

Aménagement du quartier VAL DE SCARPE 2

Lieu-dit « Val de Scarpe 02 »
Commune de Saint-Laurent-Blangy (62)



**Etude de faisabilité du potentiel de
développement des énergies renouvelables**

5 mars 2025

Date	Indice	Objet de la modification	référence
05/03/2025	A	Sortie du document	25453

Table des matières

Table des matières.....	3
1. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	4
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU SITE.....	5
2.1. Définitions et contexte réglementaire national.....	5
2.2. La prise en compte des ENR dans les documents de développement du territoire	9
3. DESCRIPTION DU SITE.....	12
3.1. Localisation du site	12
3.2. Périmètre de l'étude.....	13
3.3. Les contraintes du site	14
3.4. Programmation	14
3.5. Estimation des besoins du projet	14
4. OPPORTUNITES DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	20
4.1. L'énergie solaire.....	20
4.2. L'énergie éolienne.....	28
4.3. Energie Hydraulique, géothermie et hydrothermie	36
4.4. Les énergies de récupération.....	52
4.5. Aérothermie	60
5. LA MISE EN PLACE D'UN RESEAU DE CHALEUR.....	62
5.1. Raccordement à un réseau existant.....	63
5.2. Création d'un réseau de chaleur	64
6. TABLEAU RECAPITULATIF	66

1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Dans le cadre de la loi Grenelle 1, cette étude vise à préciser le potentiel, propre au site, de production d'énergies d'origine renouvelable et d'exploitation d'énergies de récupération. Les principales sources d'énergie seront abordées pour déterminer en première approche le potentiel de chacune en termes de production d'énergie, électricité et chaleur.

La politique nationale insiste aussi sur le développement des réseaux de chaleur, mais n'inclut que les réseaux alimentés par des énergies renouvelables, dont la biomasse et la géothermie, ainsi que les énergies de récupération. Cette étude indiquera dans quelle mesure l'exploitation d'un réseau de chaleur serait envisageable.

L'article L.128-4 du code de l'urbanisme stipule que « 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, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

Le projet d'aménagement du quartier Val de Scarpe 2 à Saint-Laurent-Blangy (62) est soumis à étude d'impact, la présente étude a pour objet de répondre à la réglementation. Elle vise à analyser les atouts et contraintes du projet, pour évaluer les possibilités de la valorisation du potentiel en énergie renouvelable.

Ainsi cette étude comprend principalement un état des lieux des gisements, et un premier tri des possibilités, en fonction du contexte local et des objectifs. La consommation énergétique globale est estimée, à titre informatif, pour donner un ordre de grandeur des besoins du projet.

L'étude devra être complétée ultérieurement par une analyse de la faisabilité technico-économique des différentes solutions sur la base de mesures sur site et d'expertises propres à chaque solution envisagée.

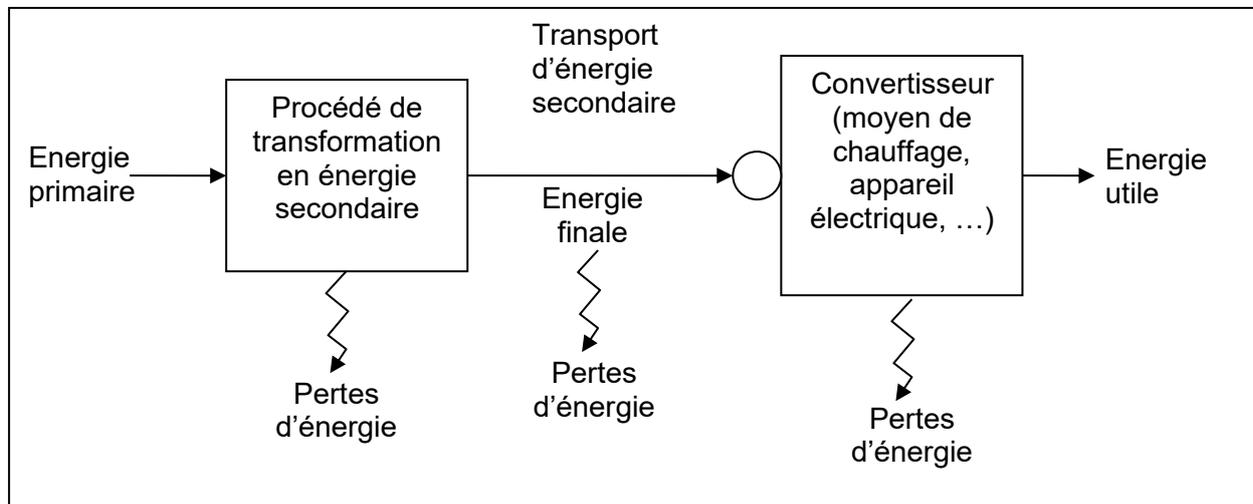
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE DU SITE

2.1. Définitions et contexte réglementaire national

a. Energie primaire, finale, et utile

On définit les différents types d'énergie de la façon suivante :

- **Energie primaire** : énergie brute, c'est-à-dire non transformée après extraction (houille, lignite, pétrole brut, gaz naturel, électricité primaire).
- **Energie finale ou disponible** : énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer,...).
- **Energie utile** : énergie dont dispose l'utilisateur final après la dernière conversion par ses appareils (ex : chaleur dégagée par un radiateur).



Le **facteur de conversion** entre énergie primaire et énergie finale est une convention, qui dépend de l'origine de l'énergie. En France, les facteurs sont :

Pour l'électricité du réseau = **2,3** (ancien facteur de 2,58 mis à jour depuis l'entrée en vigueur de la RE 2020)

Pour les autres sources d'énergie (gaz, réseau de chaleur, énergie renouvelable, ...) = **1**

Notons que la RE2020 fixe ce facteur de conversion à **0** pour les énergies renouvelables produites et autoconsommées sur place

On peut également distinguer l'énergie selon son utilisation :

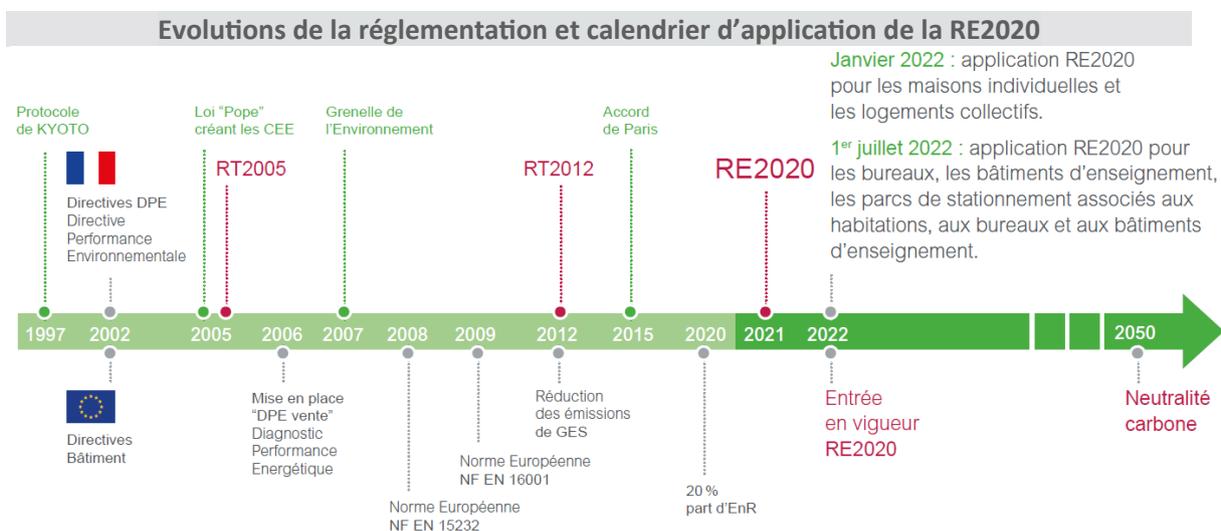
L'énergie électrique spécifique correspond à l'électricité nécessaire aux services qui ne peuvent être rendus que par l'usage de l'énergie électrique, tels que l'éclairage et l'électroménager. Elle ne prend pas en compte l'eau chaude, le chauffage et la cuisson, qui peuvent utiliser différents types d'énergie.

b. Réglementation – La RE2020

Le respect des engagements pris dans la lutte contre le changement climatique, réaffirmés dans la loi Energie Climat, suppose que la France atteigne la neutralité carbone en 2050. Les bâtiments, du fait de leurs consommations d'énergie mais aussi de la façon dont ils sont construits, représentent une part conséquente des émissions de gaz à effet de serre en France.

C'est dans ce contexte que la nouvelle réglementation environnementale des bâtiments (RE 2020) est entrée en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2022. Elle succède à la Réglementation Thermique (RT2012), avec pour objectif de réduire l'impact environnemental de la construction en France et poursuivre la baisse des consommations énergétiques.

