



## **Aménagement d'une zone d'activité économique sur la commune de Romilly-sur-Andelle (27)**



### **Compléments relatifs au bioclimatisme et aux énergies renouvelables**

**Mars 2020**



# SOMMAIRE

<b>1. LES POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES EN TERMES D'ENERGIE ET DE CLIMAT .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 - Schéma régional climat air énergie – SRCAE.....</b>	<b>6</b>
1.1.1 - CONSOMMATION ENERGETIQUE.....	6
1.1.2 - LES ORIENTATIONS DU SRCAE DE HAUTE-NORMANDIE .....	8
1.1.3 - LES OBJECTIFS DU SRCAE DE HAUTE-NORMANDIE.....	11
<b>1.2 - Plan climat énergie territorial du département de l'eure .....</b>	<b>11</b>
1.2.1 - LES PLAN CLIMAT ENERGIE TERRITORIAL.....	11
1.2.2 - LE BILAN CARBONE DU DEPARTEMENT DE L'EURE.....	12
1.2.3 - LE PLAN D'ACTION DU PCET DU DEPARTEMENT DE L'EURE.....	13
<b>2. LES SOURCES D'ENERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 - Les énergies fossiles .....</b>	<b>15</b>
2.1.1 - L'ELECTRICITE .....	15
2.1.2 - LE GAZ NATUREL .....	15
2.1.3 - LE FIOUL.....	15
2.1.4 - LE GAZ PROPANE EN BOUTEILLE OU EN CITERNE.....	15
<b>2.2 - Les énergies renouvelables.....</b>	<b>15</b>
2.2.1 - L'ENERGIE EOLIENNE (PRODUCTION D'ELECTRICITE) .....	16
2.2.2 - L'ENERGIE SOLAIRE (PRODUCTION D'ELECTRICITE ET DE CHALEUR).....	16
2.2.3 - LA GEOTHERMIE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE) .....	16
2.2.4 - L'ENERGIE HYDRAULIQUE (PRODUCTION D'ELECTRICITE).....	16
2.2.5 - LA BIOMASSE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE).....	16
<b>2.3 - Réflexion sur l'échelle de production.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 - Mix énergétique.....</b>	<b>18</b>
<b>3. L'ETUDE DU POTENTIEL DE LA ZONE D'ETUDE VIS-A-VIS DES ENERGIES RENEUVELABLES .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 - Energie éolienne .....</b>	<b>19</b>
3.1.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE .....	19
3.1.2 - POTENTIALITE DU SITE .....	20
3.1.3 - CONCLUSION .....	22
<b>3.2 - Energie solaire .....</b>	<b>22</b>
3.2.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE .....	22
3.2.2 - POTENTIALITE DU SITE .....	25

3.2.3 - CONCLUSION .....	26
<b>3.3 - Energie géothermique .....</b>	<b>27</b>
3.3.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE .....	27
3.3.2 - POTENTIALITE DU SITE .....	30
3.3.3 - CONCLUSION .....	31
<b>3.4 - Energie aérothermique.....</b>	<b>31</b>
3.4.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE .....	32
3.4.2 - POTENTIALITE DU SITE .....	32
3.4.3 - CONCLUSION .....	33
<b>3.5 - Énergie hydraulique – hydroélectrique .....</b>	<b>33</b>
3.5.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE .....	33
<b>3.6 - Biomasse .....</b>	<b>34</b>
3.6.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE .....	34
3.6.2 - POTENTIALITE DU SITE .....	36
3.6.3 - CONCLUSION .....	41
<b>3.7 - Récupération de la chaleur fatale .....</b>	<b>41</b>
3.7.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE .....	41
3.7.2 - POTENTIALITE DU SITE .....	42
3.7.3 - CONCLUSION .....	43

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Bilan de la production d'énergie renouvelables en Haute-Normandie.....	7
Figure 2 : Répartition par secteur des orientations du SRCAE de Haute-Normandie .....	8
Figure 3 : Schéma de principe d'une éolienne .....	20
Figure 4 : Synthèse des servitudes aéronautiques militaires en Haute-Normandie (Janvier 2011) .....	21
Figure 5 : zones propices à l'implantation d'éoliennes en Haute-Normandie (Janvier 2011) .....	21
Figure 6 : Schéma de principe des panneaux solaires photovoltaïques .....	23
Figure 7 : Schéma de principe des panneaux solaires thermiques .....	24
Figure 8 : Carte d'ensoleillement de la France .....	25
Figure 9 : Estimation de la puissance du gisement solaire en France .....	26
Figure 10 : Synthèse des techniques de géothermie .....	29
Figure 11 : Cartes des ressources géothermiques en France .....	30
Figure 12 : Les différents types de géothermie superficielle .....	31
Figure 13 : Schéma de principe de l'aérothermie .....	32
Figure 14 : Schéma de principe d'une centrale hydraulique.....	34
Figure 15 : Schéma de principe de la filière bois énergie.....	35
Figure 16 : Schéma de principe de la méthanisation .....	36
Figure 17 : Localisation des chaufferies collectives en Haute-Normandie (2015) .....	37
Figure 18 : Localisation des chaufferies industrielles en Haute-Normandie (2015) .....	38
Figure 19 : Localisation des plates-formes en Normandie (2016) .....	39
Figure 20 : Unités de méthanisation dans la région Haute-Normandie.....	40
Figure 21 : Unités de méthanisation dans le département de l'Eure.....	40
Figure 22 : Pompe à chaleur électrique : principe de fonctionnement .....	42
Figure 23 : Pompe à chaleur gaz à absorption : principe de fonctionnement .....	42

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Bilan de la production d'énergie renouvelable en Haute-Normandie .....	7
Tableau 2 : Orientation du SRCAE De Haute-Normandie concernant les secteurs du bâtiment, des transports, de l'agriculture, de l'industrie, des énergies renouvelables et de l'adaptation .....	10
Tableau 3 : Répartition des émissions départementale de GES par secteur .....	12
Tableau 4 : Les actions du PCET du département de l'Eure .....	14
Tableau 5 : Tableau des différentes énergies renouvelables ainsi que l'échelle la plus courante de mise en place des systèmes considérés .....	18
Tableau 6 : Moyenne du vent moyen.....	21
Tableau 7 : Durée d'ensoleillement moyen sur une année .....	25
Tableau 8 : Facteur de correction applicable à la production photovoltaïque.....	26
Tableau 9 : Différents types de géothermie.....	28
Tableau 10 : Températures minimales moyennes mensuelles .....	32
Tableau 11 : Installations d'unités de méthanisation en région Haute-NormandieSource : SINOE .....	39
Tableau 12 : Installations d'unités de méthanisation dans le département de l'Eure.....	40
Tableau 13 : Gisement de chaleur fatale en GWh selon la gamme de température en région Haute-Normandie.....	43
Tableau 14 : Répartition de la chaleur fatale industrielle (> 100 °C) par secteur industriel .....	43

# 1. Les politiques environnementales en termes d'énergie et de climat

## 1.1 - SCHEMA REGIONAL CLIMAT AIR ENERGIE – SRCAE

Le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE), créé par la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, constitue un document stratégique fixant les orientations régionales en matière de maîtrise de consommation d'énergie, de développement des énergies renouvelables, d'amélioration de la qualité de l'air, d'atténuation des effets du changement climatique et d'adaptation. Le SRCAE de la région Haute-Normandie a été arrêté le 21 mars 2013 par le Préfet de la région Haute-Normandie, suite à l'approbation du Conseil régional le 18 mars 2013.

### 1.1.1 - CONSOMMATION ENERGETIQUE

#### 1.1.1.1 Secteurs

En Haute-Normandie, toutes énergies confondues, la consommation d'énergie s'élève à 102 TWh<sub>ef</sub> d'énergie finale en 2005. Avec 36 % des consommations, l'industrie manufacturière (hors raffinerie) est le premier secteur de consommation régional. La branche de la chimie et de la parachimie totalise près de la moitié de ces consommations. Viennent ensuite les consommations des bâtiments résidentiels et tertiaires (21%), puis des transports (12%). Ce classement sectoriel est différent de ce qui est observé à l'échelle nationale, en raison de la prédominance de l'industrie dans la région.

#### 1.1.1.2 Système énergétique

Le bilan régional des consommations énergétiques finales est marqué par la prépondérance des produits pétroliers (29%) liée aux transports (44% des consommations) et du gaz (24%), utilisé principalement dans l'industrie (70% des consommations, raffineries comprises). La consommation en bois et combustibles renouvelables (5%) est équivalente à la moyenne nationale.

#### 1.1.1.3 Le développement des énergies renouvelables

La principale production d'énergie renouvelable de la région est la biomasse qui, en 2013, produit respectivement 96% de la chaleur renouvelable et 28 % de l'électricité renouvelable. Quant à l'éolien, qui représente, en 2013, 55% de la production régionale d'électricité renouvelable.

		Production	
		En GWh	En %
Electricité	Eolien	697	14,6
	Photovoltaïque	31	0,6
	Hydraulique	91	1,9
	Biomasse	355	7,4
	Déchets ménagers	99	2,1
	<b>SOUS-TOTAL ELEC</b>	<b>1 273</b>	<b>26,7</b>
Chaleur	Géothermie	8	0,2
	Biomasse	3 128	65,5
	Solaire	6	0,1
	Aérothermie	74	1,6
	<b>SOUS-TOTAL CHALEUR</b>	<b>3 216</b>	<b>67,3</b>
Carburants	Bioéthanol et biodiesel	286	6,0
<b>TOTAL</b>		<b>4 776</b>	<b>100</b>

Tableau 1 : Bilan de la production d'énergie renouvelable en Haute-Normandie

Source : SRCAE de Haute-Normandie

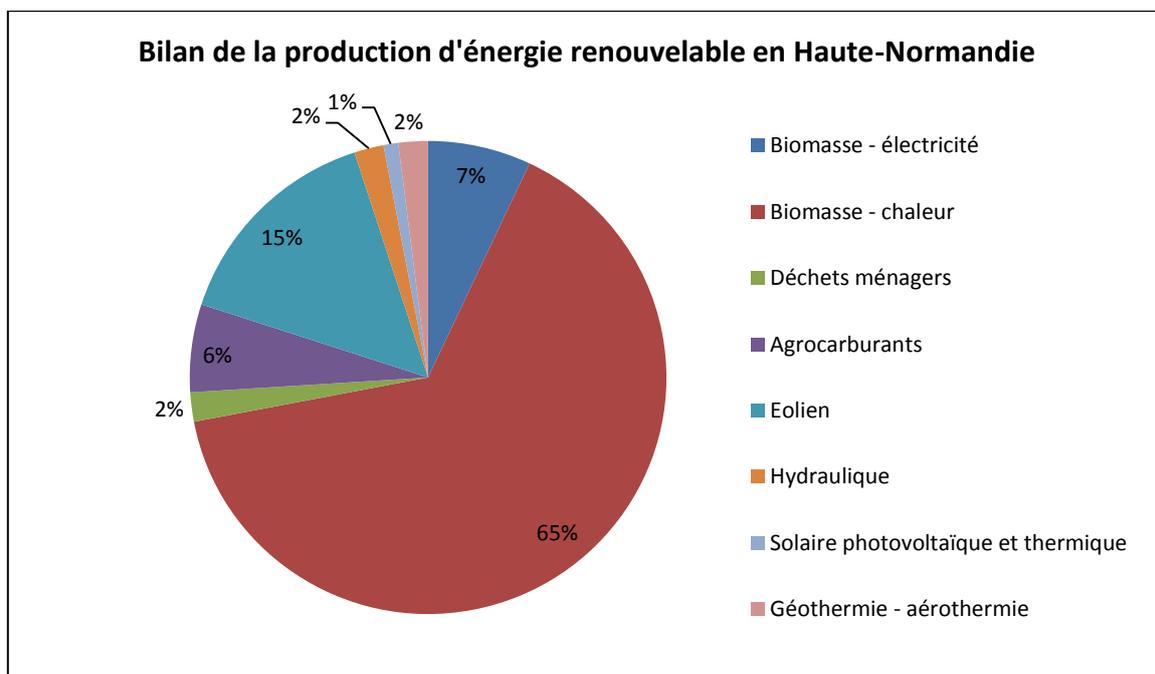


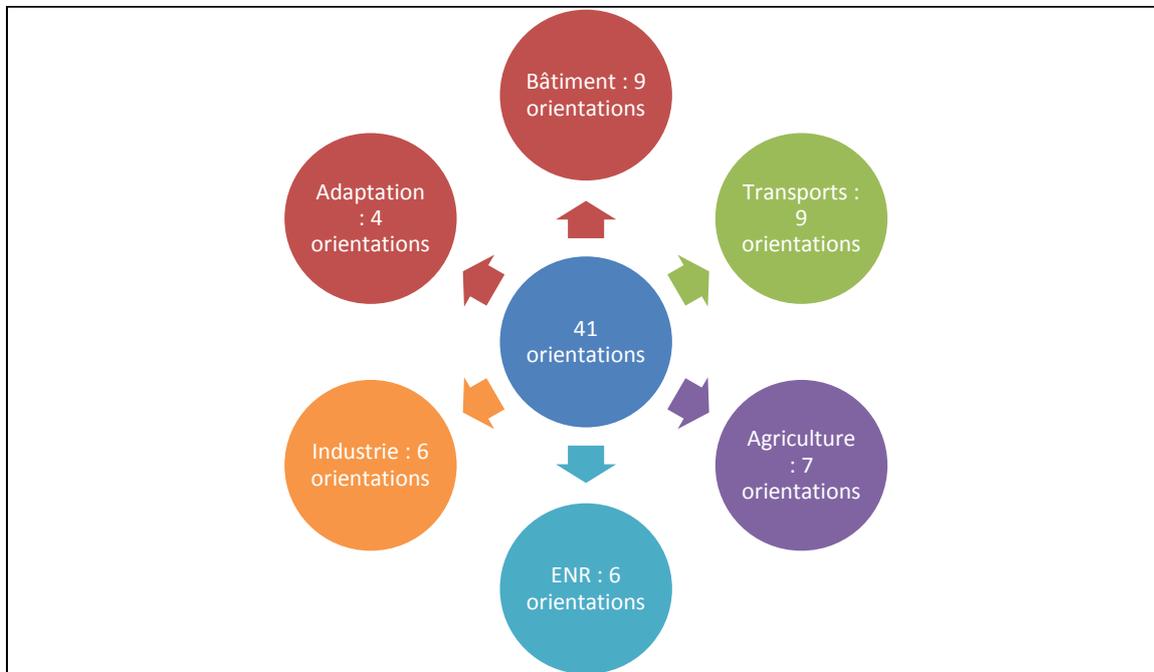
Figure 1 : Bilan de la production d'énergie renouvelables en Haute-Normandie

Source : SRCAE Haute-Normandie

En Haute-Normandie, en 2013, la production électrique d'origine renouvelable et la production thermique d'origine renouvelable s'élèvent respectivement à 1 273 GWh et 3 216 GWh. La production thermique d'origine renouvelable est 2,5 fois plus importante que la production électrique d'origine renouvelable. De plus, l'éolien domine la production électrique d'origine renouvelable tandis que c'est la biomasse qui domine la production thermique d'origine renouvelable.

