

**Aménagement de la zone d'activités économiques de Wallon-Cappel**  
**Etude de faisabilité sur le potentiel de développement en**  
**énergies renouvelables**





# Préambule

Le présent document recense les sources d'approvisionnement en énergie dans le cadre de l'aménagement d'un parc d'activité porté par la Communauté d'Agglomération de Cœur Flandre Agglo sur la commune de Wallon-Cappel (Nord 59).

Les sources étudiées sont celles indiquées dans l'Arrêté du 30 octobre 2013 modifiant l'arrêté du 18 décembre 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants en France Métropolitaine.

Nous présenterons dans le présent rapport l'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables du Lotissement d'activités – commune de Wallon-Cappel. Il s'agit d'une étude réglementaire qui permet d'anticiper et de poser les choix énergétiques possibles de la future ZAE ainsi que de permettre aux décideurs de mieux comprendre le maillage énergétique du territoire présent. Au regard du contexte local, des potentialités du site (vent, ensoleillement...) et des besoins identifiés, mais également des sources déjà présentes à proximité, différentes technologies d'énergies renouvelables ont été étudiées selon des critères techniques, économiques, environnementaux et juridiques dans le but d'alimenter en énergie l'ensemble des bâtiments.

Les objectifs généraux de cette étude sont alors :

- Identifier et recenser les sources énergétiques renouvelables mobilisables
- Donner au maître d'ouvrage une vision globale du potentiel énergétique du site
- Etablir les perspectives potentielles de développement et de maîtrise de l'énergie

# SOMMAIRE



## Table des matières

<b>Etude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables</b>	<b>1</b>	
<b>Préambule</b>	<b>2</b>	
<b>1 PrésentationN du site</b>	<b>6</b>	
1.1 Implantaion		7
1.1.1 Etat existant	7	
1.1.2 Etat projeté	8	
1.2 Contexte climatologique du site		10
1.3 Contexte local		12
<b>2 Synthèse des attentes et résultats</b>	<b>13</b>	
2.1 Contraintes locales		14
2.2 Ressource énergétiques		14
2.3 Faisabilité technique et environnementale		17
<b>3 Contexte réglementaire</b>	<b>18</b>	
3.1 Conexte réglementaire		19

# SOMMAIRE



3.1.1 Textes de référence	19	
3.1.2 Objectif du dispositif des études de faisabilité du potentiel energies renouvelables	19	
3.1.3 Systèmes à étudier	20	
<b>3.2 Stratégies, plans et programmes relatifs aux énergies renouvelables</b>		<b>20</b>
<b>3.3 Labels et certifications</b>		<b>30</b>
<b>4 Analyse des potentiels énergétiques</b>	<b>31</b>	
<b>4.1 Systèmes solaires</b>		<b>32</b>
4.1.1 Cadastre solaire	33	
4.1.2 Photovoltaïque	34	
4.1.3 Solaire thermique	39	
4.1.4 Conclusions	40	
<b>4.2 Systèmes de chauffage bois ou biomasse</b>		<b>41</b>
4.2.1 Fonctionnement	42	
4.2.2 Financement et cycle de vie	43	
<b>4.3 systèmes eolien</b>		<b>45</b>
4.3.1 Financement et cycle de vie	46	
<b>4.4 Raccordement a un réseau de chauffage ou refroidissement</b>		<b>47</b>
<b>4.5 Aerothermie</b>		<b>49</b>
4.5.1 Pompe à chaleur aérothermie	49	
4.5.2 Implantation	49	

# SOMMAIRE



4.5.3 Financement et cycle de vie	49	
<b>4.6 Géothermie</b>		<b>50</b>
4.6.1 Pompes à chaleur géothermique	50	
4.6.2 Conclusion	53	
<b>4.7 Réseau de gaz</b>		<b>54</b>
<b>4.8 Electricité</b>		<b>55</b>
<b>4.9 Autres sources énergétiques disponibles sur la zone</b>		<b>57</b>

# **1** **PRESENTATION DU SITE**

# 1.1 IMPLANTAION

## 1.1.1 ETAT EXISTANT

La zone d'étude est située au nord-est de la commune de Wallon-Cappel, elle s'implante sur une terre agricole entourée du tissu urbain du village. Elle est limitée au sud par des habitations et au nord par la route départementale n°642.

Wallon-Cappel est une commune située dans le département du Nord (59) à environ 3 km à l'ouest de la ville d'Hazebrouck. Wallon-Cappel fait partie de l'Agglomération Cœur de Flandre Agglo qui comptait en 2021, 102 489 habitants pour une superficie de 630,4 km<sup>2</sup>, ce qui représente une densité de 162,6 hab/km<sup>2</sup>.

L'opération consiste en l'aménagement d'une zone d'activité artisanale sur un site de 4,6 hectares et le découpage prévu par la maîtrise d'œuvre est de 12 lots allant d'une surface de 1 129 à 2 383 m<sup>2</sup>.

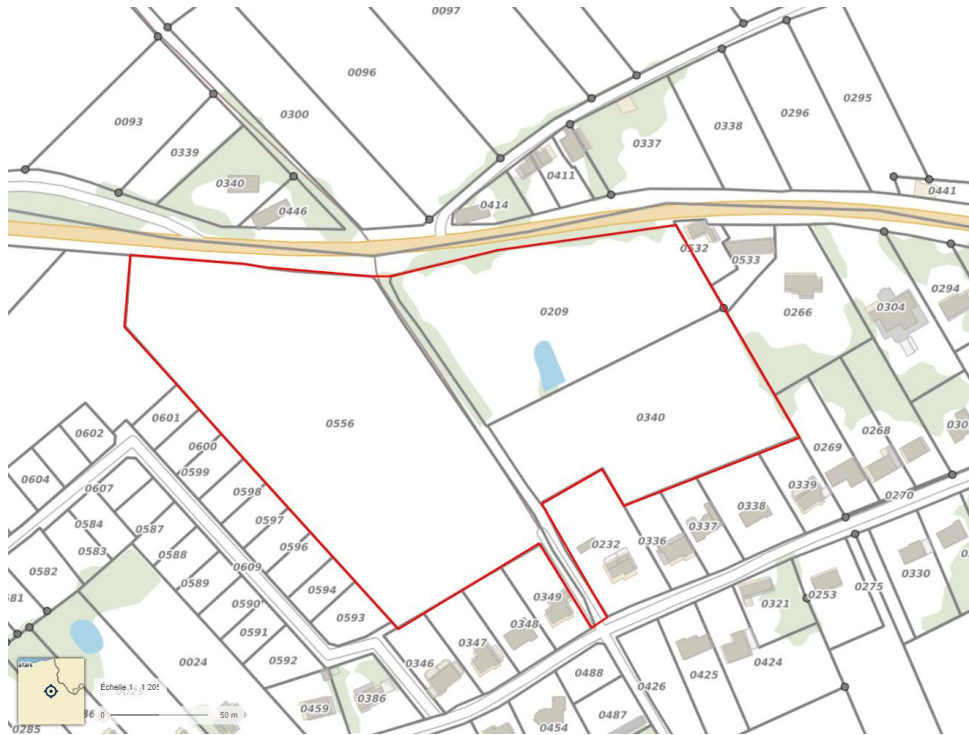
### Localisation du projet



Source : Géoportail



## Cadastres (source : Géoportail)



### 1.1.2 ETAT PROJETE

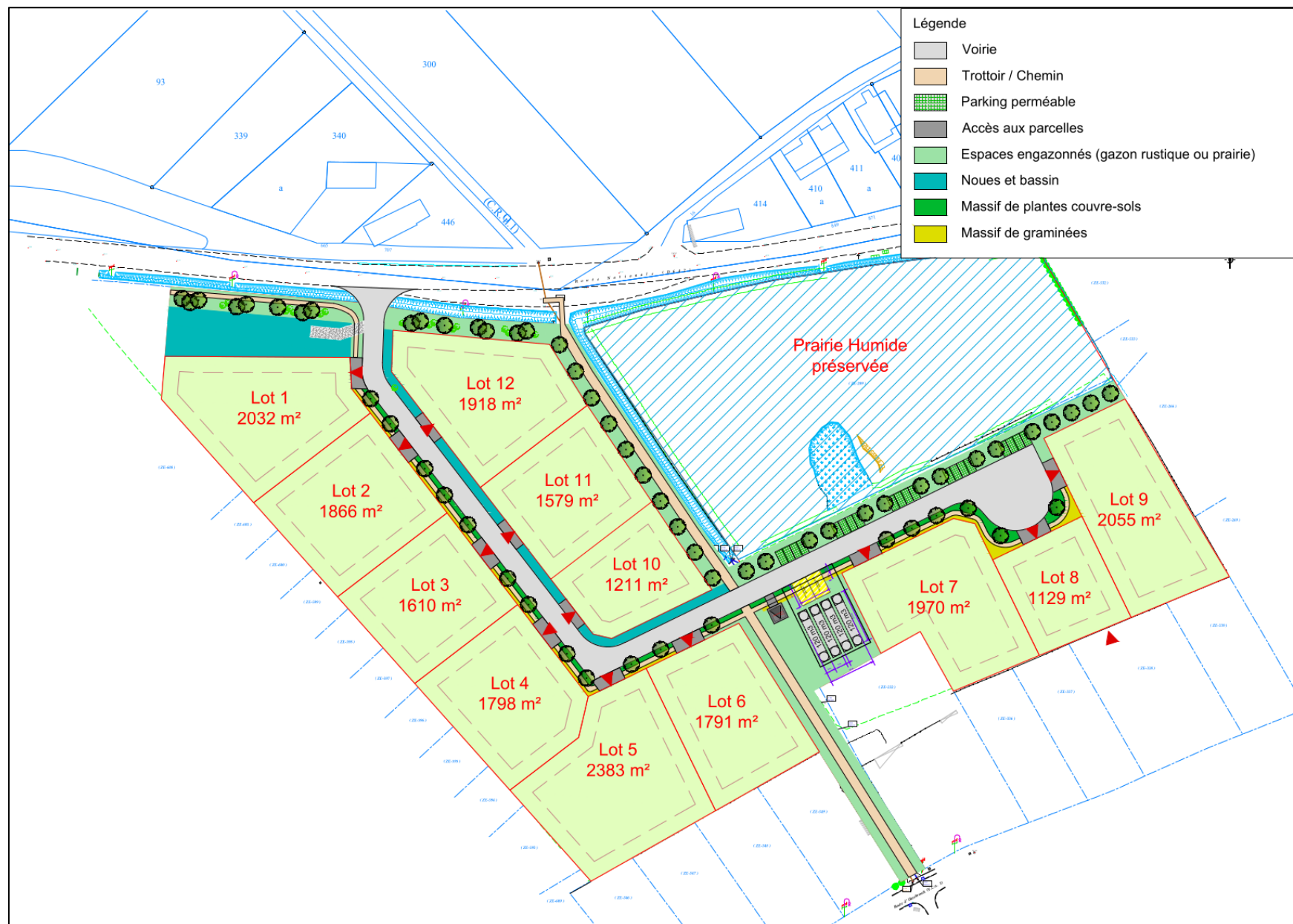
Aménagement de 12 lots sur 21 342 m<sup>2</sup> allant de 1 100 m<sup>2</sup> à 2 400 m<sup>2</sup> avec une voie d'accès se terminant par une seule aire de retournement. Il permet une capacité de stationnement de 20 places visiteurs.

Le projet prévoit également des aménagements paysagers qui s'inspirent du patrimoine arboré existant avec la préservation de la prairie humide. Une liaison douce traversante assurant une continuité piétonne.

Enfin sont prévus les aménagements nécessaires à la gestion des eaux pluviales et usées, l'installation d'un poste électrique, de citernes enterrées pour la défense incendie ainsi que des places pour le SDIS.



## Esquisse du scénario retenu (Verdi MOE)



## 1.2 CONTEXTE CLIMATOLOGIQUE DU SITE

Le département du Nord bénéficie d'un climat de type océanique, en particulier près des côtes, où les amplitudes thermiques sont faibles, les hivers doux, les étés frais et les jours de gelée et de neige peu nombreux. A l'intérieur des terres, les précipitations se répartissent tout au long de l'année. La moyenne des températures annuelles est d'environ 11°C. Également, on observe que les zones de relief sont relativement arrosées alors que certaines régions de plaines sont assez sèches. Le climat dans cette région est classé climat, tempéré chaud, sans saison sèche et tempéré (climat CFB).

Les vents dominants soufflent dans une direction depuis l'Ouest et le Sud-Ouest. Ils s'accompagnent d'une chute de la pression atmosphérique et apportent la tiédeur et l'humidité marine.

Les précipitations annuelles sur Wallon-Cappel s'élèvent à 1 021 mm en 2023 selon les relevés météorologiques, contre une moyenne nationale de 842 mm de précipitations (<https://www.infoclimat.fr>).

La commune de Wallon-Cappel est située en Flandres Intérieure. C'est une zone légèrement vallonnée. Avec une altitude comprise entre 28 et 72 mNGF sur l'emprise de la commune.

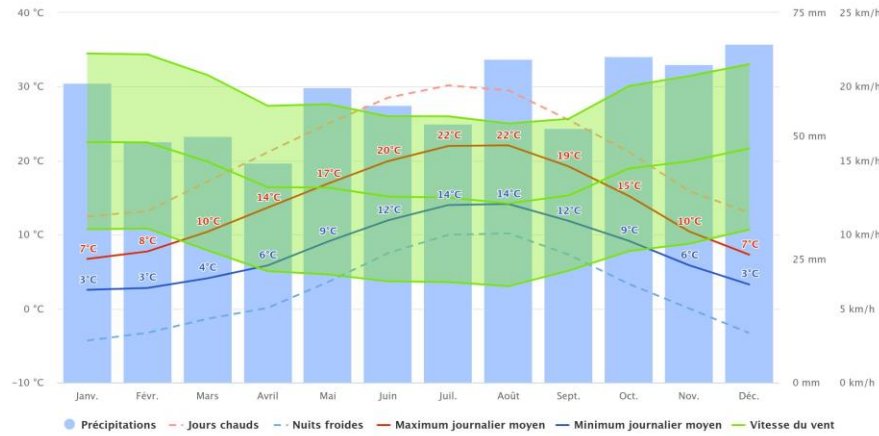
Le mois qui bénéficie du plus grand nombre d'heures d'ensoleillement quotidien est juillet avec une moyenne de 9,5 heures d'ensoleillement. Au total, il y a 294,52 heures d'ensoleillement en juillet. Le mois qui connaît le moins d'heures d'ensoleillement par jour est janvier. La durée moyenne d'ensoleillement pendant cette période s'élève à environ 3,32 heures par jour, ce qui donne un total de 102,95 heures d'ensoleillement sur l'ensemble du mois.

À Wallon-Cappel, le soleil brille en moyenne 2303,08 heures par an, ce qui représente 75,57 heures d'ensoleillement par mois.

## Conditions climatiques à Wallon-Cappel (meteoblue.com)

Wallon-Cappel

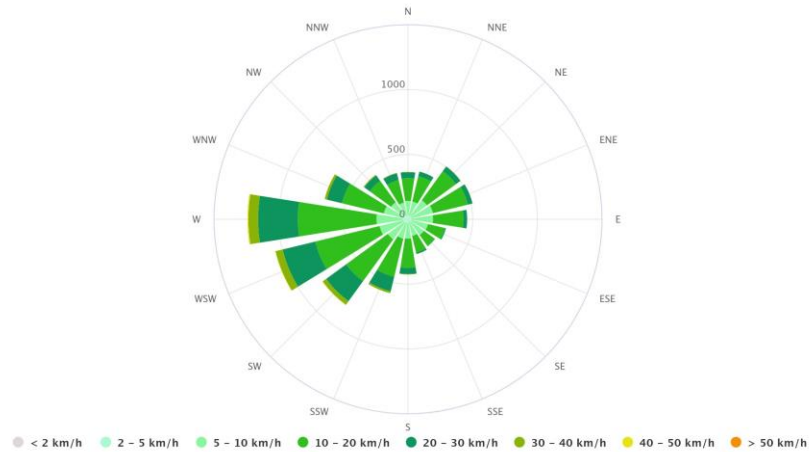
50.73°N, 2.47°E (54 m snm).  
Modèle: ERA5T.



