

# - ETUDE DU POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES -



*Etude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies  
renouvelables pour le projet d'aménagement du parc d'activités de COLLIGNON  
(50).*

# SOMMAIRE

<b>OBJECTIF ET CONTEXTE DE L'ETUDE .....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I : PROGRAMME ET BESOINS ENERGETIQUES.....</b>	<b>3</b>
1. Périmètre de l'étude.....	3
a) <i>Présentation de la zone d'aménagement .....</i>	<i>3</i>
b) <i>Eléments de Programmation .....</i>	<i>4</i>
2. Evaluation des Besoins .....	5
a) <i>Contexte réglementaire .....</i>	<i>5</i>
b) <i>Réduire l'impact environnemental des bâtiments.....</i>	<i>6</i>
c) <i>Consommations réglementaires des bâtiments neufs.....</i>	<i>7</i>
d) <i>Consommations spécifiques des bâtiments neufs .....</i>	<i>7</i>
e) <i>Synthèse des besoins énergétique du parc d'activités.....</i>	<i>8</i>
<b>CHAPITRE II : ENERGIES MOBILISABLES SUR LE SITE.....</b>	<b>10</b>
1. Energies Fossiles .....	11
a) <i>L'électricité.....</i>	<i>11</i>
b) <i>Le Gaz.....</i>	<i>11</i>
2. Energies Renouvelables.....	12
a) <i>La Filière Solaire .....</i>	<i>12</i>
b) <i>La Filière Biomasse .....</i>	<i>15</i>
c) <i>La Filière Géothermie .....</i>	<i>20</i>
d) <i>La Filière Aérothermie .....</i>	<i>23</i>
e) <i>La Filière Eolienne.....</i>	<i>25</i>
f) <i>La Filière Cogénération.....</i>	<i>28</i>
3. Synthèse du potentiel de développement des énergies renouvelables de la zone d'activités .....	30
<b>CHAPITRE III : POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES - SCENARI.....</b>	<b>31</b>
1. Choix énergétiques pour les besoins du parc d'activités .....	31
a) <i>Synthèse solutions techniques - Besoins thermiques du parc d'activités .....</i>	<i>31</i>
b) <i>Synthèse solution solaire photovoltaïque - Besoins électriques du parc .....</i>	<i>34</i>
c) <i>Solution micro-éolien - Besoins électriques du parc d'activités .....</i>	<i>36</i>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>37</b>
Les principaux Indicateurs de l'Etude .....	37
a) <i>Le Coût de l'énergie .....</i>	<i>37</i>
b) <i>Le bilan carbone des principales filières énergétiques .....</i>	<i>37</i>

## OBJECTIF ET CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La loi « Grenelle 1 » du 03 août 2009 impose, pour toutes les nouvelles zones d'aménagement urbain, zones d'aménagement concerté ou zones industrielles dès les études préalables une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables.

Cette obligation est retranscrite au sein de l'article L128-4 du Code de l'urbanisme :

*« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone... ».*

La présente étude du potentiel en énergies renouvelables s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact réalisée pour le projet d'aménagement du parc d'activités de Collignon situé à TOURLAVILLE sur la Commune de CHERBOURG-EN-COTENTIN (50).

L'analyse se déroulera en 3 phases :

- **1<sup>ère</sup> phase : Evaluation des besoins énergétiques du programme ;**
- **2<sup>ème</sup> phase : Analyse des potentiels d'énergies renouvelables exploitables sur le site ;**
- **3<sup>ème</sup> phase : Analyse technico-économique des opportunités d'approvisionnement en énergies renouvelables du site.**

# CHAPITRE I : PROGRAMME ET BESOINS ENERGETIQUES

## 1. PERIMETRE DE L'ETUDE

### a) PRESENTATION DE LA ZONE D'AMENAGEMENT

Le projet d'aménagement du parc d'activités de Collignon à TOURLAVILLE, commune située dans la Manche en Normandie, prévoit le développement d'un parc d'activités économiques (tertiaires, logistiques, ...), divisé en 5 parcelles. Le projet intègre l'implantation de 5 zones sur une surface de parcelles d'environ 101 326m<sup>2</sup>.



Parc d'activités de COLLIGNON – Commune de CHERBOURG-EN-COTENTIN – Plan d'intention MOSAÏC  
- 11/07/2022

## b) ELEMENTS DE PROGRAMMATION

Les hypothèses de programmation de la future zone d'activités économiques intégrées dans l'étude sont issues des éléments de programmation-SHEMA en phase Esquisse pour la présente opération projetée sur le site de TOURLAVILLE (Cherbourg-en-Cotentin).

L'aménagement prévoit la construction de bâtiments industriels et tertiaires répartis sur 5 parcelles :

LOT	Type	Surface parcelle (en m <sup>2</sup> )	Surface bâtie max (en m <sup>2</sup> )
1	Activités tertiaires	4 134	2 480
2	Activités logistiques	17 033	5 110
3	Activités logistiques	23 938	7 181
4	Activités logistiques	48 214	14 464
5	Activités tertiaires	7 827	4 696



La surface de plancher du bâti à créer dédiée aux activités économiques et logistiques développées sur la zone d'aménagement sera de l'ordre de 60 000m<sup>2</sup> dont à minima 7 200m<sup>2</sup> seront destinés aux activités tertiaires.

## 2. EVALUATION DES BESOINS

### a) CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Les bâtiments tertiaires et industriels actuellement soumis à la réglementation thermique RT-2012 doivent prendre part à la transition énergétique des bâtiments à travers plusieurs réglementations, y compris :

- **L'Article 101 (Art. L. 171-4-I) de la Loi n°2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets**, applicable pour les nouvelles constructions soumises à une autorisation d'exploitation commerciale, et aux nouvelles constructions de locaux à usage industriel ou artisanal, d'entrepôts, de hangars non ouverts au public faisant l'objet d'une exploitation commerciale ainsi qu'aux nouveaux parcs de stationnement couverts accessibles au public, ne peuvent être autorisés que si elles intègrent :
  - o Un procédé de production d'énergies renouvelables sur au moins 30% de la toiture du bâtiment et des ombrières créées ;
  - o OU Un système de végétalisation sur au moins 30% de la toiture basé sur un mode cultural garantissant un haut degré d'efficacité thermique et d'isolation et favorisant la préservation et la reconquête de la biodiversité ;

Aujourd'hui	Surface de vente	Industries ou artisanal	Bureaux	Ombrières de parking	Parking
<500m <sup>2</sup>	0%	0%	0%	0%	0%
>501 et <1000m <sup>2</sup>	0%	0%	0%	0%	0%
>1000m <sup>2</sup>	30%	30%	0%	30%	0%
au 1er juillet 2023	Surface de vente	Industries ou artisanal	Bureaux	Ombrières de parking	Parking
<500m <sup>2</sup>	0%	0%	0%	0%	0%
>501 et <1000m <sup>2</sup>	30%	30%	0%	100%	50% *
>1000m <sup>2</sup>	30%	30%	30%	100%	50% *

- **La réglementation environnementale RE2020** introduite par la Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), et la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) fixent des orientations pour les filières afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Elle sera applicable courant 2023 pour tous les usages de bâtiments.

### La RE2020 fixe 5 niveaux d'exigence de performance énergétique et environnemental :

- L'optimisation de la conception énergétique du bâti indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre ;
- La limitation de la consommation d'énergie primaire ;
- La limitation de l'impact sur le changement climatique associée à ces consommations ;
- La limitation de l'impact des composants du bâtiments sur le changement climatique ;
- La limitation des situations d'inconfort en périodes estivales ;

Le nouveau Décret fixe les exigences relatives aux bâtiments tertiaires afin qu'ils réduisent leur impact environnemental à travers 2 indicateurs :

- *Icenergie* : indice carbone Energie → exprime l'impact sur le changement climatique de la consommation d'énergie primaire sur 50ans (durée de vie du bâtiment)

	2022 à 2024	2025 à 2027	À partir de 2028
Bureaux raccordés à un réseau de chaleur urbain	280 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>	200 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>	200 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>
Bureaux - autres cas	200 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>	200 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>	200 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>

- *Icconstruction* : indice carbone Construction → exprime l'impact sur le changement climatique des composants du bâtiment

	2022 à 2024	2025 à 2027	2028 à 2030	À partir de 2031
Bureaux	980 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>	810 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>	710 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>	600 kgeq.CO2/m <sup>2</sup>

## **b) REDUIRE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES BATIMENTS**

---

Avec des bâtiments plus économes en énergie, la part d'énergie grise embarquée dans les matériaux de construction devient prépondérante. Les orientations préconisées pour les futures constructions privilégient l'usage de matériaux biosourcés à faible énergie grise.

L'évolutivité de la réglementation environnementale implique dès aujourd'hui d'intégrer des matériaux à faible impact environnemental, bas carbone, pour le gros œuvre et dans une deuxième phase pour le second œuvre, obligatoire à l'horizon 2031.



Afin de limiter l'impact carbone de la zone d'activités, 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.

Par exemple : Favoriser des solutions alternatives aux structures métalliques pour l'ossature des bâtiments de type industriel.

### c) CONSOMMATIONS REGLEMENTAIRES DES BATIMENTS NEUFS

Le cadre réglementaire présenté dans le rapport ci-dessus pour les bâtiments tertiaires et industriels va progressivement rendre obligatoire le recours aux énergies renouvelables dans les projets.

Les consommations conventionnelles estimatives liées à la typologie des bâtiments de la zone d'activités sont de l'ordre de **70 kWhep/m<sup>2</sup> par an (base RE2020-Cep-nr)**.

