

# CHÂTEAUBOURG

## Z.A.C. Multisites Secteurs des Noës, de la Gendarmerie et des Petites Bonnes Maisons

### Dossier de création

#### ANNEXE : ETUDE DE FAISABILITE SUR LE POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES

<b>atelier du CANAL</b> Architectes-urbanistes  74C rue de Paris CS 33105 35031 Rennes cedex  Tél. 02 99 22 78 00  contact@atcanal.fr  www.atcanal.fr	<b>AMCO</b> BET – VRD  5 rue Louis d'Or 35000 RENNES  Tél. 02 99 67 27 44  amco.vrd@orange.fr	<b>EF ETUDES</b> Génie écologique et biodiversité Gestion de l'eau  ZA Le Chemin Renault 35250 Saint Germain sur Ille  Tél : 02 99 55 41 41  contact.35@ef-etudes.fr  www.ef-etudes.fr	<b>CAP TERRE</b> Ingénierie de la performance énergétique  11 Allée du Bâtiment - C.S. 34237 35042 RENNES CEDEX  Tél : 02 99 27 65 19  abriffaud@cap-terre.com  www.cap-terre.com
--	---	--	---

Décembre 2016

SYNTHESE DES EVOLUTIONS DU DOCUMENT		
REV.	DATE	NATURE DE L'EVOLUTION
1	10/12/2016	VERSION INITIALE

<i>Rédigé et vérifié par :</i>	AB
<i>Contrôlé et approuvé par :</i>	AB
<i>Le 10/12/2016, visa :</i>	AB

## SOMMAIRE

<b>A</b>	<b>PREAMBULE .....</b>	<b>4</b>
<b>B</b>	<b>PRESENTATION DE L'OPERATION ET DU CONTEXTE .....</b>	<b>4</b>
B.1	PROJET DE ZAC MULTISITE .....	4
B.2	PERIMETRE TEMPOREL DE L'ETUDE .....	5
B.3	AMBITION ET CADRE REGLEMENTAIRE LOCAUX EN MATIERE D'ENERGIE-CLIMAT .....	5
<b>C</b>	<b>CARACTERISATION DES BESOINS DU FUTUR AMENAGEMENT.....</b>	<b>7</b>
C.1	ESTIMATION DES SURFACES A CHAUFFER .....	7
C.2	ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DES LOGEMENTS .....	9
C.3	ESTIMATION DE LA PUISSANCE A INSTALLER.....	11
<b>D</b>	<b>ENVIRONNEMENT NATUREL ET ENERGETIQUE DU PROJET.....</b>	<b>11</b>
<b>E</b>	<b>OFFRE ENERGETIQUE ACTUELLE .....</b>	<b>17</b>
E.1	ELECTRICITE.....	17
E.2	GAZ NATUREL .....	18
E.3	ENERGIES RENOUVELABLES .....	20
<b>F</b>	<b>POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES .....</b>	<b>20</b>
F.1	POTENTIEL GEOTHERMIQUE .....	20
F.2	POTENTIEL SOLAIRE .....	28
F.3	POTENTIEL BIOMASSE .....	36
F.4	METHANISATION / BIOGAZ .....	45
F.5	POTENTIEL EOLIEN.....	52
F.6	POTENTIEL DE RECUPERATION D'ENERGIES SUR LES EAUX USEES.....	56
F.7	POTENTIEL HYDRAULIQUE.....	61
F.8	POTENTIEL DE COGENERATION .....	63
F.9	VALORISATION DU POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES GRACE A UN RESEAU DE CHALEUR .....	65
<b>G</b>	<b>SYNTHESE DES AIDES ET SUBVENTIONS ENVISAGEABLES.....</b>	<b>68</b>
G.1	FONDS CHALEUR.....	68
G.2	LE PLAN BOIS ENERGIE .....	72
G.3	LA GARANTIE AQUAPAC .....	73
G.4	LE DISPOSITIF ECO-FAUR <sup>2</sup> N'EST PLUS DELIVRE .....	73
G.5	LES CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE .....	73
<b>H</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE :.....</b>	<b>74</b>

## A Préambule

Cette étude a pour objectif de répondre à l'évolution réglementaire concernant les nouvelles opérations soumises à étude d'impact impulsée par la loi Grenelle 1 du 3 août 2009, correspondant au nouvel article L 300-1 du Code de l'urbanisme, en date du 3 Août 2016.

Ce document sert de base à la création de l'étude définitive de faisabilité d'approvisionnement en énergie qui ne portera que sur les scénarii énergétiques retenus lors de cette première phase. Elle sera à même d'identifier le potentiel de mobilisation des énergies renouvelables et de récupération à l'échelle du nouvel aménagement.

A l'issu de cette étude globale, l'aménageur sera en mesure de proposer les énergies renouvelables locales et systèmes à promouvoir sur son opération. Les préconisations prospectives croisent en effet le potentiel des ressources renouvelables locales avec les spécificités du projet (typologie du terrain, superficie et nombre de bâtiments, phasage du projet).

## B Présentation de l'opération et du contexte

### B.1 Projet de ZAC multisite

La commune de Chateaubourg, dont la population est en forte croissance a décidé de créer une ZAC sur 3 sites pour compléter l'offre de logements de son patrimoine bâti :

- Secteur des Noës, à l'Est d'une surface de
- Secteur de l'ancienne gendarmerie, proche du centre-ville d'une surface de
- Secteur des Petites Bonnes Maisons, à l'Ouest d'une surface de

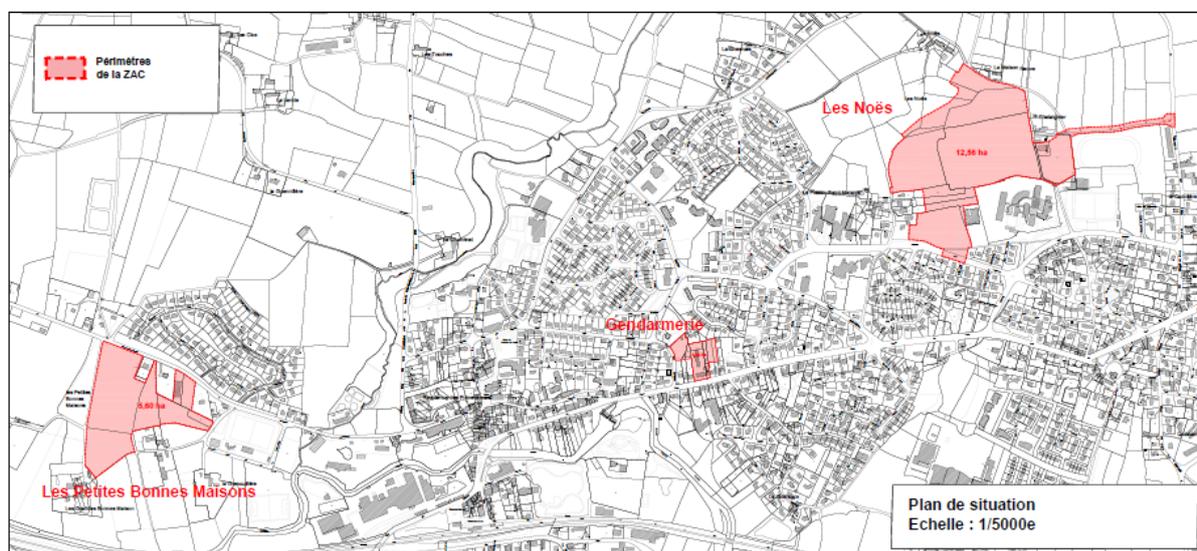


Figure 1: Schéma d'implantation des 3 sites

Ce projet d'aménagement a également pour but de :

- renforcer les liaisons urbaines entre ces différents quartiers et la gare, en particulier grâce à des transports en commun et circulations douces,
- protéger et renforcer le patrimoine naturel des sites, en particulier les zones humides,
- permettre la réalisation d'équipements publics,
- promouvoir la mixité sociale.

Par ailleurs, dans le cadre réglementaire, la création de cette ZAC, s'inscrira à la fois dans le cadre de la révision du PLU de Chateaubourg et dans le PLH 2016-2021 de Vitré Communauté.

## B.2 Périmètre temporel de l'étude

Pour le futur PLH, le rythme de création de logements attendu est d'un peu moins de 700 logements sur la commune sur 15 ans. Nous émettons l'hypothèse que la ZAC y participera, de l'ordre de 20 à 30 logements /an, soit une durée d'extension d'environ 15 ans représentant 3 phases.

### Conclusion :

Cette notion de phasage dans le temps revêt une grande importance car elle impacte la mise en œuvre des solutions énergétiques, et donc à terme le choix d'un système. Une réflexion sur les investissements en coût global à long terme est donc nécessaire, tout comme les notions d'évolutivité et d'adaptabilité à la croissance de la ZAC, des systèmes mis en œuvre au niveau de l'aménagement.

## B.3 Ambition et cadre réglementaire locaux en matière d'énergie-climat

### B.3.1 Etat de lieux

L'analyse du Plan Climat Energie Territorial (PCET) de Vitré communauté nous donne plusieurs indications quant à l'état actuel des émissions de CO<sub>2</sub> et des consommations énergétiques sur le territoire :

- Des émissions de GES estimées à 700 000 teqCO<sub>2</sub> et une consommation annuelle d'énergie estimées à 1800 GWh,
  - Le **bâtiment** (résidentiel et tertiaire) est à l'origine de **14% des émissions** et représente le secteur le plus consommateur d'énergie du territoire.
  - **65%** des consommations des bâtiments sont liées au **chauffage**.
  - Le **transport** représente **22%** des émissions liées à l'utilisation de produits pétroliers pour le déplacement des personnes ou des marchandises : 83% des actifs du territoire vont au travail avec leurs voitures individuelles et 96% des marchandises sont transportées par poids-lourds.
  - L'**agriculture** est le **1<sup>er</sup> secteur producteur de GES** du fait notamment de l'importance de l'élevage. 1/3 de ces émissions sont compensées par le rôle de stockage du carbone des cultures.
  - L'**industrie** (principalement agro-alimentaire) émet **12% des GES**. C'est le **2<sup>ème</sup>** secteur consommateur d'énergie du territoire.
- En 2009, **9%** de l'énergie consommée est d'origine renouvelable.
  - **82%** de la production EnR est produite par le **bois-énergie** (production de 134 GWh thermique).
  - La production **électrique d'origine renouvelable** du territoire est produite par des **éoliennes** (13,3GWh).

## B.3.2 Définition des objectifs de l'aménagement en matière d'énergie

### B.3.2.1 Le PCET

Les principales orientations prescrites par le PCET de Vitré communauté sont les suivantes :

- Atteindre une production de **23% d'énergie renouvelable en 2020** par rapport à 2005, soit une production de 414GWh
- **Réduire de 13% les émissions de gaz à effet de serre** du territoire en 2020 par rapport à 2005.

Parmi les actions à mettre en place selon le plan d'action décrit dans le PCET, nous identifions certaines actions qui sont applicables dans le cadre de l'aménagement de la ZAC multisite.

***Enjeu 1:** Développer la production d'énergies renouvelables sur le territoire et sensibiliser le grand public aux enjeux climat – énergie*

**Objectif 1.** Atteindre 23% de production d'énergies renouvelables sur le territoire en 2020 :

- Action 1: Favoriser le déploiement de l'**éolien** sur le territoire.
- Action 2: Inciter à la réalisation de projets participatifs ou citoyens.
- Action 3: Développer l'utilisation du **bois énergie**.
- Action 4: Promouvoir la **méthanisation**.
- Action 5: Inciter les particuliers à changer leur mode de chauffage vers les énergies renouvelables.
- Action 6: Suivre le **développement** des autres énergies **renouvelables**.

**Objectif 4.** Limiter les émissions dans les déplacements des personnes et des marchandises :

- Action 19: Développer le réseau de transport en commun.
- Action 21: Mailler le territoire d'aires de covoiturage.
- Action 23: Continuer la mise en œuvre du schéma directeur cyclable.
- Action 25: Etudier la faisabilité d'un système d'autostop participatif.

**Objectif 5.** Mobiliser les acteurs économiques du territoire :

- Action 26: Promouvoir l'**efficacité énergétique** dans l'industrie.

**Enjeu 3:** *Vitré Communauté, collectivité exemplaire*

Vitré Communauté a défini, en interne, son propre plan d'actions afin de :

- Réduire ses propres émissions et ses consommations d'énergie de 20% d'ici 2020,
- Porter à 50% d'ici 2020, la part d'énergies renouvelables dans la consommation de Vitré Communauté.

**Objectif 7.** Economiser l'énergie et développer les énergies renouvelables sur les bâtiments communautaires :

- Action 32: Réaliser sur le patrimoine des **travaux d'économies d'énergie**.
- Action 34: Installer des **énergies renouvelables** sur le patrimoine communautaire.
- Action 35: Etre **exemplaire** lors des **nouvelles constructions**.

### B.3.2.2 Le SCOT

Le diagnostic préalable à la refonte du Scot du Pays de Vitré identifie les **enjeux prioritaires** suivants pouvant concerner le projet de ZAC multisite :

- Mise en place d'une stratégie énergétique :
  - Développement de la **valorisation des ressources énergétiques renouvelables** dans le respect du cadre de vie du territoire.
  - Aider à la valorisation de la filière **bois-énergie** et au développement de la filière **biomasse**.
  - Conforter le développement de la filière **éolienne**.
  - Mise en place de conditions permettant d'**économiser** les ressources énergétiques, notamment au niveau des secteurs **résidentiels et transports**.
  - Relayer les structures et outils locaux de gestion de l'eau (SAGE, syndicat de rivière) permettant notamment l'inventaire et la protection des **zones humides, secteurs d'intérêts biologique et hydrologique**.
  
- Protection contre les risques naturels :
  - **Prise en compte** des secteurs exposés aux **différents risques** dans le projet urbain (pour maîtriser l'exposition des populations à ces risques).
  - **Maîtrise de l'imperméabilisation** des sols et des ruissellements.
  - Limiter la **pression sur le réseau d'eaux pluviales** et le risque inondation aval.

Les **enjeux importants** à prendre en compte dans le projet de ZAC sont les suivants :

- Mise en œuvre de formes urbaines plus **économiques en ressources du sol et du sous-sol** (réduction de la consommation d'espace, utilisation des granulats...).
- Réflexion autour de la **valorisation des déchets** (méthanisation, compostage) afin d'améliorer les résultats et tenir les objectifs fixés par le PEDMA).

#### Conclusion :

L'étude d'opportunité énergétique de la ZAC multi-site de Chateaubourg rentre directement en interaction avec différents enjeux du SCOT et du PCET du pays de Vitré. En particulier, l'exigence d'économie d'énergie des secteurs résidentiels (constructions neuves performantes, réduire les émissions des industries, rénovation du patrimoine public ancien) et de transports (maillage cyclable, aire d'autostop participatif), l'augmentation de production d'énergie renouvelable (la dynamisation de la filière Bois-énergie et de l'éolien). Mais aussi concernant la préservation de l'environnement (zones humides) et la maîtrise des risques naturels (imperméabilisation des sols).

## C Caractérisation des besoins du futur aménagement

### C.1 Estimation des surfaces à chauffer

Le projet de ZAC multisite sera mené en parallèle de la révision du PLU et contribuera à en définir les caractéristiques.

Face à la forte attractivité résidentielle de la commune, le futur aménagement sera constitué principalement de logements. Les projets envisagés sur chaque site sont constitués d'habitats individuels principalement avec l'émergence de petits collectifs.

L'étude menée par Atelier du Canal estime le nombre de logements total sur les 3 sites entre 450 et 480 logements.

	<b>Les Petites Bonnes Maisons</b>	<b>Gendarmerie</b>	<b>Les Noës</b>
<b>Logements collectifs</b>	40 à 50 logements environ	40 à 60 logements environ + Réno. 6-8 logements	100 à 110 logements environ
<b>Logements individuels</b>	80 à 100 logements environ		140 à 160 logements environ
<b>Equipement public dédié à l'enfance</b>			Surface utile de 1000 à 1300m <sup>2</sup>
<b>Total ZAC</b>	<b>120 à 140 logements environ</b>	<b>50 à 70 logements environ</b>	<b>250 à 270 logements environ + équipement public</b>
<b>Surface moyenne</b>	<b>96m<sup>2</sup></b>	<b>66m<sup>2</sup></b>	<b>93m<sup>2</sup> +1000m<sup>2</sup></b>
<b>Surface habitable chauffée</b>	<b>11 520 m<sup>2</sup> à 14 400m<sup>2</sup></b>	<b>3 300 à 4 620m<sup>2</sup></b>	<b>24 250 à 26 110m<sup>2</sup></b>
<b>SHON RT</b>	<b>13 824 m<sup>2</sup> à 17 280m<sup>2</sup></b>	<b>3 960m<sup>2</sup> à 5 544m<sup>2</sup></b>	<b>29 100m<sup>2</sup> à 31 332m<sup>2</sup></b>

Les surfaces habitables chauffées du tableau ci-dessus sont calculées selon les dernières enquêtes de l'INSEE concernant le logement (cf. tableau ci-dessous) :

- une surface moyenne de logement en collectif de l'ordre de 66 m<sup>2</sup>, soit un appartement de type T3
- une surface moyenne de logement en maison individuelle de l'ordre de 111 m<sup>2</sup>, soit un logement de type T4
- une surface moyenne nationale mixant maison individuelle et collectif de l'ordre de 91m<sup>2</sup>

**Indicateurs de taille et d'occupation des logements, selon le type d'habitat**

	<b>1984</b>	<b>1988</b>	<b>1992</b>	<b>1996</b>	<b>2002</b>	<b>2006</b>
<b>Par logement</b>						
Surface moyenne (m <sup>2</sup> )	82	85	86	88	90	91
- Individuel	96	100	102	105	108	111
- Collectif	65	66	66	66	65	66
Nombre moyen de pièces	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0
- Individuel	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8
- Collectif	3,0	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9
Nombre moyen de personnes	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3
- Individuel	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5
- Collectif	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0
<b>Par personne</b>						
Surface moyenne (m <sup>2</sup> )	31	32	34	35	37	40
- Individuel	33	35	37	39	41	44
- Collectif	27	29	30	30	31	33
Nombre moyen de pièces	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8
- Individuel	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9
- Collectif	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5
Proportion de maisons individuelles ( %)	54,0	55,4	55,8	56,1	56,6	56,3

Champ : France métropolitaine, résidences principales.

Source : Insee, enquêtes Logement.

## C.2 Estimation de la consommation des logements

### C.2.1 Exigence réglementaire projetée

Pour estimer la consommation nécessaire, nous estimons que l'exigence au moment du dépôt de permis de construire sera celle de la prochaine réglementation.

La RBR 2020 exigera un niveau de performance proche de l'actuel label Bepos soit correspondant à un niveau RT2012-20% (Effinergie +).