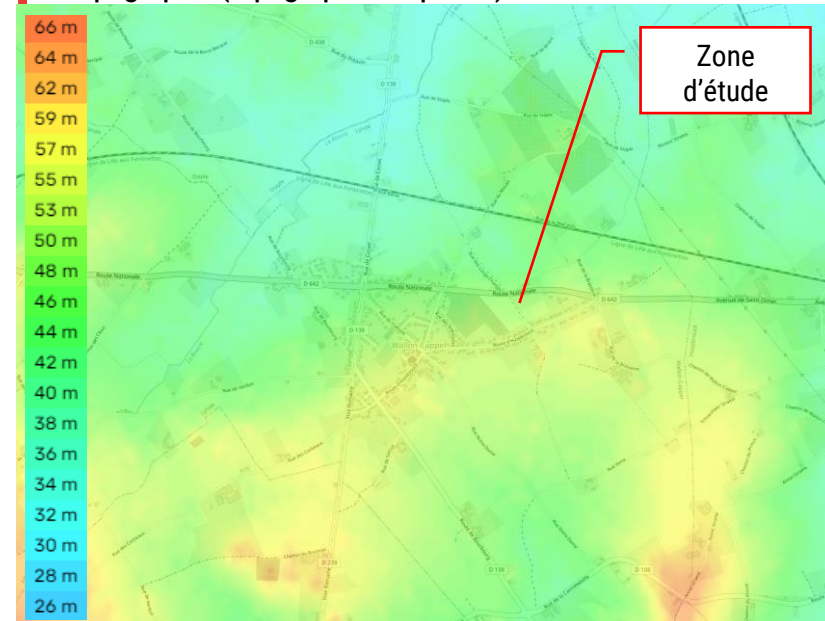
## Vents dominants sur Wallon-Cappel (meteoblue.com)

Wallon-Cappel

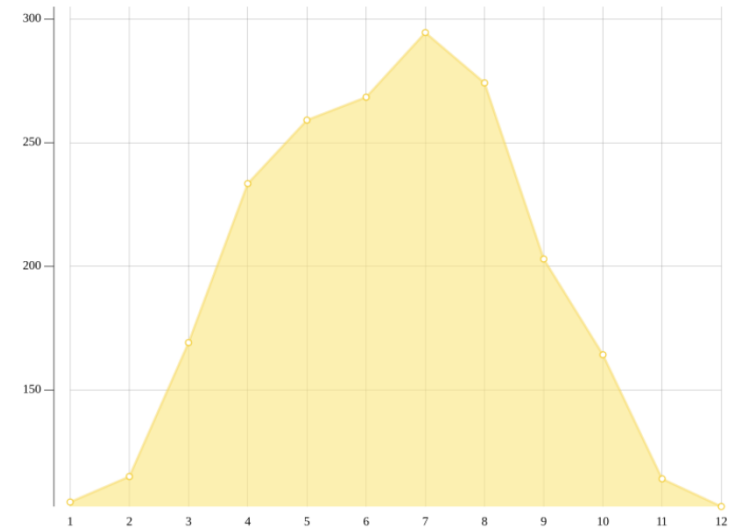
50.73°N, 2.47°E (54 m snm).  
Modèle: ERA5T.



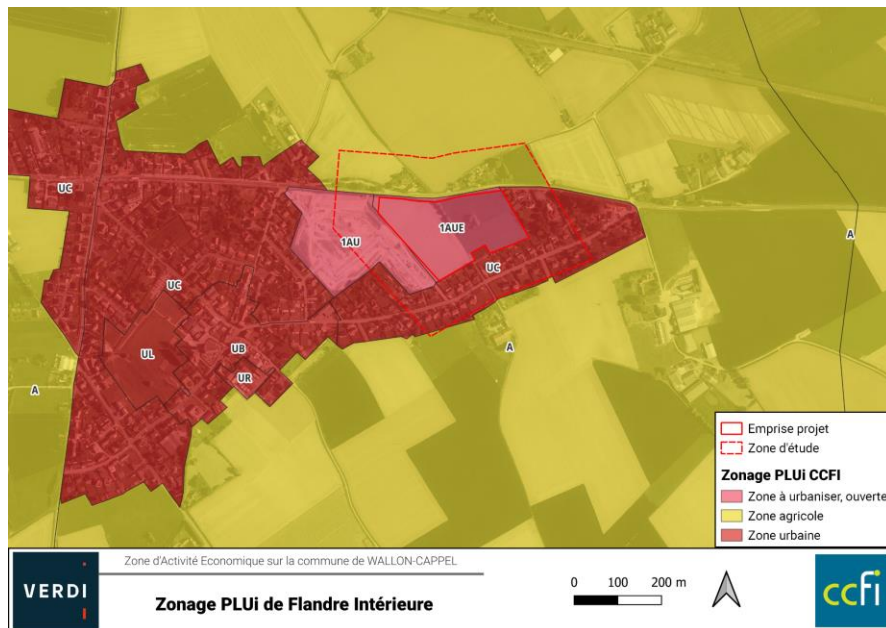
## Topographie (topographic-map.com)



## Nombre total d'heures d'ensoleillement par mois à Wallon-Cappel (climate-data.org)



## 1.3 CONTEXTE LOCAL



La commune de Wallon-Cappel est soumise au Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi) de Flandre Intérieure.

Le projet est concerné par la **Zone 1AUE : Zone à urbaniser spécifique, dédiée aux commerce et activités d'intérêt collectif et de services publics, aux activités de bureau et aux activités du secteur tertiaire et secondaire.**

Ci-dessous divers points du règlement impactant la zone et plus particulièrement les approvisionnements énergétiques.

Volumétrie et implantation des bâtiments :

- L'emprise au sol ne doit pas dépasser les 70 % par rapport à la superficie totale de l'unité foncière.
- Implantation du bâti réglementé : 20 m de la RD642, 6 m de la voie publique, 5 m de la limite de zone et 3 en limite de terrain.

Eléments techniques des constructions :

- Les coffrets de distribution d'électricité et de gaz des nouvelles constructions devront adapter leur teinte et leur emplacement.
- Les équipements et installations liés à la distribution d'énergie, télécommunication doivent s'harmoniser aux constructions environnantes (couleur et choix des matériaux).

Réseaux électriques, téléphoniques et télédiffusion :

- Les branchements des réseaux électriques et de télécommunication doivent être enterrés dans le cadre de toute nouvelle opération d'aménagement ainsi que lorsque les réseaux existants sont souterrains.

Adaptations liées à la mise en œuvre de programmes architecturaux bioclimatiques :

- Toitures terrasses ou à faible pente autorisées.
- L'intégration en façade de ces dispositifs est également autorisée (capteur solaire, photovoltaïque...)

Le site fait également l'objet d'une Orientation d'Aménagement et de Programmation (OAP) qui décrit les principes d'aménagement suivant en termes d'énergie :

« Il conviendra d'étudier la possibilité de recours à **des dispositifs de géothermie sur sonde, et de panneaux solaires**. Dans le cas de création de locaux d'activités tertiaires, **l'installation de pompes à chaleur géothermiques** pourrait répondre aux besoins de chauffage en hiver et de rafraîchissement en été. »

## **2** **SYNTHESE DES ATTENTES ET RESULTATS**

## 2.1 CONTRAINTES LOCALES

	Impact sur le projet	Commentaire
Le fond géologique est composé de limons reposant sur de l'argile sans particularités vis-à-vis du contexte géologique local. Le sol est toutefois en zone à risque modéré concernant l'aléa retrait-gonflement des argiles.	Faible	A prendre en compte dans la conception et la réalisation en cas de choix de la géothermie
Implantation du bâti réglementé et emprise au sol limitée	Modéré	Des dérogations sont admises (PLUi Cœur de Flandre Agglo) vis-à-vis des voies et/ou des limites séparatives ainsi que des implantations, pour les opérations d'ensemble favorisant la conception bioclimatique des bâtiments (implantation nord/sud, énergies renouvelables...) à condition que l'adaptation des règles d'implantation soit rendue nécessaire pour mettre en œuvre la conception bioclimatique du projet.
Les branchements des réseaux électriques et de télécommunication doivent être enterrés dans le cadre de toute nouvelle opération d'aménagement ainsi que lorsque les réseaux existants sont souterrains.	Fort	Le coût d'enfouissement des réseaux peut être élevé en fonction des réseaux à mettre en œuvre. Traitement particulier des réseaux suivant le type d'énergie transporté (isolation pour diminution des pertes)

## 2.2 RESSOURCE ENERGETIQUES

### Géothermie

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Coûts d'études et d'investissement élevés
Potentiel fort de la ressource	Potentiel sur site non établi à ce jour
Projet concerné par la nappe de la Craie de l'Artois et de la vallée de la Lys, identifiée comme un aquifère de chaleur	Exposition au risque de retrait – gonflement des argiles
Ressource réversible	Efficacité conditionnée par la nature de la ressource (sous-sol ou nappes), son accessibilité en profondeur et sur site et le type de bâtiment (existant, nouveau, résidentiel, tertiaire, collectif, etc.)
Emission de GES faible : Rejets en CO <sub>2</sub> 10 fois moins élevés que ceux d'une centrale au gaz naturel	La chaleur captée par géothermie ne peut être utilisée que sur site ou à une certaine distance, distribuée par réseaux de chaleur
Coefficient de performance énergétique (COP) moyen plus élevé que pour les pompes à chaleur (PAC) aérothermiques	/
Aides financières possibles (fonds de chaleur ADEME)	
Installation présentant des coûts moindres qu'un chauffage traditionnel	

## Solaire Photovoltaïque

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Entretien à anticiper (accès en toiture, traitement des façades, fréquence, etc.)
Gisement présent et à haut potentiel suivant les orientations existantes ou à créer	Sécurité incendie : examen spécial en commission de sécurité à la phase de conception (article GE 2)
Panneaux pouvant être intégrés en toiture et ou en façade, n'occupe pas de place au sol	Investissements initiaux importants et retour sur investissement qui peut sembler long 10 – 15 ans
Système souple s'adaptant aux besoins : revente ou autoconsommation	Ne couvre qu'une partie de la demande → ne peut être la ressource principale
Matériau recyclable : entre 95 et 99% des pour la plupart des constructeurs (y compris hors Europe)	Variations climatiques et énergie intermittente, il faut penser à un système d'appoint ou de stockage
Aides financières possibles (aide régionale, prime autoconsommation...)	

## Production d'ECS (eau chaude sanitaire) solaire

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Besoins limités pour une zone d'activité
Plus haut rendement que le photovoltaïque	Entretien à anticiper plus important que le photovoltaïque (accès en toiture, fréquence, etc.)
Utilisation sur la toiture, n'occupe pas de place au sol	Si production collective nécessite d'une surface spécifique pour le volume de stockage, la régulation – gestion, la panoplie hydraulique, etc.
/	Limitation de la distance entre le point de production / point de stockage / point de puisage

## Système de bois ou biomasse

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Investissement élevé
Ressource importante et gérée de façon durable	Emprise nécessaire à la chaufferie importante sur la parcelle (voies de circulation, chaufferie, silo, etc.)
Coût de chaleur faible	Difficilement rentable pour des projets avec une intermittence forte
Emissions de GES (gaz à effet de Serre) réduites	Entretien et maintenance
Ressource forestière participant à la captation de CO <sub>2</sub> (dioxyde de carbone)	Emissions atmosphériques de particules fines
Aides financières possibles (Fonds chaleur de l'ADEME)	/
0,6kWh (kilowattheure) d'énergie primaire = 1 kWh d'énergie final avec label BBC « Bâtiment Basse Consommation - Énergétique » Effinergie	
Energie grise très faible due aux faibles procédés de transformation, d'extraction et au faible transport	



**Système éolien**

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Peuvent-être considérés comme une source de nuisances visuelles et sonores
Ressource présente sur la parcelle	Ne peut être considérée que comme une ressource énergétique d'appoint
Peu d'entretien	Nécessite une étude de vent spécifique à l'échelle de la zone d'étude
Temps de retour sur énergie le plus faible de toutes les énergies	Energie intermittente, nécessite d'autres sources énergétiques
/	L'Etat ne subventionne plus et temps de retour sur investissement long

**Raccordement à un réseau de chaleur**

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables Equipement non existant	Energies renouvelables
Production mutualisée d'énergie	Réseau entièrement à créer entre la chaufferie et la parcelle
Peu d'entretien	Distance peu propice pour y passer des conduits de chaleur
Coût du kWh peu élevé à l'utilisation	Coût de raccordement au réseau élevé
Emission de GES faible	Nécessite la création d'une sous-station, donc occupe du foncier

**Aérothermie**

Avantages	Inconvénients
Système réversible	Diminution des performances et du coefficient de performance en hiver lorsque la température extérieure devient trop froide
Ressource énergétique présente partout dans l'air	Nécessité d'un appoint (chauffage), car l'apport existe, mais demeure faible
Système adaptable à un système de chauffage central préexistant et à une ventilation mécanique contrôlée (VMC)	/
Aides financières possibles	/

**Réseau gaz**

Avantages	Inconvénients
Possibilité de créer une production mutualisée pour la totalité des bâtiments existants ou à créer	Energie non renouvelable
Système facilement évolutif	Emissions de GES importantes
Investissement maîtrisé	Energie fossile
Réseau existant sur la parcelle	Prix de revient de l'énergie fluctuant

**Electricité**

Avantages	Inconvénients
Disponible sur la zone	Provient dans 2/3 des cas du nucléaire -> production de déchets radioactifs
Souplesse d'utilisation	Coût de l'énergie en constante hausse
Possibilité de provenir d'une énergie durable, ...	Rapport Energie primaire/Energie finale obligeant à consommer davantage que ce qu'on utilise réellement

## 2.3 FAISABILITE TECHNIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

**Rappel : Dans notre étude, nous considérerons que les systèmes énergétiques mis en œuvre dans le cadre du réaménagement seront regroupés dans un bâtiment technique desservant la totalité du site.**

Ressource	Energie renouvelable	Emission de GES	Présente et utilisable sur le site	Contrainte d'implantation	Pertinence
Géothermie	OUI	FAIBLE	OUI (à confirmer)	Potentiel présent sur la zone à confirmer	OUI
Solaire photovoltaïque ECS solaire Charge supplémentaire en toiture des bâtiments	OUI	FAIBLE	OUI	Prise en compte des ombres portées Intégration à l'architecture du bâtiment	OUI pour le photovoltaïque MOYENNE pour l'ECS solaire (besoins limités pour des bureaux ou des commerces)
Bois	OUI	FAIBLE	Non présente sur site mais envisageable	Création d'une chaufferie diminution de l'emprise foncière Coût environnementale de livraison du combustible non neutre	MOYENNE
Eolien	OUI	FAIBLE	Zone non favorable	Intégration à l'architecture Energie d'appoint uniquement Production difficilement quantifiable	NON
Réseau de chaleur	OUI	DEPEND DE LA SOURCE	Non présente sur site	Réseau non existant, ou à créer depuis la plateforme biomasse d'Hazebrouck	NON
Aérothermie	OUI	MOYEN	OUI	Apport existant mais demeure faible (chauffage)	OUI (uniquement en appoint)
Gaz	NON	FORTE	OUI	/	OUI
Electricité	NON	MOYEN	OUI	/	OUI

# 3

## CONTEXTE REGLEMENTAIRE

## 3.1 CONEXTE REGLEMENTAIRE

### 3.1.1 TEXTES DE REFERENCE

- L'article L300-1 du code de l'urbanisme précise :

« Toute action ou opération d'aménagement 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, en particulier sur l'opportunité de création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération »

### 3.1.2 OBJECTIF DU DISPOSITIF DES ETUDES DE FAISABILITE DU POTENTIEL ENERGIES RENOUVELABLES

L'article L300-1 du code de l'urbanisme prévoit que toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact environnemental doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables (EnR) de la zone.

Les démarches visant à encourager le développement des énergies renouvelables répondent à deux objectifs principaux à l'échelle mondiale :

- Lutter contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre issues de ressources non renouvelables ;
- Tendre vers une autonomie énergétique qui se passerait des énergies fossiles.

Conformément à l'article, le présent document a pour objectif de dresser un état initial des potentiels de développement des énergies renouvelables de la futur zone d'activité. Il définit notamment les possibilités d'implantation de système centralisé permettant de fournir l'énergie nécessaire aux bâtiments à travers de réseaux de chaleur par exemple.

En effet, l'évolution culturelle et réglementaire impose la réalisation de bâtiments de plus en plus performants (approche bioclimatique, meilleure isolation utilisation d'équipements performants et d'énergies renouvelables) afin de limiter globalement l'impact du secteur du bâtiment sur l'appauvrissement des ressources fossiles et sur le dérèglement climatique.

