
AMENAGEMENT DE LA ZAC DES COSTILS

CONSULTATION DU PUBLIC SUITE A
DEMANDE D'AUTORISATION
ENVIRONNEMENTALE

6D – ETUDE SUR LE POTENTIEL EN
ENERGIES RENOUVELABLES

1 - ETUDE DE FAISABILITE SUR LE POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES, ALISE, NOVEMBRE 2017



Etude d'impact

Extension de la zone d'activité des Costils

Etude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables

DOCUMENT DEFINITIF

Novembre 2017



SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION	7
A. LE CONTENU DU DIAGNOSTIC	7
B. LA DEMARCHE D'ELABORATION DE L'ETUDE	7
1. Objectifs	7
2. Energies renouvelables à prendre en compte	7
3. Approche méthodologique	8
2 - LES POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES EN TERME D'ENERGIE ET DE CLIMAT.....	9
A. SCHEMA REGIONAL CLIMAT AIR ENERGIE - SRCAE	9
1. Consommation énergétique	9
2. Développement des énergies renouvelables	11
3. Les orientations du SRCAE Basse-Normandie	13
4. Les objectifs du SRCAE Basse-Normandie	17
B. PLAN CLIMAT ENERGIE TERRITORIAL DU DEPARTEMENT DE LA MANCHE.....	17
1. Les Plan Climat Energie Territorial	17
2. Le bilan carbone du département de la Manche	18
3. Le plan d'action du PCET du département de la Manche	19
C. LE PAYS DU COTENTIN	19
1. Le diagnostic énergétique du territoire du Pays du Cotentin	20
D. POLE DE PROXIMITE DES PIEUX	23
3 - PRESENTATION DU PROJET.....	24
A. DESCRIPTION GENERALE DU PROJET	24
1. Localisation	24
2. Périmètre d'étude.....	25
3. Objectifs du projet	28
4. Caractéristiques du site	29
4 - LES SOURCES D'ENERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES.....	30
A. LES ENERGIES FOSSILES	30
1. L'électricité.....	30
2. Le gaz naturel.....	30
3. Le fioul	30
4. Le gaz propane en bouteille ou en citerne	30
B. LES ENERGIES RENOUVELABLES	31
1. L'énergie éolienne (production d'électricité)	31
2. L'énergie solaire (production d'électricité et de chaleur).....	31
3. La géothermie (production de chaleur et d'électricité)	31
4. L'énergie hydraulique (production d'électricité)	31
5. La biomasse (production de chaleur et d'électricité)	31
C. REFLEXION SUR L'ECHELLE DE PRODUCTION	32
D. MIX ENERGETIQUE	33
5 - L'ETUDE DU POTENTIEL DE LA ZONE D'ETUDE VIS-A-VIS DES ENERGIES RENOUVELABLES	
34	
A. ENERGIE EOLIENNE	34
1. Présentation de la filière.....	34
2. Potentialité du site	35
3. Conclusion.....	37
B. ENERGIE SOLAIRE	37

1.	Présentation de la filière.....	37
2.	Potentialité du site.....	38
3.	Conclusion.....	40
C.	ENERGIE GEOTHERMIQUE	40
1.	Présentation de la filière.....	40
2.	Potentialité du site.....	43
3.	Conclusion.....	44
D.	ENERGIE AEROTHERMIQUE.....	45
1.	Présentation de la filière.....	45
2.	Potentialité du site.....	45
3.	Conclusion.....	45
E.	ENERGIE HYDRAULIQUE – HYDROELECTRIQUE	46
1.	Présentation de la filière.....	46
2.	Potentialité du site.....	47
3.	Conclusion.....	48
F.	BIOMASSE	49
1.	Présentation de la filière.....	49
2.	Potentialité du site.....	51
3.	Conclusion.....	52
G.	ETUDE D'OPPORTUNITE DE CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTE PAR LES ENERGIES RENOUVELABLES	53
1.	Les réseaux de chaleur.....	53
2.	Etude d'opportunité d'un réseau de chaleur sur la ZAC des Costils.	55
6 -	SYNTHESE	58
7 -	ETUDE DE L'IMPACT DE LA MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	61
A.	LES USAGES ENERGETIQUES ATTENDUS	61
1.	Les usages liés aux bâtiments	61
2.	Les autres usages	61
B.	LES NIVEAUX DE PERFORMANCES ENERGETIQUES	62
1.	Définition des niveaux de performance énergétiques.....	62
2.	Les hypothèses de travail.....	64
C.	DEFINITIONS DES CONSOMMATIONS	67
1.	Les bâtiments du secteur tertiaire et commercial	67
2.	Les bâtiments du secteur artisanal (8h – 18h).....	68
3.	Les bâtiments du secteur industriel (3x8h).....	69
4.	La répartition des consommations	69
D.	COMPARATIF DES HYPOTHESES POUR LA DESSERTE EN CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE ET EN PRODUCTION D'ELECTRICITE	71
1.	Les différents hypothèses envisageables.....	71
2.	Comparaison des coûts d'investissement.....	73
3.	Comparaison des coûts de la facture énergétique et de l'empreinte carbone	74
4.	Comparaison des coûts de d'entretien	78
5.	Coût global sur une période de 20 ans	82
6.	Comparaison des émissions de gaz à effet de serre	83
E.	SYNTHESE.....	87
8 -	PISTES DE MESURES COMPENSATOIRES	88
A.	PRINICPE DE LA COMPENSATION CARBONE	88
1.	Compensation carbone volontaire	88
2.	La compensation carbone volontaire par des actions locales	88
B.	DES MESURES COMPENSATOIRES A L'ECHELLE LOCALE.....	88
1.	La compensation photovoltaïque	88
2.	La plantation de biomasse : vers la création d'un puits de carbone	89

9 - CONCLUSION.....	90
---------------------	----

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : CONSOMMATION D'ENERGIE PAR SECTEUR EN 2009 EN BASSE-NORMANDIE (EN TWh)	9
FIGURE 2 : CONSOMMATION D'ENERGIE PAR SECTEUR EN 2009 EN BASSE-NORMANDIE (EN TWh).....	10
FIGURE 3 : REPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PAR PRODUIT ENERGETIQUE EN 2009 EN BASSE-NORMANDIE	10
FIGURE 4 : REPARTITION DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE PAR PRODUIT ENERGETIQUE EN 2009 EN BASSE-NORMANDIE	11
FIGURE 5 : CONSOMMATION D'ENERGIE (EN GWh) PAR SECTEUR ET PAR PRODUIT EN 2009 EN BASSE-NORMANDIE.....	11
FIGURE 6 : CONSOMMATION D'ENERGIE ET PRODUCTION RENOUEVELABLE EN BASSE-NORMANDIE EN 2009	12
FIGURE 7 : REPARTITION DE LA PRODUCTION D'ENERGIE RENOUEVELABLE EN 2009 EN BASSE-NORMANDIE.....	13
FIGURE 8 : REPARTITION PAR SECTEUR DES ORIENTATIONS DU SRCAE DE BASSE-NORMANDIE.....	13
FIGURE 9 : REPARTITION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU TERRITOIRE DU DEPARTEMENT DE LA MANCHE.....	18
FIGURE 10 : CONSOMMATION D'ENERGIE PAR USAGE DU PAYS DU COTENTIN.....	21
FIGURE 11 : EMISSIONS TOTALES DE GAZ A EFFET DE SERRE PAR SECTEUR DU PAYS DU COTENTIN	22
FIGURE 12 : LOCALISATION DU SITE D'ETUDE A L'ECHELLE DEPARTEMENTALE	24
FIGURE 13 : EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS – PERIMETRE DE LA ZONE D'ETUDE.....	28
FIGURE 14 : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE EOLIENNE.....	34
FIGURE 15 : CARTOGRAPHIE DES ZONES FAVORABLES A L'EOLIEN.....	36
FIGURE 16 : CARTOGRAPHIE DU RAYONNEMENT SOLAIRE EN FRANCE	39
FIGURE 17 : SYNTHESE DES TECHNIQUES DE GEOTHERMIE	42
FIGURE 18 : CARTE DES RESSOURCES GEOTHERMIQUE EN FRANCE	43
FIGURE 19 : LOCALISATION DES INSTALLATIONS DE POMPES A CHALEUR GEOTHERMIQUES SUR NAPPE D'EAU AIDEES PAR LE CONSEIL REGIONAL.....	44
FIGURE 20 : RESEAU HYDROGRAPHIQUE AUX ALENTOURS DE LA ZONE D'ETUDE.....	47
FIGURE 21 : LES PLATES FORMES DE STOCKAGE ET DE CONDITIONNEMENT DE BOIS EN NORMANDIE	49
FIGURE 22 : SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE UNITE DE METHANISATION	50
FIGURE 23 : LOCALISATION DES CHAUFFERIES COLLECTIVES EN BASSE-NORMANDIE EN 2015	51
FIGURE 24 : LOCALISATION DES CHAUFFERIES INDUSTRIELLES EN BASSE-NORMANDIE EN 2015.....	51
FIGURE 25 : LOCALISATION DES INSTALLATIONS DE METHANISATION EN FONCTIONNEMENT ET EN CONSTRUCTION SUR LE TERRITOIRE BAS-NORMAND	52
FIGURE 26 : PLAN D'AMENAGEMENT DE LA ZAC DES COSTILS.....	65
FIGURE 27 : IDENTIFICATION DES SECTEURS D'ACTIVITES	65
FIGURE 28 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES PAR SECTEUR D'ACTIVITE SUR L'ENSEMBLE DE L'EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS	70
FIGURE 29 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES PAR TYPE D'USAGE SUR L'ENSEMBLE DE L'EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS TOUS SECTEURS CONFONDUS.....	71
FIGURE 30 : COUT D'INVESTISSEMENT DE CHAQUE HYPOTHESE.....	74
FIGURE 31 : COUT DE LA FACTURE ENERGETIQUE DE CHAQUE HYPOTHESE SUR UNE ANNEE	76
FIGURE 32 : COUT DE LA FACTURE ENERGETIQUE POUR CHAQUE HYPOTHESE SUR 20 ANS.....	78
FIGURE 33 : COUT D'ENTRETIEN POUR CHAQUE HYPOTHESE SUR UNE ANNEE	80
FIGURE 34 : COUT D'ENTRETIEN POUR CHAQUE HYPOTHESE SUR 20 ANS.....	81
FIGURE 35 : COUT GLOBAL DE CHAQUE HYPOTHESE SUR 20 ANS	83
FIGURE 36 : EMPREINTE CARBONE DES ENERGIES	84
FIGURE 37 : EMPREINTE CARBONE (kgCO2/AN) DE CHAQUE HYPOTHESE ENVISAGEE.....	86

TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : ORIENTATIONS DU SRCAE DE BASSE-NORMANDIE CONCERNANT LES SECTEURS DU BATIMENT, TRANSPORT, DE L'URBANISME, DE LA PRECARITE ENERGETIQUE, DE LA PRODUCTION ENERGETIQUE ET DE L'INDUSTRIE	16
TABLEAU 2 : REPARTITION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU TERRITOIRE DU DEPARTEMENT DE LA MANCHE	18
TABLEAU 3 : CONSOMMATION D'ENERGIE PAR USAGE DU PAYS DU COTENTIN	20
TABLEAU 4 : EMISSIONS TOTALES DE GAZ A EFFET DE SERRE PAR SECTEUR DU PAYS DU COTENTIN (kTeqCO ₂)	21
TABLEAU 5 : LES OBJECTIFS DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU PAYS DU COTENTIN	22
TABLEAU 6 : CONSOMMATION D'ENERGIE POUR LE POLE DE PROXIMITE DES PIEUX	23
TABLEAU 7 : LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE L'INSTALLATION	24
TABLEAU 8 : PARCELLES CADASTRALES CONCERNEES PAR LE PERIMETRE D'ETUDE	28
TABLEAU 9 : TABLEAU DES DIFFERENTES ENERGIES RENOUVELABLES AINSI QUE L'ECHELLE LA PLUS COURANTE DE MISE EN PLACE DES SYSTEMES CONSIDERES	33
TABLEAU 10 : COMMUNES FAVORABLES AU GRAND EOLIEN ET AU PETIT EOLIEN	35
TABLEAU 11 : MOYENNE DU VENT MOYEN	36
TABLEAU 12 : FACTEUR DE CORRECTION APPLICABLE A LA PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE	39
TABLEAU 13 : DUREE D'INSOLATION MOYENNE MENSUELLE	40
TABLEAU 14 : DIFFERENTS TYPES DE GEOTHERMIE	41
TABLEAU 15 : TEMPERATURES MINIMALES MOYENNES MENSUELLES	45
TABLEAU 16 : LES POSSIBILITES D'APPROVISIONNEMENT DES RESEAUX DE CHALEUR	54
TABLEAU 17 : AVANTAGES DES RESEAUX DE CHALEUR	54
TABLEAU 18 : MODULATIONS APPLICABLES AU « CEPMAX » EN FONCTION DU CONTENU CO ₂ DU RESEAU	55
TABLEAU 19 : ATOUTS ET CONTRAINTES DES ENERGIES RENOUVELABLES ETUDIES	60
TABLEAU 20 : EMPRISE AU SOL DE L'EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS	66
TABLEAU 21 : SURFACE CHAUFFEE PAR SECTEUR DE L'EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS	66
TABLEAU 22 : CALCUL DES COEFFICIENTS CEPMAX ET BBIOMAX	67
TABLEAU 23 : CALCUL DES COEFFICIENTS CEPMAX ET BBIOMAX	68
TABLEAU 24 : CALCUL DES COEFFICIENTS CEPMAX ET BBIOMAX	69
TABLEAU 25 : REPARTITION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUE SUR L'ENSEMBLE DE L'EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS	70
TABLEAU 26 : HYPOTHESE ENVISAGEE POUR L'ALIMENTATION EN CHAUFFAGE, ECS ET ELECTRICITE POUR L'EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS	72
TABLEAU 27 : COUT D'INVESTISSEMENT DES DIFFERENTS TYPES D'INSTALLATION ENVISAGES	73
TABLEAU 28 : COUT D'INVESTISSEMENT DE CHAQUE HYPOTHESE	73
TABLEAU 29 : COUTS DES ENERGIES DITES "TRADITIONNELLES"	75
TABLEAU 30 : COUT DE LA FACTURE ENERGETIQUE POUR CHAQUE TYPE D'INSTALLATION SUR UNE ANNEE	76
TABLEAU 31 : COUT DE LA FACTURE ENERGETIQUE DE CHAQUE HYPOTHESE	76
TABLEAU 32 : EVOLUTION DES PRIX SUR 20 ANS	77
TABLEAU 33 : COUT DE LA FACTURE ENERGETIQUE POUR CHAQUE TYPE D'INSTALLATION SUR 20 ANS	77
TABLEAU 34 : COUT DE LA FACTURE ENERGETIQUE POUR CHAQUE HYPOTHESE SUR 20 ANS	78
TABLEAU 35 : COUT D'ENTRETIEN POUR CHAQUE TYPE D'INSTALLATION SUR UNE ANNEE	79
TABLEAU 36 : COUT D'ENTRETIEN POUR CHAQUE HYPOTHESE SUR UNE ANNEE	79
TABLEAU 37 : COUT D'ENTRETIEN POUR CHAQUE TYPE D'INSTALLATION SUR 20 ANS	81
TABLEAU 38 : COUT D'ENTRETIEN POUR CHAQUE HYPOTHESES SUR 20 ANS	81
TABLEAU 39 : COUT GLOBAL DE CHAQUE TYPE D'INSTALLATION SUR 20 ANS	82
TABLEAU 40 : EMPREINTE CARBONE DES ENERGIES	84
TABLEAU 41 : EMPREINTE CARBONE (kgCO ₂ /AN) DE CHAQUE HYPOTHESE ENVISAGEE	86
TABLEAU 42 : SYNTHESE DES HYPOTHESES ENVISAGEES POUR L'EXTENSION DE LA ZAC DES COSTILS	87

1 - INTRODUCTION

A. LE CONTENU DU DIAGNOSTIC

Dans le cadre d'un projet d'extension de la Zone d'Aménagement Concertée (ZAC) des Costils sur les communes Les Pieux (50) et Benoîtville (50), la Communauté d'Agglomération du Cotentin a confié au bureau d'études « ALISE Environnement » la réalisation de l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables. En effet, selon l'article L300-1 du Code de l'Urbanisme, *« toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel en énergie renouvelable. »*

Ce diagnostic passe par une analyse des différentes politiques environnementales en termes d'énergie et de climat concernant le territoire du projet, une présentation du projet et un inventaire de ses besoins en énergie, une réflexion sur le potentiel en développement des énergies renouvelables en fonction de l'échelle considérée et des atouts et contraintes de chaque énergie. En fonction du diagnostic des potentialités ainsi définies, différentes hypothèses d'utilisation d'énergie renouvelable sont alors proposées.

B. LA DEMARCHE D'ELABORATION DE L'ETUDE

1. Objectifs

Cette étude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables doit permettre d'analyser différentes ressources énergétiques renouvelables pertinentes pour alimenter l'opération d'extension de la ZAC des Costils.

L'objectif est de réduire les consommations d'énergies traditionnelles et ainsi limiter l'impact carbone du projet en accord avec les politiques environnementales en termes d'énergie et de climat aux échelles régionales, départementales et locales.

Les conclusions de cette étude visent à permettre :

- Un affinage des stratégies urbaines et architecturales intégrant au mieux le potentiel de développement en énergie renouvelable.
- L'étude de certaines solutions énergétiques, comme par exemple le raccordement ou la création d'un réseau de chaleur et/ou de froid.

2. Energies renouvelables à prendre en compte

Selon l'article L128-4 du Code de l'Urbanisme, l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables doit porter sur le *« potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone »*.

Sont considérées comme énergies renouvelables, les sources d'énergie prévues par l'article 29 de la loi de programme n°2005-781 du 13 juillet 2005 fixant les orientations de la politique énergétique :

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

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

3. Approche méthodologique

L'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables comprend 4 étapes.

➤ Etape 1 : Définitions des politiques environnementales présente sur le territoire

Une description des politiques environnementale permet de connaître les besoins énergétiques présents sur le territoire ainsi que les orientations politiques en termes d'adaptation au changement climatique et de diminution des émissions de gaz à effet de serre.

➤ Etape 2 : Définitions des ressources en énergie renouvelables

L'analyse des atouts et contraintes de chaque énergie renouvelable (EnR) ainsi que la pertinence entre l'échelle du projet et chaque EnR, permet la réalisation d'un diagnostic de faisabilité quant à l'utilisation des ressources en EnR pour le projet.

➤ Etape 3 : Définition des besoins en énergies

Une description du projet permet d'estimer les besoins énergétique qui lui sont associés, en fonction des surfaces et volumes utilisés et des activités prévues.

➤ Etape 4 : Les ressources permettant de combler les besoins : Présentation des solutions

En fonction des ressources en énergies renouvelables étudiées précédemment, des hypothèses seront proposées afin d'apprécier la faisabilité technique, financière et juridique de chaque solution.

2 - LES POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES EN TERME D'ÉNERGIE ET DE CLIMAT

A. 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 Basse-Normandie a été approuvé en décembre 2013.

1. Consommation énergétique

a) Secteurs

En Basse-Normandie, les consommations d'énergie finales s'élevaient à 40,4 TWh en 2009. Le secteur du bâtiment (habitat et tertiaire cumulé) constitue 52% du bilan des consommations d'énergie du territoire. Ces consommations sont essentiellement liées aux besoins thermiques : le chauffage représente 50% des consommations des activités tertiaires.

La figure ci-après présente la consommation d'énergie par secteur en 2009 dans l'ancienne région Basse-Normandie.

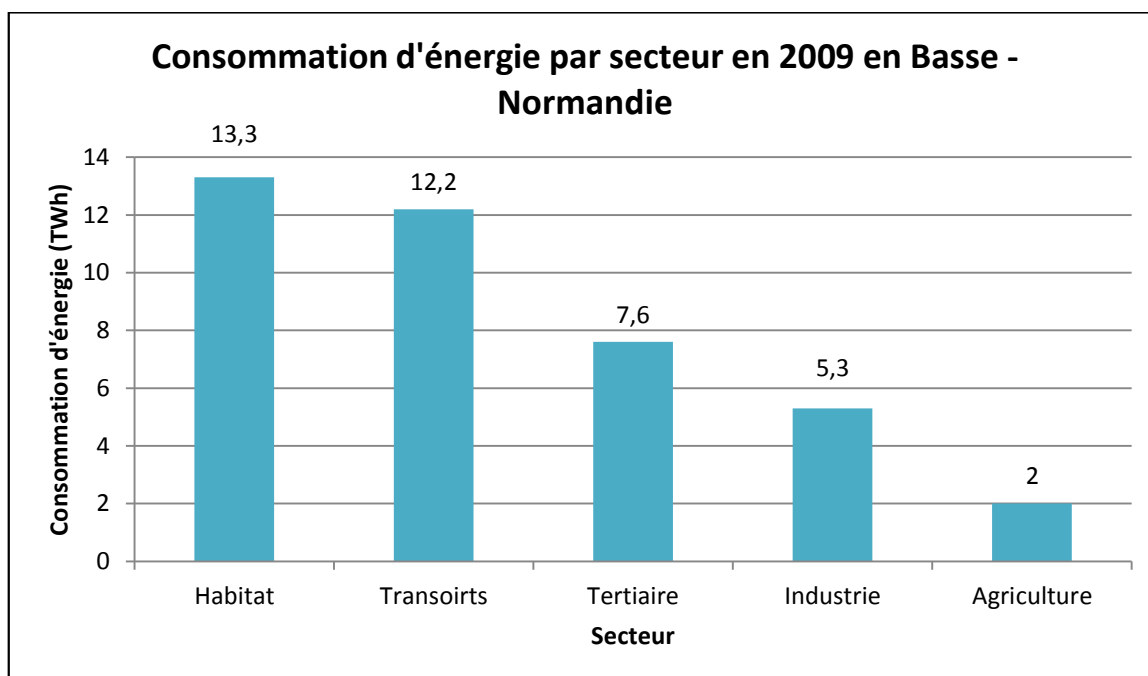


Figure 1 : Consommation d'énergie par secteur en 2009 en Basse-Normandie (en TWh)

Source : SRCAE de Basse-Normandie

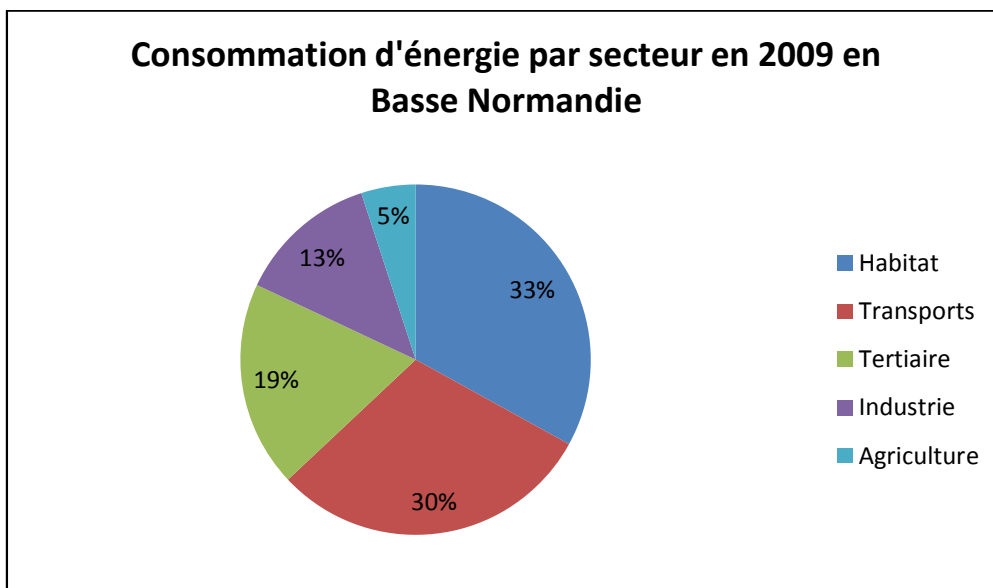


Figure 2 : Consommation d'énergie par secteur en 2009 en Basse-Normandie (en TWh)

Source : SRCAE de Basse-Normandie

b) Système énergétique

Le système énergétique en Basse-Normandie est encore largement dépendant des énergies fossiles. En effet, sur 40,4 TWh consommés en 2009, les produits pétroliers et le gaz naturel ont couvert les deux tiers de la demande.

La figure ci-après présente la répartition des consommations d'énergies par type de produits énergétiques.