### d) CONSOMMATIONS SPECIFIQUES DES BATIMENTS NEUFS

Le bilan énergétique intègre les consommations réglementaires et les consommations en électricité spécifique bureautique, électroménager, process, ... (besoins non pris en compte dans la Réglementation thermique). Les ordres de grandeur sont les suivants :

Besoins spécifiques en électricité		
Zone chauffée	<b>100 kWhep/m<sup>2</sup>/an</b>	(soit 39 kWh <sub>th</sub> ep/m <sup>2</sup> /an)
Hangar/Stockage/Process	<b>150 kWhep/m<sup>2</sup>/an</b>	(soit 58 kWh <sub>th</sub> ep/m <sup>2</sup> /an)

## e) SYNTHÈSE DES BESOINS ÉNERGETIQUES DU PARC D'ACTIVITÉS

Les besoins énergétiques, pour les futures opérations d'aménagement du parc d'activités de COLLIGNON à TOURLAVILLE (50) ont été évalués sur les hypothèses énergétiques présentées dans le Chapitre précédent et sur les hypothèses d'activités suivantes :

- Surface des bâtiments = Surface programme ;
- Surface chauffée = Surface totale des bâtiments tertiaires + 50% de la surface des plateformes logistiques ;
- Surface non chauffée = 50% de la surface des plateformes logistiques ;

Ainsi le bilan énergétique global pour la zone d'activité est le suivant (*en énergie primaire et en énergie finale*) :

LOT	TYPE	S parcelle (m <sup>2</sup> )	S Plancher (m <sup>2</sup> SU)	S Chauffée (m <sup>2</sup> )	S Non chauffée (m <sup>2</sup> )	CHAUFFAGE (MWhef/an)	ELEC-RT (MWhef/an)	ELEC SPECIFIQUE (MWhef/an)	TOTAL (MWhef/an)
1	TERTIAIRES	4134	2480,4	2 480	-	45	129	248	422
2	ACTIVITES LOGISTIQUES	17 033	10 220	5 110	5 110	92	266	1 277	1 635
3	ACTIVITES LOGISTIQUES	23 938	14 363	7 181	7 181	129	373	1 795	2 298
4	ACTIVITES LOGISTIQUES	48 214	28 928	14 464	14 464	260	752	3 616	4 629
5	TERTIAIRES	7 827	4 696	4 696	0	85	244	470	798
<b>TOTAL ZA</b>		<b>101 146</b>	<b>60 688</b>	<b>33 932</b>	<b>26 756</b>	<b>611</b>	<b>1 764</b>	<b>7 407</b>	<b>9 782</b>

LOT	TYPE	S parcelle (m <sup>2</sup> )	S Plancher (m <sup>2</sup> SU)	S Chauffée (m <sup>2</sup> )	S Non chauffée (m <sup>2</sup> )	CHAUFFAGE (MWhef/an)	ELEC-RT (MWhef/an)	ELEC SPECIFIQUE (MWhef/an)	TOTAL (MWhef/an)
1	TERTIAIRE	4134	2480,4	2 480	-	45	56	108	209
5	ACTIVITES LOGISTIQUES	17 033	10 220	5 110	5 110	92	116	555	763
6	ACTIVITES LOGISTIQUES	23 938	14 363	7 181	7 181	129	162	781	1 072
7	ACTIVITES LOGISTIQUES	48 214	28 928	14 464	14 464	260	327	1 572	2 160
8	TERTIAIRE	7 827	4 696	4 696	-	85	106	204	395
<b>TOTAL ZA</b>		<b>101 146</b>	<b>60 688</b>	<b>33 932</b>	<b>26 756</b>	<b>611</b>	<b>767</b>	<b>3 220</b>	<b>4 598</b>

**Analyse :**

Ces données d'entrée permettent de mettre en avant la part des besoins énergétiques pour le projet et leur incidence sur les systèmes de production associés.

Sur le bilan global des consommations énergétiques relatives aux futurs bâtiments du parc d'activités de COLLIGNON nous estimons les besoins d'origine thermique à 13% et les besoins d'origine électrique à 87% des besoins énergétiques totaux du parc d'activités.

Néanmoins, il faut noter que les besoins énergétiques ont été établis sur des scénarii permettant de dégager des ordres de grandeur nécessaires à l'étude sans connaître avec exactitude la nature des activités du parc à ce stade des opérations. Selon l'évolution du projet aux phases suivantes ces besoins peuvent énormément évolués selon la nature des activités des futurs preneurs et du process.

*Nota : Il est important de préciser que les valeurs fournies sont issues d'hypothèses de surface liées aux éléments de programmation fournis.*

*A ce stade, elles ne peuvent être interpréter comme des valeurs de référence de la consommation du site mais comme une cartographie, un indicateur, des valeurs relatives pour les usages énergétiques considérés permettant de définir le poids relatif de chacun.*

*Elles ne peuvent être assimilées à un estimatif de consommation ou à un calcul réglementaire.*

## CHAPITRE II : ENERGIES MOBILISABLES SUR LE SITE

L'état des lieux des ressources locales est établi afin d'identifier les potentiels exploitables sur le site d'implantation du projet et associer les technologies disponibles pour répondre aux besoins énergétiques des futurs aménagements.



L'objectif de cette partie est de présenter les solutions techniques envisageables et d'écartier les technologies non adaptées au projet.

Les énergies renouvelables envisagées sont :

- Le solaire ;
- La filière biomasse-Bois ;
- La géothermie ;
- L'aérothermie ;
- L'éolien ;
- La cogénération ;



## 1. ENERGIES FOSSILES

---

Localement le site est desservi par les principaux réseaux énergétiques :

- a) Électricité ;
- b) Gaz naturel ;

### a) L'ELECTRICITE

---

Cette énergie a l'avantage d'être simple à utiliser et très polyvalente, néanmoins elle est difficilement stockable et peu compatible avec une approche écologique de l'énergie. **Son impact sur l'environnement est essentiellement lié à son mauvais rendement de production. Seulement un tiers de l'énergie qui entre dans une centrale ressort sous forme d'électricité, ce qui conduit l'électricité à être une grande consommatrice de ressources fossiles comme l'uranium, le gaz, le charbon, le fioul, ...**

- ➔ 1 kWh<sub>ef</sub> électrique = 2,30 kWh<sub>ep</sub> (RE2020) ;
  - EF : il s'agit de l'énergie finale utilisée dans les bâtiments ;
  - EP : il s'agit de l'énergie finale à laquelle on ajoute l'énergie nécessaire à l'extraction, la production, le stockage et la distribution de l'énergie. **Seule l'électricité a un coefficient de conversion supérieur à 1 :**

Type d'énergie importée par le bâtiment	Coefficients de transformation de l'énergie entrant dans le bâtiment en énergie primaire non renouvelable	Coefficients de transformation de l'énergie entrant dans le bâtiment en énergie primaire
Bois	0	1
Électricité	2,3	2,3
Réseau de chaleur urbain (chaleur)	1 – Ratio d'énergie renouvelable ou de récupération du réseau (chaleur)	1
Réseau de chaleur urbain (froid)	1	1
Autres énergies non renouvelables	1	1
Énergie renouvelable captée sur le bâtiment ou la parcelle	0	0

### b) LE GAZ

---

Le gaz naturel est une énergie fossile comme le fioul néanmoins moins émettrice de CO<sub>2</sub> à énergie produite équivalente.

- ➔ **Le réseau de distribution du réseau gaz est présent sur le site.**

## 2. ENERGIES RENOUVELABLES

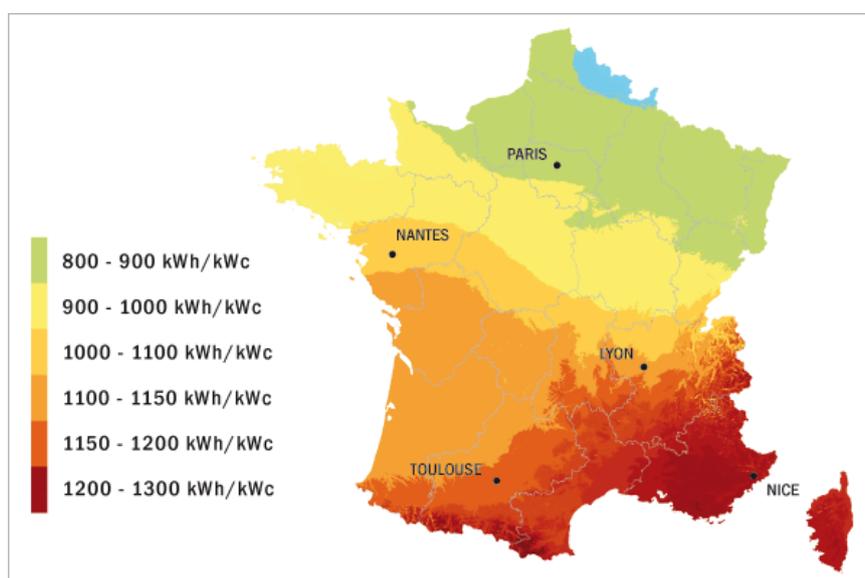
### a) LA FILIERE SOLAIRE

L'ensoleillement est présent partout en France avec des potentiels d'exploitation différents, l'un dit « passif » et l'autre « actif ».

→ **L'énergie solaire passive** est la moins chère et l'une des plus efficaces. Elle entre directement dans ce que l'on appelle communément l'approche bioclimatique : il s'agit de réaliser le meilleur compromis architectural, entre apports de chaleur gratuits l'hiver, éclairage naturel optimisé et limitation des surchauffes l'été et en mi-saison. Cette énergie est directement liée au plan masse de la zone d'aménagement et au schéma d'implantation des bâtiments sur celle-ci.

→ **L'énergie solaire active** se décline sous la forme thermique\* (pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire), et sous la forme photovoltaïque\*\* (pour la production d'électricité).

*La ressource solaire est plus ou moins importante selon la localisation du site :*

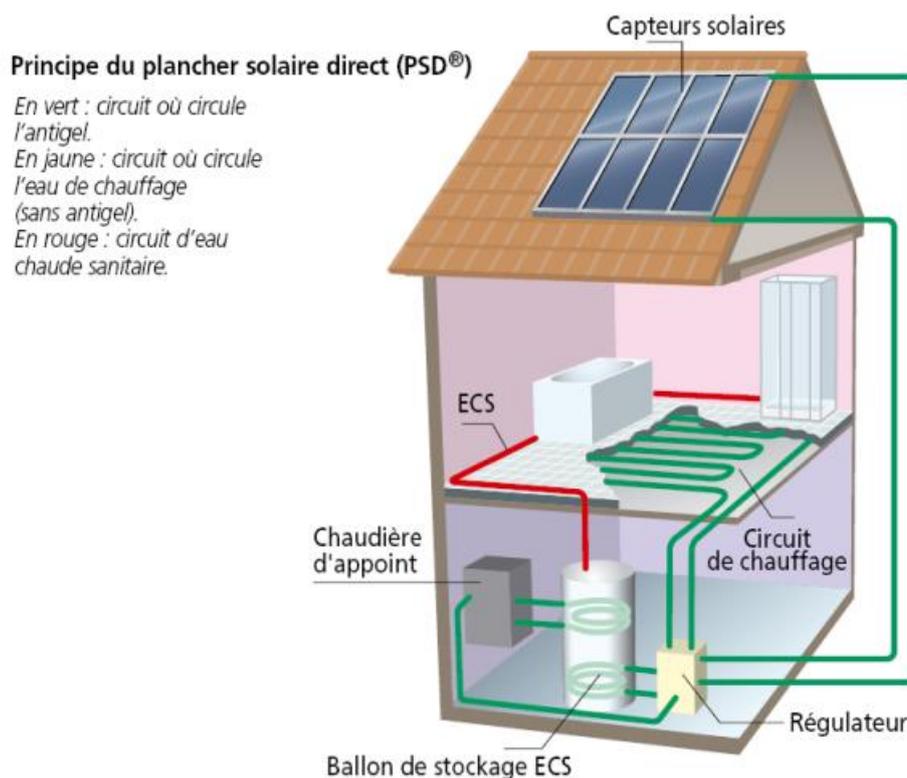


*Carte de France de la production théorique – Ensoleillement – Arebor-énergie*

L'ensoleillement du territoire analysé est « faible » à « moyen », un peu plus faible que la moyenne française. Cela ne veut pas dire que les installations solaires ne seront pas pertinentes sur la zone étudiée, mais que les rendements de productions seront un peu moins élevés pour une même surface (au minimum 900 à 1 000 kWh par kWc installé), et donc la rentabilité un peu plus longue.