### 3.1.3 SYSTEMES A ETUDIER

- Les systèmes solaires thermiques ;
- Les systèmes solaires photovoltaïques ;
- Les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse ;
- Les systèmes éoliens ;
- Le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif à plusieurs bâtiments ou urbain ;
- Les pompes à chaleur géothermiques ;
- Les autres types de pompes à chaleur ;
- Les chaudières à condensation ;
- Les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité.

## 3.2 STRATEGIES, PLANS ET PROGRAMMES RELATIFS AUX ENERGIES RENOUVELABLES

Cette étude s'inscrit dans le cadre de stratégies, plans et programmes en lien avec les énergies renouvelables, tels que le Schéma Régional Climat Air Energie

(SRCAE) ou encore le Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET). Nous rappellerons ici les objectifs relatifs à l'énergie présentés dans ces documents afin de replacer l'étude dans le contexte réglementaire actuel et dans le cadre des orientations relatives au développement des énergies renouvelables sur le territoire français. La présentation de ces documents suit une logique d'échelle allant du niveau national à l'échelon local :

- ▶ Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) ;
- ▶ Programmation Pluriannuelle de l'Énergie ;
- ▶ Plan National d'Adaptation au Changement Climatique ;
- ▶ Plan de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques ;
- ▶ Stratégie Nationale de Transition Écologique vers un développement durable ;
- ▶ Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) ;
- ▶ Schéma Régional Biomasse ;
- ▶ Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables ;
- ▶ Plan climat air énergie territorial (PCAET) de Cœur Flandre Agglo (déposé, consultations administratives en cours)

**Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)**

Les documents tels que les PCAET doivent prendre en compte la Stratégie Nationale Bas-Carbone.

Introduite par la Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV), La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Elle définit une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050 et fixe des objectifs à court-moyen termes : les budgets carbone. Elle a deux ambitions : atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 et réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français. Les décideurs publics, à l'échelle nationale comme territoriale, doivent la prendre en compte.

Adoptée pour la première fois en 2015, la SNBC a été révisée en 2018-2019, en visant d'atteindre la neutralité carbone en 2050 (ambition rehaussée par rapport à la première SNBC qui visait le facteur 4, soit une réduction de 75 % de ses émissions GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990). Ce projet de SNBC révisée a fait l'objet d'une consultation du public du 20 janvier au 19 février 2020. La nouvelle version de la SNBC et les budgets carbone pour les périodes 2019-2023, 2024-2028 et 2029-2033 ont été adoptés par décret le 21 avril 2020.

Les enjeux et objectifs de la SNBC sont déclinés de façon sectorielle, il peut être mis en lumière les secteurs suivants :

- *La production d'énergie :*

Atténuer les pointes de consommation électrique saisonnières et journalières, afin de limiter le recours aux moyens de production carbonés ;

Accélérer les gains d'efficacité énergétique, en focalisant en priorité les efforts sur les sources carbonées ;

Éviter les investissements dans de nouveaux moyens thermiques à combustible fossile, qui seraient inutiles à moyen-terme compte tenu de la croissance des énergies renouvelables

- Améliorer la flexibilité du système sans augmenter les émissions pour l'intégration des EnR en développant la capacité de flexibilité de la filière hydraulique, les réseaux intelligents et le stockage [...] ;
- Développer les réseaux de chaleur urbains et orienter la production vers la chaleur renouvelable et la récupération de chaleur fatale.

- *Les déchets :*

Prévenir la production de déchets (grâce à l'écoconception, allongement de la durée de vie des produits, réparation et limitation du gaspillage alimentaire) et le réemploi ;

Augmenter la valorisation matière des déchets qui n'ont pu être évités (recyclage) ;

- Valoriser énergétiquement les déchets inévitables et non valorisables sous forme matière ;
- Faire disparaître l'incinération sans valorisation énergétique ;
- Réduire les émissions diffuses de méthane des installations de stockage des déchets non dangereux et des stations d'épuration et en particulier la part non valorisable.

- *L'urbanisme et l'aménagement du territoire :*

Stopper l'artificialisation des espaces, tout en assurant la capacité à répondre aux besoins des populations ;

Généraliser l'adaptation du système territorial existant dans une logique post-carbone :

Adapter des stratégies de développement en fonction des enjeux locaux, en privilégiant une densité élevée et structurée autour des axes de transports, des services et des emplois en zone urbaine,

Construire au sein des espaces déjà bâtis pour stopper la consommation des sols,

Optimiser les formes urbaines en fonction de la configuration locale. Dans les zones urbaines plus denses, reliées et équipées, d'autres formes urbaines peuvent être mobilisées telle que l'habitat intermédiaire ou les processus de surélévation du bâti existant.

- Penser le rôle de la nature en ville dans une vision globale incluant tous les services écosystémiques ;
- Rapprocher les secteurs résidentiels des secteurs d'emploi ;
- Repenser la mobilité, en construisant une offre de transports diversifiée, et en liant urbanisme et déplacements ;
- Reconsidérer les espaces de commerce et de grands équipements : de nombreuses installations commerciales, de logistique, aéroportuaires, portuaires restent reléguées en lisière urbaine ont donc un impact important sur l'artificialisation des sols et les déplacements.

### **Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE)**

La PPE de métropole continentale exprime les orientations et priorités d'action des pouvoirs publics pour la gestion de l'ensemble des formes d'énergie sur le territoire métropolitain continental, afin d'atteindre les objectifs de la politique énergétique définis aux articles L. 100-1, L. 100-2 et L. 100-4 du code de l'énergie.

La PPE est encadrée par les dispositions des articles L.141-1 à L.141-6 du code de l'énergie, modifiés par la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Elle remplace, sur un champ plus large et de manière intégrée, les trois documents de programmation préexistants relatifs aux investissements de production d'électricité, de production de chaleur et aux investissements dans le secteur du gaz.

La PPE comprend les volets suivants :

- La sécurité d'approvisionnement. Ce volet définit les critères de sûreté du système énergétique, notamment le critère de défaillance du système électrique ;
- L'amélioration de l'efficacité énergétique et la baisse de la consommation d'énergie primaire, en particulier fossile ;
- Le développement de l'exploitation des énergies renouvelables et de récupération. La PPE définit en particulier les objectifs de développement des énergies renouvelables pour les différentes filières, pour l'atteinte desquels le Ministre chargé de l'énergie peut engager des appels d'offres ;
- Le développement équilibré des réseaux, du stockage, de la transformation des énergies et du pilotage de la demande d'énergie pour favoriser notamment la production locale d'énergie, le développement des réseaux intelligents et l'autoproduction ;
- La stratégie de développement de la mobilité propre ;
- La préservation du pouvoir d'achat des consommateurs et de la compétitivité des prix de l'énergie, en particulier pour les entreprises exposées à la concurrence internationale. Ce volet présente les politiques permettant de réduire le coût de l'énergie ;



- L'évaluation des besoins de compétences professionnelles dans le domaine de l'énergie et à l'adaptation des formations à ces besoins.

La programmation pluriannuelle de l'énergie couvre deux périodes successives de cinq ans. Par exception, la présente programmation porte sur deux périodes successives de respectivement trois et cinq ans, soit 2016-2018 et 2019-2023.

La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte crée d'autres documents de programmation nationaux dans le champ des politiques de la transition écologique et énergétique, qui devront s'articuler avec la PPE :

**Le plan de déploiement de l'hydrogène**, présenté le 1er juin 2018 par le ministre d'Etat, ministre de la Transition écologique et solidaire, fixe des objectifs de développement de la filière :

- Décarbonation de l'hydrogène industriel : 10 % d'ici 2023 et 20 à 40 % d'ici 2028 ;
- Développement de la mobilité hydrogène avec, notamment, le déploiement de flottes territoriales – 5 000 véhicules légers, 200 véhicules lourds (bus, camions, TER, bateaux) et la construction de 100 stations de distribution d'ici 2023, de 20 000 à 50 000 véhicules utilitaires légers, 800 à 2000 véhicules lourds et de 400 à 1000 stations à l'horizon 2028.
- Mobilisation de 100 M€ en 2019 pour permettre le déploiement de la filière hydrogène.

**La stratégie pour le développement de la mobilité propre**, qui constitue un volet annexé à la présente programmation.

**La stratégie nationale de mobilisation de la biomasse**, qui a notamment pour objectif de développer l'approvisionnement des installations de production d'énergie, comme les appareils de chauffage domestique au bois, les chaufferies collectives industrielles et tertiaires, les unités de cogénération et de production de biocarburants.

**Le plan de programmation de l'emploi et des compétences**, qui définit les besoins d'évolution en matière d'emploi et de compétence sur les territoires et dans les secteurs professionnels, au regard de la transition écologique et énergétique.

**La stratégie nationale de la recherche énergétique**, volet « énergie » de la stratégie nationale de recherche, qui prendra en compte les orientations définies par la SNBC et la PPE.

**Le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA)** : la politique énergétique et la PPE doivent contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction de la pollution atmosphérique définis par le PREPA.

### **Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC)**

Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC), adopté en juillet 2011, a eu pour objectif de présenter des mesures concrètes sur la période

2011-2015, pour préparer la France à faire face et à tirer parti de nouvelles conditions climatiques. Le processus de révision du plan national a été engagé en 2016 afin de définir une nouvelle politique d'adaptation nationale en conformité avec l'Accord de Paris du 12 décembre 2015.

Avec son deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC-2), la France vise une adaptation effective dès le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle à un climat régional en métropole et dans les outre-mer cohérent avec une hausse de température de +1,5 à 2 °C au niveau mondial par rapport au XIX<sup>e</sup> siècle.

Des évolutions importantes sont proposées à travers ce deuxième Plan national d'adaptation au changement climatique. Elles concernent notamment un meilleur traitement du lien entre les différentes échelles territoriales, le renforcement de l'articulation avec l'international et le trans-frontalier et la promotion des solutions fondées sur la nature.

### **Plan de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)**

Le Plan National de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA), prévu par l'article 64 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, s'inscrit dans une démarche globale d'amélioration de la qualité de l'air.

Le PREPA fixe la stratégie de l'État pour réduire les émissions de polluants atmosphériques au niveau national et respecter les exigences européennes. C'est l'un des outils de déclinaison de la politique climat-air-énergie. Il combine les différents outils de politique publique : réglementations sectorielles, mesures fiscales, incitatives, actions de sensibilisation et de mobilisation des acteurs, action d'amélioration des connaissances.

Tels que prévu par l'article 64 de la LTECV, le PRÉPA est composé :

- D'un décret fixant des objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à l'horizon 2020, 2025 et 2030 ;
- D'un arrêté établissant pour la période 2017-2021, les actions prioritaires retenues et les modalités opérationnelles pour y parvenir.

Le PRÉPA est un plan d'action interministériel, il est suivi par le Conseil national de l'air au moins une fois par an et sera révisé au moins tous les cinq ans.

### **Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET)**

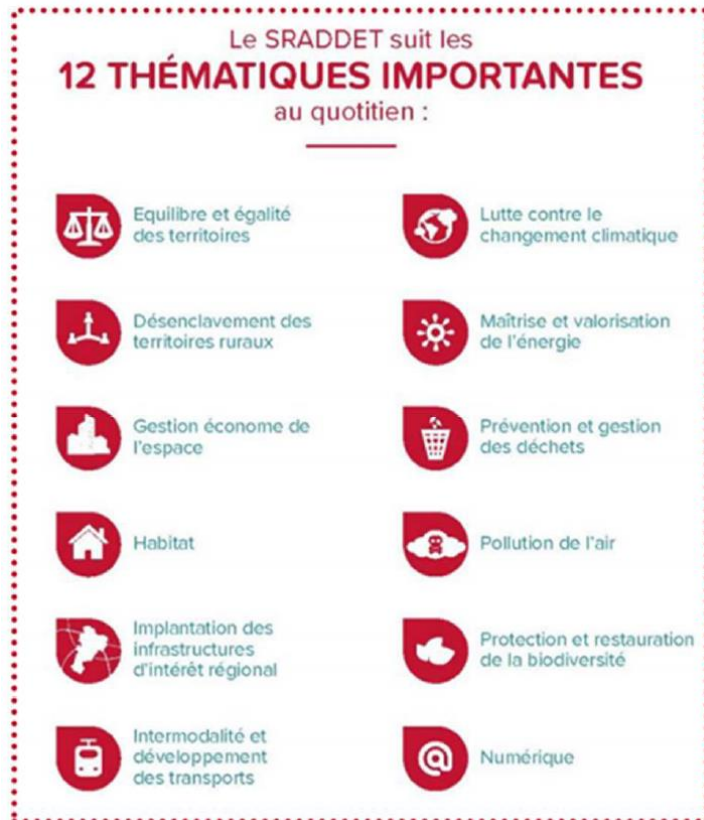
En application de la loi sur la nouvelle organisation territoriale de la République (loi NOTRe) du 7 août 2015, la région Hauts-de-France a élaboré son « Schéma

Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires » (SRADDET). Ce schéma se substitue à plusieurs schémas et plans régionaux sectoriels, et notamment le schéma régional des infrastructures de transports (SRIT), le schéma régional air, énergie et climat (SCRAE), le schéma de cohérence écologique (SRCE) et le schéma régional de l'intermodalité, et intègre le plan régional de gestion des déchets (PRPGD). Il s'agit ainsi d'un outil de simplification et de mise en cohérence des politiques sectorielles régionales.

Il définit les grandes priorités d'aménagement du territoire régional et assure la cohérence des politiques publiques concernées. L'objectif est de réduire les déséquilibres, de garantir l'égalité des chances et d'offrir de nouvelles perspectives de développement et de conditions de vie. Il s'agit dès lors d'un document transversal déterminant la stratégie régionale d'aménagement durable du territoire, à l'horizon 2040. Il a été adopté le 30 juin 2020.

Le SRADDET détermine des objectifs à moyen et long terme dans les domaines suivants :

Source : extrait du document Mieux comprendre le SRADDET



Le SRADDET définit 4 priorités :

- Bien vivre dans les territoires : se former, travailler, se loger, se soigner ;
- Consommer autrement : assurer à tous une alimentation saine et durable et produire moins de déchets ;
- Lutter contre la déprise et gagner en mobilité : se déplacer facilement et accéder aux services ;
- Protéger notre environnement naturel et notre santé : réussir la transition écologique et énergétique.

Elles se traduisent par 80 objectifs, dont certains impactent directement les politiques d'aménagement et de l'énergie :

- Objectif 19 Développer les innovations technologiques et sociales dans le domaine des systèmes intelligents de gestion de l'énergie
- Objectif 43 Réduire les consommations d'énergie et les émissions de GES aux horizons 2021, 2026, 2030 et 2050
- Objectif 49 Réduire les consommations d'énergie des et dans les bâtiments
- Objectif 51 Valoriser toutes les ressources locales pour multiplier et diversifier les unités de production d'énergie renouvelable

### **Schéma régional biomasse**

Prévu par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015, le Schéma Régional Biomasse est encadré par le décret n° 2016-1134 du 19 août 2016 relatif à la stratégie nationale de mobilisation de la biomasse et aux schémas régionaux biomasse. Ce schéma devra définir, en cohérence avec le Plan Régional Forêt Bois et du Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets, et les objectifs relatifs à l'énergie et au climat fixés par l'Union européenne, des objectifs de développement de l'énergie biomasse en identifiant notamment les possibilités de mobilisation de biomasse non identifiées à ce jour. En effet, afin de respecter les objectifs de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), il va être nécessaire d'ici 2030 de mobiliser la biomasse disponible sur l'ensemble des territoires. Ces objectifs devront tenir compte de la quantité, de la nature et de l'accessibilité des ressources disponibles ainsi que du tissu économique et industriel. Ce schéma devra aussi veiller à une bonne articulation des différents usages de la biomasse, qu'ils soient agricoles, issus de l'élevage, forestiers ou qu'ils concernent certains déchets.

Le travail d'élaboration du schéma est en cours, et regroupe les services de l'État (DREAL, DRAAF) et le conseil régional, avec l'appui de l'Ademe, du Cerema et du Cerdd. Le premier comité de pilotage s'est réuni le 27 septembre 2017, sous la coprésidence du Secrétariat Général aux Affaires Régionales et du Conseil Régional.

Le Schéma Régional Biomasse de Hauts-de-France est en cours de réalisation.

### **Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnR)**

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), promulguée le 17 août 2015, complétée par la loi Énergie et Climat du 9 novembre 2019 ainsi que par la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) fixée par décret n° 2020-456 du 21 avril 2020, ont défini des objectifs quantifiés notamment en matière de développement des énergies renouvelables : au moins 33 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie et 40 % de la production d'électricité en 2030. Ceux-ci constituent un approfondissement des engagements internationaux et européens de la France vers une transition énergétique nécessaire pour relever le défi du changement climatique.