Initialement effective pour tous les bâtiments neufs à usage d'habitation, elle réglemente également la construction des bureaux et bâtiments d'enseignement depuis le 1^{er} juillet 2022. Les autres typologies de bâtiments devraient être soumis à la nouvelle réglementation prochainement, et sont pour l'heure toujours soumis à la RT2012.



Dans la droite ligne de l'expérimentation du label E+C-, l'objectif de la RE2020 est de poursuivre l'amélioration de la performance énergétique et du confort des constructions, tout en diminuant leur impact carbone. Elle s'articule autour de trois principaux axes :

- **Poursuivre l'amélioration de la performance énergétique et la baisse des consommations des bâtiments neufs.** La RE2020 va au-delà de l'exigence de la RT2012, en insistant en particulier sur la performance de l'isolation quel que soit le mode de chauffage installé, grâce au renforcement des exigences sur l'indicateur de besoin bioclimatique, Bbio.
- **Diminuer l'impact sur le climat des bâtiments neufs** en prenant en compte l'ensemble des émissions du bâtiment sur son cycle de vie, de la phase de construction à la fin de vie (matériaux de construction, équipements), en passant par la phase d'exploitation (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage...), via une analyse en cycle de vie.
- Permettre aux occupants de vivre dans un lieu de vie et de travail adapté aux conditions climatiques futures en poursuivant l'**objectif de confort en été**. Les bâtiments devront mieux résister aux épisodes de canicule, qui seront plus fréquents et intenses du fait du changement climatique.

La RE2020 repose sur une transformation progressive des techniques de construction, des filières industrielles et des solutions énergétiques, afin de maîtriser les coûts de construction et de garantir la montée en compétence des professionnels.

Pour arriver à ses fins, la RE2020 se base sur l'évaluation de 6 indicateurs soumis à des seuils minimaux :

Les 6 Indicateurs de la RE2020

Source : Guide RE2020 – Ministère de la Transition Ecologique

Energie	Bbio [points]	Besoins bioclimatiques	Evaluation des besoins de chaud, de froid (que le bâtiment soit climatisé ou pas) et d'éclairage.	EVOLUTION
	Cep [kWhep/(m ² .an)]	Consommations d'énergie primaire totale	Evaluation des consommations d'énergie renouvelable et non renouvelable des 5 usages RT 2012 : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires +	EVOLUTION
	Cep,nr [kWhep/(m ² .an)]	Consommations d'énergie primaire non renouvelable	1. éclairage et/ou de ventilation des parkings 2. éclairage des circulations en collectif 3. électricité ascenseurs et/ou escalators	NOUVEAU
Carbone	Ic_{énergie} [kg eq. CO ₂ /m ²]	Impact sur le changement climatique associé aux consommations d'énergie primaire	Introduction de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des énergies consommées pendant le fonctionnement du bâtiment, soit 50 ans .	NOUVEAU
	Ic_{construction} [kg eq. CO ₂ /m ²]	Impact sur le changement climatique associé aux « composants » + « chantier »	Généralisation de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des produits de construction et équipements et leur mise en œuvre : l'impact des contributions « Composants » et « Chantier ».	NOUVEAU
Confort d'été	DH [°C.h]	Degré-heure d'inconfort : niveau d'inconfort perçu par les occupants sur l'ensemble de la saison chaude	Évaluation des écarts entre température du bâtiment et température de confort (température adaptée en fonction des températures des jours précédents, elle varie entre 26 et 28°C).	NOUVEAU

Ainsi la RE2020, comme le faisait la RT2012, définit la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment neuf par un coefficient d'énergie primaire (Cep) exprimé en kWh/(m².an). La nouvelle réglementation introduit par ailleurs un Coefficient d'Énergie Primaire non renouvelables (Cep_nr), ayant pour but de limiter la part d'énergie non renouvelable utilisable au sein du bâtiment.

Le calcul des Cep comprend la consommation électrique ou thermique liée au chauffage, au refroidissement, à la production d'eau chaude sanitaire, à la ventilation, à l'éclairage, et (ajout de la RE2020) à l'éclairage/ventilation des parkings et des circulations collectives ainsi qu'au fonctionnement des ascenseurs et/ou escalators).

Notons que certaines consommations électriques n'entrant pas dans l'une de ces catégories (matériel informatique, électroménager, etc.) ne sont pas comptabilisées au sein des Cep. La part d'énergie renouvelable produite et consommée sur place est également déduite.

La RE2020 établit **une valeur seuil pour les Cep**, celle-ci variant selon la typologie du bâtiment :

(kWhep/(m ² .an))	Cep_{maxmoyen}	Cep_nr_{maxmoyen}
Maison individuel	75	55
Collectif	85	70
Bureau	85	75
Enseignement	72	65 / 63

Ces nouveaux seuils engendrent un renforcement des exigences de performances énergétiques de l'ordre de 15% à 20% par rapport à la RT2012. Les seuils affichés apparaissent toutefois plus haut qu'en RT2012, cela s'explique notamment par :

- une surface de référence modifiée passant d'une SHON RT¹ à une SHAB² ce qui induit des écarts de surface de 15 à 35%,
- l'apparition des nouveaux postes de consommation décrits précédemment,
- une évolution des fichiers météorologiques induisant des consommations en chauffage plus élevées.

La consommation conventionnelle maximale est alors définie comme suit :

$$Cep_{max} = Cep_{maxmoyen} \times (1 + Mc_{géo} + Mccombles + Mcsurf_{moy} + Mcsurf_{tot} + Mccat)$$

$$Cep_{nr_{max}} = Cep_{nr_{maxmoyen}} \times (1 + Mc_{géo} + Mccombles + Mcsurf_{moy} + Mcsurf_{tot} + Mccat)$$

Avec :

- $Mc_{géo}$: coefficient de modulation selon la localisation géographique (zone géographique et altitude) du bâtiment ;
- $Mccombles$: coefficient de modulation selon la surface de plancher de combles aménagés dans le bâtiment ;
- $Mcsurf_{moy}$: coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment ou de la partie de bâtiment ;
- $Mcsurf_{tot}$: coefficient de modulation selon la surface totale du bâtiment ;
- $Mccat$: coefficient de modulation selon la catégorie de contraintes extérieures du bâtiment ;

Ainsi nous nous baserons sur les consommations prises en compte par la RE2020 grâce au Cep_{max} pour déterminer les besoins énergétiques des futurs bâtiments du projet.

Toutefois, seul le secteur résidentiel, les bâtiments de bureaux et les bâtiments d'enseignement primaire et secondaire sont à ce jour concernés par la RE2020. Pour les autres typologies de bâtiments que comporte le projet nous nous baserons sur les valeurs réglementaires de consommations de la RT2012 qui reste en vigueur dans ce cas.

Quelques remarques

Sur l'utilisation des valeurs seuils de la Réglementation : dans le cadre de la réglementation, il ne s'agit pas d'estimer des consommations, même si le terme sera utilisé de façon abusive, mais plutôt une performance énergétique du bâti. La consommation réelle dépend en effet de nombreux paramètres incontrôlables en amont, tels que les comportements des usagers, qui peuvent faire s'éloigner les consommations réelles des prévisions de plusieurs dizaines de pourcents. Ainsi, en prenant les seuils précédents (et notamment le cep_{max}) comme base de calcul pour estimer des besoins, ils ne reflèteront pas nécessairement les besoins de production, et ces derniers devront être plutôt considérés comme des minima.

Sur la production/consommation électrique : en dehors de zones non raccordées au réseau national, l'électricité produite localement sera majoritairement transmise au réseau, la production locale et le besoin de consommation ne coïncidant pas systématiquement et l'électricité se stockant relativement mal. Par conséquent, la consommation « normale » d'électricité par le projet sera assurée par un raccordement au réseau. En résumé, une production locale d'électricité ne se substitue pas localement à la consommation à partir du réseau. Puisque l'électricité produite localement n'est pas à proprement parler consommée sur place, la comparaison entre une production locale et le besoin électrique d'un projet sera limitée à des bilans globaux (annuels, en général) de type « production-besoin » sans considérer la variation des besoins et des capacités de production dans le temps.

Sur la production/consommation locale de chaleur : en revanche, la consommation de chaleur pourra et devra être faite sur place, la chaleur se transportant moins bien mais se stockant

¹ Surface Hors Œuvre Nette au sens de la RT

² Surface Habitable

mieux que l'électricité. La distinction entre la chaleur utilisée pour le chauffage et celle utilisée pour l'ECS est importante dans la mesure où les besoins varient différemment dans l'année, le besoin en ECS étant moins soumis au cycle des saisons. Toutefois, nous ne tiendrons pas compte de ces variations en 1^{ère} approche, et nous considérerons donc les besoins de chaleur dans leur ensemble.

Sur l'impact de la RE2020 sur les sources d'énergies utilisables : La RE2020, au-delà de renforcer les exigences de performances énergétiques des bâtiments neufs, introduit la prise en compte de l'impact carbone de ces différentes sources d'énergie. Ainsi il apparaît que les solutions utilisant le gaz (chaufferie gaz collective, chaudière gaz individuelle) ne permettront plus de répondre aux exigences de la réglementation dès 2025. Les solutions les plus avantageuses au regard de la réglementation étant les solutions thermodynamiques, les solutions bois, les Réseau de Chaleur Urbain vertueux (bois, géothermie, déchets, ...).