\*Le solaire thermique :

La filière solaire thermique s'applique à l'approvisionnement en eau chaude des bâtiments. Le solaire thermique est particulièrement intéressant pour les projets présentant des besoins importants en eau chaude sanitaire. Par exemple, le solaire thermique peut être exploité pour les bâtiments de logements, de restauration ou encore de sports en appoint d'une chaudière gaz à condensation pour une production combinée du chauffage et de l'eau chaude sanitaire.



Principe système solaire thermique combiné (source Ademe)

→ L'intérêt d'exploiter le solaire thermique devra être défini au cas par cas suivants les besoins en eau chaude sanitaire associés aux activités des futurs bâtiments → Bâtiments tertiaires et logistiques = faibles besoins en eau chaude sanitaire ;

<i>Energie</i>	<i>Domaine d'exploitation</i>	<i>Atouts / Avantages</i>	<i>Contraintes / Inconvénients</i>
<i>Solaire thermique</i>	<i>Chauffage/Eau chaude sanitaire</i>	<i>Disponibilité – Energie renouvelable et gratuite</i>	<i>Peu adapté aux besoins du projet (Tertiaire et Logistiques)</i>

**\*\*Le solaire photovoltaïque :**

L'énergie solaire photovoltaïque permet de convertir l'énergie du rayonnement du soleil en énergie électrique, qui peut alors être autoconsommée pour les besoins du bâtiment ou être injectée et revendue sur le réseau de distribution.

Différentes solutions photovoltaïques existent selon la typologie des toitures et les opportunités d'exploiter le solaire à l'échelle des parcelles (parkings couverts, garde-corps, brise-soleil,...).



La filière solaire photovoltaïque peut être intéressante à l'échelle du projet compte tenu de la part importante des besoins en électricité spécifique des bâtiments tous usages confondus.

<i>Energie</i>	<i>Domaine d'exploitation</i>	<i>Atouts / Avantages</i>	<i>Contraintes / Inconvénients</i>
<i>Solaire photovoltaïque</i>	<i>Production électricité</i>	<i>Disponibilité – Energie renouvelable et gratuite</i>	<i>Implantation à étudier au cas par cas selon l'orientation des parcelles et des bâtiments</i>

- ➔ **L'exploitation du solaire photovoltaïque à l'échelle des bâtiments présente une alternative très pertinente pour le projet compte tenu de la part prépondérante des besoins en électricité pour la zone d'activités et des surfaces de toiture potentiellement exploitables. Compte tenu de la baisse significative du prix de rachat de l'énergie produite injectée sur le réseau et de la hausse du prix du kWh électrique consommé, l'intérêt économique de la solution sera d'auto-consommer en priorité l'énergie produite et de revendre uniquement l'excédent.**

## b) LA FILIERE BIOMASSE

---

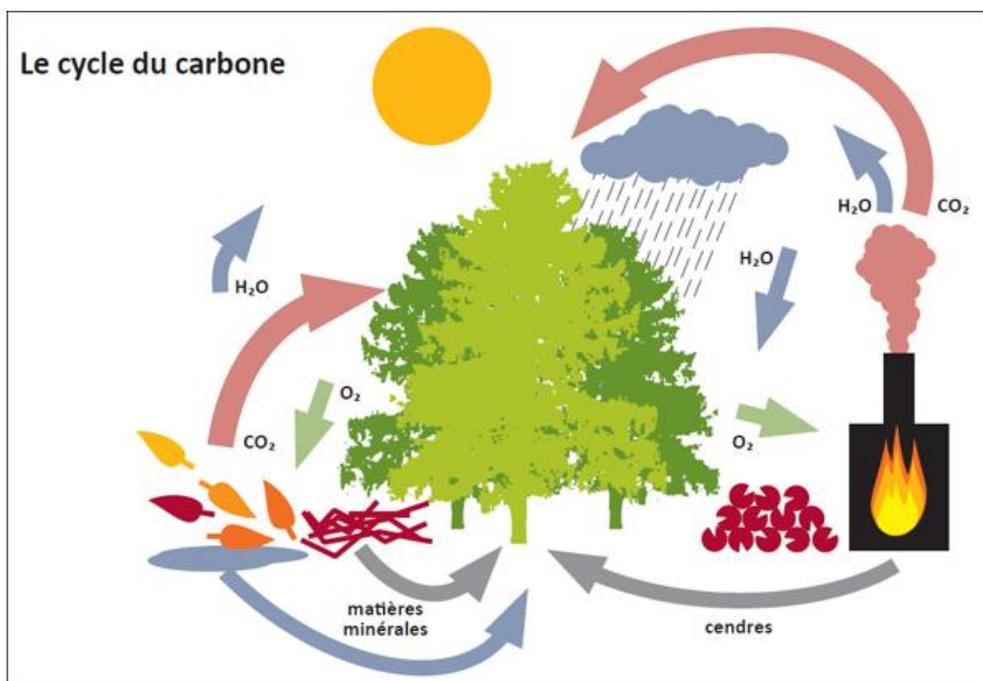
En énergétique, le terme de « biomasse » regroupe toutes les matières organiques qui peuvent dégager de l'énergie soit par combustion directe ou suite à une étape de transformation. La biomasse est la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux.

Les ressources biomasse utilisées directement ou indirectement pour la production d'électricité peuvent être classées en plusieurs catégories, selon leur origine :

- le bois-énergie (plaquettes forestières et connexes de l'exploitation forestière dans leur ensemble, broyats de bois d'emballage, broyat de bois usagés, granulés, plaquettes bocagères...)
- les sous-produits de l'industrie tels que les boues issues de la pâte à papier (liqueur noire) et les déchets des industries agroalimentaires (marcs de raisin et de café, pulpes et pépins de raisin etc.) ;
- les produits issus de l'agriculture traditionnelle (céréales, oléagineux), résidus tels que la paille, la bagasse (résidus ligneux de la canne à sucre) et les nouvelles plantations à vocation énergétique telles que les taillis à courte rotation (saules, miscanthus,...) ;
- les déchets organiques tels que les déchets urbains comprenant les boues d'épuration, les ordures ménagères, et les déchets en provenance de l'agriculture tels que les effluents agricoles.

## LE BOIS ENERGIE :

Le Bois Energie présente de nombreux atouts, environnemental, économique et du point de vue du développement local. C'est une solution renouvelable, neutre pour l'effet de serre (dans le cadre des forêts éco-gérées), bon marché et Performant.

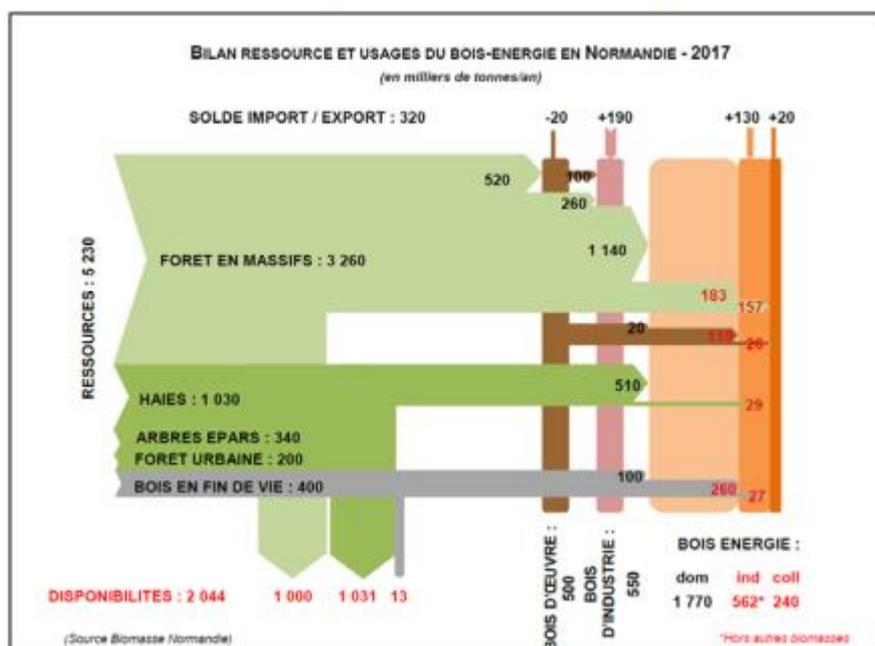


*Cycle du Bois-Energie – Impact neutre sur l'effet de serre*

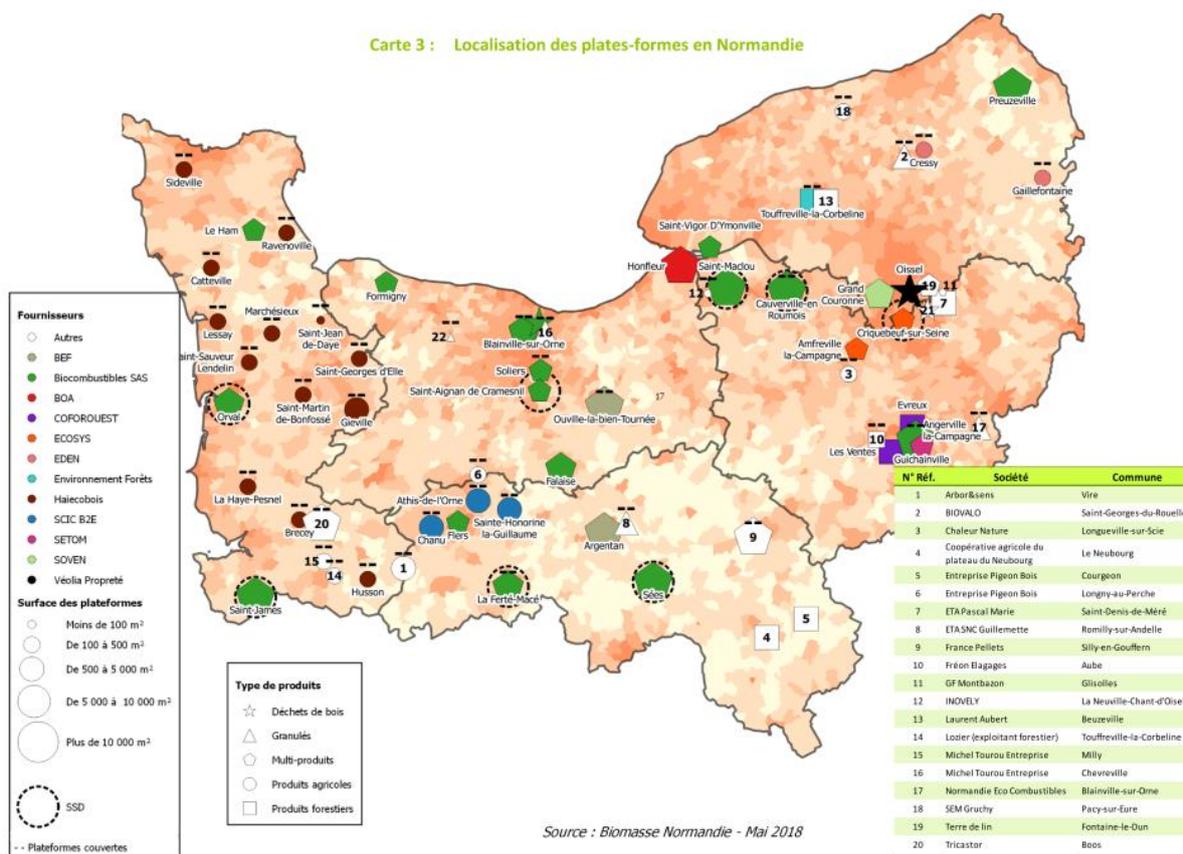
Le gisement disponible est constitué de la ressource forestière, du bois de taille issu de l'entretien des haies,... des sous-produits des industries du bois et des bois de rebut non souillés garantissant la disponibilité de la ressource.