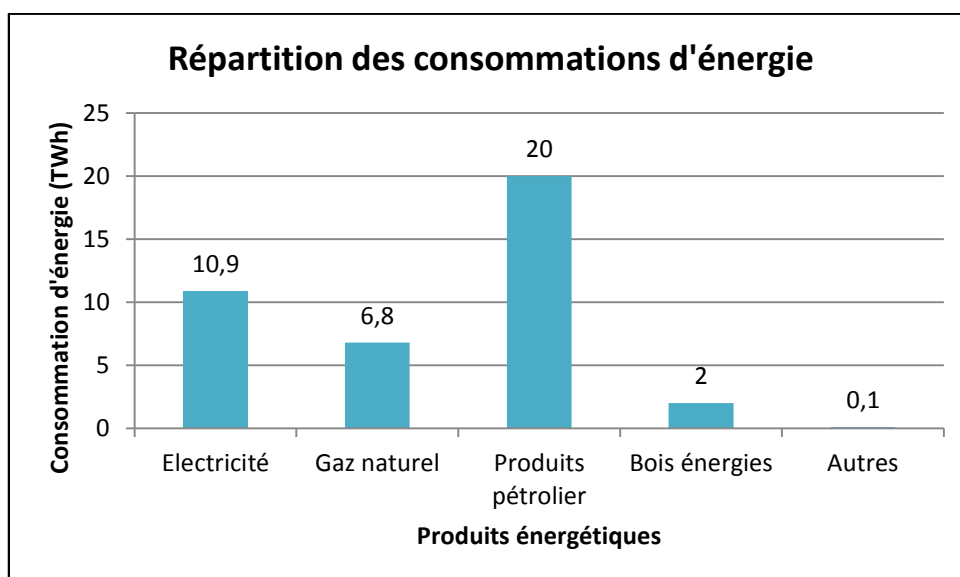


Figure 3 : Répartition de la consommation d'énergie par produit énergétique en 2009 en Basse-Normandie

Source : SRCAE de Basse-Normandie

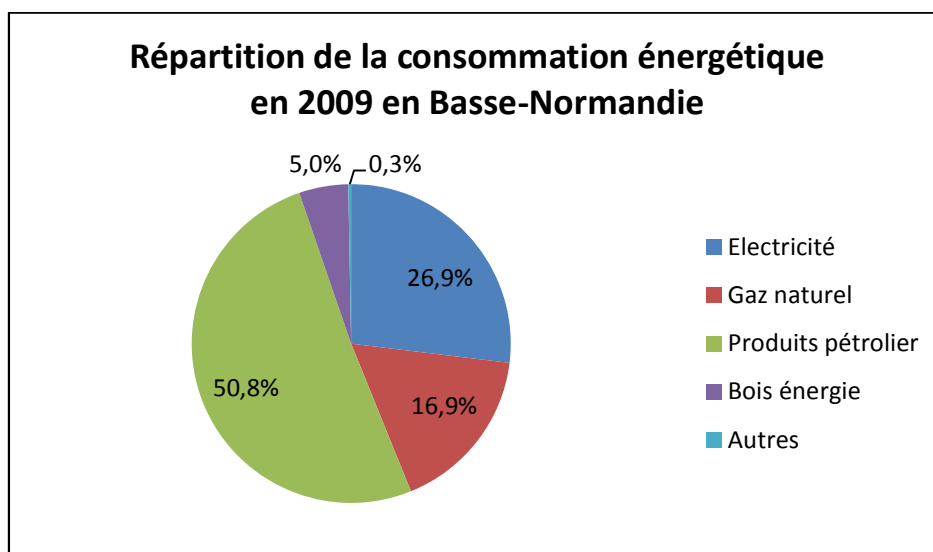


Figure 4 : Répartition de la consommation d'énergie par produit énergétique en 2009 en Basse-Normandie

Source : SRCAE de Basse-Normandie

Les consommations d'énergies sont variables d'un secteur à l'autre. Comme présenté sur la figure ci-après, les secteurs les plus dépendants des produits pétroliers sont les transports et l'agriculture. Le gaz naturel et l'électricité sont assez importants dans les consommations énergétiques de l'Industrie, du Tertiaire et de l'Habitat.

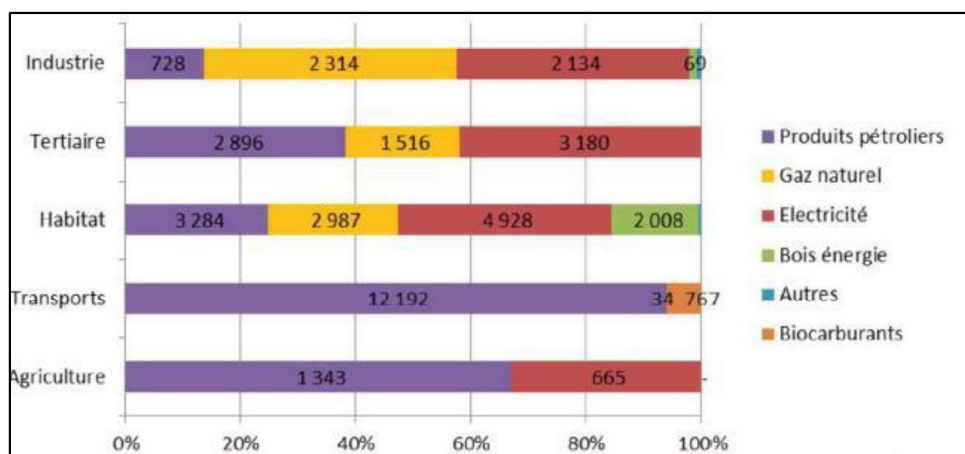


Figure 5 : Consommation d'énergie (en GWh) par secteur et par produit en 2009 en Basse-Normandie

Source : SRCAE de Basse-Normandie

2. Développement des énergies renouvelables

En Basse-Normandie, en 2009, la production d'énergie renouvelable s'élevait à 3 485 GWh (hors agro carburant), dont 91% pour la production de chaleur.

Les filières renouvelables produisaient l'équivalent de 2,8% de l'électricité consommée et de 19,8% de la chaleur consommée en une année sur le territoire régional. En excluant les biocarburants du secteur du transport, les énergies renouvelables couvrent 8,5% de la consommation énergétique totale (11% en incluant les biocarburants).

La production d'énergie solaire et photovoltaïque, en 2009, est marginale mais en développement. La production d'énergie thermique renouvelables était en revanche prédominante dans la répartition totale de la production d'énergie renouvelable bas-normande, dont 83% produite par le bois-énergie domestique.

a) Production thermique en Basse-Normandie

En Basse-Normandie, la production d'énergie thermique d'origine renouvelable s'élève à environ 3 200 GWh soit 7,5% de la consommation d'énergie finale en Basse-Normandie. Le bois de chauffage des ménages représente 83% de ce total et le bois énergie dans l'industrie environ 6%. Les 6% restants (chaufferie industrielles et collectives) sont partagés entre les logements et le secteur tertiaire.

b) Production électrique en Basse-Normandie

La production électrique est quant à elle dominée par la filière nucléaire, les énergies renouvelables sont encore peu présentes. L'électricité d'origine renouvelable produite en Basse-Normandie en 2009 s'élève à 310 GWh. L'éolien est la principale source contributrice avec 250 GWh devant l'hydraulique dont la production d'électricité s'élève à 48 GWh, en 2009. Le photovoltaïque a contribué pour 3 GWh à la production d'électricité renouvelable en 2009.

Les énergies renouvelables restent à un niveau de production encore marginal mais connaissent une forte croissance.

Les figures ci-après présentent la consommation d'énergie et la production d'énergie renouvelable ainsi que la répartition de la production de la production d'énergie renouvelable en 2009 en Basse-Normandie.

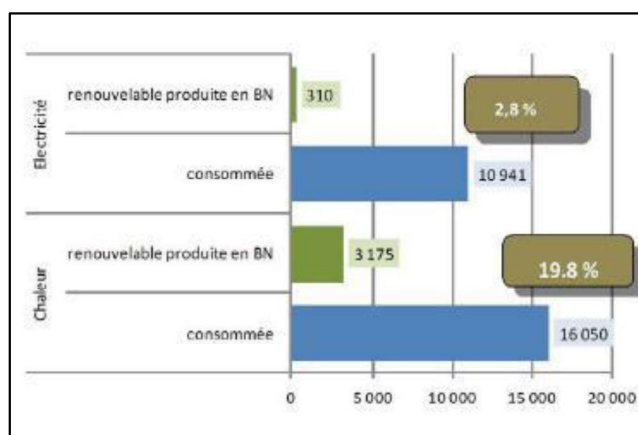


Figure 6 : Consommation d'énergie et production renouvelable en Basse-Normandie en 2009

Source : SRCAE de Basse-Normandie

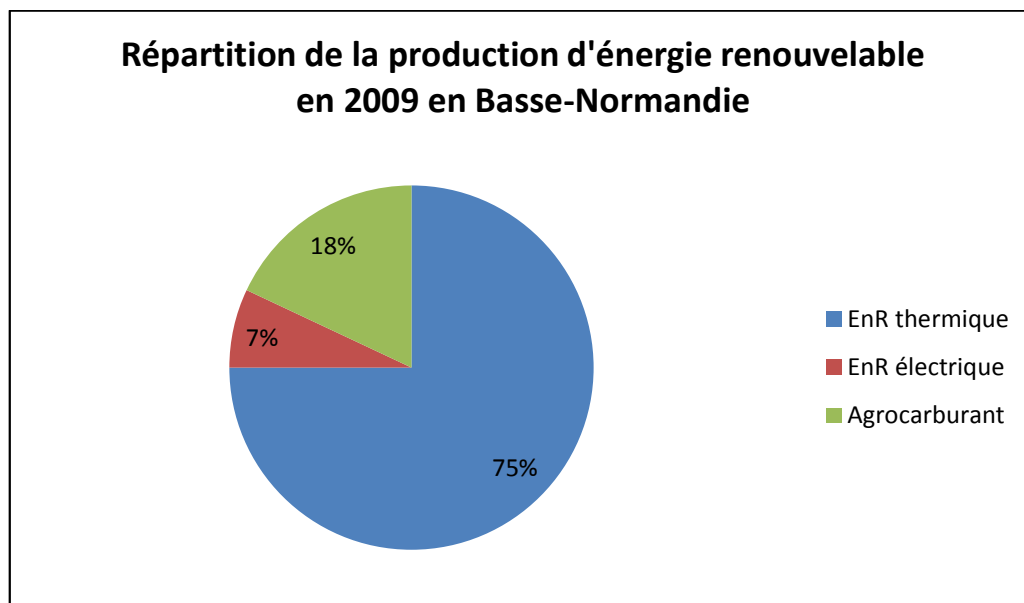


Figure 7 : Répartition de la production d'énergie renouvelable en 2009 en Basse-Normandie

Source : SRCAE de Basse-Normandie

3. Les orientations du SRCAE Basse-Normandie

Un total de 40 orientations stratégiques a été défini dans le SRCAE pour la région Basse-Normandie, répartie sur l'ensemble des secteurs de la manière suivante.

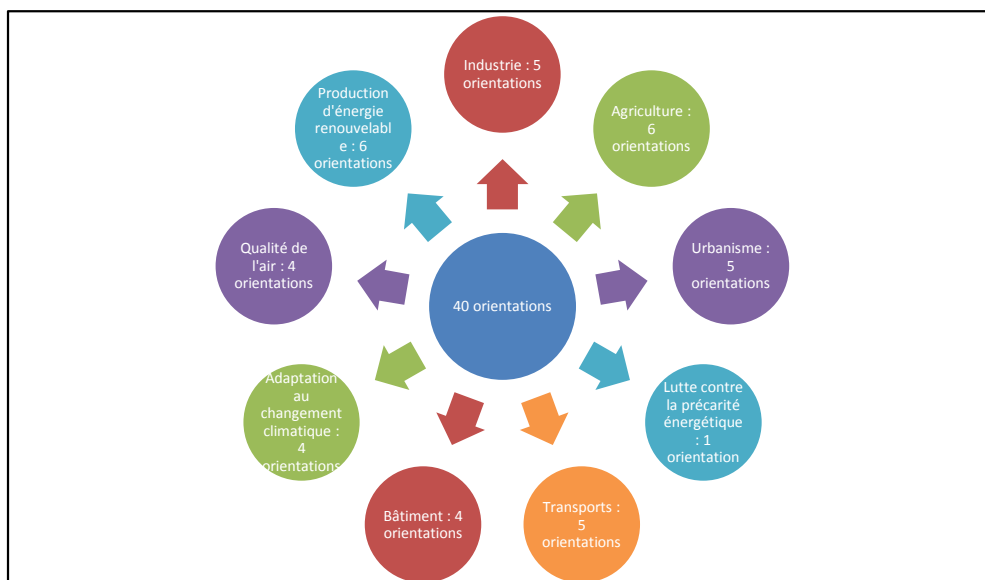


Figure 8 : Répartition par secteur des orientations du SRCAE de Basse-Normandie

Source : SRCAE de Basse-Normandie

Parmi ces orientations, celles liées au secteur du bâtiment, des transports, de l'urbanisme, de la précarité énergétique, de la production d'énergie et de l'industrie 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 B2, U5, P1, ENR1, ENR2, ENR3, ENR4, ENR5, ENR6 et I2.

Thème	Orientation
Bâtiment	B1 – Mettre en place un cadre de gouvernance régional réunissant les acteurs bas normands du bâtiment afin de définir et suivre des programmes de rénovation cohérents et efficaces qui tiennent compte de l'architecture des bâtiments, et de leurs caractéristiques thermiques réelles et de leur usage
	B2 – Former et qualifier les acteurs du bâtiment (maîtres d'ouvrage, entreprises, utilisateurs, etc.) aux nouvelles pratiques et techniques de rénovation et de construction durable et d'intégration des ENR dans le bâti
	B3 – Structurer et soutenir des filières locales d'écomatériaux de construction.
Transports	B4 – Mobiliser et déployer les outils et financements nécessaires (acteurs financiers et bancaires) afin de permettre une réhabilitation massive du parc de logements anciens et soutenir le développement du bâti neuf très basse consommation
	T1 – Développer une offre alternative à l'autosolisme afin de limiter les coûts sociaux, économiques et environnementaux pour les particuliers.
	T2 – Développer une offre alternative au transport routier de marchandises afin de limiter les coûts sociaux, économiques et environnementaux pour les entreprises.
	T3 – Coordonner les engagements et les actions des acteurs du territoire bas-normand pour mettre en place un système cohérent de transports durables.
	T4 – Mobiliser et réorienter les financements afin d'être en capacité de développer des modes de transports alternatifs aux véhicules particuliers.
Urbanisme	T5 – Développer la connaissance (flux de déplacement, facteurs explicatifs, bonnes pratiques) et la diffuser auprès des décideurs bas normands comme soutien à la prise de décision et vers la population comme sensibilisation et éducation à la mobilité durable
	U1 – Développer une stratégie de planification favorisant une utilisation rationnelle de l'espace.
	U2 – Définir et mettre en place des pratiques en matières d'urbanisme et d'aménagement, afin de limiter l'étalement urbain (préservation des fonctions des zones rurales : vivrières, puits de carbone, ...) et les déplacements tout en améliorant le cadre de vie.
	U3 – Diffuser auprès des acteurs bas normands des informations sur les flux de transports et de la connaissance sur les relations urbanisme et déplacements en vue de la mise en oeuvre de bonnes pratiques en matière d'urbanisme.
	U4 – Pour tout projet d'aménagement, veiller à respecter l'identité du tissu existant, tout en proposant une diversification de formes urbaines denses (hors zones d'intérêts écologiques, environnementaux ou exposées à des risques naturels).
Précarité énergétique	U5 – Penser tous projets d'aménagements urbains, d'infrastructures ou d'équipements sous l'angle « développement durable » (maîtrise des consommations d'énergie, limitation des émissions, ...)
	P1 – Lutter contre la précarité énergétique en déployant un programme massif de réhabilitation du bâtiment, en réduisant les coûts liés aux déplacements et en développant le recours aux énergies renouvelables
	ENR1 – Consolider et développer la filière bois-énergie existante et privilégier le développement d'installations collectives et industrielles de production de chaleur en préservant la qualité de l'air.
Production énergétique	ENR2 – Soutenir la création de filières régionales de production dont une nouvelle filière de valorisation de la matière organique et effluents de l'agriculture et de l'industrie agroalimentaire.
	ENR3 – Soutenir le développement de l'éolien terrestre et encourager l'essor du petit éolien.

Thème	Orientation
Industrie	ENR4 – Accompagner le développement des énergies marines renouvelables pour permettre l'émergence de filières industrielles locales.
	ENR5 – Soutenir l'investissement dans les énergies renouvelables en mobilisant les outils financiers et fonciers existants et en proposant des solutions innovantes en partenariat avec les acteurs bancaires et institutionnels bas normands
	ENR6 – Développer et diffuser la connaissance des potentiels régionaux et locaux de développement des énergies renouvelables, des gisements de production par filière et par territoire et du cadre réglementaire de chacune des filières auprès des décideurs locaux et des acteurs économiques
	I1 – Optimiser les flux de produits, d'énergie et de déchets pour les entreprises agro-alimentaires sur le territoire bas-normand.
	I2 – Maîtriser les consommations d'énergie réduire la pollution atmosphérique par le développement de la connaissance des acteurs industriels et la mise en oeuvre des bonnes pratiques et meilleures technologies existantes.
Industrie	I3 – Renforcer la sensibilisation des industriels, notamment les TPME et l'artisanat sur le poids des dépenses énergétiques dans leur bilan (actuel et futur en fonction de l'évolution des coûts de l'énergie et des matières premières).
	I4 – Mobiliser et développer une ingénierie financière permettant l'investissement des acteurs dans les meilleures pratiques disponibles en matière de performance énergétique.
	I5 – Développer une production faiblement émettrice de carbone à la fois dans ses procédés et dans le transport de marchandises

Tableau 1 : Orientations du SRCAE de Basse-Normandie concernant les secteurs du bâtiment, transport, de l'urbanisme, de la précarité énergétique, de la production énergétique et de l'industrie
Source : SRCAE de Basse-Normandie

4. Les objectifs du SRCAE Basse-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'énergies 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 Basse-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 :

- Un gain en efficacité énergétique de 19,7% ;
- Une réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990 de 25% ;
- Une part des énergies renouvelables dans la consommation de 31%.

B. PLAN CLIMAT ENERGIE TERRITORIAL DU DEPARTEMENT DE LA MANCHE

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.

2. Le bilan carbone du département de la Manche

Les émissions de gaz à effet de serre du département de la Manche s'élèvent en 2009 à 6,1 millions de tonnes équivalent CO₂ (TeqCO₂). Le secteur de l'agriculture est le premier émetteur avec presque 57% des émissions totales. Le secteur des transports est le deuxième émetteur du département de la Manche avec près de 18% des émissions totales. Viennent ensuite le secteur de l'habitat (11%), le secteur du tertiaire et de l'industrie (7%). Enfin, le Conseil Général a émis 13 145 tonnes équivalents CO₂ en 2011 pour le chauffage, l'électricité des bâtiments et les consommations de carburant.

Secteur	Emission de gaz à effet de serre (kteq CO ₂)	% par secteur
Habitat	690	11,3
Tertiaire	430	7,0
Transports	1 100	17,9
Industrie	430	7,0
Agriculture	3 480	56,8
TOTAL	6 130 kteq CO₂	100

Tableau 2 : Répartition des émissions de gaz à effet de serre du territoire du département de la Manche

Source : PCET du département de la Manche

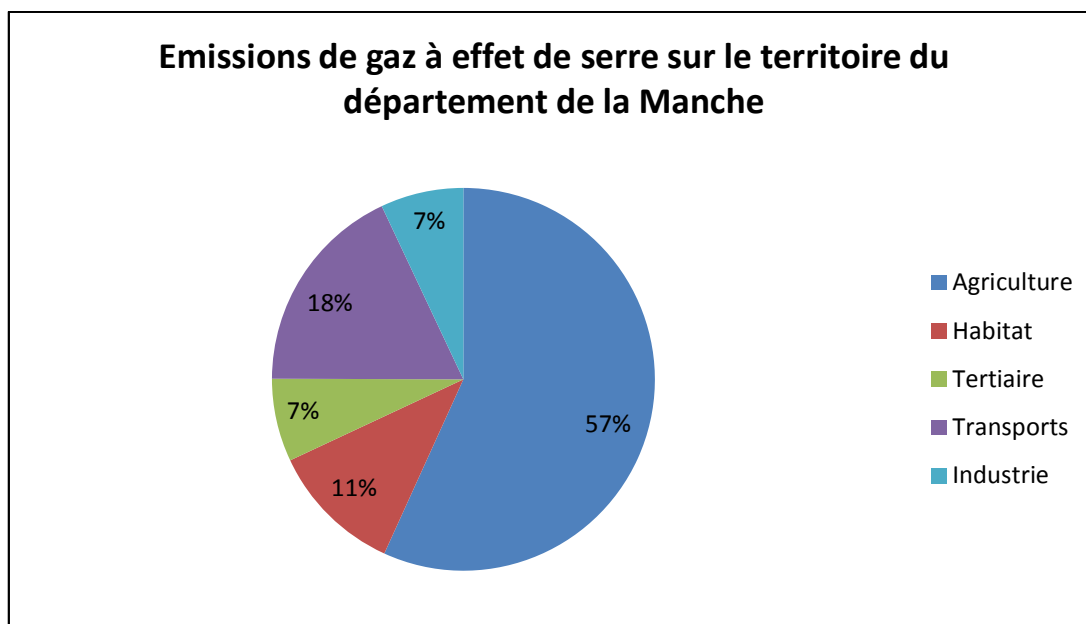


Figure 9 : Répartition des émissions de gaz à effet de serre du territoire du département de la Manche

Source : PCET du département de la Manche

3. Le plan d'action du PCET du département de la Manche

Le PCET du département de la Manche a défini 8 actions sur des secteurs clés pour atteindre les objectifs en cohérence avec le cadre régional, national et européen de lutte contre le changement climatique. Ces actions viennent compléter les 50 actions de l'agenda21 du département de la Manche.

Ces 8 actions sont les suivantes :

- L'amélioration de l'efficacité énergétique du bâti du territoire du département de la Manche ;
- Le soutien du développement des énergies renouvelables ;
- La sensibilisation de tous les publics aux enjeux de l'éco-construction et des énergies renouvelables ;
- La diminution de l'impact des transports dans la Manche ;
- L'accompagnement des filières et des professionnels du bâtiment ;
- La promotion d'une agriculture durable ;
- L'adaptation au changement climatique ;
- La mise en place d'une collectivité exemplaire.

Ces 8 actions concrètes proposées par le PCET du département de la Manche sont en accord avec les objectifs national et européen en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 20% entre 1990 et 2020 et de 75% d'ici 2050.

C. LE PAYS DU COTENTIN

Le territoire du Pays du Cotentin comprend 13 Communauté de Communes ainsi que la Communauté urbaine de Cherbourg. Le Pays du Cotentin compte 205 communes et 200 000 habitants sur un territoire de 1 842 km².

En 2009, les élus du Pays du Cotentin ont décidé de répondre à l'appel à projet régional « Plan Climat Territorial à destination des Pays ». Sa candidature a reçu un avis favorable du Comité régional « Plan Climat Territorial » en juin 2009 et la démarche a été initiée en janvier 2010.

Le Plan Climat-Energie Territorial du Pays du Cotentin définit 6 axes répondant à 14 objectifs. Ces 6 axes sont les suivants :

- Lutter contre le gaspillage énergétique ;
- Optimiser les déplacements ;
- Développer les énergies renouvelables ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre et les consommations d'énergie dans les exploitations agricoles ;
- Agir pour une gestion durable du territoire ;
- Adapter le territoire au changement climatique.

1. Le diagnostic énergétique du territoire du Pays du Cotentin

a) La consommation énergétique

Un diagnostic des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre a été réalisé en 2008 à l'initiative du Conseil Régional et de l'ADEME Basse-Normandie. Ce diagnostic donne des valeurs selon les différents secteurs :

- Transports ;
- Résidences ;
- Services ;
- Industrie ;
- Agriculture.

Ce diagnostic a permis de montrer que le territoire du Pays du Cotentin participe largement au bilan régional. La consommation totale d'énergie est de 430 kTep et le total des émissions de gaz à effet de serre (y compris énergétique) du Pays du Cotentin est de 1 960 kTeqCO₂, soit respectivement 12,6% et 12,2% du bilan de la Basse-Normandie.