2.2. La prise en compte des ENR dans les documents de développement du territoire

a. A l'échelle nationale

La France, en accord avec les objectifs européens, s'est engagée à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.

Afin de respecter ses engagements et de lutter contre le dérèglement climatique, le gouvernement a fixé des objectifs intermédiaires au travers de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte en 2015 :

- Moins 40% d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 1990
- Moins 30 % de consommation d'énergie fossiles en 2030 par rapport à 2012
- Porter la part des énergies renouvelables à 32% de la consommation finale d'énergie en 2030 et à 40% de la production d'électricité
- Réduire la consommation énergétique finale de 50% en 2050 par rapport à 2012
- Diversifier la production d'électricité et baisser à 50 % la part du nucléaire à l'horizon 2025

b. A l'échelle locale

Les ambitions nationales sont déclinées à l'échelle de la région à travers le SRADDET puis localement à l'échelle métropolitaine ou inter-communale avec les Plan Climat Air Energie (PCAET).

A l'échelle du projet, le SRADDET des hauts de France fixe les objectifs pour la région notamment en matière de développement durable, de plus il existe un Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) qui constitue un cadre stratégique de l'ancienne région Nord Pas-de-Calais pour lutter contre le changement climatique et s'y adapter, ainsi que pour prévenir et réduire la pollution de l'air.

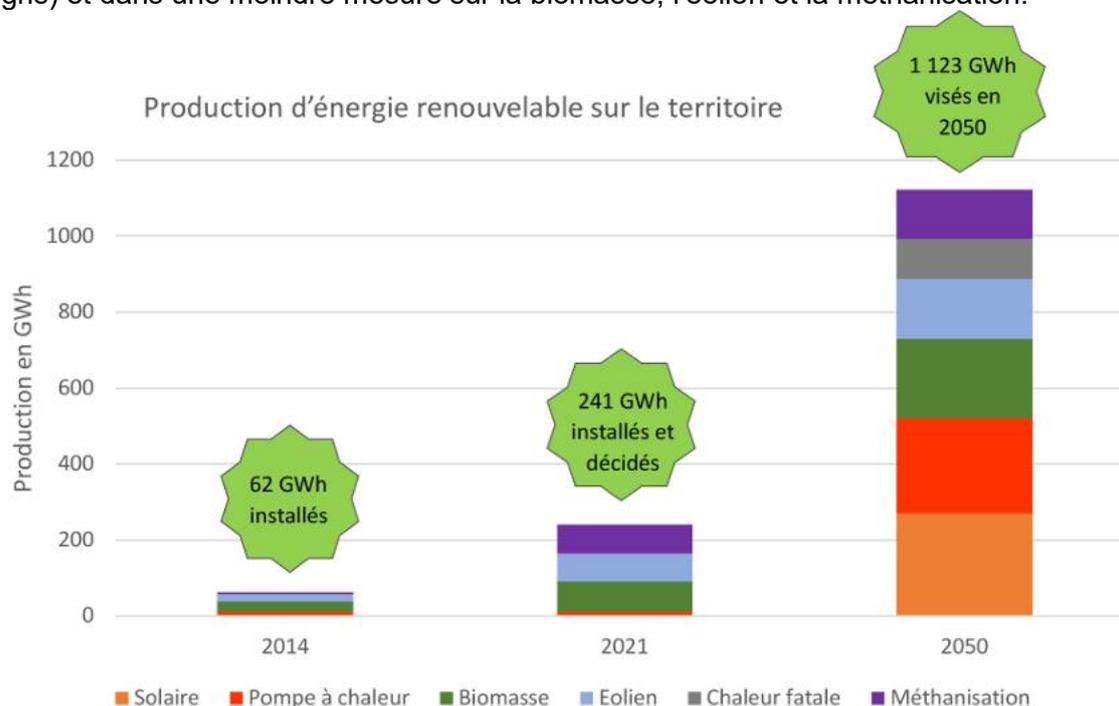
Le PCAET en vigueur sur la zone d'étude est le PCAET de la communauté urbaine d'Arras CUA (juin 2023).

Son programme 2023 – 2028 est coordonné autour de 5 axes stratégiques, 29 orientations opérationnelles et une centaine d'actions partenariales :

- **Axe 1** : Développer les énergies renouvelables et récupérables
- **Axe 2** : Développer une offre de mobilité vertueuse
- **Axe 3** : Promouvoir l'économie circulaire et l'engagement de tous : entreprises, habitants...

- **Axe 4** : Accroître les performances énergétiques du bâti public et privé
- **Axe 5** : Préserver et restaurer les espaces naturels et améliorer le cadre de vie.

Le territoire de la communauté urbaine d'Arras possède d'importants atouts en matière de production d'énergie renouvelable et porte des objectifs ambitieux de multiplier par 18 la production d'énergie renouvelable entre 2014 et 2050. Les ambitions portent essentiellement sur le solaire (en orange), les pompes à chaleur (en rouge) et la récupération de chaleur fatale (en gris) et dans une moindre mesure sur la biomasse, l'éolien et la méthanisation.



Sources	GWh installés en 2014	GWh installés et/ou décidés en 2021	GWh visés en 2050		
Solaire	2	2	270	24%	
Pompe à chaleur	9	9	250	22%	
Biomasse	27	80	210	18%	
Éolien	20	74	157	14%	+8 mats
Chaleur fatale*			106	10%	
Méthanisation	4	76	130	12%	+5 unités agricoles
TOTAL	62	241	1123	100%	

Figure 1 : Bilan et objectifs de la production d'énergie renouvelable sur le territoire de la communauté urbaine d'Arras, source : PCAET CUA

Ainsi, la stratégie de la communauté urbaine d'Arras à horizon 2050 est en accord avec les objectifs nationaux de réduction de gaz à effet de serre et d'augmentation de la part des énergies renouvelables.

Les objectifs 2050 de la Communauté urbaine d'Arras :

- Baisser la consommation énergétique de 50%
- Produire au local 70% d'énergie dite décarbonée

En ce qui concerne la consommation énergétique sur le territoire de la communauté urbaine d'Arras, d'après le PCAET, les deux premiers secteurs qui consomment le plus d'énergie sont les déplacements et les bâtiments (secteur résidentiel et le secteur tertiaire).

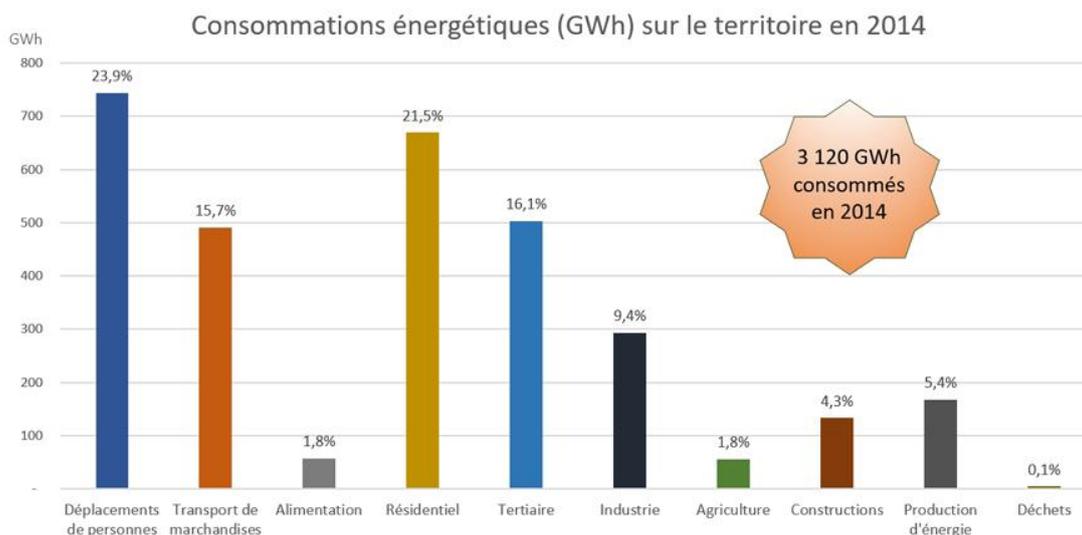


Figure 2: Consommation énergétique selon les secteurs sur le territoire de la communauté urbaine d'Arras, source : PCAT CUA

Afin d'être en accord avec la loi climat et résilience, la Communauté urbaine d'Arras s'est fixé des ambitions de diminution de la consommation d'énergie ainsi qu'une diminution des émissions de gaz à effet de serre.