L'étude « *Animation de la filière bois-énergie en Normandie : synthèse du bilan réalisé fin 2017* », réalisée par Biomasse Normandie pour la région Normandie donne un aperçu de la ressource Bois sur le territoire Normand et la disponibilité de la ressource.

Figure 1 : Bilan des ressources et des usages du bois en Normandie (en milliers de tonnes/an)



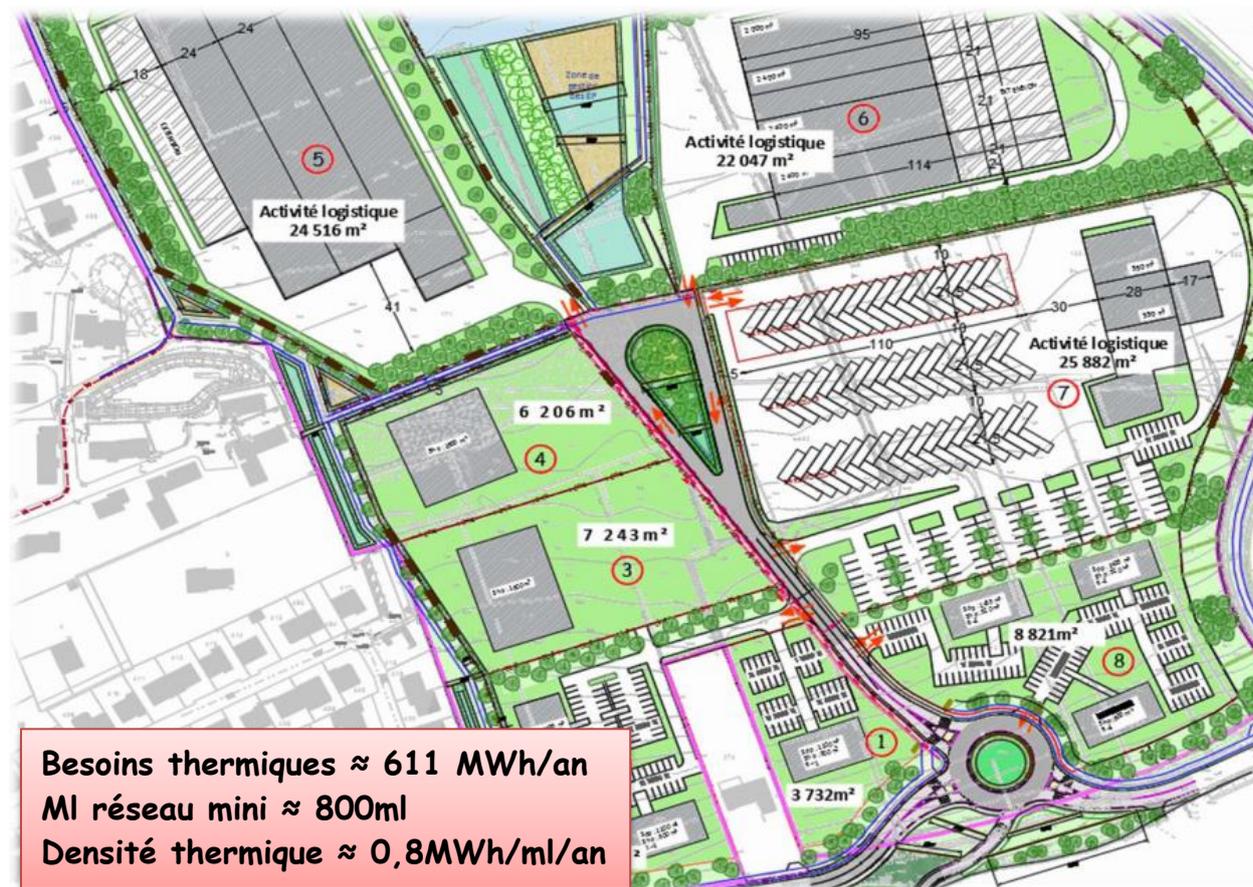
Carte 3 : Localisation des plates-formes en Normandie



\*Le réseau de chaleur :

Le recours à l'énergie Bois, ou autres biomasse, peut être intéressant dans le cadre d'un approvisionnement collectif de la chaleur pour l'ensemble des bâtiments.

Néanmoins, l'opportunité du réseau de chaleur\* à l'échelle du parc d'activités ne semble pas pertinente compte tenu de la faible densité thermique du projet, liée à la faible proportion des besoins thermiques estimés pour la future zone d'activités.



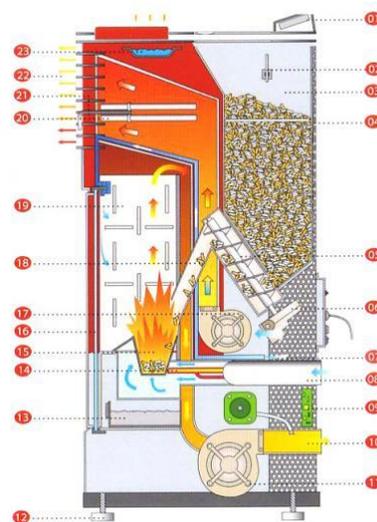
\*Quelques repères technico-économiques pour la réalisation d'un réseau de chaleur :

- **Indicateur de faisabilité d'un réseau de chaleur = Densité thermique, c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'énergie distribuée par le réseau et la longueur de réseau créée ;**
  - Valeur clé =  $1,5$  MWh/ml ;
  - Critère ADEME pour le fonds chaleur =  $3$  MWh/ml ;
  - Estimation densité thermique réseau de chaleur projet =  $0,8$  MWh/ml max

➔ **Solution collective d'approvisionnement en énergie peu propice aux besoins thermiques du projet.**

\*Le bois à l'échelle individuelle :

Le potentiel énergétique du bois peut également être exploité à l'échelle du bâtiment individuellement. Plusieurs technologies sont envisageables pour couvrir les besoins en chaleur : chaudières bois granulés ou plaquettes forestières / poêles à granulés / poêles à bois :



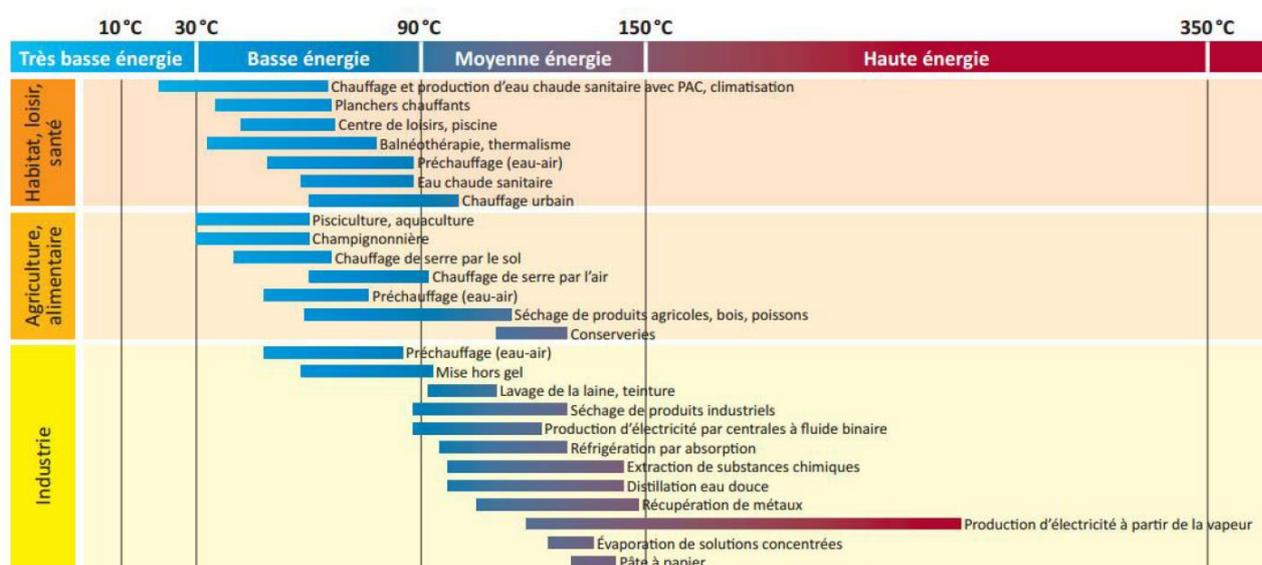
<i>Energie</i>	<i>Domaine d'exploitation</i>	<i>Atouts / Avantages</i>	<i>Contraintes / Inconvénients</i>
<i>Bois</i>	<i>Production de chaleur (chauffage / ECS)</i>	<i>Filière bois locale structurée Impact carbone neutre</i>	<i>Opportunité à étudier à l'échelle d'un bâtiment Non adapté en réseau pour le projet (densité thermique faible)</i>

**Malgré une disponibilité de la ressource bois-énergie sur le territoire du projet, l'exploitation du bois à l'échelle du projet reste faible.**

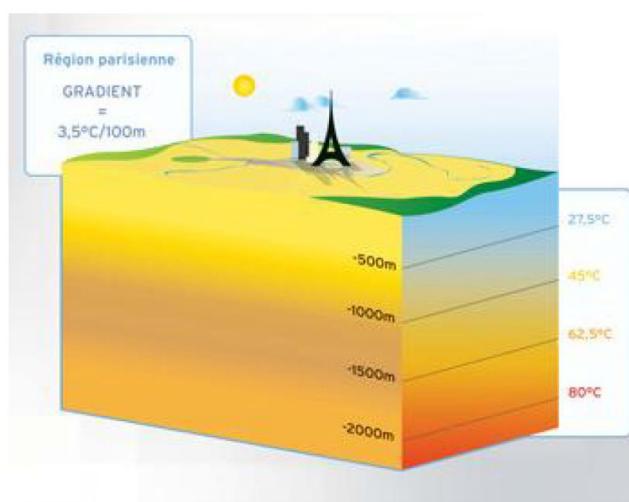
## c) LA FILIERE GEOTHERMIE

La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Elle couvre l'ensemble des applications permettant de récupérer la chaleur contenue dans le sous-sol ou dans les nappes d'eau souterraines (la température de la terre et de l'eau souterraine est d'autant plus élevée que l'on se rapproche du centre de la terre). Le « gradient géothermal », c'est-à-dire l'accroissement de la température en fonction de la profondeur, est en moyenne sur notre planète de 3,3°C par 100 mètres.