Le secteur du résidentiel et du transport sont fortement consommateur d'énergie, ils représentent respectivement 43,1% et 32,8% de la consommation totale d'énergie, et émetteur de gaz à effet de serre. Ces deux secteurs sont les plus émetteurs en matière d'émissions directes. Les émissions d'origine agricole représentent 50% des émissions totales avec 95% des émissions du secteur d'origine non énergétique. Il ne faut pas omettre le rôle de stockage de carbone de la biomasse même si l'estimation de stock est difficilement quantifiable.

Secteur	Consommation (kTep)	Consommation (%)
Transports	141,04	32,8
Résidences	185,33	43,1
Services	50,31	11,7
Industrie	38,7	9,0
Agriculture	14,62	3,4
TOTAL	430	100

Tableau 3 : Consommation d'énergie par usage du Pays du Cotentin

Source : Plan Climat-Energie Territorial Pays du Cotentin

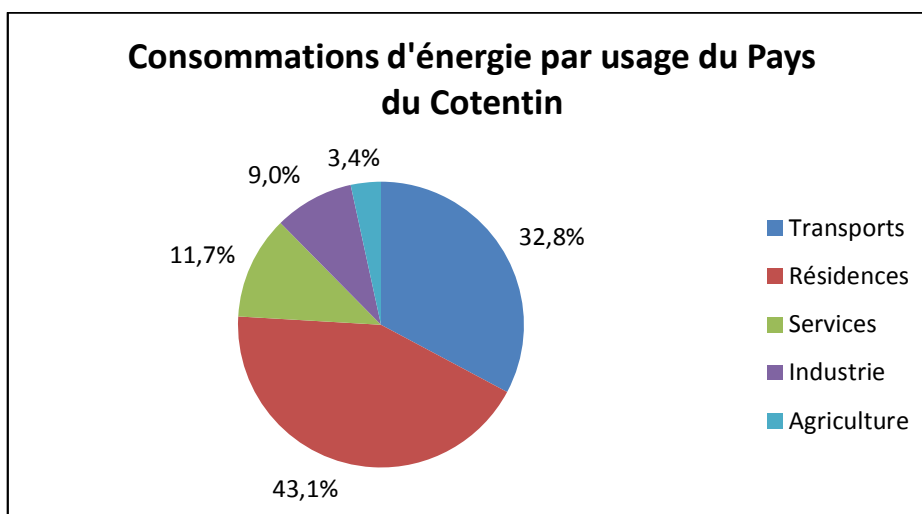


Figure 10 : Consommation d'énergie par usage du Pays du Cotentin

Source : Plan Climat-Energie Territorial Pays du Cotentin

Secteur	Emissions totales (kTeqCO ₂)	Emissions totales (%)
Transports	326	20
Résidences	319	19
Services	90	5
Industrie	93,1	6
Agriculture	821	50
TOTAL	1649,1	100

Tableau 4 : Emissions totales de gaz à effet de serre par secteur du Pays du Cotentin (kTeqCO₂)

Source : Plan Climat-Energie Territorial Pays du Cotentin

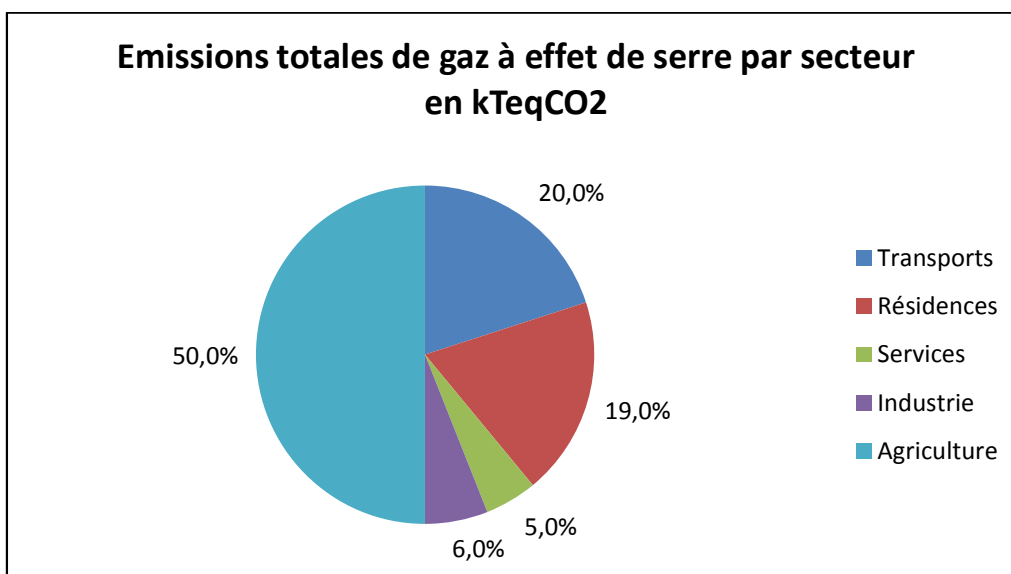


Figure 11 : Emissions totales de gaz à effet de serre par secteur du Pays du Cotentin

Source : Plan Climat-Energie Territorial Pays du Cotentin

b) Les objectifs de réductions des émissions de gaz à effet de serre

Des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour contribuer à l'objectif « facteur 4 », un objectif régional et national, ont été définis. La réalisation de ces objectifs permettrait d'atteindre un niveau d'émission de 523 kTeqCO₂ en 2025 et 215 kTeqCO₂ en 2050 contre 850 kTeqCO₂ en 2005. Pour les secteurs de l'habitat, du tertiaire, de l'industrie, de l'agriculture et du transport les objectifs fixés sont les suivants :

Secteur	Consommation d'énergie (kTeqCO ₂)			Evolution (kTeqCO ₂)			Evolution (%)		
	2005	2020	2025	2020/2005	2025/2020	2025/2005	2020/2005	2025/2020	2025/2005
Habitat	319	190	152	-129	-38	-167	- 40,4	- 20	- 52,4
Tertiaire	90	70	61	-20	-9	-29	- 22,2	- 12,9	- 32,2
Industrie	75	60	57	-15	-3	-18	- 20	- 5	- 24
Agriculture	41	30	27	-11	-3	-14	- 26,8	- 10	- 34,1
Transport	326	250	226	-76	-24	-100	- 23,3	- 9,6	- 30,7

Tableau 5 : Les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre du Pays du Cotentin

Source : Plan Climat-Energie Territorial Pays du Cotentin

D. POLE DE PROXIMITE DES PIEUX

Le tableau suivant résume les consommations d'énergie en électricité, gaz de ville, gaz citerne et fioul pour les années 2014, 2015 et 2016 du pôle de proximité des Pieux.

	2014	2015	2016
Electricité	4 202 268 kWh	4 204 746 kWh	4 429 807 kWh
Gaz de ville	2 384 253 kWh	3 082 612 kWh	3 030 885 kWh
Gaz de citerne	11,34 tonnes	15,30 tonnes	14,75 tonnes
Fioul	24,25 m ³	19,93 m ³	30,33 m ³

Tableau 6 : Consommation d'énergie pour le pôle de proximité des Pieux

Source : Pôle de proximité des Pieux

3 - PRESENTATION DU PROJET

A. DESCRIPTION GENERALE DU PROJET

1. Localisation

Le site d'étude se situe en Normandie, au nord du département de la Manche, sur la façade ouest de la presqu'île du Cotentin, sur les communes de Les Pieux et Benoîtville.



Site d'étude

Figure 12 : Localisation du site d'étude à l'échelle départementale

Source : Géoportail

Région	Normandie
Département	Manche
Arrondissement	Cherbourg
Canton	Les Pieux
Communes	Les Pieux, Benoîtville
Communes voisines	Bricquebosq, Flamanville, Grosville, Heauville, Helleville, Le Rozel, Pierreville, Saint Christophe Du Foc, Saint Germain Le Gaillard, Siouville-Hague, Sotteville, Surtainville, Tréauville

Tableau 7 : Localisation géographique de l'installation

Source : la Communauté de Commune Les Pieux

L'habitat sur la commune des Pieux est regroupé dans le bourg et au lieu-dit Hameau Courtois, situé le long du littoral. L'espace communal se compose essentiellement de ces unités :

- Le bourg principalement situé aux intersections des routes départementales D4, D23 et D650 ;
- Le lieu-dit Hameau Courtois où l'habitat est dispersé le long de la D517 et le long du littoral ;
- La zone d'activités économiques et artisanales des Costils à l'est du bourg ;
- Des haies ;
- Des zones agricoles.

Sur Benoîtville, l'habitat est regroupé dans le bourg et aux lieux-dits Hameau Terrier, la rue de Benoîtville et la Croix Georges. L'espace communal est composé des éléments suivants :

- Le bourg situé le long de la D 317 et de la Diélette ;
- Le lieu-dit Hameau Terrier où l'habitat est dispersé le long de la D650 ;
- Le lieu-dit la Rue de Benoîtville situé le long de la D204 ;
- Le lieu-dit la Croix Georges situé aux intersections des routes départementales D650, D56 et D204 au nord de la commune ;
- Les espaces boisés, morcelés sur le territoire de la commune ;
- Des haies ;
- Des zones agricoles.

2. Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude englobe 74 parcelles cadastrales. Le périmètre d'étude porte sur les parcelles cadastrales suivantes :

Communes	Section	N° de parcelle	Superficie cadastrale (m²)
Benoîtville	ZA	37	40 988
		62	4 552
		63	6 636
		64	3 084
		65	3 775
	ZL	2	2 531
		3	41 848
		48	33 542
		58	557
		65	69 800
Les Pieux	AS	14	4 957
		15	3 968
		17	6 972

		18	440
		19	1 360
		20	28
		21	3 265
		22	712
		23	977
		24	942
		29	2 099
		35	126
		37	4 998
		87	2 000
		88	1 615
		89	584
		90	198
		92	138
		94	1 100
		95	921
		96	3 191
		98	3 059
		102	2 301
		103	633
		104	1 922
		105	24
		106	8 520
		114	514
		115	495
		116	1 024
		117	1 024

		118	523
		119	312
		120	862
		121	256
		123	6 267
		124	2 274
		125	351
		126	1 124
		127	1 797
		128	6 550
		129	517
		130	666
		131	705
		132	1 687
	AT	84	7 535
		85	6 405
		158	799
		159	3 804
		160	582
	ZL	27	7 897
		28	3 613
		29	5 409
		30	17 139
		31	12 624
		32	6 427
		33	268
		34	6 076
		35	23 278

		37	3 033
		38	3 729
		39	18 839
		40	28 302
		41	5 553

Tableau 8 : Parcelles cadastrales concernées par le périmètre d'étude

Source : Communauté d'Agglomération Le Cotentin

La superficie totale de la zone d'étude de 452 623 m² soit 45 hectares.

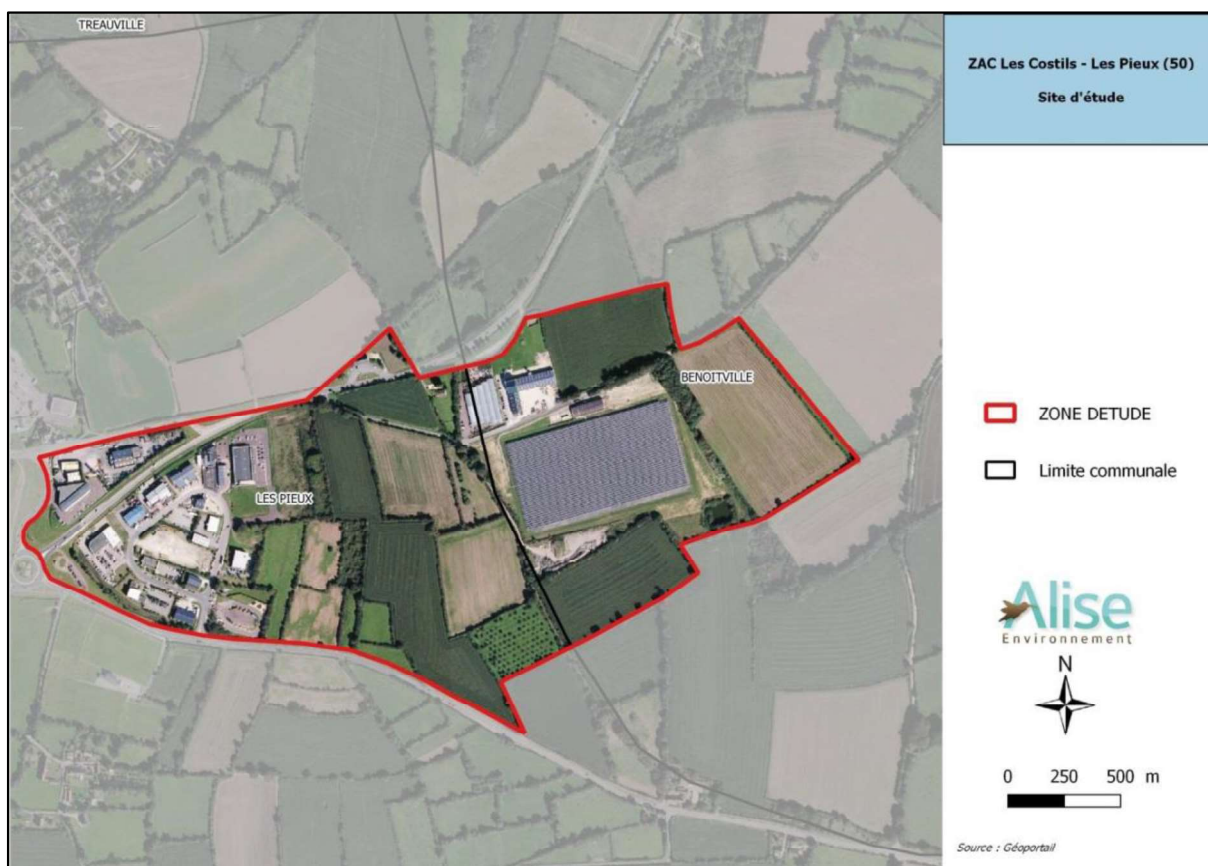


Figure 13 : Extension de la ZAC des Costils – Périmètre de la zone d'étude

Source : Communauté d'Agglomération Le Cotentin

3. Objectifs du projet

L'objectif premier de cette extension est de pallier à l'absence de disponibilités foncières pour les entreprises sur le territoire de la Communauté de Communes des Pieux. Le second objectif de cette extension doit permettre de relier des espaces d'activités à ce jour distincts et quasiment mitoyens

que sont la zone des Costils (Les Pieux) et la zone des Fleury (Benoistville). Cette extension permettra ainsi de recréer un espace cohérent d'environ 45 hectares, un quartier par ces aménagements et ces accès.

De plus, la création d'un espace cohérent et ouvert doit être également envisagée de façon à :

- Accueillir de nouvelles entreprises afin de diversifier le tissu d'entreprises ;
- Permettre le transfert d'établissement actuellement implantés sur la zone des Hauts-Vents qui souffre d'un manque de visibilité et de qualité et dont le changement de vocation pourrait être envisagé dans les années à venir pour dynamiser le développement économique ;
- Inscrire l'extension de la zone dans une démarche de développement durable et harmonieuse.

En outre, ce projet d'extension de 20 hectares environ va permettre de dynamiser l'activité économique de la commune en :

- Répondant aux besoins d'activités liés à la mise en place de l'usine de production électrique nucléaire de 3^{ème} génération EPR à Flamanville ;
- Offrant un nouveau site d'accueil pour les entreprises locales.

Afin d'atteindre ses objectifs, la Communauté de Commune Les Pieux a décidé de réaliser l'opération selon la procédure de Zone d'Aménagement Concerté.

4. Caractéristiques du site

Le site d'étude se situe dans une zone bocagère, composée de parcelles agricoles plus ou moins grandes mais toutes encadrées de haies bocagères denses et hautes. Il possède également une ferme solaire et des zones humides.

La ZAC des Costils se situe à l'est du bourg des Pieux et est délimitée :

- Au nord : par la RD650 ;
- Au sud : par la RD23 ;
- A l'est : par le chemin de terre dit « Chemin du Viacou » ;
- A l'ouest : par la zone d'activités des « Costils » existante.

Situé dans un paysage de bocage fermé, le site n'est visible de l'extérieur qu'à certains endroits, le long du chemin du Viacou et de la RD650. En revanche, la RD23 est située en contrebas du secteur et est bordée d'un talus, les visibilités depuis cette voie sont donc quasi inexistantes.

Le lieu-dit le plus proche de la zone d'étude est celui de la Belle Etoile, localisé au sud du site.

La zone d'étude est principalement située sud des parcelles agricoles.

4 - LES SOURCES D'ENERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES

A. LES ENERGIES FOSSILES

Les choix énergétiques pourront intégrer les énergies suivantes :

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. Le gaz naturel

Le gaz naturel est une énergie fossile comme le fioul. Sa combustion rejette cependant légèrement moins de CO₂ 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.

3. Le fioul

Le fioul a tendance à disparaître dans les installations neuves depuis maintenant plusieurs années. Initialement peu cher, il a connu ces 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.

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.

B. 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.

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. L'énergie solaire (production d'électricité et de chaleur)

L'énergie solaire provient directement du soleil. Elle se décline sous la forme 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 de soleil est inépuisable. Cette énergie peut être envisagée comme infiniment disponible.

3. La géothermie (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. Cependant, le département de la Manche qui appartient au Massif Armoricaïn n'est pas concerné par ce cas de figure.

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

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.

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 CO₂ 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.

C. 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 solaire 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

Tableau 9 : 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 L128-4 du Code de l'Urbanisme

D. MIX ENERGETIQUE

Dans le département de la Manche, le contexte énergétique est fortement marqué par la part du nucléaire dans les productions. Le site de Flamanville compte deux réacteurs avec chacun une puissance de 1 300 MW. En 2011, la production s'est élevée à 19 milliards de kWh.

En ce qui concerne la production d'énergie renouvelable dans le département de la Manche fin 2010, elle était estimée à 20% de la production de la région Basse-Normandie. Pour le domaine de l'hydraulique, le territoire du département de la Manche représente 61% de la production d'électricité hydraulique de la Basse-Normandie avec deux barrages hydroélectriques. Il est également nécessaire de préciser que presque la moitié de l'électricité photovoltaïque bas-normande est produite dans le département de la Manche. Une bonne dynamique est également constatée sur le bois-énergie dans le secteur collectif avec notamment trois hôpitaux du département chauffés au bois. Enfin, le Cotentin compte les plus forts courants marins d'Europe et le Raz Blanchard représente, à lui seul, un potentiel hydrolien de 3 000 MW. De plus, il présente une zone appropriée en raison de la proximité des grands réseaux électriques.

Pour finir, fortement marqué par le nucléaire, le département de la Manche tend à exploiter ses nombreux atouts naturels et se tourne vers les énergies renouvelables pour relever le défi du mix énergétique.

5 - L'ETUDE DU POTENTIEL DE LA ZONE D'ETUDE VIS-A-VIS DES ENERGIES RENOUVELABLES

A. ENERGIE EOLIENNE

1. Présentation de la filière

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).

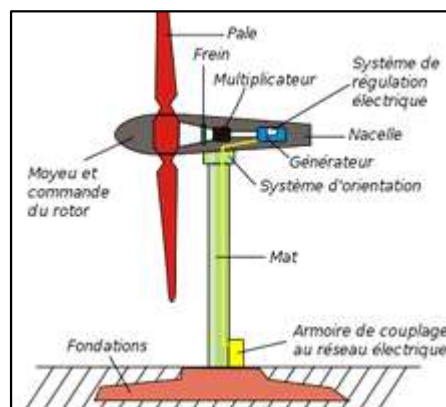


Figure 14 : Schéma de fonctionnement d'une éolienne

Source : www.lesenergiesrenouvelables.eu

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.

a) 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.

b) 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.

2. Potentialité du site

Selon le « Schéma Régional Eolien » (SRE) de Basse-Normandie, pour ce qui est de l'éolien terrestre, une partie du territoire de la Communauté de Commune Les Pieux est favorable au grand éolien tandis qu'une autre partie est plutôt favorable au petit éolien (mât < 35 mètres). Ce tableau ci-après présente les communes favorables au grand éolien et les communes favorables au petit éolien.

Communes favorables au petit éolien	Communes favorables au grand éolien
Benoitville	Bricquebosq
Les Pieux	Grosville
Flamanville	Pierreville
Heauville	Saint-Christophe-du-Foc
Helleville	Saint-Germain-le-Gaillard
Le Rozel	Sotteville
Siouville-Hague	
Surtainville	
Treauville	

Tableau 10 : Communes favorables au grand éolien et au petit éolien

Source : SRCAE de Basse-Normandie

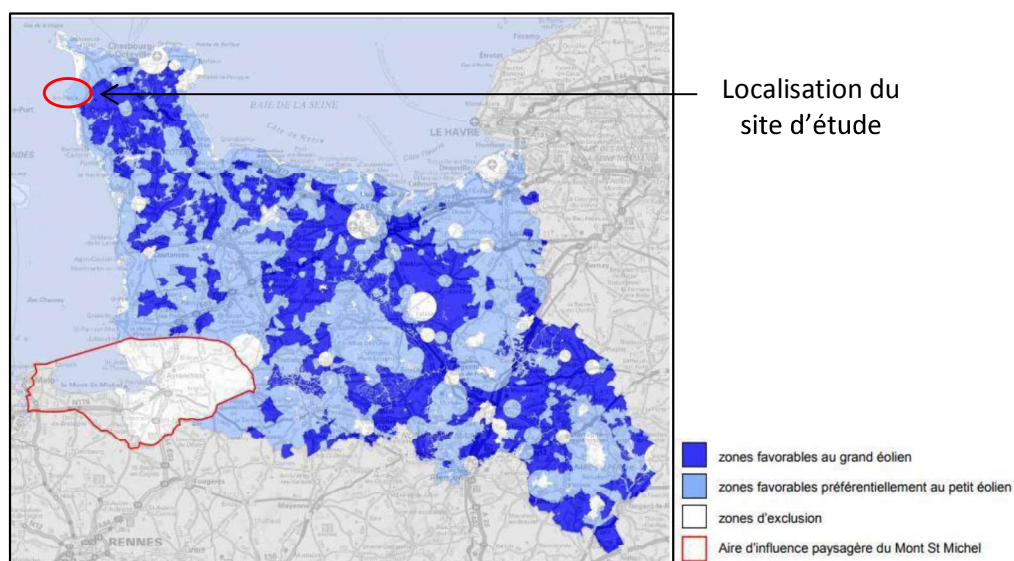


Figure 15 : Cartographie des zones favorables à l'éolien

Source : SRE Basse-Normandie

A l'exception des communes situées sur la frange du littoral, le territoire de la Communauté de Commune Les Pieux comporte un potentiel éolien important notamment grâce à un paysage bocager l'un des mieux préservé de la région. De plus, l'ensemble du territoire du Cotentin est parsemé d'habitations isolées, vestiges de l'extrême morcellement agricole avec reconversion vers le résidentiel. De plus, les forêts et boisements y sont rares.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vitesse moyennes du vent (km/h)	22,1	20,9	19,9	18,4	17,4	15,6	15,4	14,7	16,1	18,0	18,8	20,9

Tableau 11 : Moyenne du vent moyen

Source : Météo France, station de Gonneville (de 1981 à 2010)

La vitesse des vents est en moyenne sur une année de 18,2 km/h sur le territoire de la Communauté de Commune Les Pieux.

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

3. Conclusion

a) 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 réglementaires et environnementales liées à de telles installations.

b) Le petit éolien

Le petit éolien serait plus adapté à la dimension du projet et pourrait servir à l'alimentation en électricité des bâtiments et de l'éclairage ou être réinjectée dans le réseau. Une étude préalable du potentiel pour du petit éolien pourra être réalisée via la pose prolongée d'instruments de mesure du vent. En effet, la détermination du potentiel éolien dans la zone demande une étude fine du vent, dont le résultat est intrinsèquement lié aux constructions alentours. Il ne sera pertinent de réaliser une telle étude que lorsque la ZAC des Costils sera entièrement bâtie.

Si un emplacement devait être prédéfini, il devrait plutôt 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 cependant être étudié et être en concordance avec les prescriptions architecturales et paysagères de la Z.A.C.

B. ENERGIE SOLAIRE

1. Présentation de la filière

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du Soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir de 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.

a) Le fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïque

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.

b) Le fonctionnement des panneaux solaires thermiques

Les panneaux solaires thermiques sont un moyen de produire de 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 du 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.

2. Potentialité du site

a) Le solaire photovoltaïque

Selon les données météorologiques de la station de Gonneville, relevées entre 1981 et 2010, la durée d'ensoleillement moyenne annuelle est d'environ 1740 heures et la valeur de rayonnement global moyenne annuel est de environ 396 000 J/cm² (=1 100 kWh/m²/an).