	2014	2030	2050
Consommation d'énergie	3 120 GWh	1 871 GWh -40%	1 443 GWh -54%
Émissions de gaz à effet de serre	965 000 t _{eq} CO ₂	434 250 t _{eq} CO ₂ -55%	193 000 t _{eq} CO ₂ -80%

Figure 3: Objectifs de réduction des consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre à 2030 et 2050, source : PCAET CUA

En complète cohérence avec les schémas régionaux et les stratégies qui y concourent, la Troisième révolution industrielle (REV 3) vise à favoriser un nouveau développement régional à la croisée de la transition énergétique, des innovations technologiques et des nouveaux modèles économiques. Initiée en 2013 par la Chambre de Commerce et d'Industrie et le Conseil régional en partenariat avec les Conseils généraux du Nord et du Pas-de-Calais, la Métropole Européenne de Lille et les communautés urbaines d'Arras et de Dunkerque, la Troisième révolution industrielle a permis la rédaction du Master Plan dont un des objectifs est de couvrir 100% des besoins énergétiques de la région par les énergies renouvelables en 2050. Cela tient compte d'un objectif de réduction de 60% de la consommation énergétique globale.

Le territoire de la Communauté urbaine d'Arras est inscrit dans une démarche de territoire à énergie positive pour la croissance verte. La CUA compte plusieurs sources d'énergies renouvelables :

- 4 éoliennes et plusieurs zones favorables à son développement
- 3 réseaux de chaleurs avec possibilités d'extension
- 1 système de récupération des eaux usées (Aquaréna), avec possibilité de l'étendre
- 1 unité de dépollution par méthanisation pour la valorisation des déchets agroalimentaires
- 3 projets de méthaniseurs
- Un potentiel géothermique moyen à fort
- Un potentiel solaire à exploiter

3. DESCRIPTION DU SITE

3.1. Localisation du site

La commune de Saint-Laurent-Blangy est une commune périurbaine au nord-est de la ville d'Arras. Elle fait partie de la communauté urbaine d'Arras (CUA) qui regroupe 46 communes. La CUA est traversée par le cours d'eau « la Scarpe ».

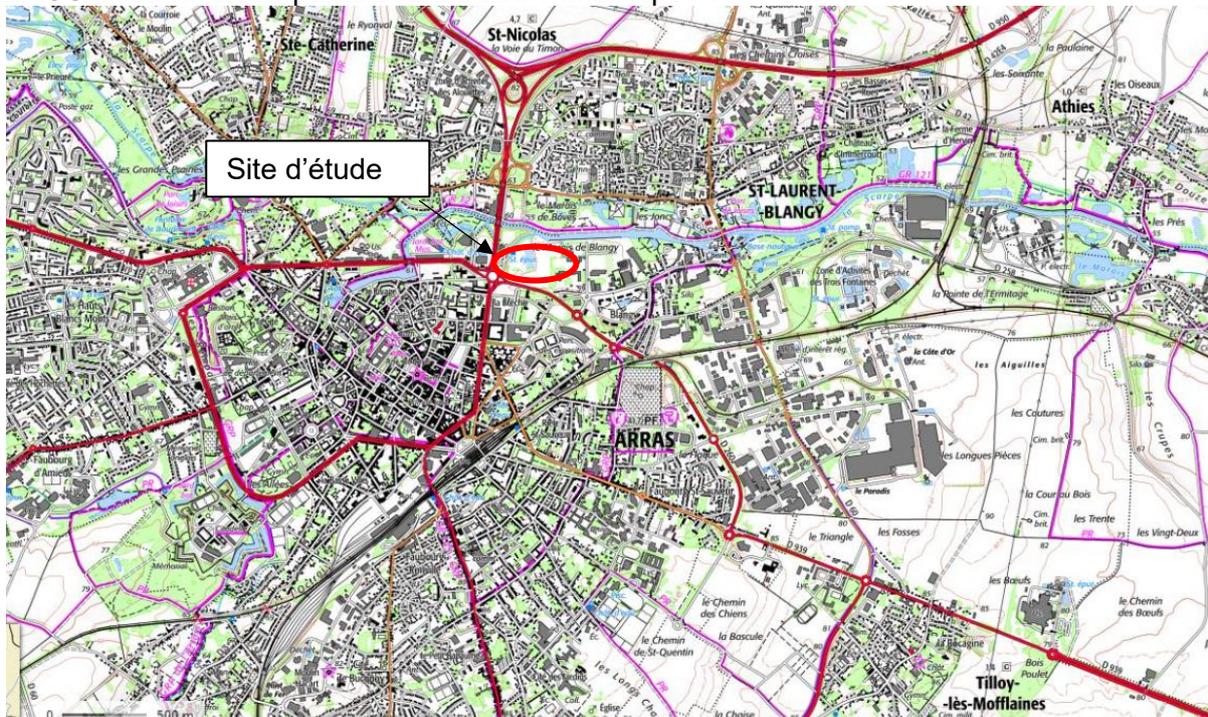
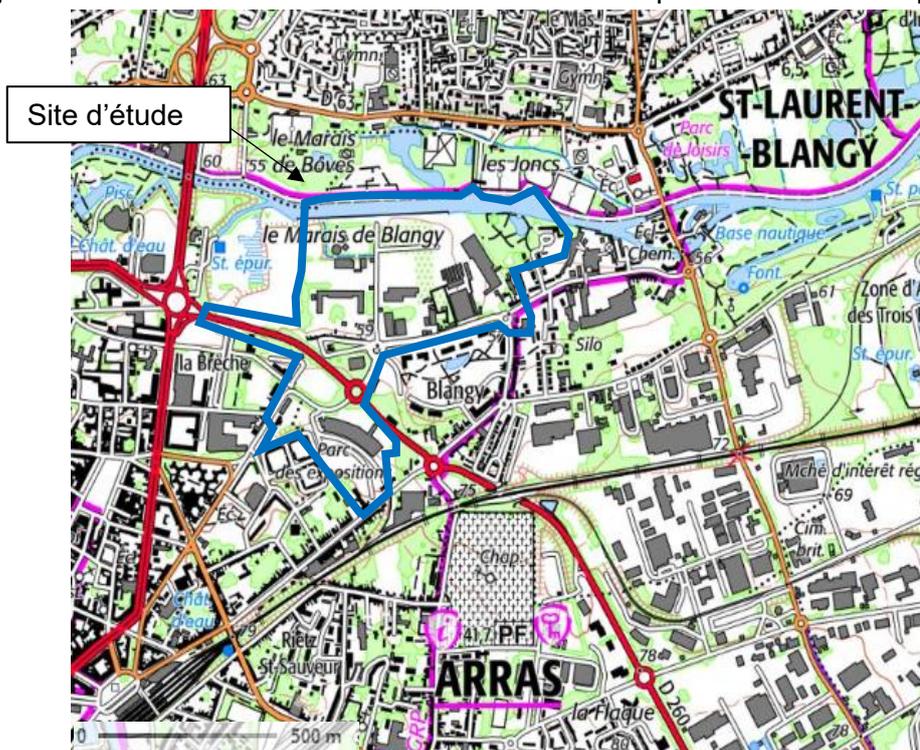
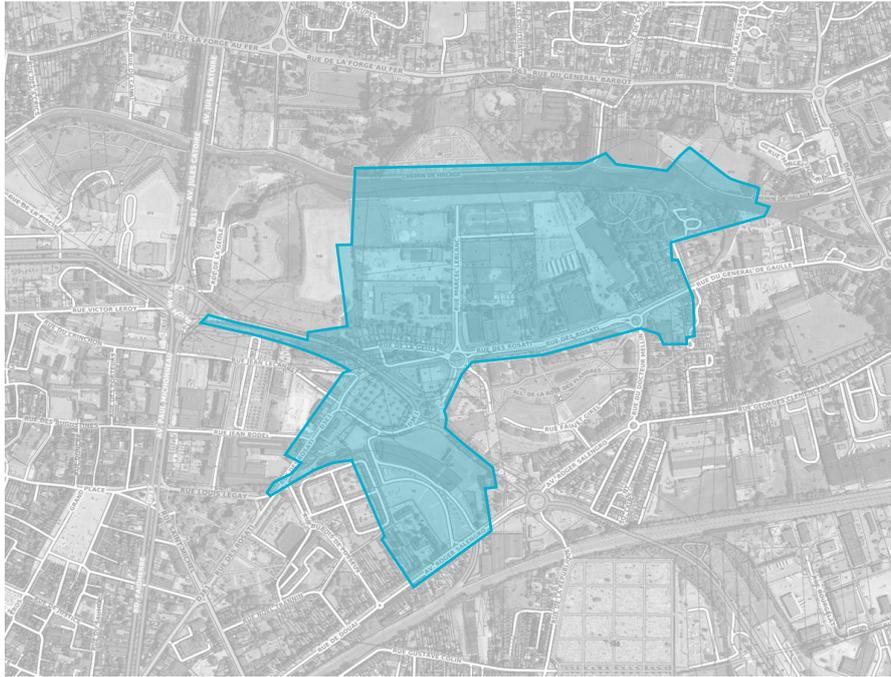


Figure 4: Localisation de la commune de Saint Laurent Blangy et du site d'étude

Le projet se situe au Sud-ouest du territoire communal à proximité de la Scarpe.



