleillement reçu. L'orientation et l'inclinaison des capteurs sont deux critères de performance déterminants à ce titre.

L'électricité produite peut servir à alimenter en électricité les appareils reliés au réseau de distribution. Cet usage direct de la production demande une installation de stockage de l'électricité par des batteries, la production ne pouvant être régulée en fonction des besoins.

Aussi, en milieu urbanisé, l'électricité produite est destinée en général à la revente et alimente le réseau de distribution de ERDF.

DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

Avec un ensoleillement moyen de 1500 heures par an, une installation de capteurs photovoltaïques **d'1 kW «crète»** de puissance - soit 7 à 10m² de panneaux - produit environ **889 kWh/an.**

Le potentiel de production évolue au cours des saisons proportionnellement à l'ensoleillement : le pic de production intervient aux mois de juillet et août, le minima en décembre.

> cette énergie constitue un apport d'énergie mais ne peut s'envisager sans une ou plusieurs sources d'énergie complémentaires.

Pour un ménage, les installations sont en moyenne de 2 KWc, soit un potentiel de production annuelle de 1780 kWh/an, soit encore **la moitié de consommation d'électricité annuelle moyenne d'un foyer** (hors chauffage et ECS électrique).

> l'intéret de recourir au photovoltaïque est à considérer sur le long terme, en prenant en considération l'augmentation prévisible des tarifs de l'électricité.

PARTIS PRIS DU PROJET

Les panneaux photovoltaïques peuvent s'installer en toitures, au sol ou sur des abris (pergolas, parkings, abri bus, abri vélo)..

La production maximale sera obtenue avec une inclinaison des panneaux à 35° orientés plein sud. Cependant, fonctionnant «à la lumière», un enjeu est de favoriser la production d'électricité en hiver : des panneaux inclinés à 60° voire verticaux produisent plus à cette saison.

> l'orientation des toitures peut constituer une prescription architecturale à respecter par les constructeurs.

REGLEMENTATION LOCALE

Le règlement de la zone AU3 du PLU prescript l'intégration des panneaux solaires à la toiture: cette disposition peut limiter la rentabilité des installations photovoltaïques.

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE TECHNIQUES ET FINANCIERES

A l'heure actuelle, l'électricité produite peut être rachetée par EDF, à un tarif revu chaque trimestre et dépendant du niveau d'intégration au bâti de l'installation. Le contrat de rachat engage EDF sur 20 ans, à un tarif bloqué à la date de signature.

Les conditions d'achat les plus avantageuses supposent que les capteurs photovoltaïques constituent un élément de couverture du bâtiment : le choix de recourir au photovoltaïque s'opère donc par le maître d'ouvrage de la construction en amont.

Dans le cas d'un immeuble de logements collectifs, les charges d'installation seront intégrées au prix de vente des appartements. Le produit de la vente sera reversé au(s) propriétaire(s) : dans le cas d'une copropriété en diminution des charges par exemple.

Approche financière

Le coût d'installation de capteurs photovoltaïques comprend les panneaux, l'onduleur, le compteur et le raccordement au réseau ERDF. Il est d'environ 450 € /m² de panneau installé. Les coûts diminuent quand la puissance de l'installation augmente car les coûts de raccordements restent fixes.

Actuellement, le temps de retour sur investissement est de l'ordre de 18 à 25 ans, selon le mode d'intégration à la toiture. Il varie chaque année avec l'actualisation des tarifs de rachat de l'électricité.

Production d'électricité : le photovoltaïque

Modélisation sur la ZAC

La réalisation du programme des 400 logements s'échelonnera sur plusieurs années.

Une partie du programme sera donc réalisée après 2020. Une nouvelle règlementation thermique est attendue à cette échéance, fixant de nouvelles normes de consommation à respecter.

La simulation suivante considère que la RT2020 exigera le construction de bâtiment à énergie positive : la totalité des besoins en énergie d'une construction devra alors être couverte par la production d'énergie renouvelable.

Simulation sur 200 logements à énergie positive :

Consommation globale du parc au titre de la RT 2020 : 400 MWh / an

> la production d'électricité par panneaux photovoltaïques devra égaler ces 400 MWh / an

Puissance crête par installation	2,30
Surface capteurs / logt (m²)	19
Rendement spécifique (kWh/kWc)	889
production par logement : (KWh/an)	**2 044,70**
cout par logement (TTC)	**9 042,63**
nombre de logement	200,00
puissance globale installée	460,00
production estimée (KWh)	408 940,00

(Nota : la consommation d'électricité par habitant dépend d'un grand nombre de facteurs selon que l'on considère la consommation totale française rapportée au nombre d'habitants ou la consommation d'un individu dans sa maison. Ici, les 2000 kWh / an représentent la consommation des postes chauffage / éclairage / ECS / auxiliaires de ventilation du bâtiment. Ce ratio ne comprend pas la consommation de l'électroménager et des appareils électroniques de la maison.)