Les gisements géothermiques sont qualifiés en fonction de leur température de haute à très basse énergie et en fonction de l'application, les calories ainsi récupérées peuvent servir à la production de chaleur et/ou de froid :



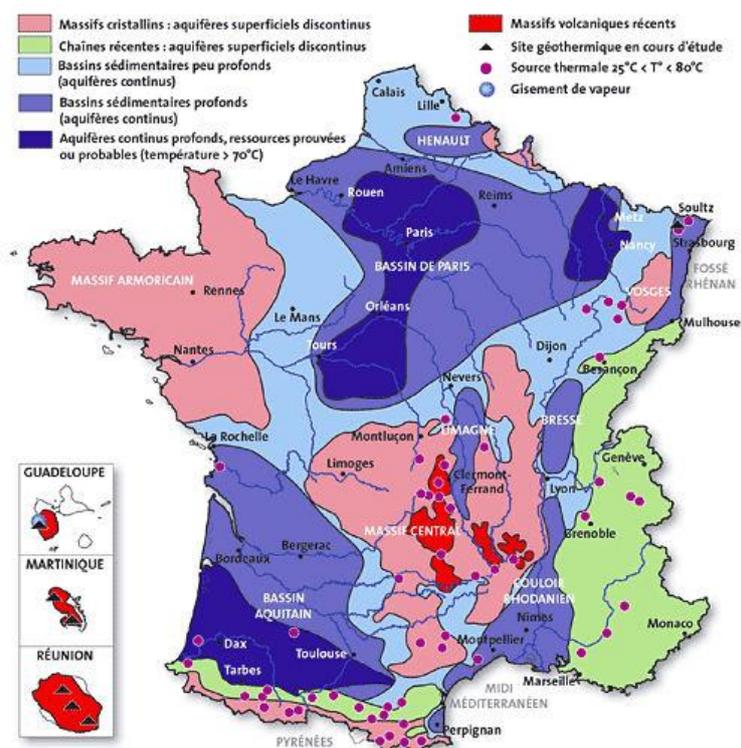
Les principales utilisations de la géothermie en fonction des températures – Géothermie Perspectives



- Géothermie très basse énergie = à la surface de la terre ;
- Géothermie basse énergie = de 1000 à 2500m de profondeur ;
- Géothermie moyenne énergie = de 2500 à 4000m de profondeur ;
- Géothermie haute énergie = jusqu'à 4000m de profondeur ;

Le territoire d'implantation de la future zone d'activités sur la Commune de Cherbourg-en-Cotentin (50) est caractérisé par des aquifères peu profonds où la température sera inférieure à 30°C, température très basse, qui peut cependant être utilisée pour le chauffage et le refroidissement adjoint à une pompe à chaleur.

Nature de la nappe phréatique – Données BRGM :



Extrait du rapport du BRGM/RP-62002-FR de Juin 2013

<b>Energie</b>	<b>Domaine d'exploitation</b>	<b>Atouts / Avantages</b>	<b>Contraintes / Inconvénients</b>
<i>Géothermie</i>	<i>Production de chaleur (chauffage / ECS)</i>	<i>Géothermie très basse énergie exploitable en complément d'une solution thermodynamique ayant recours à l'électricité Part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude naturelle</i>	<i>Opportunité à étudier au cas par cas à l'échelle du bâtiment → Etudes coûteuses Non adapté en réseau pour le projet (densité thermique faible)</i>

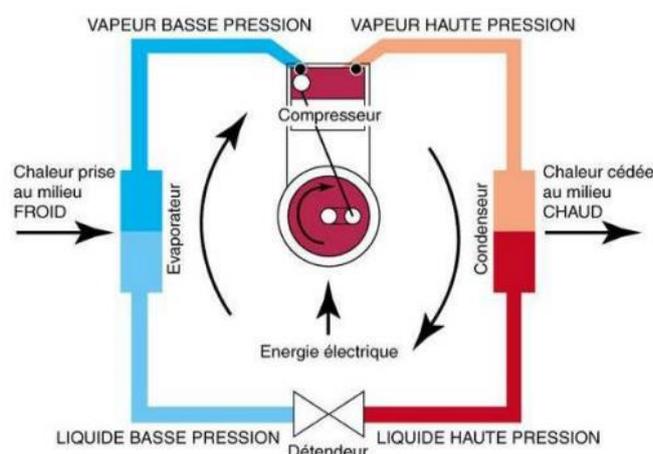
**Le contexte géologique de la zone d'étude ne se prête pas à la géothermie moyenne et haute température, seul un potentiel de géothermie très basse énergie sera exploitable sur le site à de faibles profondeurs.**

## d) LA FILIERE AEROTHERMIE

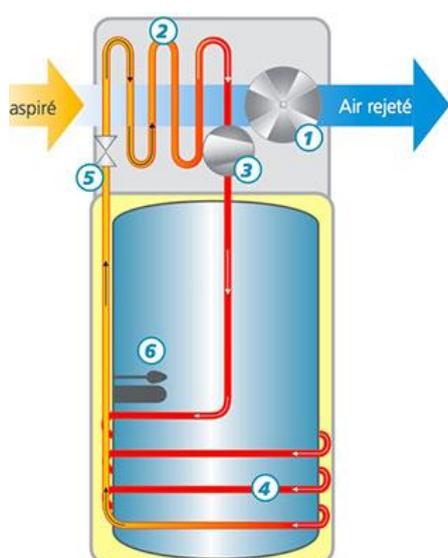
L'aérothermie consiste à prélever les calories présentes dans l'air et à les restituer à un niveau de température plus élevé, on utilise pour cela un équipement appelé pompe à chaleur (PAC) alimenté en électricité.

La pompe à chaleur est un système capable de capter la chaleur de notre environnement à un niveau de température relativement bas pour l'amener à un niveau supérieur utilisable pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire des locaux. Autrement dit, comme son nom l'indique, c'est un équipement qui pompe l'énergie de l'air extérieur pour la valoriser sous forme de chaleur. Il y a donc deux sources, une source chaude, une source froide. C'est le fluide frigorigène de la pompe à chaleur (PAC) qui transfère l'énergie.

En moyenne dans de bonnes conditions, une pompe à chaleur restitue 3 kW de chauffage pour 1 kW d'électricité consommée. La différence est puisée gratuitement dans l'air extérieur, d'où la notion de pompe à chaleur dit générateur à énergie renouvelable (à noter qu'il a fallu utiliser près de 2,30kWh d'énergie primaire).



Par exemple, le principe de fonctionnement du ballon thermodynamique (qui utilise le principe de l'aérothermie) est le suivant :



- L'air ambiant non chauffé, aspiré par le ventilateur ①, réchauffe le fluide frigorigène\* gazeux dans l'évaporateur ②.
  - Le fluide passe ensuite dans le compresseur ③ où sa température augmente encore.
  - Dans le condenseur ④, le fluide cède ses calories à l'eau du ballon, il se refroidit et passe de l'état gazeux à l'état liquide.
  - Le détendeur ⑤ amorce le passage du fluide de l'état liquide à l'état gazeux, abaisse sa température et permet au fluide de recommencer un nouveau cycle dans l'évaporateur.
- L'appoint électrique ⑥, se déclenche uniquement en cas de besoin.

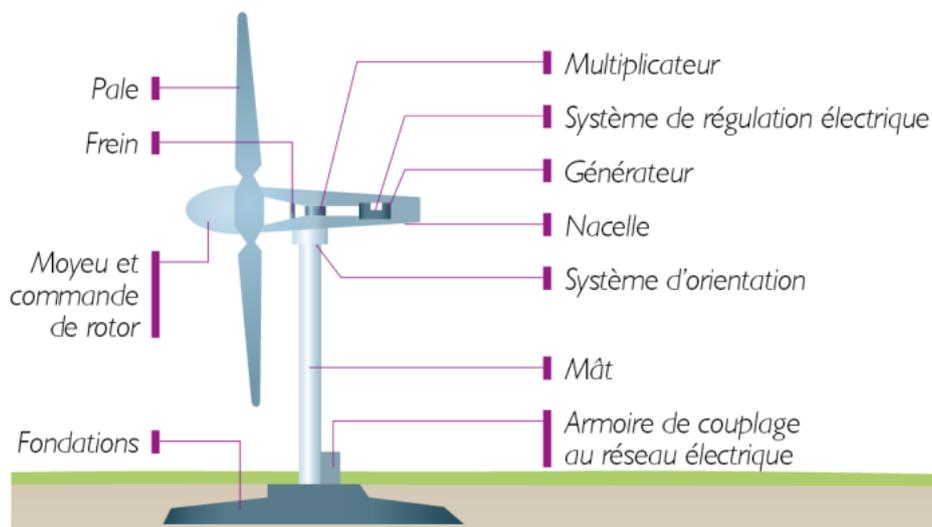
\* Fluide présentant la faculté de passer de l'état liquide à l'état gazeux à basse température (entre  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en prélevant des calories lors de ce changement d'état.

<b>Energie</b>	<b>Domaine d'exploitation</b>	<b>Atouts / Avantages</b>	<b>Contraintes / Inconvénients</b>
<i>Aérothermie</i>	<i>Production de chaleur (chauffage / ECS)</i>	<i>Solution de chauffage électrique améliorée Part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude naturelle</i>	<i>Part ENR faible Impact environnemental du fluide frigorigène</i>

**Ce type d'installation sera envisageable au cas par cas à l'échelle des bâtiments selon les usages, solution plus adaptée aux tertiaires sur la zone d'activités.**

## e) LA FILIERE EOLIENNE

Le principe de l'éolien est de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis en énergie électrique. Schématiquement, une éolienne se compose d'un mât, d'un rotor équipé de pales et d'une génératrice produisant de l'électricité.



**Schéma de principe d'une éolienne (source ADEME – guide pratique éolien)**

On distingue trois tailles d'éoliennes :

- Le micro éolien : puissances de quelques dizaines de kW et < à 12m ;
- Le petit éolien : puissances de quelques dizaines à quelques centaines de kW et < 50m ;
- Le grand éolien : puissances de plusieurs centaines de kW à quelques MW de plus de 50m ;

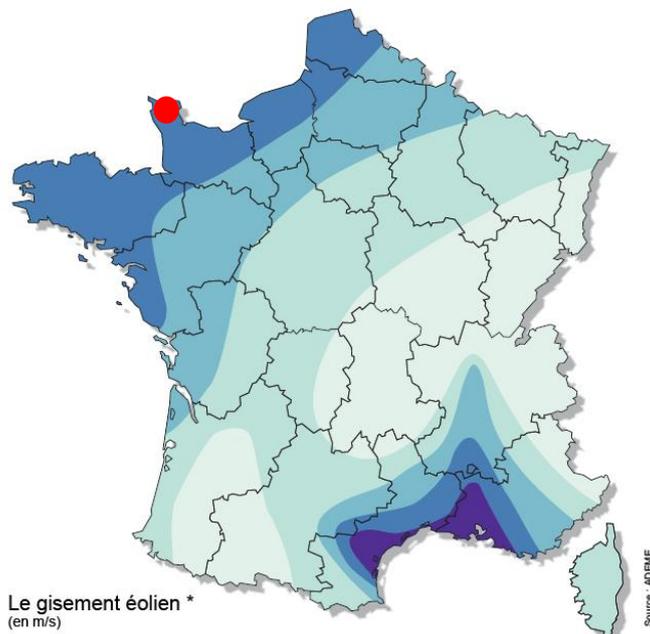
### Les machines à axe vertical



### Les machines à axe horizontal.



Le département de la Manche possède un potentiel de développement éolien indéniable au regard l'exposition du département favorable aux vents dominants (Voir Cartographie pour le site ci-dessous) :



	Bocage dense, bois, banlieue	Rase campagne, obstacles épars	Prairies plates, quelques buissons	Lacs, mer	Crêtes** collines
Zone 1	< 3,5	< 4,5	< 5,0	< 5,5	< 7,0
Zone 2	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	5,0 - 6,0	5,5 - 7,0	7,0 - 8,5
Zone 3	4,5 - 5,0	5,5 - 6,5	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	8,5 - 10
Zone 4	5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	7,0 - 8,5	8,0 - 9,0	10 - 11,5
Zone 5	> 6,0	> 7,5	> 8,5	> 9,0	> 11,5

\* Vitesse du vent à 50 mètres au dessus du sol en fonction de la topographie  
 \*\* Les zones montagneuses nécessitent une étude de gisement spécifique.