3.2. Périmètre de l'étude



Le projet couvre une superficie de 15 hectares et s'inscrit en continuité du nouveau quartier dénommé « Val de Scarpe1 ».

Aujourd'hui, le secteur est composé d'une dizaine d'habitation, d'équipements (Centre des expositions), ainsi que de plusieurs entreprises avec une diversité de typologie (Activités économique, Locaux tertiaires dédiés aux chambres consulaires). Des espaces de friche non bâti sont également présents.

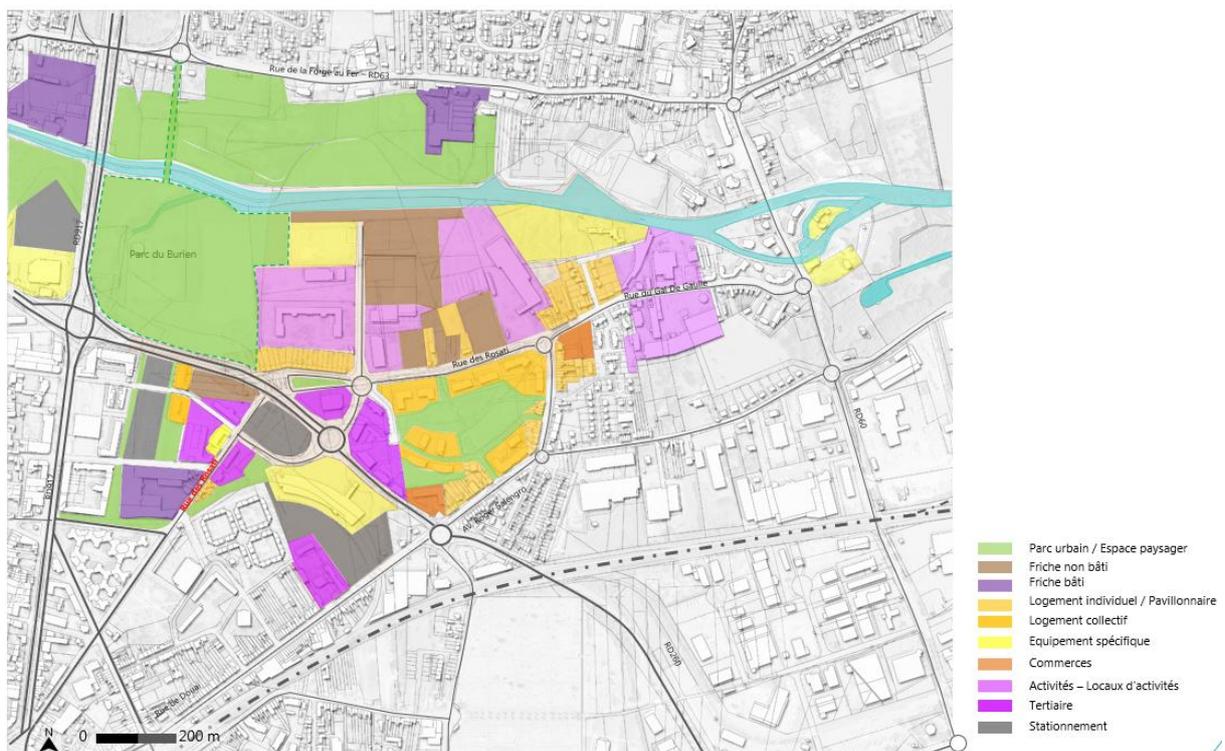


Figure 5 : Occupations actuelles du site

3.3. Les contraintes du site

- Milieux naturels du site

Aucune Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et floristique n'interfère avec le périmètre de l'aire d'étude ni ne se situe à proximité.

L'aire d'étude retenue n'interfère pas avec un site Natura 2000.

- Trame verte et bleue (SRCE)

L'atlas présenté par le SRCE ne fait pas mention pour la zone considérée de son insertion dans une sous-trame de la Trame Verte et Bleue. Seule la Scarpe fait partie d'un corridor écologique.

- Gestion de l'inondabilité

La zone d'étude est potentiellement sujette aux risques de débordement de nappe.

3.4. Programmation

L'opération d'aménagement de la ZAC Val de Scarpe 2 est un projet d'aménagement qui a pour vocation d'être un quartier mixte. Sur la surface totale de 15 ha, le projet prévoit un peu plus de 44 070 m² de Surface de Plancher (SDP).

Même si les affectations de chacune des parcelles ne seront connues qu'après acquisition, l'objectif est d'aboutir à une répartition proche de la suivante :

- 3 % de services
- 9 % de loisirs
- 69 % de logement (dont environ 8% de maison de ville ; 23% de logements intermédiaires ; 38% de petits collectifs)
- 18 % de bureaux

3.5. Estimation des besoins du projet

En l'état d'avancement du projet, il nous est impossible de définir avec exactitude les consommations futures des bâtiments. Celles-ci dépendent en effet de la réglementation, qui pourrait évoluer avant que le projet ne soit achevé (la RE2020 ne concerne pour l'heure qu'une partie des bâtiments projetés), et surtout des usages spécifiques des constructions.

Les estimations présentées ci-dessous ont pour objectif de donner un ordre de grandeur.

⇒ **Pour les bâtiments**

Les besoins énergétiques des bâtiments ont été évalués à partir d'hypothèses de consommations énergétiques de bâtiments respectant selon le cas les réglementations RE2020 ou RT 2012, réglementation en vigueur selon la typologie du bâtiment.

Les surfaces bâties à considérer dans le calcul sont également définies dans les arrêtés d'application de la RE2020 et de la RT2012, mais elles seront confondues ici avec la Surface De Plancher (SdP) au regard de la précision des données de programmation voulue par l'étude.

Les besoins électriques des bâtiments comprennent l'ensemble des besoins des équipements électriques, à savoir les postes réglementaires au sens du calcul thermique (chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, ventilation et auxiliaires, mobilité des occupants), ainsi que les consommations engendrées par les autres équipements des bâtiments :

Bâtiments soumis à la RE2020 :

	Logements individuels	
	Par m ²	Pour 3 740 m ² de SDP
Besoins en eau chaude	27 KWhep/m ² /an	101 MWhep/an
Besoins en chauffage	40 KWhep/m ² /an	150 MWhep/an
Besoins en électricité réglementaires	8 KWhep/m ² /an	30 MWhep/an
Besoins en électricité non réglementaires	67 KWhep/m ² /an	250 MWhep/an
Total	142 KWhep/m²/an	531 MWhep/an

	Logements collectif	
	Par m ²	Pour 27 005 m ² de SDP
Besoins en eau chaude	32 KWhep/m ² /an	864 MWhep/an
Besoins en chauffage	48 KWhep/m ² /an	1 296 MWhep/an
Besoins en électricité réglementaires	5 KWhep/m ² /an	135 MWhep/an
Besoins en électricité non réglementaires	62 KWhep/m ² /an	1 674 MWhep/an
Total	147 KWhep/m²/an	3 970 MWhep/an

	Tertiaire : bureaux	
	Par m ²	Pour 7 917 m ²
Besoins en eau chaude	5 Kwhep/m ² /an	40 MWhep/an
Besoins en chauffage	50 Kwhep/m ² /an	396 MWhep/an
Besoins en électricité réglementaires	30 Kwhep/m ² /an	237 MWhep/an
Besoins en électricité non réglementaires	60 Kwhep/m ² /an	475 MWhep/an
Total	145 Kwhep/m²/an	1 148 MWhep/an

Bâtiments soumis à la RT2012 :

	Service / tertiaire / Commerces >500 m ²	
	Par m ²	Pour 1 407 m ² de SDP
Besoins en eau chaude	5 KWhep/m ² /an	7 MWhep/an
Besoins en chauffage	64 KWhep/m ² /an	90 MWhep/an
Besoins en électricité	118 KWhep/m ² /an	166 MWhep/an
Total	187 KWhep/m²/an	263 MWhep/an

Réglementation :

La loi d'Orientation des mobilité (LOM) oblige le pré-équipement (précâblage) des parkings et bâtiments afin de faciliter la recharge des véhicules électriques à l'avenir. Cela concerne 100% des places de parking (>10 places) à usage résidentiel et 20% des places de parking (>200 places) non résidentiel.

En tenant compte de ces orientations, nous estimons que les besoins futurs en matière de recharge pour les véhicules électriques dans le quartier peuvent être évalués en cohérence avec les perspectives énoncées par la LOM.