Modélisation sur la ZAC

Simulation sur 200 logements RT 2012 :

Consommation globale du parc au titre de la RT 2012 : 1 430 MWh / an

Puissance crête par installation	3,00
Surface capteurs / logt (m²)	25
Rendement spécifique (kWh/kWc)	889
production par logement : (KWh/an)	**2 667,00**
cout par logement (TTC)	**11 794,74**
nombre de logement	200,00
puissance globale installée	600,00
production estimée (KWh)	533 400,00
Part de la consommation couverte par autoproduction	37%

Quelques repères :

*> la consommation d'**énergie primaire** annuelle d'une maison RT2012 de 100m² de surface plancher à Franqueville Saint Pierre est d'environ : 7 200 kWhep/an dont 1 400 kWep/an pour l'éclairage et l'alimentation électrique des auxiliaires de ventilation soit 550 kW d'énergie finale /an (2,58 kWep élec = 1 kWh ef élec)*

> la consommation d'énergie électrique pour l'alimentation des appareils électroménagers d'un ménage est d'environ 2 000 - 3 000 kWhef / an

>> la consommation électrique minimum d'un ménage oscille donc entre 2500 et 3 500 kWh par an

>> Autrement dit, l'installation de 25m² de panneaux photovoltaïques compense quasiment la consommation d'électricité d'un ménage logé dans une maison neuve.

Conclusion :

> Le photovoltaïque est une énergie en plein développement dont les coûts d'installation ont fortement baissé ces dernières années.

> Une orientation pour la ZAC pourrait être d'imposer le recours aux panneaux photovoltaïques sur les logements à construire dès les premières tranches, afin d'assurer une part d'autoproduction conséquente du parc construit.

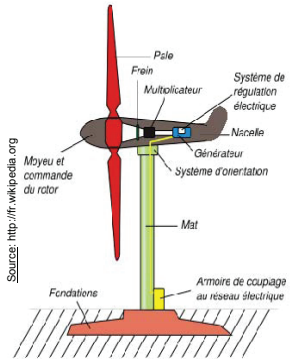
Production d'électricité : l'éolien

FONCTIONNEMENT

Une éolienne est composée de 2 ou 3 pâles entrainées sous l'action du vent autour d'un axe relié à un générateur d'électricité.

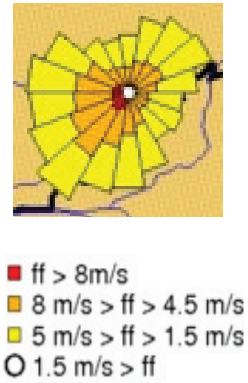
On distingue :

- « le grand éolien » de plus de 250 kW,
- l'éolien de moyenne puissance (entre 36 kW et 250 kW)
- et le petit éolien (inférieur à 36 kW) montées sur des mâts de 10 à 35 m, raccordées au réseau ou bien autonomes en site isolé.



DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

L'analyse des vents relevés par la station météorologique de Rouen/Boos montre qu'ils sont répartis de manière assez homogène. Une direction Sud/Sud-ouest (200 à 300°) est malgré tout privilégiée pour 45,6% du temps (source Météo-France). Les vents majoritaires sont modérés avec des vitesses comprises entre 4,5 et 8 m/s et les vents les plus forts (> 17 m/s) soufflent principalement en hiver.La vitesse optimale de fonctionnement d'une éolienne est 50 km/h. **Des relevés in situ, à la hauteur envisagée de l'éolienne sont néanmoins indispensables pour évaluer la production potentielle.**



Source : Météo France - données à 10m - période 1982 - 2000

PARTIS PRIS DU PROJET

Le projet ne prévoit pas a priori l'installation d'éolienne de faible hauteur : cela nécessiterait en premier lieu de modifier le règlement du PLU.

Sur un plan théorique, le parti du projet prévoit une répartition graduelle de la densité des constructions : du plus dense au sud-est au moins dense au nord ouest. L'élévation progressive des hauteurs peut faciliter l'installation d'éoliennes bien orientées pour capter les vents d'ouest et sud-ouest sur au moins le secteur ouest de la ZAC. Cependant, des relevés in situ seront nécessaires au cas par cas pour établir le potentiel de production

REGLEMENTATION LOCALE

- Le règlement du PLU interdit la construction d'éolienne, même inférieure à 12 m. (article 1 - 1.6 - zones U et 1AU)
- Le Schéma Régional de l'Eolien exclut Rouen et son agglomération des secteurs proprices au développement du grand éolien.

Rappel : Si le mât dépasse 12 mètres de haut, l'installateur doit déposer une demande de permis de construire auprès de la commune. En deça de 12 mètres, une déclaration de travaux est nécessaire.