### 1.1.2 - LES ORIENTATIONS DU SRCAE DE HAUTE-NORMANDIE

Un total de 41 orientations stratégiques a été défini dans le SRCAE pour la région Haute-Normandie, répartie sur l'ensemble des secteurs de la manière suivante :



**Figure 2 : Répartition par secteur des orientations du SRCAE de Haute-Normandie**

*Source : SRCAE de Haute-Normandie*

Parmi ces orientations, celles liées au secteur du bâtiment, des transports, de l'agriculture, des énergies renouvelables, de l'industrie et de l'adaptation sont présentées ci-après. Les orientations concernant le plus la présente étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables sont les propositions BAT2, BAT7, BAT9, TRA7, AGRI2, IND1, IND3, ENR1, ENR2, ENR3, ENR4, ENR5, ENR6, ADAPT3.

Thème	Orientations
Bâtiment	<b>BAT 1</b> – Sensibiliser et informer les utilisateurs à la sobriété énergétique (comportement et usages) et à la qualité de l'air.
	<b>BAT 2</b> – Améliorer la gestion énergétique des systèmes et des bâtiments (usage, maintenance et suivi).
	<b>BAT 3</b> – Renforcer et généraliser le conseil pour une réhabilitation ambitieuse des bâtiments.
	<b>BAT 4</b> – Développer l'ingénierie financière pour une politique ambitieuse de réhabilitation.
	<b>BAT 5</b> – Former et qualifier les acteurs du bâtiment à la réhabilitation énergétique globale et performante.
	<b>BAT 6</b> – Lutter contre la précarité énergétique.
	<b>BAT 7</b> – Renforcer l'accompagnement pour l'intégration des EnR dans le bâtiment.
	<b>BAT 8</b> – Favoriser le renouvellement des systèmes individuels de bois domestiques par des systèmes performants contribuant à la préservation de la qualité de l'air.
	<b>BAT 9</b> – Construire et rénover des bâtiments performants et sobres en carbone intégrant les impacts de la conception à la fin de vie.
Transports Voyageurs	<b>TRA 1</b> – Limiter l'étalement urbain, densifier des centres urbains et centre-bourgs et permettre une plus grande mixité sociale et fonctionnelle.
	<b>TRA 2</b> – Aménager la ville et les territoires pour développer les modes actifs.
	<b>TRA 3</b> – Favoriser le report modal vers les transports en commun.
	<b>TRA 4</b> – Limiter les besoins de déplacements et réduire l'usage individuel de la voiture.
	<b>TRA 5</b> – Favoriser le recours prioritaire à des véhicules moins émetteurs et moins consommateurs.
Transports marchandises	<b>TRA 6</b> – Favoriser le report modal du transport de marchandises vers les modes ferroviaire, fluvial et maritime.
	<b>TRA 7</b> – Réduire les impacts énergétiques et environnementaux du transport routier.
	<b>TRA 8</b> – Organiser et optimiser la logistique urbaine.
Transports routiers	<b>TRA 9</b> – Réduire les risques de surexposition à la pollution routière.
Agriculture	<b>AGRI 1</b> – Réduire l'usage des intrants dans les exploitations et adapter le mode de gestion des effluents.
	<b>AGRI 2</b> – Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et des machines agricoles.
	<b>AGRI 3</b> – Décliner et mettre en œuvre les travaux de recherche sur le territoire.
	<b>AGRI 4</b> – Promouvoir et développer une agriculture de proximité, biologique et intégrée.
	<b>AGRI 5</b> – Préserver les prairies, les espaces boisés et les espaces naturels.
	<b>AGRI 6</b> – Développer des cultures énergétiques durables.
	<b>AGRI 7</b> – Encourager des comportements d'achats plus responsables.
Industrie	<b>IND 1</b> – Développer les mesures d'efficacité énergétique dans les entreprises.
	<b>IND 2</b> – Développer la stratégie et les pratiques managériales de gestion de l'énergie et des flux au sein des entreprises.
	<b>IND 3</b> – Favoriser des actions exemplaires de réduction des émissions de polluants atmosphériques et des odeurs.
	<b>IND 4</b> – Développer l'écologie industrielle.
	<b>IND 5</b> – Encourager la mutation de l'économie régionale en développant des éco-produits des éco-activités.
	<b>IND 6</b> – Positionner la Haute-Normandie sur le développement des technologies innovantes contribuant à la transition vers une société décarbonée .
ENR	<b>ENR 1</b> – Mobiliser efficacement le potentiel éolien terrestre.
	<b>ENR 2</b> – Développer des chaudières biomasse industrielles et collectives à haute performance environnementale.

Thème	Orientations
	<b>ENR 3</b> – Structurer et développer les filières biomasse en région.
	<b>ENR 4</b> – Structurer une filière et valoriser le potentiel de méthanisation.
	<b>ENR 5</b> – Développer la production d'énergie électrique solaire.
	<b>ENR 6</b> – Développer la récupération et la mutualisation des énergies fatales.
<b>Adaptation au changement climatique</b>	<b>ADAPT 1</b> – Observer et étudier les changements climatiques et leurs impacts sur le territoire.
	<b>ADAPT 2</b> – Coordonner et renforcer la coopération entre acteurs locaux et organiser la gestion des risques climatiques sur le territoire.
	<b>ADAPT 3</b> – Intégrer la composante « Adaptation » dans les politiques locales et les documents d'aménagement.
	<b>ADAPT 4</b> – Promouvoir une culture du risque climatique en Haute-Normandie.

**Tableau 2 : Orientation du SRCAE De Haute-Normandie concernant les secteurs du bâtiment, des transports, de l'agriculture, de l'industrie, des énergies renouvelables et de l'adaptation**

*Source : SRCAE de Haute-Normandie*

### 1.1.3 - LES OBJECTIFS DU SRCAE DE HAUTE-NORMANDIE

S'appuyant sur l'expertise scientifique du Groupe Intergouvernemental d'Expert sur le Climat (GIEC), la communauté internationale s'est engagée en faveur de la réduction des émissions de gaz à effet de serre aux horizons 2050 et 2100.

Afin de remplir ses engagements, l'Union Européenne a fait adopter par le Conseil Européen en 2007 trois objectifs dans le cadre du paquet « énergie-climat » qui ont servi de base pour les engagements français du Grenelle : le 3x20.

- 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2020 ;
- 20 % des consommations d'énergie provenant de sources renouvelables en 2020. L'objectif français issu du Grenelle I étant de 23 % ;
- 20 % d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Le SRCAE de Haute-Normandie présente une scénarisation des perspectives régionales, visant à définir le niveau d'ambition de la région en terme de réduction d'émissions de gaz à effet de serre, d'efficacité énergétique et de production d'énergie renouvelable.

Selon le scénario régional, en 2020, les perspectives attendues respectent le 3x20 :

- **Contribuer à l'atténuation du changement climatique par une réduction des émissions de gaz à effet de serre de plus de 20% ;**
- Réduire les émissions de poussière PM10 de plus de 30% et celles de Nox de plus de 40% afin d'améliorer la qualité de l'air en région, en particulier dans les zones sensibles ;
- **Réduire la consommation d'énergie du territoire de 20% ;**
- **Multiplier par trois la production d'énergie renouvelable sur le territoire afin d'atteindre un taux d'intégration de 16% de la consommation d'énergie finale ;**
- Anticiper et favoriser l'adaptation des territoires de la région aux changements climatiques.

## 1.2 - PLAN CLIMAT ENERGIE TERRITORIAL DU DEPARTEMENT DE L'EURE

### 1.2.1 - LES PLAN CLIMAT ENERGIE TERRITORIAL

Un Plan Climat Energie Territorial (PCET) est un projet territorial de développement durable qui a pour finalité la lutte contre le changement climatique. Institué par le Plan Climat national et repris par les lois Grenelle I et II, le PCET est un cadre d'engagement pour le territoire. Le PCET vise deux objectifs :

- Atténuer les effets du changement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre ;
- Adapter le territoire aux effets du changement climatique en anticipant les évolutions et les impacts.

De plus, un PCET comporte des objectifs chiffrés de réduction des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation du territoire dans des temps donnés.

- Pour 2020, respecter le paquet « énergie-climat » des 3x20 ;
- Pour 2050, respecter le protocole de Kyoto en divisant par 4 les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux émissions de 1990.

L'atteinte de ces objectifs implique d'engager un effort soutenu dès aujourd'hui et de poser les bases d'un travail prospectif et collectif avec une ambition : faire émerger une vision du territoire à long terme et la trajectoire pour l'atteindre.

### 1.2.2 - LE BILAN CARBONE DU DEPARTEMENT DE L'ÈURE

En 2005, les émissions de gaz à effet de serre départementales ont été estimées à 5 300 kteCO<sub>2</sub>, soit rapporté à l'habitant 8,6 teCO<sub>2</sub>/an (contre 15,4 teCO<sub>2</sub>/an pour un haut-normand et 6,7 teCO<sub>2</sub>/an pour un français).

Secteurs	Emissions GES	
	kteCO <sub>2</sub>	%
Résidentiel	762	14
Tertiaire	212	4
Transport	1440	27
Industrie	1696	32
Agriculture	1204	23
<b>TOTAL</b>	<b>5314</b>	<b>100</b>

**Tableau 3 : Répartition des émissions départementale de GES par secteur**

*Source : PCET du département de l'Eure*

Les émissions de gaz à effet de serre traduisent les spécificités du territoire. Les trois principaux secteurs émetteurs sont les suivants :

- L'industrie (~ 32% du total) :

Le profil des émissions de GES est relativement conforme à celui des consommations (forte représentations de la branche « Chimie et parachimie » notamment).

- Transport (~ 23% du total) :

Les émissions de GES du Transport sont essentiellement dues à la part des poids lourds dans la mesure où ceux-ci utilisent exclusivement du diesel dont le facteur d'émission GES est supérieur à celui de l'essence.

➤ Agriculture (23% du total) :

Le poids de l'agriculture est plus significatif dans le bilan des émissions de GES qu'il ne l'est dans le bilan des consommations énergétique (23% contre 2%). Ce résultat s'explique par le poids des émissions non énergétiques. En effet, près de 2/3 des émissions (60%) ont été réalisées au niveau des sols agricoles. Ces émissions peuvent être directes par vaporisation au moment de l'épandage, ou indirectes après lessivage ou redéposition. Près de 1/3 des émissions (32%) sont liées au cheptel. Elles peuvent provenir des déjections (production par le bétail, élimination par l'exploitant), mais aussi de la digestion des animaux, processus entraînant des rejets de méthane, dont le pouvoir réchauffant global (PRG) est 21 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>.

### 1.2.3 - LE PLAN D'ACTION DU PCET DU DEPARTEMENT DE L'EURE

Le PCET du département de l'Eure a défini 21 actions sur 7 secteurs clés pour atteindre les objectifs en cohérence avec le cadre régional, national et européen de la lutte contre le changement climatique.

Ces 21 actions sont les suivantes :

Axes	Actions
Axe 1 – Patrimoine du Conseil général	Action 1 – Exemplarité des collèges
	Action 2 – Tendre vers un usage sobre des ressources énergétiques dans les collèges
	Action 3 – Construire des bâtiments publics performants et exemplaires sur le plan énergétique
	Action 4 – Chantiers routiers sobres en carbone
	Action 5 – Récupération des Certificats d'Economies d'Energie (CEE)
	Action 6 – Tendre vers le « zéro phyto » dans la gestion des espaces verts départementaux
Axe 2 – Déplacements et mobilité des services du Conseil général	Action 7 – Engager un Plan de Déplacement Administration (PDA)
Axe 3 – Organisation du territoire et mobilité	Action 8 – Informer sur les risques naturels liés aux changements climatiques
	Action 9 – faciliter les déplacements des Eurois
	Action 10 – Mettre en œuvre un schéma des mobilités
	Action 11 – Développement du covoiturage
Axe 4 – Habitat et logement	Action 12 – Optimiser/adapter la thématique énergie dans le plan départemental de l'habitat (PDH)
	Action 13 – Fonds d'avance garanti par le Département
	Action 14 A – Optimiser l'usage des logements de basse consommation énergétique
	Action 14 B – Lutter contre la précarité énergétique à l'échelle départementale
	Action 15 – Promouvoir et financer les Espaces Info Energie (EIE)
Axe 5 – Développement économique	Action 16 – Lancer un appel à projets « Accompagnement/incitation des territoires pour une mise en œuvre des principes de l'économie circulaire
	Action 17 – Favoriser le développement des compétences des professionnels de la filière bâtiment
	Action 18 – Etudier les effets du changement climatique sur l'agriculture et sur la forêt
Axe 6 – Production d'énergies renouvelables	Action 19 – Promouvoir et accompagner les énergies renouvelables
	Action 20 – Lancer un appel à projet « Territoire à Energie Positive (TEPos) »
Axe 7 – Communication et sensibilisation	Action 21 – Renforcer les actions de mobilisation et d'éducation du jeune public et de ses encadrants aux enjeux énergie-climat

**Tableau 4 : Les actions du PCET du département de l'Eure**
*Source : PCET du département de l'Eure*

## 2. Les sources d'énergie disponibles ou mobilisables

### 2.1 - LES ENERGIES FOSSILES

Les choix énergétiques pourront intégrer les énergies suivantes :

#### 2.1.1 - L'ÉLECTRICITÉ

En France, l'électricité est produite pour la majorité à partir des ressources fossiles (uranium, gaz, charbon, fioul, etc.). Néanmoins, en 2011, 11% de l'électricité produite en France était d'origine renouvelable (hydraulique, éolien, photovoltaïque, etc.).