Ainsi pour le calcul des besoins énergétiques, les hypothèses suivantes ont été posées :

- L'ensemble des bornes électriques seront utilisées en exploitation des logements
- Nous partirons sur l'hypothèse de 50% des places de logements collectifs équipés de borne de recharge et 20 % des places de services/commerces et loisirs

PARKING	NB log	Nb parking
Services / Tertiaire /Commerce	0	48
Loisirs / activités	0	34
Maison de ville 250m ²	46	91
Maison appartement	228	341
Villa urbaine / collectif	309	464
TOTAL	582	978

Ainsi cela représente environ 465 places équipés de borne électrique

- Trajet journalier effectué en véhicule électrique de l'ordre de 40 km, 6 jours / 7
- Consommation moyenne d'un véhicule électrique : 20kWh/100km¹
- Coefficient de conversion d'énergie finale à énergie primaire = 2,30

Poste	Besoin (MWhef/an)	Consommation (MWhep/an)
Borne électrique de recharge	1161	2669

La consommation totale des bornes électriques de recharge sur une année est de 2 669 MWhep/an.

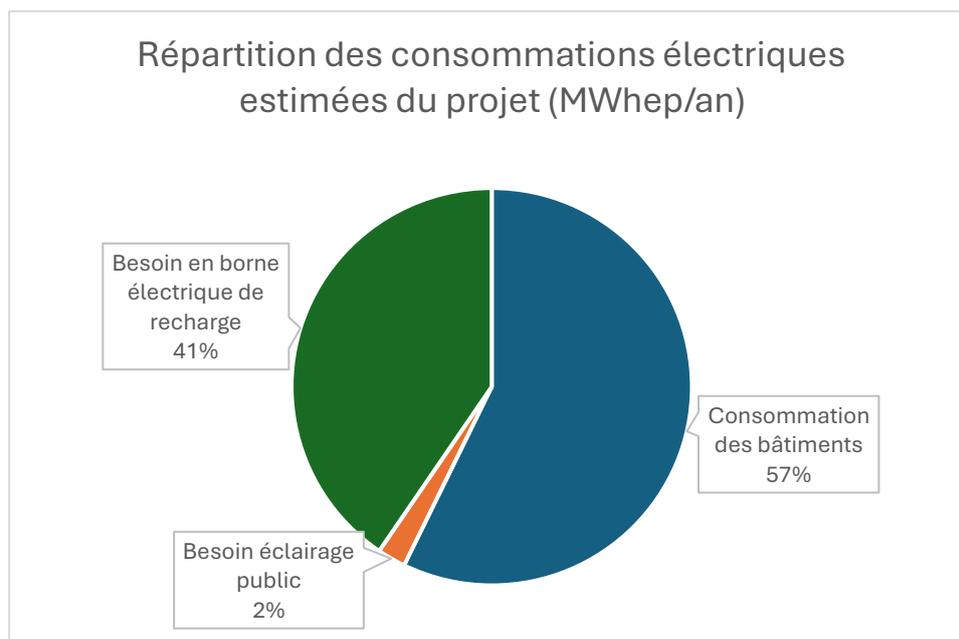
⇒ Bilan des besoins énergétiques du projet :

	Projet d'aménagement global
Chaleur	3 339 MWhep/an
Electricité (tous usage confondus)	6 593 MWhep/an
Consommation globale	9 933 MWhep/an

¹ Parc de véhicules électriques en France : [Microsoft Word - Parc de véhicules électriques - Perspectives de consommation électrique VF 22-01-2022.docx \(pnc-france.org\)](#)

	Répartition électrique du projet d'aménagement (MWhep/an)
Consommation des bâtiments	3 772
Besoin éclairage public	151
Besoin en borne électrique de recharge	2669
Consommation globale	6 593

Conclusion :



La consommation globale électrique de la ZAC Val de Scarpe2 sur une année est estimée à 6 593 MWhep/an. Elle comprend les besoins électriques des bâtiments, de l'éclairage public ainsi que les besoins énergétiques des transports électriques.

Les bâtiments représentent environ 57 % de la consommation globale sur une année. Les ratios utilisés dans cette étude, tirés du référentiel énergie carbone, comprennent seulement les usages hors besoins de chaleur (chauffage + eau chaude). Ainsi, les différents usages domestiques se révèlent très consommateurs d'électricité.

L'éclairage public représente 2 % des consommations annuelles. Ceci s'explique par un usage raisonné de l'éclairage pendant la nuit (extinction des lumières sur les périodes d'inactivité) et le progrès des technologies LED. Pour information, les anciens systèmes d'éclairages public (lampes à décharges) consommaient 3 fois plus pour une efficacité lumineuse plus faible. Leur commercialisation est désormais proscrite depuis avril 2015.

Les bornes de recharges électriques représentent environ 41 % de la consommation électrique totale. Cette estimation sous-entend que la moitié des places résidentielles disponibles sur le site et 20% des places non résidentielles seront occupés par des véhicules électriques appelant ainsi des pics de puissances en fin de journée.

Note sur la relation entre puissance installée et énergie produite/consommée

La puissance, dite nominale, d'une installation est la quantité d'énergie qu'elle peut produire pendant un temps donné, sous des conditions optimales. Le choix d'un raisonnement en puissance (kW) ou en énergie (kWh) dépendra surtout des ratios de production des différentes techniques, qui s'expriment le plus souvent sous l'une ou l'autre de ces formes. Le passage de l'un à l'autre ne sera toutefois pas forcément pertinent sans hypothèse sur les variations de besoins/production au cours d'une année. En effet, une puissance qui peut sembler élevée au regard des besoins annuels moyens peut juste suffire à assurer les besoins en période de forte demande (hiver). A l'opposé, une puissance qui paraît correspondre aux besoins peut ne pas suffire en période de forte demande, une puissance d'appoint supplémentaire étant alors nécessaire.

En résumé, pour les ratios précédents, ceux exprimés en puissance auront tendance à surestimer les besoins en énergie, tandis que ceux exprimés en énergie auront tendance à sous-estimer les besoins en puissance.

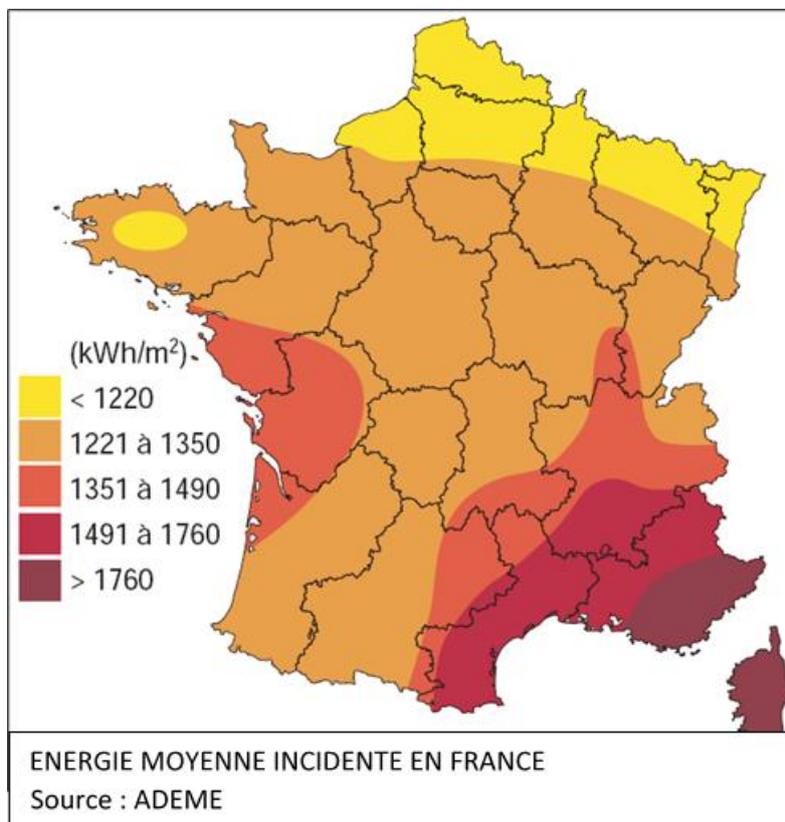
4. OPPORTUNITES DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

4.1. L'énergie solaire

L'utilisation du rayonnement solaire comme source d'énergie a aujourd'hui deux domaines d'application :

- la production de chaleur
- la production d'électricité

La productivité des installations dans ces 2 domaines dépend directement de l'intensité moyenne du rayonnement sur une zone considérée, l'énergie produite ou récupérée étant plus ou moins proportionnelle à l'énergie naturellement reçue. Des cartographies existent pour évaluer ce rayonnement annuel moyen en fonction de la zone géographique, sans tenir compte de paramètres locaux propres à chaque secteur (brouillard, relief, etc.) comme l'illustre celle ci-contre.



L'intérêt de telles cartographies est limité puisqu'elles ne montrent que l'énergie naturelle incidente, et non l'énergie récupérée. Elles permettent néanmoins d'avoir une idée de l'énergie maximale récupérable (s'il n'y avait pas de pertes entre le captage et l'utilisation finale) selon les zones géographiques.

Certaines cartes établissent tout de même une corrélation avec la production d'énergie résultante par des installations standards, en particulier dans le cas de la production d'électricité.

a. L'énergie solaire passive

Le solaire passif est la moins chère des méthodes d'exploitation de l'énergie solaire et c'est également l'une des plus efficaces. Le solaire passif fait référence à l'approche du bioclimatisme. Ce concept exploite l'énergie solaire par la configuration du bâti, son orientation, l'ouverture et la protection des façades exposées sud, les zones tampon au nord, ... Cette énergie est directement liée au plan masse de la ZAC et à l'organisation des bâtiments sur chaque parcelle.