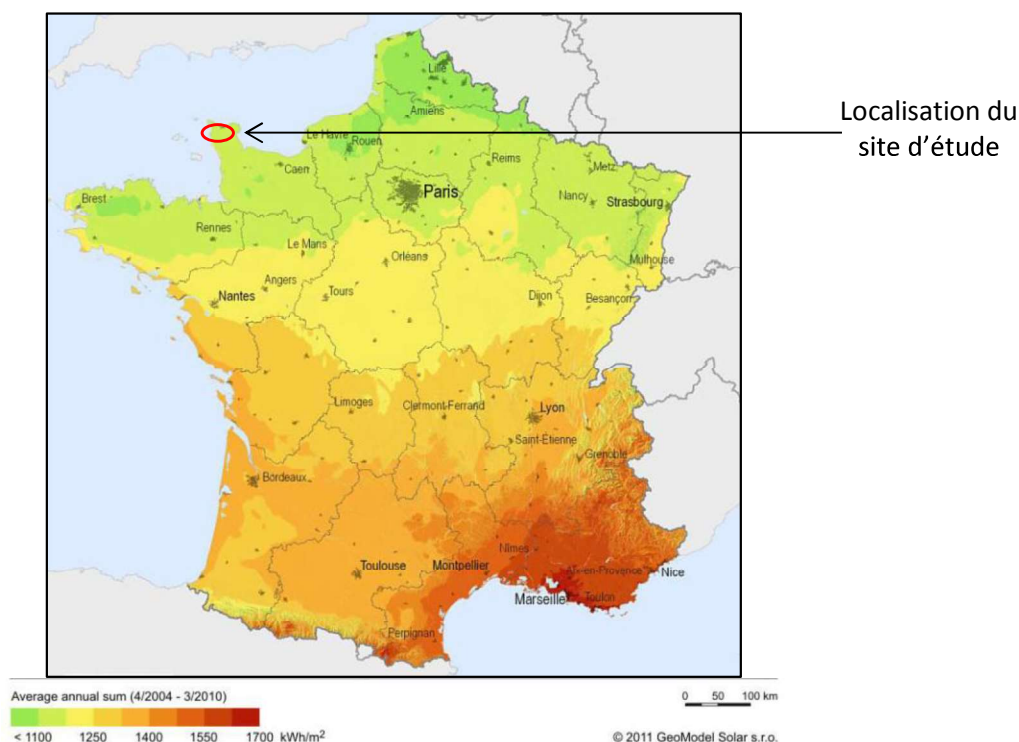


Figure 16 : Cartographie du rayonnement solaire en France

Source : Solargis

A l'échelle de la ZAC, la surface de toitures globale est assimilable à l'emprise au sol de la ZAC et est d'environ 152 778 m².

La production maximale sera obtenue avec des panneaux à 30° orientés plein sud.

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

Tableau 12 : Facteur de correction applicable à la production photovoltaïque

Source : www.photovoltaique.info

Enfin, les anciennes serres à tomates de Benoîtville, qui sont intégrées au périmètre de la ZAC des Costils, ont été équipées de 13 872 panneaux solaires photovoltaïques orientés au sud. L'électricité produite est achetée par EDF.

b) Le solaire thermique

Selon les données météorologiques de la station de Gonneville, relevées entre 1981 et 2010, les durées d'insolation moyennes mensuelles dans le secteur oscillent entre 49,2 et 212,6 heures par mois en moyennes selon les mois.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Durée moyenne mensuelle d'insolation (heures)	49,2	-	-	-	212,6	209,0	208,5	164,5	157,3	87,5	53,7	54,1

Tableau 13 : Durée d'insolation moyenne mensuelle

Source : Météo France, Station de Gonneville (de 1981 à 2010)

La durée d'ensoleillement moyenne annuelle dans le Cotentin est d'environ 1 740 heures. Cet ensoleillement est suffisant pour assurer un bon fonctionnement d'une installation solaire thermique.

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.

a) Solaire photovoltaïque

Le gisement solaire sur les communes de Les Pieux et Benoîtville est suffisant pour envisager le solaire photovoltaïque comme une des solutions énergétiques de la ZAC.

b) Solaire thermique

En revanche, pour une installation de panneaux solaires thermiques, l'ensoleillement ne semble pas suffisant pour assurer un bon fonctionnement et rendement sur le site d'étude.

C. ENERGIE GEOTHERMIQUE

1. Présentation de la filière

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 températures 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. La géothermie très basse énergie est communément utilisée 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
Très basse énergie	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
Basse énergie	30°C < Température < 150°C	Chauffage urbain, utilisations industrielles, thermalisme, balnéothérapie
Moyenne et Haute énergie	180°C < Température < 350°C	Production d'électricité
Géothermie profonde	Roches chaudes sèches à plus de 3000 m de profondeur	Au stade de la recherche, pour l'électricité ou le chauffage.

Tableau 14 : Différents types de géothermie

Source : ADEME Haute-Normandie

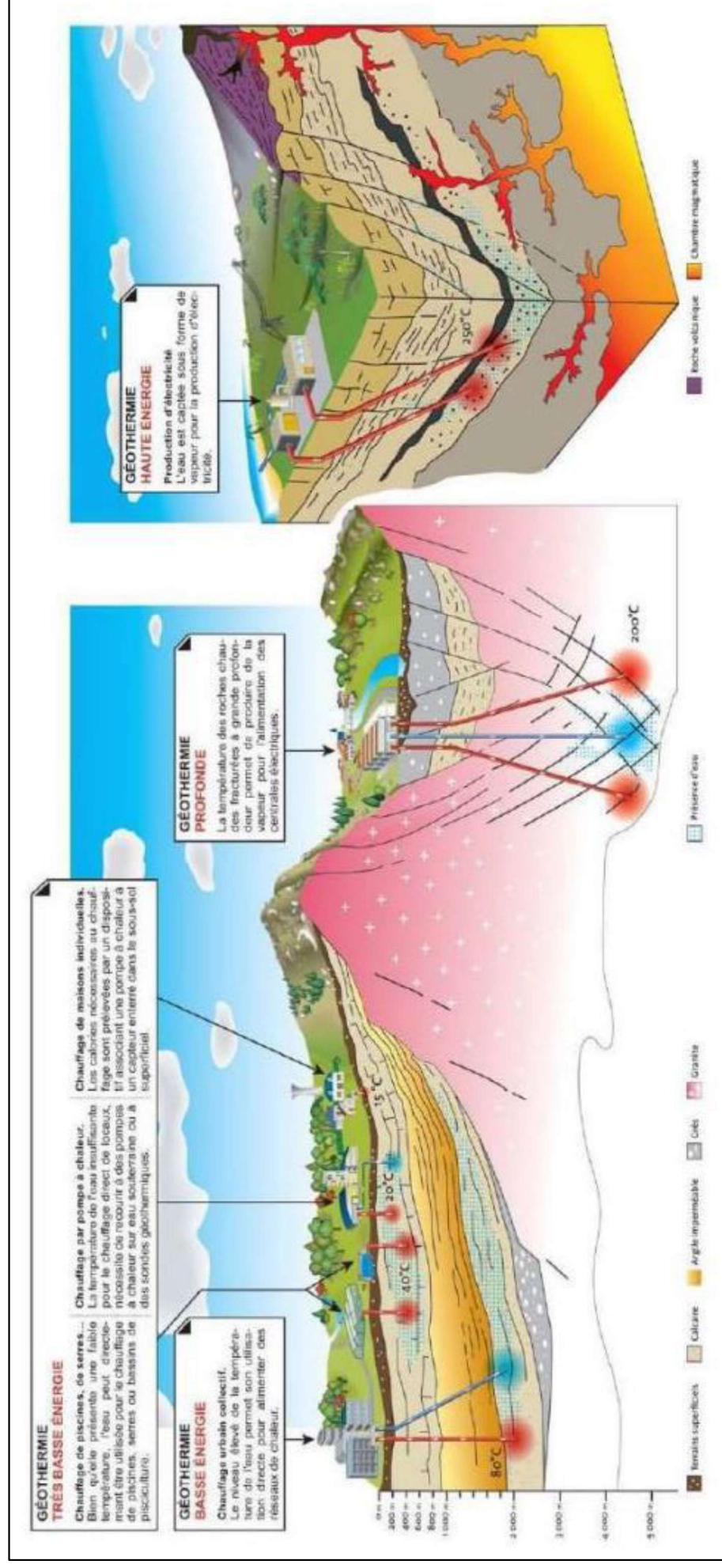


Figure 17 : Synthèse des techniques de géothermie

Source : ADEME – BRGM

2. Potentialité du site

Une étude réalisée en 2011 par Explicit et Les 7 vents du Cotentin pour la DREAL et la Région Basse-Normandie, dans le cadre de l'élaboration du SRCAE, a permis d'apporter un premier socle de connaissance sur les ressources géothermiques.

Il ressort de cette étude que la Basse-Normandie dispose uniquement d'un potentiel géothermique « très basse énergie ». En effet, les autres types de géothermie sont plus aléatoires en Basse-Normandie. D'une manière générale, la température considérée est insuffisante pour le chauffage direct des locaux. Il est donc nécessaire de recourir à des Pompes A Chaleur (PAC) permettant d'exploiter les gradients géothermiques de la géothermie « très basse énergie ».

La carte suivante présente une estimation des ressources géothermique de la France :

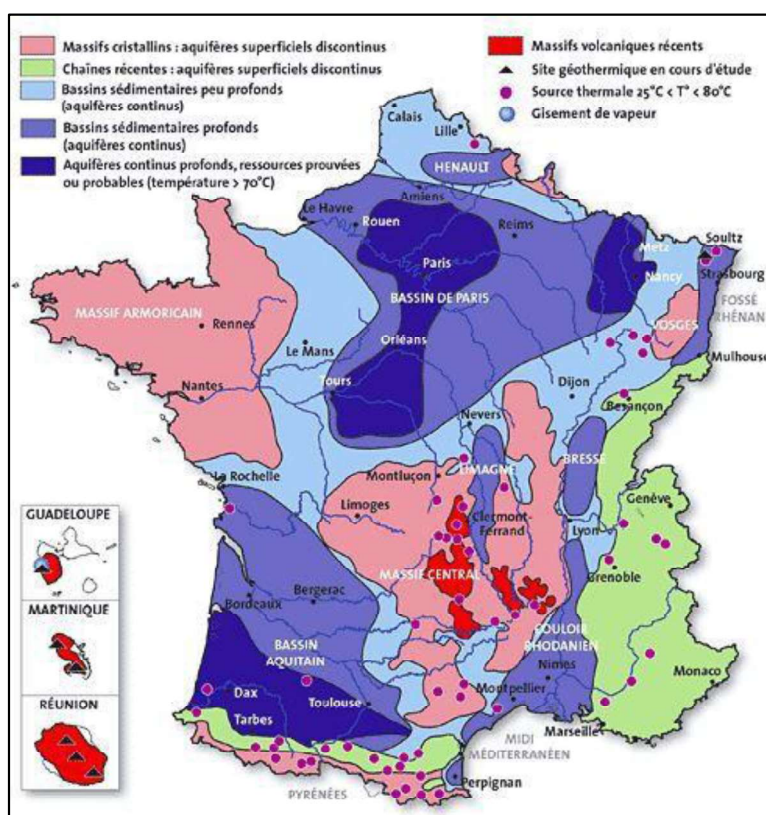


Figure 18 : Carte des ressources géothermique en France

Source : BRGM

Les communes de Les Pieux et Benoîtville, comme l'ensemble du territoire du département de la Manche, se situent dans le massif armoricain, un massif cristallin contenant des aquifères superficiels discontinus.

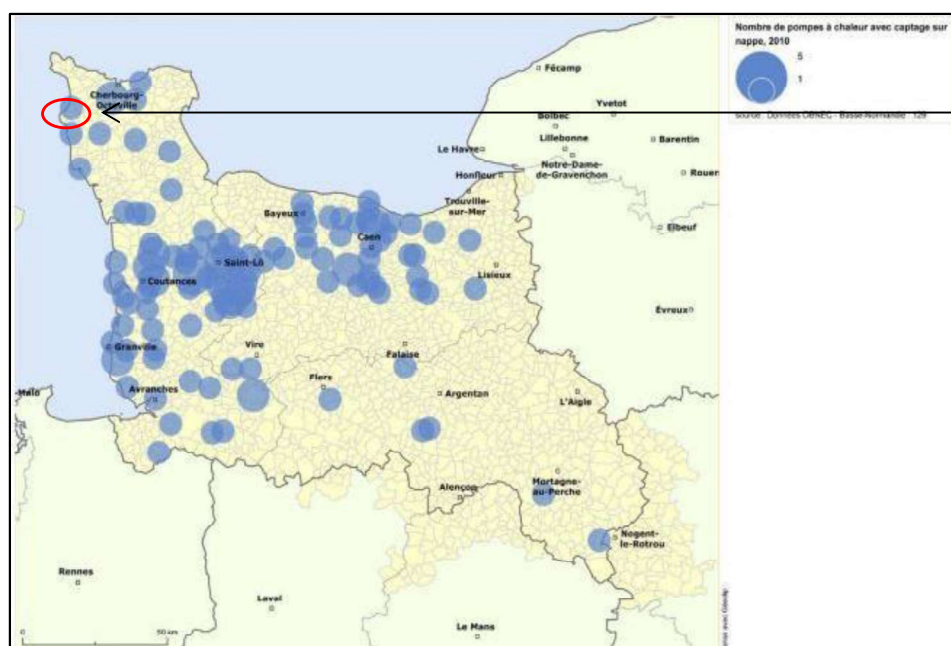
Ainsi, des nappes d'eau peu profondes (< 1 000 mètres) présentant des températures moyennes forment le potentiel géothermique.

Les communes de Les Pieux et Benoîtville ne sont pas dans une zone favorable à l'exploitation des eaux chaudes profondes. Cependant, l'exploitation par PAC sur aquifères ou sondes géothermiques présente un réel potentiel.

De plus, la PAC sur nappe aquifère ou sur sonde géothermique cumule des avantages en termes environnementaux. En effet, le coefficient de performance (COP) de la PAC est un des plus élevés et donc un des plus profitables pour l'environnement.

Selon l'Observatoire Bas-Normand de l'Energie et du Climat, les installations de PAC géothermiques sur le territoire de la Communauté de Commune Les Pieux présentent un total de production de 35 MWh.

Comme illustré ci-dessous, on recense plusieurs installations géothermiques en Basse-Normandie, concentrées presque uniquement dans les départements de la Manche et du Calvados.



Localisation du site d'étude

Figure 19 : Localisation des installations de pompes à chaleur géothermiques sur nappe d'eau aidées par le Conseil Régional

Source : Biomasse, Normandie 2010

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.

L'utilisation de capteurs verticaux est donc préconisée pour la géothermie sur le projet de 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 des Costils.

D. ENERGIE AEROTHERMIQUE

1. Présentation de la filière

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 compresse 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.

2. Potentialité du site

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

Selon les données météorologiques de la station de Gonneville, relevées entre 1981 et 2010, les températures minimales moyennes mensuelles sont les suivantes :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
3,5	3,2	4,6	5,7	8,5	10,9	13,0	13,3	11,8	9,4	6,4	4,2	7,9

Tableau 15 : Températures minimales moyennes mensuelles

Source : Météo France, Station de Gonneville (50)

Le nombre moyen annuel de jours où les températures maximales sont en dessous de 0°C est de 1,3 et le nombre moyen de jour annuel où les températures minimales sont inférieures à -5°C est de 0,9. Il gèle donc très rarement.

3. Conclusion

Les températures rendent possible l'installation de système d'aérothermie à conditions 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.

E. ENERGIE HYDRAULIQUE – HYDROELECTRIQUE

1. Présentation de la filière

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 énergie marines.

a) 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 XIXe 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.

b) 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 maintien ou crée une activité économique dans les zones rurales.

c) Les énergies marines

Les énergies marines dépendent des ressources naturelles des eaux de la mer et des océans. Elles permettent de produire de l'électricité grâce aux flux naturels d'énergie des courants et des marées, et à la matière marine, exploités dans différents types d'installations.

L'eau recouvre une grande partie de notre planète, principalement à travers les mers et les océans. Elle constitue donc une source d'énergie importante, aujourd'hui encore peu exploitée. Elles n'émettent aucun gaz à effet de serre et leur matière première est disponible dans de nombreux pays du monde.

La mer est un milieu riche en flux énergétiques pouvant être exploitées sous diverses formes :

- Energie des courants marins ;

- Energie des marées ;
- Energie des vagues ;
- Energie éolienne en mer ;
- Energie thermique des mers ;
- Biomasse marine ;
- Energie osmotique ;

La France dispose d'importantes ressources d'énergie marine. En effet, la France possède un potentiel énergétique exploitable parmi les plus importants au niveau mondial.

Hormis l'éolien en mer, ces énergies marines, qui représentent un gisement significatif, ne sont pas encore exploitées de manière industrielle. Enfin, un effort de long terme pourrait porter les technologies des énergies marines sur des trajectoires de décroissance des coûts de même nature que celles observées pour l'éolien et le photovoltaïque.

2. Potentialité du site

a) Le grand hydraulique – Le petit hydraulique

Le gisement hydraulique dépend de l'existence de cours d'eau présentant un débit et/ou une chute d'eau suffisante.

Les cours d'eau les plus proches de la ZAC sont les suivants :

- « La Diélette » à environ 2 km au nord ;
- « Du But » à environ 1,5 km au sud de la zone d'étude.

La zone d'étude du projet d'extension de la ZAC des Costils s'insère en partie dans le bassin versant :

- Les bassins côtiers compris entre l'embouchure de la Divette et l'embouchure de la Diélette au nord de la ZAC ;
- Les bassins côtiers compris entre l'embouchure de la Diélette et l'embouchure de l'Ay au sud de la ZAC.

La zone d'étude de la ZAC des Costils n'est traversée par aucun cours d'eau.

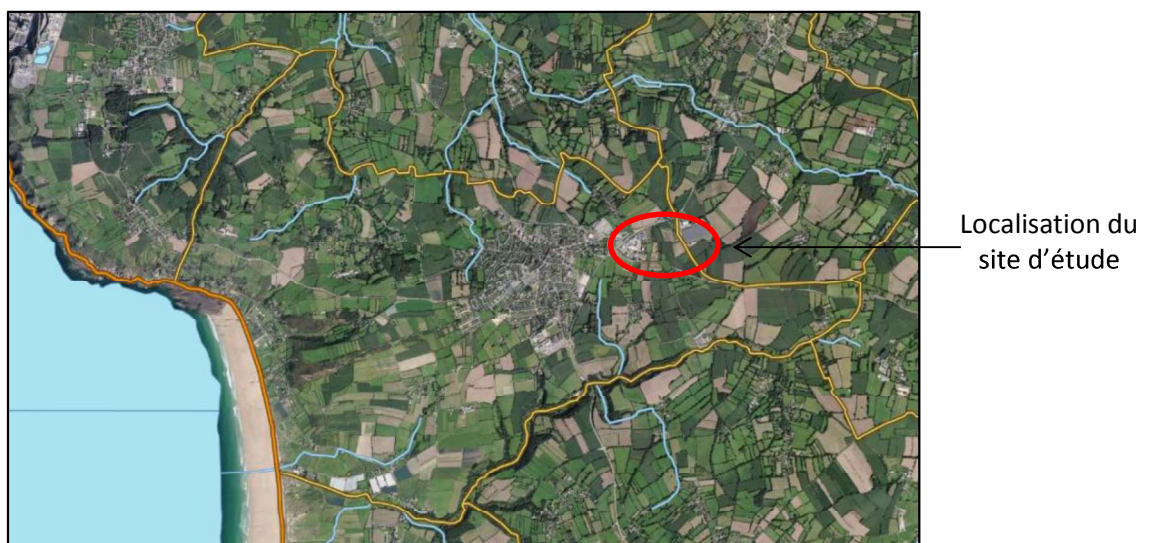


Figure 20 : Réseau hydrographique aux alentours de la zone d'étude

Source : Géoportail

De plus, la puissance électrique d'un aménagement hydroélectrique est directement donnée par sa hauteur de chute et son débit.

$$P = H \times Q \times \rho \times g \times r$$

Avec :

- P puissance produite (en kW) ;
- H la hauteur de chute (m) ;
- Q le débit de l'installation (m³/s) ;
- ρ la masse volumique de l'eau (103kg/m³) ;
- g la constante d'accélération de la gravité (9,81 m/s²) ;
- r le rendement de l'installation (aux alentours de 0,8 pour les centrales hydroélectriques).

Hors régions montagneuses, les hauteurs de chute sont faibles. Ainsi, la puissance d'une installation hydroélectrique pour la ZAC les Costils serait faible.

b) Les énergies marines

La Normandie dispose d'atouts naturels qui en font un territoire stratégique pour le développement des énergies marines renouvelables et la diversification énergétique en France.

Avec plus de 600 km de côte, la Normandie est largement ouverte sur la mer. Ses vents d'ouest réguliers et ses fonds marins de faibles profondeurs en font l'un des premiers gisements européens pour l'éolien en mer. La pointe du Cotentin se situe à équidistance de deux futurs parcs éoliens offshore.

De plus, entre le cap de la Hague et l'île anglo-normande d'Aurigny, le raz Blanchard est considéré comme l'un des courants marins les plus forts d'Europe. Il représente à lui seul un potentiel hydrolien de 3 000 MW. En outre, il constitue une zone appropriée en raison de la proximité des grands réseaux électriques.

3. Conclusion

a) Le grand hydraulique

Le grand hydraulique n'est pas une solution envisageable à l'échelle de la ZAC.

b) Petit hydraulique

Au vu de la faiblesse du débit des cours d'eau voisins du site, de la faible hauteur de chute et du niveau élevé d'investissement nécessaire à l'exploitation hydraulique, la zone d'étude ne présente pas de potentiel hydroélectrique.

De plus, la proximité avec les cours d'eau n'est pas directe, ce qui est également un facteur limitant pour la production d'hydroélectricité sur la ZAC des Costils.

Enfin, les contraintes environnementales liées à l'exploitation hydroélectrique sont importantes.

c) Les énergies marines

L'éolien offshore n'est pas une solution envisageable à l'échelle d'une ZAC compte tenu de la vocation du projet et des contraintes réglementaires et environnementales liées à de telles

installations. Cependant, l'électricité produite dans les deux futurs parcs offshore pourrait facilement alimenter la ZAC en électricité grâce la proximité des grands réseaux électriques.

De même, l'hydrolien 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 liée à de telles installations. Cependant, l'électricité produite dans le futur parc hydrolien du raz Blanchad, qui aura une capacité de 14 MW, pourrait facilement alimenter la ZAC en électricité grâce la proximité des grands réseaux électriques.

F. BIOMASSE

1. Présentation de la filière

a) La filière Bois énergie

Les arguments en faveur du développement des filières bois énergie sont nombreux à condition que son utilisation se fasse dans les meilleures conditions. La ressource régionale de bois énergie est importante mais est toujours sous exploitée. En effet, le stock de bois sur pied en Normandie est estimé à 110 millions de tonnes. Sa production annuelle représente près de 4,5 millions de tonnes de bois valorisables. Actuellement, seulement deux tiers de cette production annuelle sont mobilisées.

La filière bois énergie s'est constituée autour de la société régionale Bio-combustible SA, notamment présente à Le Ham (à environ 40 km) ou Orval (à environ 70km).