Pour du logement collectif, la consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire du bâtiment ( $Cep_{max}$ ) est fixée à (à partir du 1<sup>er</sup> Janvier 2018) :

$$Cep_{max} = 50 \times M_{ctype} \times (M_{cgéo} + M_{calt} + M_{csurf} + M_{cGES})$$

Avec :

- $M_{ctype} = 1$  ; coefficient de modulation selon le type de bâtiment ou de partie de bâtiment et de sa catégorie CE1/CE2,
- $M_{cgéo} = 1,1$  ; selon la localisation géographique (zone H2a),
- $M_{calt} = 0$  ; selon l'altitude de la porte d'entrée principal du bâtiment. La parcelle est à une altitude inférieure à 400 m,
- $M_{csurf} = -0.20$  => valeur pour les bâtiments de logement collectif avec la surface moyenne des logements de 66 m<sup>2</sup> ; -0.20 pour les logements individuels avec la surface moyenne de 111m<sup>2</sup>.
- $M_{cGES}$  : coefficient de modulation selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées (hypothèse  $M_{cGES} = 0$ ).

Le niveau Effinergie + correspond donc à  $Cep_{max} = 36$  kWh ep/m<sup>2</sup>.an.

### C.2.2 Consommations réelles

Les données utilisées pour caractériser les consommations globales annuelles du site proviennent des retours d'expérience sur l'exploitation des bâtiments de type basse consommation. Elles sont données à titre indicatif dans le tableau suivant (sources : bâtiments démonstrateurs à basse consommation d'énergie – étude Cerema / Ademe)

Il n'est pas considéré de besoins de froid dans les logements.

Postes	Consommation réelle annuelle pour des logements RT2012-20%	
	kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> .shon	kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> shon
Chauffage	30	30
ECS	30	30
Refroidissement	-	-
Ventilation	4	10
Eclairage	3	8
Auxiliaire de chauffage	2	5

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

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

### C.2.3 Besoins en chaleur et froid de la ZAC

Ci-après la répartition moyenne des consommations en énergie finale de chaleur pour la ZAC multisite de Chateaubourg :

	Besoin Mw <sub>hef</sub> /an		
	Les Noës	Gendarmerie	Les petites bonnes maisons
Chauffage	860,76	239,76	518,4
ECS	860,76	239,76	518,4

### C.2.4 Besoins en électricité de la ZAC

On estime à 60% la part d'énergie dépensée pour des usages non règlementés, soit 75kW/m<sup>2</sup> d'électricité.

Total des consommations des logements hors postes règlementaires : 3,4GW<sub>hef</sub> soit 8,7GW<sub>hep</sub>.

La part des éclairages de la voirie publique n'est pas à négliger. C'est une consommation utilisant exclusivement l'électricité.

### C.2.5 Besoins énergétiques pour les transports

On ne considère ici que les véhicules électriques des particuliers.

Le décret du 25 Juillet 2011 impose la mise en œuvre de fourreaux électriques dans les immeubles d'habitation, pour l'approvisionnement futur 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 470 logements minimum sur le territoire,
- 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 : 12kWh/ 100 kilomètres (automobiles.challenge.fr).

POSTE	Consommation (MWh ep/an)	Besoin (MWh ef /an)
Bornes électriques de recharge	151	59

### C.3 Estimation de la puissance à installer

Dans les conditions de consommations définies plus haut, le besoin de puissance pour le chauffage et l'ECS est le suivant :

Puissance de chauffe à prévoir (kWh)	Puissance de chauffe à prévoir (kW)
Les Noës	743,65
Gendarmerie	158,40
Les petites bonnes maisons Sud	430,00

## D Environnement naturel et énergétique du projet

Les futurs aménagements sur les 3 zones s'insèrent dans une ville existante ou s'y raccrochent. Ils sont donc liés au territoire qui les entourent 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 :

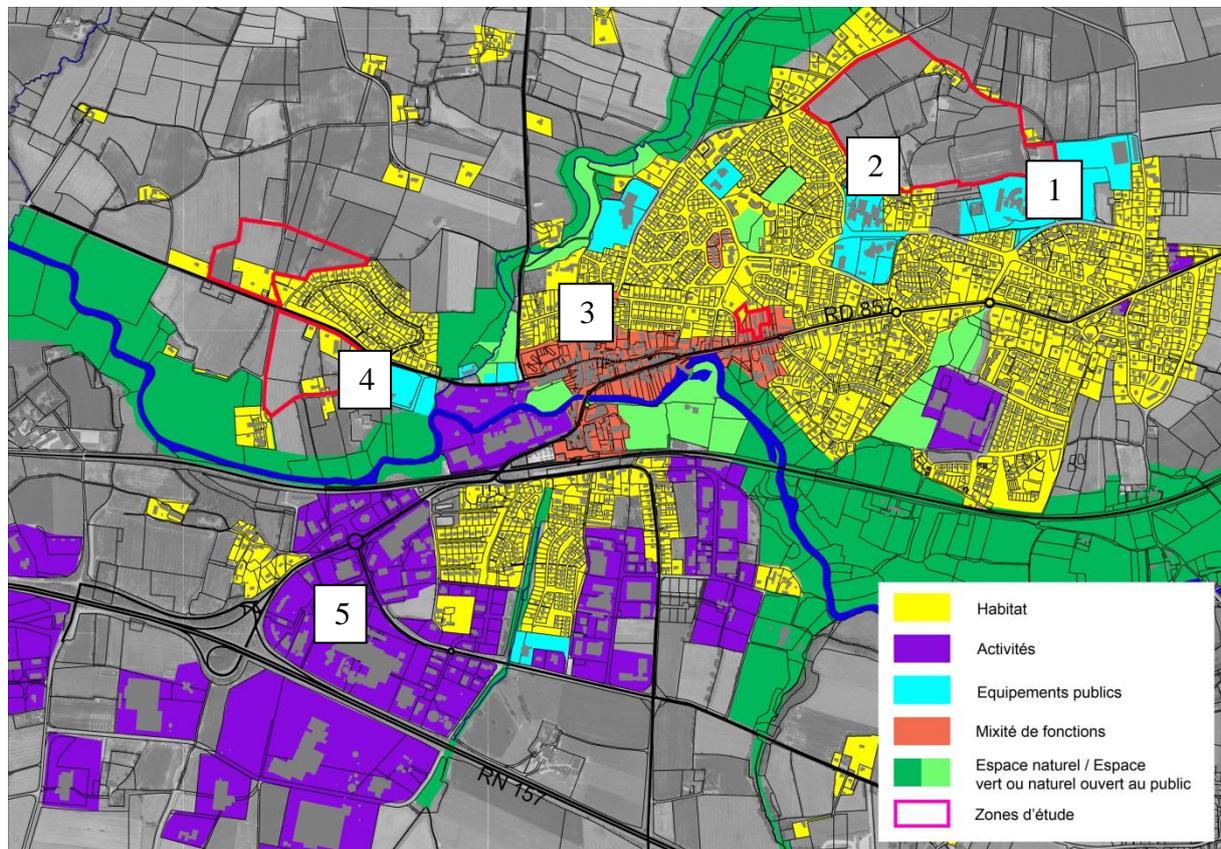
- Energie produite et consommée à l'intérieur de la zone
- Energie produite à l'extérieur mais consommée à l'intérieur de la zone
- Energie produite à l'intérieur mais consommée à l'extérieur de la zone

Outre un centre-ville historique présentant une diversité de fonction, les quartiers auxquels se raccordent les 3 ZAC sont majoritairement résidentiels.

Une zone d'activité, au sud de la commune héberge des petites à moyennes industries : Sojasun, Trendriade, Michelin, Sulky-Burel,....

Des équipements publics existent à l'Est et à l'Ouest de Chateaubourg, le long desquels vont venir se développer les ZAC.

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



Légendes	Zones	Présentation	Echanges énergétiques potentiels
1	Equipements publics Ouest 	Collège Pierre Olivier Malherbe Le stade du Sillon	++ Possibilité de raccordement de la production du nouveau quartier au collège et à la nouvelle halle de sport. ++ Possibilité d'utiliser les toitures des équipements publics comme production centralisée d'énergie renouvelable ++ Proximité immédiate du nouveau quartier  -- La halle de sport est en construction et doit avoir fait l'objet d'un dimensionnement adapté à sa taille. -- Connaitre l'état de vétusté du réseau de chauffage du collège et ses besoins énergétiques. Quel plan de travaux ?
2	Activités agricoles 	M. Louis Renoux - Ferme	++ Proximité immédiate du projet ++ Ressources en énergie biomasse de seconde génération. ++ Présence de serres. Si elles sont chauffées, étudier les besoins de chaleur. -- Faible potentiel de méthanisation -- Petite exploitation ne fournissant pas une grande quantité de déchets végétaux
3	Groupe d'équipements collectif de centre-ville	Ecole publique Charles-de-Gaulle Etoile Cinéma Mairie Collège Saint Joseph	++ Besoin de chaleur en journée => complémentaire avec un projet de logement ++ Equipements collectifs regroupés -- Pas de production énergétique pouvant être valorisée -- Quartier résidentiel séparant le projet des équipements publics (500m par la rue des Cottages)
4	Scierie privée	Scierie René Chapon	++ L'un des maillons de la filière bois

			<p>++ Proximité avec le projet des Petites Bonnes Maisons</p> <p>Quantité de ressources valorisable à définir : copeaux sciure,</p> <p>découpe de bois de chauffage</p> <p>-- Pas de production d'énergie</p> <p>-- Fort besoin d'énergie: présence de 3 cuves de fioul</p> <p>-- A 200m du projet</p> <p>-- Franchissement du ruisseau de la Vallée</p>
5	Zone d'activité au sud	Nombreuses activités Tendriade Collet, Triballat, A&P Lithos, Fromapac, Michelin, imprimerie des Hauts de Vilaine, Imprim35...	<p>++ Récupération de la chaleur fatale des process</p> <p>++ Surfaces de toiture disponible</p> <p>++ Sojasun possède une chaufferie Biomasse</p> <p>-- Franchissement de la Vilaine et de la voie ferrée à prévoir</p> <p>-- Fort dénivelé de part et d'autres de la Vilaine</p>
	Logements limitrophes	Chateaubourg est constitué de multiples quartiers pavillonnaires auxquels viennent se raccrocher les projets à venir.	<p>++ Proximité par rapport au site.</p> <p>-- Besoins énergétiques des logements mal connus</p> <p>-- Nécessité de faire un grand nombre de raccordement, pas forcément aisé dans l'existant</p>
1	Projet d'équipement public dédié à l'enfance	A venir	<p>++ La proximité avec la ZAC des Noës permet d'envisager le raccordement énergétique</p> <p>++ Le rythme de consommation en opposition de phase avec les logements permettra de lisser la courbe de charge.</p>

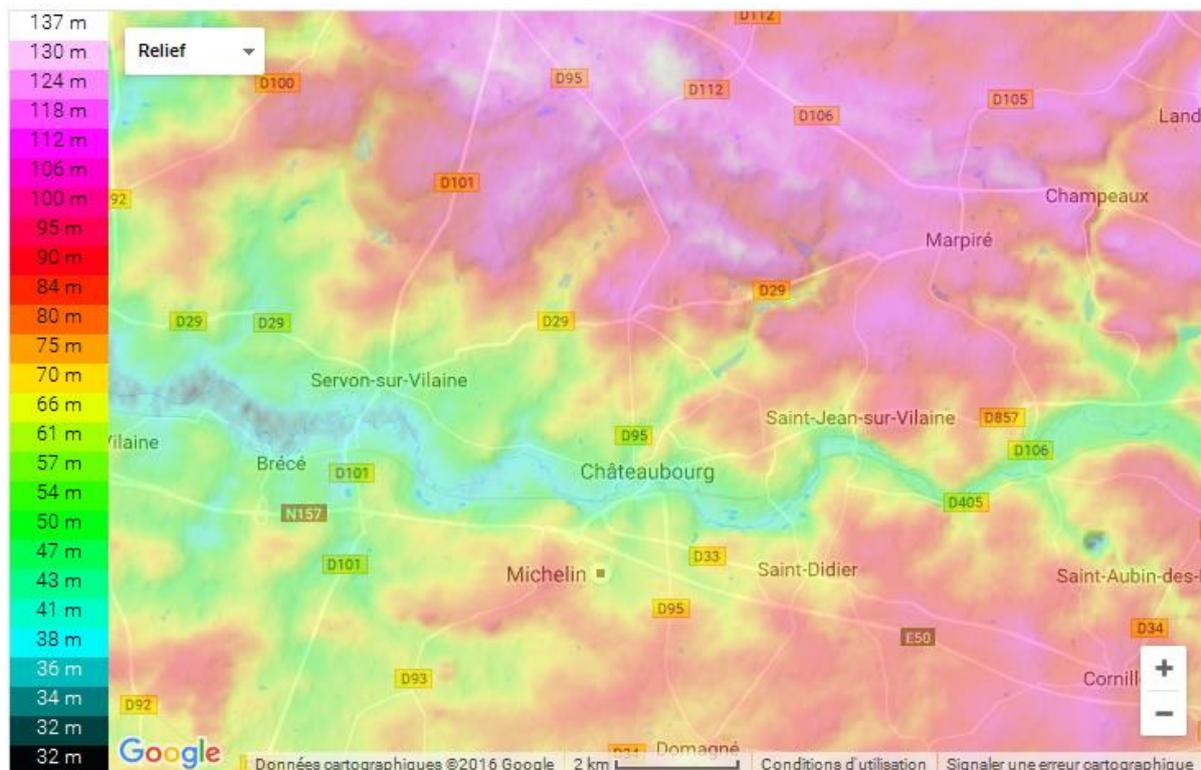
### Conclusion :

Il est possible de conclure sur trois points importants :

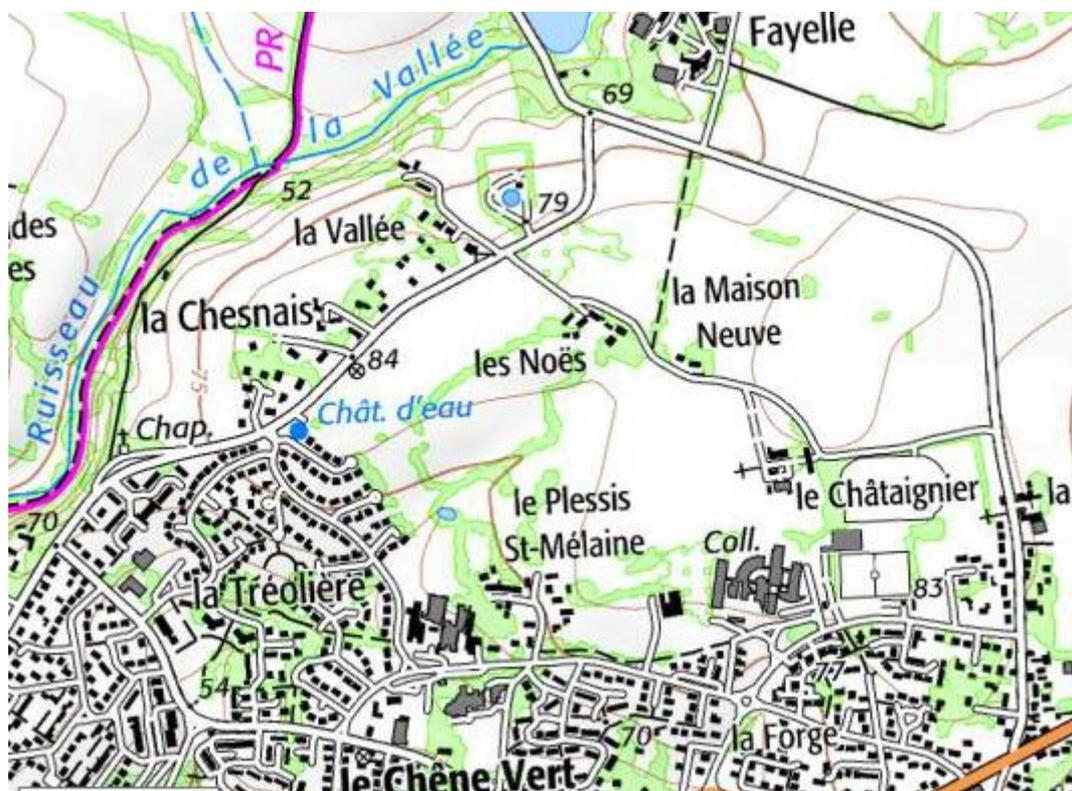
- **Les constructions et aménagements voisins ne présentent pas un potentiel très important de possibilité d'approvisionnement en énergie** de la future ZAC multi-site. Les seules installations susceptibles d'offrir une ressource combustible issue de la biomasse est la scierie à proximité du secteur des petites Bonnes Maisons.
- **Plusieurs établissements publics existants pourraient s'inscrire, selon le degré de vétusté, de leur installation dans un projet d'alimentation en énergie d'origine renouvelable** (réseau de chaleur principalement ou, électricité). Ces usages ayant lieu à des heures de baisse de consommation dans les logements et pourraient contribuer à rentabiliser une installation énergétique collective.
- La zone d'activité au sud de la commune, qui pourrait présenter un potentiel intéressant, se situe de l'autre côté d'un vallon, de la vilaine et de la Voie ferré, ce qui rendraient complexes les infrastructures nécessaires à l'échange énergétique.

### D.1.1 Topographie du site

La commune de Chateaubourg est légèrement vallonnée, avec des points bas autour de la Vilaine et du ruisseau de la Vallée.



Source : <http://fr-fr.topographic-map.com/places/Ch%C3%A2teaubourg-811842/>



Topographie du secteur des Noës (source géoportail)



Topographie du secteur Gendarmerie (source : géoportail)



Topographie du secteur des petites Bonnes Maisons ( source géoportail)

Sur les 3 sites, la pente est globalement en pente descendante vers le sud, pour rejoindre le lit de la Vilaine. Cela favorisera la solarisation des façades et atténuera voir compensera le risque d'effet de masques.

## E Offre énergétique actuelle

### E.1 Electricité

La ligne HT de 400 000 Volts reliant Saint-Laurent-de-Terregatte à Domloup chemine à l'Ouest de Chateaubourg.

Les 3 sites sont implantés autour de hameaux existants (Les bonnes maisons, La Rigaudière, Les Noës). On peut penser que le raccordement au réseau électrique se fera simplement, par prolongation du réseau. Quant à la disponibilité de l'énergie électrique sur le site de la gendarmerie, elle ne fait aucun doute puisque le bâtiment existant, en plein centre-ville est raccordé.

L'impact de l'électricité sur l'environnement est principalement lié au mauvais rendement de production cette énergie. En effet, seul un tiers de l'énergie qui entre dans la centrale ressortira sous forme d'électricité. Dans la majorité des cas, les deux tiers restant sont perdus sous forme de chaleur (rapport énergie primaire/ énergie finale égal à 2,58).