Application au projet :

Sur le plan masse, la plupart des bâtiments sont exposés sud ce qui correspond à l'approche bioclimatique. Dans la réalisation du projet il sera important de faire attention aux masques potentiels des bâtiments entre eux afin de maximiser les apports en énergie solaire passive.

b. La production de chaleur par panneaux solaires thermiques

L'énergie du rayonnement solaire infrarouge est directement captée et stockée, sous forme de chaleur, dans un fluide caloporteur. Ce fluide transmet ensuite sa chaleur à l'eau sanitaire (cas du chauffe-eau solaire individuel ou CESI) ou en même temps à l'eau de chauffage (cas des systèmes solaires combinés ou SCC), par un échangeur de chaleur (sorte de plaques ou tuyaux permettant l'échange de chaleur sans contact entre les fluides).

Cette énergie peut aussi servir de source chaude aux systèmes thermodynamiques de climatisation solaire. Différents procédés existent, à absorption, à adsorption ou à dessiccation/évaporation.

Enfin, des installations solaires permettent la concentration des rayons solaires pour chauffer un fluide jusqu'à évaporation, et ensuite entraîner une turbine pour produire de l'électricité. Ces systèmes de fortes puissances sont des projets à part entière, au même titre qu'un parc éolien par exemple, et sauraient difficilement trouver leur place en milieu urbain, indépendamment du potentiel du site. On peut citer pour information :

Les systèmes Dish Sterling à concentrateurs paraboliques et moteur Sterling au foyer (photo : prototype à Odeillo en Espagne)



Les centrales à capteurs cylindro-paraboliques (photo : centrale LUZ en Californie de 354 MW)

Les tours solaires (photo : centrale à héliostat de 35 MW à Séville en Espagne)



La chaleur devant être consommée localement, elle doit donc être stockée pour être restituée aux moments voulus. La question du stockage de la chaleur inclut aussi la température de l'eau de chauffage désirée et la couverture des besoins en fonction du volume d'eau stockée (en tenant compte des pertes de chaleur de l'installation). Ainsi, pour un même ensoleillement et une même surface de capteurs, la couverture des besoins pourra varier fortement selon le dimensionnement de l'installation en aval.

Quelques exemples de capteurs solaires, variant par leur forme, leur mise en œuvre, leur performance et leur application.

Les capteurs plans vitrés, les plus communs, qui peuvent servir à la production d'ECS et au chauffage avec appoint. Ils peuvent être intégrés à la toiture ou fixés dessus en surimposition.



Les capteurs sous vides, rigides, qui possèdent en général un rendement meilleur que les capteurs plans pour des températures plus élevées (au-dessus de 30°C), et peut servir au chauffage, à la production d'ECS et dans des systèmes de climatisation solaire

Les capteurs à absorbeurs métalliques, non vitrés, semi-rigides et moins souples que les capteurs moquettes, mais avec un meilleur rendement. Ils peuvent par exemple servir au préchauffage de l'ECS. Ils permettent en outre une bonne intégration au bâti, notamment pour des bâtiments existants, mais ne sont pas orientables.



Les capteurs dits « moquette » non vitrés, sont souples mais ont un mauvais rendement. Ils peuvent par exemple servir au chauffage de l'eau d'une piscine, mais pas à la production d'ECS.

Remarque : Les besoins en ECS des logements étant relativement importants, il est particulièrement intéressant d'installer de tels systèmes sur les toitures de ce type de bâtiments. Dans le cas de bâtiments tertiaires ou d'établissements scolaires, les besoins en ECS sont généralement relativement faibles et diffus. Il est donc moins judicieux d'installer de tels systèmes sur les toitures de bâtiment accueillant ce type d'activités. Pour ceux-ci, il est plus avantageux de dédier les toitures à la mise en place de solutions photovoltaïques.

Application au projet :

Etant donné la programmation, la densité du projet et les surfaces de toiture potentiellement disponibles (soit la totalité des toitures hors équipements techniques), les solutions de récupération de chaleur par panneaux solaires de type capteurs plans ou capteurs sous vide semblent privilégiées pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire (ECS).

Un calcul très simplifié montre que :

Energie fournie par 1 m² de panneau solaire thermique plan sur une année : 500 kWh/m².an¹.

Ci-dessous la surface de panneau solaire thermique nécessaire pour répondre aux besoins du projet :

	Besoins globaux en chauffage et ECS	Surface de panneau correspondant au besoin global
Logement, activité, service	3 339 MWh/an	6 680 m ²

Afin de couvrir l'ensemble des besoins en chauffage et en ECS du projet, il faudrait donc équiper **environ 27%** des toitures des bâtiments en panneau solaire thermique.

Nota : le calcul ci-dessus est très approximatif, puisqu'il est basé sur des besoins annuels en chaleur, alors que la surface de panneaux et le volume de l'élément de stockage de la chaleur doivent être définis en fonction des variations journalières, voire saisonnières, des besoins. En pratique, même si l'énergie récupérée sur une année équivaut aux besoins, l'installation suffit rarement à satisfaire les besoins en chauffage en périodes de pointe journalières ou annuelles (couverture des besoins de l'ordre de 30 à 40% en Hauts-de-France, le reste étant couvert par un chauffage d'appoint).

Premières conclusions

La technologie solaire thermique est une solution au potentiel à priori intéressante compte tenu des besoins du projet mais dont la rentabilité reste à préciser à l'échelle du bâtiment, en fonction de la forme du bâti et de l'usage (chauffage, ECS ou les 2 à la fois) et de la solution d'appoint choisie.

En zone à majorité résidentielle, les surfaces de toitures développées par rapport à la SdP ne sont pas très importantes ce qui peut être un frein au déploiement de cette technologie. Ainsi l'implantation des bâtiments et leurs morphologies pourront être optimisées pour maximiser la surface des panneaux installables en toiture, par des études à l'échelle du site ainsi que de chaque bâtiment.

Un travail devra également être fait en parallèle de l'élaboration du plan masse sur les hauteurs et orientations de bâtiments, afin d'accroître les potentialités d'utilisation de l'énergie solaire, et favoriser le chauffage naturel par simple respect de la bioclimatique.

¹ Des opérations répertoriées par l'ADEME pour du logement collectif dans différentes régions de France donnent des valeurs allant de 430 à 790 kWh/m².an, sans lien direct apparent avec la localisation des projets.

▪ Le potentiel de production local d'électricité

L'ensoleillement dans le secteur de Saint Laurent Blangy, se situe, d'après différentes cartes, aux alentours de 1100-1200 kWh/m².an.

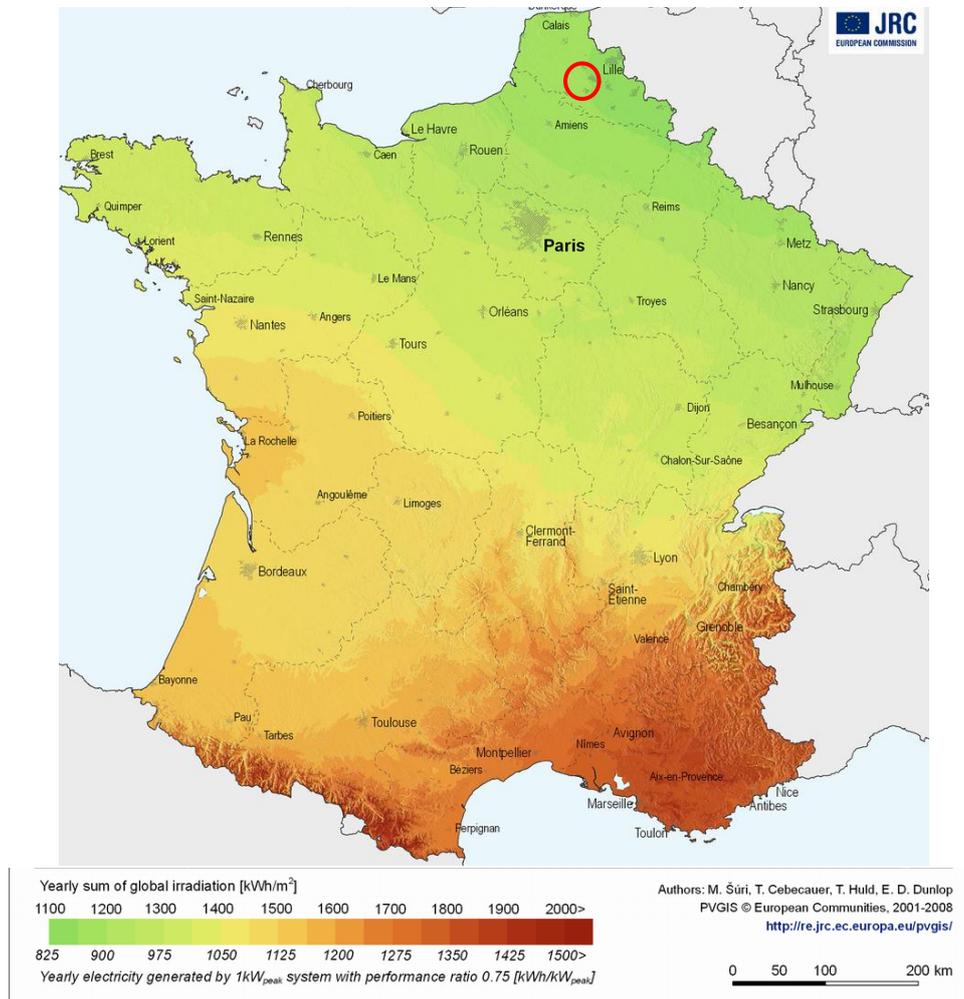


Figure 6: Irradiation globale et potentiel solaire électrique

Une estimation basée sur le logiciel du PVGIS1 (PhotoVoltaic Geographical Information System) permet une évaluation rapide du potentiel de production d'installations photovoltaïque standard au kWc de puissance installée².