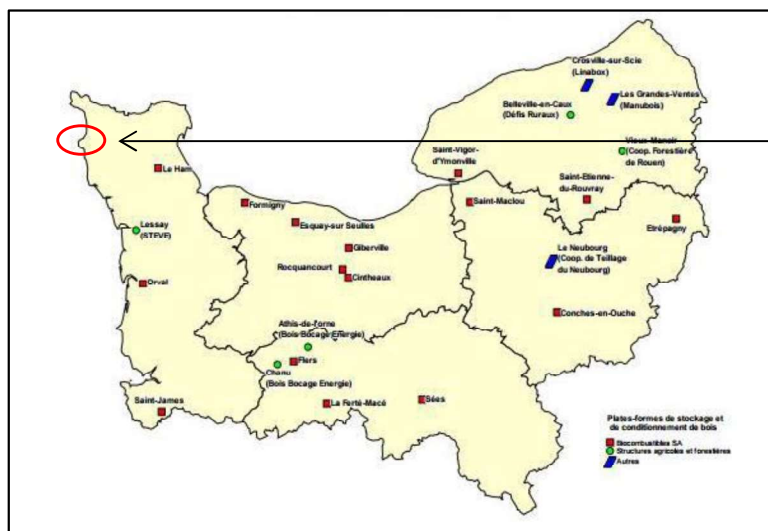


Figure 21 : Les plates formes de stockage et de conditionnement de bois en Normandie

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 qualités

des produits et des services. Le site 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.

b) 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), des bactéries dégradent partiellement la matière organique. (Source : 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 :

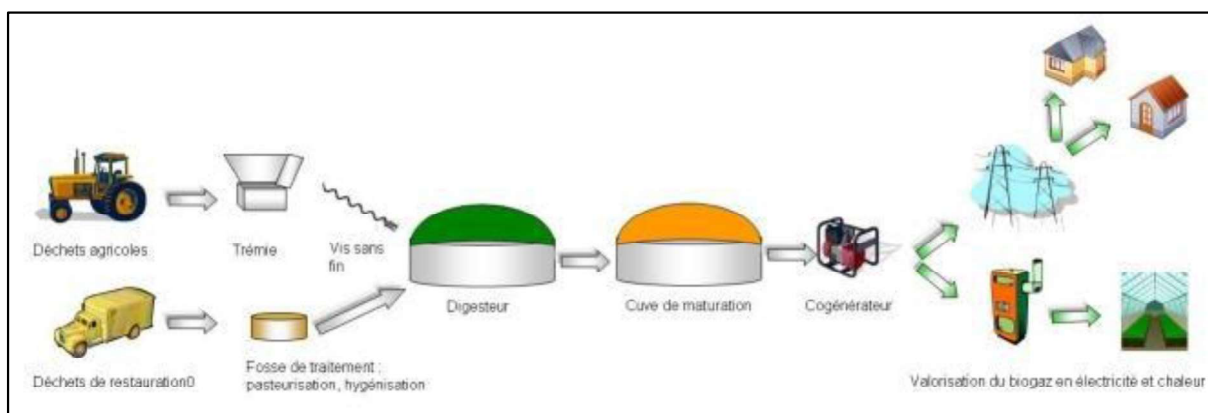


Figure 22 : Schéma de principe d'une unité de méthanisation

Source : Biogaz énergie renouvelable

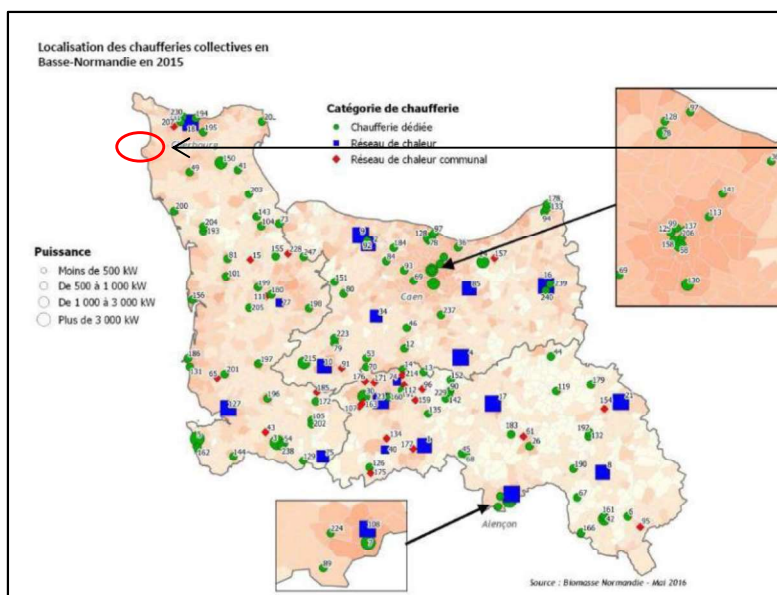
2. Potentialité du site

a) La filière bois énergie

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 énergie est développée en Basse-Normandie, à la fois dans son usage traditionnel (bois bûches) que dans des utilisations plus modernes (bois déchiqueté, bois granulé).

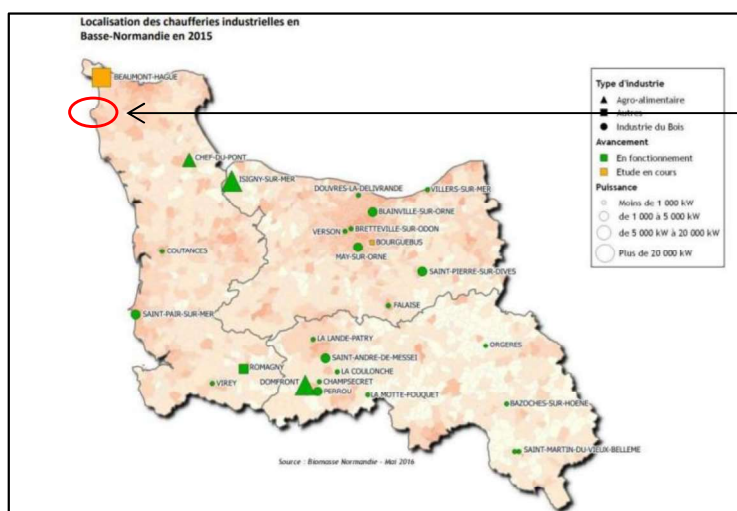
Sur le territoire de la Communauté de Commune, il existait en 2015 un seul système de chaudière bois-énergie collectives situé à Bricquebec.



Localisation du site d'étude

Figure 23 : Localisation des chaufferies collectives en Basse-Normandie en 2015

Source Biomasse, Normandie



Localisation du site d'étude

Figure 24 : Localisation des chaufferies industrielles en Basse-Normandie en 2015

Source : Biomasse, Normandie

b) Méthanisation

A l'instar du développement national, la filière méthanisation connaît un essor important en Basse-Normandie. En effet, en Basse-Normandie, 25 installations de méthanisation sont recensées dont 10 dans le département de la Manche :

- 1 installation de type STEP ;
- 1 installation pour les déchets ménagers et assimilés ;
- 23 installations à la ferme.

Selon le PCET du département de la Manche, le caractère agricole du département lui confère un important gisement de matières méthanogènes et la méthanisation constitue un potentiel d'activité complémentaire pour les exploitations agricoles.

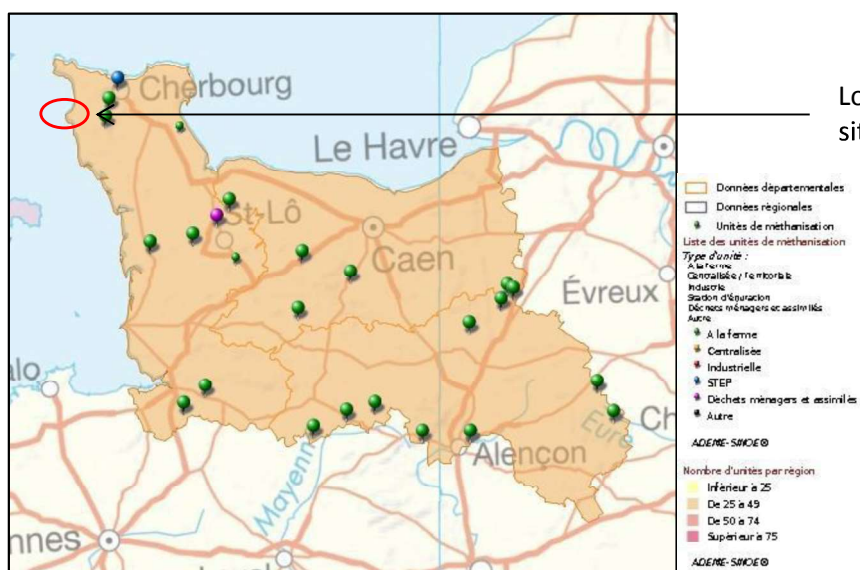


Figure 25 : Localisation des installations de méthanisation en fonctionnement et en construction sur le territoire bas-normand

Source : Biomasse Normandie

3. Conclusion

a) La filière bois énergie

L'intégration de la filière bois 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 le CNRS), la combustion mal contrôlée de biomasse est responsable en hiver de 50 à 70% de la pollution carbonée particulaire en Europe.

b) Méthanisation

Une plateforme de méthanisation par voie sèche pourrait être envisageable sur la ZAC des Costils. De plus, le propriétaire de la ferme solaire de Benoîtville (SOLAR INVEST) pourrait être un partenaire financier d'une étude de faisabilité de développement d'une filière de méthanisation par voie sèche.

Cependant, il est important de noter que les installations de méthanisation peuvent avoir un impact visuel et sur les odeurs fort.

G. ETUDE D'OPPORTUNITÉ DE CRÉATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTÉ PAR LES ENERGIES RENOUVELABLES

L'un des objectifs de l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables est de vérifier la possibilité de création ou de raccordement à un réseau de chaleur ou de froid.

Aucun réseau de chaleur ou de froid n'existe sur la zone d'étude. Nous pouvons étudier l'opportunité de la création d'un réseau de chaleur biomasse, à l'échelle de la ZAC des Costils. L'étude de l'opportunité d'un réseau de froid n'est pas utile, en vue de la localisation du site d'étude.

1. Les réseaux de chaleur

a) Définition

Un réseau de chaleur est un ensemble d'installations qui produit et distribue la chaleur à plusieurs bâtiments pour répondre aux besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire.

Cette définition doit être complétée par une définition qui distingue deux types de réseaux :

- La chaufferie dédiée qui utilise un réseau pour distribuer de la chaleur à des bâtiments appartenant au même maître d'ouvrage ;
- Le producteur de chaleur qui exploite la chaufferie est juridiquement distinct des usagers consommateurs de la chaleur. C'est le réseau de chaleur au sens juridique.

b) Un ensemble énergétique

Les réseaux de chaleur ont l'avantage de pouvoir mettre en œuvre un ensemble énergétique en tête de réseau. Il est possible de mobiliser différentes ressources énergétiques permettant de garantir des prix stables, une sécurité dans l'approvisionnement et d'assurer une flexibilité saisonnière.

Le tableau suivant résume les possibilités d'approvisionnement.

		Définition	Intérêt environnemental
Energies renouvelables et de récupération	Bois énergie	Valorisation par combustion de produits bois	Impact neutre sur l'effet de serre
	Biogaz	Produit à partir de matières organiques ou de digesteur	Valorisation d'une ressource énergétique locale non

		de stations d'épuration	fossile
	Chaleur issue de cogénération	Production simultanée de chaleur et d'électricité	Amélioration du rendement et réduction des émissions de CO2 par rapport à la production dissociée
	Géothermie profonde	Exploitation d'aquifères profonds, adaptée à de grosses installations, concentrées aujourd'hui dans le Bassin Parisien	Récupération de chaleur
	Usines d'incinération des ordures ménagères	Valorisation de la chaleur produite par la combustion des déchets	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
Energies fossiles	Gaz naturel, fioul, charbon	Energies fossiles valorisées par combustion	Aucun en dehors de la cogénération. Impact fort sur l'effet de serre

Tableau 16 : Les possibilités d'approvisionnement des réseaux de chaleur

Source : Cerema Ouest

c) Avantages des réseaux de chaleur

Le tableau suivant résume les avantages des réseaux de chaleur :

Environnementaux	➤ Réduction des émissions de polluants par la plus grande maîtrise de la combustion de systèmes centralisés et performants. ➤ Mobilisation des énergies renouvelables et notamment la biomasse : réduction de l'utilisation d'énergie fossiles et donc des émissions de gaz à effet de serre.
Optimisation énergétique	➤ Les réseaux permettent d'utiliser de la chaleur non valorisée et optimisent donc le bilan énergétique de sites ou de quartiers.
Service aux usagers	➤ Distribution d'une chaleur dont le prix et les disponibilités sont attractifs par rapport à des systèmes indépendants peu maîtrisés. ➤ Exploitation centralisée indépendante des usagers.
Aménagement urbain	➤ Dans le cadre d'aménagements de nouveaux quartiers ou de réhabilitations de quartiers existants, ce type d'installation apparaît comme un outil pertinent face à l'augmentation des prix des énergies fossiles et à la nécessaire démarche d'optimisation énergétique des territoires pour réduire l'impact environnemental et la dépendance liée aux énergies fossiles.

Tableau 17 : Avantages des réseaux de chaleur

Source : Cerema Ouest

Les principales difficultés relèvent :

- De l'investissement ;

- De la difficulté du dimensionnement, notamment lié au phasage d'opération sur un quartier neuf.

d) Valorisation des réseaux de chaleur en énergie renouvelable dans la RT 2012

La RT 2012 valorise les réseaux de chaleur émettant peu de CO₂ par kWh distribué. Ces réseaux doivent mobiliser des énergies renouvelables et de récupération dans leur mix énergétique.

Le tableau suivant présente les coefficients applicables pour moduler le coefficient « Cepmax » en fonction du contenu CO₂ du réseau, dans le cas de bâtiments raccordés à un réseau de chaleur :

Contenu CO ₂ du réseau en g/kWh	< 50	Entre 50 et 100	Entre 100 et 150	>150
Modulation du coefficient « Cepmax »	+ 30 %	+20 %	+ 10 %	+ 0 %

Tableau 18 : Modulations applicables au « Cepmax » en fonction du contenu CO₂ du réseau

Source : Cerema Ouest

Le coefficient « Cepmax » correspond à la consommation maximale d'énergie primaire d'un bâtiment. Conformément à l'article 4 de la Loi Grenelle I, la valeur du coefficient « Cepmax » s'élève à 50 kWh/m² d'énergie primaire par an, modulé selon la localisation géographique, l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des logements et les émissions de gaz à effet de serre pour le bois énergie et les réseaux de chaleur les moins émetteurs de CO₂.

La conséquence directe est une modulation favorable de la limite haute de consommation d'énergie primaire pour les bâtiments raccordés à un réseau.

e) Intérêts en milieu rural et en milieu urbain peu dense

De plus en plus de collectivités souhaitent développer ces réseaux de chaleur, même dans un contexte urbain peu dense.

L'optimisation énergétique n'est alors pas le premier facteur décisionnel.

L'aménagement du territoire, la mobilisation de ressources locales comme le bois énergie, la mise en place de filières économiques locales créatrices d'emploi de proximité et non délocalisables sont quelques-uns de ces facteurs.

Outre la mobilisation d'énergies renouvelables, un autre avantage technique peut être identifié : la mise en place d'un système centralisé évite la dispersion de générateurs de chaleur dont l'entretien, la fiabilité, et donc l'impact environnemental sont toujours moins maîtrisés qu'un décentralisé.

2. Etude d'opportunité d'un réseau de chaleur sur la ZAC des Costils.

L'un des objectifs de l'étude d'opportunité est de vérifier la possibilité de création ou de raccordement à un réseau de chaleur ou de froid notamment bois.

Les objectifs de cette étude d'opportunité sont donc les suivants :

- Définir les zones où une étude de faisabilité technico-économique serait à mettre en œuvre pour confirmer l'opportunité identifiée ;
- Définir d'éventuelles incitations ou obligations de mise en œuvre de l'énergie bois dans le règlement de la ZAC.

a) Notion de densité énergétique pour un réseau de chaleur

Cette étude d'opportunité de création d'un réseau de chaleur repose sur l'analyse de la densité énergétique des scénarios.

La densité énergétique correspond à la quantité d'énergie consommée par les bâtiments par unité de longueur du réseau (longueur de tranchée).

Le critère généralement admis pour évaluer en première approche l'intérêt d'un réseau de chaleur bois est le coefficient qui représente la quantité d'énergie transportée par un mètre de réseau sur une année, exprimé en kWh/m de réseau de chaleur.

Sur la base des aides de l'ADEME et du Fond Chaleur, en milieu rural, on considère généralement qu'un réseau de chaleur peut avoir de l'intérêt à partir de 1,5 MWh/ml allé de réseau. C'est le palier minimal pour obtenir des aides.

L'implantation d'un réseau est principalement liée à cette densité énergétique : 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.

b) Raccordement à une installation existante

Comme illustré précédemment, en 2015, la chaufferie bois industrielle la plus proche de la zone d'aménagement est située à Coutances, à environ 65 km. Le raccordement à cette installation ne présente pas d'intérêt technico-économique en raison de son éloignement (*Source : Biomasse Normandie*).

De même, en ce qui concerne les chaufferies collectives, la chaufferie dédiée la plus proche se trouve à Bricquebec à environ 15 km. Le réseau de chaleur le plus proche est situé à Cherbourg à une vingtaine de kilomètre au nord de la zone d'étude. (*Source : Biomasse Normandie*)

Il n'existe pas de potentiel de raccordement de la zone d'aménagement à un réseau de chaleur existant puisque les réseaux déjà existant sont trop éloignés de la zone d'étude.

c) Création d'un réseau de chaleur sur la ZAC

Si l'ensemble de la ZAC est desservi par le réseau de chaleur, le linéaire de réseau est estimé à environ 2 102 ml en suivant le tracé des routes qui desserviront la ZAC Les Costils.

La densité thermique s'exprime en MWh/(ml.an), de la façon suivante :

$$\frac{\text{quantité de chaleur livrée sur une année (MWh)}}{\text{longueur de tranchée du réseau (m)}}$$

Ainsi, nous pouvons estimer la densité thermique du réseau de chaleur sur la future ZAC Les Costils à $d < 1,5 \text{ MWh/ml/an}$.

La mise en place d'un réseau de chaleur ne se justifie pas du point de vue demande de chaleur sur le périmètre d'étude. Ceci s'explique par les besoins en chauffage et ECS faible de l'opération rapportés

à un linéaire de réseau de distribution élevé mais aussi les bâtiments de la ZAC des Costils devront répondre aux critères de la RT 2012.

6 - SYNTHÈSE

Les choix réalisés dans le cadre d'un aménagement représentent un engagement sur le long terme. En matière d'énergie, les conséquences directes de ces choix sont le coût pour les usagers (niveau et stabilité), l'impact sur le climat (émissions de gaz à effet de serre) et sur l'environnement (qualité de l'air, impact paysager, ...). Le panel des solutions est large et chaque solution dispose de ses atouts et de ses limites. Le tableau suivant décrit en première approche les systèmes d'énergies renouvelables présentant une pertinence technique à l'échelle de l'opération.

Filière	Possibilité	Production	Contraintes pour le projet
Grand éolien	Zone non favorable du SRE. Cependant, certaines communes voisines favorables du SRE.	Electricité	Non adapté à l'échelle du projet. Contraintes réglementaires et environnementales très fortes.
Petit éolien	Zone favorable du SRE. Ressource suffisante (vent > 6m/s). Adapté pour l'alimentation des bâtiments et l'éclairage.	Electricité	Impact paysager potentiel.
Solaire thermique	Ensoleillement insuffisant pour un rendement optimal. Plutôt système combiné (eau chaude + chauffage).	Chauffage et eau chaude sanitaire	Orientation et inclinaison des toits à étudier. Incidence paysagère à étudier.
Solaire photovoltaïque	Ensoleillement suffisant (1 100 KWh/m ²).	Electricité	Orientation et inclinaison des toits à étudier.

	Orientation et inclinaisons des toits à étudier. Présence d'une ferme solaire dans le périmètre de la ZAC.		Incidence paysagère à étudier.
Géothermie	Potentiel existant mais à préciser pour la nappe. Préconisation de capteurs verticaux.	Chauffage	Contraintes réglementaires pour les forages.
Aérothermie	Potentiel existant (peu de températures très froides).	Chauffage	Risque de gêne sonore et visuelle.
Grand hydraulique	Pas de ressources au niveau du site.	Electricité	Non adapté à l'échelle du projet. Contraintes environnementales fortes.
Petit hydraulique	Pas de ressource au niveau du site.	Electricité	Contraintes environnementales fortes.
Eolien offshore	Construction de 2 futurs parcs offshore à proximité de la commune. Alimentation de la ZAC en électricité grâce la proximité des grands réseaux électriques.	Electricité	Non adapté à l'échelle du projet. Contraintes réglementaires et environnementales très fortes.
Hydrolien	Construction du futur parc hydrolien du raz Blanchard, qui aura une capacité de 14 MW. Alimentation de la ZAC en électricité grâce la proximité des grands	Electricité	Non adapté à l'échelle du projet. Contraintes réglementaires et environnementales très fortes.

	réseaux électriques.		
Bois énergie	Ressources locales existante.	Chauffage	Prévoir un espace suffisante pour la chaufferie et le stockage du combustible.
Méthanisation	Ressources existantes grâce aux nombreuses activités agricoles.	Chauffage	Impact olfactif et visuel fort. Consommation d'espace.

Tableau 19 : Atouts et contraintes des énergies renouvelables étudiés

7 - ETUDE DE L'IMPACT DE LA MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

Dans le chapitre précédent, nous avons étudié le potentiel de la ZAC des Costils vis-à-vis des énergies renouvelables. Dans ce chapitre, nous allons définir les niveaux de consommations énergétiques attendus sur le quartier de manière exhaustive, afin de comparer l'impact environnemental de ces solutions.

Il s'agit :

- D'évaluer la totalité des consommations énergétiques du futur quartier en fin d'opération ;
- De définir des hypothèses d'approvisionnement en énergie mobilisant les énergies renouvelables pour répondre à ces besoins ;
- D'évaluer l'impact environnemental de ces hypothèses ;
- D'évaluer l'impact financier de ces hypothèses.

A. LES USAGES ENERGETIQUES ATTENDUS

Plusieurs types d'usages de l'énergie peuvent être distingués sur une opération d'aménagement :

- L'énergie liée au fonctionnement des bâtiments ;
- L'éclairage public ;
- L'énergie consommée par les transports ;
- L'énergie grise mobilisée par la construction des bâtiments.

1. Les usages liés aux bâtiments

Les bâtiments ont des besoins énergétiques qui peuvent être décomposés en besoins de :

- Chauffage ;
- Production d'eau chaude sanitaire ;
- Climatisation ;
- Electricité technique : éclairage, ventilation, process, etc.
- Electricité domestiques : bureautique, électroménager, HIFI, etc.

Cette étude va permettre d'évaluer les besoins énergétiques globaux grâce à des hypothèses de consommations énergétiques, en fonction des typologies de bâtiments envisagés sur la zone d'extension de la ZAC des Costils.

2. Les autres usages

a) L'éclairage public

Ce poste est supporté directement par les collectivités.

b) Les transports

Ces consommations d'énergie liées aux véhicules individuels et au transport collectif ont un impact sur l'effet de serre qu'il convient d'évaluer.

Dans la suite de notre réflexion, nous n'intégrerons pas les transports, par manque de données, mais ils sont importants à considérer dans l'optique d'une diminution globale de l'impact énergétique global de la future ZAC.

c) L'énergie grise

L'énergie grise peut être définie comme l'énergie fossile nécessaire à la fabrication et au transport des matériaux. Dans le cadre de la réalisation d'une ZAC, qui va nécessiter une forte mobilisation des métiers du bâtiment, il peut être intéressant d'encourager l'usage de matériaux à faible énergie grise et dont la mise en œuvre limite les risques sur la santé des ouvriers et des utilisateurs des bâtiments.

Dans la suite de notre réflexion, nous n'intégrerons pas l'énergie grise des matériaux mais ils sont importants à considérer dans l'optique d'une diminution globale de l'impact énergétique global de la future ZAC.

B. LES NIVEAUX DE PERFORMANCES ENERGETIQUES

1. Définition des niveaux de performance énergétiques

D'une part, l'évolution de la réglementation thermique nous incite à définir des hypothèses de consommations énergétiques de références cohérentes avec le « standard » de la RT 2012.

D'autre part, la future réglementation thermique RT 2020 imposera le standard passif.

- RT 2012 : niveau minimal réglementaire depuis janvier 2013 pour tous les logements (équivalents d'un niveau BBC au sens de la RT 2005)
- Passif : Objectif de niveau réglementaire RT 2020.

a) La RT 2012

Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la RT 2012 a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs.

Ainsi, depuis le 1er janvier 2013, tout bâtiment doit respecter la réglementation thermique fixée par les arrêtés suivants :

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

Ces arrêtés concernent les bâtiments suivants :

- Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche ;
- Hôtels ;
- Restaurants ;
- Commerces ;

- Gymnases ;
- Salles de sports, y compris les vestiaires ;
- Etablissements de santé ;
- Etablissement d'hébergement pour personnes âgées, y compris les établissements hospitaliers pour personnes âgées et personnes âgées dépendantes ;
- Aérogares ;
- Tribunaux ;
- Palais de justice ;
- Bâtiments à usage industriel ou artisanal.

Les bâtiments de la ZAC des Costils sont donc concernés par cette réglementation.

La RT 2012 implique trois exigences de résultats :

➤ **Efficacité énergétique du bâti**

L'exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti est définie par le coefficient « Bbiomax » (besoins bioclimatiques du bâti). Cette exigence impose une limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées à la conception du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage), imposant ainsi son optimisation indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre.