**La vitesse de vent est régulièrement supérieure à 8-9 m/s.**

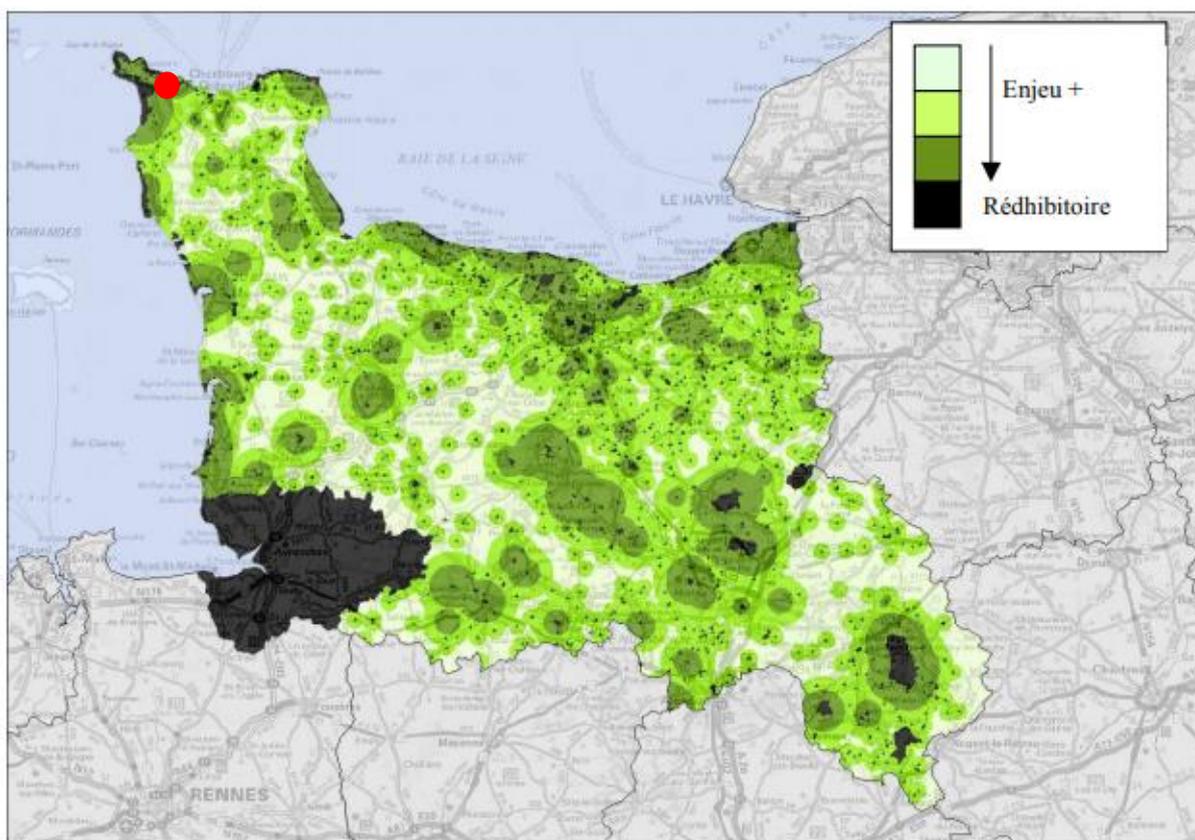


Schéma Régional Eolien de Normandie-Juillet 2012

La Commune de CHERBOURG-EN-COTENTIN se situe dans une zone rédhitoire à l'implantation du grand éolien terrestre du point de vue de la hiérarchisation des sensibilités patrimoniales, architecturales et culturelles.

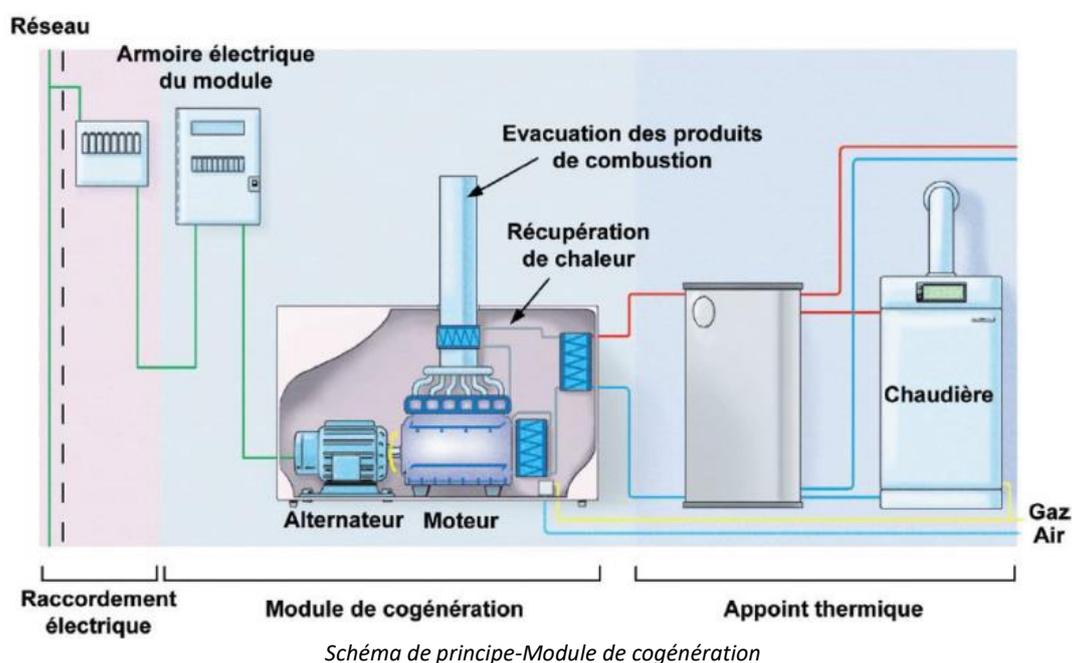
<i>Energie</i>	<i>Domaine d'exploitation</i>	<i>Atouts / Avantages</i>	<i>Contraintes / Inconvénients</i>
<i>Eolien</i>	<i>Production d'électricité</i>	<i>Energie renouvelable et gratuite</i>	<i>Grand éolien non adapté au projet Micro et petit éolien moyennement adapté au projet</i>

Malgré un fort potentiel en vent sur la zone d'implantation de la future zone d'activités, le recours au grand éolien n'est pas adapté et non envisageable compte tenu du caractère protégé du secteur. Le micro et le petit éolien peuvent être intégrés dans un tel projet.

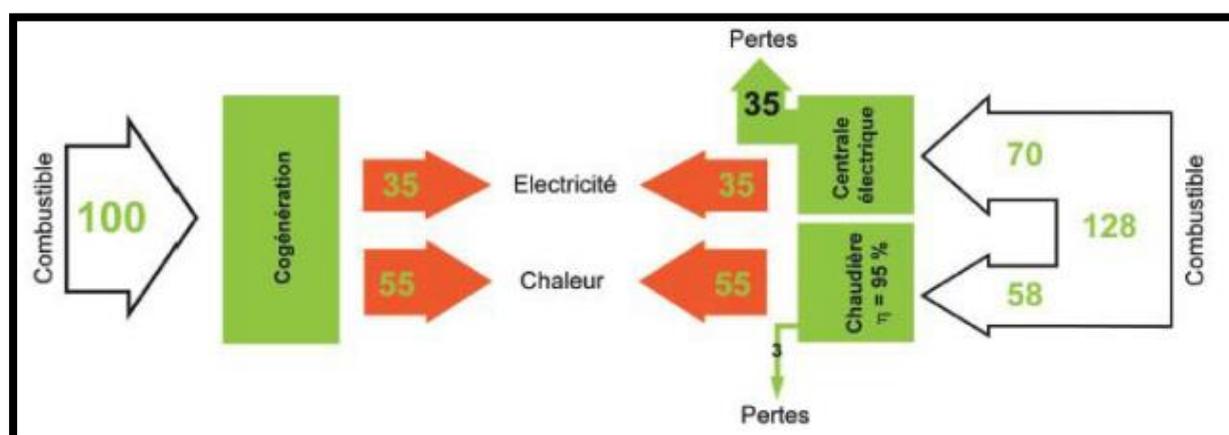
## f) LA FILIERE COGENERATION

Le principe de la cogénération est de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité, soit une énergie thermique et une énergie mécanique à partir d'une même énergie primaire (gaz, bois, pile à combustible,...).

Dans les applications les plus courantes, il s'agit d'un moteur alimenté au gaz naturel qui entraîne une génératrice et qui transforme l'énergie mécanique en électricité. En parallèle toutes les sources de chaleur contenues dans les gaz d'échappement, dans l'eau de refroidissement,... sont récupérées par des échangeurs de chaleur pour produire l'énergie thermique (chauffage/eau chaude sanitaire).



L'intérêt de la cogénération réside dans les rendements énergétiques supérieurs obtenus par comparaison avec une production séparée équivalente d'électricité et de chaleur (Voir schéma ci-dessous).



En France, les cogénérations sont classées en catégories selon leur puissance :

Catégorie de cogénération	Gamme de puissance
Grosse	> 12 MW
Moyenne	1 à 12 MW
Petite	250 kVA à 1 MW
Mini	36 à 250 kVA
Micro	< 36 kVA

- La Micro-cogénération = Puissance < 36 kVA ;
- La Mini-cogénération = Puissance comprise entre 36 et 250 kVA ;
- ...

Les grosses, moyennes et petites cogénérations sont en première approche écartées car les solutions en réseau ne se sont pas révélées être adaptées aux besoins de la zone d'activités (densité thermique du réseau de chaleur faible).

En solution individuelle, à l'échelle du bâtiment, la cogénération n'aura qu'une vocation expérimentale compte tenu de la part relativement faible des besoins en chauffage.