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE TECHNIQUES ET FINANCIERES

Utilisation de l'électricité produite :

- Production d'électricité pour l'utilisation directe dans l'habitation obligatoire si la production est inférieure à 1kW.
- Ou vente à un distributeur d'électricité. Les sites non localisés dans des ZDE (Zone de Développement Eolien) ne bénéficient pas de l'obligation de rachat de l'électricité produite. Le tarif se négocie avec un «responsable d'équilibre» ayant un contrat avec RTE : Direct Energie, EDF, Poweo...

Approche financière

- Coût moyen d'une petite éolienne : 6 000 € / kW installé
- Temps de retour sur investissement moyen : 30 ans

Conclusions :

> **Nécessité de connaître la vitesse des vents localement** pour estimer la faisabilité technico-économique d'un tel projet.

> **l'impact sur le paysage, la structure du bâtiment, le faible retour d'expériences rendent cette solution encore expérimentale.**

> **la commune ne souhaite pas développer *a priori* cette énergie dans la ZAC.**

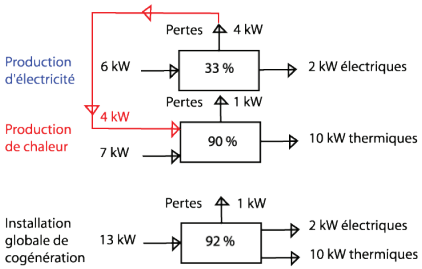
Production d'électricité : la micro-cogénération

FONCTIONNEMENT

Une chaudière à micro-cogénération produit à la fois de la chaleur et de l'électricité. L'installation récupère la chaleur dissipée par la production d'électricité pour réduire la consommation de gaz nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire.

A l'heure actuelle, à l'échelon individuel les chaudières fonctionnent au gaz. Les systèmes alimentés par la biomasse apparaissent progressivement sur la marché.

La cogénération est développée à des échelles de consommation plus importante dans les centrales de méthanisation en secteur agricole et industriel.



DISPONIBILITE DE LA RESSOURCE

L'installation fonctionne au gaz et à l'électricité. Le site est desservi par ces réseaux.

PARTIS PRIS DU PROJET

La forme urbaine envisagée n'apporte aucun frein à la mise en place de la cogénération.

REGLEMENTATION LOCALE

Aucune règlementation ne restreint le recours à la micro-cogénération (installation interne au bâtiment)

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE TECHNIQUES ET FINANCIERES

Utilisation de l'électricité produite :

- Production d'électricité pour l'utilisation directe dans l'habitation et revente possible à EDF du surplus non consommé.

Approche financière

- Il existe encore peu de retour sur cette installation. Le premier bâtiment collectif à micro-cogénération est en cours de réalisation en Bretagne (opération à Guipavas pour un collectif de 14 logements au niveau HPE, sous maîtrise d'ouvrage : Armorique Habitat a fait le choix).
- Cette solution présente des coûts élevés (environ 15 000 € HT - prix de départ). Le temps de retour sur investissement est estimé à une quinzaine d'années par les constructeurs.

Conclusions :

> une installation intéressante à mettre en oeuvre au regard de la couverture des besoins énergétiques du bâtiment qu'elle permet : ECS, chauffage, éclairage, ventilation, grâce à la production combinée de chaleur et d'électricité.

> le coût d'investissement peut limiter son emploi : cependant, il est à considérer au regard de l'évolution des coûts du gaz et de l'électricité à moyen et long terme.

5 - Opportunités de développement des énergies renouvelables : conclusion

Les principales sources d'énergies renouvelables à développer à l'échelle des bâtiments

Les énergies renouvelables à développer de façon prioritaire sur la ZAC sont :

- le solaire, thermique ou photovoltaïque

- la biomasse

- l'aérothermie

Des études complémentaires sont nécessaires pour définir la faisabilité technique en fonction de la ressource de la géothermie.

Les techniques de chaudières à micro-cogénération ou chaudières thermo-dynamiques sont également des pistes à étudier au cas par cas dans chaque bâtiment, même si elles mobilisent peu ou pas les énergies renouvelables.

	adaptation au projet	coût	opportunité
Solaire thermique	+++	+++	+++
aérothermie	+++	++	+++
géothermie	0	+	?
biomasse	+++	++	+++
photovoltaique	+++	++	+++
éolien	0	+	+
micro-cogénération	+++	+	++

Encourager le recours aux énergies renouvelables : les pistes d'actions pour la commune / aménageur

La ZAC, outil d'aménagement d'initiative publique, permet d'agir sur différents leviers pour favoriser le développement des énergies renouvelables :

- **les mesures obligatoires : à inscrire dans le règlement architectural de la ZAC.** Elles portent sur l'implantation du bâti pour favoriser l'ensoleillement, les modalités éventuelles d'intégration des installations d'énergie renouvelables visibles depuis l'espace public, et de l'obligation de recours aux énergies renouvelables.

  Par exemple : imposer au moins 10% de couverture de la Consommation d'énergie primaire du bâti par une ou plusieurs installations recourant aux énergies renouvelables (la RT2012 exige 5% de la Cep).