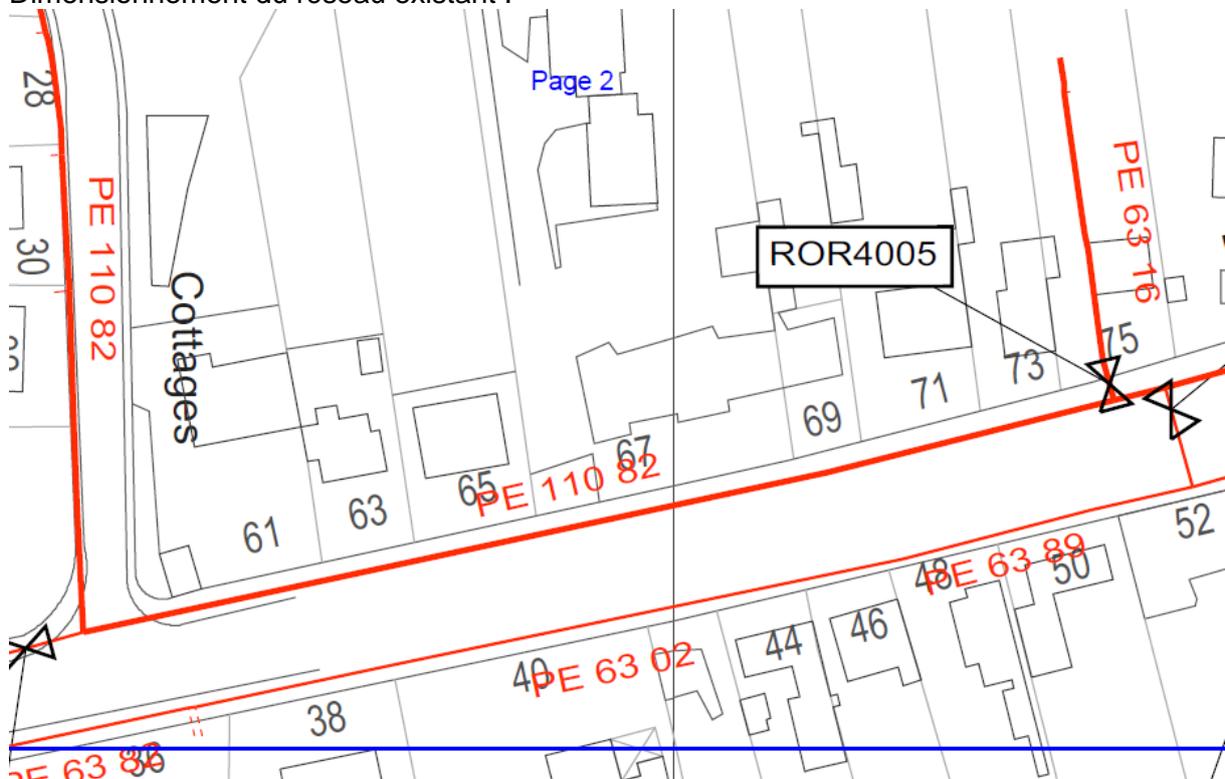
Ce mauvais rendement conduit l'électricité à être une grande consommatrice de ressources et donc une mauvaise élève dans l'approche écologique de l'énergie. Il convient ainsi de réserver l'électricité aux usages spécifiques : éclairage, bureautique, électroménager, etc.

## E.2 Gaz naturel

**Un réseau de gaz existe** dans la ville de Chateaubourg. Il est présent dans la rue de Paris, desservant la gendarmerie. Le réseau passe en bordure des 2 autres sites et devra faire l'objet d'une demande d'extension auprès de l'opérateur pour alimenter la ZAC.

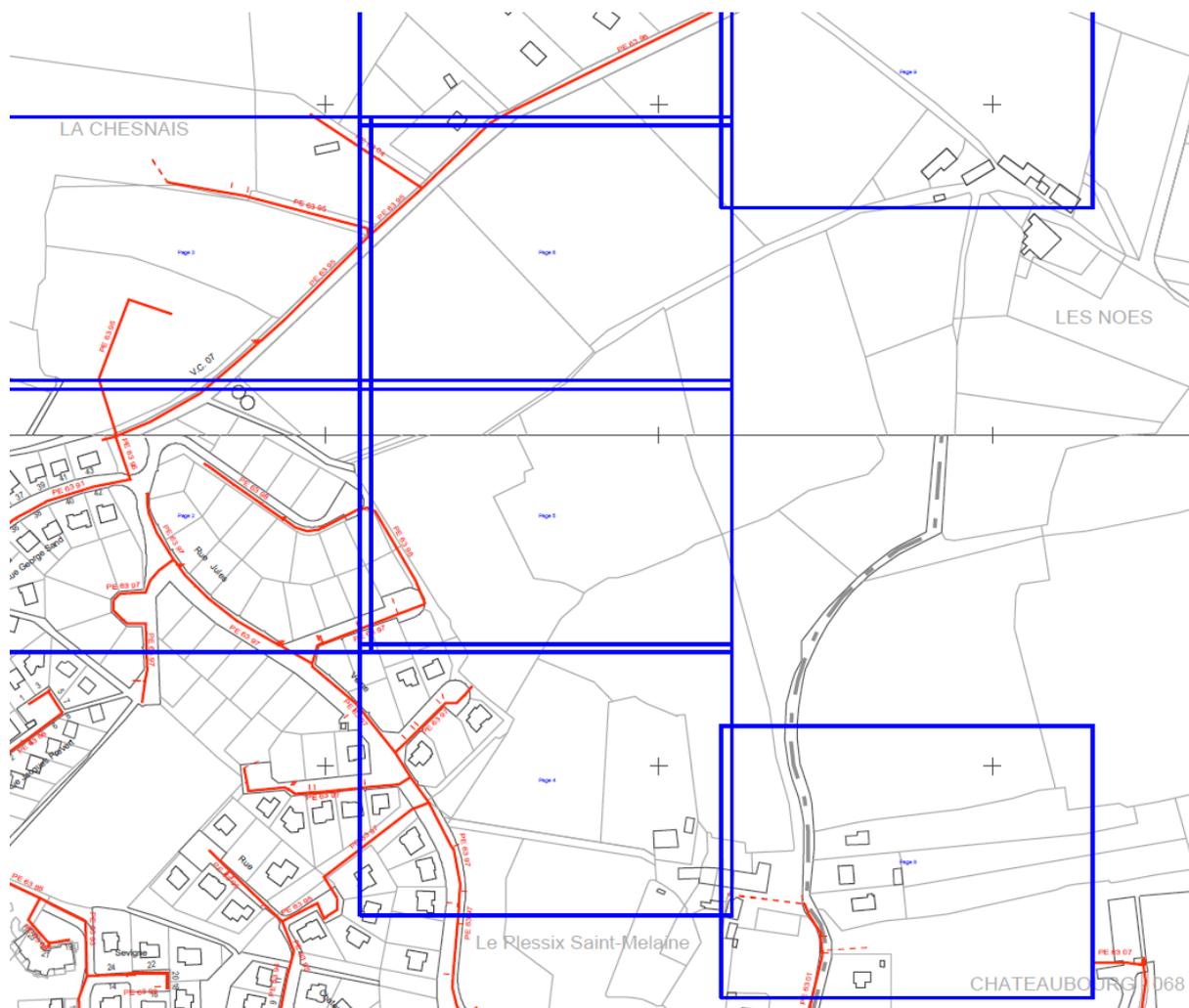
Le gaz naturel est une énergie fossile. Sa combustion rejette des quantités de CO2 non négligeables.

Dimensionnement du réseau existant :

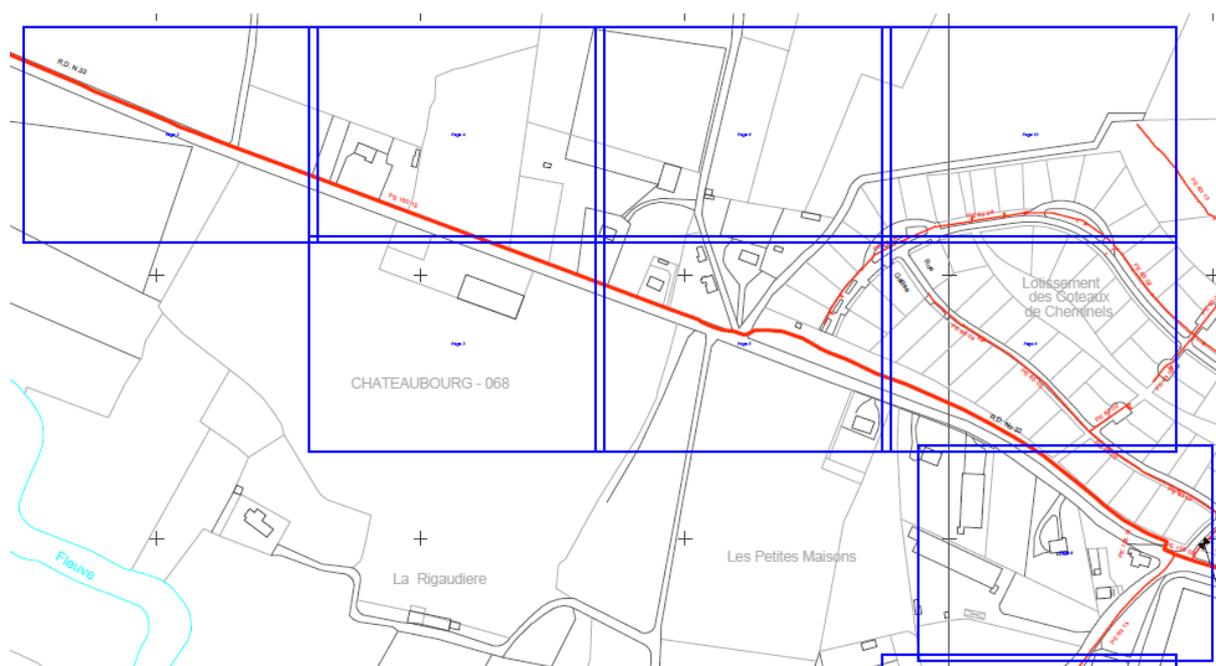


I017183.163401RDT02 - RUE DE PARIS - 35220 CHATEAUBOURG

Figure 2: Réseau de gaz existant sur le site de gendarmerie - localisation et dimensions



**Figure 3: Position du réseau de gaz dans le secteur de Noës**



**Figure 4: Position et dimensionnement du réseau de gaz dans le secteur des petites Bonnes Maisons**

## E.3 Energies renouvelables

A l'heure actuelle, il n'existe pas de source de production d'énergie renouvelable collective de type réseau de chaleur sur la commune de Chateaubourg.

### Conclusion :

**Energies renouvelables** : La capacité de raccordement à des installations existantes fonctionnant avec des énergies renouvelables est à l'heure actuelle nulle.

**Energies fossiles** : Le gaz naturel et le réseau électrique, semblent être les énergies principales du site, mais devront faire l'objet d'aménagement et d'extension de réseaux.

## F Potentiel en énergies renouvelables

### F.1 Potentiel géothermique

#### F.1.1 Géothermie très basse énergie

##### F.1.1.1 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 et l'eau chaude sanitaire.

Cette énergie est rendue exploitable par l'intermédiaire de pompes à chaleur. On distingue trois éléments clés : le forage et ses équipements, la ou les pompes à chaleur (PAC) et les émetteurs de chaleur.

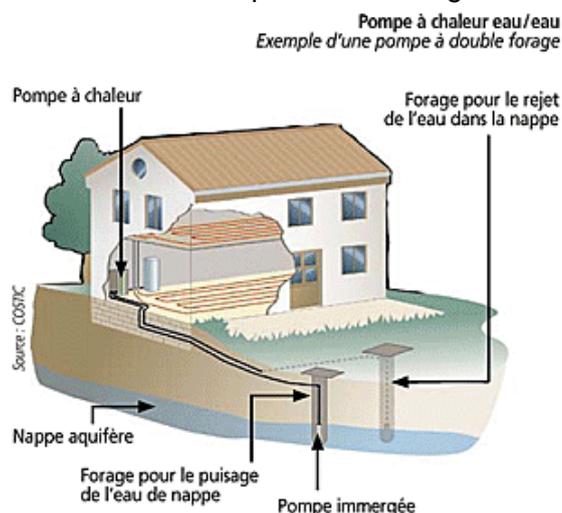
La géothermie très basse énergie peut nécessiter un puits unique (avec un rejet en surface : rivière, plan d'eau...) ou un doublet géothermique (double forage, permet de réinjecter l'eau dans la nappe ; c'est un procédé plus coûteux mais qui évite le rejet en surface de l'eau prélevée).

- **Echelle théorique d'exploitation :**

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

- **Potentiel :**

Le potentiel géothermique de la Bretagne est très inégal d'un lieu à l'autre du fait de la présence de nappes très disparates. La formalisation du gisement géothermique nécessiterait de nombreux forages, ce qui rendrait le travail de cartographie long, coûteux et approximatif malgré tout. Le BRGM recommande donc d'avoir recours à des forages localisés pour identifier le gisement potentiel de géothermie.



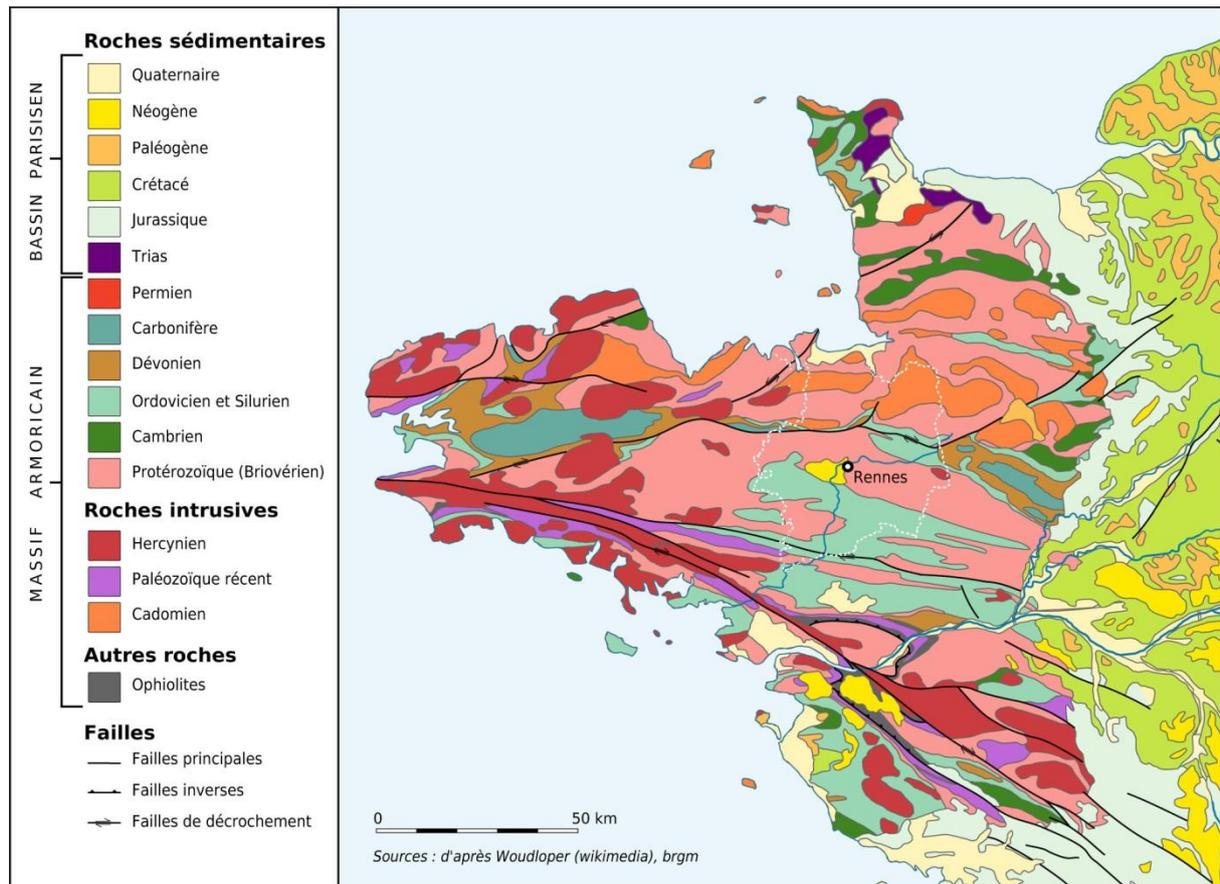


Figure 5: Constitution du sous-sol Breton

## 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

### F.1.1.2 Solution technique n°2 : géothermie sur sol

- **Présentation :**

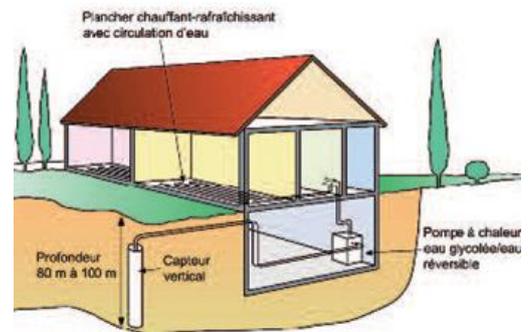
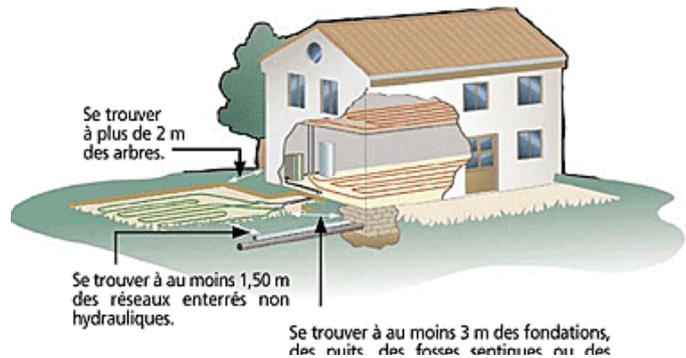
La chaleur du sous-sol est extraite par l'intermédiaire de capteurs enterrés et d'une pompe à chaleur, qui augmente la température du fluide frigorigène et transfère la chaleur dans le circuit de chauffage. Deux types de capteurs sont possibles pour exploiter la chaleur du sol :

- **Capteurs horizontaux :** ce sont des tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène installés en boucles dans le sol soit 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 m<sup>2</sup>, le capteur occupera entre 1 500 et 2 000 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> 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 des sites ne sont pas connues à l'heure actuelle. Aucune étude géothermique n'est disponible sur la commune de Chateaubourg à notre connaissance. Les études de sol devront donc être entreprises au cas par cas.

#### Capteurs horizontaux

Pour la pose de capteurs horizontaux, la surface d'échange nécessaire est égale à 1,5 à 2 fois la surface chauffée du bâtiment. Aux vues du projet d'aménagement, la géothermie horizontale est envisageable sur ce projet. Néanmoins, des sondages plus précis sur le site, permettant d'estimer le gisement à disposition, sont nécessaires avant de s'orienter vers une telle solution.

## 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

### F.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 modifie pas les potentialités du gisement. Dans le cas d'un puits unique, l'eau est rejetée en surface.