➤ **La consommation énergétique du bâtiment**

L'exigence de la consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire se traduit par le coefficient « Cepmax », portant sur les consommations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires (pompes et ventilateurs).

➤ **Le confort d'été dans les bâtiments non climatisés**

A l'instar de la RT 2005, la RT 2012 définit des catégories de bâtiments dans lesquels il est possible d'assurer un bon niveau de confort en été sans avoir à recourir à un système actif de refroidissement. Pour ces bâtiments, la réglementation impose que la température la plus chaude atteinte dans les locaux, au cours d'une séquence de 5 jours très chauds d'été n'excède pas un certain seuil.

b) La RT 2020

La RT 2020 réunit un ensemble de normes visant à construire des bâtiments à énergie positive et des maisons passives. Un bâtiment répondant aux directives de la RT 2020 doit avoir une consommation de chauffage inférieure à 12 kWh/an.m² et une consommation totale en énergie (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage et appareils électriques) inférieure à 100 kWh/an.m². Les normes RT 2020 visent le zéro gaspillage énergétique, ainsi que la production d'énergie. Elles rendent également l'utilisateur acteur de la transition énergétique.

La RT 2020 va mettre en œuvre le concept de bâtiment à énergie positive, appelé aussi « BEPOS » au sein du Plan Bâtiment Durable. Les bâtiments à énergie positive sont des bâtiments qui produisent plus d'énergie (électricité, chauffage), qu'ils n'en consomment. La réalisation d'habitat à énergie positive reprend les principes de la maison passive, en y incluant en plus des éléments de productions énergétiques tels que :

- Une ventilation avec la récupération de chaleur sur l'air vicié ;
- Une isolation thermique renforcée ;
- Une captation efficace de l'énergie solaire de façon passive ;
- Des fenêtres de haute qualité ;
- La limitation des consommations énergétiques des appareils ménagers ;

➤ La récupération des eaux pluviales.

Afin qu'un bâtiment à énergie positive puisse créer davantage d'énergie, la RT 2020 s'appuie sur le principe des énergies renouvelables. Un ou plusieurs dispositifs doivent être installés pour développer la production d'énergie et encourager l'autoconsommation énergétique. Parmi les différentes installations favorisant la production d'énergie, on retrouve :

➤ **Le puits canadien :**

Le puits canadien est une installation de ventilation naturelle qui consiste à faire passer, avant qu'il ne pénètre dans un bâtiment, une partie de l'air neuf de renouvellement par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mètres. En effet, en hiver, le sol à cette profondeur est plus chaud que la température extérieure. L'air froid est donc préchauffé lors de son passage dans les tuyaux. En été, le sol est à l'inverse plus froid que la température extérieure. Ce système va donc utiliser la fraîcheur relative du sol pour tempérer l'air entrant dans le bâtiment.

- **Les panneaux solaires thermiques ;**
- **Le poêle à bois :**

On distingue le poêle à bûches et le poêle à granulés de bois. Le poêle à bûches sert principalement de chauffage d'appoint et peut venir s'ajouter à un système de chauffage central. Quant au poêle à granulés, il s'inscrit comme un appareil autonome puisqu'il est raccordé à un réservoir à granulés qui permet d'obtenir une autonomie allant jusqu'à une semaine complète.

➤ **Le ballon thermodynamique :**

Le ballon thermodynamique fonctionne comme une pompe à chaleur aérothermique. En effet, le ballon utilise les calories présentes dans l'air afin de chauffer un liquide caloporteur. Ce fluide restitue ensuite la chaleur au ballon pour produire de l'eau chaude sanitaire.

La RT 2020 prévoit que tous les nouveaux logements construits dès 2020 seront obligatoirement à énergie positive. Pour cela, il faut préparer le secteur du bâtiment à la conception de l'énergie positive.

2. Les hypothèses de travail

L'extension de la ZAC des Costils à une surface de 254 630 m², soit 25 hectares. Les différents secteurs d'activités qui seront présents dans la future ZAC des Costils sont :

- Le secteur tertiaire et commercial (46 250 m²) ;
- Le secteur artisanal (42 500 m²) ;
- Le secteur industriel (59 050 m²) ;
- Le secteur agricole (106 830 m²).

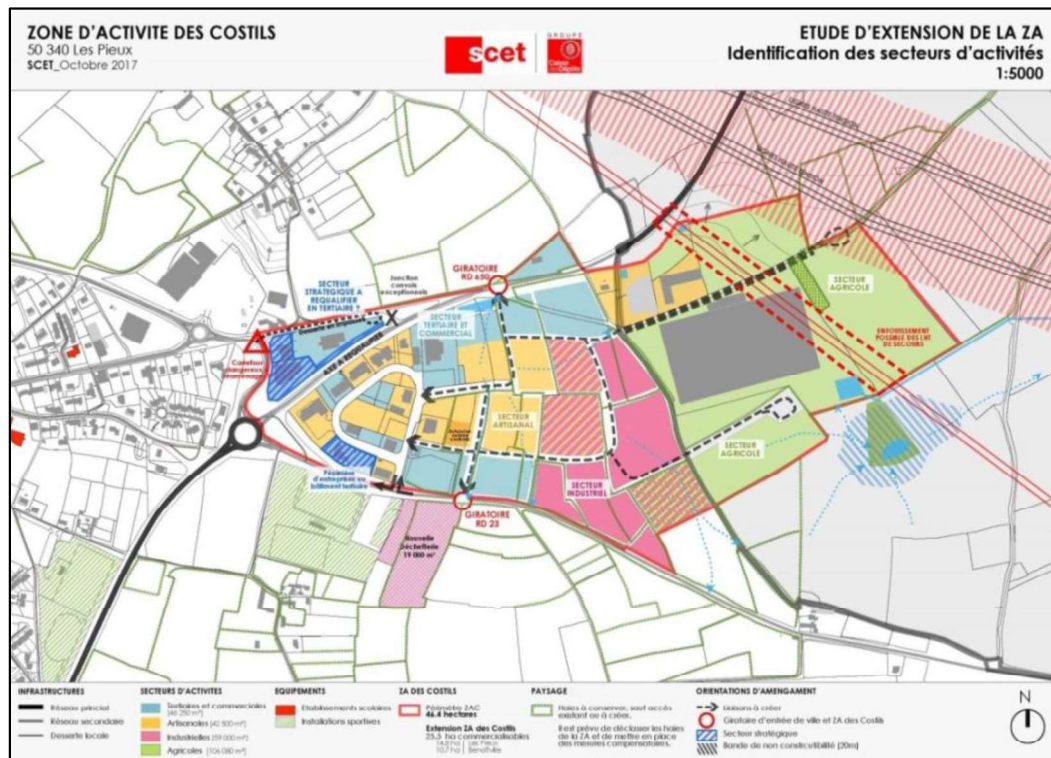


Figure 26 : Plan d'aménagement de la ZAC des Costils

Source : SCET

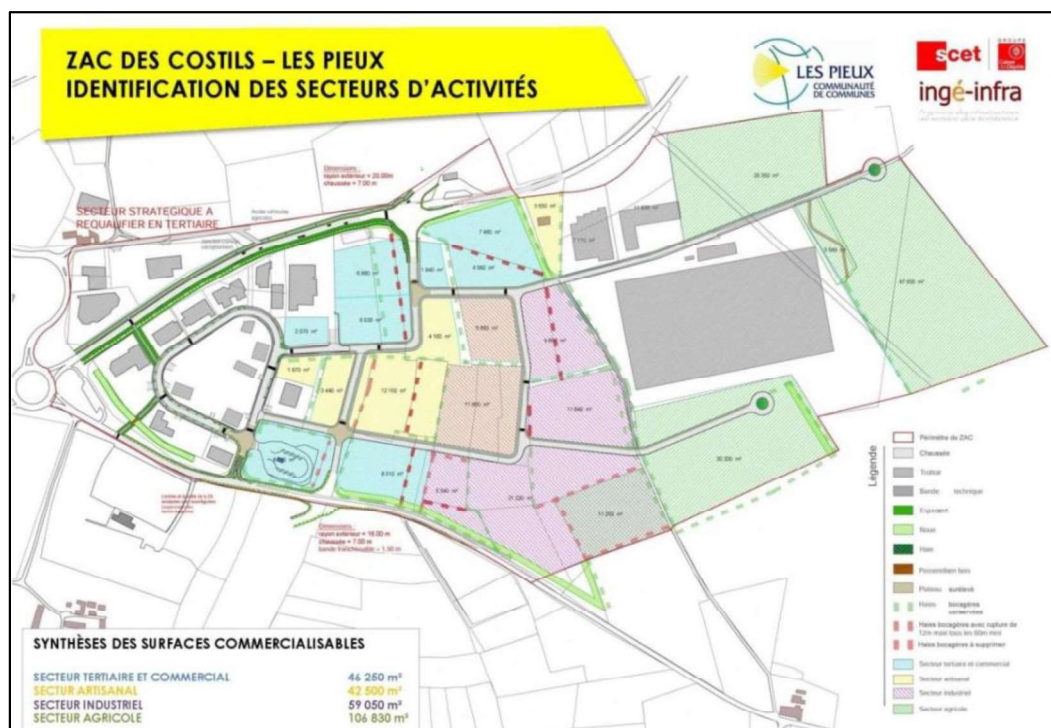


Figure 27 : Identification des secteurs d'activités

Source : SCET

Selon le Plan d'Occupation des Sols (POS) de la commune Les Pieux, l'extension de la ZAC des Costils se situe dans la zone classée 3NAX. Dans cette zone, l'emprise au sol des constructions ne devra pas excéder 60% de la superficie du terrain. De plus, la hauteur maximale des bâtiments professionnels ne doit pas excéder 12 mètres.

- **Hypothèse 1** : le bâti représente 60% de la surface de la parcelle. L'emprise au sol est de 88 680 m² :
- Secteur tertiaire et commercial : 27 750 m² ;
 - Secteur artisanal : 25 500 m² ;
 - Secteur industriel : 35 430 m².
 - Aucun bâtiment agricole ne sera construit sur les parcelles réservées au secteur agricole.

Secteur	SHON (m ²)
Tertiaire et commercial	27 750
artisanal	25 500
industriel	35 430
TOTAL	88 680

Tableau 20 : Emprise au sol de l'extension de la ZAC des Costils

Source : Plan d'aménagement de la ZAC des Costils

- **Hypothèse 2** : La surface thermique d'un bâtiment, telle que définie dans l'annexe III de l'arrêté du 28 décembre 2012, correspond à la surface utile de ce bâtiment au sens de la RT, multiplié par 1,1 (commerce, industrie et artisanat). On considère que l'ensemble de la SHON ne constitue pas une surface thermique. En effet, pour les secteurs tertiaire et commerciale, artisanal et industriel, la majorité des locaux comprennent des espaces de stockage ou manutention non chauffés. Ainsi, nous pouvons prendre l'hypothèse d'une surface thermique de l'ordre de 60 % environ de la SHON pour ce type de bâtiment. De plus, nous appliquons le coefficient de 1,1 (commerce, industrie et artisanat).
- Surface thermique secteur tertiaire et commercial : 18 315 m² ;
 - Surface thermique secteur artisanal : 16 830 m² ;
 - Surface thermique secteur industriel : 23 383,8 m².

Secteur	SHON _{RT} (m ²)
Tertiaire et commercial	18 315
Artisanal	16 830
Industriel	23 383,8
TOTAL	58 528,8

Tableau 21 : Surface chauffée par secteur de l'extension de la ZAC des Costils

- **Hypothèse 3** : Le nombre de niveaux des bâtiments ne dépassera pas 2 niveaux.

C. DEFINITIONS DES CONSOMMATIONS

L'estimation des consommations de l'opération est réalisée sur la base des consommations réglementaires RT 2012 maximales (CEPmax). La valeur du CEPmax dépend de plusieurs facteurs dont l'usage du bâtiment.

Les tableaux suivants détaillent les hypothèses de calcul permettant d'estimer le CEPmax en fonction de plusieurs paramètres qui sont le département, la zone climatique, l'altitude, le type de construction (neuve ou rénovation), le nombre de niveaux du bâtiment, le type de bâtiment (commerce, industrie et artisanat), la catégorie de bâtiment (climatisation ou non), la surface thermique, la principale source d'énergie utilisée, la présence d'un réseau de chaleur/froid. Cet outil permettant de calculer le CEPmax a été développé par Bourgogne Bâtiment Durable.

1. Les bâtiments du secteur tertiaire et commercial

Département ?	50 - Manche
Zone climatique ?	H2a
Altitude (m) ?	0 à 400 m
Type de construction ?	Construction neuve
Nombre de niveaux du bâtiment (Nniv) ?	2
Type de bâtiment ?	Commerces
Catégorie de bâtiment ?	CE2
Surface thermique S_{RT} (m ²) ?	18315
Source d'énergie principale utilisée ?	Autre source d'énergie (gaz, fioul, électricité...)
Réseau de chaleur ?	00 - Aucun réseau de chaleur
Réseau de froid ?	00 - Aucun réseau de froid
$B_{bio_maxmoyen}$ =	250,00
$M_{bgéo}$ =	1,00
M_{balt} =	0,00
M_{bsurf} =	0,00
B_{bio_max} =	250,00
Besoin bioclimatique conventionnel maximal en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel des locaux, sans dimension et exprimé en nombre de points.	
M_{ctype} =	10,40
$M_{cgéo}$ =	1,00
M_{calt} =	0,00
M_{csurf} =	0,00
M_{cGES} =	0,00
Cep_{max} (kWh _{ep} /an.m ² S_{RT}) =	520,00
Consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure.	

Tableau 22 : Calcul des coefficients CEPmax et Bbiomax

Source : Bourgogne Bâtiment Durable

Le CEPmax pour les bâtiments du secteur tertiaire et commercial est de 520,00 kWh_{ep}/an.m² S_{RT} .

Le coefficient B_{bio_max} pour les bâtiments du secteur tertiaire et commercial est de 250,00.

2. Les bâtiments du secteur artisanal (8h – 18h)

Département ?	50 - Manche
Zone climatique ?	H2a
Altitude (m) ?	0 à 400 m
Type de construction ?	Construction neuve
Nombre de niveaux du bâtiment (Nniv) ?	2
Type de bâtiment ?	Industrie ou Artisanat (8h à 18h)
Catégorie de bâtiment ?	CE2
Surface thermique S_{RT} (m ²) ?	16830
Source d'énergie principale utilisée ?	Autre source d'énergie (gaz, fioul, électricité...)
Réseau de chaleur ?	00 - Aucun réseau de chaleur
Réseau de froid ?	00 - Aucun réseau de froid
$B_{bio_maxmoyen}$ =	130,00
$M_{bgéo}$ =	1,00
M_{balt} =	0,00
M_{bsurt} =	0,00
B_{bio_max} =	130,00
Besoin bioclimatique conventionnel maximal en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel des locaux, sans dimension et exprimé en nombre de points.	
M_{ctype} =	3,40
$M_{cgéo}$ =	1,00
M_{calt} =	0,00
M_{csurf} =	0,00
M_{cGES} =	0,00
Cep_{max} (kWh _{ep} /an.m ² S_{RT}) =	170,00
Consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure.	

Tableau 23 : Calcul des coefficients CEP_{max} et B_{biomax}

Source : Bourgogne Bâtiment Durable

Le CEP_{max} pour les bâtiments du secteur artisanal fonctionnant selon le système 8h – 18h est de 170,00 kWh_{ep}/an.m² S_{RT} .

Le coefficient B_{bio_max} pour les bâtiments du secteur artisanal fonctionnant selon le système 8h – 18h est de 130,00.

3. Les bâtiments du secteur industriel (3x8h)

Département ?	50 - Manche
Zone climatique ?	H2a
Altitude (m) ?	0 à 400 m
Type de construction ?	Construction neuve
Nombre de niveaux du bâtiment (Nniv) ?	2
Type de bâtiment ?	Industrie ou Artisanat (3x8 h)
Catégorie de bâtiment ?	CE2
Surface thermique S_{RT} (m ²) ?	23383,8
Source d'énergie principale utilisée ?	Autre source d'énergie (gaz, fioul, électricité...)
Réseau de chaleur ?	00 - Aucun réseau de chaleur
Réseau de froid ?	00 - Aucun réseau de froid
$B_{bio_maxmoyen} =$	320,00
$M_{bgéo} =$	1,00
$M_{balt} =$	0,00
$M_{bsurf} =$	0,00
$B_{bio_max} =$	320,00
Besoin bioclimatique conventionnel maximal en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel des locaux, sans dimension et exprimé en nombre de points.	
$M_{ctype} =$	8,00
$M_{cgéo} =$	1,00
$M_{calt} =$	0,00
$M_{csurf} =$	0,00
$M_{cGES} =$	0,00
$Cep_{max} (kWh_{ep}/an.m^2 S_{RT}) =$	400,00
Consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure.	

Tableau 24 : Calcul des coefficients CEP_{max} et B_{biomax}

Source : Bourgogne Bâtiment Durable

Le CEP_{max} pour les bâtiments du secteur industriel fonctionnant selon le système 3x8h est de 400,00 kWh_{ep}/an.m²S_{RT}.

Le coefficient B_{bio_max} pour les bâtiments du secteur industriel fonctionnant selon le système 3x8h est de 320,00.

4. La répartition des consommations

Le CEP_{max} englobe les 5 postes réglementaires :

- Chauffage ;
- Eau chaude sanitaire (ECS) ;
- Refroidissement ;
- Electricité spécifique ;
- Autres usages.

Le tableau suivant résume les consommations énergétiques par secteurs d'activité ainsi que par types d'usages sur l'ensemble de l'extension de la ZAC des Costils :

Usages	Chauffage		ECS		Refroidissement		Electricité spécifique		Autres usages	
	%	kWh _{EF} /an.m ²	%	kWh _{EF} /an.m ²	%	kWh _{EF} /an.m ²	%	kWh _{EF} /an.m ²	%	kWh _{EF} /an.m ²
Secteur tertiaire et commerciale	50%	260	10%	52	5%	26	25%	130	10%	52
Secteur artisanales (8h – 18h)	10%	17	5%	8,5	5%	8,5	60%	102	20%	34
Secteur industriel (3x8h)	10%	40	5%	20	5%	20	60%	240	20%	80
Total kWh _{EF} /an.m ²	317		80,5		54,5		472		166	

Tableau 25 : Répartition des consommations énergétique sur l'ensemble de l'extension de la ZAC des Costils

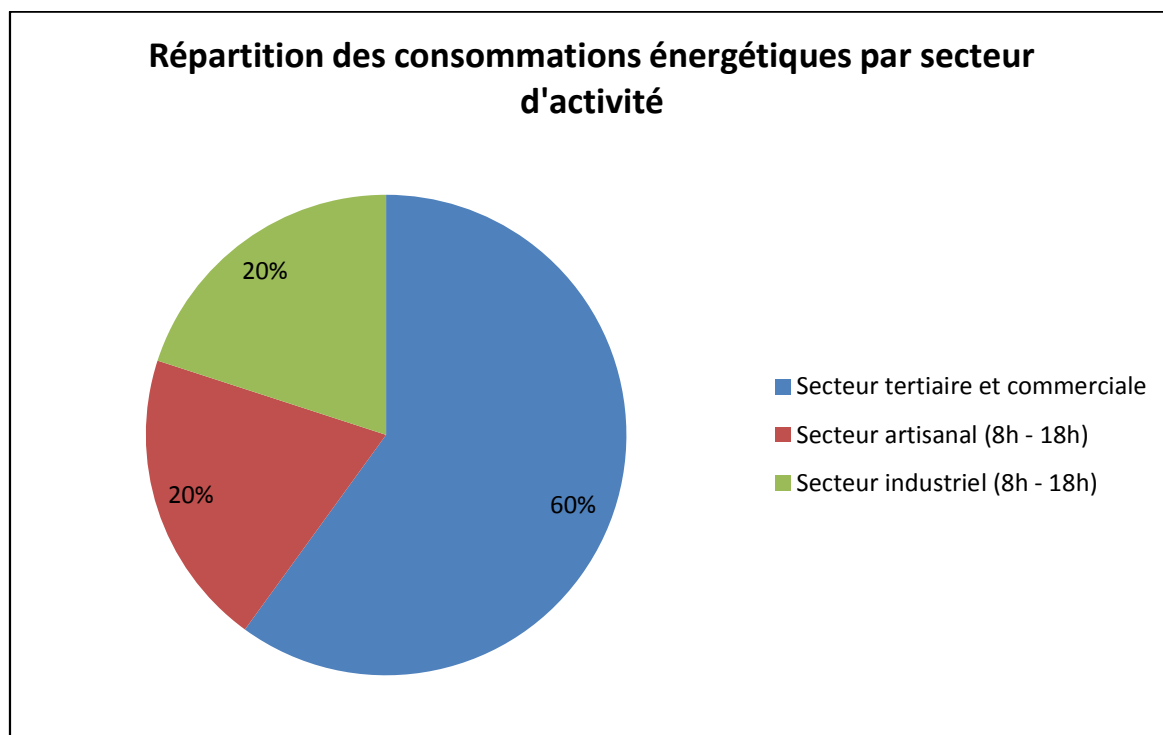


Figure 28 : Répartition des consommations énergétiques par secteur d'activité sur l'ensemble de l'extension de la ZAC des Costils

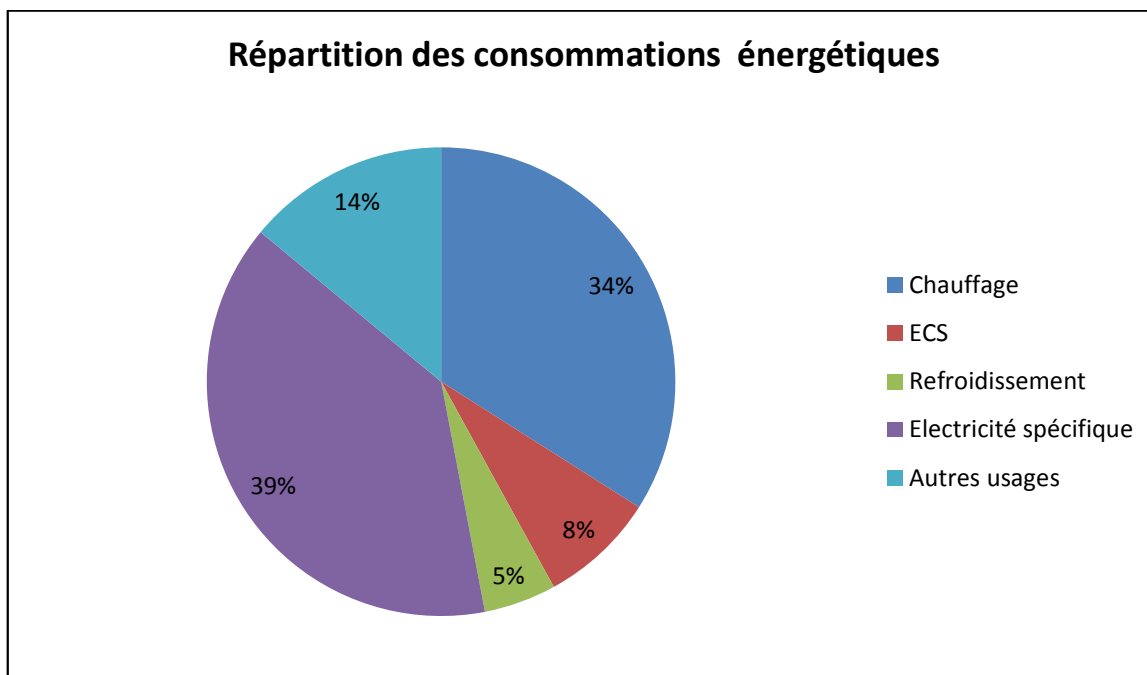


Figure 29 : Répartition des consommations énergétiques par type d'usage sur l'ensemble de l'extension de la ZAC des Costils tous secteurs confondus

D. COMPARATIF DES HYPOTHESES POUR LA DESSERTE EN CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE ET EN PRODUCTION D'ELECTRICITE

Nous devons étudier différentes hypothèses pour la desserte en chauffage, eau chaude sanitaire et électricité de la zone d'extension de la ZAC des Costils. Nous pouvons analyser 4 hypothèses, pour le niveau de performance RT 2012 sur l'ensemble des bâtiments du projet.