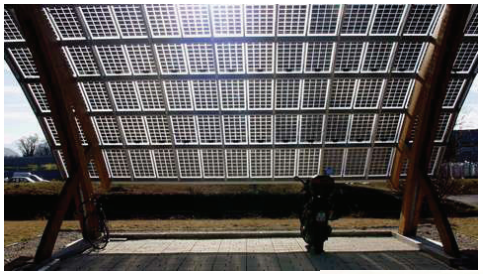
- **les mesures incitatives :** l'aménageur peut prendre des mesures financières afin d'encourager le recours aux énergies renouvelables .

  Par exemple : réduction de la charge foncière pour les constructions les plus performantes.

- **La maîtrise de la fourniture** : la collectivité aménageur développe son réseau de distribution d'énergie (électricité ou chaleur) par une installation qu'elle finance ou qu'elle délègue à une société.

  > le chapitre suivant étudie l'opportunité de recours à un réseau de chaleur

  > l'utilisation des équipements publics pour l'installation de panneaux photovoltaïques permet également de contribuer à la consommation d'électricité du quartier : éclairage public, bornes de recharges de véhicules électriques, couverture des parkings sous pergolas, abri vélo, etc.



La définition précise des moyens favorisant la mise en place de systèmes de production d'énergie à base de sources renouvelables sera étudiée au stade du dossier de réalisation.

6 - Opportunités de développement d'un réseau de chaleur

Principes de fonctionnement d'un réseau de chaleur

Un réseau de chaleur est constitué d'une chaufferie centralisée et de canalisations de transports d'eau chauffée desservant des échangeurs thermiques situés dans des sous-stations de desserte ou des bâtiments (selon l'ampleur du réseau).

Dans le cadre de cette étude, il s'agit d'envisager la création d'une chaufferie alimentée par une énergie renouvelable. A ce titre, plusieurs sources peuvent être utilisées a priori :

- la biomasse (bois déchiqueté) : la chaufferie est équipée de chaudière alimentée par des plaquettes de bois.

- la géothermie sur nappe : la chaufferie est équipée d'une ou plusieurs pompes à chaleur reliées à deux forages puisant dans la nappe. Cette solution exige un débit constant et important (fonction de la consommation de la ZAC).

- la solution «Boucle d'eau» consiste à réaliser un réseau d'eau puisée dans la nappe et circulant à travers les bâtiments équipés d'une pompe à chaleur. Cette solution est plus économique à l'investissement et plus simple à la gestion puisqu'elle ne fait pas intervenir de vente de chaleur. L'entretien des PACs est à la charge de chaque propriétaire.

> Cependant, dans ces deux cas, la ressource en eau nécessaire est importante. Or, à Franqueville-Saint-Pierre, la ressource en eau paraît a priori insuffisante.

Intérêts de recours à un réseau de chaleur

L'intérêt d'un réseau de chaleur repose sur les économies d'échelle et de ressources apportées par la mutualisation:

- mutualisation de la livraison du combustible
  > réduction des émissions de gaz à effet de serre liées au transport
  > réduction des nuisances sonores et olfactives

- mutualisation de l'investissement et de l'entretien : un système de production de chaleur pour l'ensemble des bâtiments de la ZAC

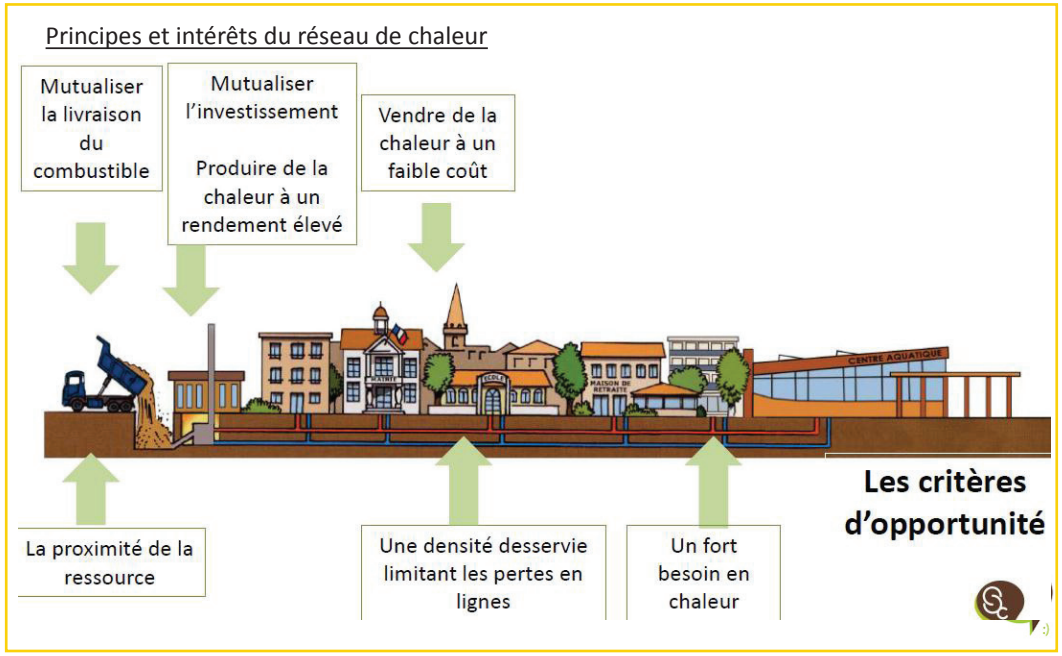
- économie sur le prix d'achat de la chaleur qui doit être compétitive avec les énergies traditionnelles (gaz, électricité).