Pour atteindre ces objectifs, les gestionnaires de réseaux électriques doivent raccorder ces nouvelles énergies vertes, décentralisées et pour la plupart intermittentes, de façon coordonnée et au meilleur coût. Pour répondre à ce besoin, le législateur a confié à la société Réseau de Transport d'Électricité (RTE) la mission de mener des études approfondies pour adapter les infrastructures de raccordement et avoir la capacité d'accueillir ces productions. En accord avec les gestionnaires de réseau de distribution, ces études sont compilées dans le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnR).

Le schéma régional de raccordement des énergies renouvelables (S3REnR) est élaboré par le gestionnaire de réseau public de transport d'électricité. Il s'agit d'un outil de planification, élaboré en concertation avec les parties prenantes et le public. Il détermine les conditions d'accueil des énergies renouvelables par le réseau électrique (ouvrages à créer ou à renforcer). Il mentionne, pour chaque poste existant ou à créer, les capacités d'accueil de production et évalue le coût prévisionnel d'établissement des capacités d'accueil de production permettant de réserver la capacité globale fixée pour le schéma.

L'élaboration de la version révisée du S3RENr prévoit plusieurs étapes préalables à la mise en œuvre du schéma :

- Consultation préalable du public ;
- Consultation des parties prenantes ;

- Proposition d'un projet de schéma ;
- Avis de l'autorité environnementale ;
- Consultation du public ;
- Approbation de la quote-part par le préfet de région.

La quote-part est la contribution financière en euros du mégawatt, due par chaque producteur d'énergie renouvelable, qui demande son raccordement au réseau électrique, permettant ainsi de financer les ouvrages de création du schéma.

Elle a été approuvée par le préfet de région le 15 janvier 2024. L'arrêté est publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de région.

### ***PCAET de Cœur Flandre Agglo***

La commune de Wallon-Cappel appartient à la communauté d'agglomération de Cœur Flandres Agglo qui identifie 4 catégories d'enjeu sur le territoire :

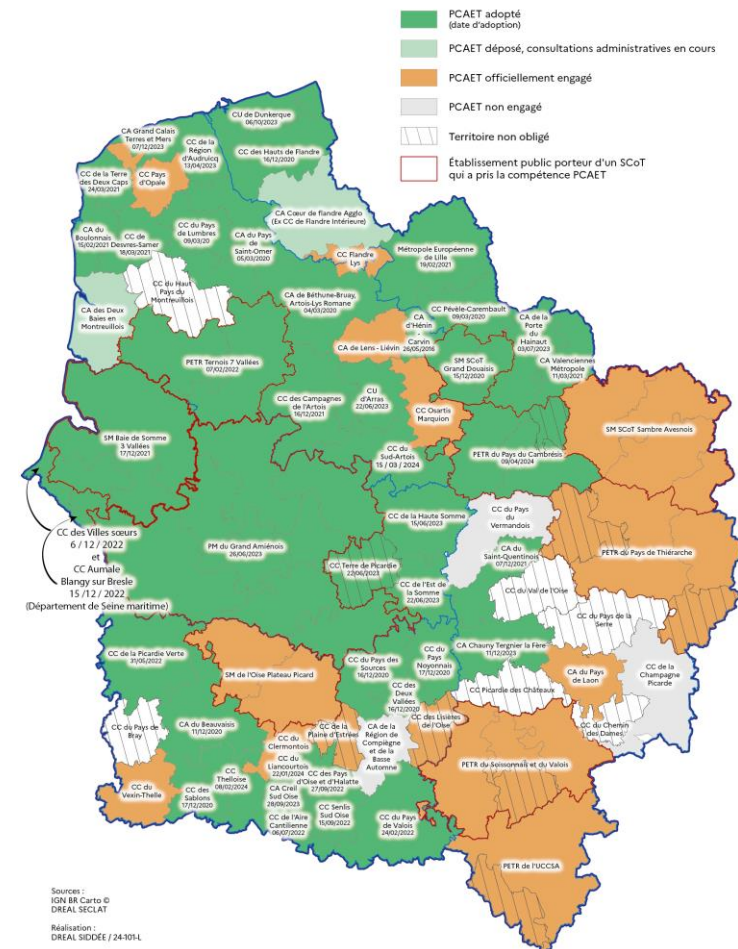
- Les enjeux du secteur résidentiel
- Les enjeux en matière de transport des personnes et des biens
- Les enjeux pour l'industrie
- Les enjeux pour l'agriculture

Le plan d'actions territorial Energie-Climat se décline en 4 axes pour répondre aux enjeux territoriaux :

- Accompagner les habitants dans la réduction de leur empreinte écologique
- Préserver les ressources naturelles et valoriser les richesses du territoire
- Engager les acteurs publics et privés dans la transition écologique
- Réduire la vulnérabilité du territoire aux risques

Le PCAET devait être apparu en 2024 à l'échelle du territoire de l'intercommunalité. Un projet de révision et d'ores et déjà engagé.

PCAET - Avancement des démarches d'élaboration  
(avril 2024)



Le tableau suivant reprend les principaux objectifs chiffrés de plans et programmes évoqués précédemment, relatifs à l'air, à l'énergie et aux transports.

PLAN & PROGRAMMES	Objectifs chiffrés
<b>Stratégie Nationale Bas-Carbone 2020</b>	<b>Energie :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>► Réduction des émissions de GES par rapport à 2015 : -33 % en 2030,</li> <li>► 2050 : décarbonation complète</li> </ul> <b>Bâtiments</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>► Réduction des émissions de GES par rapport à 2015 : -49% en 2030</li> <li>► 2050 : décarbonation complète</li> </ul> <b>Transports</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>► Réduction des émissions de GES par rapport à 2015 : -28% en 2030</li> <li>► 2050 : décarbonation complète (à l'exception du transport aérien domestique)</li> </ul>
<b>Programmation Pluriannuelle de l'Energie 2016-2023</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>► Baisse de 12,3% de la consommation finale d'énergie en 2023 par rapport à 2012</li> <li>► Baisse de 22% de la consommation primaire d'énergies fossiles en 2023 par rapport à 2012</li> <li>► Augmentation de plus de 50% d'EnR électriques installée en 2023 (pour atteindre une capacité installée de 71 à 78 GW)</li> <li>► Augmentation de plus de 50% d'EnR chaleur installée en 2023 2023 (pour atteindre une production de 19 MTep)</li> </ul>
<b>Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) 2017-2021</b>	<b>Emissions de polluants Objectifs de réduction par rapport à 2005</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>► Dioxyde de soufre : -55% à partir de 2020 ; -77% à partir de 2030</li> <li>► Oxydes d'azote (NOx) : -50% à partir de 2020 ; -69% à partir de 2030</li> <li>► COVNM : -43% à partir de 2020 ; -52% à partir de 2030</li> <li>► Ammoniac (NH3) : -4% à partir de 2020 ; -13% à partir de 2030</li> <li>► Particules fines (PM 2,5) : -27% à partir de 2020 ; -57% à partir de 2030</li> </ul>
<b>Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET) Hauts-De-France</b>	<b>Réduire les consommations d'énergie et les émissions de GES aux horizons 2021, 2026, 2030 et 2050</b> <b>Réduire les consommations d'énergie des et dans les bâtiments</b> Rénovation thermique en performance globale <b>Valoriser toutes les ressources locales pour multiplier et diversifier les unités de production d'énergie renouvelable</b>
<b>PCAET</b>	<b>4 catégories d'enjeu sur le territoire :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>► Les enjeux du secteur résidentiel</li> <li>► Les enjeux en matière de transport des personnes et des biens</li> <li>► Les enjeux pour l'industrie</li> </ul>

► Les enjeux pour l'agriculture

**4 axes pour répondre aux enjeux territoriaux :**

► Accompagner les habitants dans la réduction de leur empreinte écologique

► Préserver les ressources naturelles et valoriser les richesses du territoire

► Engager les acteurs publics et privés dans la transition écologique

► Réduire la vulnérabilité du territoire aux risques

**Tableau : Objectifs chiffrés de plans et programmes relatifs à l'énergie en Haut de France**



### 3.3 LABELS ET CERTIFICATIONS

Label/Certification	Logo	Echelle	Description
Ecoquartier		ZAC	Seule certification existante sur les quartiers, elle s'obtient dès la phase projet mais devra bénéficier d'un suivi tout au long de la vie du quartier
BBC Effinergie+		Bâtiment	Construction bas-carbone permettant de pousser la RT-2012 plus loin
Norme NF Habitat		Bâtiment	Construction et chantier plus sûr car engagement sur le respect des coûts, des délais et du respect des règles de l'art
HQE		Bâtiment	Habitat plus sain, plus sûr tout en maîtrisant les dépenses énergétiques
HPE et THPE		Bâtiment	Ce label est similaire au BBC Effinergie+ mais dispose de moins de contrainte et de points de contrôles
BEPOS et BEPOS+		Bâtiment	Construction productrice d'énergie renouvelable
Passivhaus		Bâtiment	Habitation passive ne nécessitant pas de chauffage conventionnel, les apports solaires sont suffisants pour chauffer l'intérieur
Minergie		Bâtiment	Label misant sur le confort intérieur grâce à un gros travail sur l'isolation, la ventilation et la qualité de la construction
Effinature		ZAC/Bâtiment	Certification consacrée à la biodiversité dans les projets de construction

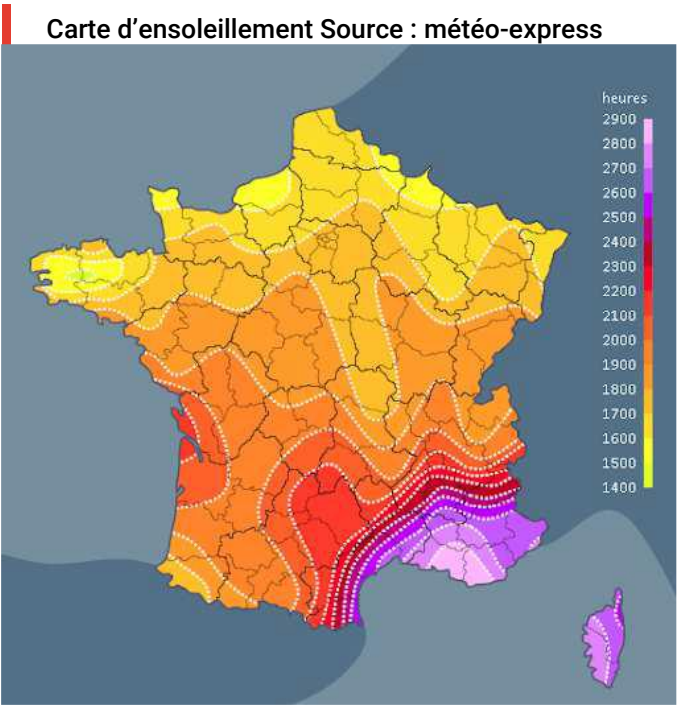
# **4** ANALYSE DES POTENTIELS ENERGETIQUES

# 4.1 SYSTEMES SOLAIRES

Bien que moins favorisée que le reste de la France, la région présente un potentiel solaire intéressant. La chaleur est un élément réduisant le rendement des panneaux solaires, c'est pourquoi les panneaux solaires installés dans la région auront un meilleur rendement que ceux installés dans des régions méridionales. Les pertes seront moins nombreuses.

Le gisement solaire est estimé entre 900 et 1400 KWh/m². C'est l'énergie annuelle que peut produire 1m² de panneau solaire en 1 an.

Selon le bilan énergétique d'EDF, la production d'énergie solaire sur le territoire de l'intercommunalité de Cœur Flandre Agglo est de 58 GWh annuel ce qui représente 36% de la production locale d'énergies renouvelables. Une estimation de la répartition potentielle indique que l'énergie solaire pourrait représenter 81% de la production locale.



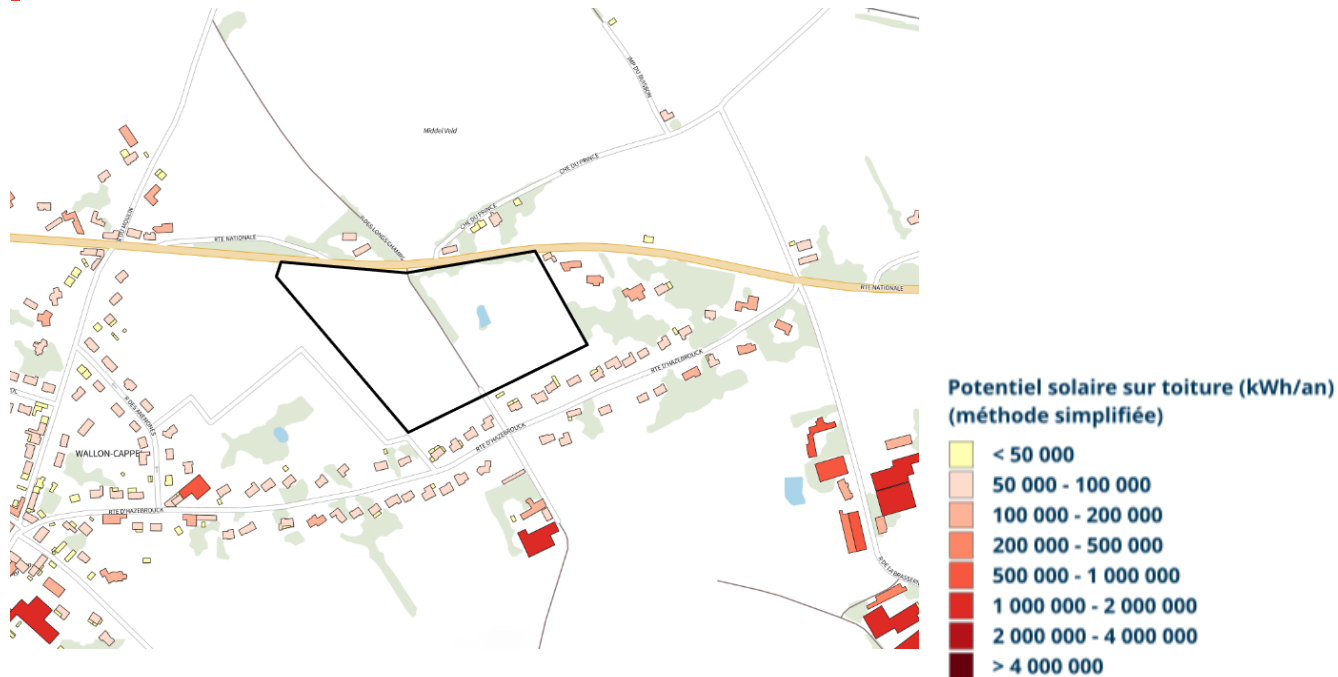
## Prix de revente (à gauche) et prime d'investissement (à droite) de l'énergie photovoltaïque

Source : Arrêté du 30 mars 2020 relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête installée inférieure ou égale à 100 kilowatts

Vente en totalité	Puissance (P+Q)	Tarifs d'achat	Vente au surplus	Puissance (P+Q)	Primes à l'investissement
Tarif Ta	$P + Q \leq 3 \text{ kWc}$	185,3 €/MWh	Prime Pa	$P + Q \leq 3 \text{ kWc}$	390 €/kWc
	$3 \text{ kWc} < P + Q \leq 9 \text{ kWc}$	157,5 €/MWh		$3 \text{ kWc} < P + Q \leq 9 \text{ kWc}$	290 €/kWc
	$P + Q > 9 \text{ kWc}$	0,0 €/MWh		$P + Q > 9 \text{ kWc}$	0 €/kWc
Tarif Tb	$9 \text{ kWc} < P + Q \leq 36 \text{ kWc}$	120,7 €/MWh	Prime Pb	$9 \text{ kWc} < P + Q \leq 36 \text{ kWc}$	180 €/kWc
	$36 \text{ kWc} < P + Q \leq 100 \text{ kWc}$	105,1 €/MWh		$36 \text{ kWc} < P + Q \leq 100 \text{ kWc}$	90 €/kWc
	$P + Q > 100 \text{ kWc}$	0,0 €/MWh		$P + Q > 100 \text{ kWc}$	0 €/kWc

## 4.1.1 CADASTRE SOLAIRE

**Potentiel solaire sur toiture (en kWh/an) (Source : macarte.ign.fr)**



Cet outil permet d'estimer le potentiel solaire thermique et photovoltaïque sur les toitures des bâtiments existants. Il a été élaboré dans le but d'accompagner la transition énergétique du territoire en encourageant à équiper les toitures de panneaux solaires photovoltaïques ou thermiques.