<i>Energie</i>	<i>Domaine d'exploitation</i>	<i>Atouts / Avantages</i>	<i>Contraintes / Inconvénients</i>
<i>Cogénération</i>	<i>Production de chaleur (chauffage / ECS)</i>	<i>Rendement des installations thermique amélioré Source d'énergie primaire renouvelable quand la technologie utilise une production primaire au bois</i>	<i>Grande et micro puissances non adaptées (sauf process particulier non connu à ce stade de l'opération)  Cogénération au gaz ou au bois à définir au cas par cas pour un dimensionnement en adéquation avec les besoins</i>
	<i>Production d'électricité</i>	<i>Consommation d'énergie primaire réduite</i>	

**Les installations de cogénération s'adaptent principalement à des projets présentant des besoins thermiques importants et en adéquation avec les besoins électriques du site.**

### 3. SYNTHÈSE DU POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DE LA ZONE D'ACTIVITÉS

<i>Energie</i>	<i>Domaine d'exploitation</i>	<i>Atouts / Avantages</i>	<i>Contraintes / Inconvénients</i>
<i>Electricité</i>	<i>Production Electricité</i>	<i>Disponibilité</i>	<i>Coût élevé Faible rendement global Gestion des déchets nucléaires</i>
<i>Gaz</i>	<i>Production thermique et électrique</i>	<i>Site desservi</i>	<i>Energie fossile à fort impact environnemental</i>
<i>Solaire thermique</i>	<i>Production thermique</i>	<i>Disponibilité Energie renouvelable et gratuite</i>	<i>Peu adapté aux besoins du projet (Tertiaire et Logistiques)</i>
<i>Solaire photovoltaïque</i>	<i>Production Electricité</i>	<i>Disponibilité Energie renouvelable et gratuite</i>	<i>Implantation à étudier au cas par cas selon l'orientation des parcelles et bâtiments</i>
<i>Biomasse-Bois</i>	<i>Production thermique</i>	<i>Filière bois locale structurée Impact carbone neutre</i>	<i>Opportunité à étudier à l'échelle d'un bâtiment Non adapté en réseau pour le projet (densité thermique faible)</i>
<i>Géothermie</i>	<i>Production thermique</i>	<i>Géothermie très basse énergie exploitable en complément d'une solution thermodynamique ayant recours à l'électricité Part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude naturelle</i>	<i>Opportunité à étudier au cas par cas à l'échelle du bâtiment → Etudes coûteuses Non adapté en réseau pour le projet (densité thermique faible)</i>
<i>Aérothermie</i>	<i>Production thermique</i>	<i>Solution de chauffage électrique améliorée Part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude naturelle</i>	<i>Part ENR faible Impact environnemental du fluide frigorigène</i>
<i>Eolien</i>	<i>Production Electricité</i>	<i>Energie renouvelable et gratuite</i>	<i>Grand éolien non adapté au projet Micro et petit éolien à étudier à l'échelle du projet</i>
<i>Cogénération</i>	<i>Production de chaleur (chauffage / ECS)</i>	<i>Rendement des installations thermique amélioré Source d'énergie primaire renouvelable quand la technologie utilise une production primaire au bois</i>	<i>Grande et micro puissances non adaptées (sauf process particulier non connu à ce stade de l'opération) Cogénération au gaz ou au bois à définir au cas par cas pour un dimensionnement en adéquation avec les besoins</i>

## CHAPITRE III : POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES - SCENARII

Après avoir estimé les niveaux de consommations énergétiques du site, en première partie de l'étude, et analysé les principales ressources énergétiques locales disponibles, en seconde partie de l'étude, il convient de comparer les solutions d'approvisionnement en énergie qui permettraient de répondre aux besoins spécifiques du site.

Les choix énergétiques pour des zones d'activités dépendent de la nature des activités et des processus éventuels. Un bâtiment de bureaux ne sera pas traité comme un hangar de stockage ou une zone de production.

Les besoins énergétiques spécifiques varient alors énormément d'un projet à l'autre.

Il est donc par nature difficile d'établir des scénarii précis sans connaître avec exactitude la nature des activités de la zone d'aménagement.

Il a donc été pris un certain nombre d'hypothèses détaillées en première partie de l'étude.

### 1. CHOIX ENERGETIQUES POUR LES BESOINS DU PARC D'ACTIVITES

---

#### a) SYNTHESE SOLUTIONS TECHNIQUES - BESOINS THERMIQUES DU PARC D'ACTIVITES

---

Le tableau ci-après synthétise les avantages de chacune des principales solutions techniques de production de chaleur disponibles et exploitables sur le site.

Il ne constitue pas une liste exhaustive des solutions techniques existantes mais reflète le large panel des énergies mobilisables pour le projet :

## Synthèse des scénarios

Très Pertinent

Pertinent

Peu Pertinent

SOLUTIONS TECHNIQUES D'APPROVISIONNEMENT ENERGETIQUE - BESOINS THERMIQUES	CONSOMMATIONS ENERGETIQUES	COUT GLOBAL DE LA SOLUTION	ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX		BILAN GLOBAL DES SOLUTIONS	
			Impact CO2 (en TeqCo2 par an)	Taux de couverture ENR (en %)	Points forts	Points faibles
Chaudière gaz à condensation	+++	€€	154	---	Coût d'investissement faible	Solution totalement dépendante des énergies fossiles - 0 contribution aux ENR Impact environnemental fort
Chaudière gaz à condensation + Solaire thermique	++	€€	132	4%	Coût d'investissement maîtrisé Contribution aux ENR	Solution dépendante des énergies fossiles Faible contribution aux ENR pour le projet (à définir au cas par cas suivant les besoins en eau chaude liés aux futures activités des bâtiments)
Géothermie (PAC Eau/Eau)	+	€€	24	50%	Faibles consommations énergétiques	Coût d'investissement élevé Forte dépendance à l'électricité Taux de couverture ENR fort (solution à étudier selon les activités des bâtiments et l'intermittence des besoins)
Aérothermie (PAC Air/Eau)	++	€€€	32	33%	Coût d'investissement maîtrisé Consommations énergétiques initiales réduites	Dépendance totale à l'électricité Faible contribution aux ENR = Solution électrique améliorée
Chaudière Bois	+++	€	22	100%	Coût de fonctionnement réduit Très faible dépendance aux énergies fossiles Impact environnemental faible Taux de couverture ENR fort	Coût d'investissement élevé Consommations énergétiques fortes
Cogénération - Micro-cogénération gaz	++	€€	111	20%	Réduction de la dépendance aux énergies fossiles (gaz et électricité)	Coût d'investissement élevé Consommations énergétiques et impact environnemental moyennement intéressant

\*Facteur d'émission du Gaz naturel en équivalent CO2 = 0,227kgeqCO2/kWh d'énergie finale ;

\*Facteur d'émission de l'électricité en équivalent CO2 = 0,079 kgeqCO2/kWh d'énergie finale ;

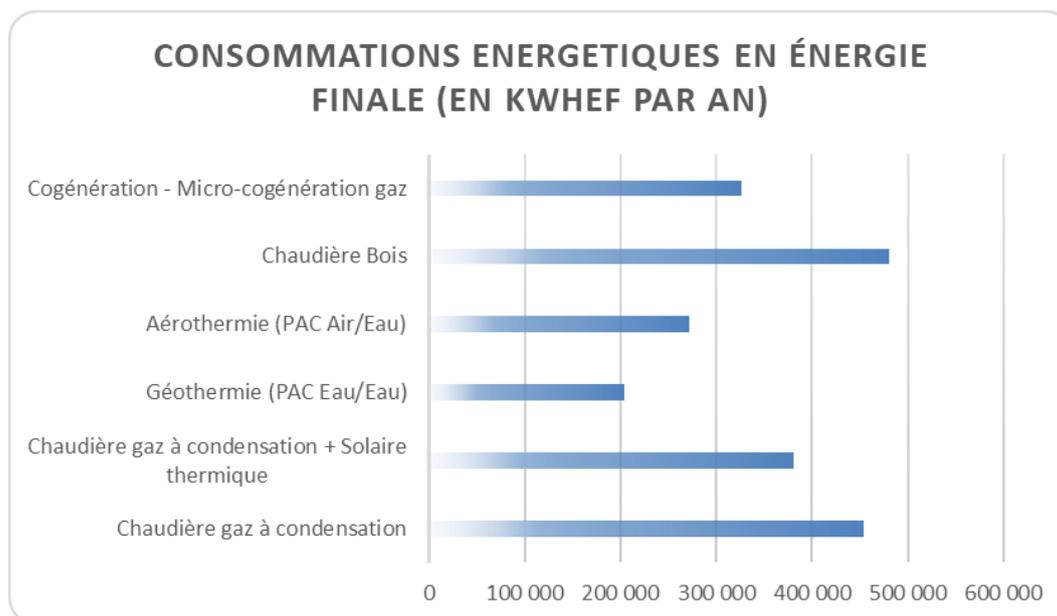
\*Facteur d'émission du granulés-bois en équivalent CO2 = 0,0304 kgeqCO2/kWh d'énergie finale ;

\*Prix du kWh Gaz = 0,07€HT/kWh ;

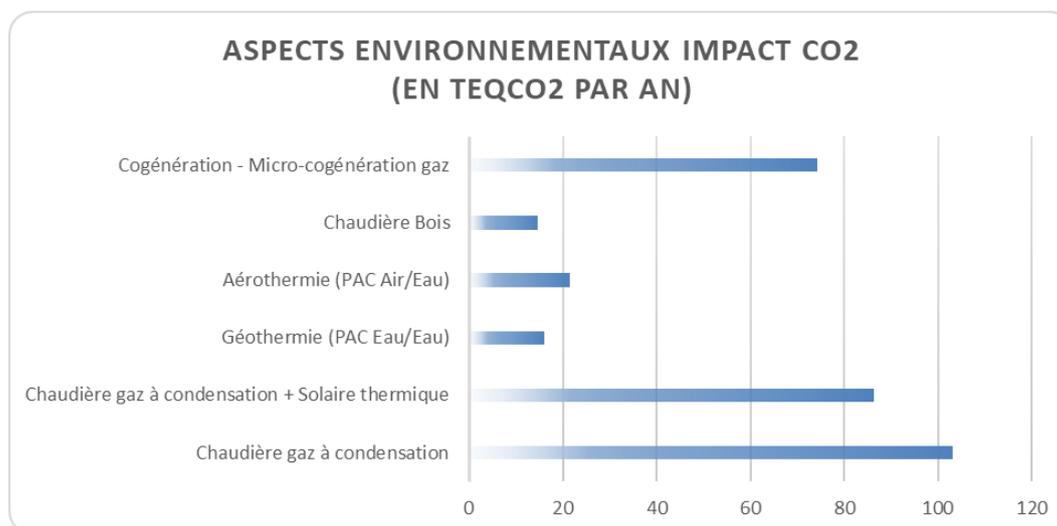
\*Prix du kWh Electricité = 0,17€HT/kWh ;

\*Prix du kWh Bois-granulés=0,053€HT/kWh ;

Bilan des consommations énergétiques des solutions d’approvisionnement pour les besoins thermiques de la zone :



Bilan de l’impact environnemental des solutions d’approvisionnement pour les besoins thermiques de la zone :



## b) SYNTHÈSE SOLUTION SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE - BESOINS ÉLECTRIQUES DU PARC

---

La première partie des études de potentiel énergétique a permis de mettre en avant les solutions techniques associées aux besoins thermiques du site.