L'énergie électrique est difficilement stockable. Cependant, elle a l'avantage d'être simple à utiliser. L'impact de l'électricité sur l'environnement est principalement lié au mauvais rendement de production de l'électricité. En effet, seulement un tiers de l'énergie qui entre dans une centrale ressortira sous forme d'électricité. Les deux tiers restants sont dans la plupart des cas perdus. Ce mauvais rendement conduit l'électricité à être une grande consommatrice de ressources fossiles. Il convient de réserver l'électricité aux usages spécifiques.

#### 2.1.2 - LE GAZ NATUREL

Le gaz naturel est une énergie fossile comme le fioul. Sa combustion rejette cependant légèrement moins de CO<sub>2</sub> que le fioul à énergie produite équivalente. Le gaz naturel est acheminé par des canalisations terrestres, ou sous forme liquéfiée par voie maritime. Le raccordement du territoire en fait une énergie facile d'accès et moins chère que le fioul.

#### 2.1.3 - LE FIOUL

Le fioul a tendance à disparaître dans les installations neuves depuis maintenant plusieurs années. Initialement peu cher, il a connu ses dernières années des augmentations très importantes, directement indexées sur le cours du pétrole.

D'autre part, le fioul a un impact important sur le dérèglement climatique par ses rejets carbonés, et parfois soufrés. C'est également une source fossile qu'il serait nécessaire de préserver davantage pour des utilisations plus spécifiques.

#### 2.1.4 - LE GAZ PROPANE EN BOUTEILLE OU EN CITERNE

Le gaz en bouteille ou en citerne peut également être utilisé lorsque le gaz naturel n'est pas disponible. Ce gaz est directement issu du pétrole et son utilisation constitue également un appauvrissement des ressources. Il est plus polluant que le gaz naturel mais moins que le fioul.

Dans le cas où les citernes ne sont pas enterrées, l'impact visuel des citernes de propane peut être particulièrement fort.

### 2.2 - LES ENERGIES RENOUVELABLES

Les énergies renouvelables représentent les sources énergétiques qui peuvent être utilisées sans que leurs réserves ne s'épuisent. En d'autres termes, les énergies renouvelables doivent globalement avoir une vitesse de régénération supérieure à la vitesse d'utilisation.

### 2.2.1 - L'ÉNERGIE ÉOLIENNE (PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ)

L'énergie éolienne est une énergie liée indirectement au soleil. En effet, le mouvement des vents et donc de l'énergie contenue dans les vents et récupérée par les éoliennes provient directement des différences de températures des zones de l'atmosphère et donc du soleil. Tant que la Terre disposera d'une atmosphère et que le soleil l'éclairera, l'énergie éolienne pourra être utilisée.

### 2.2.2 - L'ÉNERGIE SOLAIRE (PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR)

L'énergie solaire provient directement du soleil. Elle se décline sous la forme de photovoltaïque (production d'électricité) et thermique (production d'eau chaude, chauffage). L'énergie solaire photovoltaïque pourra être utilisée sur le projet.

L'énergie solaire photovoltaïque et thermique est considérée comme une énergie renouvelable car la durée de vie du soleil est inépuisable. Cette énergie peut être envisagée comme infiniment disponible.

### 2.2.3 - LA GEOTHERMIE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ)

L'énergie issue de la chaleur de la terre peut également être considérée comme de l'énergie renouvelable car la quantité d'énergie stockée dépasse également de loin toutes nos échelles de temps humaines. Elle peut cependant être récupérée lorsque les failles particulières lui permettent de remonter proche de la surface. Certaines régions sont concernées par ce cas de figure.

De plus, l'énergie solaire stockée en partie superficielle du sous-sol et les nappes peu profonde peut être captée pour la production de chauffage.

### 2.2.4 - L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE (PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ)

L'énergie hydraulique a également pour origine le soleil, elle est en effet issue du cycle de l'eau (évaporation, précipitation). L'énergie hydraulique marémotrice n'est pas uniquement liée au soleil, les mouvements sont issus en partie de la force gravitationnelle de la lune.

### 2.2.5 - LA BIOMASSE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ)

La biomasse représente l'énergie issue d'organismes vivants. En général, lorsque l'on parle de biomasse en énergie, on parle de bois ou de biogaz issu de la digestion anaérobie de composés biologique.

L'énergie issue de la biomasse est une énergie solaire indirecte.

Le bois est l'une des sources énergétiques les plus intéressantes actuellement :

- C'est une énergie renouvelable ;
- Neutre pour l'effet de serre dans le cadre d'une gestion raisonnée. Sa combustion aura un impact neutre sur l'effet de serre puisque le CO<sub>2</sub> dégagé par sa combustion sera remobilisé par la biomasse en croissance grâce à la photosynthèse ;
- Bon marché ;
- Performant.

Cependant, quelques difficultés peuvent être mises en avant :

- ✓ La manutention et modes de vie. Il convient de choisir la technique la plus adaptée en fonction du futur utilisateur ;
- ✓ Le traitement des fumées ;
- ✓ L'approvisionnement des chaudières en bois : coûts, déplacements, etc.

## 2.3 - REFLEXION SUR L'ECHELLE DE PRODUCTION

Le tableau ci-après issu du guide des études sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements, synthétise les différents systèmes et échelles pour la mise en place d'énergie renouvelable. Les couleurs donnent une indication sur la probabilité d'existence de marges de manœuvre à l'échelle de l'aménagement (vert : probable, jaune : possible, orange : peu probable).

Energie	Utilisation	Système et échelle pour la mise en place	
Eolien	Electricité	Petit éolien	Bâtiment/Quartier
		Grand éolien	> Ville
Solaire thermique	Chaleur	Panneaux solaires thermiques (indépendants)	Bâtiment
		Ensemble de panneaux solaires thermiques (rassemblés en un site ou diffus sur plusieurs bâtiments), avec réseau de chaleur	Quartier/Ville
		Ensemble de panneaux solaires thermiques (rassemblés en un site ou diffus sur plusieurs bâtiments), avec réseau de chaleur	Quartier/Ville
Solaire photovoltaïque	Electricité	Panneaux solaires photovoltaïques (indépendants)	Bâtiment
		Ferme solaire photovoltaïque	Quartier/Ville
Géothermie	Chaleur/Froid	Géothermie superficielle avec pompe à chaleur	Bâtiment
		Géothermie sur sondes (éventuellement avec réseau de chaleur basse température)	Quartier/Ville
		Géothermie profonde (avec réseau de chaleur/froid)	Ville
Aérothermie	Chaleur/Froid	Pompe à chaleur	Bâtiment
Hydrothermie	Chaleur/Froid	Réseau de chaleur/froid et pompe à chaleur	Quartier/Ville
Marine	Electricité	Hydroliennes, usine marémotrice, usine houlomotrice,...	>Ville
Hydraulique	Electricité	Petit hydraulique	Quartier/Ville
		Grand hydraulique	>Ville
Biomasse	Chaleur/Electricité	Chaudière biomasse individuelle ou d'immeuble (avec ou sans cogénération)	Bâtiment
		Chaudière biomasse collective (avec ou sans cogénération), avec réseau de chaleur	Quartier/Ville
Biogaz, gaz de décharge, gaz de récupération de l'industrie	Chaleur/Electricité	Injection dans le réseau de distribution de gaz	>Ville
		Combustion sur le lieu de production	Bâtiment
		Chaudière gaz collective (avec ou sans cogénération), avec réseau de chaleur	Quartier/Ville
Chaleur fatale de l'incinération des déchets	Chaleur/Electricité	Turbine électrique et/ou chaleur distribuée par un réseau	Quartier/Ville
Chaleur fatale des industries	Chaleur/Electricité	Turbine électrique et/ou chaleur distribuée par un réseau	Quartier/Ville
Chaleur des eaux usées	Chaleur	Système de récupération (échangeur) et pompe à chaleur	Bâtiment
		Système de récupération (échangeur), réseau de chaleur basse température et PAC.	Quartier
Chaleur des bâtiments (y.c. datacenters)	Chaleur	Réseau de chaleur basse température et PAC.	Quartier/Ville

## Tableau 5 : Tableau des différentes énergies renouvelables ainsi que l'échelle la plus courante de mise en place des systèmes considérés

Source : Etudes sur les énergies renouvelables dans les nouveaux aménagements, Conseil pour la mise en œuvre de l'article L300-1 du Code de l'Urbanisme

### 2.4 - MIX ENERGETIQUE

Le terme mix énergétique (ou bouquet énergétique) désigne la répartition des différentes sources d'énergies primaires utilisées pour les besoins énergétiques dans une zone géographique donnée. Il inclut les énergies fossiles, le nucléaire, les déchets non renouvelables et les diverses énergies renouvelables. Ces énergies primaires sont utilisées pour produire de l'électricité, des carburants pour les transports, de la chaleur ou du froid pour l'habitat ou l'industrie, etc.

Pour chaque région ou chaque pays, la composition du mix énergétique dépend :

- De la disponibilité des ressources exploitables sur le territoire ou de la possibilité d'en importer ;
- De l'ampleur et de la nature des besoins énergétiques à couvrir ;
- Des choix politiques qui découlent du contexte historiques, économique et social, démographique, environnemental et géopolitique.

Force est de constater que, dans le mix énergétique au niveau mondial, une source d'énergie se démarque plus que les autres : l'énergie fossile. Au niveau mondial, le bouquet énergétique est ainsi dominé à plus de 80% par le pétrole, le gaz et le charbon.

Concernant la France, on remarque que la situation est quelque peu différente. Ainsi, en 2015 son bouquet énergétique primaire se composait à 42,5% de nucléaire, à 30,6% de pétrole, à 14,2% de gaz, à 3,3% de charbon et à 9,4% d'énergies renouvelables et déchets, selon l'édition 2016 des « Chiffres clés de l'énergie » du ministère de l'Environnement.

Plus particulièrement, au sein de cette dernière catégorie, c'est le bois énergie qui s'impose comme étant la première source consommée en France, en représentant 3,8% du mix total, devant l'électricité d'origine hydraulique (environ 2%). De leur côté, l'éolien et le solaire représentent respectivement 0,7% et à 0,3% du bouquet énergétique français.

Enfin, si le nucléaire détient près de la moitié des parts du mix énergétique de l'Hexagone, il constitue aujourd'hui un grand point de discord au sein de la société française. Dans sa loi de transition énergétique de 2015, le gouvernement français s'est fixé comme objectif de diviser par deux la consommation totale d'énergie du pays d'ici à 2050, en faisant notamment passer de 75% à 50% en 2025 la part de l'électricité tirée du nucléaire. Dans le même temps, l'ambition affichée est d'augmenter à 32% la part des énergies renouvelables à l'horizon 2030.

## 3. L'étude du potentiel de la zone d'étude vis-à-vis des énergies renouvelables

### 3.1 - ENERGIE EOLIENNE

#### 3.1.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE

L'énergie éolienne est une source d'énergie qui dépend du vent. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans les éoliennes, appelées aussi aérogénérateurs, grâce à la force du vent.

Une éolienne est composée de quatre parties :

- Le mât ;
- L'hélice ;
- La nacelle qui contient l'alternateur producteur d'électricité ;
- Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique (lorsqu'elle est raccordée au réseau).

C'est une énergie qui n'émet aucun gaz à effet de serre pour la production d'électricité. En revanche, l'installation et la construction des éoliennes émettent des gaz à effet de serre. Enfin, sa matière première, le vent, est disponible partout dans le monde.

Sous l'effet du vent, l'hélice se met en marche. Ses pales tournent. Elles peuvent mesurer de 5 à 90 mètres de diamètre. L'hélice est située au bout d'un mât dont la hauteur varie entre 10 et 100 mètres de haut. L'hélice entraîne un axe dans la nacelle, relié à un alternateur. Grâce à l'énergie fournie, par la rotation de l'axe, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Enfin, un transformateur situé à l'intérieur du mât élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à moyenne tension du réseau. Pour pouvoir démarrer, une éolienne nécessite une vitesse de vent minimale d'environ 10 à 15 km/h. Cependant, pour des raisons de sécurité, l'éolienne s'arrête automatiquement de fonctionner lorsque le vent dépasse 90 km/h. La vitesse optimale est de 50 km/h.

On distingue différents types d'éoliennes :

- Le grand éolien ;
- Le petit éolien.

##### 3.1.1.1 Le grand éolien

On distingue les types d'éoliennes en fonction de leur puissance et de leur taille :

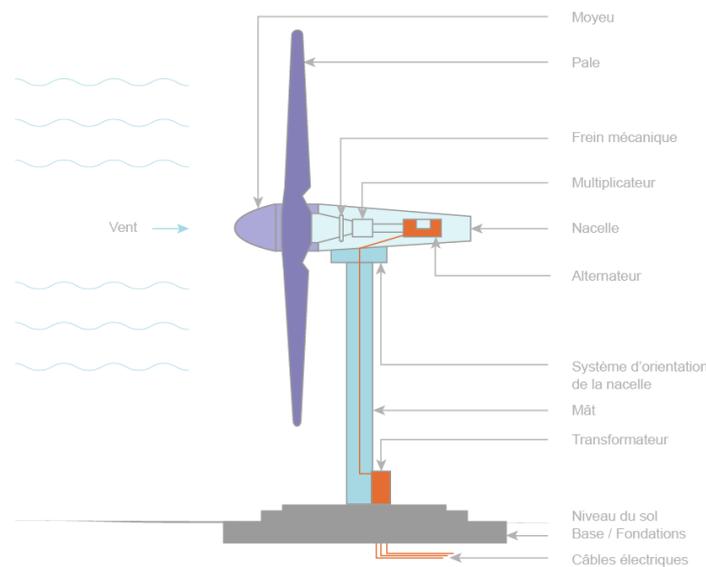
- Le « grand éolien » (puissance supérieure à 350 kW), pour lequel on utilise des machines à axe horizontal munies, dans la plupart des applications, d'un rotor tripale ;
- Le « moyen éolien » pour les machines entre 36 kW et 350 kW.