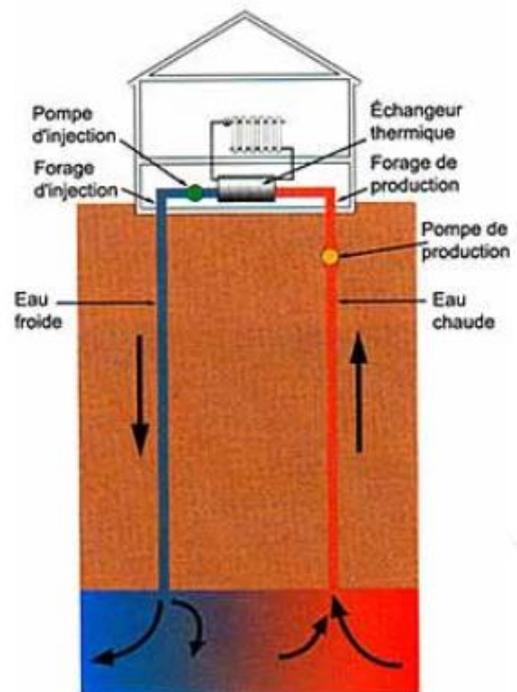
- **Echelle théorique d'exploitation :**

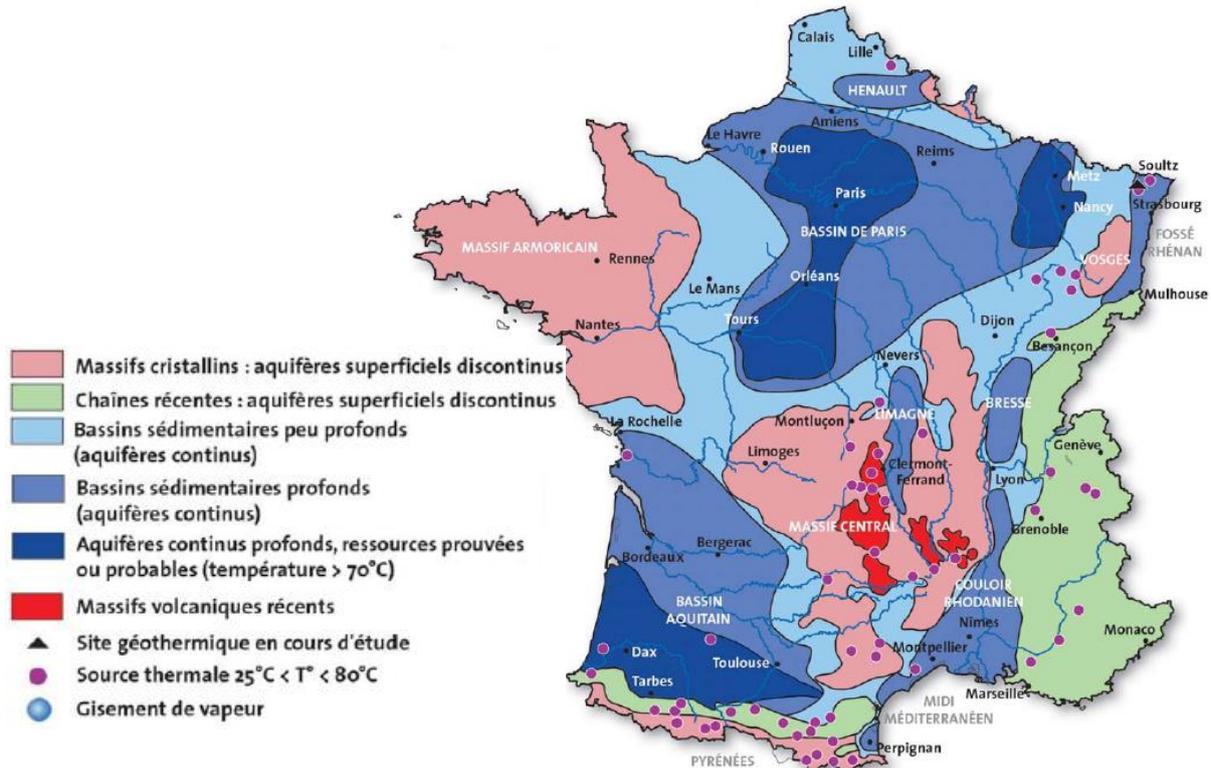
Exploitation à l'échelle collective : réseau de chaleur + PAC individuelles

- **Potentiel :**

La commune de Chateaubourg n'est pas située dans une zone a priori favorable pour la géothermie basse énergie comme le montre la carte ci-dessous :

### Principe du doublet géothermique





Source BRGM

Au niveau de la ZAC, d'après le site du BRGM et de géothermie perspective, il n'existe pas de ressources de géothermie profonde. Localisé sur des aquifères superficiels discontinus, le site de l'opération présente un potentiel géothermique limité. En effet, le Massif Armoricain, sur lequel se trouve le projet, est un massif cristallin peu propice à la formation d'aquifères. On n'y rencontre ainsi que des aquifères superficiels et discontinus dont les localisations ne sont pas connues. Ceci rend indispensable la réalisation d'un forage de reconnaissance du site pour connaître son « potentiel géothermique ». [Source : BRGM]

Un potentiel de géothermie sur nappe profonde basse énergie ne semble pas favorable aux vues des éléments décrits ci-dessus.

### Réglementation :

#### Le code général des collectivités territoriales

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

#### Le code minier

C'est la réglementation qui s'applique lors du forage. Suivant ses caractéristiques (profondeur...), 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 règlemente 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... 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, puits 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 m<sup>3</sup> / an (A) ;*

*2° Supérieur à 10 000 m<sup>3</sup> / an mais inférieur à 200 000 m<sup>3</sup> / an (D).*

### F.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 : surfaces d'application du projet et potentiel de la nappe.

##### Capteurs horizontaux :

L'installation de pompe à chaleur avec capteurs horizontaux est envisageable sous réserve de revalider le gisement disponible.

**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 l'absence d'une nappe phréatique profonde et exploitable. Néanmoins, aucune carte ne peut prédire le gisement – Des forages et le recours à un BET hydrogéologue sera nécessaire pour connaître avec précision le potentiel gisement disponible.

### F.1.4 PAC à absorption gaz

- **Présentation :**

La Bretagne est éloignée des sources principales de production : elle ne produit en effet que 10% (en 2013) de son électricité (environ la moitié en éolien et 20% par l'usine marémotrice de la Rance). Lors des pointes de consommations hivernales, le réseau d'approvisionnement électrique est porté à pleine charge, à la limite de la coupure générale.

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, de COP moindre, sont donc encore assimilables à de bons systèmes de chauffage électriques. C'est la raison pour laquelle ces systèmes en aérothermie ne sont pas abordés dans cette étude.

L'installation massive de pompes à chaleur en Bretagne contribue à affaiblir son réseau de distribution d'électricité, à cause des appels de puissance importants les jours de grand froid.

Une alternative à ces systèmes 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.

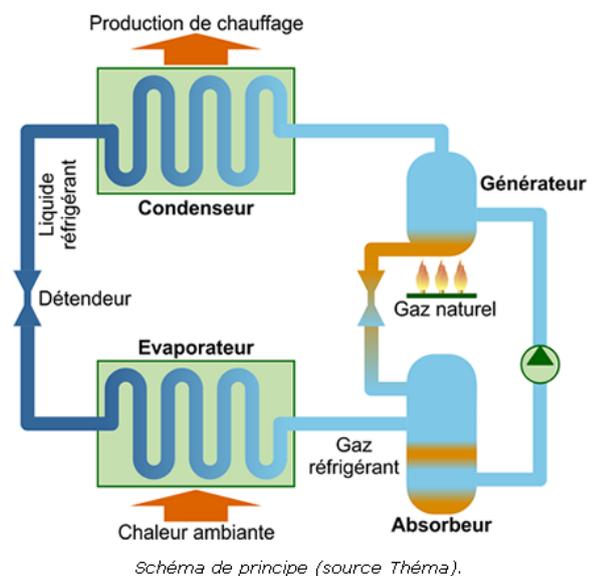
- **Echelle théorique d'exploitation :**

Echelle du bâtiment

- **Potentiel :**

La commune de Chateaubourg 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.

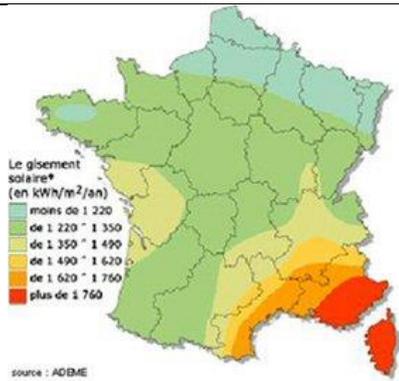
L'installation de pompe à chaleur à absorption gaz en version aérothermie et géothermie est envisageable à l'échelle des bâtiments de logements collectifs de la ZAC. Le coût global de ces installations qui commencent à se généraliser sur le marché des énergies renouvelables reste encore élevé.



## F.2 Potentiel solaire

### F.2.1 Gisement solaire de la zone d'étude

Le département d'Ille et Vilaine présente un niveau de gisement solaire et d'ensoleillement moyen.

<p>Sur la région rennaise, on compte 1717 heures en moyenne d'ensoleillement par an.</p>	 <p><b>Carte de l'ensoleillement en Bretagne (météoFrance)</b></p>
<p>Le taux d'irradiation solaire est quant à lui voisin de 1300 kWh/m<sup>2</sup> par an.</p>	 <p><b>Carte du gisement solaire en France</b></p>

Potentiel solaire tout de même intéressant sur la ZAC. Le faible dénivelé Nord-Sud et le paysage dégagé sont deux conditions favorables à l'exploitation du potentiel solaire.

## F.2.2 Energie solaire passive et constructions bioclimatiques

- **Présentation :**

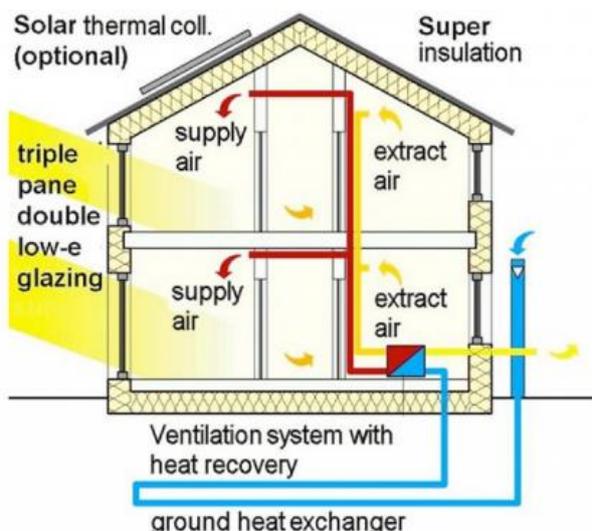
Partant du constat que l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas, l'intérêt des constructions bioclimatiques est d'orienter et d'ouvrir les façades principales du bâtiment au sud, afin de capter un maximum d'apports solaires gratuits tout en mettant en œuvre une isolation de l'enveloppe 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 puisque les standards bâtiments passifs exigent un besoin en énergie de chauffage inférieur à 15kWh/m<sup>2</sup>.an.

Théoriquement, un bâtiment passif bien conçu ne nécessite pas de chauffage actif. 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 ZAC et à l'organisation des bâtiments sur chaque parcelle.

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

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

- Une isolation très performante, 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, associées à une architecture compacte,
- Un système de ventilation très efficace, de type centrale de traitement d'air double flux avec échangeur calorifique très haut rendement. Généralement, associé à des batteries chaudes, il constitue le principal moyen de chauffage des bâtiments passifs,
- Des apports internes



*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 :**

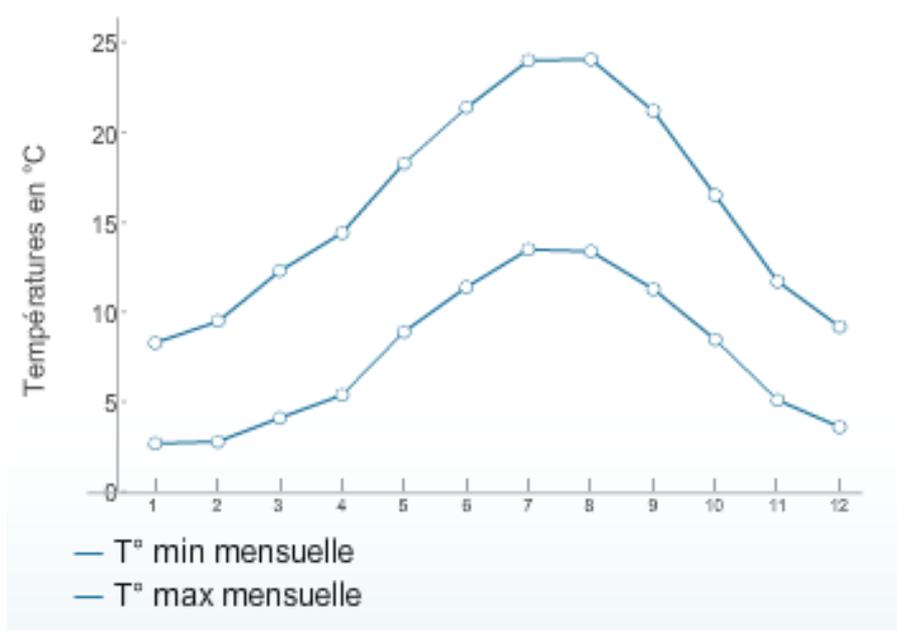
Echelle du bâtiment

- **Potentiel**

Le climat de type océanique de la Bretagne est favorable aux constructions passives avec des hivers plutôt cléments et un ensoleillement correct comme vu précédemment :

- la température minimale en moyenne annuelle est de 7,6°C ;
- la température maximale en moyenne annuelle est de 16°C ;

Les températures moyennes sont plutôt douces.



*Températures moyennes annuelles*

A titre indicatif, les exigences des labels de bâtiments passifs, en ce qui concerne les consommations énergétiques en énergie primaire, soit inférieures à 120 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an, font mécaniquement baisser la consommation globale en énergie primaire de la ZAC d'un minimum de 30 à 40%.

Un climat clément et des apports solaires corrects rendent cette solution favorable et envisageable par bâtiment. La forte captation d'apports solaires gratuits pour le chauffage permet également de s'affranchir de moyens de production énergétiques 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 actuelle étrangère à la réglementation française : suisse (Minergie Passif) ou allemande (Passiv Haus).

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.

### F.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).

- **Echelle théorique d'exploitation :**

L'échelle d'intégration de 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**.

L'autre utilisation possible de cette technologie est possible 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).

- **Exploitation et conditions de revente sur le réseau**

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

- soit utilisée en autoconsommation,

La réflexion bâtiment durable (RBR) 2020 semble inciter à s'orienter vers l'autoconsommation.

Dans ce cadre, un appel projet lancé le 26 Mai 2016, pour encourager les projets de plus de 1 MW à partir du 1<sup>er</sup> Janvier 2017. Ce dispositif, non adapté à l'échelle individuelle, peut être prévu à l'échelle de la ZAC multisite. La production pourra être, soit stockée, soit consommée par les bâtiments plus consommateurs d'électricité en journée : les établissements scolaires existants, par exemple.

- soit revendue à EDF via des contrats de revente spécifiques et réglementés.

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.

La Commission de Régulation de l'Energie (CRE) publie tous les trimestres les prix de rachat de l'électricité issue de la production solaire photovoltaïque. Les valeurs sont données pour le premier semestre 2016 :

## CREATION D'UNE ZAC MULTISITE A CHATEAUBOURG CHATEAUBOURG (35)

Type d'installation		Tarifs en vigueur pour les installations dont la demande complète de raccordement a été envoyée :	
		entre le 1er janvier 2016 et le 31 mars 2016	entre le 1er avril 2016 et le 30 juin 2016
Intégrée au bâti <sup>1</sup>	[0-9kW]	25,01 c€/kWh	24,63 c€/kWh
	[0-36kW]	13,82 c€/kWh	13,27 c€/kWh
Intégrée simplifiée au bâti <sup>1</sup>	[36-100kW]	13,13 c€/kWh	12,61 c€/kWh
	[0-12MW]	5,96 c€/kWh	5,80 c€/kWh

<sup>1</sup> Les critères techniques d'intégration au bâti et d'intégration simplifiée au bâti sont définis à l'Annexe 2 de l'arrêté du 4 mars 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000 (à consulter sur [Légifrance](#))

**Site : <http://www.cre.fr>**

Pour les installations de petites et moyennes puissances ( $P < 100$  kWc), le tarif de rachat sera révisé chaque trimestre. Pour la moyenne et grande puissance ( $P > 100$  kWc) l'installation sera soumise à appel d'offre.

L'apparition d'une bonification des tarifs est liée à la promotion de la fabrication d'une partie des composants des systèmes photovoltaïques sur le territoire européen.

Le PLU de Chateaubourg mentionne que les capteurs solaires doivent être intégrés au mieux à la toiture.

Un potentiel solaire correct et une exploitation favorable et envisageable par bâtiment ou centralisée pour mutualiser les coûts d'installation.

### 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.

## F.2.4 Solaire thermique

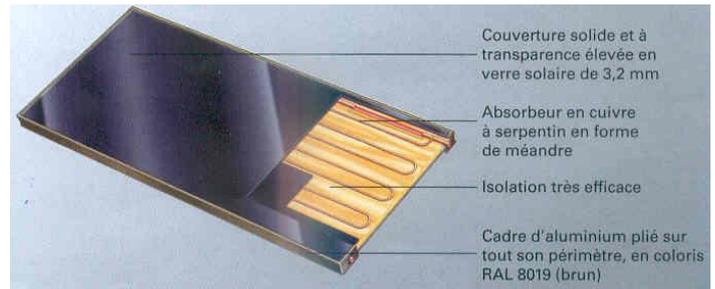
- **Présentation :**

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.

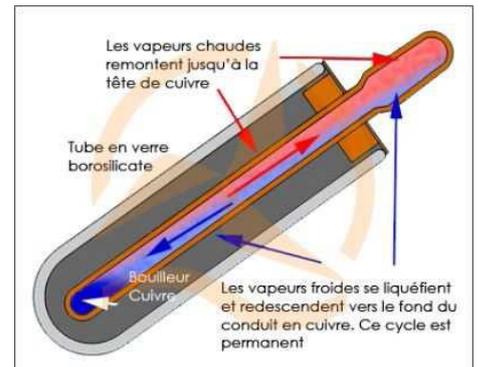
Des capteurs plans vitrés ou bien sous vide peuvent être utilisés.

- **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.

- **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.



- **Echelle théorique d'exploitation :**

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

Le PLU de Chateaubourg mentionne que les capteurs solaires doivent être intégrés au mieux à la toiture.

Un potentiel solaire correct sur la ZAC en fait une condition d'installation 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 RT2012 (production ENR obligatoire en maison individuelle). De plus, dans le cas de bâtiments d'activités consommant beaucoup d'eau chaude sanitaire (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.

### 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.

Dans le cadre la mise en place du PLUi, la mairie de Chateaubourg veillera à donner les prescriptions qui faciliteront l'installation de dispositifs solaires en respectant à la fois la cohérence du développement urbain et la facilité d'accès au gisement solaire.