L'outil permet de connaître :

- Le potentiel solaire par m<sup>2</sup> des toitures
- Un estimatif du coût moyen de l'investissement de l'opération, du montant des économies escomptées, de l'énergie produite, du montant de revente et du temps de retour sur investissement

Dans notre cas les toitures plus larges que les habitations à proximité de notre zone d'étude présentent un potentiel important. Les toitures terrasses et les toitures orientées Sud peuvent être exploitées.

## 4.1.2 PHOTOVOLTAÏQUE

### 4.1.2.1 Technologie existante

Les modules solaires monocristallins : ils possèdent un meilleur rendement au m<sup>2</sup>, et sont essentiellement utilisés lorsque les espaces sont restreints.

Les modules solaires multicristallins : Ils ont un rendement moindre que le monocristallin, mais un coût inférieur (ils peuvent être fabriqués à partir de déchets de l'électronique).

Les modules solaires amorphes : ces modules possèdent un rendement inférieur par rapport à celui du cristallin, ce qui nécessite plus de surface pour la même puissance installée. Toutefois, le prix au m<sup>2</sup> installé est plus faible que pour des panneaux solaires composés de cellules.

Les modules solaires en couche mince à base d'absorbeur CdTe ou CiGS : cellules à base d'un autre matériau que le silicium (Indium, Gallium, ...), technologie récente qui pose la question de l'appauvrissement des ressources naturelles rares.

Pour des performances accrues, il est possible via un investissement supplémentaire d'installer les panneaux photovoltaïques sur des systèmes de poursuite du Soleil. Ainsi, les panneaux sont constamment orientés de façon optimale par rapport au Soleil et augmentent leurs performances d'environ 30%.

### 4.1.2.2 Financement et cycle de vie

La puissance d'un panneau solaire est exprimée en Watt-crête (Wc), unité qui définit la puissance électrique disponible aux bornes du générateur dans des conditions d'ensoleillement optimales. Un ou plusieurs onduleurs convertissent ensuite le courant continu produit en courant alternatif à 50 Hz et 220 V.

Pour une intégration simple en toiture, le coût d'investissement est d'environ 5000€/kWc. Le coût d'entretien est négligeable.

La location de toiture pour le photovoltaïque peut être un moyen de financer un investissement. Une entreprise de photovoltaïque viendra installer des panneaux solaires à ses frais et touchera les bénéfices de la vente de l'électricité. En contrepartie, l'entreprise versera un "loyer" pour la location de la toiture au propriétaire de celle-ci.

Les panneaux photovoltaïques se sont améliorés au fil du temps. Aujourd'hui, ils ont une durée de vie de 20 ans.

Les panneaux photovoltaïques mettent de 1 à 3 ans pour rembourser leur dette énergétique due à leur coût énergétique de production (5 à 6 ans en comptant le processus de recyclage), à l'utilisation, ils n'émettent pas de GES. Le recyclage d'un panneau s'effectue à 90%-95%. Les matériaux qui en sortent sont le silicium, le verre, le plastique ou les métaux comme l'aluminium ou le cuivre. On estime que les panneaux photovoltaïques évitent les émissions CO<sub>2</sub> de 95kg/MWh.

L'objectif de l'appel à projets Massifier le solaire photovoltaïque en Hauts-de-France est de soutenir et d'accélérer le développement des capacités de production d'énergies solaires photovoltaïques dans la région Hauts-de-France. La date à retenir pour les candidatures en 2024 : 14 juin

Le dispositif d'appel à projets intitulé Massifier le solaire photovoltaïque en Hauts-de-France offre une subvention pouvant couvrir jusqu'à 50 % des dépenses éligibles. Cette aide est plafonnée à 40 000 €.

#### 4.1.2.3 Implantation pour revente

L'inclinaison des panneaux est importante pour optimiser l'irradiation du rayonnement direct et diffus reçu par les capteurs. Plus la surface du panneau solaire est perpendiculaire aux rayons incidents du Soleil, meilleur sera le rendement.

Pour maximiser les gains, il faut tenir compte de l'angle d'incidence entre les toits et le Soleil. Pour le photovoltaïque en injection sur le réseau, l'optimum est, en France, est une orientation (azimut à  $0^\circ$ ) plein sud et une inclinaison à  $37^\circ$ .

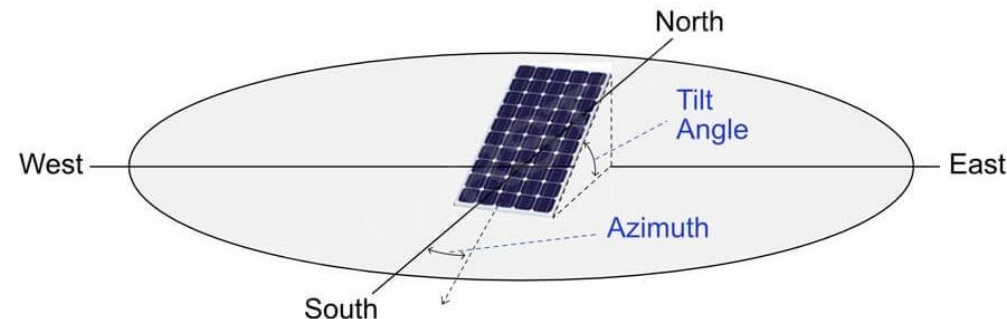
Comme l'installation est reliée au réseau, les besoins sont infinis et la production des capteurs solaires n'est donc pas limitée. L'ensoleillement maximum permet donc d'optimiser la production en favorisant une injection maximum sur le réseau. Il y aura donc une facturation de cette énergie en conséquence.

#### 4.1.2.4 Implantation pour autoconsommation

L'inclinaison optimale est généralement celle qui permet d'optimiser la production des panneaux solaires pendant le mois le moins ensoleillé. C'est aussi la période où l'on est le plus demandeur en énergie notamment avec l'éclairage et le chauffage.

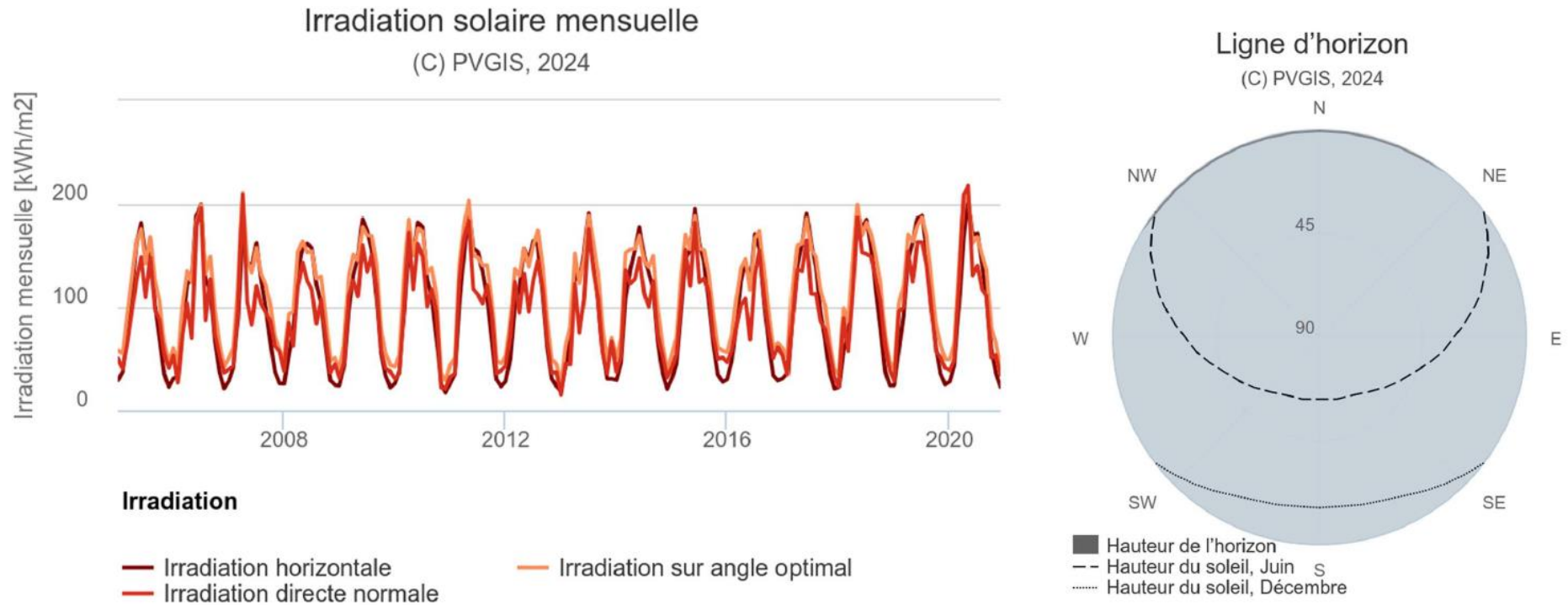
Pour maximiser les bénéfices, il faut tenir compte de l'angle d'incidence entre les toits et le Soleil. L'idée est d'avoir le Soleil le plus perpendiculaire possible aux panneaux dans la période hivernale.

Il faut ensuite penser à l'azimut du panneau solaire. Généralement, on privilégie une orientation sud (azimut  $0^\circ$ ) afin d'avoir une production équilibrée.



#### 4.1.2.5 Données mensuelles d'irradiation

Source : Union Européenne PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (PVGIS)



Les données les plus récentes couvrent jusqu'à l'année 2020 pour les données mensuelles d'irradiation.

**Irradiation horizontale :** Ce nombre est la somme mensuelle du rayonnement solaire reçu, par mètre carré, sur un plan horizontal, exprimé en kWh/m².

**Irradiation globale sur angle optimal :** Ce nombre est la somme mensuelle du rayonnement solaire reçu, par mètre carré, sur un plan orienté vers l'équateur avec un angle d'inclinaison qui permet de maximiser le rayonnement solaire reçu pendant toute l'année, exprimé en kWh/m².

D'après le simulateur du PVGIS, l'angle d'inclinaison, angle de pente, optimal est de 39°.



Mois	Irradiation horizontale kWh/m <sup>2</sup>	Irradiation globale sur angle optimal kWh/m <sup>2</sup>
Jan	28.03	49.51
Fev	43.56	65.54
Mar	100.37	134.45
Avr	166.55	199.74
Mai	205.05	209.4
Juin	170.2	161.9
Juil	171.49	167.97
Aout	141.8	150.34
Sep	108.43	136.06
Oct	58.76	79.82
Nov	36	64.72
Dec	22.71	42.64

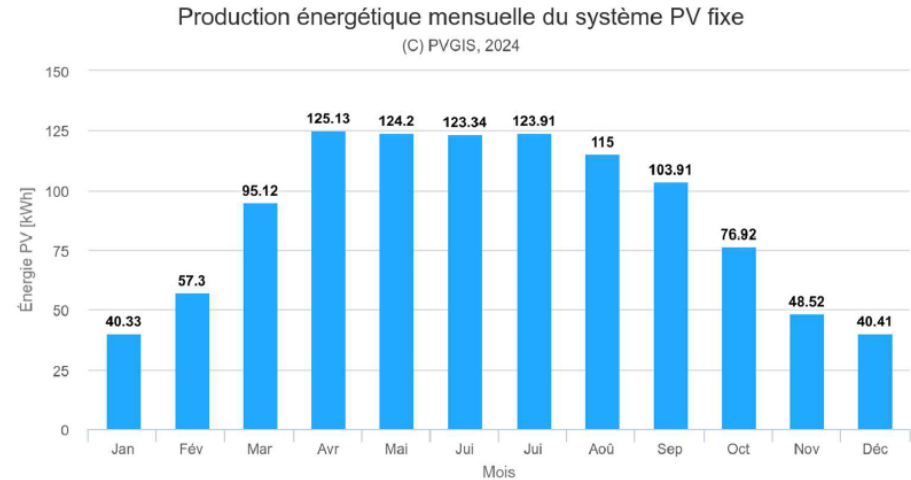
#### 4.1.2.6 Performance d'un système photovoltaïque

Le simulateur du PVGIS permet aussi d'estimer les performances d'un système photovoltaïque. Sont présentés ci-dessous les résultats pour une simulation dont les données d'entrée sont les suivantes :

- Puissance photovoltaïque installée : 1kWc,
- Perte du système \* : 14%,
- Type de panneaux photovoltaïque : Silicium cristallin,
- Type de montage : intégré au bâti,
- Inclinaison et azimuth : angles optimisés par le simulateur, respectivement 39° et -2°.

*\* Les pertes estimées du système sont toutes les pertes dans le système qui font que la puissance vraiment délivrée sur le réseau électrique soit plus bas que la puissance produite par les modules. Il y a plusieurs causes de ces pertes, comme les pertes dues au câblage, à l'onduleur, à la saleté (à la neige quelquefois) sur les modules, etc. Au fil des années la performance des modules tend à diminuer, en conséquence la puissance moyenne délivrée annuellement pendant la vie du système sera inférieure à la puissance délivrée pendant les premières années.*

Source : Union Européenne PHOTOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (PVGIS)



Production annuelle PV : 1074 kWh



Irradiation annuelle : 1376 kWh/m²

Mois	Production électrique moyenne mensuelle du système défini kWh	Déviati on standard de la production électrique mensuelle à cause de la varia- tion interannuelle kWh
Jan	40.3	8.3
Fev	57.3	14.8
Mar	95.1	16.3
Avr	125.1	17.1
Mai	124.2	18.3
Juin	123.3	15.3
Juil	123.9	11.4
Aout	115.0	11.8
Sep	103.9	7
Oct	76.9	9.6
Nov	48.5	8.1
Dec	40.4	8.8

### 4.1.3 SOLAIRE THERMIQUE

Les panneaux solaires thermiques permettent de produire de l'eau chaude à partir de l'énergie du Soleil. Cette eau chaude peut être utilisée pour la production d'Eau Chaude Sanitaire (ECS) mais également comme énergie de chauffage grâce à des Systèmes Solaire Combinés (SSC).

Les capteurs solaires thermiques absorbent le rayonnement solaire et le transforment en chaleur transmise à un fluide caloporteur circulant dans les tubes des capteurs et le circuit primaire. Les calories sont ensuite transmises à l'eau sanitaire par l'intermédiaire d'un échangeur (externe dans les applications collectives).

Cette eau chaude est ensuite stockée dans un ballon « solaire », qui peut être disposé en série avec un ballon d'appoint (ou une installation de production d'eau chaude instantanée). Cet appoint est bien souvent nécessaire.

➤ Financement et cycle de vie :

On estime qu'une installation de panneaux solaire thermique pour un logement individuel coûte environ 4000€.

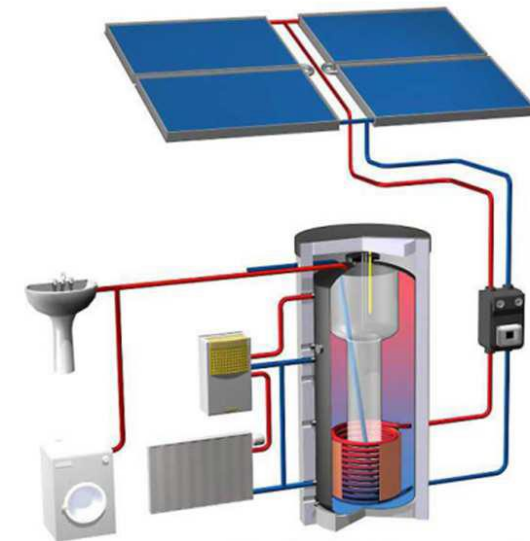
Pour une grande installation collective, on pourra utiliser le facteur suivant : 2500€/kW.

Il faut prévoir 4 à 5% de l'investissement initial pour la maintenance.

La durée de vie d'un panneau solaire thermique est de 20 ans.

Les panneaux solaires thermiques se sont améliorés au fil du temps. Aujourd'hui, ils ont une durée de vie de 20 ans.

Les panneaux solaires thermiques mettent de 6 à 18 mois pour rembourser leur dette énergétique due à leur coût énergétique de production (3 à 4 ans en comptant le processus de recyclage), à l'utilisation, ils n'émettent pas de GES. Le recyclage d'un panneau s'effectue à 90%-95%. Les matériaux qui en sortent sont le silicium, le verre, le plastique ou les métaux comme l'aluminium ou le cuivre. On estime que les panneaux solaires thermiques évitent les émissions CO<sub>2</sub> de 170kg/MWh.