### 3.1.1.2 Le petit éolien

Selon l'Ademe, le « petit éolien » désigne les éoliennes dont la hauteur du mât est inférieure à 35 mètres et dont la puissance varie de 0,1 à 36 kW. On distingue :

- Le « micro éolien », pour les machines inférieures à 1 kW ;
- Le « petit éolien », pour les machines entre 1 et 36 kW.

Cependant, en France, le petit éolien reste peu développé.



**Figure 3 : Schéma de principe d'une éolienne**

Source : *Connaissance des énergies*

### 3.1.2 - POTENTIALITE DU SITE

Selon le « Schéma Régional Eolien » (SRE) de Haute-Normandie, pour ce qui est de l'éolien terrestre, le site d'étude n'est pas situé dans une zone favorable au grand et petit éolien. Selon le document « Contraintes Défense » de janvier 2010 élaboré par la Zone Aérienne de Défense Nord (ZAD Nord), le site d'étude se situe à la limite entre le rayon de 20 km et le rayon de 30 km des radars défense (Evreux). En effet, une éolienne est non seulement un obstacle à la navigation aérienne mais également à la propagation des ondes. A ce titre, les aérogénérateurs perturbent le fonctionnement des radars. Trois effets sont identifiés en pratique :

- L'effet de masque des rotors ;
- La création de faux échos ;
- La création de fausses pistes par effet Doppler.

Les conséquences sont une dégradation de la détection et un défaut d'intégrité de l'information radar. Celles-ci sont particulièrement préjudiciables pour l'exécution de missions Défense réalisées à partir d'un radar telles que : la sûreté aérienne, l'évaluation de la menace, le contrôle aérien, l'assistance de vol, ainsi que la recherche et le sauvetage d'aéronefs, mission prioritaire de service public de l'Armée de l'air.

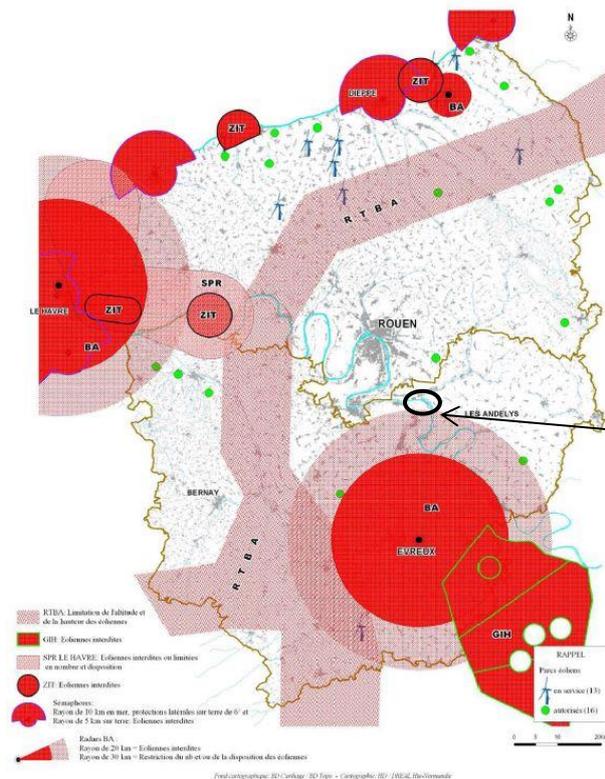


Figure 4 : Synthèse des servitudes aéronautiques militaires en Haute-Normandie (Janvier 2011)

Source : SRE de Haute-Normandie

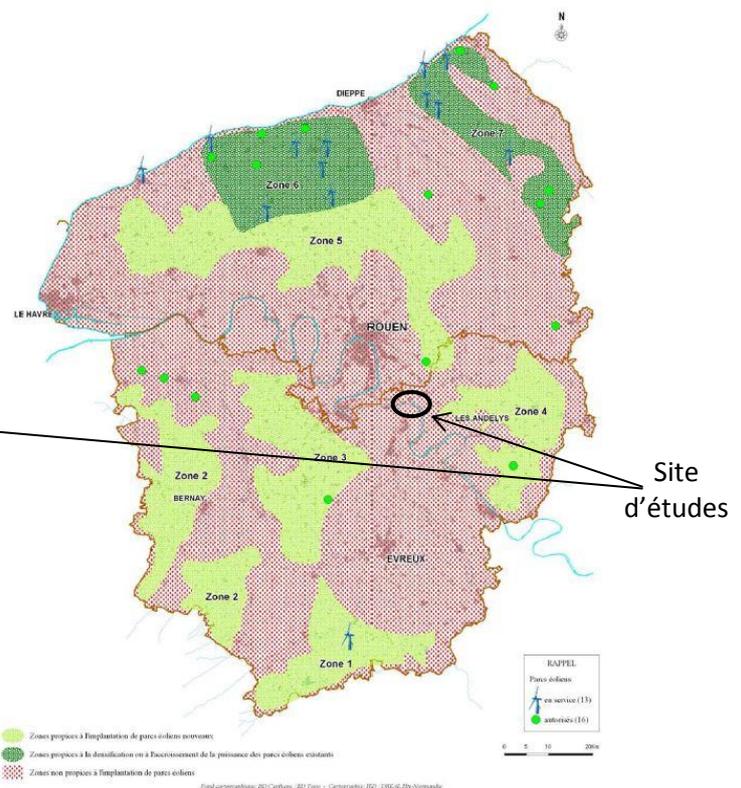


Figure 5 : zones propices à l'implantation d'éoliennes en Haute-Normandie (Janvier 2011)

Source : SRE de Haute-Normandie

Les données climatologiques proviennent de la station de Evreux située à environ 40 km au sud du site d'étude. Le tableau suivant indique les moyennes mensuelles de la vitesse du vent relevées à la station de Evreux.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Vitesse moyenne du vent (km/h)	17.0	15.9	15.7	14.9	13.8	12.8	13.3	13.0	13.5	14.8	15.0	16.1	14.7

Tableau 6 : Moyenne du vent moyen

Source : Météo France, station de Evreux (de 1991 à 2010)

La vitesse des vents est en moyenne sur une année de 14,7 km/h sur le site d'étude.

Rappelons néanmoins que les éoliennes supérieures à 12m sont des ICPE et doivent faire l'objet d'une autorisation environnementale.

### 3.1.3 - CONCLUSION

#### 3.1.3.1 Le grand éolien

Le grand éolien n'est pas une solution envisageable à l'échelle d'une ZAC compte tenu de la vocation du projet et des contraintes règlementaires et environnementales liées à de telles installations. De plus, selon le SRE de Haute-Normandie, le site d'étude n'est pas situé dans une zone favorable à l'implantation d'éoliennes terrestres. De plus, en ce qui concerne les données climatologiques relevées à la station de Evreux, la vitesse moyenne du vent est de 14,7 km/h. Cependant, une éolienne nécessite une vitesse de vent minimale d'environ 10 à 15 km/h pour démarrer. La vitesse moyenne du vent sur une année n'est pas assez importante pour assurer le bon fonctionnement d'une éolienne.

#### 3.1.3.2 Le petit éolien

Selon le SRE de Haute-Normandie, le site d'étude n'est pas situé dans une zone favorable à l'implantation d'éoliennes terrestre. Cela s'explique par la proximité avec les radars défense basse altitude de la base militaire de Evreux. De plus, en ce qui concerne les données climatologiques relevées à la station de Evreux, la vitesse moyenne du vent est de 14,7 km/h. Cependant, une éolienne nécessite une vitesse de vent minimale d'environ 10 à 15 km/h pour démarrer. La vitesse moyenne du vent sur une année n'est pas assez importante pour assurer le bon fonctionnement d'une éolienne.

En revanche, l'installation de micros-éolienne semble être un champ à ne pas négliger localement. Si un emplacement devait être prédéfini, il devrait se situer sur un point haut de l'opération comme par exemple les toits des bâtiments avec l'implantation de micros éoliennes.

Enfin, l'impact visuel de cette solution énergétique devra être étudié et être en concordance avec les prescriptions architecturales et paysagères de la ZAC.

## 3.2 - ENERGIE SOLAIRE

### 3.2.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir des panneaux photovoltaïques ou de fabriquer de la chaleur à partir de panneaux thermiques grâce à la lumière du soleil captée par des panneaux solaires.

Le soleil demeure notre plus grande source d'énergie même si elle est intermittente.

Il existe différents types de panneaux solaires :

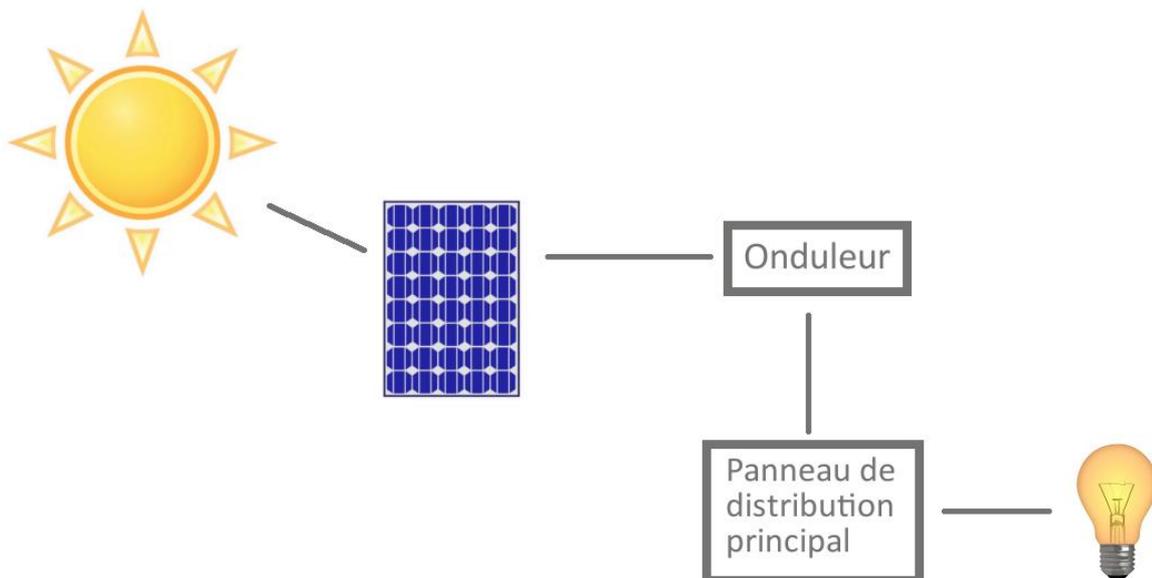
- Les panneaux solaires photovoltaïques ;
- Les panneaux solaires thermiques.

### 3.2.1.1 Le fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques

Les panneaux solaires photovoltaïques sont un moyen de production d'électricité grâce à la lumière du soleil.

Trois éléments sont nécessaires à une installation photovoltaïque : des panneaux solaires, un onduleur et un capteur. Ces trois éléments permettent de récupérer l'énergie transmise par le soleil, de la transformer en électricité puis de la distribuer. Lorsque les panneaux solaires sont directement intégrés au toit, ils convertissent directement la lumière en courant électrique continu grâce au silicium, un matériau conducteur contenu dans chaque cellule, qui libère des électrons. L'onduleur permet ensuite de transformer l'électricité obtenue en courant alternatif compatible avec le réseau. Enfin, le compteur mesure la quantité de courant injectée dans le réseau.

Par la suite, l'électricité est consommée par les appareils électriques. Si l'installation n'est pas raccordée au réseau, elle peut être stockée dans des batteries. Sinon, la production d'électricité peut être injectée dans le réseau, EDF ayant l'obligation de rachat de cette électricité. Lorsque la production de photovoltaïque est insuffisante, le réseau fournit l'électricité nécessaire.



**Figure 6 : Schéma de principe des panneaux solaires photovoltaïques**

Source : Engie

### 3.2.1.2 Le fonctionnement des panneaux solaires thermiques

Les panneaux solaires thermiques sont un moyen de produire l'eau chaude grâce à la lumière du soleil.

Les panneaux solaires thermiques contiennent des capteurs thermiques qui transforment l'énergie du soleil en chaleur. Cette eau chaude sera ensuite utilisée de trois façons possibles :

- En tant qu'eau chaude sanitaire ;
- Dans un système de chauffage central à eau chaude ;
- Dans un système combiné associant eau chaude sanitaire et chauffage central.

Il existe plusieurs types de capteurs solaires thermiques :

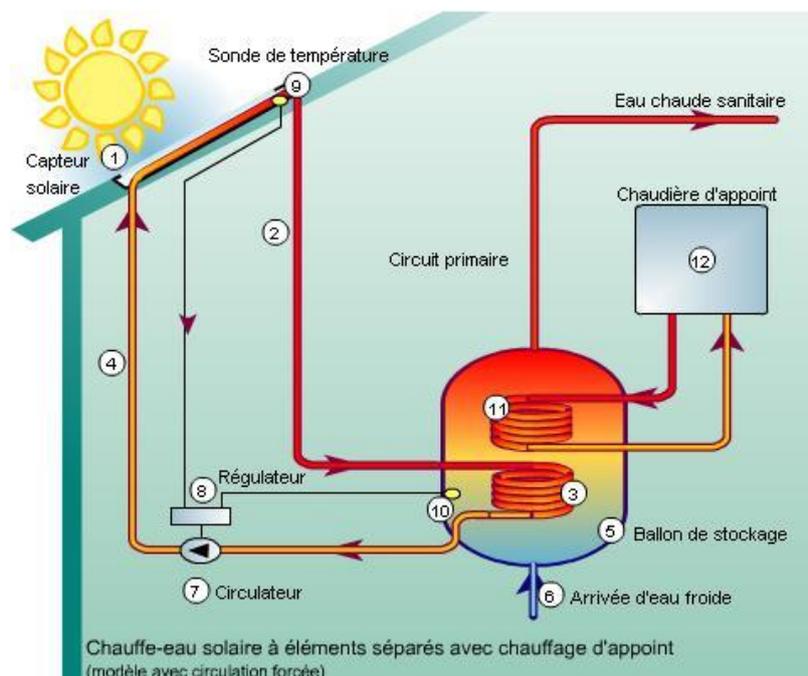
- Les capteurs à eau : la chaleur est absorbée par un liquide caloporteur, qui circule dans des tubes munis d'ailettes. Ce sont ces ailettes qui captent la chaleur. Il existe plusieurs types de capteur à eau : les capteurs non vitrés, les capteurs vitrés, les collecteurs à tubes sous vide.
- Les capteurs à air : c'est de l'air qui est chauffé lorsqu'il circule dans les tubes. Il permet ensuite de chauffer le bâtiment, mais est aussi utilisé à des fins industrielles.