### 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 HABITAT PASSIF

La mise en œuvre de cahiers de charges pour la conception de bâtiments passifs sur la ZAC ne rencontre pas d'obstacle précis. Ce type de construction mettant en avant l'architecture bioclimatique est intéressant en région Bretagne, 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 de la ZAC.

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.

### **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.

## F.3 Potentiel biomasse

### F.3.1 Bois énergie

- **Présentation :**

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.

- **Ambition :**

Le plan bois énergie Bretagne 2015-2020 ambitionne de développer de façon harmonieuse et stable la filière bois-énergie bretonne.

L'objectif est d'augmenter la production de 200 000t/an d'ici à 2020 pour passer à 2% de la consommation d'énergie finale.

La mobilisation de la ressource forestière et le privilège au bois breton seront une priorité.

Pour atteindre l'objectif pour les logements, l'association Aile estime qu'il faudra développer 14 réseaux de chaleur de petite à forte taille parmi d'autres projets liés à d'autres usages.

- **Echelle théorique d'exploitation :**

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

- **Individuelle par bâtiment** : poêle à buches 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)

- **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 m<sup>3</sup>, ce qui facilite le transport et le stockage.



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



F.3.2 Evaluation du gisement Breton :

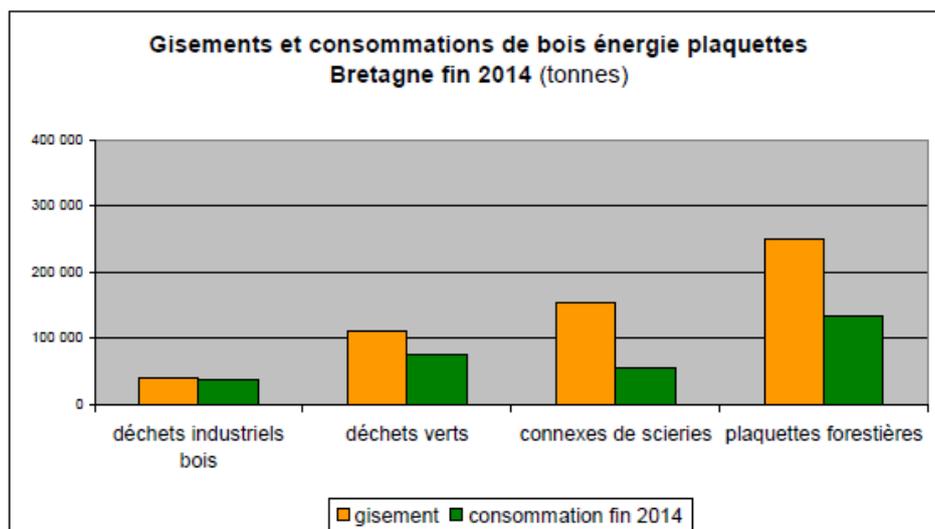
Évaluation des gisements bretons pour le bois-énergie

Type de gisement	Quantité (tonne)
Déchets de bois	38 450
Fraction ligneuse des déchets verts	110 190
Connexes de scieries	155 440
Bois forestier	249 580 (dont 110 190 de feuillus et 139 390 de résineux)
Bois bocager	170 000 à 30 % d'humidité

© Aile, 2010

L'ampleur des besoins futurs incite à la vigilance quant à la disponibilité de la matière première. Si certains des gisements sont bien connus, comme les produits connexes de scieries, d'autres, notamment le gisement forestier, fait l'objet d'estimation.

Combustibles	Etat des lieux du gisement	Perspectives d'évolution
<b>DIB Bois</b>	Ressource déjà bien mobilisée	-
<b>Déchets verts</b>	Ressource partiellement mobilisée	Des marges de manœuvre existent sur ce gisement
<b>Connexes de scierie</b>	Gisement peu orienté vers le bois énergie pour le moment	Destination future possible dans le bois-énergie si le marché le permet
<b>Forêt feuillue</b>	Aucun prélèvement vers le bois énergie plaquettes actuellement, mais prélèvement important en bois bûche	Mobilisation accrue vers le bois énergie liée au marché du bois d'œuvre Grande prudence sur la mobilisation de ce gisement (36% de la ressource considérée comme mobilisable)
<b>Forêt résineuse</b>	Peu de prélèvement vers le bois-énergie	Accroissement de la collecte plus aisé que la forêt feuillue (75% de la ressource considérée comme mobilisable)
<b>Bocage</b>	170 000 tonnes disponibles	Développement de l'autoconsommation agricole et approvisionnement des bâtiments publics



Hormis les efforts de collecte complémentaires dans les déchets verts et l'orientation d'une partie des produits connexes de scieries vers la filière bois énergie, les tonnages complémentaires seront essentiellement prélevés en forêt. En effet, l'utilisation de la ressource forestière est encore sous-exploitée. L'association Aile évalue le gisement régional disponible et mobilisable au prix du marché du bois-énergie à environ 250 000 tonnes par an.

Les opérateurs économiques et institutionnels veillent à ce que le prélèvement de cette ressource soit réalisé en cohérence avec les capacités de renouvellement. En 2016, l'association aile estime que le rythme de prélèvement est inférieur à 50% du taux de renouvellement des forêts.

La disponibilité au niveau de la région permet d'envisager de nouveaux projets industriels et d'aménagement de très grande taille.

**Fournisseurs environnants :**

Bois déchiqueté ou plaquettes

La carte suivante montre les plateformes d'approvisionnement en bois déchiqueté en Bretagne.

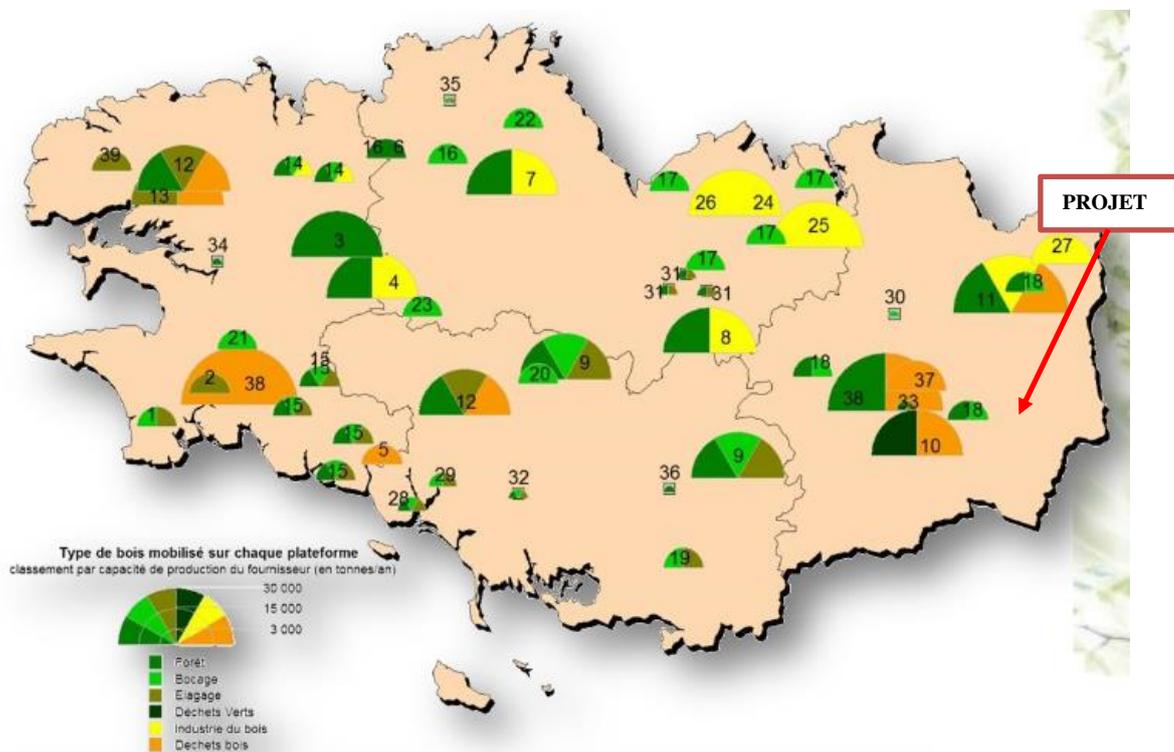




Figure 7: Carte des plateformes et des flux de bois déchiqueté en Ille-et-Vilaine (source: Aile - Mai 2014)

Plateformes multi-produits		Plateformes agricole et coopérative	
38	PAPREC	18	CBB35
11	Bois2		
10	Ecosys	Plateformes de collectivité (autoproduction)	
37	DBR Environnement	33	Chartres de Bretagne
27	N2TA	30	ComCom val d'ille

Figure 8: Fournisseurs de bois Déchiqueté (source (Aile -Mai 2014) – Non exhaustif

#### Bois bûches

Aujourd'hui, de nombreux distributeurs et fournisseurs existent sur le Pays de Rennes et peuvent fournir les besoins individuels.

Plusieurs fournisseurs sont géographiquement proches de Chateaubourg, par exemple :

- Ren' bûches à Brécé
- Bois énergie 35 à Noyal-sur-Vilaine
- Energie Forestière à Chevaigné

Un site internet recense les fournisseurs par proximité géographique [www.bois-de-chauffage.net/](http://www.bois-de-chauffage.net/)

#### Granulés de bois

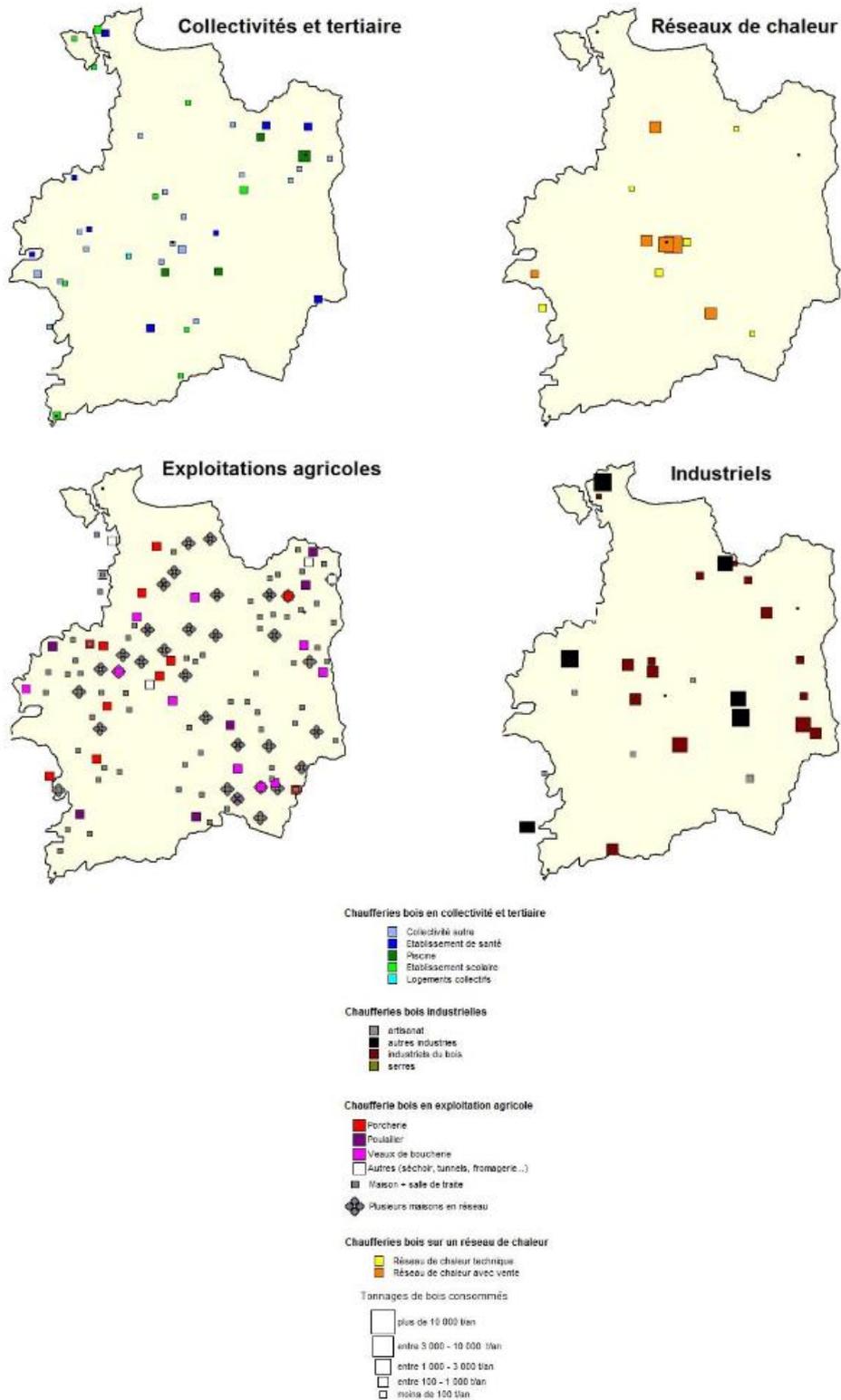
Plusieurs fournisseurs sont géographiquement proches de Chateaubourg, par exemple :

- Ren' bûches à Brécé
- Bois énergie 35 à Noyal-sur-Vilaine
- Energie Forestière à Chevaigné

Un site internet recense les fournisseurs par proximité géographique [www.bois-de-chauffage.net/](http://www.bois-de-chauffage.net/)

Fournisseurs	Qualité	Distance au site	Prix livré (HT)	Compatibilité Fond chaleur
<b>Plateforme locale agricole : Association HAIENERGIE</b>	Plaquette bocagère (Humidité moy 15 à 45%)	30 km	Non communiqué	OUI
<b>Plateforme Bois Energie multiproduits : ECOSYS</b>	Plaquette vertes (Humidité moy 25 à 45%)	33 km	Non communiqué	NON
<b>DBR Environnement</b>		30km		
<b>Plateforme locale agricole : GIE des Beluettes</b>	Plaquette bocagère (Humidité moy 15 à 45%)	38 km	Non communiqué	OUI
<b>Plateforme locale agricole : Association Energie Bocag'air</b>	Plaquette bocagère	25 km		

• Localisation des chaufferies bois en Ille et Vilaine :



**Localisation des chaufferies collectives et individuelles**  
[Source : Aile – Mai 2014]

Le département d'Ille et Vilaine possède le plus grand nombre d'installations de chaufferies bois et est le plus gros consommateur de bois énergie des départements Bretons. Une installation de cogénération fonctionnant au bois, installée au sud de Rennes consomme à elle seule 110 000 tonnes de bois.

Six entreprises de l'industrie agro-alimentaire ont implantés des chaufferies bois et substituent

des consommations d'énergies fossiles. C'est aussi le département où les chaufferies agricoles pour un usage domestique se sont les plus développées.

### **POTENTIEL BOIS ENERGIE – LOGEMENT INDIVIDUEL**

Les solutions poêles à bois ou chaudières à granulés sont envisageables dans les maisons individuelles. Ces systèmes prennent peu de place dans l'habitat. La ressource en bois granulé ou bûche est très accessible (vendeurs indépendants, grandes surfaces). Les prix du bois restent inférieurs aux autres énergies.

### **POTENTIEL BOIS ENERGIE – PAR BÂTIMENTS**

La solution de chaufferie bois par bâtiment est peu envisageable en raison du nombre important de bâtiments, 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 lourds traverseraient la ZAC chaque jour. Toutefois cette solution n'est pas à exclure pour les groupes de bâtiments collectifs.

### **POTENTIEL BOIS ENERGIE – SUR LA ZAC**

La solution de chaufferie bois centralisée couplée avec la création d'un réseau de chaleur à l'échelle de la ZAC complète est envisageable mais impose quelques contraintes, comme la connaissance précise des besoins 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 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 sur la ZAC.

### **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 est envisageable. Elle impose toutefois les mêmes contraintes que pour la solution à l'échelle de la ZAC mais en plus importantes : calcul du linéaire nécessaire par rapport à la production, phasage précis de plusieurs ZAC et phasage d'un grand réseau de chaleur sur l'ensemble de Chateaubourg.

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**

**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) ;

## F.4 Méthanisation / biogaz

### • Présentation :

La méthanisation est une digestion anaérobie, ou fermentation méthanique, qui transforme la matière organique en compost, méthane et gaz carbonique 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 ou de l'électricité.

### • Type de déchet :

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

- Déchets d'entreprise : gisement local à évaluer,
- Boues d'épuration,
- Déchets verts : gisement local à évaluer,
- Déchets ménagers résiduels : à priori non, compte tenu des consignes de tri actuelles,
- Biodéchets ménagers : à condition de mettre en place le tri adapté,
- Déjections animales (lisier, fumier) : gisement local à étudier,
- Résidus végétaux agricoles (paille, ensilage, ...) : gisement local à étudier

Selon l'ADEME Bretagne et l'association AILE (Association d'Initiatives Locales pour l'Environnement) :

- en 2002, ont été lancés les premiers projets de méthanisation industrielle de biodéchets.
- en 2008, une première installation de méthanisation agricole a été construite et produit de la chaleur et de l'électricité.
- fin 2010, 40 projets ont été réalisés ou sont en passe de l'être. Ces unités représentent la valorisation de 215 000 T de déjections animales, 253 000 T de co-substrats, 49,4 millions de m<sup>3</sup> de biogaz par an, une puissance électrique de 15,4 MWe et l'économie de 41 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> par an. Cela a permis de créer une centaine d'emplois directs (bureaux d'études, constructeurs, développeurs...)

A titre informatif, les émissions de méthane de la région Bretagne sont importantes et proviennent principalement des déjections animales des élevages.