1. Les différents hypothèses envisageables

Quatre hypothèses sont envisagées pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la production d'électricité nécessaire sur le projet d'extension de la ZAC des Costils. Ces hypothèses sont émises en fonction des ressources présente localement et qui ont été développées dans la partie précédente :

- **Hypothèse 1** : Cette hypothèse intègre une chaudière gaz à condensation et l'installation de panneaux solaires photovoltaïque :
 - Chauffage : une chaudière gaz à condensation dans chaque bâtiment de l'extension de la ZAC ;
 - ECS : une chaudière gaz à condensation dans chaque bâtiment de l'extension de la ZAC ;
 - Electricité : des panneaux solaire photovoltaïque pour une utilisation de l'électricité en auto consommation et une revente du surplus à EDF ou utilisation des panneaux solaires photovoltaïques de la ferme solaire de Benoîtville.

Dans la suite, nous prenons en compte l'installation de nouveaux panneaux solaires photovoltaïque.

- **Hypothèse 2** : Cette hypothèse intègre une chaudière gaz à condensation et l'installation de micro éolienne :
 - Chauffage : une chaudière gaz à condensation dans chaque bâtiment de l'extension de la ZAC ;
 - ECS : une chaudière gaz à condensation dans chaque bâtiment de l'extension de la ZAC ;
 - Electricité : micro éolienne pour une utilisation de l'électricité en auto consommation et une revente du surplus au réseau EDF.
- **Hypothèse 3** : Cette hypothèse intègre une chaudière granulé bois, ainsi que la mise en place d'un réservoir de surface pour le stockage des granulés mais aussi l'installation un système d'alimentation de la chaudière et l'installation d'un ballon thermodynamique :
 - Chauffage : une chaudière granulé bois dans chaque bâtiment de l'extension de la ZAC, avec la mise en place d'un réservoir de stockage des granulés et d'un système d'alimentation de la chaudière ;
 - ECS : un chauffe – eau thermodynamique dans chaque bâtiment de l'extension de la ZAC ;
 - Electricité : réseau EDF ou surplus de l'installation solaire de la ferme de Benoîtville pour un fonctionnement en auto consommation.
- **Hypothèse 4** : Cette hypothèse intègre une pompe à chaleur air – eau et l'installation d'un ballon thermodynamique :
 - Chauffage : une PAC air – eau pour chaque bâtiment de l'extension de la ZAC ;
 - ECS : un chauffe – eau thermodynamique dans chaque bâtiment de l'extension de la ZAC ;
 - Electricité : réseau EDF ou surplus de l'installation solaire de la ferme de Benoîtville pour un fonctionnement en auto consommation.

	Chauffage	ECS	Electricité
Gaz + solaire photovoltaïque	Chaudière gaz à condensation	Chaudière gaz à condensation	Solaire Photovoltaïque + réseau EDF
Gaz + micro éolienne	Chaudière gaz à condensation	Chaudière gaz à condensation	Micro éolienne + réseau EDF
Biomasse + chauffe – eau thermodynamique	Chaudière granulé bois	Ballon thermodynamique	Réseau électrique EDF + ferme solaire de Benoîtville
PAC + chauffe – eau thermodynamique	Pompe à chaleur air - eau	Ballon thermodynamique	Réseau électrique EDF + ferme solaire de Benoîtville

Tableau 26 : Hypothèse envisagée pour l'alimentation en chauffage, ECS et électricité pour l'extension de la ZAC des Costils

2. Comparaison des coûts d'investissement

Pour chaque hypothèse envisagée, les coûts d'investissement ont été étudiés couvrant les appareils de production de chaleur pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité pour les 4 hypothèses. Le raccordement au réseau EDF n'est pas pris en compte dans le coût d'investissement puisqu'il est déjà pris en compte dans le coût de la ZAC. Dans les coûts d'investissement sont pris en compte :

- Le coût du matériel ;
- Le coût de la main d'œuvre ;
- Les aides et les subventions possibles.

Type d'installation	Investissement (€/unité)	2025 (coef)
Chaudière gaz à condensation	3 400 €	5 200 € (1.5)
Pompe à chaleur air – eau	8 780 €	11 700 € (1.3)
Chauffe – eau thermodynamique	1 283 €	3 125 € (2.4)
Chaudière à granulés de bois	7 000 €	13 350 € (1.9)
Panneaux solaires photovoltaïques	6 000 €	12 100 € (2.0)
Micro éolienne	30 000 €	41 670 € (1.4)

Tableau 27 : Coût d'investissement des différents types d'installation envisagés

Source : www.quelleenergie.fr

A partir de ces coûts d'investissement pour chaque type d'installation, il est possible de déterminer le coût d'investissement de chaque hypothèse envisagée dans le paragraphe précédent.

Hypothèse	Investissement (€)	2025 (coef)
Hypothèse 1 : gaz + solaire photovoltaïque	9 400 €	17 292 € (1.8)
Hypothèse 2 : gaz + micro éolienne	33 400 €	46 875 € (1.4)
Hypothèse 3 : biomasse + chauffe – eau thermodynamique	8 283 €	16 458 € (2.0)
Hypothèse 4 : PAC + chauffe – eau thermodynamique	10 063 €	14 792 € (1.5)

Tableau 28 : Coût d'investissement de chaque hypothèse

Source : www.quelleenergie.fr

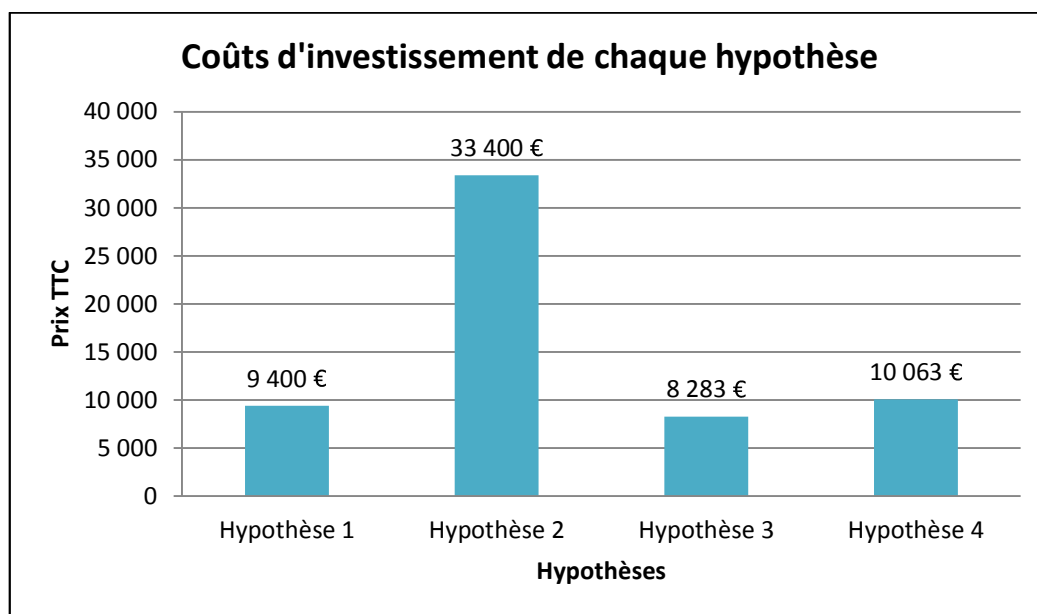


Figure 30 : coût d'investissement de chaque hypothèse

Source : www.quelleenergie.fr

Au regard des estimations faites, l'hypothèse chaudière à granulés de bois combiné à un chauffe – eau thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire (hypothèse 3) présente le coût d'investissement le plus intéressant. L'hypothèse chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire combiné à l'installation de panneaux solaires photovoltaïque (hypothèse 1) devient en deuxième position la solution la plus intéressante en termes d'investissement.

Cependant, l'hypothèse chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire combinée à des micros éoliennes (hypothèse 2) pour la production d'électricité en auto consommation semble l'hypothèse la moins intéressante en terme d'investissement. Cela est dû au coût d'investissement élevé des micros éoliennes (entre 10 000 € et 90 000 €).

En revanche, il n'est pas précisé si le coût d'investissement peut diminuer lors d'un achat global. Dans l'étude, le coût d'investissement est calculé pour une installation.

3. Comparaison des coûts de la facture énergétique et de l'empreinte carbone

a) Les prix de base

Pour mener à bien l'analyse de l'opportunité économique d'une installation d'énergie renouvelable, nous avons décliné nos estimations de consommations énergétiques en une estimation de la facture énergétique à l'échelle de la ZAC.

Les hypothèses de coût des énergies dites « traditionnelles » gaz et électricité sont résumés dans le tableau ci-dessous et sont issues du site www.EDF.fr.

	Puissance souscrite	Prix du kWh unique (€ TTC)	Abonnement/an (€ TTC)
Gaz	0 – 6 000 kWh	0,0758	119,28
	6 001 – 11 000 kWh	0,0606	234,12
	11 001 – 300 000 kWh	0,0596	244,56
Electricité (tarif bleu) – Option Base (TTC)	3 kVA	0,1546	67,04
	9 kVA	0,1483	118,74
	15 kVA	0,1483	115,63
	24 kVA	0,1483	214,58
	36 kVA	0,1483	287,22
Electricité (tarif vert) – Option Base (TTC)	6 kVA	0,1410	120,61
	9 kVA	0,1472	128,49
	15 kVA	0,1488	155,63
	24 kVA	0,1488	214,58
	36 kVA	0,1488	287,22
Granulé bois		0,075	Prix de la tonne livré en vrac : 267€ 350€

Tableau 29 : coûts des énergies dites "traditionnelles"

Source : EDF & www.lemarchedubois.com

En 10 ans, le prix du gaz a presque doublé (0,1185 €/KWh), les prix de l'électricité ont augmenté de 10 % .

b) Comparaison des coûts de la facture énergétique sur une année

La facture énergétique correspond à l'ensemble des consommations d'énergie (électricité, gaz, etc.). De plus, d'un pays à l'autre le prix de l'énergie peut varier. En effet, l'Etat peut appliquer plus ou moins de taxes. Des taxes peuvent être appliquées dans le but de pousser les consommateurs et les producteurs vers les énergies renouvelables.

Le tableau suivant récapitule la facture énergétique des différents types d'installation envisagés :

Type d'installation	Coût de la facture énergétique (€)/an
Chaudière gaz à condensation	1 400 € 1 500 € - 2 000 €
Pompe à chaleur air – eau	2 000 € 2 000 €
Chauffe – eau thermodynamique	2 500 € 200 € - 300 €
Chaudière à granulés de bois	1 300 € 1 600 €

Panneaux solaires photovoltaïques	850 €	en théorie, possibilité de rentabilité
Micro éolienne	0 €	en théorie, possibilité de rentabilité

Tableau 30 : Coût de la facture énergétique pour chaque type d'installation sur une année

Source : www.quelleenergie.com

A partir de ces coûts de la facture énergétique pour chaque type d'installation, il est possible de déterminer le coût de la facture énergétique de chaque hypothèse envisagée dans les paragraphes précédents.

Hypothèse	Coût de la facture énergétique (€)/an	
Hypothèse 1 : gaz + solaire photovoltaïque	2 250 €	1 660 €
Hypothèse 2 : gaz + micro éolienne	1 400 €	1 660 €
Hypothèse 3 : biomasse + chauffe – eau thermodynamique	3 800 €	1 960 €
Hypothèse 4 : PAC + chauffe – eau thermodynamique	4 500 €	2 360 €

Tableau 31: Coût de la facture énergétique de chaque hypothèse

Source : www.quelleenergie.fr

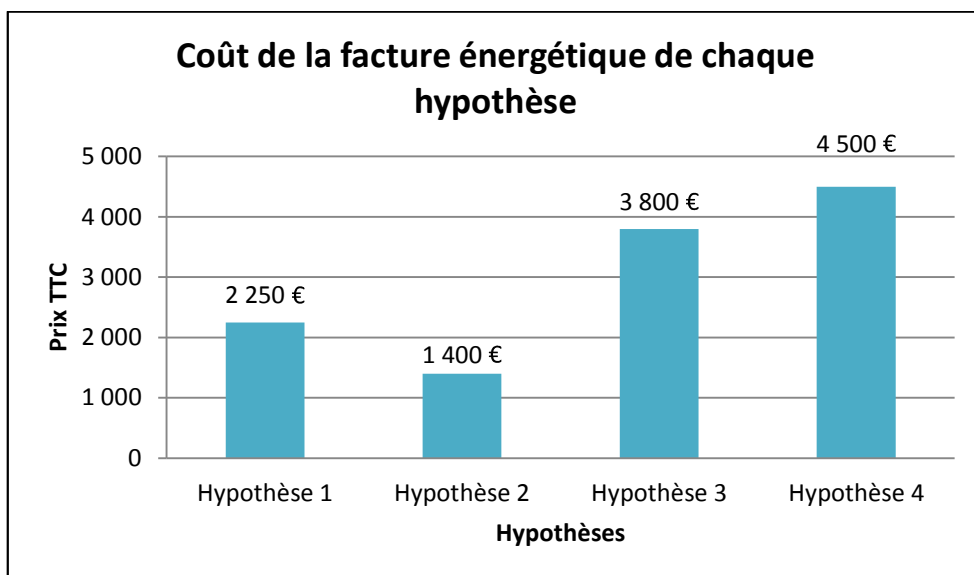


Figure 31: Coût de la facture énergétique de chaque hypothèse sur une année

Source : www.quelleenergie.fr

Au regard de ces estimations, l'hypothèse chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, combiné à des micros éoliennes (hypothèse 2) pour l'alimentation des bâtiments

en électricité semble la plus intéressante du point de vu de la facture énergétique sur la première année de fonctionnement.

En revanche, l'hypothèse pompe à chaleur air – eau combiné à un chauffe – eau thermodynamique (hypothèse 4) ne semble pas une solution pertinente du point de vu de la facture énergétique.

c) Evolution des prix

L'augmentation des prix de l'énergie a un impact décisif sur le coût du chauffage et de l'eau chaude sanitaire sur une longue période. Les hypothèses retenues sont basées sur les augmentations passées constatées durant les 10 dernières années.

	Energie fossile	Electricité	Gaz	Bois	Entretien
Taux d'augmentation sur 20 ans	+ 6% 2017-2025 +60 %	+ 5% 2015-2025 +60 %	+ 6% 2008-2025 +124 %	+ 4% 2017-2025 : +40 %	+ 2% 2017-2025+25 à +60 %

Tableau 32 : Evolution des prix sur 20 ans

d) Comparaison des coûts de la facture énergétique sur 20 ans

L'étude des coûts de la facture énergétique sur une année ne reflète pas les évolutions des futurs prix des énergies, notamment la forte inflation des énergies fossiles. C'est pourquoi nous allons étudier les coûts de la facture énergétique sur une période de 20 ans, ce qui correspond à la durée de vie moyenne des systèmes de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire en appliquant les taux d'inflations proposés dans le paragraphe précédent.

Type d'installation	Coût de la facture énergétique (€) sur 20 ans	
Chaudière gaz à condensation	30 000 €	35 000 €
Pompe à chaleur air – eau	42 000 €	42 000 €
Chauffe – eau thermodynamique	52 500 €	7 650 €
Chaudière à granulés de bois	27 000 €	33 600 €
Panneaux solaires photovoltaïques	18 000 €	-
Micro éolienne	0 €	-

Tableau 33 : Coût de la facture énergétique pour chaque type d'installation sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

A partir de ces coûts de la facture énergétique pour chaque type d'installation, il est possible de déterminer le coût de la facture énergétique de chaque hypothèse envisagée dans les paragraphes précédents sur une période de 20 ans en prenant en compte le taux d'inflation des énergies.

Hypothèse	Coût de la facture énergétique (€) sur 20 ans	
Hypothèse 1 : gaz + solaire photovoltaïque	48 000 €	35 000 €
Hypothèse 2 : gaz + micro éolienne	30 000 €	35 000 €
Hypothèse 3 : biomasse + chauffe – eau thermodynamique	79 500 €	41 160 €
Hypothèse 4 : PAC + chauffe – eau thermodynamique	94 500 €	49 560 €

Tableau 34 : Coût de la facture énergétique pour chaque hypothèse sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

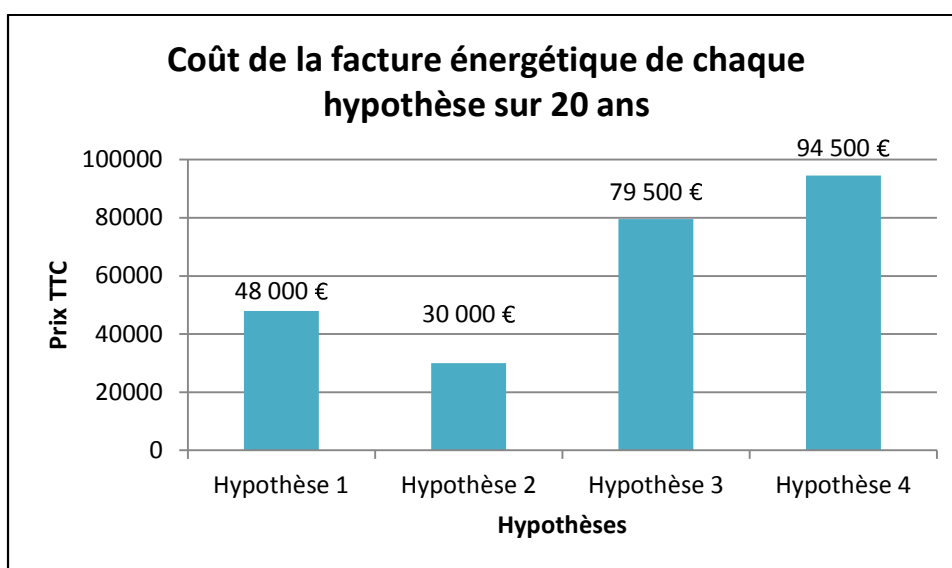


Figure 32 : Coût de la facture énergétique pour chaque hypothèse sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

Au regard de ces estimations, l'hypothèse chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, combiné à des micros éoliennes (hypothèse 2) pour l'alimentation des bâtiments en électricité semble la plus intéressante du point de vu de la facture énergétique sur 20 ans de fonctionnement.

En revanche, l'hypothèse pompe à chaleur air – eau combiné à un chauffe – eau thermodynamique (hypothèse 4) ne semble pas une solution pertinente du point de vu de la facture énergétique.

4. Comparaison des coûts de d'entretien

a) Comparaison des coûts d'entretien sur une année

La plupart des installations nécessite au minimum un entretien par an. Ces frais d'entretien annuel sont également en prendre un compte du point de vue financier.

Type d'installation	Coût d'entretien (€)/an	
Chaudière gaz à condensation	115 €/an	80 - 150 €
Pompe à chaleur air – eau	200 €/an	100-300 €
Chauffe – eau thermodynamique	Entretien possible par l'utilisateur 150-300 €	
Chaudière à granulés de bois	310 €/an	250-450 €
Panneaux solaires photovoltaïques	300 €/an	entretien possible par l'utilisateur
Micro éolienne	300 €/an	200-1000 €

Tableau 35 : Coût d'entretien pour chaque type d'installation sur une année

Source : www.quelleenergie.com

A partir de ces coûts d'entretien pour chaque type d'installation, il est possible de déterminer le coût d'entretien de chaque hypothèse envisagée dans les paragraphes précédents sur une année.

Hypothèse	Coût d'entretien (€)/an	
Hypothèse 1 : gaz + solaire photovoltaïque	415 €/an	450 €
Hypothèse 2 : gaz + micro éolienne	415 €/an	1 150 €
Hypothèse 3 : biomasse + chauffe – eau thermodynamique	310 €/an	750 €
Hypothèse 4 : PAC + chauffe – eau thermodynamique	200 €/an	600 €

Tableau 36 : Coût d'entretien pour chaque hypothèse sur une année

Source : www.quelleenergie.com

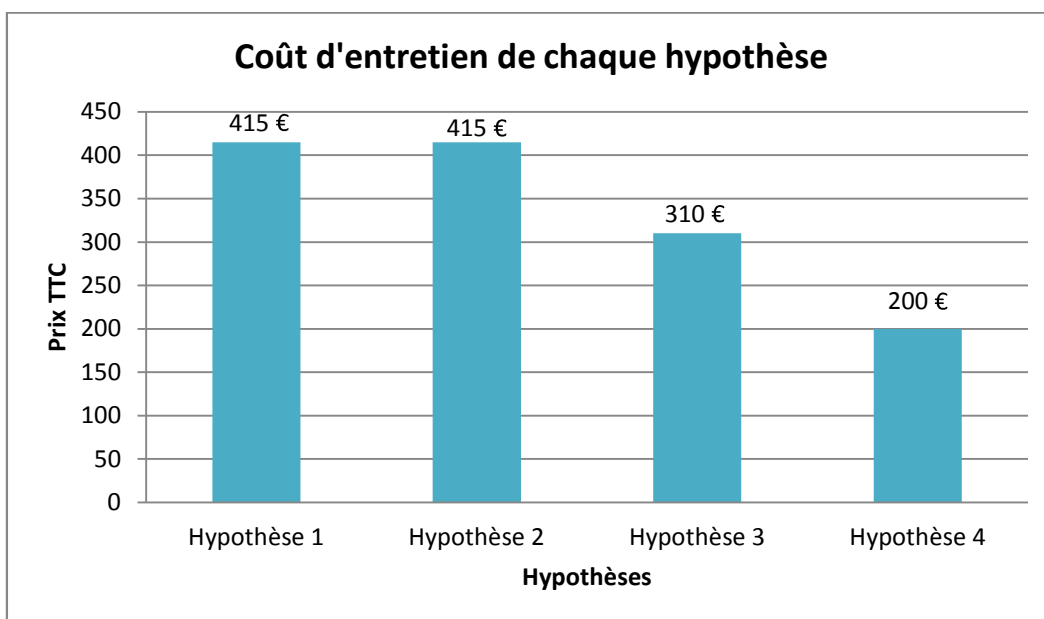


Figure 33 : Coût d'entretien pour chaque hypothèse sur une année

Source : www.quelleenergie.com

L'analyse des coûts d'entretien de chaque hypothèse sur une année, montre que l'hypothèse pompe à chaleur air – eau pour le chauffage, combiné à un chauffe – eau thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire (hypothèse 4) semble l'hypothèse la plus pertinente en terme de coût d'entretien sur une année.

Cependant, les hypothèses 1 et 2 qui utilisent une chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire semblent les hypothèses les moins pertinentes en ce qui concerne le coût d'entretien sur une année.

b) Comparaison des coûts d'entretien sur 20 ans

L'étude des coûts d'entretien sur une année ne reflète pas les évolutions des futurs prix des coûts d'entretien. C'est pourquoi nous allons étudier les coûts d'entretien sur une période de 20 ans, ce qui correspond à la durée de vie moyenne des systèmes de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire en appliquant les taux d'inflations. Le taux d'inflation du coût d'entretien (tableau 32) a été pris en compte dans les calculs des coûts d'entretien sur 20 ans.

De plus, le renouvellement des systèmes n'est pas pris en compte car leur durée de vie moyenne est d'environ 20 ans.

Type d'installation	Coût d'entretien (€) sur 20 ans	
Chaudière gaz à condensation	2 350 €	3 000 €
Pompe à chaleur air – eau	5 000 €	6 000 €
Chauffe – eau thermodynamique	64 €	6 000 €

Chaudière à granulés de bois	6 300 €	9 000 €
Panneaux solaires photovoltaïques	6 100 €	-
Micro éolienne	6 100 €	20 000 €

Tableau 37 : Coût d'entretien pour chaque type d'installation sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

A partir de ces coûts d'entretien pour chaque type d'installation, il est possible de déterminer le coût d'entretien de chaque hypothèse envisagée dans les paragraphes précédents sur une période de 20 ans en prenant en compte le taux d'inflation des énergies.