Les panneaux solaires thermiques, placés sur les toits, sont reliés à un système situé à l'intérieur de bâtiment. Il se compose de :

- Un circuit hydraulique, contenant un liquide caloporteur, qui relie les panneaux au reste de l'installation ;
- Un système d'énergie d'appoint pour relayer l'énergie solaire ;
- Un système de distribution de l'eau chaude ;
- Un dispositif de stockage de l'eau chaude, dans le cas d'un chauffe-eau solaire (ballon, etc.) ;
- Des émetteurs de chaleur dans le cas d'un chauffage central : radiateur, plancher chauffant, etc.

Le circuit hydraulique est fermé : le liquide caloporteur chauffé par les capteurs solaires, cède sa chaleur à l'eau du circuit de distribution. Une fois refroidi, il retourne vers les panneaux solaires pour être à nouveau chauffé.

Le circuit de chauffage central est également fermé. En effet, l'eau chauffée par le liquide caloporteur est transportée vers les radiateurs ou le plancher chauffant. Une fois refroidie, elle retourne vers le circuit hydraulique.



**Figure 7 : Schéma de principe des panneaux solaires thermiques**

*Source : les énergies renouvelables*

### 3.2.2 - POTENTIALITE DU SITE

#### 3.2.2.1 Le solaire photovoltaïque

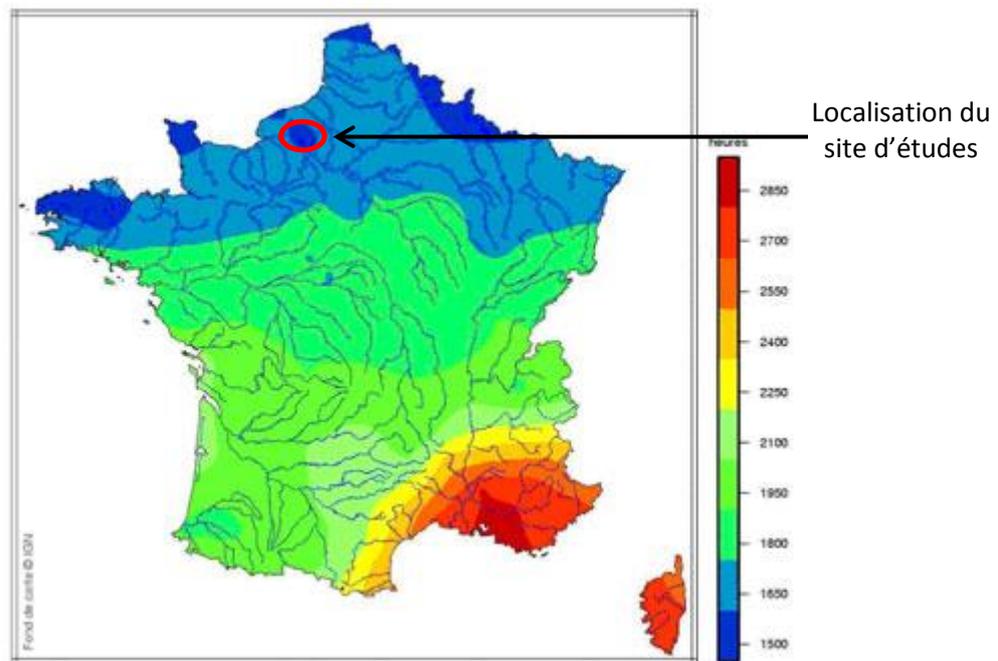
Selon les données météorologiques de la station de Evreux, la durée d'ensoleillement cumulée sur une année est de 1 684,4 heures. Le tableau suivant indique la durée d'ensoleillement moyen sur une année relevée à la station de Evreux.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Durée d'ensoleillement moyen (heures)	65,6	79,9	122,4	166,6	192,1	212,4	216,3	205,0	169,6	122,1	72,7	59,8	140,375

**Tableau 7 : Durée d'ensoleillement moyen sur une année**

Source : Météo France, station de Evreux (de 1991 à 2010)

La durée d'ensoleillement moyen sur une année, relevée à la station de Evreux est de 140,375 heures.



**Figure 8 : Carte d'ensoleillement de la France**

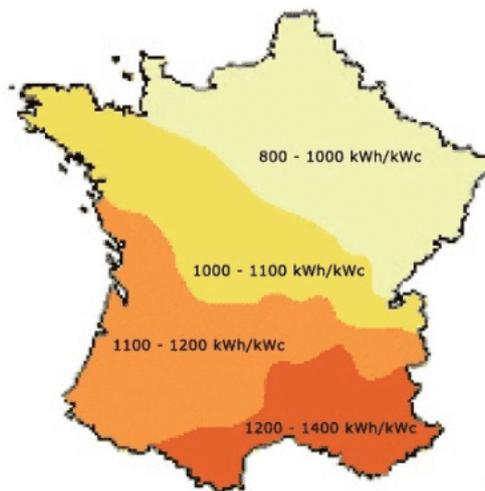
Source : Météo France

La production maximale sera obtenue avec les panneaux à 30° orientés pleins sud.

	Module à l'horizontal	Inclinaison à 30°	Inclinaison de 60°	Module à la verticale
<b>Orientation Est</b>	0,93	0,90	0,78	0,55
<b>Orientation Sud-Est</b>	0,93	0,96	0,88	0,66
<b>Orientation Sud</b>	0,93	<b>1,00</b>	0,91	0,68
<b>Orientation Sud-Ouest</b>	0,93	0,96	0,88	0,66
<b>Orientation Ouest</b>	0,93	0,90	0,78	0,55

**Tableau 8 : Facteur de correction applicable à la production photovoltaïque**

Source : [www.photovoltaique.info](http://www.photovoltaique.info)



**Figure 9 : Estimation de la puissance du gisement solaire en France**

Source : [www.solaire-guide.fr](http://www.solaire-guide.fr)

Dans la partie nord-est de la France, où se situe notamment le site d'études, une toiture solaire orientée vers le sud et inclinée à 30° recevrait une quantité de soleil de 800 à 1000 kWh annuelle par kWc installé.

### 3.2.2.2 Le solaire thermique

Selon les données climatologiques de la station de Evreux, relevées entre 1991 et 2010, les durées d'ensoleillement moyennes mensuelles oscillent entre 59,8 h et 216,3 h par mois en moyenne selon les mois. La durée d'ensoleillement moyenne annuelle sur le site d'études est d'environ 1 685 heures.

### 3.2.3 - CONCLUSION

Les contraintes techniques pour la pose de capteurs solaires sont les suivantes : l'orientation des capteurs solaires doit être au sud (+/- 35°) pour que la performance soit optimale. La pose de capteurs solaires peut avoir une incidence paysagère, elle est donc à adapter aux zones concernées par un périmètre de protection au titre de patrimoine.

### 3.2.3.1 Le solaire photovoltaïque

Le gisement solaire sur la commune Romilly-sur-Andelle est suffisant pour envisager le solaire photovoltaïque comme une des solutions énergétiques de la ZAC.

### 3.2.3.2 Le solaire thermique

Le gisement solaire sur la commune Romilly-sur-Andelle est suffisant pour envisager le solaire thermique comme une des solutions énergétiques de la ZAC. En revanche, le solaire thermique est utilisation pour la production de chauffage et d'eau chaude sanitaire ce qui ne semble pas adapté à la future ZAC qui est destiné à accueillir des bâtiments d'activités..

## 3.3 - ENERGIE GEOTHERMIQUE

### 3.3.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE

La géothermie est l'exploitation de la chaleur stockée dans le sous-sol. L'utilisation des ressources géothermales se décompose en deux grandes familles : la production d'électricité et la production de chaleur. En fonction de la ressource, de la technique utilisée et de ses besoins, les applications sont multiples.

A la différence des énergies fossiles, la géothermie est présente dans tous les sous-sols et sous tous les climats. Ses usages sont variés, car elle présente une large gamme de température et de profondeurs.

On distingue généralement :

- « La géothermie très basse énergie » (température inférieure à 30°C) ne permet pas une utilisation directe de la chaleur par simple échange. Elle nécessite la mise en œuvre de pompes à chaleur (PAC) qui prélèvent cette énergie basse température dans le proche sous-sol ou dans les nappes phréatiques peu profondes pour l'augmenter à une température suffisante pour le chauffage ou la climatisation. Son fonctionnement est le suivant : des capteurs enterrés horizontalement ou verticalement en sous-sol captent les calories du sol ou de la nappe phréatique via un fluide caloporteur. Les échanges de chaleur entre fluides s'effectuent par l'intermédiaire d'une PAC eau/eau ou eau/sol.
- « La géothermie basse et moyenne énergie » repose sur l'utilisation directe de la chaleur de l'eau chaude contenue dans les aquifères profonds, dont la température est comprise entre 30 et 150 °C.
- « La géothermie haute énergie » est utilisée pour la production d'électricité. Cette production d'électricité d'origine géothermique est possible sur les réservoirs dont la température est comprise entre 150 et 350 °C et permettant des débits de production de fluides suffisants.

Type de géothermie	Caractéristiques	Utilisations
<b>Très basse énergie</b>	Terrains à moins de 100 m de profondeur (avec ou sans nappe d'eau) Température < 30°C	Chauffage et rafraîchissement de locaux avec une pompe à chaleur
<b>Basse énergie</b>	30°C < Température < 350°C	Chauffage urbain, utilisations industrielles, thermalisme, balnéothérapie
<b>Moyenne et haute énergie</b>	180°C < Température < 350°C	Production d'électricité
<b>Géothermie profonde</b>	Roches chaudes sèches à plus de 3 000 mètres de profondeur	Au stade de la recherche, pour l'électricité ou le chauffage

**Tableau 9 : Différents types de géothermie**

*Source : ADEME Haute-Normandie*

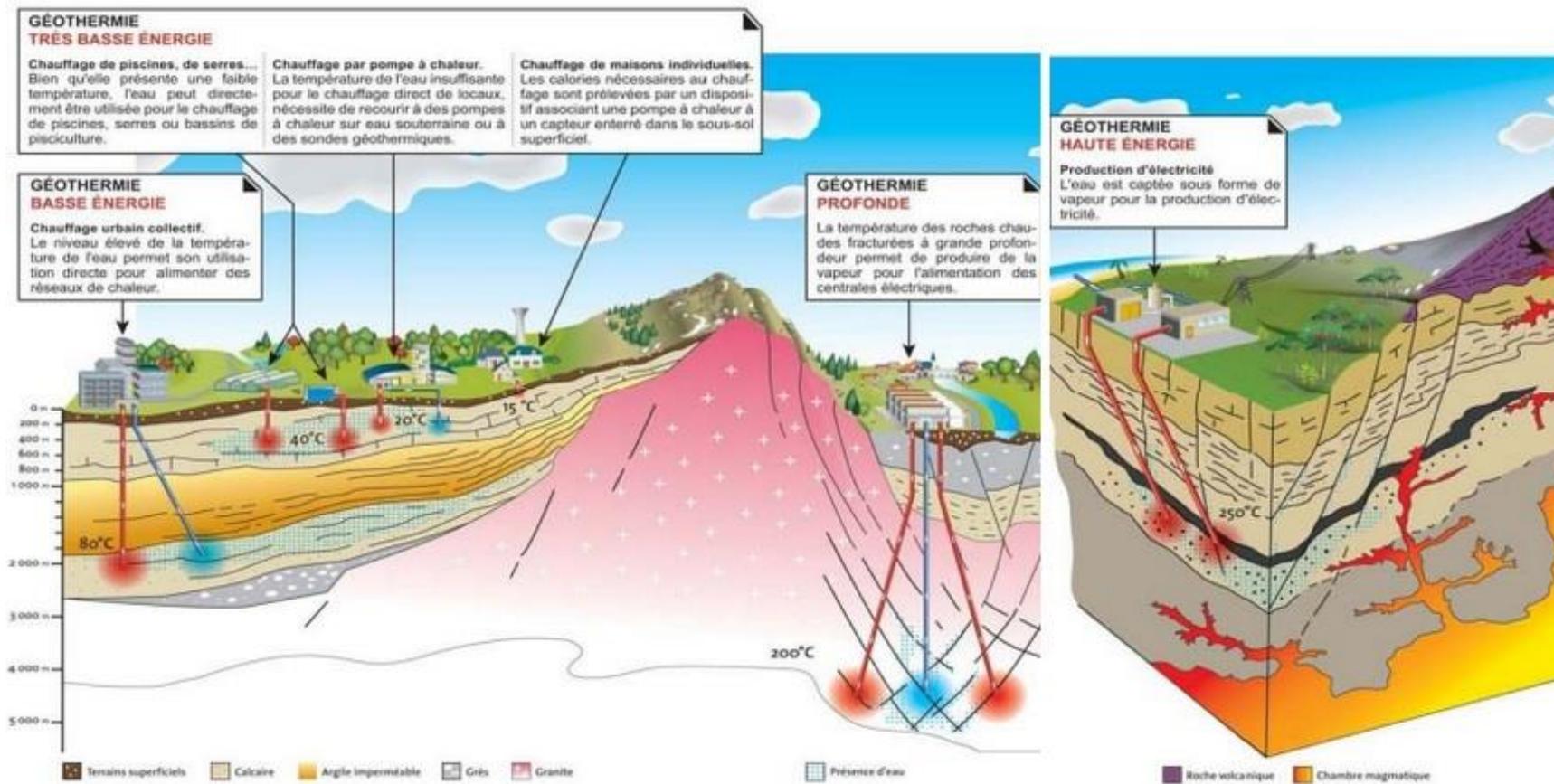


Figure 10 : Synthèse des techniques de géothermie

Source : ADEME/BRGM

### 3.3.2 - POTENTIALITE DU SITE

D'un point de vue géologique, la Haute-Normandie fait partie intégrante du Bassin Parisien. Ce territoire est constitué d'une succession de dépôts sédimentaires alternativement meubles et cohérents affleurants en une suite d'auréoles concentriques : les terrains les plus anciens affleurent à la périphérie et les plus récents occupent le centre. Cette forme caractéristique en « pile d'assiettes » est soumise à la subsidence (enfoncement progressif sous l'effet de la pression des terrains). Ces formations de couverture reposent sur un socle essentiellement granitique.