### • Exploitation et conditions de revente sur le réseau :

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



Figure 1 : Réactions du processus de méthanisation

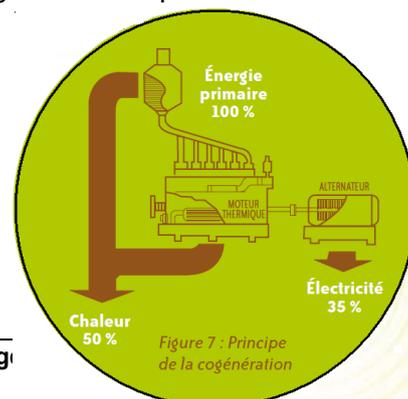


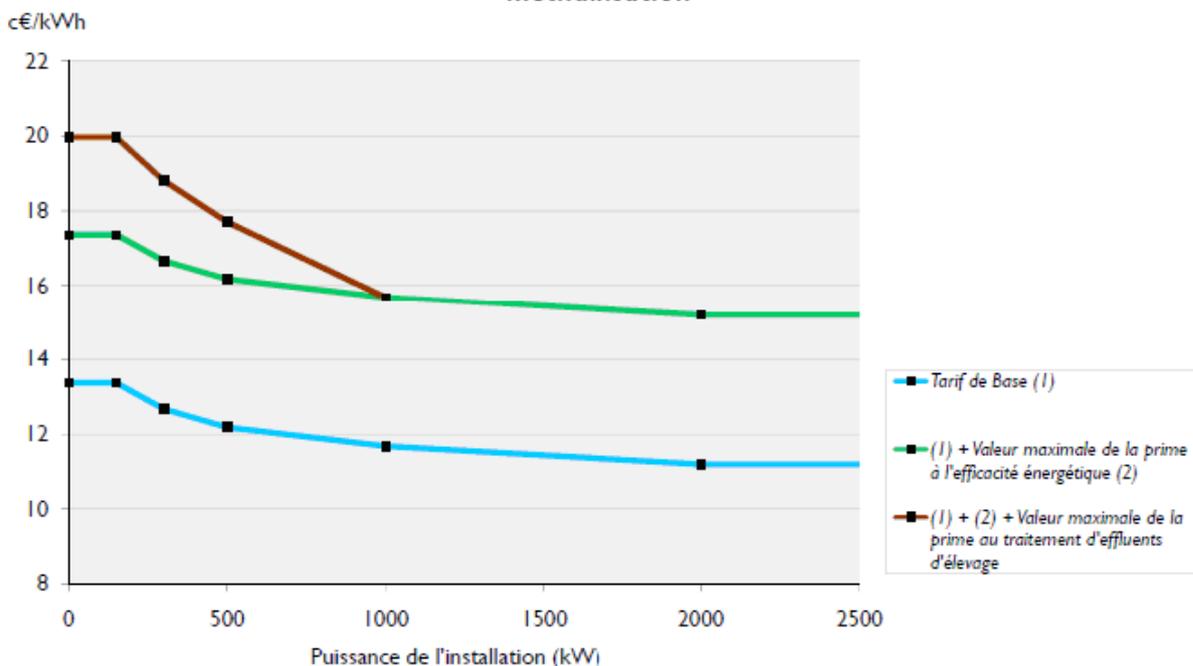
Figure 7 : Principe de la cogénération

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.

- **La 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 :

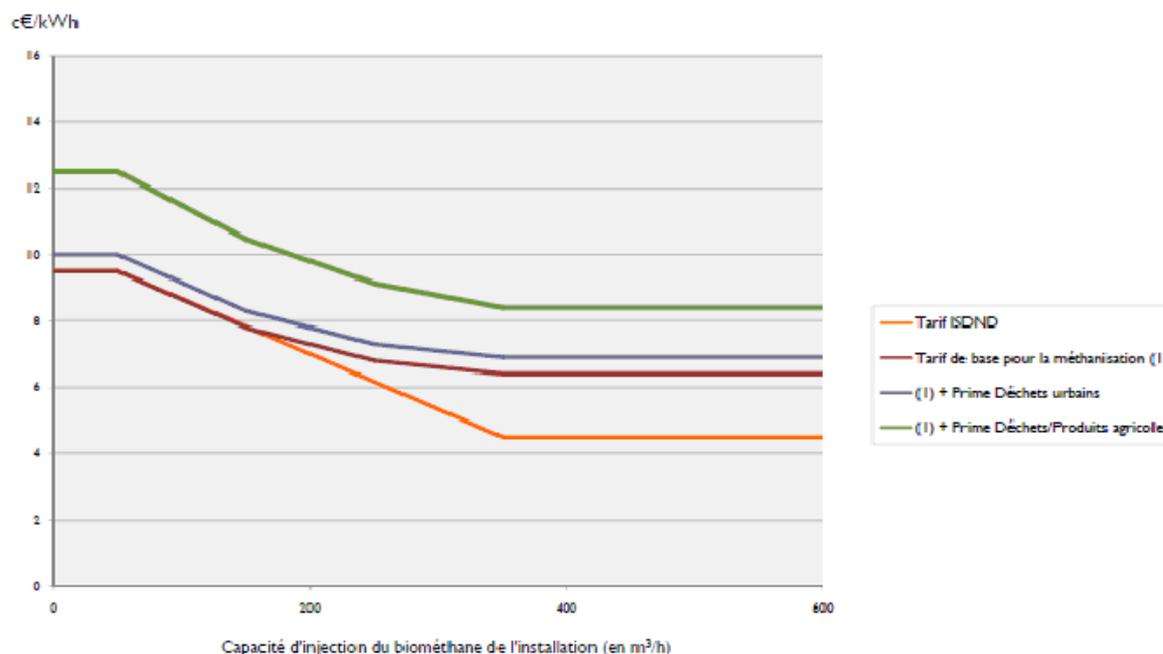
**Tarif d'obligation d'achat de l'électricité applicable aux unités de méthanisation**



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'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du logement (décret du 21/11/2011).

**Tarif d'achat applicable pour le biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel**



Source : Ministère de l'Ecologie, 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.

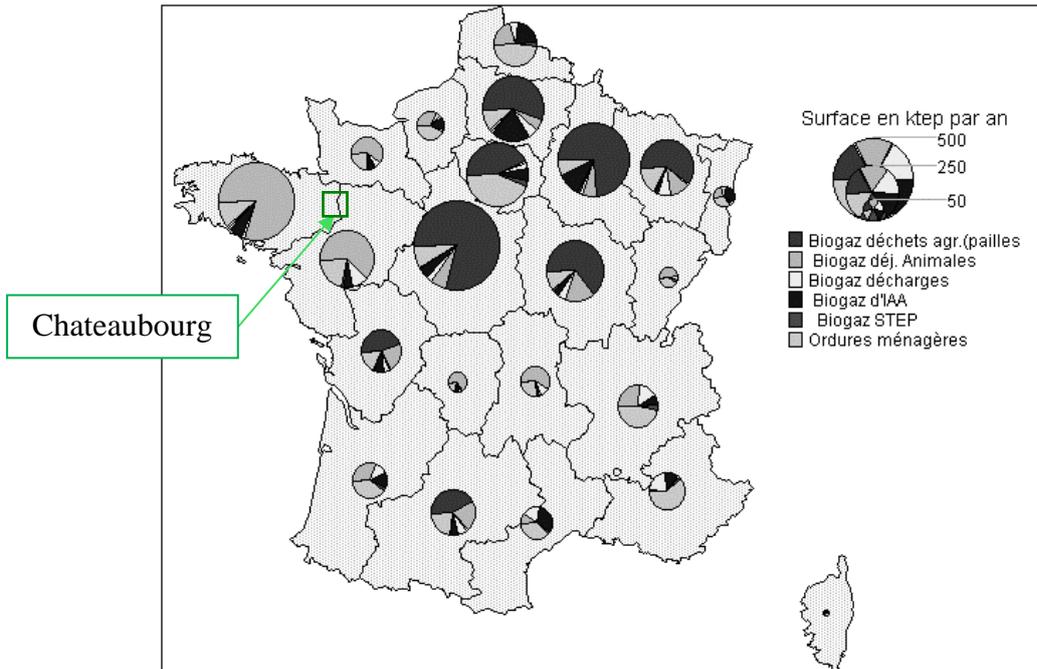
- **Potentiel :**

En France, le gisement global mobilisable d'ici 2030 pour la méthanisation a ainsi été évalué à 130 millions de tonnes de Matière Brute soit 56 TWh d'énergie primaire en production de biogaz. Il est composé à 90% de matières agricoles.

Ce gisement représente 30 % du gisement net disponible, le potentiel de production de biogaz à partir des ressources considérées dans cette étude s'élevant à 185 TWh.

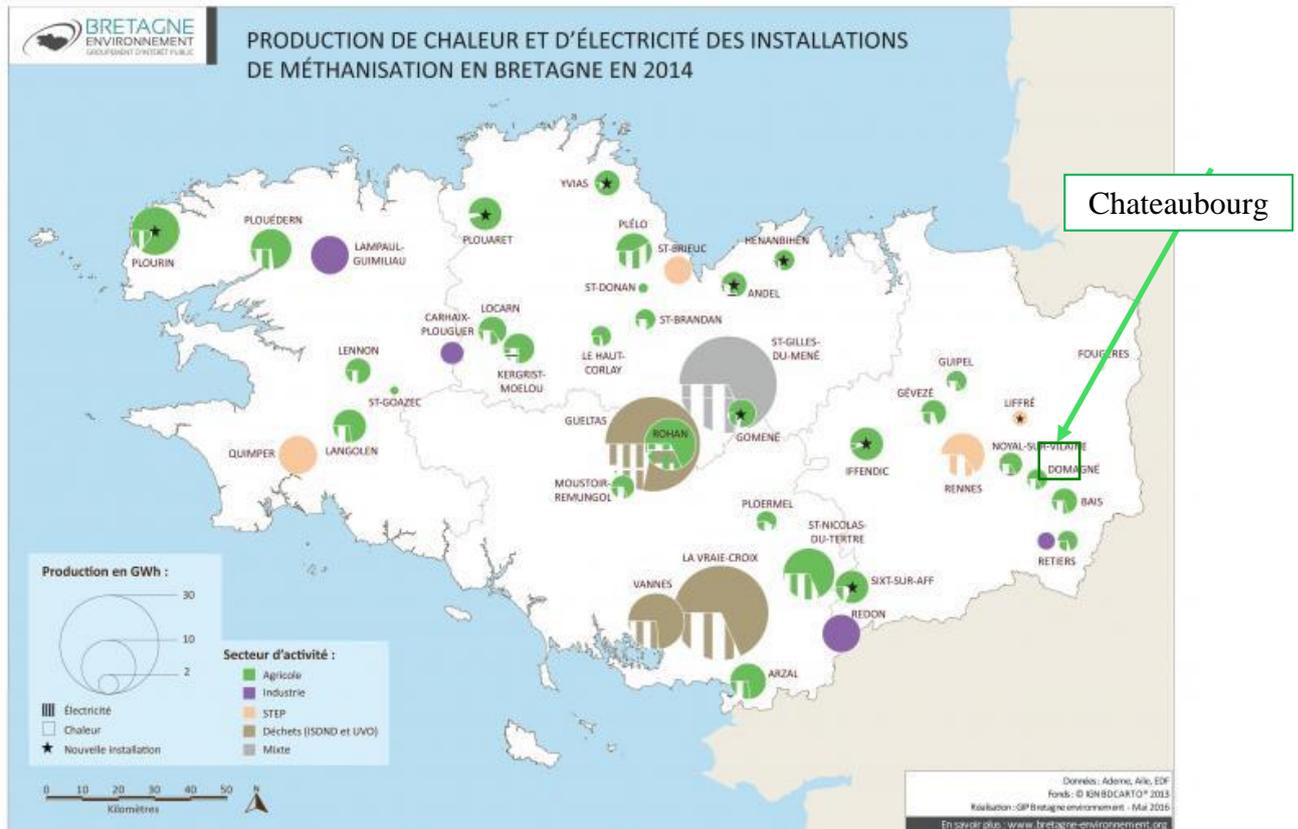
En intégrant des ressources comme l'herbe de fauche de bord de route, les prairies naturelles et les CIVE d'été (Culture Intermédiaire à Vocation Energétique qui se situe entre la récolte d'une culture principale et le semis de la suivante) et ce, dans certaines conditions d'évolution des pratiques agricoles et utilisations des terres, le gisement net disponible pourrait atteindre les 240 TWh et le gisement mobilisable dépasser les 70 TWh à l'horizon 2030.

**CREATION D'UNE ZAC MULTISITE A CHATEAUBOURG  
CHATEAUBOURG (35)**



**Ressources mobilisables de biogaz par filières (ktep par an) – Source : ADEME**

La Bretagne compte 43 installations qui produisent du biogaz :



**Carte des installations de valorisation du biogaz en Bretagne**

La région Bretagne, de par l'importance du secteur agricole et agro-alimentaire, possède un fort potentiel de développement d'unités de méthanisation. Le programme VALDIPRO, se déroulant sur 3 ans (2012-2015), est en cours pour faire le bilan des gisements de déchets méthanisables au niveau régional, afin de promouvoir le développement de cette filière.

**Bilan Energie - par département**

Données	22	29	35	56	Total
Nombre d'installations	9	6	10	8	<b>33</b>
Energie primaire du biogaz (tep)	4 716	2 352	2 721	8 330	<b>18 119</b>
Puissance électrique installée (kWe)	2 715	630	1 180	4 723	<b>9 248</b>
Production électrique (MWhe)	20 665	4 970	9 082	37 093	<b>71 810</b>
Puissance thermique installée (kWth)	3 771	2 652	2 428	5 596	<b>14 447</b>
Production de chaleur (MWth)	26 362	20 789	18 542	44 105	<b>109 798</b>
Production de chaleur valorisée (MWth)	20 093	5 629	4 613	19 299	<b>49 634</b>

*La puissance thermique installée (kWth) comptabilise les entités qui valorisent leur biogaz en cogénération et en chaudière.*

*La production de chaleur valorisée n'est pas connue pour l'ensemble des unités de valorisation du biogaz.*

**Bilan Substrats - par département**

Tonnage Effluents élevages	66 000	15 070	17 682	23 060	<b>121 812</b>
Tonnage matières végétales agricoles	5 396		4 540	11 520	<b>21 456</b>
Tonnage matières végétales non-agri.	4 100		3 105	3 210	<b>10 415</b>
Tonnages autres matières	79 452	41 575	70 955	65 590	<b>257 572</b>
<b>Sous total substrats</b>	<b>154 948</b>	<b>56 645</b>	<b>96 282</b>	<b>103 380</b>	<b>411 255</b>
Tonnage Effluents liquides		155 295	776 720		932 015

*Le bilan des substrats ne considère pas la recirculation éventuelle de matière dans l'unité de méthanisation.*

*Les effluents liquides sont des matières d'industries agro-alimentaires.*

Nom structure	Commune	Tonnage tot substrats et effluents liquides	Production biogaz (m3)	Valorisation principale énergie	Puissance élec installée en cogénération (kWe)	Puissance installée en chaudière (kWth)
Cargill	Redon	-	1 000 000	Chaudière		708
Ville de Fougères	Fougères	30 000	84 560	Chaudière		58
Lactalis	Retiers	776 720	310 250	Chaudière		213
SARL Méthavo Elevages	Domagné	3 800	354 050	Cogénération	100	
EARL Treflamm	Retiers	3 750	383 980	Cogénération	100	
Ville de Rennes Beaurade	Rennes	36 655	1 450 000	Cogénération	440	
EARL de Reims	Geveze	4 010	567 871	Cogénération	150	
EARL des Rosiers	Bais	7 310	569 328	Cogénération	150	
GAEC du Gué	Guipel	4 647	378 827	Cogénération	110	
GAEC Lamoureux	Noyal / Vilaine	6 110	482 307	Cogénération	130	

L'année 2015 a également été l'occasion de nombreux échanges avec des acteurs d'autres Pays Européens du secteur des fertilisants organiques et des digestats, dans le cadre du programme européen NWE Interreg IV BIOREFINE, afin de trouver des pistes de valorisation de ce résidu de production.

**Compte tenu de la volonté politique régionale de développement de la filière et au vu de l'évolution récente des tarifs de revente, il peut être intéressant d'étudier cette solution, conjointement avec les agriculteurs travaillant à proximité de Chateaubourg.**

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 et du développement 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.

#### 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  $\geq 60$  t/j, le projet est soumis à autorisation.
- Si la quantité de matières traitées est  $\geq 30$  t/j et  $< 60$  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-C « 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.

## F.5 Potentiel éolien

### F.5.1 Présentation

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, et capte la ressource éolienne plus facilement. Il existe deux types d'éolienne à axe vertical classées selon leurs caractéristiques aérodynamiques :

- Le modèle Darrieus constitué de deux ou trois pales en forme de C. Cette éolienne utilise l'effet de la portance
- Le modèle Savonius constitué 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 de 0 à 60 kW

### F.5.2 Echelle théorique d'exploitation

Exploitation à l'échelle des espaces publics : Ex : pour l'éclairage public  
Exploitation à l'échelle des bâtiments, également possible. Par exemple, pour les consommations liées aux parties communes des bâtiments de logements collectifs (éclairage des parties communes, etc...)

### F.5.3 Potentiel à des échelles différentes

#### *Potentiel départemental*

A l'échelle de la région Bretagne, l'Ille et Vilaine est le département doté du plus petit potentiel éolien, du fait de sa faible superficie en façade maritime. Il reste néanmoins un secteur venté disposant de potentialités de développement des installations éoliennes terrestres.

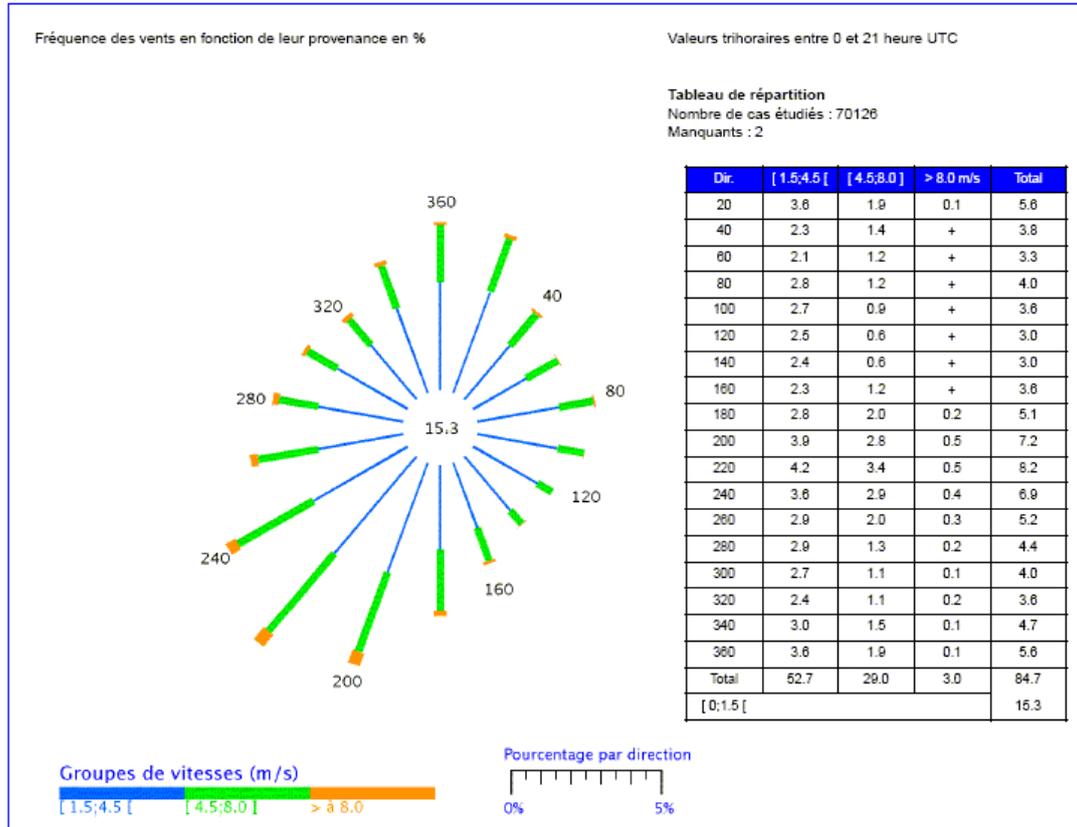
[Source : Site de la préfecture d'Ille et Vilaine : [http://www.ille-et-vilaine.pref.gouv.fr/sections/environnement/politiques\\_de\\_l\\_envi/charte\\_departemental/](http://www.ille-et-vilaine.pref.gouv.fr/sections/environnement/politiques_de_l_envi/charte_departemental/)]

La rose des vents ci-dessous est la représentation graphique des fréquences moyennes annuelles des directions du vent en pourcentage et par groupe de vitesses.