L'opportunité de recours à un réseau de chaleur s'étudie au regard :

- de la densité desservie : distance entre deux bâtiments desservis la plus courte possible pour limiter les déperditions de chaleur.

- de la demande en chaleur : un fort besoin en chaleur apportera un temps de retour sur investssement plus rapide.

- la proximité de la ressource, liée à la pérennité des filières locales.



6 - Opportunités de développement d'un réseau de chaleur

Détermination des besoins

La zone considérée comporte des logements en collectifs et des maisons individuelles, mitoyennes ou non.

Hypothèses de consommation RT2012

secteur	logement individuel	logement collectif	Ratio standard	répartition
chauffage	21,66	24,3	15	30%
ECS	36,1	40,5	25	50%
Eclairage	7,22	8,1	5	10%
Auxiliaires	7,22	8,1	5	10%
Total	72,2	81	50	1

Puissance W/m²	25

La chaleur produite par une chaufferie collective est utilisée pour le chauffage des logements et la production d'eau chaude sanitaire, et couvre ainsi 80% des besoins en énergie du bâti.

Longueur de réseau de chaleur par type de construction

Type de construction	Longueur réseau de chaleur / logt
Collectif	2
MIG	9
collectifs	2
MIG PSLA	9
MEB primo	12
TAB primo	12
TAB moyen	14
TAB grand	20

La longueur du réseau de chaleur est déterminante. Elle engendre des déperditions tout au long du parcours du fluide chauffé.

La longueur du réseau est considérée ici par typologie de logements : plus l'opération est dense, plus le linéaire de réseau sera court.

critères Fonds chaleur	Fond chaleur	projet
densité thermique MWh/ml	1,5	0,65
valorisation biomasse tep/an	100	75

Le Fonds Chaleur Renouvelable permet de financer les projets utilisant la chaleur renouvelable dans les secteur de l'habitat collectif, du tertiaire et de l'industrie, sous réserve de remplir les exigences de performance du cahier des charges..

Le Fonds est géré par l'ADEME au niveau régional, en lien avec les Régions et en cohérence avec les SRCAE. Il fonctionne le plus souvent par le système d'Appels à projets Régionaux.

Selon la méthode de calcul des aides octroyées au titre du Fonds Chaleur 2014, les réseaux de chaleur sont éligibles à la condition de fournir une densité thermique au moins égale à **1,5 MWh/an.mètre linéaire.** L'on peut considérer ce ratio comme un premier seuil d'opportunité.

En deça de ce seuil, les projets peuvent être acceptés au cas par cas. Dans ce cas, l'aide est plafonnée à 50 € par TEP délivrées maximum.

Un premier critère d'opportunité consiste à calculer la «densité thermique» du réseau de chaleur, c'est à dire l'énergie délivrée par mètre linéaire de réseau.

Dans une première approche sont posées les hypothèses suivantes

La distance séparant le site Le Val aux Daims aux équipements publics potentiellement consommateurs d'énergie (le collège, les écoles) est conséquente : relier les équipements publics abaisserait encore la densité thermique de réseau. C'est pourquoi les hypothèses étudiées s'attachent exclusivement au programme de la ZAC.

6 - Opportunités de développement d'un réseau de chaleur

Compte-tenu de la faible densité thermique sur la totalité du programme envisagé d'une part, et de progressivité de la réalisation de la ZAC, trois hypothèses de réseau de chaleur sont étudiées :

Hypothèse 1 : création d'un réseau de chaleur sur la première tranche

Le programme de la première tranche peut-être fixé avec précision lors des études de maîtrise d'oeuvre. Une première approche prudente peut donc consister à étudier l'opportunité d'un petit réseau de chaleur à cette échelle.