En Haute-Normandie, on recense plusieurs aquifères (couche de terrain ou roche suffisamment poreuse et perméable pour contenir une nappe d'eau souterraine) favorables à l'exploitation de la géothermie sur nappe. Concernant le sous-sol, la région possède un potentiel géothermique très basse température équivalent à celui de la région parisienne notamment pour les nappes de la craie. Ce potentiel est évalué à plus de 2 000 MW. Au moins la moitié de cette capacité concerne la craie qui couvre plus de 50% du territoire.

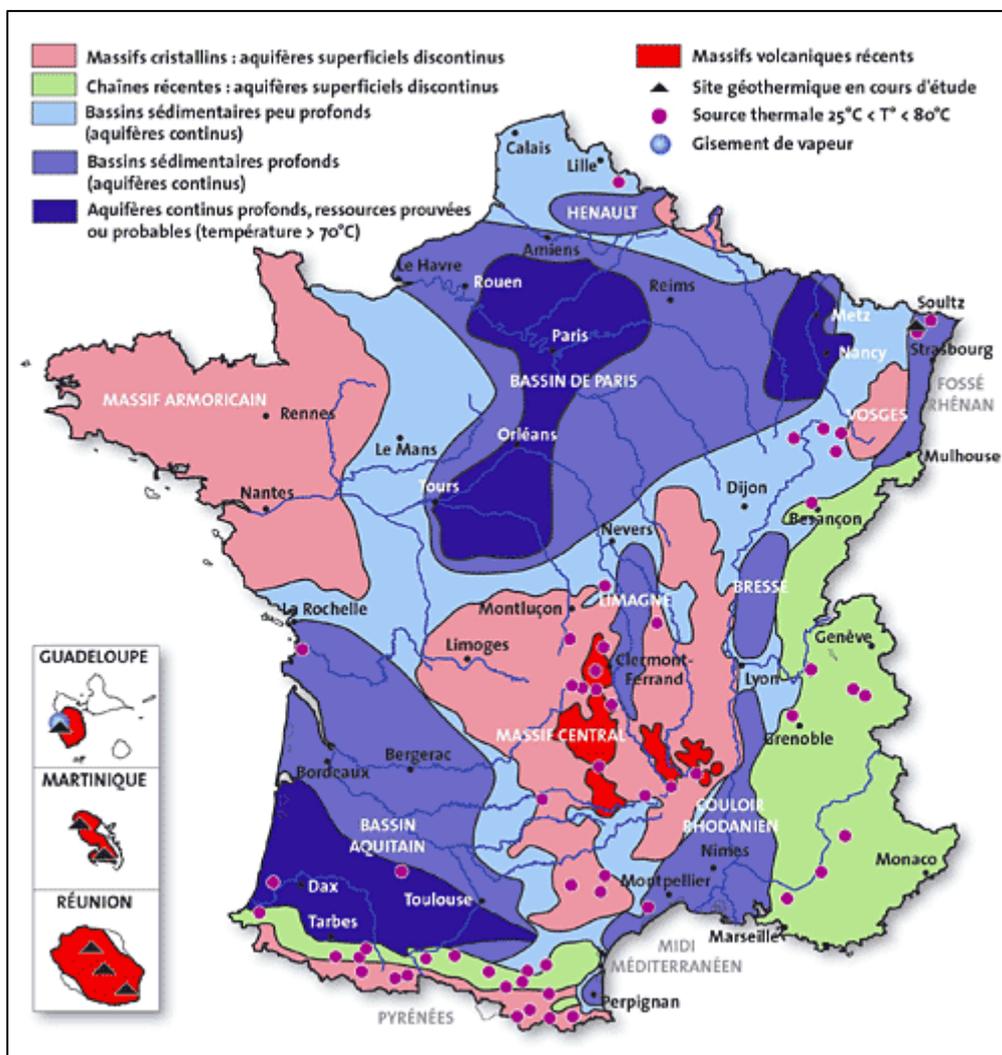


Figure 11 : Cartes des ressources géothermiques en France

Source : BRGM

La commune Romilly-sur-Andelle se situe sur des aquifères continus profonds avec des ressources prouvées (température > 70°). La commune du site d'étude sont dans une zone favorable à

l'exploitation des eaux chaudes profondes. De plus, l'exploitation par PAC sur aquifères ou sondes géothermiques présente un réel potentiel. En effet, la PAC sur nappe aquifère ou sur sonde géothermique cumule des avantages en termes environnementaux. Le coefficient de performance (COP) de la PAC est un des plus élevés et donc un des plus profitables pour l'environnement.

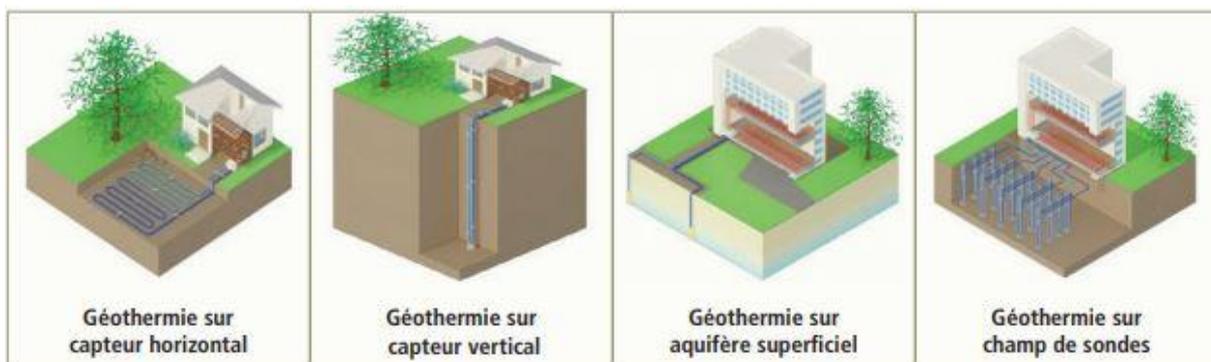
Une étude de l'ADEME recensait en 2011 une vingtaine de réalisations d'importance (hors particuliers) en Haute-Normandie, en matière d'installation de chauffage par PAC géothermique sur nappe phréatique. Selon l'Observatoire Climat-Energies de Haute-Normandie, environ 12 installations, dont la plupart sur nappe, de géothermie ont été mises en place. En effet, en Haute-Normandie, l'énergie du sol, de l'eau de mer ou des nappes nécessite la mise en œuvre de PAC du fait de la présence d'une nappe de craie particulièrement productive.

### 3.3.3 - CONCLUSION

Aujourd'hui, la très basse énergie géothermale est particulièrement adaptée au petit tertiaire et à l'habitat individuel neuf. L'installation de champs de capteurs enterrés, c'est-à-dire plusieurs sondes géothermiques alimentant une ou plusieurs PAC, ou le captage d'aquifères peu profonds permettraient notamment de chauffer des ensembles d'habitat collectif, des maisons de retraite, des bâtiments tertiaires ou des équipements plus importants.

Cependant, les installations de géothermie nécessitent des emprises au sol relativement importantes :

- Pour les capteurs horizontaux, la surface à mobiliser est de 1,5 à 2 fois la surface à chauffer. Cette solution est donc réservée aux grandes parcelles.
- Pour les capteurs verticaux (sondes ou forages), l'emprise au sol est plus réduite mais des distances minimales doivent être respectées : 5m par rapport aux arbres, 3m par rapport aux fondations des maisons, 10m par rapport aux sondes entre elles.



**Figure 12 : Les différents types de géothermie superficielle**

Source : ADEME/BRGM

L'utilisation de capteurs verticaux est donc préconisée pour la géothermie sur le projet de la ZAC. Des sondages locaux sont nécessaires pour mesurer le potentiel exact de la nappe.

Il est donc envisageable d'utiliser l'énergie géothermique très basse énergie à l'échelle de la ZAC.

## 3.4 - ENERGIE AEROTHERMIQUE

### 3.4.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE

L'aérothermie fonctionne sur un principe similaire à la géothermie, à la différence que les calories sont captées dans l'air plutôt que dans le sol. Une pompe à chaleur capte la chaleur de l'air qu'elle comprime pour monter la température de l'air ou d'un fluide caloporteur circulant dans le bâtiment. La pompe à chaleur fonctionne à l'électricité et sa performance est mesurée par un coefficient de performance (COP) correspondant au KWh de chaleur produit par rapport au KWh électrique consommé.

L'ADEME conseille que la COP soit supérieure à 3,4 pour que l'installation d'un tel système soit valable.

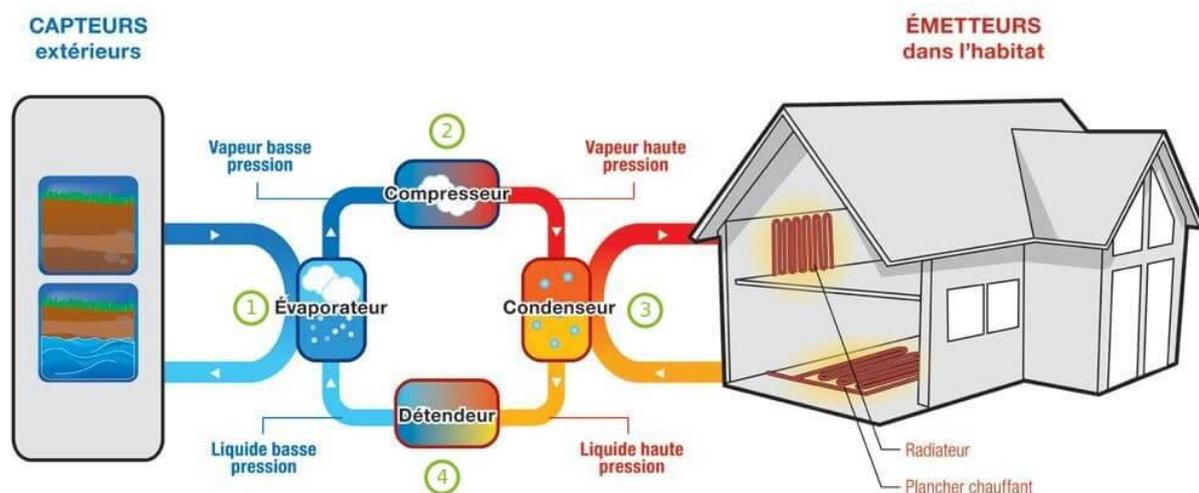


Figure 13 : Schéma de principe de l'aérothermie

Source : les énergies renouvelables

### 3.4.2 - POTENTIALITE DU SITE

Le rendement de l'aérothermie est inversement proportionnel à l'écart de température entre l'intérieur chauffé et l'extérieure où l'air est puisé.

Selon les données climatologiques de la station de Evreux, relevées entre 1991 et 2010, les températures minimales moyennes mensuelles sont les suivantes :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Températures min moyennes mensuelles (°C)	1,5	1,5	3,4	5,0	8,5	11,2	13,2	13,3	10,5	7,8	4,3	1,5	6,8

Tableau 10 : Températures minimales moyennes mensuelles

Source : Météo France, station de Evreux (27)

Le nombre moyen annuel de jours où les températures maximales sont en dessous de 0°C est de 5,1 et le nombre moyen de jours annuels où les températures minimales sont inférieures à -5°C est de 8,0 jours. Il gèle donc rarement.

### 3.4.3 - CONCLUSION

Les températures rendent possible l'installation de système d'aérothermie à condition que le système soit bien dimensionné et complété par une installation de chauffage complémentaire.

Une attention devra être portée au modèle de pompe à chaleur utilisé, le cas échéant, ces dernières pouvant engendrer un bruit de fond et un impact visuel sur les façades.

## 3.5 - ENERGIE HYDRAULIQUE – HYDROELECTRIQUE

### 3.5.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE

L'énergie hydraulique permet de fabriquer de l'électricité grâce à la force de l'eau. Cette force dépend soit de la hauteur de la chute d'eau soit du débit des fleuves et des rivières.

On distingue le grand hydraulique, le petit hydraulique et les énergies marines.

#### 3.5.1.1 Grand hydraulique

A l'image des moulins à eau de jadis, l'hydroélectricité ou production d'électricité par captage de l'eau est apparue au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle. L'eau fait tourner une turbine qui entraîne un générateur électrique qui injecte les kilowattheures sur le réseau.

L'énergie hydraulique représente 19% de la production totale d'électricité dans le monde et 13% en France. C'est la source d'énergie renouvelable la plus utilisée. Cependant, tout le potentiel hydroélectrique mondial n'est pas encore exploité.