RENNES-ST JACQUES (35)

Indicatif : 35281001, alt : 36 m., lat : 48°04'12"N, lon : 01°43'36"W

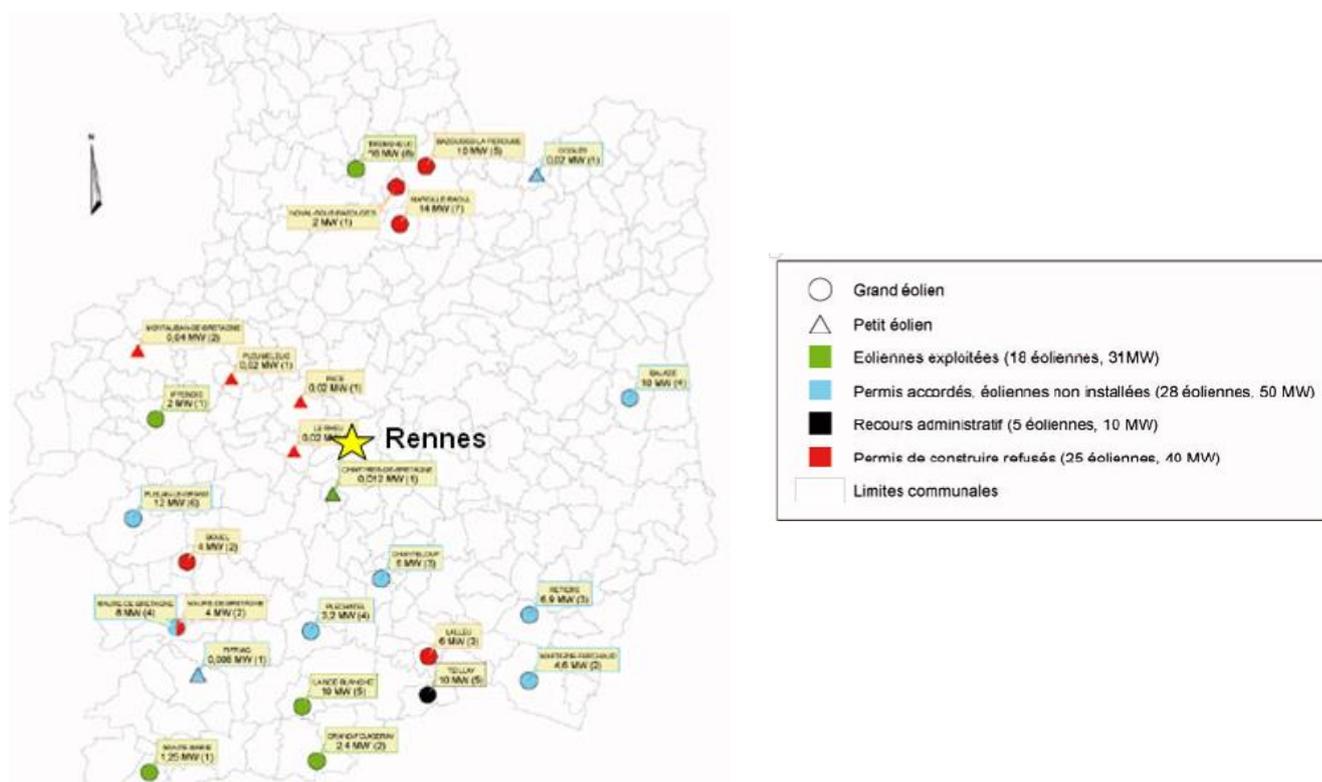


**Rose des vents de la station météorologique Rennes - St Jacques de la Lande**

Les vents, en moyenne annuelle, soufflent majoritairement en provenance du secteur SSO (à hauteur de près de 25%), et dans une moindre mesure en provenance du nord (pour 10% d'entre eux).

- 52,7% des vents circulent en moyenne à une vitesse comprise entre 1,5 à 4,5 m/s (soit de 5,4 km/h à 16,2 km/h), soit un potentiel éolien qualifié de faible
- 29% entre 4,5 et 8 m/s (soit de 16,2 km/h à 28,8 km/h), soit un potentiel éolien qualifié de favorable
- enfin le vent circule à une vitesse supérieure à 8 m/s dans 3% des cas, soit une vitesse des vents qui provoque l'arrêt des systèmes afin d'éviter toute détérioration.
- 15% du temps, les vitesses de vents sont presque nulles, < à 1,5m/s

Plusieurs éoliennes sont implantées dans le département d'Ille et Vilaine. La carte ci-après localise les différents projets d'installation d'éoliennes.



### Situation de l'éolien dans le département d'Ille et Vilaine

[Source : Conseil Général D'Ille et Vilaine carte téléchargeable sur le site <http://www.ille-et-vilaine.fr/actions/environnement-ille-et-vilaine/energie-eolienne-ille-et-vilaine.html#carte-de-l-olien-en-ille-et-vilaine-1222252039863>]

#### F.5.4 Servitude liées au site

Le développement des parcs éoliens est aujourd'hui encadré par des schémas locaux de développement éolien. Celui de Bretagne a été annulé par la justice a-t-on appris en Octobre 2016.

De ce fait, 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 d'éolienne de grande puissance (supérieur à 1 MW) devient dès lors très peu rentable.

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



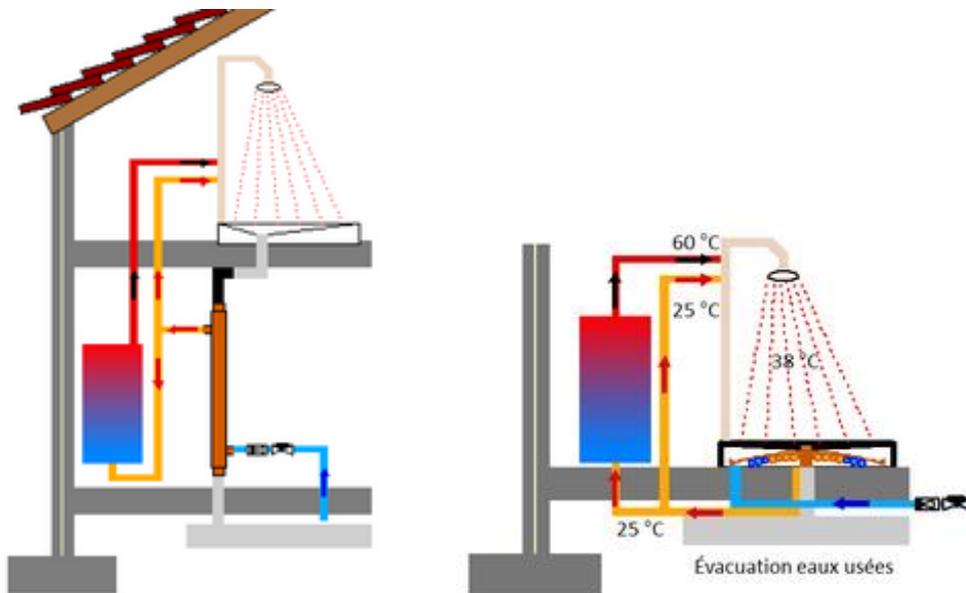
## F.6 Potentiel de récupération d'énergies sur les eaux usées

### F.6.1 Récupération passive avec échangeur de chaleur

- **Présentation :**

La source de calorie est constituée par les eaux usées des réseaux gravitaires. Un échangeur calorifique de type 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 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 serpentin	Tubulaire vertical droit	Tubulaire horizontal à serpentin
<b>Direction des flux</b>	croisés/ opposés	opposés	opposés	croisés/ opposés
<b>Efficacité instantanée (%)</b>	40 – 65%	30 – 70%	45 – 65%	40 – 50%
<b>Récupération directe, simultanéité flux Eau Froide Sanitaire (EFS)/ Eau Grises (EG)</b>	1 échangeur par douche ou 2 douches	<u>Individuel</u> : 1 échangeur par logement collectif <u>Collectif</u> : échangeur en parallèle à l'arrivée en EFS dans le bâtiment	<u>Individuel</u> : 1 échangeur par logement collectif <u>Collectif</u> : échangeur en parallèle à l'arrivée en EFS dans le bâtiment	1 échangeur par douche

- **Echelle théorique d'exploitation :**

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

- **Potentiel :**

En secteur résidentiel, comme c'est le cas sur le futur aménagement de la ZAC prévue à Chateaubourg, 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 supérieur à 40%
- destinent l'Eau Froide Sanitaire préchauffée après échangeur, à l'alimentation à la fois de la génération et directement des points de puisages (robinets thermostatiques)

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

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

Les installations devront être conformes au règlement sanitaire en vigueur

## F.6.2 Génération active avec pompe à chaleur

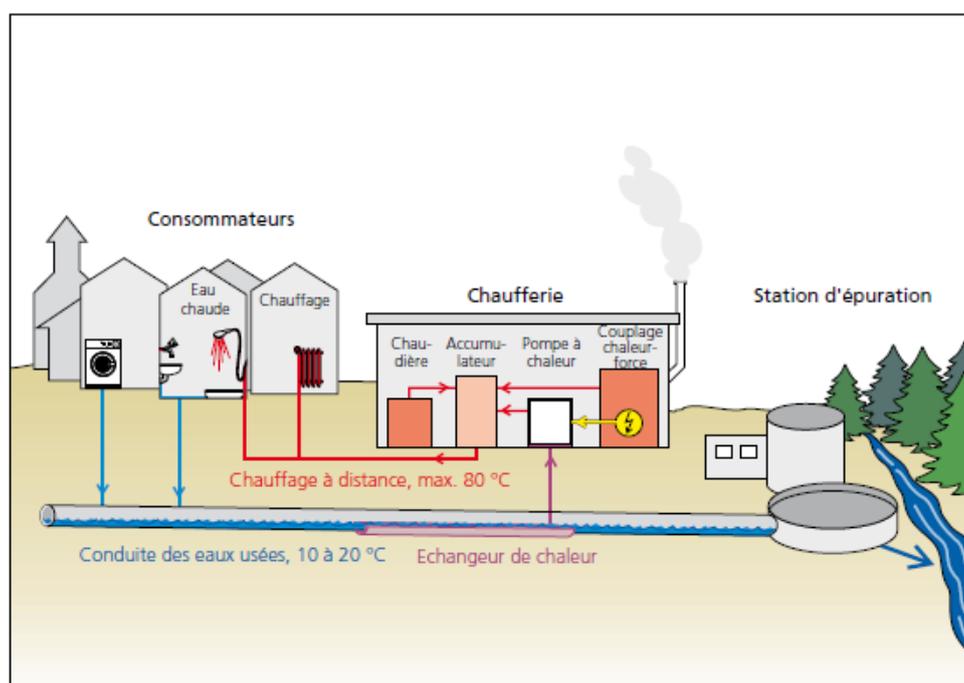
- **Présentation :**

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). Ce système a l'avantage de pouvoir se situer proche des preneurs de chaleur. Couplé à une chaudière et une pompe à chaleur, un tel dispositif permet éventuellement d'alimenter un chauffage à distance.

La récupération est donc indirecte avec déphasage possible des flux d'eau Froide Sanitaire et des eaux grises.

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) avec son circuit primaire,
- les émetteurs de chaleur (planchers chauffants basse température, ventilo-convecteurs, distribution de chaleur bitube ou monotube...).



- **Echelle théorique d'exploitation :**

Exploitation à l'échelle de la ZAC 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

Dans les collecteurs	dans les STEP	dans les stations de relevage	au pied des bâtiments
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentiel de puissance entre 10 kW et 1 MW</li> <li>• S'installe dans le réseau public</li> <li>• Nécessite d'avoir de longues conduites droites et un gros diamètre</li> <li>• Doit vérifier les effets sur le fonctionnement du process de la STEP (abaissement de la T°)</li> <li>• Proximité des preneurs de chaleur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentiel de puissance jusqu'à 20 MW</li> <li>• Pas de problème de refroidissement</li> <li>• Risque d'être éloigné des preneurs de chaleur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentiel de puissance jusqu'à 2 MW</li> <li>• Solution indépendante de la taille du collecteur</li> <li>• Système encore nouveau avec peu de retour d'expérience</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potentiel de puissance entre 50 kW et 300 kW</li> <li>• Solution simple pour l'eau chaude sanitaire, mais qui ne convient pas pour un chauffage à distance</li> <li>• Solution individuelle, pour les bâtiments de taille significative (hôtel, hôpital, piscine, industrie)</li> </ul>

• **Potentiel :**

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 multi-site à vocation essentielle de logements, permet d'avoir un débit suffisant pour envisager une récupération de chaleur des eaux usées. Une analyse précise du potentiel serait à vérifier sur chaque site :

- Par rapport à la longueur du réseau entraînant des pertes sur les sites des Noës et des Petites Bonnes Maisons ;
- Par rapport aux plus petit nombre de logements sur le site de la gendarmerie.

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 (limitée à 1 °C)

### F.6.3 Synthèse potentiel de récupération de chaleur

**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 rendent ce type de solutions très concurrentielles.

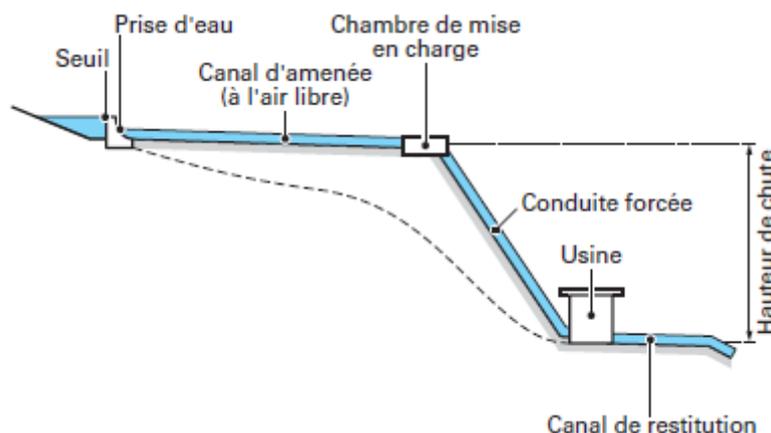
#### **POTENTIEL RECUPERATION ACTIVE**

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 peut être légèrement limité 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.

## F.7 Potentiel hydraulique

### F.7.1 Présentation : principe de fonctionnement

Le principe de l'hydroélectricité est de transformer l'énergie mécanique d'un écoulement d'eau en électricité par l'intermédiaire d'une turbine.



*Source : Techniques de l'ingénieur*

Un aménagement hydroélectrique comprend :

- une prise d'eau en rivière ou dans une retenue ;
- des ouvrages d'amenée ;
- une turbine de production
- type Pelton ( $P < 1$  kW à 15 MW),
- type Banki-Mitchell, Francis ou Kaplan ( $100$  kW  $< P < 15$  MW)
- une restitution au cours d'eau ;
- une ligne d'évacuation d'énergie ;
- des accès au site.

### F.7.2 Echelle théorique d'exploitation

L'échelle de la ZAC est en adéquation avec ce type de système.

### F.7.3 Potentiel

La mise en place d'un aménagement hydraulique n'est pas envisageable étant donné la faible hauteur de chute nette et le faible débit des rivières (la Vilaine) et ruisseaux (ruisseau de la vallée) du réseau hydrographique local.

Ce type d'installation n'est pas adapté étant donné l'hydrographie locale (faible hauteur de chute et faible débit).

Des équipements de type mini-production hydraulique équipée d'une centrale de production électrique peuvent être envisagés sur la ZAC. Le but du système est de stocker une partie de l'électricité produite par une énergie renouvelable (photovoltaïque, cogénération, mini-éolien) par un système de bassins et de transferts d'eau :

- mécanique dans un sens (pompe de relevage), utilisant l'électricité produite pour amener des eaux de pluies dans un bassin situé en point haut
- gravitaire dans l'autre sens où le but est de récupérer l'énergie cinétique liée à la chute de l'eau dans un bassin situé en point bas, via une mini-centrale de production hydraulique

Ce système permet un déphasage entre la production et la consommation d'énergie renouvelable et pourrait alimenter l'éclairage public ou les différents usages concentrés dans les parties communes des bâtiments de logements collectifs.

## F.8 Potentiel de cogénération

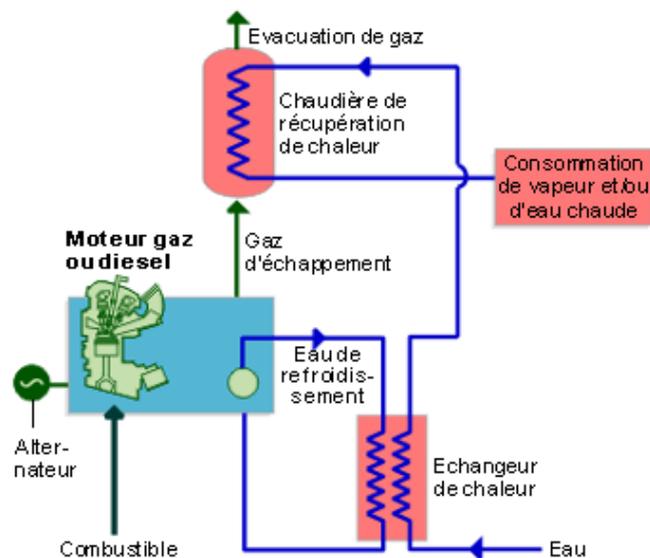
### F.8.1 Présentation : principe de fonctionnement

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

### F.8.2 Echelle théorique d'exploitation

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

### F.8.3 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 CO<sub>2</sub>.

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 auto-consommée, 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.

Le système doit être dimensionné à la fois sur la production de chaleur que sur la production d'électricité avec les choix de revendre toute l'électricité, de l'auto-consommer avec réinjection du surplus (gratuitement ou vendue)

La cogénération permet donc une meilleure rentabilité des énergies fossiles, mais ne les remplacent pas (à moins d'une solution à base de biocarburant). 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.

La cogénération permet de répondre à une demande de chaleur et d'électricité. Il existe différentes technologies qui permettent de répondre à une demande de petites puissances ( petits collectifs) ou de plus grosse puissance ( groupe de bâtiments / ZAC).

Le coût global de ces installations qui commencent à se généraliser sur le marché des énergies renouvelables reste encore élevé et nécessite une étude technico-économique.

## F.9 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	Non	Les températures et les débits d'eau mis en jeu sont trop faibles
Géothermie basse énergie	Oui	Déconseillé sur la ZAC
PAC à absorption Gaz	Non	Les températures et les débits d'eau mis en jeu sont trop faibles
Solaire thermique	Non	Il existe des installations couplant le bois au solaire mais cela reste du domaine de l'expérimentation
<b>Bois énergie</b>	<b>Oui</b>	<b>Potentiel réel mais implique un phasage rigoureux et une estimation des besoins précise</b>
<b>Méthanisation</b>	<b>Oui</b>	<b>Nécessité d'études complémentaires sur le gisement de déchets potentiellement utilisables et remarque identique que pour le bois énergie</b>
Eolien	Non	/
<b>Récupération d'énergie sur les eaux usées</b>	<b>Oui</b>	<b>Nécessité d'études complémentaires sur les réseaux futurs de la ZAC</b>
Hydraulique	Non	/
Cogénération	Non	Le dimensionnement doit prendre en compte les besoins de chaleur et d'électricité stables dans le temps.