Collectifs	10	70	700	17 010	28 350	45 360	18	2	20	0,85	2,27
Maisons groupées	4	80	320	6 931	11 552	18 483	8	9	36	0,19	0,51
total locatif social	**14**		**1 020**	**23 941**	**39 902**	**63 843**	**26**		**56**	**0,43**	**1,14**
ACCESSION MAITRISEE											
collectifs	0	70	-			-	-	2			-
MIG PSLA	6	85	510	11 047	20 655	31 702	13	9	54	0,20	0,59
MEB Primo 'TAB mitoyenneté'	6	95	570	12 346	20 577	32 923	14	12	72	0,17	0,46
TAB primo	6	95	570	12 346	20 577	32 923	14	12	72	0,17	0,46
total accession maîtrisée	**18**		**1 650**	**35 739**	**61 809**	**97 548**	**41**		**198**	**0,18**	**0,49**
ACCESSION LIBRE											
Collectifs	20	65	1 300	31 590	52 650	84 240	33	2	40	0,79	2,11
TAB moyens	8	120	960	20 794	34 656	55 450	24	14	112	0,19	0,50
TAB grands	0	200	-	-	-	-	-	20			-
total accession libre	**28**		**2260**	**52383,6**	**87306**	**139689,6**	**57**		**152**	**0,34**	**0,92**
TOTAL LOGEMENTS	**60**		**4 930**	**112 064**	**189 017**	**301 081**	**124**		**406**	**0,28**	**0,74**

La densité thermique d'un réseau de chaleur produisant chauffage et eau chaude sanitaire sur cette première tranche est de 0,74MWh/ml, soit inférieure de moitié au seuil fixé par le Fonds Chaleur.

L'on remarque cependant que la densité la plus forte est liée au programme de logements collectifs.

La seconde hypothèse consiste donc à étudier la densité thermique liée à la création d'un secteur «dense» constitué des logements collectifs et des maisons individuelles groupées sur des petits terrains.

Cette hypothèse est justifiée par le parti pris du projet qui définit une zone de plus forte densité (secteur rose sur le schéma ci-contre) autour du boisement existant, et en connexion avec la route départementale.

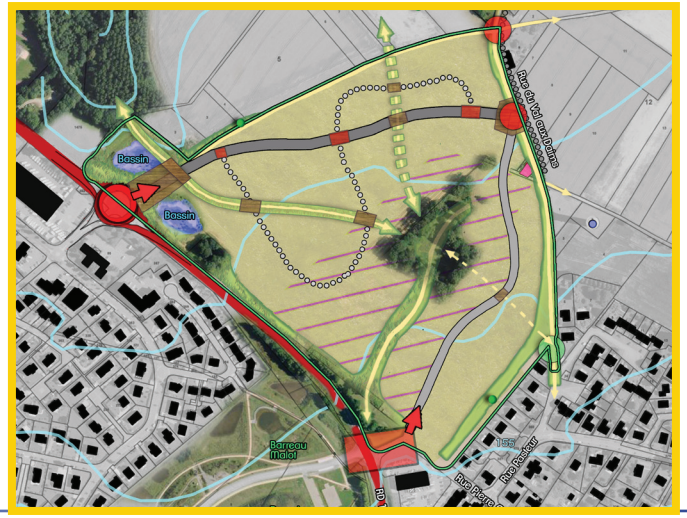


Schéma d'aménagement du secteur du Val Aux Daims - la surface hachurée représente le secteur de plus forte densité.

Source : 3A Studio

6 - Opportunités de développement d'un réseau de chaleur

Hypothèse 2 : création d'un réseau de chaleur pour le secteur «dense»

PROGRAMME	Nb de logements	SDP/ unité en m²	SDP globale en m²	Cep chauffage kWh / an	Cep ECS kWh / an	Cep total en kWh/an	Puissance KW	Longueur réseau / logt	Longueur réseau prog	Ratio Cep chauff réseau MWh/ml	Ratio Cep tot réseau MWh/ml
LOCATIF SOCIAL											
Collectifs	100	70	7 000	170 100	283 500	453 600	180	2	200	0,85	2,27
Maisons groupées	20	80	1 600	34 656	57 760	92 416	40	9	180	0,19	0,51
total locatif social	**120**		**8 600**	**204 756**	**341 260**	**546 016**	**220**		**380**	**0,54**	**1,44**
ACCESSION MAITRISEE											
collectifs	0	70	-			-	-	2			-
MIG PSLA	25	85	2 125	46 028	86 063	132 090	53	9	225	0,20	0,59
MEB Primo 'TAB mitoyenneté'	45	95	4 275	92 597	154 328	246 924	107	12	540	0,17	0,46
TAB primo	0	95									
total accession maîtrisée	**70**		**6 400**	**138 624**	**240 390**	**379 014**	**160**		**765**	**0,18**	**0,50**
ACCESSION LIBRE											
Collectifs	78	65	5 070	123 201	205 335	328 536	130	2	156	0,79	2,11
TAB moyens	0	120									
TAB grands	0	200									
total accession libre	**78**		**5070**	**123201**	**205335**	**328536**	**130**		**156**	**0,79**	**2,11**
TOTAL LOGEMENTS	**268**		**20 070**	**466 581**	**786 985**	**1 253 566**	**511**		**1 301**	**0,36**	**0,96**

Dans cette hypothèse, seuls les collectifs et les maisons individuelles groupées sont prises en compte.