## 4.1.4 CONCLUSIONS

### Photovoltaïque

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Entretien à anticiper (accès en toiture, traitement des façades, fréquence, etc.)
Gisement présent et à haut potentiel suivant les orientations existantes ou à créer	Sécurité incendie : examen spécial en commission de sécurité à la phase de conception (article GE 2)
Panneaux pouvant être intégrés en toiture et ou en façade, n'occupe pas de place au sol	Investissements initiaux importants et retour sur investissement qui peut sembler long 10 – 15 ans
Système souple s'adaptant aux besoins : revente ou autoconsommation	Ne couvre qu'une partie de la demande → ne peut être la ressource principale
Matériau recyclable : entre 95 et 99% des pour la plupart des constructeurs (y compris hors Europe)	Variations climatiques et énergie intermittente, il faut penser à un système d'appoint ou de stockage
Aides financières possibles (aide régionale, prime autoconsommation...)	

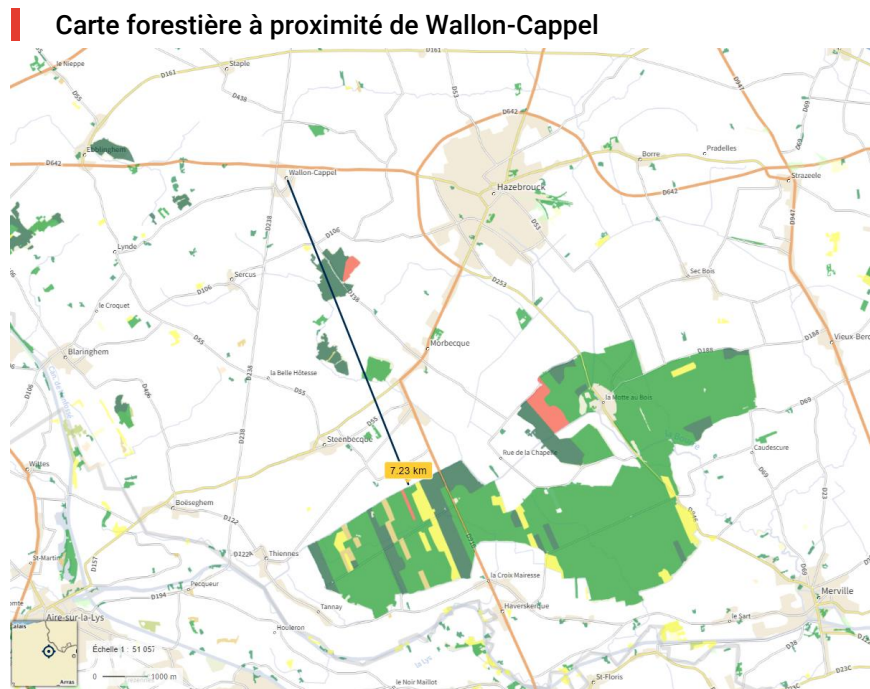
### Production d'ECS (eau chaude sanitaire) solaire

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Besoins limités pour une zone d'activité
Plus haut rendement que le photovoltaïque	Entretien à anticiper plus important que le photovoltaïque (accès en toiture, fréquence, etc.)
Utilisation sur la toiture, n'occupe pas de place au sol	Si production collective nécessite d'une surface spécifique pour le volume de stockage, la régulation – gestion, la panoplie hydraulique, etc.
/	Limitation de la distance entre le point de production / point de stockage / point de puisage

## 4.2 SYSTEMES DE CHAUFFAGE BOIS OU BIOMASSE

La région Hauts-de-France est l'une des plus pauvres en tonnage bois disponible en France, le taux de boisement y est de 13.5% pour une moyenne nationale de 31%. La surface forestière totale dans la région est de 428 000 ha, composée à plus de 90% de feuillus. Le volume de bois à l'hectare est de 180m<sup>3</sup>, ce chiffre tend à diminuer, signe d'une hausse des petits et moyens bois combinée avec une baisse des gros et très gros bois.

A 7 km au Sud-Ouest de Wallon-Cappel, la forêt de Nieppe (65 ha de forêt) est le site d'approvisionnement en bois le plus proche.



Le recours au bois énergie peut être envisageable pour la production de chaleur pour le chauffage. En effet la ville d'Hazebrouck dispose d'un système de chauffage composé à 65,5% de biomasse.

La mise en place d'un tel système nécessitera la construction spécifique de plusieurs bâtiments :

- Chaufferie comprenant la chaudière et ses différents éléments annexes,
- Silo,
- Benne à cendre
- Réseau de distribution,
- Sous-stations.

L'exploitation de la ressource bois dépend en grande partie de l'Office National des Forêts, car elle est soumise à un régime forestier.

La chaufferie devant être desservie par des camions, il conviendrait de prévoir des voies de circulation de dimensions suffisantes pour permettre les différentes manœuvres du véhicule :

- Circulation,
- Manoeuvre pour le déchargement du combustible,
- Raquette de retournement,
- Etc.

## 4.2.1 FONCTIONNEMENT

Le bois sous forme de granulés est obtenu en compactant des sciures et des copeaux de bois, sans adjonction de liant. Le combustible est stocké dans un silo et acheminé automatiquement au foyer de la chaudière par vis sans fin ou aspiration. La chaleur dégagée est transmise à un circuit d'eau grâce à un échangeur.

L'eau circule ensuite dans un réseau de restitution qui permet le chauffage de locaux (radiateurs, planchers chauffants...) ou de l'ECS. Le combustible peut être de nature varié : bûches, pellets, granulés, plaquettes ou énergies mixtes (alliant fioul, gaz, solaire avec le bois). Il existe depuis 2004 un système de chaudière à condensation alimentée au bois (granulés) plutôt qu'au gaz. Les rendements sont donc plus élevés grâce à la récupération des calories présentes dans les vapeurs.

Des particules fines sont émises de la combustion du bois, un système de traitement des fumées doit être installé et maintenu opérationnel pour limiter ces rejets.

## 4.2.2 FINANCEMENT ET CYCLE DE VIE

On estime qu'une chaudière à condensation pour un logement individuel coûte entre 10000 et 15000€. En chaufferie collective, on pourra utiliser le facteur suivant : 900€/kW et 800€/ml pour les conduits. Il faut prévoir 1% de l'investissement initial pour la maintenance.

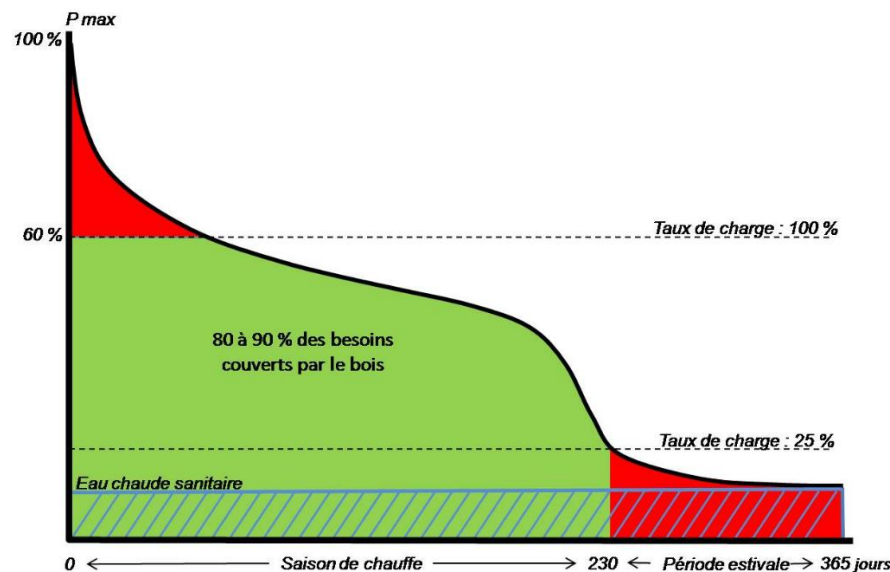
La durée de vie d'une chaudière bois est plus longue que les autres chaudières puisqu'elle est de 25 ans. La tonne de bois coûte environ 280€. Une tonne de bois demande un espace de stockage d'1m<sup>3</sup>. Une tonne de granulés de bois produit environ 4500kWh.

Pour la construction de chaufferies biomasse inférieure à 1 200 MWh /an, la subvention intervient à hauteur de 50% maximum du montant HT des dépenses éligibles, la subvention maximale est de 500 000 €. Pour la construction de plateformes de stockage de la biomasse, la subvention intervient à hauteur de 70% maximum du montant des dépenses éligibles, dans la limite de 100€ / m<sup>3</sup> abrités.

L'ADEME estime qu'une chaudière bois émet 7 fois moins de GES qu'une au gaz. Une chaudière biomasse rejette environ 30gCO<sub>2</sub>eq/kWh, contre 205gCO<sub>2</sub>eq/kWh pour une chaudière au gaz ou 324g pour une chaudière au fioul. Le bois est la source d'énergie la moins émettrice de GES de toutes les énergies, en considérant leur cycle de vie. A savoir, l'extraction de ressources, l'approvisionnement, la transformation, etc...

On estime que les chaudières au bois évitent les émissions CO<sub>2</sub> de 170kg/MWh. L'arbre va capturer le CO<sub>2</sub> durant sa vie, puis relâcher ce qu'il a capturé lors de sa coupe. L'émission est donc nulle. Seules les émissions liées au fonctionnement des appareils de coupes, de transformation et de transport ne pourront pas être récupérées. Utiliser une ressource locale permet néanmoins de faire diminuer l'empreinte carbone liée au transport.

**Principe de la bi-énergie : monotone des besoins thermiques (Source : Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012)**



Une chaudière avec une énergie d'appoint est à prévoir pour couvrir la totalité des besoins en hiver et pour assurer la production d'ECS en été.

L'hydro-accumulation peut aussi être envisagée : couplage de la chaudière avec un volume de stockage de grande capacité plusieurs dizaines de m<sup>3</sup> permettant de dissocier production et distribution de chaleur.

Lorsque le générateur fonctionne, le surplus d'énergie produite est stocké dans le ballon tampon. Cette énergie est ensuite restituée quand la puissance appelée est supérieure à celle de la chaudière bois ou de façon différée quand la chaudière est à l'arrêt.

Le recours au bois énergie pour l'approvisionnement de la parcelle imposera une étude poussée des facteurs suivants :

- Quelle énergie d'appoint ?
- Dimensions de la chaufferie sur le site et notamment des zones de livraison et de stockage du combustible,
- La nécessité de réaliser des silos de stockage parfaitement étanches à l'humidité et notamment être protégés contre une poussée ascensionnelle due au niveau de la nappe phréatique.

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Investissement élevé
Ressource importante et gérée de façon durable	Emprise nécessaire à la chaufferie importante sur la parcelle (voies de circulation, chaufferie, silo, etc.)
Coût de chaleur faible	Difficilement rentable pour des projets avec une intermittence forte
Emissions de GES (gaz à effet de Serre) réduites	Entretien et maintenance
Ressource forestière participant à la captation de CO <sub>2</sub> (dioxyde de carbone)	Emissions atmosphériques de particules fines
Aides financières possibles (Fonds chaleur de l'ADEME)	/
0,6kWh (kilowattheure) d'énergie primaire = 1 kWh d'énergie final avec label BBC « Bâtiment Basse Consommation - Énergétique » Effinergie	
Energie grise très faible due aux faibles procédés de transformation, d'extraction et au faible transport	



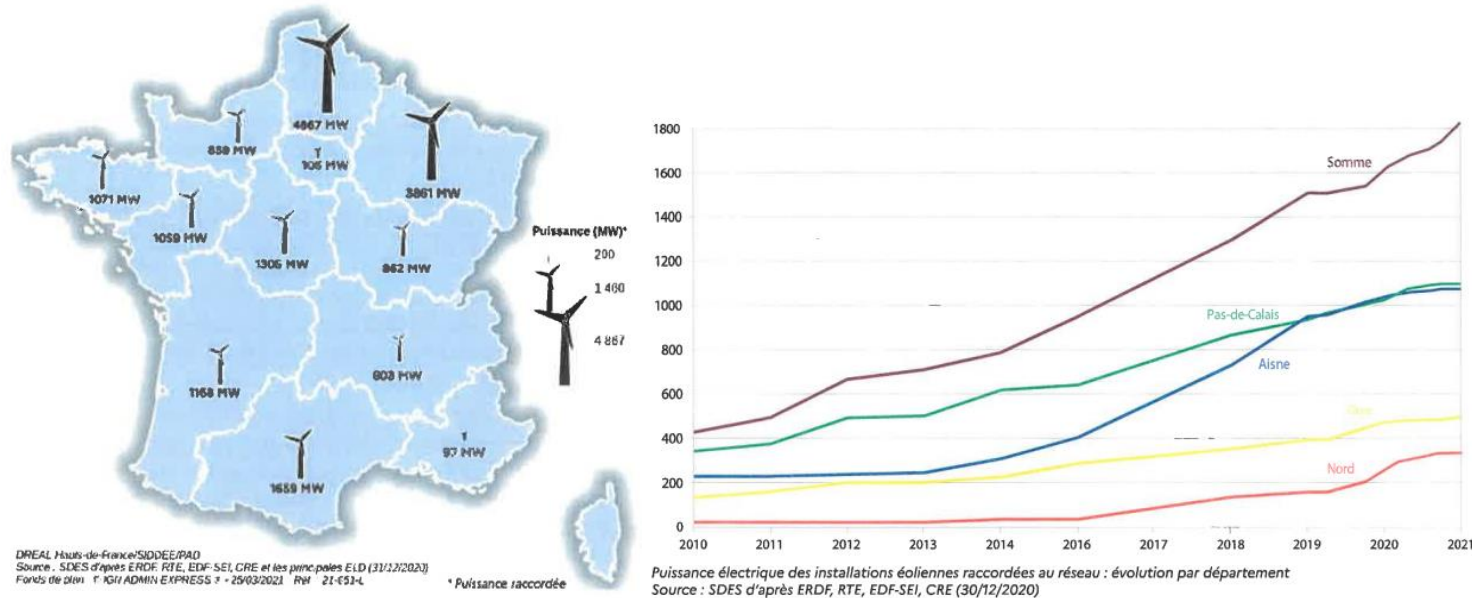
## 4.3 SYSTEMES EOLIEN

On trouve des éoliennes de toutes tailles selon les besoins et les ressources disponibles. Une éolienne se trouve face au vent, la nacelle de l'éolienne peut pivoter pour toujours être dans cette condition. Le vent met en mouvement un rotor (les pâles) pour créer de l'énergie mécanique. Cette énergie mécanique est transmise au générateur qui fonctionne sur le même principe qu'une dynamo. Il transforme donc cette énergie mécanique en énergie électrique. Enfin, le transformateur dans le mat va permettre d'adapter la tension du courant créé pour que celui-ci puisse être intégré au réseau ou être consommé. Un générateur produit annuellement entre 1000kWh et 3000kWh par kW installé.

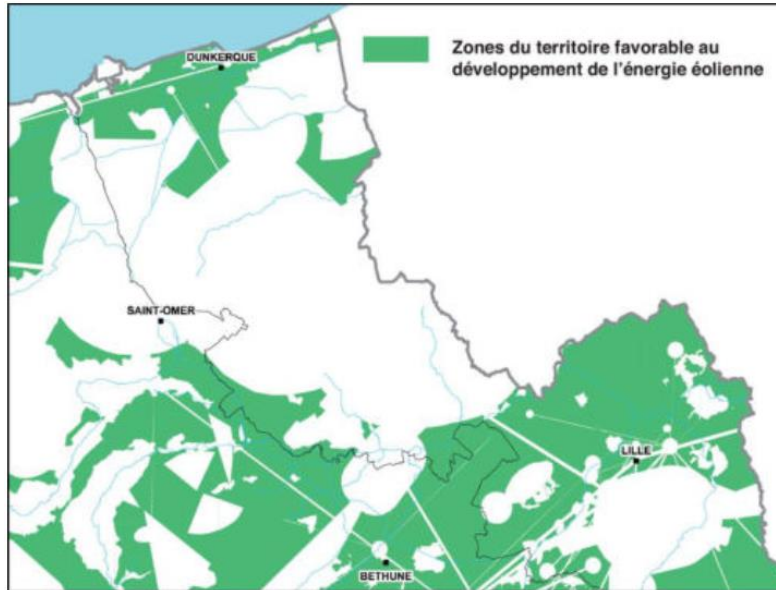
L'éolien est la source d'énergie la moins polluante en considérant toutes les étapes de son cycle de vie. Elle n'émet pas de GES lors de son utilisation et son installation et son recyclage utilisent des processus nécessitant peu d'énergie. Pour rembourser sa dette énergétique, 12 mois maximum sont nécessaires.