#### 3.5.1.2 Petit hydraulique

Si toutes les installations de petite puissance sont regroupées sous le terme de petite centrale hydraulique (PCH), on distingue :

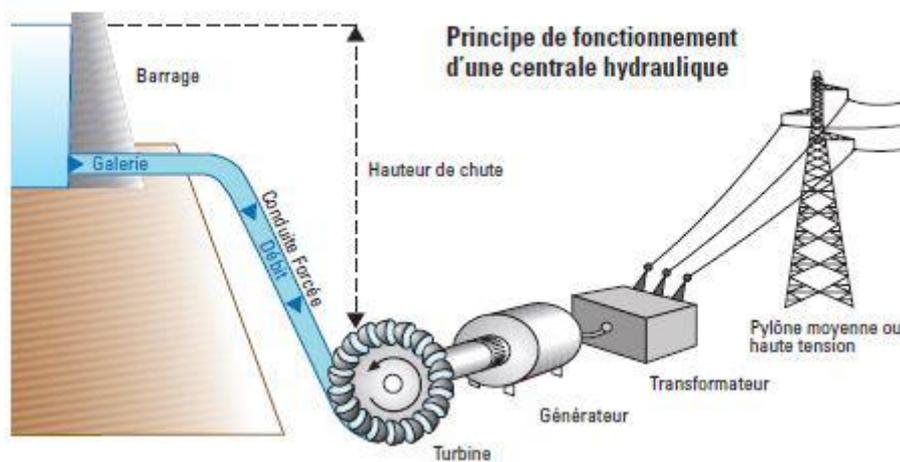
- La pico-centrale : inférieure à 20 kW ;
- La microcentrale : de 20 kW à 500 kW ;
- La mini-centrale : de 500 kW à 2 MW ;
- La petite centrale : de 2 à 10 MW.

Construite au fil de l'eau, la petite hydroélectricité ne demande ni retenues ni vidanges ponctuelles susceptibles de perturber l'hydrologie, la biologie ou la qualité de l'eau.

Les microcentrales hydroélectriques fonctionnent comme les grandes centrales des barrages qui exploitent l'énergie des fleuves.

Le potentiel français de création de PCH est estimé à au moins 1 000 MW.

Energie décentralisée, la petite hydroélectricité maintient ou crée une activité économique dans les zones rurales.



**Figure 14 : Schéma de principe d'une centrale hydraulique**

Source : L'encyclopédie de l'énergie

## 3.6 - BIOMASSE

### 3.6.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE

#### 3.6.1.1 La filière bois énergie

Le bois est la première source d'énergie renouvelable utilisée en France, où la ressource est présente en quantité. Le bois énergie est donc appelé à contribuer largement aux objectifs énergétiques et climatiques français. Au-delà de sa contribution au développement des énergies renouvelables, la biomasse énergie, et principalement l'utilisation du bois, présente plusieurs avantages :

- Elle constitue une ressource abondante et locale : le taux de prélèvement de bois ne représente actuellement qu'environ la moitié de l'accroissement naturel de la forêt en France ;
- Elle émet peu de CO<sub>2</sub> par rapport aux énergies fossiles ;
- Elle est compétitive : pour le particulier, le prix du bois bûche est en moyenne deux fois moins cher que le gaz naturel et près de trois fois moins cher que le fioul ;
- Elle est créatrice d'emplois : 85 000 emplois potentiels en 2015, dont une part importante pour l'approvisionnement, c'est-à-dire des emplois locaux et non délocalisables ;
- Elle implique des acteurs locaux, et donc impulse une dynamique territoriale.

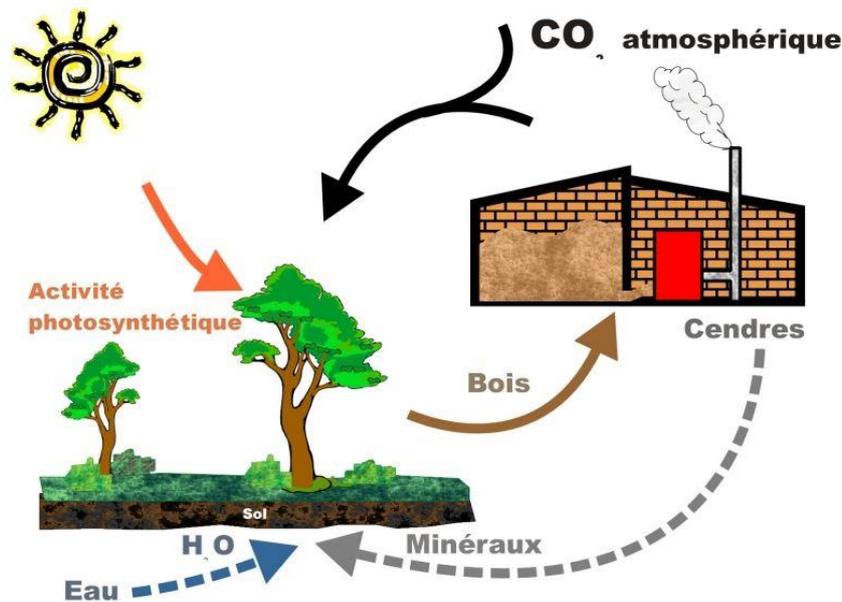


Figure 15 : Schéma de principe de la filière bois énergie

Source : Biomasse Normandie

❖ Bois bûches

Une démarche de qualité régionale a été mise en place par « Professionbois », l'interprofession forêt-bois normande, avec la création de la marque Normandie Bois Bûche. Elle identifie les professionnels de la région Normandie du bois de chauffage engagés dans une démarche de qualité des produits et des services. Le site [www.normandieboisbuche.com](http://www.normandieboisbuche.com) permet de localiser les fournisseurs de bois bûche engagés dans cette démarche.

❖ Granulés de bois

Les granulés de bois sont fabriqués avec de la sciure issue de l'industrie du bois : ces sciures sont transformées en granulés par pressage si elles sont sèches, elles sont préalablement séchées avant compression si elles sont humides. Dans les deux cas, les granulés ne comportent pas d'additifs. Le granulé bois est un produit beaucoup plus homogène que la plaquette, donc plus facilement utilisable, mais il nécessite plus d'énergie pour sa fabrication. Le bois granulé peut être livré en sac ou en vrac.

### 3.6.1.2 Biogaz

Le biogaz est une énergie renouvelable produite grâce à un procédé biologique : la méthanisation. « La méthanisation est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques, en produisant une énergie renouvelable, le biogaz, et un fertilisant, le digestat. En l'absence d'oxygène (digestion anaérobie), les bactéries dégradent partiellement la matière organique. » (Source : [www.aile.asso.fr](http://www.aile.asso.fr))

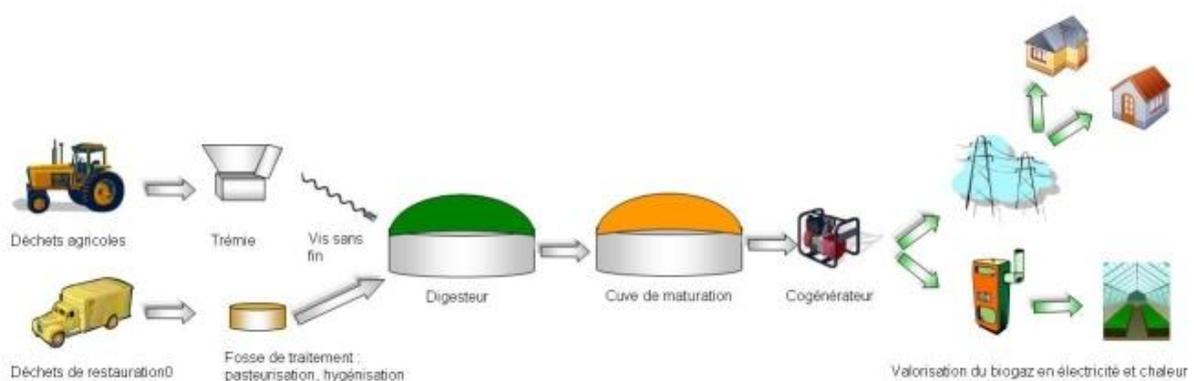
Les intérêts de la méthanisation sont multiples :

- Valoriser la matière organique fermentescible du territoire ;
- Produire une énergie renouvelable et locale ;
- Produire un fertilisant, le digestat, substituable aux engrais minéraux ;
- Recycler et restituer au sol la matière organique et les éléments fertilisants ;
- Réduire la production de gaz à effet de serre.

Le biogaz peut être valorisé en alimentant une unité de cogénération qui produira de l'électricité (35 à 40%) et de la chaleur renouvelable (45 à 50%).

Un projet de méthanisation peut s'envisager à l'échelle d'une exploitation agricole ou à une échelle territoriale plus étendue.

Le schéma suivant résume l'organisation d'une filière locale structurée de méthanisation :



**Figure 16 : Schéma de principe de la méthanisation**

Source : Biogaz énergies renouvelables

## 3.6.2 - POTENTIALITE DU SITE

### 3.6.2.1 La filière Bois-Energie

La filière Bois-Energie connaît un développement historique en Haute-Normandie.

Suite à la réalisation de toutes ces opérations, il est possible de tirer aujourd'hui un bilan plus que satisfaisant sur l'utilisation du Bois-Energie. C'est incontestablement une source d'énergie renouvelable moderne et compétitive pour l'industrie, les collectivités et le tertiaire.

La forêt s'étend sur 226 000 hectares en Haute-Normandie, ce qui représente un taux de boisement de 18%. Ce taux est inférieur à la moyenne métropolitaine qui est de 27 %. En Seine-Maritime, le taux de boisement est de 16% pour 21% dans l'Eure.

De plus, la Haute-Normandie compte environ 13 300 km de haies boisées.

Le volume de bois sur pied de la forêt haut-normande est de 42 millions de m<sup>3</sup> (IGN 2013) (hors branche inférieure à 7 cm de diamètre). Il est composé de 85% de feuillus et à 15% de résineux.

Comme dans le reste du territoire national, la forêt publique représente un quart de la surface forestière, soit 63 700 hectares. Sa particularité est d'être essentiellement domaniale (forêt appartenant au domaine privé de l'Etat) (55 000 ha), et surtout implanté en Seine-Maritime.

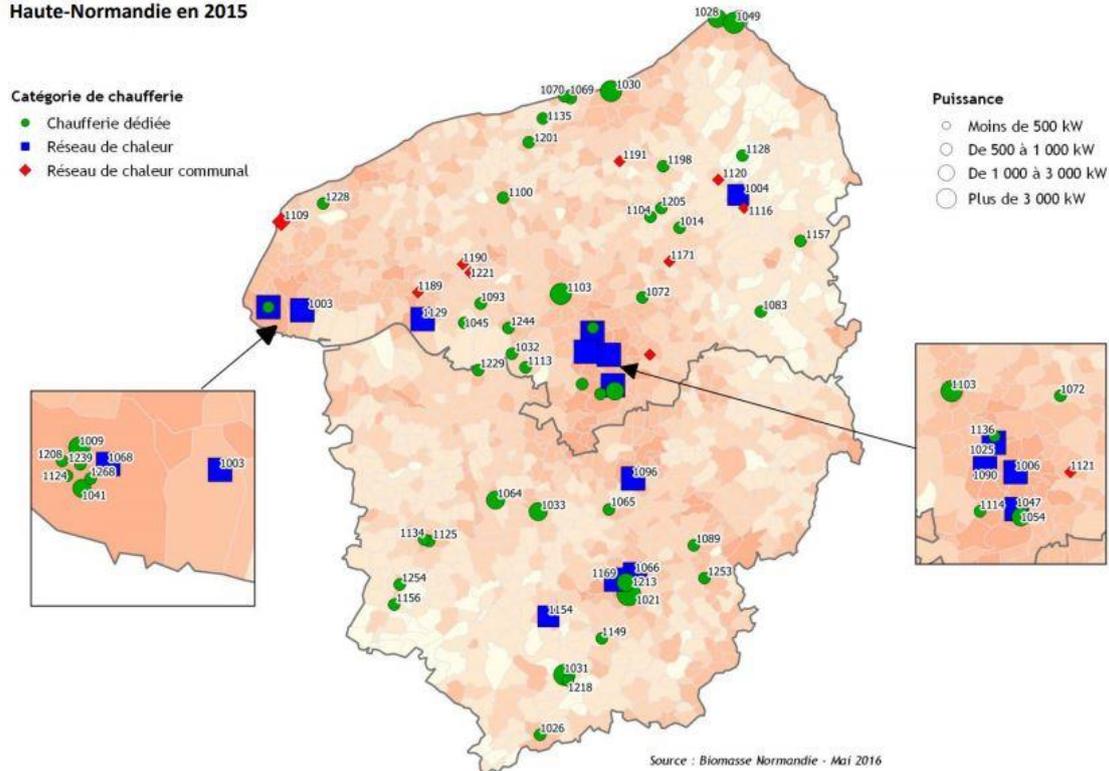
Dans l'Eure, la forêt privée occupe une place plus importante : 106 000 hectares pour seulement 54 000 hectares en Seine-Maritime (Source : ONF – IFN).

En Normandie, le stock de bois sur pied est estimé à 110 millions de tonnes. Sa production annuelle représente près de 4,5 millions de tonnes de bois valorisables, aujourd'hui mobilisées aux deux tiers seulement.

Encore assez peu développées en France, les chaufferies collectives au bois présentent l'avantage de permettre la valorisation de grandes quantités de bois dans des conditions de performances énergétiques et écologiques optimales.

Cependant, la filière Bois-Energies est assez bien développée en Haute-Normandie, à la fois dans son usage traditionnel (bois bûches) quand dans des utilisations plus modernes (bois déchiqueté, bois granulé).