Si la densité thermique pour un réseau de chaleur dédié uniquement au chauffage des logements reste faible (0,36 MWh / ml), un réseau de chaleur pour produire également l'eau chaude sanitaire aurait une densité thermique moyenne d'environ 1 MWh / ml.

De plus, si l'on considère uniquement les constructions en collectif, la densité thermique supérieure à 1,5 MWh / ml montre un potentiel de développement d'un réseau de chaleur intéressant.

6 - Opportunités de développement d'un réseau de chaleur

Hypothèse 3 : création d'un réseau de chaleur pour le programme de collectifs

L'on considère dans cette dernière hypothèse la consommation de chauffage et d'ECS du programme des 132 logements en collectifs.

> Pour une chaufferie de 300 kW de puissance environ

PROGRAMME	Nb de logements	SDP/ unité en m²	SDP globale en m²	Cep chauffage kWh / an	Cep ECS kWh / an	Cep total en kWh/an	Puissance KW	Longueur réseau / logt	Longueur réseau prog	Ratio Cep chauff réseau MWh/ml	Ratio Cep tot réseau MWh/ml
LOCATIF SOCIAL											
Collectifs	100	70	7 000	170 100	283 500	453 600	180	3	300	0,57	1,51
Maisons groupées	0	80									
total locatif social	**100**		**7 000**	**170 100**	**283 500**	**453 600**	**180**		**300**	**0,57**	**1,51**
ACCESSION MAITRISEE											
collectifs	0	70									
MIG PSLA	0	85									
MEB Primo 'TAB mitoyenneté'	0	95									
TAB primo	0	95									
total accession maîtrisée	**0**		**-**	**-**	**-**	**-**	**-**		**-**	**#DIV/0!**	**#DIV/0!**
ACCESSION LIBRE											
Collectifs	78	65	5 070	123 201	205 335	328 536	130	3	234	0,53	1,40
TAB moyens	0	120									
TAB grands	0	200									
total accession libre	**78**		**5070**	**123201**	**205335**	**328536**	**130**		**234**	**0,53**	**1,40**
TOTAL LOGEMENTS	**178**		**12 070**	**293 301**	**488 835**	**782 136**	**310**		**534**	**0,55**	**1,46**

Compte tenu de la monospécifité de ce programme, le ratio de réseau par logements a été augmenté à 3 m, ce qui traduit la création d'immeubles en R+2. Ceci a pour résultante une densité thermique proche de 1,5.

6 - Opportunités de développement d'un réseau de chaleur

Estimatif d'investissement pour une chaufferie collective dédiée aux logements collectifs

Type d'énergie	Consommation Chauffage + ECS (kWh)	Coût d'exploitation en € HT / kWh	Coût d'exploitation en € HT	Coût d'investissement chaufferie € H.T.	Coût d'investissement réseau en € HT	Investissement total en € HT
bois plaquette	782 136	0,061	47 710	173 806,07	133 500	307 306,07
gaz	782 136	0,08	62 571	77 592,00		77 592,00
géothermie	195 534	0,052	10 168	186 220,79	144 180	330 400,79

La solution de référence est constituée de chaudières gaz installées dans chaque bâtiment.

Le coût d'exploitation comprend l'achat du combustible et la maintenance des appareils par an.

Le coût du réseau gaz est intégré dans les coûts de viabilisation.
Le réseau de chaleur coûte environ 250 € HT / ml.

Economie sur exploitation par rapport à la solution gaz en € HT	
- la chaufferie bois plaquette	14 861
- la géothermie	52 403

Ecart investissement en € HT entre le gaz et :	
- la chaufferie bois plaquette	229 714,07
- la géothermie	252 808,79

L'écart d'investissement entre une solution gaz gérée à l'échelle de chaque bâtiment et une solution de chaufferie centralisée pour les différents immeubles est conséquente.
La rentabilité de l'installation dépend :

> de la capacité à limiter la longueur du réseau, compte-tenu du prix des canalisations. Ainsi, il sera plus intéressant à se titre de construire en R+3 qu'en R+2.

> du prix de vente de la chaleur aux abonnés : dans l'exemple ci-dessous, un écart d'1 c€ / kWh augmente (ou diminue) le temps de retour sur armotissement de 7 ans. Ce prix de vente dépend de la technologie de la chaudière, du coût d'achat du combustible (plaquettes de bois / électricité / appoint gaz) et de coût de gestion pour l'opérateur - public ou privé.

	Gain annuel	Marge	Temps d'amortissement
kWh vendu à 0,09	70392	22 682	13,5
kWh vendu à 0,08	62571	14 861	20,7

6 - Opportunités de développement d'un réseau de chaleur

Conclusions sur l'opportunité de recours à un réseau de chaleur.