Cette seconde partie est dédiée aux solutions techniques d'approvisionnement en énergies électriques du projet :

- **Besoin en électricité total du parc d'activités estimé  $\approx 4\,000$  MWh par an ;**

Ainsi le bilan des consommations initiales en première partie de l'étude a permis de mettre en avant la part prépondérante des besoins en électricité pour la zone d'activités étudiée.

Différents cas de couverture photovoltaïque ont ainsi été présentés afin de mesurer les impacts technico-environnementaux selon la surface de panneaux solaires installée.

En complément des choix effectués pour chauffer et produire l'eau chaude des bâtiments, les scénarii détaillent ci-après les hypothèses retenues en matière de production photovoltaïque.



*Surface potentielle max de toiture pour le projet (50% des toitures)  $\approx 30\,000\text{m}^2$*

*Puissance installée totale max  $\approx 5\,500$  kWc*

***Production annuelle  $\approx 4\,400$  MWh***

Les 3 scénarii ci-dessous seront étudiés :

- Cas 1 : 50% des surfaces de toiture couvertes par des panneaux solaires photovoltaïques ;
- Cas 2 : 30% des surfaces de toiture couvertes par des panneaux solaires photovoltaïques ;
- Cas 3 : 10% des surfaces de toiture couvertes par des panneaux solaires photovoltaïques ;

LOT	TYPE	Surface toiture (en m <sup>2</sup> )	Consommations électriques annuelles (en kWh <sub>ef</sub> )	Surface toiture PV (en m <sup>2</sup> )	Puissance installée (en kWc)	Production annuelle (en kWh)	Surface toiture PV (en m <sup>2</sup> )	Puissance installée (en kWc)	Production annuelle (en kWh)	Surface toiture PV (en m <sup>2</sup> )	Puissance installée (en kWc)	Production annuelle (en kWh)
1	TERTIAIRE	2480,4	163 922	1 240	225	180 393	744	135	108 236	248	45	36 079
2	ACTIVITES LOGISTIQUES	10219,8	670 952	5 110	929	743 258	3 066	557	445 955	1 022	186	148 652
3	ACTIVITES LOGISTIQUES	14362,8	942 949	7 181	1 306	1 044 567	4 309	783	626 740	1 436	261	208 913
4	ACTIVITES LOGISTIQUES	28928,4	1 899 212	14 464	2 630	2 103 884	8 679	1 578	1 262 330	2 893	526	420 777
5	TERTIAIRE	4696,2	310 358	2 348	427	341 542	1 409	256	204 925	470	85	68 308
TOTAL ZA		60 688	3 987 393	30 344	5 517	4 413 644	18 206	3 310	2 648 186	6 069	1 103	882 729

CAS 01 = 50%			CAS 02 = 30%			CAS 03 = 10%		
Surface toiture PV (en m <sup>2</sup> )	Puissance installée (en kWc)	Production annuelle (en kWh)	Surface toiture PV (en m <sup>2</sup> )	Puissance installée (en kWc)	Production annuelle (en kWh)	Surface toiture PV (en m <sup>2</sup> )	Puissance installée (en kWc)	Production annuelle (en kWh)
1 240	225	180 393	744	135	108 236	248	45	36 079
5 110	929	743 258	3 066	557	445 955	1 022	186	148 652
7 181	1 306	1 044 567	4 309	783	626 740	1 436	261	208 913
14 464	2 630	2 103 884	8 679	1 578	1 262 330	2 893	526	420 777
2 348	427	341 542	1 409	256	204 925	470	85	68 308
30 344	5 517	4 413 644	18 206	3 310	2 648 186	6 069	1 103	882 729

### Conclusion :

- 50% des toitures du projet équipé de panneaux solaires photovoltaïques permet une couverture totale des consommations électriques estimées pour le parc d'activités ;
- 30% des toitures du projet équipé de panneaux solaires photovoltaïques permet une couverture d'environ 65% des consommations électriques estimées pour le parc d'activités ;
- 10% des toitures du projet équipé de panneaux solaires photovoltaïques permet une couverture d'environ 20% des consommations électriques estimées pour le parc d'activités ;

**POUR RAPPEL : 1kWh photovoltaïque produit localement permet d'éviter 2,30 kWh d'énergie primaire.**

### c) SOLUTION MICRO-EOLIEN - BESOINS ELECTRIQUES DU PARC D'ACTIVITES

---

La mise en place d'une petite éolienne de 5 kW permet de produire environ 5 000 kWh/an.

Si l'on considère la pose d'une éolienne par Lot, soit 5 éoliennes à l'échelle de la parcelle, la **production annuelle potentielle serait de l'ordre de 25 MWh, ce qui représente moins de 1% de la consommation électrique (hors chaleur) du parc d'activités.**

# ANNEXES

## LES PRINCIPAUX INDICATEURS DE L'ÉTUDE

### a) LE COUT DE L'ÉNERGIE

✓ **Site Internet** → <http://developpement-durable.bsocom.fr/Statistiques/> ;

**Prix KWh – Electricité : Extrait de la Base de données Pégase (Evolution annuelle du prix de l'énergie).**

Pégase – Electricité, prix pour une entreprise selon l'enquête d'Eurostat, en euros hors TVA (01/2007-06/2021) ☺

AUTRE :	Unités - données																																		
Période ☺																																			
Libellé ☺	sept-18	oct-18	nov-18	déc-18	janv-19	févr-19	mars-19	avr-19	mai-19	juin-19	juil-19	août-19	sept-19	oct-19	nov-19	déc-19	janv-20	févr-20	mars-20	avr-20	mai-20	juin-20	juil-20	août-20	sept-20	oct-20	nov-20	déc-20	janv-21	févr-21	mars-21	avr-21	mai-21	juin-21	
Toutes tranches ☺	9,5891	9,5891	9,5891	9,5891	10,7301	10,7301	10,7301	10,7301	10,7301	10,7301	10,3316	10,3316	10,3316	10,3316	10,3316	11,3534	11,3534	11,3534	11,3534	11,3534	11,3534	10,5080	10,5080	10,5080	10,5080	10,5080	10,5080	10,5080	11,4830	11,4830	11,4830	11,4830	11,4830	11,4830	
Tranche 1A ☺	16,2098	16,2098	16,2098	16,2098	15,7085	15,7085	15,7085	15,7085	15,7085	15,7085	17,0390	17,0390	17,0390	17,0390	17,0390	16,9017	16,9017	16,9017	16,9017	16,9017	16,9017	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487	18,1487
Tranche 1B ☺	12,0540	12,0540	12,0540	12,0540	13,1134	13,1134	13,1134	13,1134	13,1134	13,1134	12,7134	12,7134	12,7134	12,7134	12,7134	14,2213	14,2213	14,2213	14,2213	14,2213	14,2213	12,6901	12,6901	12,6901	12,6901	12,6901	12,6901	12,6901	14,3800	14,3800	14,3800	14,3800	14,3800	14,3800	
Tranche 1C ☺	8,8940	8,8940	8,8940	8,8940	10,2446	10,2446	10,2446	10,2446	10,2446	10,2446	9,5007	9,5007	9,5007	9,5007	9,5007	10,5682	10,5682	10,5682	10,5682	10,5682	10,5682	9,5370	9,5370	9,5370	9,5370	9,5370	9,5370	9,5370	10,4220	10,4220	10,4220	10,4220	10,4220	10,4220	
Tranche 1D ☺	7,2352	7,2352	7,2352	7,2352	8,3535	8,3535	8,3535	8,3535	8,3535	8,3535	7,8859	7,8859	7,8859	7,8859	7,8859	8,5666	8,5666	8,5666	8,5666	8,5666	8,5666	8,0706	8,0706	8,0706	8,0706	8,0706	8,0706	8,0706	8,5910	8,5910	8,5910	8,5910	8,5910	8,5910	
Tranche 1E ☺	6,2807	6,2807	6,2807	6,2807	7,1686	7,1686	7,1686	7,1686	7,1686	7,1686	6,5049	6,5049	6,5049	6,5049	6,5049	7,1262	7,1262	7,1262	7,1262	7,1262	7,1262	6,8169	6,8169	6,8169	6,8169	6,8169	6,8169	6,8169	7,4680	7,4680	7,4680	7,4680	7,4680	7,4680	
Tranche 1F ☺	5,7795	5,7795	5,7795	5,7795	6,0369	6,0369	6,0369	6,0369	6,0369	6,0369	5,7778	5,7778	5,7778	5,7778	5,7778	5,8790	5,8790	5,8790	5,8790	5,8790	5,8790	5,9632	5,9632	5,9632	5,9632	5,9632	5,9632	5,9632	6,5880	6,5880	6,5880	6,5880	6,5880	6,5880	

**Prix KWh – Gaz : Extrait de la Base de données Pégase (Evolution annuelle du prix de l'énergie).**

Pégase – Gaz naturel, prix pour une entreprise selon l'enquête d'Eurostat, en euros hors TVA (01/2007-06/2021) ☺

AUTRE :	Unités - données																																					
Période ☺																																						
Libellé ☺	janv-07	févr-07	mars-07	avr-07	mai-07	juin-07	juil-07	août-07	sept-07	oct-07	nov-07	déc-07	janv-08	févr-08	mars-08	avr-08	mai-08	juin-08	juil-08	août-08	sept-08	oct-08	nov-08	déc-08	janv-09	févr-09	mars-09	avr-09	mai-09	juin-09	juil-09	août-09	sept-09	oct-09	nov-09	déc-09	janv-10	
Toutes tranches ☺	3,0684	3,0684	3,0684	3,0684	3,0684	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004	3,1004
Tranche 11 ☺	3,6800	3,6800	3,6800	3,6800	3,6800	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234	4,1234
Tranche 12 ☺	3,4352	3,4352	3,4352	3,4352	3,4352	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608	3,4608
Tranche 13 ☺	2,9946	2,9946	2,9946	2,9946	2,9946	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625	3,0625
Tranche 14 ☺	2,6408	2,6408	2,6408	2,6408	2,6408	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389	2,7389
Tranche 15 ☺	2,4168	2,4168	2,4168	2,4168	2,4168	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678	2,5678

### b) LE BILAN CARBONE DES PRINCIPALES FILIERES ENERGETIQUES

✓ **Contenu des énergies en kg équivalent CO2 par kWh PCI d'énergie finale – Source ADEME**

Électricité, usage chauffage *	0,079
Électricité, autres usages *	0,064
Électricité d'origine renouvelable utilisé en autoconsommation	0
Gaz méthane (naturel) issu des réseaux	0,227
Gaz butane ou propane	0,273
Fioul domestique	0,324
Charbon (anthracite)	0,387
Bois, biomasse - Plaquettes forestières (25% humidité)	0,0244
Bois, biomasse - Granulés (pellets) ou briquettes (8 % humidité)	0,0304
Bois, biomasse - Buche (20 % humidité)	0,0295
Autres combustibles fossiles	0,324
Réseaux de chaleur	Valeur fixée dans l'arrêté annuel modifiant l'annexe 7 de l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au DPE