Pour pouvoir démarrer, une éolienne nécessite une vitesse de vent minimale d'environ 10 à 15 km/h. Pour des raisons de sécurité, l'éolienne s'arrête automatiquement quand le vent dépasse les 90 km/h. La vitesse optimale de vent est de 50 km/h.

Les Hauts de France et la région Grand-Est comptent 50% du parc métropolitain installé. Cependant, le département du Nord reste le moins équipé en termes de puissance installée. La zone du projet n'est pas considérée comme étant favorable à l'installation d'éoliennes.



**Carte du potentiel éolien sur la Communauté d'Agglomération de Cœur Flandre Agglo (Source : PLUi Cœur Flandre Agglo)**



La commune de Wallon-Cappel ne fait pas partie de celles qui sont favorable au développement de l'éolien.

### 4.3.1 FINANCEMENT ET CYCLE DE VIE

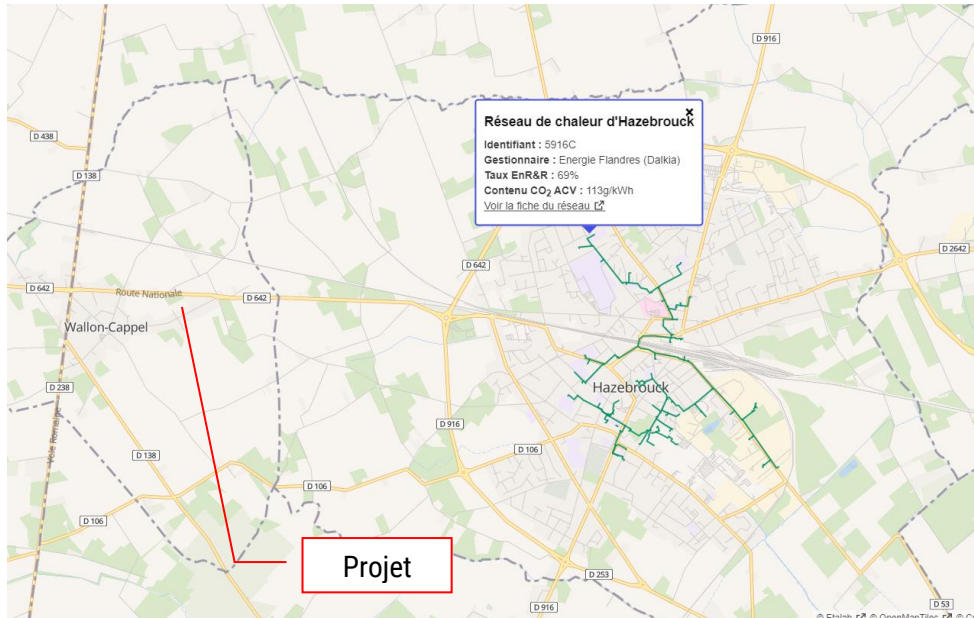
On estime le coût d'une éolienne à 1 000 000€/MW, pour les plus grosses. Elles sont raccordées au réseau pour revendre de l'énergie ou peuvent être utilisées en autoconsommation. L'inconvénient de l'autoconsommation sera l'intermittence de l'énergie.

Une plus petite éolienne verrait son coût au kW augmenter, on estime qu'il est de 6000€/kW. Les éoliennes ont une durée de vie d'environ 20 ans.

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Peuvent-être considérés comme une source de nuisances visuelles et sonores
Ressource présente sur la parcelle	Ne peut être considérée que comme une ressource énergétique d'appoint
Peu d'entretien	Nécessite une étude de vent spécifique à l'échelle de la zone d'étude
Temps de retour sur énergie le plus faible de toutes les énergies	Energie intermittente, nécessite d'autres sources énergétiques
/	L'Etat ne subventionne plus et temps de retour sur investissement long

## 4.4 RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHAUFFAGE OU REFROIDISSEMENT

Réseau de chaleur existant à proximité du projet (source : france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr)



1 réseau de chaleur (5916C) est localisé à Hazebrouck.

Toutefois, il faut aussi tenir compte de l'éloignement du réseau de chaleur, situé à environ 3km de la ZAE. A cause de cette distance importante, le coût d'investissement initial de raccordement sera très élevé. Une étude technico-économique devrait être menée avant d'opter pour cette solution, mais on considère 800€/ml pour les conduits.

Il n'y a pour le moment aucun réseau de chaleur dans la commune de Wallon-Cappel. Et aucune zone à potentiel n'y est identifiée.

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables Equipement non existant	Energies renouvelables
Production mutualisée d'énergie	Réseau entièrement à créer entre la chaufferie et la parcelle
Peu d'entretien	Distance peu propice pour y passer des conduits de chaleur
Coût du kWh peu élevé à l'utilisation	Coût de raccordement au réseau élevé
Emission de GES faible	Nécessite la création d'une sous-station, donc occupe du foncier

## Caractéristiques du réseau de chauffage à Hazebrouck (france-chaaleur-urbaine.beta.gouv.fr)

### Caractéristiques techniques

Livraisons totales de chaleur

dont résidentiel

dont tertiaire

Points de livraison

Longueur réseau (aller)

Rendement ⓘ

Développement du réseau ⓘ

Année de création du réseau

Fluide caloporteur - eau chaude

Fluide caloporteur - eau surchauffée

Fluide caloporteur - vapeur

17.82 GWh

1.25 GWh

16.57 GWh

62

11 km

79 %

0 %

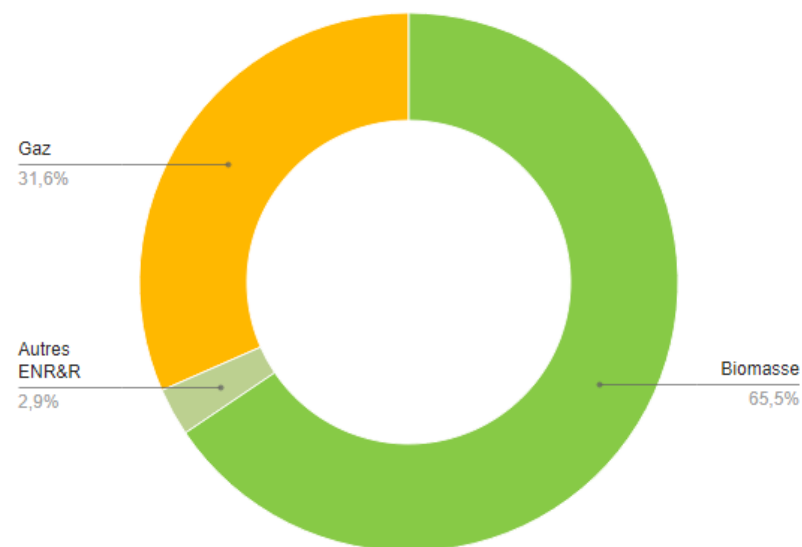
1999

100 %

0 %

0 %

### Mix énergétique



## 4.5 AEROTHERMIE

### 4.5.1 POMPE A CHALEUR AEROTHERMIE

Une PAC aérothermique sur air extérieur transfère la chaleur de l'air extérieur à un niveau de température plus élevé aux applications de chauffage à l'intérieur des locaux et/ou de production d'eau chaude sanitaire (ECS). Pour le chauffage, la chaleur captée est redistribuée, soit par l'intermédiaire d'un réseau de chauffage préexistant, soit par l'intermédiaire d'un système de ventilation. Pour l'ECS, celle-ci est généralement stockée dans un ballon d'eau chaude avec appoint, si nécessaire.

### 4.5.2 IMPLANTATION

Tous les systèmes de pompe à chaleur ne sont pas opportuns pour chauffer les bâtiments de la ZAC. En effet, se situant dans un département classé en zone H1a, les pompes à chaleur aérothermiques ne suffiront probablement pas à alimenter les bâtiments, que ce soit en chauffage ou en ECS, à moins d'avoir un appoint avec un autre système.

### 4.5.3 FINANCEMENT ET CYCLE DE VIE

Le coût est très variable selon le type de PAC, il varie entre 5000 et 8000€. Il faut prévoir 1% de l'investissement initial pour la maintenance. La durée de vie d'une PAC est de 18 ans. La consommation d'énergie dépendra du coefficient de performance (COP) de la PAC, l'ADEME conseille de se tourner vers des PAC avec un COP de minimum 3, le maximum étant 7. Un COP de 3 se caractérise ainsi : pour 1kWh consommé, on peut produire jusqu'à 3kWh de chauffage dans les conditions optimales d'utilisation. Ainsi, il est dur de prédire la consommation électrique et ses coûts de l'appareil. L'ADEME estime qu'une PAC émet 4 à 5 fois moins de GES qu'une chaudière au gaz. Une PAC rejette environ 50gCO<sub>2</sub>e/kWh pour un COP de 3 dans des conditions optimales.

Avantages	Inconvénients
Système réversible	Diminution des performances et du coefficient de performance en hiver lorsque la température extérieure devient trop froide
Ressource énergétique présente partout dans l'air	Nécessité d'un appoint (chauffage), car l'apport existe, mais demeure faible
Système adaptable à un système de chauffage central préexistant et à une ventilation mécanique contrôlée (VMC)	/
Aides financières possibles	/

## 4.6 GEOTHERMIE

### 4.6.1 POMPES A CHALEUR GEOTHERMIQUE

La géothermie, c'est exploiter la chaleur stockée dans le sous-sol. Pour cela, deux procédés existent. On peut :

- Exploiter la chaleur des nappes d'eau à diverses profondeurs (de la surface jusqu'à plusieurs centaines de mètres)
- Exploiter la chaleur du sol proche de la surface (énergie solaire stockée) ou plus en profondeur (énergie du noyau)

Le gradient géothermique caractérise l'évolution de la température en fonction de la profondeur. En France, on considère que la température augmente de 4°C tous les 100m de profondeur supplémentaire.

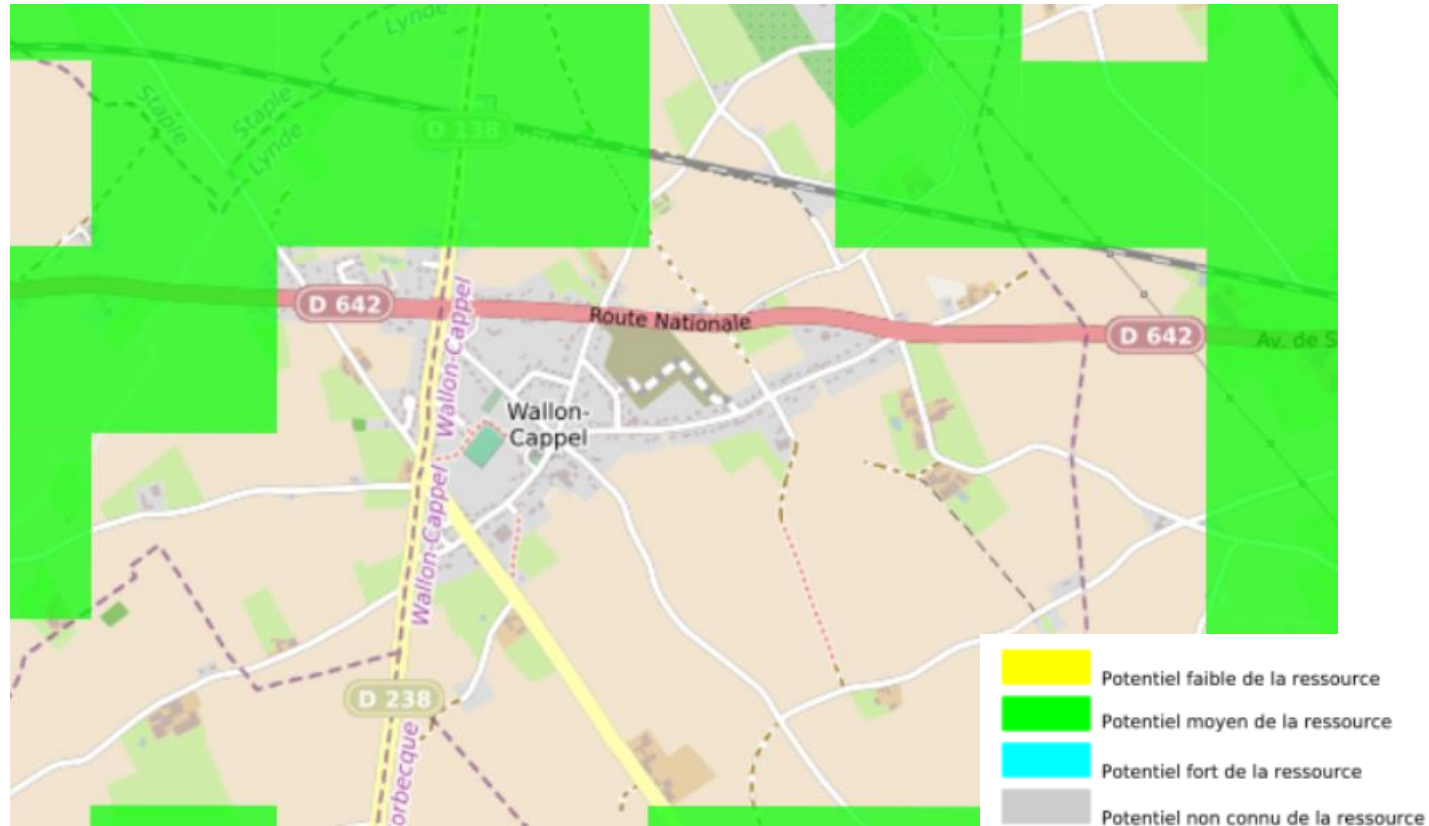
La PAC peut être de deux types : sol/eau ou eau/eau : dans les deux cas, elle prend la chaleur du sol grâce à des capteurs horizontaux ou verticaux (sous-sol ou nappe phréatique) pour la transmettre à un réseau d'eau : radiateurs, plancher chauffant...

Type de géothermie	Profondeur	Température	Utilisation
Très basse énergie	0-100 m	Inférieure à 30°C	Besoins légers en chauffage et climatisation selon la température de la sonde (individuel)
Basse énergie	100-1000 m	30-100°C	Chauffage (collectif) et ECS
Moyenne énergie	1000-4000 m	100-180°C	Production d'électricité
Haute énergie	4000 m et plus	Plus de 180°C	Production d'électricité

#### 4.6.1.1 Implantation de la géothermie sur nappe

La géothermie horizontale est utilisée uniquement pour la géothermie très basse énergie, elle implique une grande surface de terrain disponible et se situe à environ 1m de profondeur, elle est moins coûteuse que l'implantation de sonde verticale. Pour les géothermies basses, moyennes et hautes énergies les sondes verticales deviennent nécessaires.

### Ressources géothermales de surface sur échangeur ouvert (nappe) Source : Source : Géothermies



Le site ne présente pas de potentiel de ressource géothermale. La température du sous-sol est estimée à 13°C en moyenne entre 0 à 200 m de profondeur.

#### 4.6.1.2 Géothermie basse et moyenne énergie

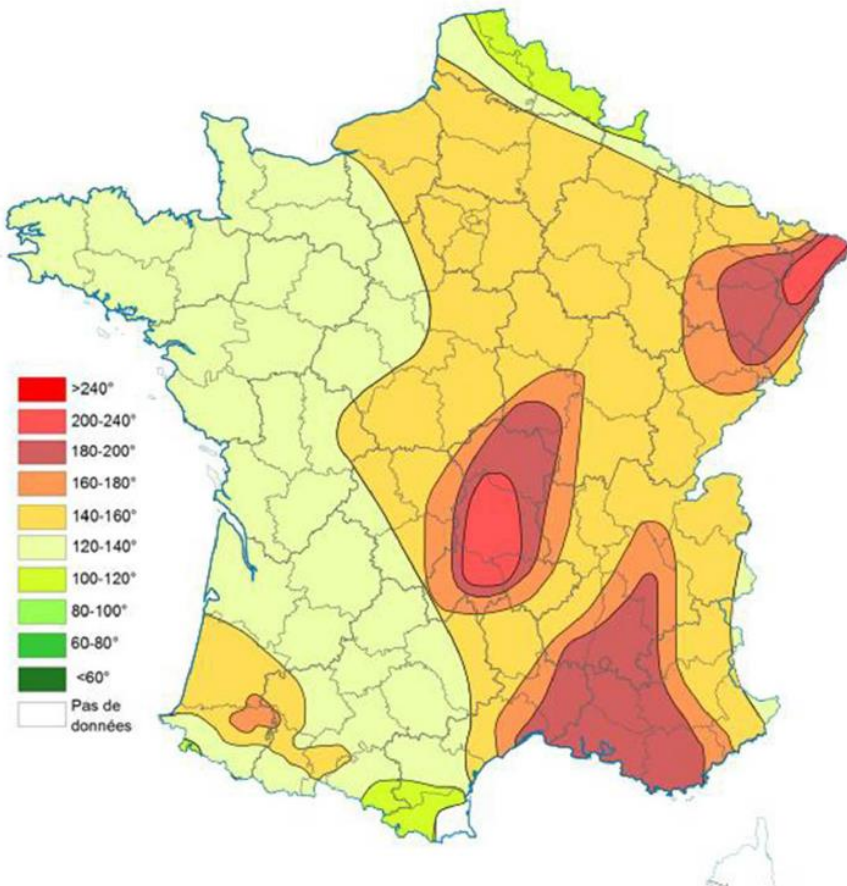
Wallon-Cappel se situe sur 2 nappes d'eau souterraines. A l'affleurement, c'est la nappe des Sables Landénien qui offre des débits souvent faibles et de plus son niveau statique proche de la surface est un gros handicap pour la réinjection de l'eau refroidie après usage. Plus en profondeur c'est la nappe de la craie qui présente un potentiel moyen à fort, les secteurs à potentiel plus faibles sont associés à des zones où la nappe est plus profonde (bassin d'Orchies, Plaine des Flandres, et sous les plateaux en Artois et dans le Ternois.)