**Localisation des chaufferies collectives en Haute-Normandie en 2015**

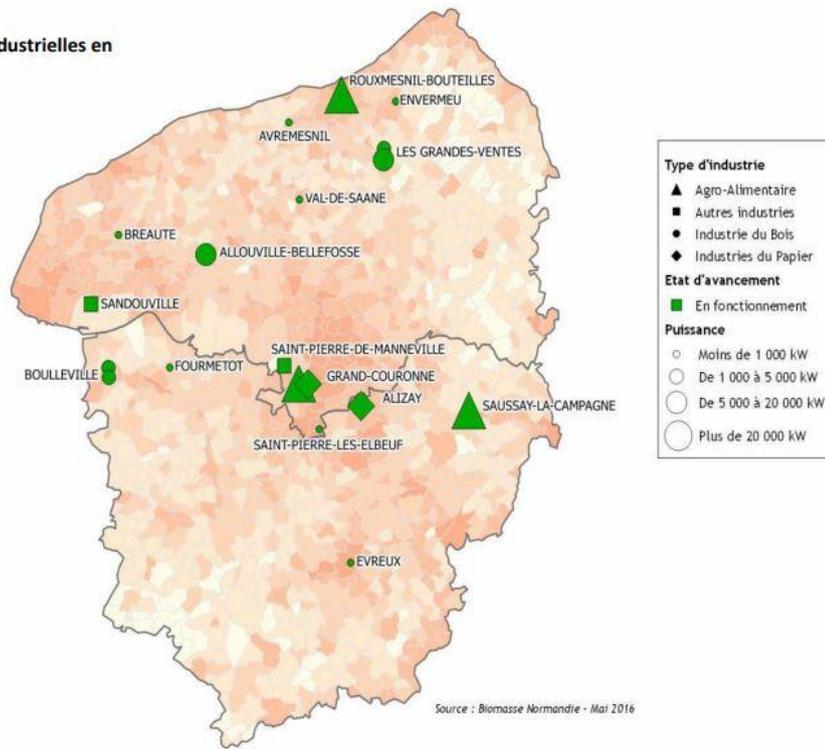


**Figure 17 : Localisation des chaufferies collectives en Haute-Normandie (2015)**

Source : Biomasse Normandie

En Haute-Normandie, à l'issue de l'année 2015, on dénombre 70 opérations de chaufferies collectives au bois en fonctionnement. L'ensemble des chaufferies en fonctionnement à la fin 2014 représente une puissance installée de 111 500 kW. Ces installations ont consommé près de 126 000 tonnes de bois (en année pleine moyenne) et permettent la réduction de 77 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

**Localisation des chaufferies industrielles en Haute-Normandie en 2015**



**Figure 18 : Localisation des chaufferies industrielles en Haute-Normandie (2015)**

Source : Biomasse Normandie

En Haute-Normandie, à l'issue de l'année 2015, on dénombre 18 opérations de chaufferies industrielles au bois en fonctionnement. L'ensemble des chaufferies industrielles en fonctionnement fin 2015 représente une puissance installée d'environ 327 000 kW et de consommations de bois de 660 000 tonnes, soit 142 000 tep/an de bois (dont on estime 519 000 tonnes en provenance de Normandie).

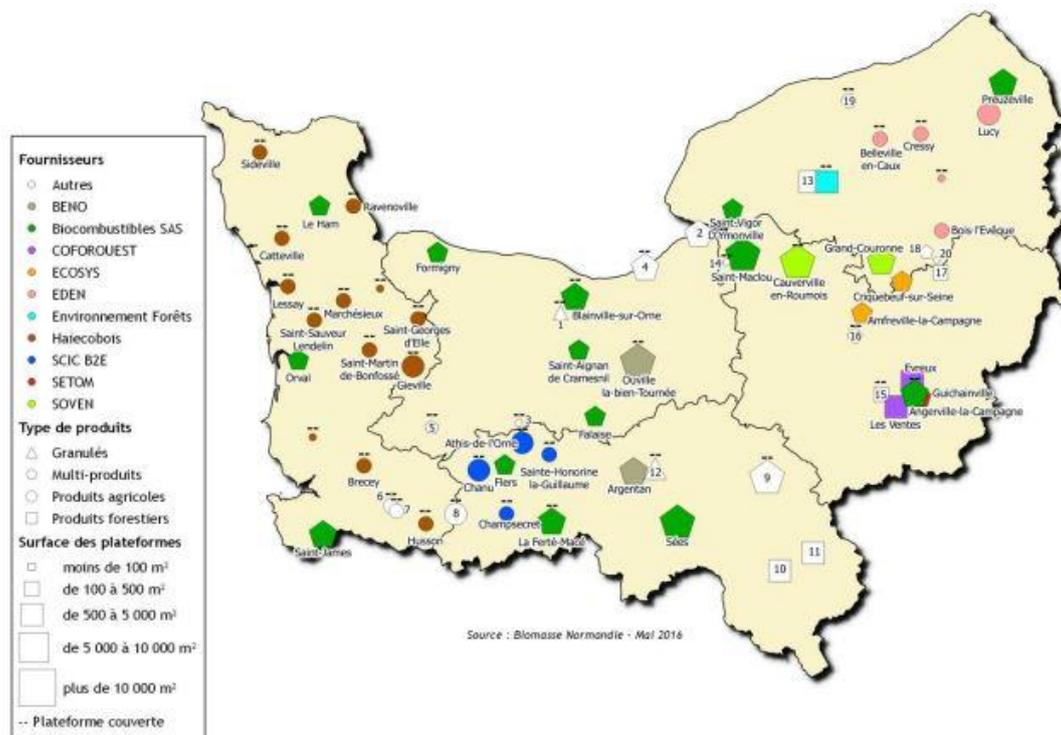


Figure 19 : Localisation des plates-formes en Normandie (2016)

Source : Biomasse Normandie

Les structures qui approvisionnent les chaufferies collectives en Normandie s'appuient sur un réseau identifié de près de 66 plates-formes dont 25 sont implantées sur le territoire haut-normand.

### 3.6.2.2 Méthanisation

Cette filière présente depuis longtemps sur le territoire régional poursuit son développement. En effet, à l'instar du développement national, la filière méthanisation connaît un essor important en Haute-Normandie. Dans cette région, 19 installations de méthanisations sont recensées dont 9 dans le département de l'Eure.

Installations de méthanisation en région Haute-Normandie	
A la ferme	7
Centralisée	3
Industrielle	7
STEP	1
Déchets ménagers et assimilés	1
Autres	0
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>

Tableau 11 : Installations d'unités de méthanisation en région Haute-Normandie Source : SINOE

Installations de méthanisation dans le département de l'Eure	
A la ferme	5
Centralisée	2
Industrielle	1
STEP	1
Déchets ménagers et assimilés	0
Autres	0
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

Tableau 12 : Installations d'unités de méthanisation dans le département de l'Eure

Source : SINOE



Figure 20 : Unités de méthanisation dans la région Haute-Normandie

Source : SINOE



Figure 21 : Unités de méthanisation dans le département de l'Eure

Source : SINOE

### 3.6.3 - CONCLUSION

#### 3.6.3.1 La filière Bois-Energie

L'intégration de la filière bois énergie est envisageable sur le site pour le chauffage des bâtiments. Cependant, cette installation nécessite de prévoir un espace pour la chaufferie et le stockage du combustible.

A noter que, en chauffage individuel, les problèmes de pollution atmosphérique induits par la combustion du bois par des installations individuelles peu performantes doivent être pris en compte dans le cadre du développement de la biomasse. Selon les résultats du programme européen Carbosol (coordonné par la CNRS), la combustion mal contrôlée de biomasse est responsable en hiver de 50 à 70% de la pollution carbonnée particulaire en Europe.

#### 3.6.3.2 Méthanisation

Une plateforme de méthanisation par voie sèche n'est pas une solution envisageable à l'échelle d'une ZAC compte tenu de la vocation du projet et des contraintes règlementaires liées à de telles installations.

## 3.7 - RECUPERATION DE LA CHALEUR FATALE

### 3.7.1 - PRESENTATION DE LA FILIERE

Face aux enjeux de la Transition Energétique et à un secteur Industrie qui représente plus de 20% des consommations énergétiques de la France, l'accompagnement des acteurs industriels dans leurs efforts de réduction des consommations d'énergie est essentiel. Ceci d'autant plus, qu'à production égale, un potentiel d'efficacité énergétique de l'industrie atteignable d'ici 2030 est estimé à 20%. Ainsi, la récupération et la valorisation de la chaleur fatale issue de l'industrie constituent un potentiel d'économies d'énergie à exploiter.

Lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite grâce à l'énergie apportée n'est pas utilisée en totalité. Une partie de la chaleur est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable qu'on parle de « chaleur fatale », couramment appelée aussi « chaleur perdue ». Cependant, cette appellation est en partie erronée puisque la chaleur fatale peut être récupérée. C'est seulement si elle n'est pas récupérée qu'elle est perdue.

La récupération de la chaleur fatale conduit à deux axes de valorisation thermique complémentaire :

- Une valorisation en interne, pour répondre à des besoins de chaleur propres à l'entreprise ;
- Une valorisation en externe, pour répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises, ou plus largement, d'un territoire, via un réseau de chaleur.

Au-delà d'une valorisation thermique, la chaleur récupérée peut aussi être transformée en électricité, également pour un usage interne ou externe.

Ainsi, les procédés industriels peuvent être mis en synergie : la chaleur récupérée sur un procédé peut servir à en alimenter un autre. Ils peuvent aussi constituer une source d'approvisionnement en chaleur pour un bassin industrielle, tertiaire ou résidentiel. Cette perspective, est d'autant plus intéressante que l'optimisation énergétique et son rôle crucial dans la lutte contre le réchauffement climatique nécessite une cohérence d'action entre tous les acteurs.

Les pompes à chaleur permettent d'élever le niveau thermique de la chaleur récupérée, et de satisfaire des besoins en chaleur de température plus élevée. Deux types de pompes à chaleur existent :

- Les pompes à chaleur à compression électrique ;
- Les pompes à chaleur à compression thermique.

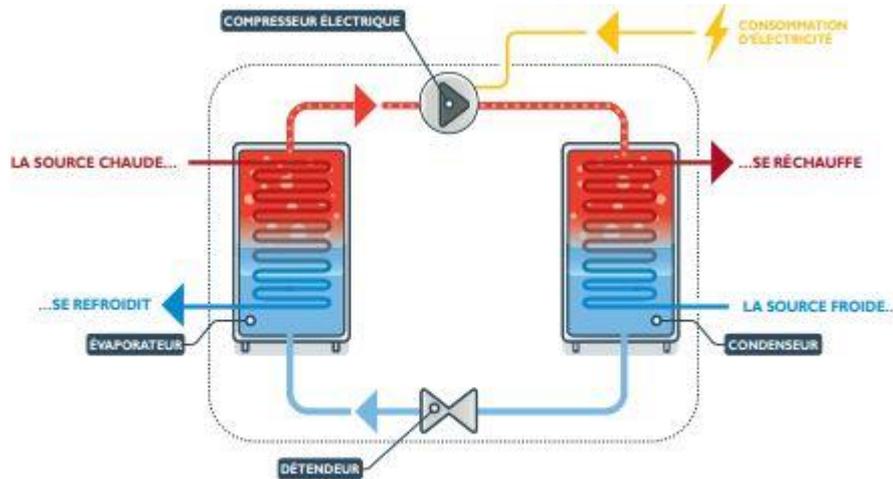


Figure 22 : Pompe à chaleur électrique : principe de fonctionnement

Source : ADEME

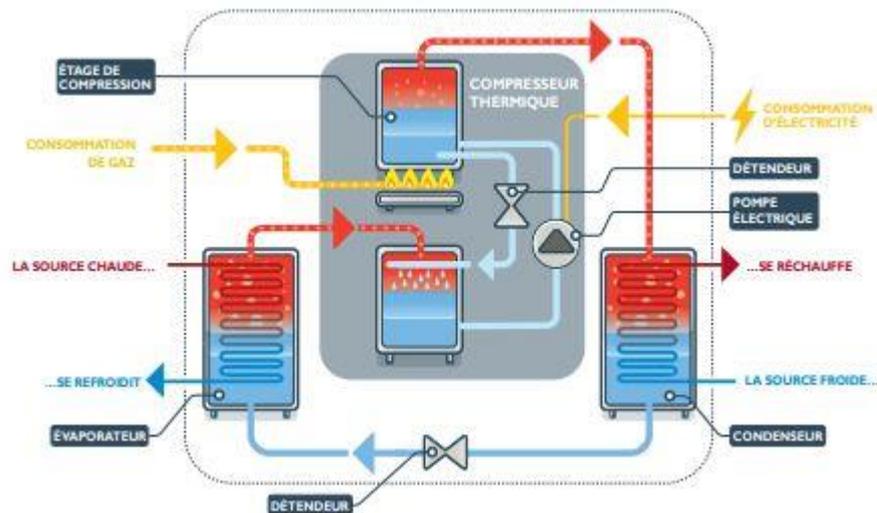


Figure 23 : Pompe à chaleur gaz à absorption : principe de fonctionnement

Source : ADEME

### 3.7.2 - POTENTIALITE DU SITE

Au niveau national, 16% de la combustion de combustibles dans l'industrie, soit 51 TWh sont rejetés sous forme de chaleur fatale > 100°C. Les ¾ du gisement concernent 4 grands secteurs d'activité :

- La chimie-plastiques (dont la plasturgie) ;
- Les matériaux non métalliques (le verre, le ciment) ;
- L'agro-alimentaire ;
- Les métaux (dont la sidérurgie).

Ce gisement provient des fumées de fours, des buées de séchoirs et des fumées de chaudières. Dans la région Haute-Normandie, le gisement de chaleur fatale (> 100 °C) est estimé à 5 110 GWh est se place en troisième position dans le classement par région.

	Gisement de chaleur fatale en GWh selon la gamme de température					Total
	100-199 °C	200-299 °C	300-399°C	400-499°C	>500 °C	
Haute-Normandie	2 660	1 330	640	320	160	5 110

**Tableau 13 : Gisement de chaleur fatale en GWh selon la gamme de température en région Haute-Normandie**

Source : ADEME

Répartition de la chaleur fatale industrielle (> 100 °C) par secteur industriel	
Secteur	%
Autres (dont raffinage et secret-statistique)	42
Minéraux métalliques	38
Industrie agro-alimentaire	7
Papier, carton	13

**Tableau 14 : Répartition de la chaleur fatale industrielle (> 100 °C) par secteur industriel**

Source : ADEME

### 3.7.3 - CONCLUSION

La région Haute-Normandie présente un réel intérêt pour la récupération de la chaleur fatale. En revanche, en fonction des activités futures de la ZAC, la solution énergétique de récupération de la chaleur fatale pourra potentiellement être une solution appropriée.