Hypothèse	Coût d'entretien (€) sur 20 ans	
Hypothèse 1 : gaz + solaire photovoltaïque	8 450 €	8 450 €
Hypothèse 2 : gaz + micro éolienne	8 450 €	23 000 €
Hypothèse 3 : biomasse + chauffe – eau thermodynamique	6 364 €	15 000 €
Hypothèse 4 : PAC + chauffe – eau thermodynamique	5 064 €	12 000 €

Tableau 38 : Coût d'entretien pour chaque hypothèses sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

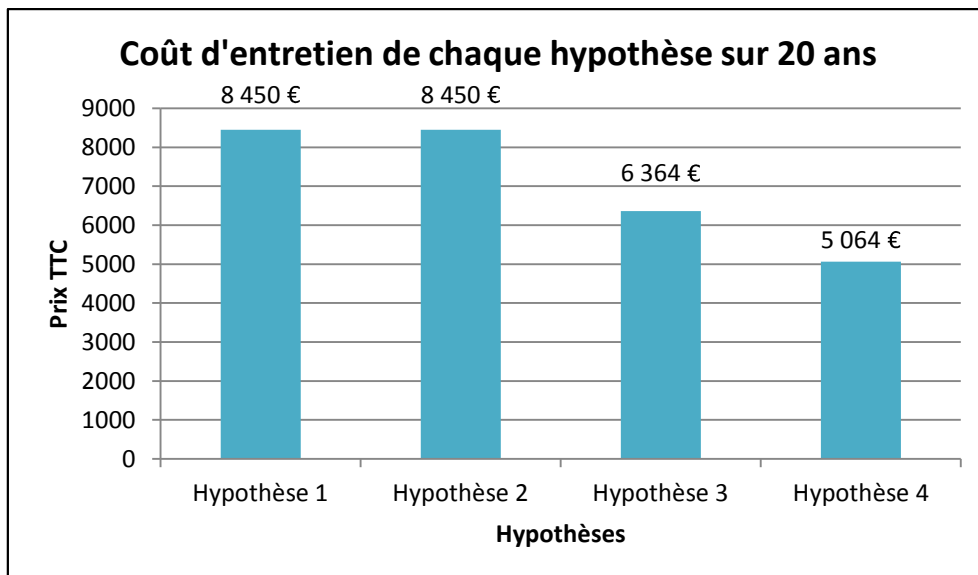


Figure 34 : Coût d'entretien pour chaque hypothèse sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

L'analyse des coûts d'entretien de chaque hypothèse sur 20 ans, montre que l'hypothèse pompe à chaleur air – eau pour le chauffage, combiné à un chauffe – eau thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire (hypothèse 4) semble l'hypothèse la plus pertinente en terme de coût d'entretien sur 20 ans.

Cependant, les hypothèses 1 et 2 qui utilisent une chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire semblent les hypothèses les moins pertinentes en ce qui concerne le coût d'entretien sur 20 ans.

5. Coût global sur une période de 20 ans

L'étude des coûts globaux sur une année ne reflète pas les évolutions des futurs prix des coûts d'entretien. C'est pourquoi nous allons étudier les coûts globaux sur une période de 20 ans, ce qui correspond à la durée de vie moyenne des systèmes de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire en appliquant les taux d'inflations.

Le coût global est la somme du coût d'investissement, du coût de la facture énergétique sur 20 ans et le coût d'entretien sur une période de 20 ans.

Hypothèse	Coût d'investissement	Coût de la facture énergétique (sur 20 ans)	Coût d'entretien (sur 20 ans)	Coût global (€) sur 20 ans
Hypothèse 1 : gaz + solaire photovoltaïque	9 400 € 17 292 €	48 000 € 35 000 €	8 450 € 8 450 €	65 850 € 55 300 €
Hypothèse 2 : gaz + micro éolienne	33 400 € 48 875 €	30 000 € 35 000 €	8 450 € 23 000 €	71 850 € 104 875 €
Hypothèse 3 : biomasse + chauffe – eau thermodynamique	8 263 € 16 548 €	79 500 € 41 160 €	6 364 € 15 000 €	94 127 € 72 600 €
Hypothèse 4 : PAC + chauffe – eau thermodynamique	10 063 € 14 792 €	94 500 € 49 560 €	5 064 € 12 000 €	109 627 € 76 352 €

Tableau 39 : Coût global de chaque type d'installation sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

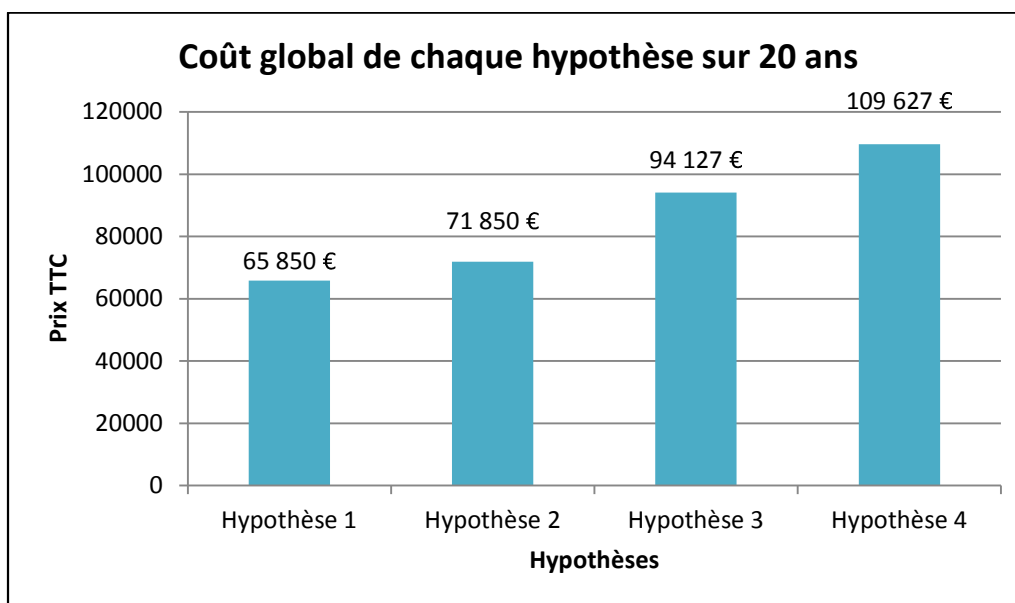


Figure 35 : Coût global de chaque hypothèse sur 20 ans

Source : www.quelleenergie.com

Sur les quatre hypothèses étudiées, l'hypothèse intégrant une chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire et l'installation de panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité pour une auto consommation ou une revente du surplus de production à EDF (hypothèse 1), semble l'hypothèse la plus pertinente du point de vue du coût global sur une période de 20 ans. Viennent ensuite les hypothèses « chaudière gaz à condensation + micro éolienne » (hypothèse 2), « chaudière à granulés de bois + chauffe – eau thermodynamique » (hypothèse 3) et enfin « pompe à chaleur eau –air + chauffe – eau thermodynamique » (hypothèse 4).

6. Comparaison des émissions de gaz à effet de serre

a) L'empreinte carbone

Afin de comparer les hypothèses étudiées, l'empreinte carbone est un indicateur important. D'après l'annexe 4 de l'arrêté du 15 septembre 2006, le tableau ci-dessous présente l'empreinte carbone de chaque énergie. L'empreinte carbone correspond à la mesure du volume de dioxyde de carbone (CO₂) émis par combustion d'énergies fossiles, par les entreprises ou les êtres vivants. Le calcul de l'empreinte carbone aide à définir les stratégies et les solutions les mieux adaptées à chaque secteur d'activité et de participer ainsi plus efficacement à la diminution des émissions de gaz à effet de serre. Le calcul de l'empreinte carbone permet aussi de compenser ses émissions de CO₂. L'empreinte carbone est exprimée en kgCO₂/kWh c'est-à-dire la quantité de CO₂ en kilogramme qu'émet 1 kWh d'électricité.

Empreinte carbone	kgCO ₂ /kWh	
Bois, biomasse	0,013	0,024
Gaz naturel	0,234	0,227

Fioul domestique	0,300	0,324
Charbon	0,384	0,385
Gaz propane ou butane	0,274	0,272
Autres combustibles fossiles	0,320	0,324
Electricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment	0	0
Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment)	0,180	0,064

Tableau 40 : Empreinte carbone des énergies

Source : Annexe 4 – Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existant proposés à la vente en France métropolitaine

modifié par Arr. du 3 novembre 2022 -Art.2

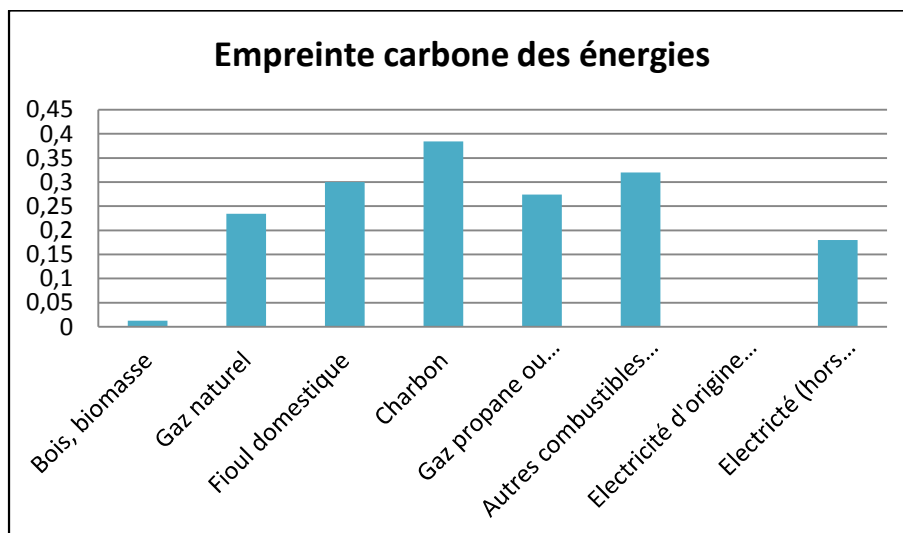


Figure 36 : Empreinte carbone des énergies

Source : Annexe 4 – Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existant proposés à la vente en France métropolitaine

Dans les 4 hypothèses, l'empreinte carbone de la construction des appareils n'est pas prise en compte.

b) Hypothèse 1 (gaz + solaire photovoltaïque)

Nous rappelons que l'hypothèse 1 intègre une chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire des bâtiments de l'extension de la ZAC des Costils. L'installation de panneaux solaires fournira l'électricité en auto consommation. La ferme solaire de Benoîtville pourra également servir pour l'alimentation en électricité des bâtiments de l'extension de la ZAC des Costils. Cependant, le réseau EDF pourra alimenter en électricité le chauffe – eau thermodynamique si la ferme solaire de Benoîtville ne peut pas fournir suffisamment d'électricité pour une auto consommation.

- Chauffage pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $317 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- ECS pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $80,5 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- Electricité spécifique pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $472 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25).

La chaudière gaz à condensation sera alimentée par du gaz propane ou butane.

Au total, les émissions de gaz à effet de serre pour l'hypothèse 1 sont de $108,915 \text{ kgCO}_2/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$.

c) Hypothèse 2 (gaz + micros éoliennes)

Nous rappelons que l'hypothèse 2 intègre une chaudière gaz à condensation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire des bâtiments de l'extension de la ZAC des Costils. L'installation de micros éoliennes sur les toits des bâtiments fournira l'électricité en auto consommation.

- Chauffage pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $317 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- ECS pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $80,5 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- Electricité spécifique pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $472 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25).

La chaudière gaz à condensation sera alimentée par du gaz propane ou butane.

Au total, les émissions de gaz à effet de serre pour l'hypothèse 2 sont de $108,915 \text{ kgCO}_2/\text{an.m}^2$.

d) Hypothèse 3 (biomasse + chauffe-eau thermodynamique)

Nous rappelons que l'hypothèse 3 intègre une chaudière à granulés de bois pour le chauffage et un chauffe – eau thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire des bâtiments de l'extension de la ZAC des Costils. Le chauffe – eau thermodynamique pourra être alimenté en électricité grâce à la ferme solaire de Benoîtville. L'électricité spécifique pour l'ensemble de l'extension de la ZAC sera alimentée par le réseau EDF. Cependant, le réseau EDF pourra alimenter en électricité le chauffe – eau thermodynamique si la ferme solaire de Benoîtville ne peut pas fournir suffisamment d'électricité pour une auto consommation.

- Chauffage pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $317 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- ECS pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $80,5 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- Electricité spécifique pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $472 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25).

Au total, les émissions de gaz à effet de serre pour l'hypothèse 3 sont de $49,725 \text{ kgCO}_2/\text{an.m}^2$.

e) Hypothèse 4 (PAC + chauffe-eau thermodynamique)

Nous rappelons que l'hypothèse 4 intègre une pompe à chaleur air – eau pour le chauffage et un chauffe – eau thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire des bâtiments de l'extension de la ZAC des Costils. La pompe à chaleur air – eau ainsi que le chauffe – eau thermodynamique pourront être alimentés en électricité grâce à la ferme solaire de Benoîtville. L'électricité spécifique pour l'ensemble de l'extension de la ZAC sera alimentée par le réseau EDF.

- Chauffage pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $317 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- ECS pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $80,5 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25) ;
- Electricité spécifique pour l'ensemble de l'extension de la ZAC : $472 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{an.m}^2_{\text{SRT}}$ (tableau 25)

Au total, les émissions de gaz à effet de serre pour l'hypothèse 4 sont de 78,255 kgCO₂/an.m².

f) Synthèse des émissions de gaz à effet de serre

Hypothèse	Empreinte carbone (kgCO ₂ /an.m ² _{SRT})
Hypothèse 1 : gaz + solaire photovoltaïque	108,915 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}
Hypothèse 2 : gaz + micro éolienne	108,915 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}
Hypothèse 3 : biomasse + chauffe – eau thermodynamique	49,725 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}
Hypothèse 4 : PAC + chauffe – eau thermodynamique	78,255 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}

Tableau 41 : Empreinte carbone (kgCO₂/an) de chaque hypothèse envisagée

Source : Annexe 4 – Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existant proposés à la vente en France métropolitaine

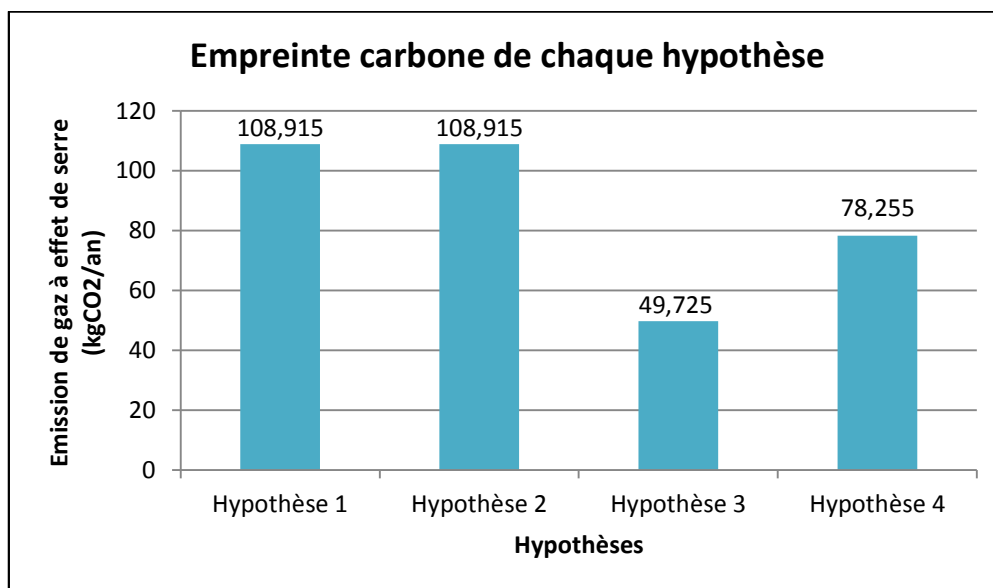


Figure 37: Empreinte carbone (kgCO₂/an) de chaque hypothèse envisagée

Source : Annexe 4 – Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existant proposés à la vente en France métropolitaine

Au regard environnemental, les conclusions sont totalement à l'opposé des conclusions financières. En effet, les hypothèses les plus pertinentes sont les hypothèses « chaudières à granulés de bois + chauffe – eau thermodynamique » et « pompe à chaleur eau – air + chauffe – eau thermodynamique ». De plus, on note que le choix de la performance énergétique et le choix des systèmes énergétique sont les deux facteurs influents pour limiter l'empreinte carbone.

E. SYNTHÈSE

Les choix réalisés dans le cadre d'un aménagement représentent un engagement sur le long terme. Le panel des solutions est large et chaque solution dispose de ses atouts et de ses limites. Le tableau suivant décrit les hypothèses en termes d'installations d'énergies renouvelables présentant une pertinence financière et environnementale à l'échelle de l'opération :

	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4
Chauffage	Chaudière gaz à condensation	Chaudière gaz à condensation	Chaudière à granulés de bois	Pompe à chaleur eau-air
Eau chaude sanitaire	Chaudière gaz à condensation	Chaudière gaz à condensation	Chaudière-eau thermodynamique	Chaudière-eau thermodynamique
Electricité	Panneaux solaires photovoltaïques	Micro éolienne	Ferme solaire de Benoîtville + réseau EDF	Ferme solaire de Benoîtville + réseau EDF
Coût global sur 20 ans	65 850 € 55 300 €	71 850 € 104 875 €	94 127 € 72 620 €	109 627 € 76 350 €
Emission de CO₂ tCO₂/an	99,462 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}	99,462 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}	63,942 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}	60,12 kgCO ₂ /an.m ² _{SRT}
Recours aux EnR	Modéré	Modéré	Important	Important
Adaptabilité à un changement d'énergie	Modérée	Modérée	Forte	Forte
Analyse	Hypothèse à pertinence modérée	Hypothèse à pertinence modérée	Hypothèse à pertinence forte	Hypothèse à pertinence forte

Tableau 42: Synthèse des hypothèses envisagées pour l'extension de la ZAC des Costils

8 - PISTES DE MESURES COMPENSATOIRES

A. PRINCIPLE DE LA COMPENSATION CARBONE

L'usage des énergies renouvelables en substitution des énergies fossiles, parallèlement à l'effort collectif de réduction de la consommation énergétique, contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le recours aux énergies renouvelables est une des solutions permettant de réduire l'impact sur l'effet de serre des besoins en énergie.

1. Compensation carbone volontaire

Une démarche parallèle à la réduction des consommations énergétiques et au développement des énergies renouvelables est la compensation carbone volontaire.

Dans le système de compensation carbone volontaire, le climat mondial est appréhendé dans sa globalité. Un volume de gaz à effet de serre émis dans un pays peut être « compensé » par une action qui permet de réduire un volume équivalent de gaz à effet de serre ailleurs, dans le cadre d'un projet d'efficacité énergétique ou de mise en place d'énergie renouvelable en substitution d'une énergie fossile. Par exemple, le fioul peut être remplacé par la biomasse.

Les quatre étapes de la compensation carbone sont :

- Le calcul des émissions CO₂ du demandeur issues de ses déplacements, le chauffage de son habitat ou encore le fonctionnement de son entreprise ;
- La recommandation pour réduire autant que possible ces émissions ;
- L'achat d'unités carbone issues d'un projet d'efficacité énergétique ou d'énergie renouvelable ;
- Le suivi et le contrôle du projet.

2. La compensation carbone volontaire par des actions locales

Une piste complémentaire peut être d'envisager la mise en œuvre d'actions locales, permettant de prendre conscience du poids des mesures compensatoires locales telles que la mise en œuvre de capteurs photovoltaïques ou l'implantation de nouveaux boisements.

B. DES MESURES COMPENSATOIRES A L'ECHELLE LOCALE

1. La compensation photovoltaïque

L'énergie relative à l'électricité représente une part importante des consommations prévisionnelles en énergie finale. Pour cela, envisager une production locale d'électricité semble cohérent avec l'objectif de compenser les impacts environnementaux de l'opération.

La production locale d'électricité est envisageable en ayant recours à l'installation de capteurs solaires photovoltaïques. De plus, le photovoltaïque constitue une excellente utilisation des toitures de bâtiments. En effet, toute toiture présentant une pente de 15° minimum, orientée sud, et ne faisant pas l'objet d'ombres portées, peut permettre d'implanter du photovoltaïque.

La construction de bâtiments neufs équipés de grandes toitures, constitue une occasion rare d'intégrer du photovoltaïque au bâti à grande échelle. Les locations de toitures pour l'implantation de panneaux raccordés au réseau sont aujourd'hui une chose courante. La ferme solaire de Benoîtville en est un exemple. Des privés, des particuliers ou des collectivités peuvent investir dans des m² d'installation photovoltaïque, et recevoir la part correspondante des bénéfices de la vente des kilowattheures produits, tandis que le propriétaire du bâtiment reçoit un loyer pour la mise à disposition de sa toiture ou utiliser l'électricité produite en auto consommations, c'est-à-dire sans revente de l'électricité à EDF.

La surface disponible de la future ZAC des Costils ne sera pas suffisante à couvrir 100% des consommations électriques de l'opération. Une production hors bâtiment pourra être envisagée en utilisant la ferme solaire de Benoîtville par exemple.

De plus, la production locale d'électricité grâce à des capteurs solaires photovoltaïques permettrait :

- De diminuer la consommation d'énergie finale ;
- De réduire les émissions de CO₂.

2. La plantation de biomasse : vers la création d'un puits de carbone

Le cycle de carbone implique la biomasse comme capteur de carbone. En effet, la photosynthèse permet aux plantes de capter du CO₂ le jour pour assurer leur croissance. Ainsi, la plantation de biomasse et notamment d'arbres proches du site d'étude peut être une piste envisageable pour stocker du carbone :

- A long terme puisque les arbres ont une durée de vie de 80 ans dans le cadre d'une exploitation forestière ;
- A court terme puisque la décomposition de la biomasse réalimente le cycle du carbone en libérant le CO₂ dans l'atmosphère ou en le stockant dans le sol.

Une plantation de biomasse à proximité du site d'étude peut être une piste de compensation à l'échelle locale.

9 - CONCLUSION

Cette étude sur le potentiel de développement en énergies renouvelable du projet d'extension de la ZAC des Costils, située sur les communes de Les Pieux et Benoîtville dans le département de la Manche, constitue une première approche de faisabilité technique et de comparatif technico – économique et environnemental destinée à explorer les solutions énergétiques envisageables et proposer une stratégie.

Cette première étude a permis de montrer que la création d'un réseau de chaleur sur l'extension de la ZAC des Costils est peu pertinente. En effet, les densités thermiques semblent trop faibles pour réaliser ce type d'installation. De même, le raccordement à un réseau de chaleur, celui de Cherbourg notamment, ne semble pas un choix pertinent à cause de l'éloignement géographique.

De plus, cette étude montre que le recours aux énergies renouvelables permettrait de réduire certains besoins énergétiques mais surtout les émissions de gaz à effet de serre. Le recours à la biomasse, au solaire actif pour la production d'électricité ou encore l'installation de micros éoliennes sont des solutions à privilégier.

Plusieurs hypothèses d'approvisionnement en énergie mobilisant les énergies renouvelables ont été étudiées :

- Hypothèse 1 : Chaudière gaz à condensation (chauffage + ECS) + panneaux solaires photovoltaïques (production d'électricité) ;
- Hypothèse 2 : Chaudière gaz à condensation (chauffage + ECS) + micros éoliennes (production d'électricité) ;
- Hypothèse 3 : Chaudière à granulés de bois (chauffage) + chauffe – eau thermodynamique (ECS) ;
- Hypothèse 4 : Pompe à chaleur air – eau (chauffage) + chauffe – eau thermodynamique (ECS).

Différentes conclusions peuvent être réalisées des hypothèses présentées :

- La pertinence financière des systèmes est liée aux investissements réalisés et aux consommations énergétiques. En effet, le niveau de performance énergétique retenu, la RT 2012, est un niveau élevé limitant ainsi les consommations énergétiques. Cette limitation énergétique engendre qu'un système très performant mais nécessitant un investissement important n'est pas forcément le plus pertinent du point de vue financier. C'est le cas de l'implantation de micros éoliennes.
- Le taux d'inflation des énergies peut jouer un rôle important dans la pertinence du choix des énergies sur le long terme. Ainsi, plus un système à recours à une énergie thermique renouvelable, plus ces coûts d'exploitation sur le long terme seront stables.
- L'impact environnemental est, quant à lui, conditionné par le choix des systèmes énergétiques. La performance énergétique joue également un rôle mais de manière moins importante.

Sur la base d'une analyse multicritère, et sous réserve des hypothèses considérées, la solution la plus pertinente semble l'hypothèse 3, c'est-à-dire le recours à une chaudière à granulés de bois pour le chauffage et à un chauffe – eau thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire. En ce qui concerne la production d'électricité, la ferme solaire de Benoîtville pourrait en parti alimenter l'extension de la ZAC des Costils soit en auto consommation ou bien avec une revente du surplus de l'électricité à EDF.

Dans une démarche énergétique pertinente, il est important de réaliser en amont de la desserte énergétique un travail sur l'enveloppe des bâtiments chauffés : optimisation de l'isolation,

implantation bioclimatique, etc. En effet, l'énergie la moins chère et la moins polluante est l'énergie que l'on ne consomme pas. Ainsi, avant de mener une réflexion pour consommer mieux, une réflexion sur chaque bâtiment devra être menée pour consommer moins.