Le programme de logements de collectifs de la ZAC du Val aux Daims rassemble plusieurs critères suffisants en théorie pour la réalisation d'un réseau de chaleur économiquement viable :

- une densité thermique importante liée à la proximité des immeubles sur un même secteur de la ZAC
- une réalisation possible sous la RT2012 avec des niveaux de consommation de chaleur constants au cours de l'année.
- la proximité à la ressource bois, à laquelle il serait également intéressant d'adjoindre la valorisation des déchets de taille de haies de la commune comme combustible local.

Cette demande en énergie est à affiner dans le cadre d'une étude de faisabilité au regard de deux critères :

- **l'approfondissement du programme de logements en lien avec les opérateurs** afin d'étudier les modalités de portage (investissement et gestion) du réseau de chaleur.
- **le rythme de livraison des bâtiments prévus dans la ZAC** : actuellement, la commune envisage une réalisation en plusieurs tranches.

Au regard de ces deux critères, **l'aire de desserte du réseau de chaleur sera à préciser.**

Un autre aspect à préciser dans le cadre de l'étude de faisabilité est l'investissement lié à la chaufferie.

Les chaufferies centralisées en France fonctionnent en règle générale à 80% du temps sur la biomasse, mais intégrent une chaudière gaz pour faire face aux périodes de pointe et aux éventuelles pannes de la chaudière principale.

Cette installation, pour être performante, suppose de délivrer, dès la mise en service de la chaudière bois, la quasi totalité des besoins thermiques pour lesquels elle a été dimensionnée.

Or, pour les mêmes raisons vues ci-avant, le phasage de réalisation de la ZAC engendrera une montée de la demande en chaleur progressive dans le temps. Ceci engendrera un temps de retour sur investissement plus long.

Là encore, la définition de l'aire de développement du réseau de chaleur doit permettre de définir la puissance de chaudière à développer pour la viabilité technique et économique de l'installation.

Développer un réseau de chaleur adapté à la progressivité de réalisation de la ZAC : les chaufferies en cascade.

La création d'un réseau de chaleur suppose de concilier les aspects économiques (investissement, entretien, recettes sur vente) et techniques (contrairement aux chaudières à gaz ou fioul, le rendement d'une chaudière bois n'est maximal qu'à partir d'un certain niveau de consommation) aux aspects environnementaux.

La ZAC est une procédure garantissant l'adaptabilité du projet dans le temps, et permettant à la collectivité de maîtriser notamment le rythme de construction du programme bâti dans le temps.

La réalisation de ce quartier, étendue sur plusieurs années, au cours desquelles la performance thermique des bâtiments va évoluer vers des consommations moindres, entoure de nombreuses incertitudes la faisabilité d'un réseau de chaleur alimenté par la biomasse.

Une solution pour y remédier est une alternative à la chaudière unique et centralisée : la création d'un réseau de chaleur peut s'envisager avec plusieurs chaufferies - elles-mêmes constituées de plusieurs chaudières bois «en cascade»- de moindre puissance reliées au réseau. Cette solution permet :

- de remplacer l'appoint gaz par un solution bois : le train de chaudières permet, en cas de défaillance de l'une des installations de la remplacer par les autres chaudières,

- de moduler la chaleur produite en utilisant tout ou partie des chaudières de la chaufferie, puis des chaufferies.

- d'investir progressivement dans les installations qui seront dimensionnées par tranche et non plus à l'échelle de la ZAC entière. Cela permet en outre de préciser les niveaux de consommation de façon plus sûre.

> Ce système de «train» de chaufferies est adapté à la ZAC :

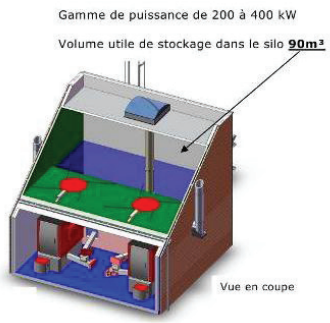
- il s'adapte aux niveaux de consommation de chaque tranche

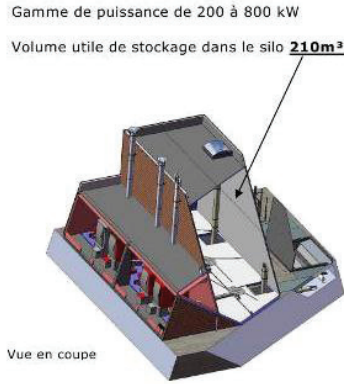
- il permet l'extension ou non du réseau par tranche

- il permet d'assurer 100% de la consommation de chaleur par le bois (pas de recours aux énergies fossiles).

Cette solution technique sera à approfondir dans le cadre d'une étude de faisabilité d'un réseau de chaleur bois en étudiant notamment les besoins thermiques de chaque tranche.

Exemple de chaufferie évolutive - marque «Containergie»



Une chaufferie à **plusieurs chaudières bois**
- **pas d'appoint gaz**
- **adaptation** à la croissance progressive de la demande

Chaufferie en conteneur maritime :
- Montage en usine
- Installation en une semaine
- Faible emprise au sol (100 à 150 m²)