La pertinence de faisabilité d'un approvisionnement en énergie d'une ZAC 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 : Place des réseaux dans les nouveaux quartiers, CETE de l'Ouest, 2012) :

- 1 000/ 1500 kWh/ml de réseau et par an en milieu rural.
- 3 000/ 6000 kWh/ml de réseau et par an en milieu urbain pour les réseaux récents
- > 8 000 kWh/ml de réseau et par an en milieu urbain (réseaux existants)

Les zones proches de « gros consommateurs » seront susceptibles d'être plus adaptées à un réseau de chaleur et donc à une chaufferie centralisée que les zones peu consommatrices et diffuses.

La densité des sites des Noës et des petites bonnes maisons ne justifie pas la mise en place d'un réseau de chaleurs.

Pour le secteur « gendarmerie », la solution de mise en œuvre d'un réseau de chaleur plus petit en taille et en puissance à l'échelle de plusieurs bâtiments présente l'avantage de répondre aux contraintes de :

- densités énergétiques avec des solutions décentralisées au plus proche des bâtiments
- phasage, puisque chaque phase pourrait bénéficier de son propre réseau de chaleur correctement dimensionné pour répondre aux besoins.

	Energie	Chauffage	Rafraîchissement	ECS	Eclairage auxiliaires	Taux de couverture	Potentiel	Echelle d'exploitation	Exploitabilité au regard du projet	Solution préconisée	Etudes à mener	
		Usages concernés										
Energies traditionnelles	Gaz	x		x		100% des besoins	Fort	Bâtiment, ZAC ou plusieurs ZAC via réseau ou réseau de chaleur	Envisageable	Conseillée en appoint d'une EnR	/	
	Electricité	x		x	x	100% des besoins	Fort	Bâtiment, éclairage public, recharge véhicules électriques	Envisageable	Déconseillée pour certains postes (chauffage et ECS), excepté en appoint	/	
Energies renouvelables	Géothermie très basse énergie <i>Solution n°1: Parc individuel ou groupé sur eau de nappe</i>	x	x	x		A déterminer	Faible	Bâtiment	Non envisageable compte tenu des surfaces de bâtiment mises en jeu	Déconseillée au vu des données du BRGM et des études hydrogéologiques	/	
	Géothermie très basse énergie <i>Solution n°2: PAC sur sol</i>	x	x	x		A déterminer	Bon	Bâtiment	Envisageable pour des capteurs verticaux	Conseillée, mais retour sur investissement à calculer	Etudes de sol et faisabilité technico-économique	
	Géothermie basse énergie	x	x	x		A déterminer	Très faible	ZAC via réseau de chaleur	Envisageable	Déconseillée aux vues des données du BRGM	Etudes hydrogéologiques et faisabilité technico-économique	
	PAC à absorption gaz	x	x	x		100% des besoins	Fort	Bâtiment ou groupes de bâtiment	Envisageable	Conseillée, de préférence sur géothermie ou eaux usées	Etude de faisabilité technico-économique	
	Solaire	Passif bioclimatique	x				> 60% des besoins de chauffage si enveloppe à isolation renforcée	Fort	Bâtiment	Envisageable	Conseillée en combinaison avec un appoint de chauffage de faible puissance	Etude d'ombres portées Cahier des charges d'aménagement strict (niveau passif, obligation d'orientation)
		Thermique - Chauffage direct	x				En appoint (30% des besoins)	Bon	Bâtiment	Envisageable	Conseillée en combinaison avec la mise en œuvre de panneaux photovoltaïques	Etude de faisabilité technico-économique
		Thermique - ECS			x		En appoint: 60% des besoins	Bon	Bâtiment	Envisageable	Conseillée	/
		Photovoltaïque				x	A déterminer selon surface	Bon	Bâtiment et éclairage public (si stockage)	Envisageable	Conseillée, en complément d'autres EnR pour l'ECS et le chauffage	Etude de faisabilité technico-économique
	Biomasse <i>Bois énergie Par bâtiment</i>	x		x		80 à 90% des besoins hivernaux	Bon	Bâtiment	Envisageable	Conseillé sur les logements individuels - Problématique de place et de rotation de camion rend plus complexe une solution collective	Etude de faisabilité technico-économique pour les solution collective	
	Biomasse <i>Bois énergie Sur la ZAC</i>	x		x	x si cogénération	80 à 90% des besoins hivernaux	Bon	ZAC via réseau de chaleur	Envisageable mais garantie d'approvisionnement à sécuriser en amont aux vues du gisement actuel en Bretagne	Conseillé mais la faible densité du projet peut être un frein Nécessite un phasage rigoureux	Etude de faisabilité technico-économique et connaissance précise des besoins et ressources	
	Biomasse <i>Bois énergie Sur plusieurs ZAC</i>	x		x		80 à 90% des besoins hivernaux	Bon	Plusieurs ZAC via réseau de chaleur	Envisageable mais garantie d'approvisionnement à sécuriser en amont aux vues du gisement actuel en Bretagne			
	Méthanisation / biogaz	x		x		A déterminer	A déterminer	Plusieurs ZAC via réseau de chaleur, ou directement injecté dans le réseau gaz	Envisageable, mais pas de producteur à proximité.			
	Hydraulique				x		Nul	Nul	Quartier	Non envisageable	Déconseillée	/
Mini-éolien				x		A déterminer selon puissance	A déterminer	Parties communes des bâtiments et éclairage public	Envisageable mais étude des vents en milieu urbain à effectuer	Conseillé, mais retour sur investissement faible	Etude de faisabilité technico-économique	
Eolien				x		A déterminer	Moyen	Bâtiment et éclairage public	Envisageable	Déconseillée	/	
Eaux usées systèmes passifs				x		A déterminer	Bon	Logements ou bâtiments	Envisageable	Conseillée	Etude de faisabilité technico-économique	
Eaux usées réseau de chaleur	x	x	x			A déterminer	A déterminer	ZAC via réseau de chaleur	Envisageable pour une ZAC, gisement à valider	Conseillé	Etude de faisabilité technico-économique	

## **G Synthèse des aides et subventions envisageables**

Au regard du projet de la ZAC multi-site de Chateaubourg, les aides issues du Fonds Chaleur peuvent être envisagées en fonction de l'importance des systèmes mis en œuvre.

En complément, la région Bretagne souhaite aider les collectivités bretonnes à aller plus loin dans leurs projets d'urbanisme durable, respectueux de l'environnement et de la qualité de vie et a mis en place un dispositif Eco-Faur<sup>2</sup>.

### **G.1 Fonds chaleur**

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 Energies renouvelables. Les taux d'aides mis à jour le 25/05/2016 sont les suivants :

	Type d'énergie	Conditions d'éligibilité	Montant de l'aide Indicatif (1 tep = 11,63 MWh)										
PRODUCTION	Bois énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production minimum : 100 tep d'énergie biomasse en sortie chaudière</li> <li>- Exigences environnementales : valeurs maximales d'émission de poussières en fonction de la production thermique et de la puissance de l'installation</li> <li>- Les bois autorisés sont : les plaquettes forestières, produits connexes des industries du Bois, produit en fin de vie, déchets du bois traités et souillés.</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>tep/an biomasse en sortie chaudière</th> <th>Aides maxi en €/tep.an (pdt20 ans)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 à 250</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>251 à 500</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>501 à 1 000</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>&gt;1000*</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table> <p>L'aide maximum de la production s'effectue par l'addition des tranches correspondantes au projet * les installations industrielles supérieures à 1000 tep/an sont éligibles au BCIAT</p>	tep/an biomasse en sortie chaudière	Aides maxi en €/tep.an (pdt20 ans)	0 à 250	95	251 à 500	68	501 à 1 000	33	>1000*	16
	tep/an biomasse en sortie chaudière	Aides maxi en €/tep.an (pdt20 ans)											
0 à 250	95												
251 à 500	68												
501 à 1 000	33												
>1000*	16												
Solaire thermique collectif	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exclusivement ECS</li> <li>- Nouvelles installations solaires thermiques pour bâtiments neufs (sauf si l'installation est nécessaire au respect de la RT2012) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface de capteurs solaires &gt; 25 m<sup>2</sup> utiles à l'échelle du projet</li> </ul> </li> <li>- Surface de capteurs solaires &gt; 15 m<sup>2</sup> pour chacune des installations du projet</li> <li>- Production solaire utile &gt; 350 kWh utile / (m<sup>2</sup>.an) [350 kWh utile / (m<sup>2</sup>.an) visés] <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépenses éligibles &lt; 1 100€/HT/m<sup>2</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capteurs solaires certifiés</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Le projet doit respecter la RT en vigueur</li> <li>- Instrumentation pour le suivi de la production, suivi des performances et contrat d'entretien maintenance.</li> </ul> <p><b>Projets non éligibles :</b> Systèmes constitués de PAC couplées à des capteurs solaires thermiques et les installations pouvant bénéficier du crédit d'impôt.</p>	650 € / (tep.an) (20ans) solaire utile produite annuellement pour le logement collectif											

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"> <li>- de 0 à 40 % des dépenses éligibles sans PAC plafonné à 1 600 €/tep EnR.</li> <li>- de 0 à 60% des dépenses éligibles avec PAC plafonné à 3 300 €/tep EnR.</li> </ul> <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><b>PAC sur eau de nappe et eau de mer :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ECS et chauffage</li> <li>- Production &gt; 6 tep EnR/an</li> <li>- Nb heures de fonctionnement &gt; 1000h/an</li> <li>- Réinjection du fluide géothermal extrait dans l'aquifère d'origine             <ul style="list-style-type: none"> <li>- COP machine &gt; 4 (élec)</li> <li>- COP machine &gt; 1.55 (gaz)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>PAC sur champs de sonde :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Production &gt; 2 tep EnR/an</li> <li>- Nb heures de fonctionnement &gt; 1000h/an</li> <li>- Réalisation d'un test de <b>mesure des propriétés thermiques du terrain</b> pour les longueurs de sondes cumulées &gt; 1000m             <ul style="list-style-type: none"> <li>- COP machine &gt; 3,7 (élec)</li> <li>- COP machine &gt; 1.43 (gaz)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>PAC sur réseaux d'eaux usées :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Production &gt; 10 tep EnR/an</li> <li>- Nb heures de fonctionnement &gt; 1000h/an             <ul style="list-style-type: none"> <li>- COP machine &gt; 4 (élec)</li> <li>- COP machine &gt; 1.55 (gaz)</li> </ul> </li> </ul> <p>Mise en place d'un monitoring pour les 3 modes.</p> <p>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> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Aide en €/tep EnR/an (sur 20 ans)</th> <th>Aide forfaitaire</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PAC eau de nappe</td> <td>110€/tep EnR + 200 €/ml de puits forés</td> <td>110 000€ + 200€/ml de puits forés ( à partir de 50tep EnR/an )</td> </tr> <tr> <td>PAC eau de mer</td> <td>110</td> <td>220 000€ ( à partir de 100tep EnR/an )</td> </tr> <tr> <td>PAC eaux usées</td> <td>220</td> <td>440 000€ ( à partir de 100tep EnR/an )</td> </tr> <tr> <td>PAC champ de sondes</td> <td>440</td> <td>220 000€ ( à partir de 25tep EnR/an )</td> </tr> </tbody> </table>		Aide en €/tep EnR/an (sur 20 ans)	Aide forfaitaire	PAC eau de nappe	110€/tep EnR + 200 €/ml de puits forés	110 000€ + 200€/ml de puits forés ( à partir de 50tep EnR/an )	PAC eau de mer	110	220 000€ ( à partir de 100tep EnR/an )	PAC eaux usées	220	440 000€ ( à partir de 100tep EnR/an )	PAC champ de sondes	440	220 000€ ( à partir de 25tep EnR/an )
		Aide en €/tep EnR/an (sur 20 ans)	Aide forfaitaire															
PAC eau de nappe	110€/tep EnR + 200 €/ml de puits forés	110 000€ + 200€/ml de puits forés ( à partir de 50tep EnR/an )																
PAC eau de mer	110	220 000€ ( à partir de 100tep EnR/an )																
PAC eaux usées	220	440 000€ ( à partir de 100tep EnR/an )																
PAC champ de sondes	440	220 000€ ( à partir de 25tep EnR/an )																
Méthanisation / biogaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concerne les projets de valorisation de biogaz d'une production énergétique minimum de 100 tep/an :</li> <li>- de chaleur sortie cogénération (si rendement de l'installation &gt; 55%)</li> <li>- de chaleur sortie chaudière + injection (si rendement de l'installation &gt; 80%)</li> <li>- Fonctionnement minimum de la cogénération de 6550 h /an</li> </ul>	<p>Les projets, dont l'aide (fonds chaleur + fonds déchets) est supérieure ou égale à 1 M€ seront soumis à la CNA Déchet-sols –production et consommation durables</p> <p>Le fond chaleur et le fond déchet peuvent être mobilisés conjointement.</p>																

**CREATION D'UNE ZAC MULTISITE A CHATEAUBOURG  
CHATEAUBOURG (35)**

DISTRIBUTION	Réseaux de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longueur du réseau &gt; 200 ml</li> <li>- Densité thermique du réseau &gt; 1,5 MWh / ml.an (si moins, aide plafonnée à 1 000 €/tep EnR&amp;R)</li> <li>- La température de départ devra être de 60°C maximum en cas de création</li> <li>- 50% minimum d'EnR sur le réseau</li> <li>- non cumul des CEE et du Fonds Chaleur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- plafonnée à 50 €/tep EnR&amp;R transportée par an (sur une durée de vie de 20 ans)</li> <li>- aide forfaitaire (70% d'un plafond de dépense par section de réseau)</li> </ul>
--------------	--------------------	---	--

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

## G.2 Le plan bois énergie

Le plan bois énergie Bretagne est issu d'un partenariat entre l'Ademe, le Conseil régional et les quatre départements bretons mis en place dès 1995. Le programme a été reconduit pour la quatrième fois en 2015, pour la période 2015-2020. Il permet d'aider les projets de puissance inférieure à 100tep qui sont en dessous du seuil du fond chaleur décrit plus haut.

### Les objectifs :

- Poursuite des engagements des partenaires du Plan Bois Energie pour permettre un développement harmonieux et fiable de la filière bois grâce à :
  - la structuration régionale de l'offre de bois d'origine bretonne permettant un approvisionnement fiable, issu du secteur industriel ou de plates-formes locales
  - la réalisation de chaufferies bois dans des bâtiments où la technologie de chauffage automatique à bois déchiqueté est parfaitement adapté (projets les plus denses).
- Objectif + 200 000 t/an d'ici 2020 pour passer à 2% de la consommation d'énergie finale.

### Montant de l'aide :

- **Un dispositif régional spécifique pour les chaufferies < 100 tep**  
(minimum de 5 tep)

Aide totale = aide à la production de chaleur bois (1) + aide au réseau de chaleur (2)

(1) aide maximale à la production de chaleur

Production annuelle (tep/an)	Agriculture*	Industrie , artisanat, bailleur privé	Collectivité , privé conventionné, tertiaire	Logement social
5 à 10	Forfait 11 000 €	1100	2200	3300
11 à 100	1100			

(\*) aides au secteur agricole sont plafonnées à 40% de l'investissement

(2) aide au réseau de chaleur : 50% du montant d'investissement dans le réseau

### Les conditions :

Cette aide est allouée à condition que le bois provienne de l'exploitation durable des forêts, du grand-Ouest et qu'il soit non pollué.

Ce financement est mobilisable pour la réalisation :

- d'études de faisabilité (projet de chaufferie, de plate-forme d'approvisionnement),
- d'investissements nécessaires aux structures d'approvisionnement,
- d'investissements en chaufferies, y compris les réseaux de chaleur.

### G.3 La 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 ». Cette garantie s'adresse à des projets faisant appel à une ressource d'une **profondeur de moins de 100 m** et utilisant une **pompe à chaleur de plus de 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 (10 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.

### G.4 Le dispositif Eco-Faur<sup>2</sup> n'est plus délivré

Avec le dispositif Eco-FAUR, la Région Bretagne souhaitait aider les collectivités bretonnes à aller plus loin dans leurs projets d'urbanisme durable, respectueux de l'environnement et de la qualité de vie. Aussi, par cet appel à projets (2 sessions par an : Juin et Octobre), le Conseil régional promouvait la réalisation d'études et de travaux d'aménagements et d'équipements publics pensés dans une logique à la fois globale et locale.

Le dispositif s'adressait aux communautés de communes ainsi qu'aux communes de moins de 25 000 habitants.

**Depuis 2015, le dispositif Eco-FAUR<sup>2</sup> n'existe plus.**

### G.5 Les certificats d'économie d'énergie

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE), créé en 2005 par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique, constitue l'un des principaux instruments de la politique de maîtrise de la demande énergétique.

Pour une collectivité, ce mécanisme s'avère être un levier financier potentiel supplémentaire au service de leurs projets de maîtrise de l'énergie. En effet, du fait de ce dispositif, les fournisseurs d'énergie sont susceptibles de soutenir financièrement les maîtres d'ouvrage.

Le dispositif repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie appelés les « obligés » (électricité, gaz, GPL, chaleur et froid, fioul domestique et carburants pour automobiles). Ceux-ci sont ainsi incités à promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès des consommateurs d'énergie : ménages, collectivités territoriales ou professionnels.

Un objectif pluriannuel est défini et réparti entre les opérateurs en fonction de leurs volumes de ventes. En fin de période, ces obligés doivent justifier de l'accomplissement de leurs obligations par la détention d'un montant de CEE équivalent à ces obligations.

Les certificats sont obtenus à la suite d'actions entreprises en propre par les opérateurs, par l'achat de CEE auprès d'autres acteurs ayant mené des opérations d'économies d'énergie, ou à travers des contributions financières à des programmes d'accompagnement.

**Le dispositif est entré dans sa 3ème période le 1er janvier 2015 pour une durée de 3 ans. L'obligation globale imposée aux vendeurs d'énergie équivaut à 700 TWh cumac sur la période 2015-2017.**

Ce dispositif permettait d'accompagner le raccordement des bâtiments existants au projet de réseau de chaleur sur les ZAC.

Les CEE et aides à l'investissement de l'ADEME (telles que le fond chaleur) ne sont pas cumulables.

## H Bibliographie :

Principaux sites consultés :

PCET du pays de Vitré : <http://www.vitrecommunaute.org>

Syndicat départemental d'énergie d'Ille et Vilaine : <http://www.sde35.fr/actualites.aspx>

Ressources du sous-sol : <http://infoterre.brgm.fr/> - <http://www.geothermie-perspectives.fr>

Dispositifs d'aides économiques :

<http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/cee-dispositif-2015-2017-collectivites-8429.pdf>