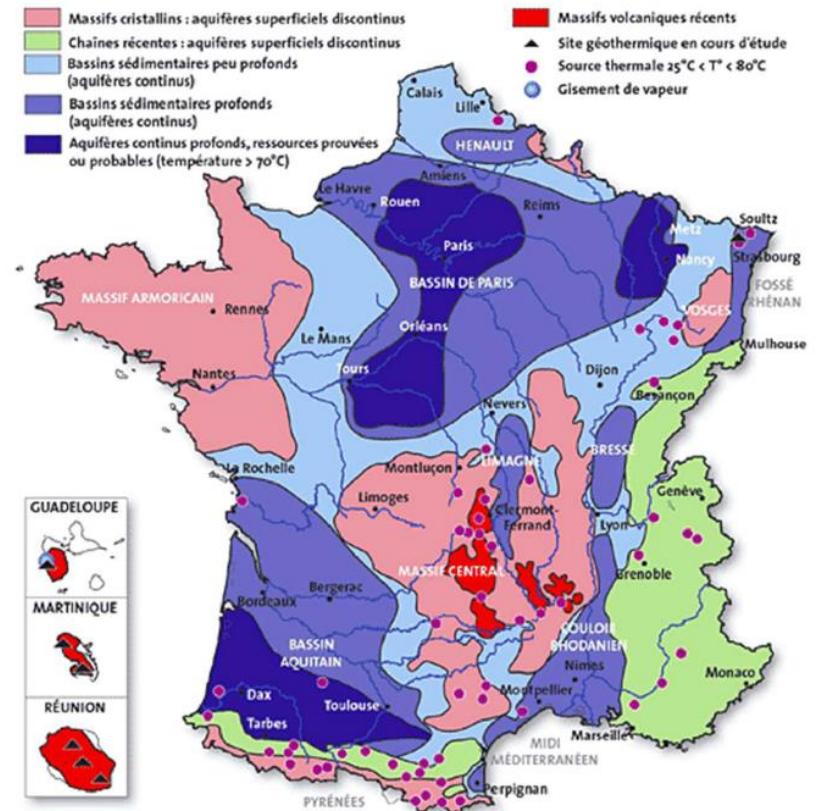
#### 4.6.1.3 Géothermie haute énergie et faisabilité

Wallon-Cappel ne bénéficie pas d'un potentiel géothermique très favorable à une profondeur de plus de 4000 mètres.

Gisement de géothermie très profond >4000m  
Source : TLS Geothermics SAS



Gisement de géothermie profond (1000 à 4000m) en France.  
Source : BRGM





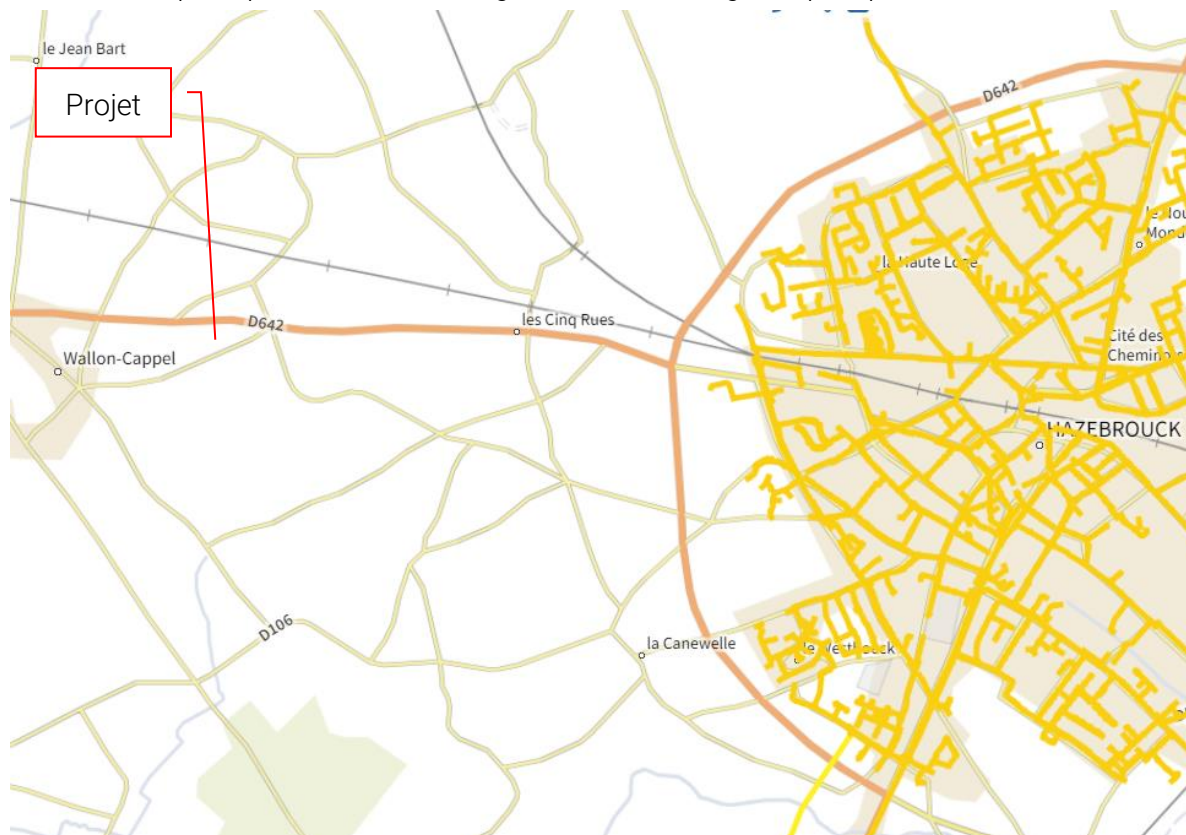
## 4.6.2 CONCLUSION

L'utilisation de la géothermie à Wallon-Cappel ne semble pas pertinente. Le potentiel est à vérifier avec un TRT propre au site de l'étude.

Avantages	Inconvénients
Energies renouvelables	Coûts d'études et d'investissement élevés
Potentiel fort de la ressource	Potentiel sur site non établi à ce jour
Projet concerné par la nappe de la Craie de l'Artois et de la vallée de la Lys, identifiée comme un aquifère de chaleur	Exposition au risque de retrait – gonflement des argiles
Ressource réversible	Efficacité conditionnée par la nature de la ressource (sous-sol ou nappes), son accessibilité en profondeur et sur site et le type de bâtiment (existant, nouveau, résidentiel, tertiaire, collectif, etc.)
Emission de GES faible : Rejets en CO <sub>2</sub> 10 fois moins élevés que ceux d'une centrale au gaz naturel	La chaleur captée par géothermie ne peut être utilisée que sur site ou à une certaine distance, distribuée par réseaux de chaleur
Coefficient de performance énergétique (COP) moyen plus élevé que pour les pompes à chaleur (PAC) aérothermiques	/
Aides financières possibles (fonds de chaleur ADEME)	
Installation présentant des coûts moindres qu'un chauffage traditionnel	

## 4.7 RESEAU DE GAZ

Le site ne dispose pas d'un réseau de gaz. Le réseau de gaz le plus proche se situe sur la ville d'Hazebrouck.

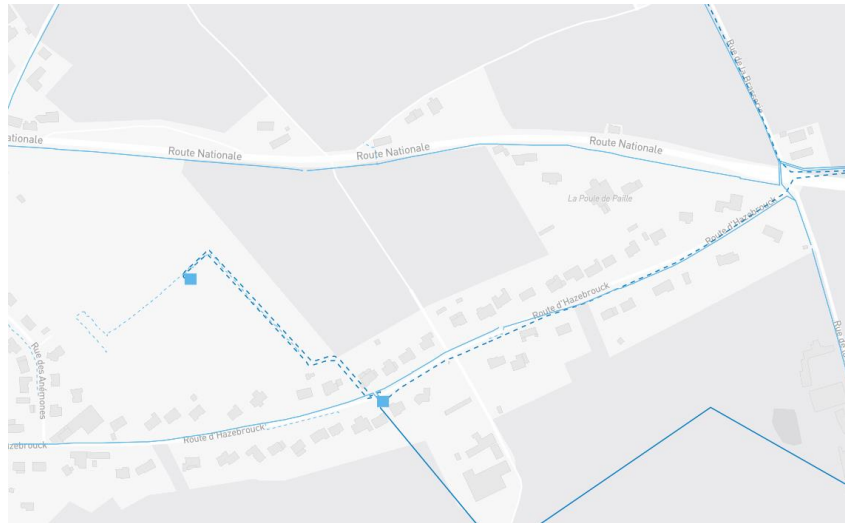


Source : [macarte.ign.fr/carte/1X3jxe/ Carte-EnR-Grand-public](http://macarte.ign.fr/carte/1X3jxe/ Carte-EnR-Grand-public)

Avantages	Inconvénients
Possibilité de créer une production mutualisée pour la totalité des bâtiments existants ou à créer	Energie non renouvelable
Système facilement évolutif	Emissions de GES importantes
Investissement maîtrisé	Energie fossile
Réseau existant sur la parcelle	Prix de revient de l'énergie fluctuant

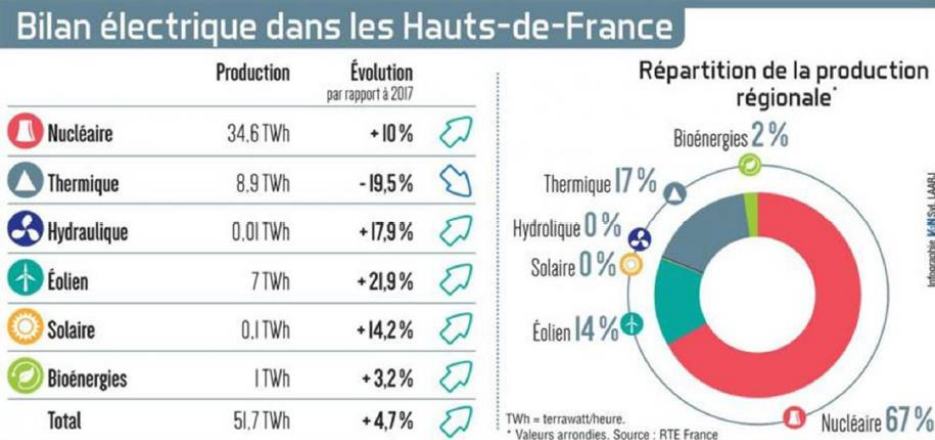
## 4.8 ELECTRICITE

L'électricité est disponible sur site et peut être envisagée pour différentes solutions. L'éclairage public pourra être alimenté grâce à l'électricité. La distribution d'électricité est effectuée par ENEDIS en bleu sur la carte.



■ Postes source ■ Postes distribution — Haute tension — Moyenne tension — Basse tension — Gaz - Transport — Gaz - Distribution — Ligne aérienne - - - Ligne souterraine

Source : <https://www.agenceore.fr/datavisualisation/cartographie-reseaux>



Le coût annuel de l'électricité est très variable, selon le type d'abonnement choisi en fonction de la consommation voulue. Un radiateur électrique coûte 200€/kW. Pour l'installation, il faut également tenir compte du coût de raccordement.

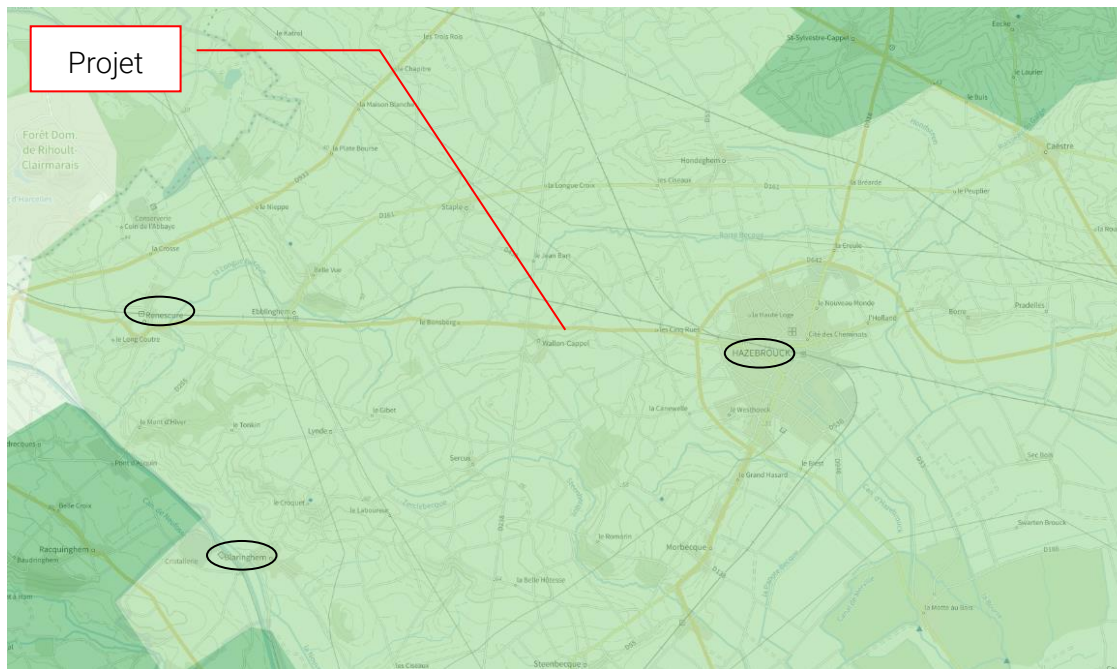
Avantages	Inconvénients
Disponible sur la zone	Provient dans 2/3 des cas du nucléaire -> production de déchets radioactifs
Souplesse d'utilisation	Coût de l'énergie en constante hausse
Possibilité de provenir d'une énergie durable, ...	Rapport Energie primaire/Energie finale obligeant à consommer davantage que ce qu'on utilise réellement

## 4.9 AUTRES SOURCES ENERGETIQUES DISPONIBLES SUR LA ZONE

Les ressources citées ci-dessous seront plutôt à étudier au cas par cas lors de la construction de chaque bâtiment en fonction de ses besoins et de son usage :

- Méthanisation : ressource de déchets valorisables en biogaz très variable selon typologie d'activités.

### Potentiel méthanisable (source : macarte.ign.fr)



○ Communes avec installation ou projet de méthanisation à proximité

Il existe 2 unités de méthanisation en service sur le territoire de la Communauté d'Agglo, Agri Flandres Energies à Renescure et Baudalet à Blaringhem. Un projet de méthanisation par voie sèche est également en cours d'instruction à hazebrouck.

- Récupération de chaleur fatale

La présence sur le territoire de Flandre Intérieure de sites industriels agro-alimentaire laisse supposer l'existence d'un gisement potentiel de chaleur fatale basse à moyenne température (20-100°C)



Pour nous contacter

**VERDI**

**VERDI Conseil**

+33 3 20 81 78 00

[conseilnorddefrance@verdi-ingenierie.fr](mailto:conseilnorddefrance@verdi-ingenierie.fr)

80 rue de Marcq | CS 90049

59441 Wasquehal Cedex

SIRET : 421 547 449 00023 RCS LILLE MÉTROPOLÉ

APE : 7112B

TVA : FR 09 421547449