Les hypothèses sont les suivantes :

- technologie des capteurs : silicium cristallin
- puissance nominale installée : 1 kWc
- pertes du système (câbles, onduleur,...) : 14% (valeur par défaut du logiciel)
- pertes globales du système (calculée par le logiciel en ajoutant les pertes dues à la température, à la réflexion,...) : 19%
- panneaux intégrés au bâti
- inclinaison des panneaux optimisée sur l'année (environ 35° par rapport à la verticale)
- orientation plein Sud
- pas de système d'héliostat (pas de suivi de la trajectoire du soleil) – un tel système, que l'on trouve dans les centrales solaires, permet des gains de productivité de l'ordre de 30%.

¹ <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php>

² 1 kWc de puissance installé correspond à environ 10 m² de panneaux en silicium cristallin.

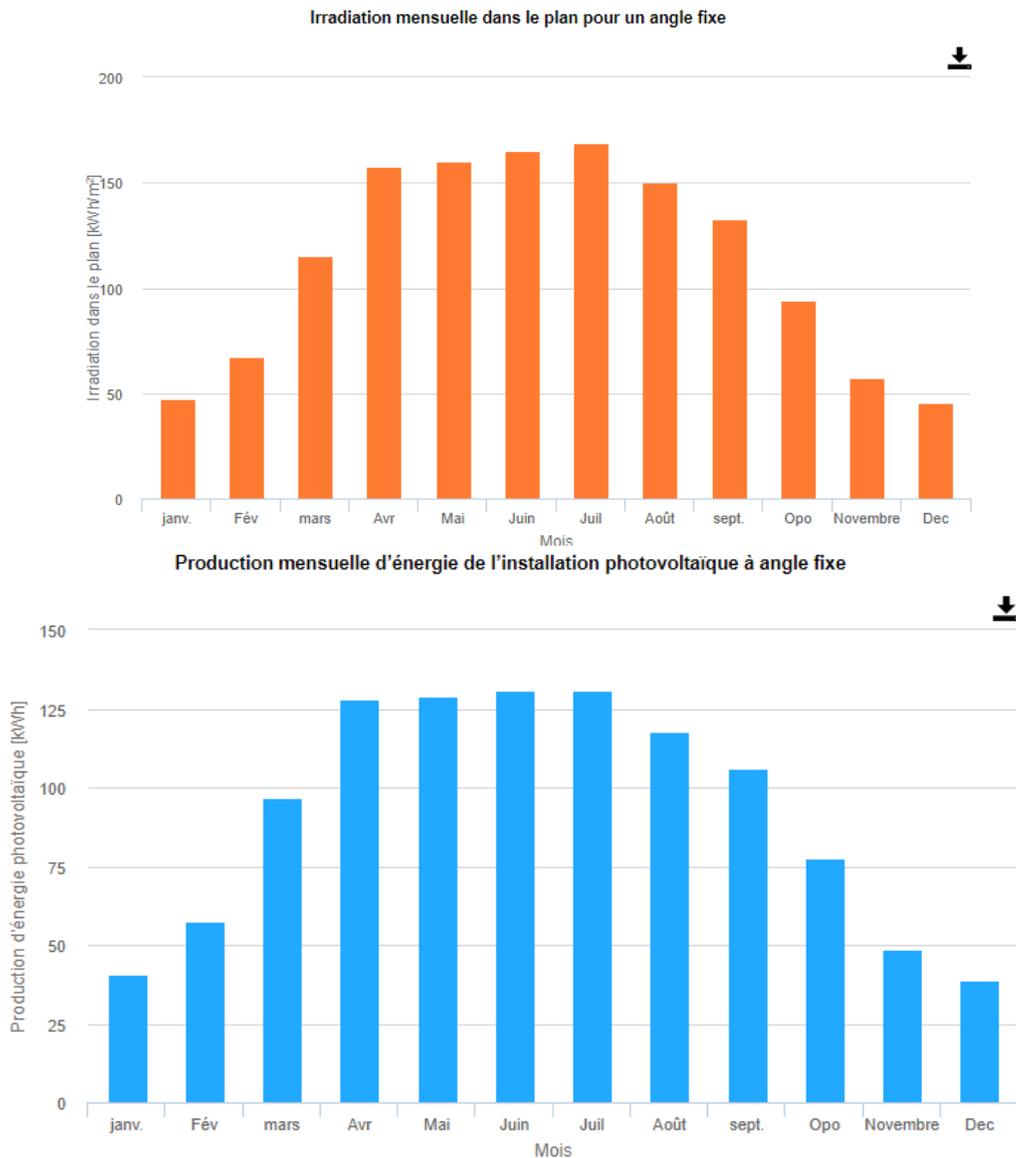


Figure 7: Valeur moyenne d'irradiation et d'ensoleillement dur le secteur du projet

Ainsi sur une année, l'irradiation annuelle est de 1382.96 kWh/m² et la production annuelle d'énergie photovoltaïque est de 1116.22 kWh. La variabilité irradiation estimée d'une année sur l'autre est de 51.15 kWh.

Les valeurs de production sont données par une formule du type $E = k.P.H$, où :

- E est l'énergie électrique produite par l'installation en kWh/m²,
- k est le rendement de l'installation hors pertes des capteurs, appelé aussi facteur de conversion (en pratique de l'ordre de 75%),
- P est la puissance nominale de l'installation (1 kWc),
- H est l'irradiation reçu par le module en kWh/m².

L'estimation ci-dessus donne donc une productivité de 1116 kWh.an, soit, rapporté au m² de panneau installé, de l'ordre de 112 kWh/m².an (panneau en silicium cristallin), (soit environ 8% de l'énergie incidente), en comptant les pertes de l'installation (les ordres de grandeurs restent semblables pour d'autres types de technologie pour les capteurs des panneaux, comme les capteurs amorphes).

Les besoins en électricité du projet s'élevant à 6 593 MWh/an, il en résulte une surface de panneaux nécessaire de 59 066 m².

La nouvelle réglementation concernant les parcs de stationnement (articles L. 171-4 du Code de la construction et de l'habitation et L. 111-19-1 du Code de l'urbanisme entrés en vigueur le 1er juillet 2023), impose d'intégrer des **dispositifs végétalisés** ou des **ombrières** concourant à l'ombrage des parcs de stationnement (>500m²) sur **au moins la moitié de leur surface**. Si lesdits parcs comportent des ombrières, celles-ci intègrent un procédé de **production d'énergies renouvelables sur la totalité de leur surface**.

Ainsi les parcs de stationnement peuvent participer à la production d'électricité à partir de panneaux solaires sur ombrières. La surface de parking estimée sur le plan guide est de 21 166 m². Ainsi dans l'hypothèse où la moitié des parkings utilise une solution d'ombrage par ombrière sur la moitié de leur surface (comme le prévoit la réglementation), cela peut permettre une surface d'environ 5 292 m² pour la production d'électricité photovoltaïque.

Afin de couvrir l'ensemble des besoins en électricité, il faudrait en complément des ombrières avec panneaux photovoltaïque équiper environ **53 774 m²** de toiture. Cette surface représente environ 2 fois la surface de toiture disponible sur le projet.

Une source d'énergie complémentaire sera donc nécessaire pour participer à diminuer les surfaces utilisées pour le photovoltaïque.

A l'heure actuelle, le recours au photovoltaïque est d'autant plus intéressant si l'énergie est consommée sur place. En effet, financièrement, la revente de l'électricité produite est moins rentable que l'autoconsommation en raison du faible prix de rachat et du prix croissant de l'électricité. Cela implique que la production d'électricité photovoltaïque doit être en adéquation avec les consommations du bâtiment. Une étude spécifique à l'échelle de chaque bâtiment, devra donc être menée pour déterminer la pertinence de cette solution pour le projet.

Premières conclusions

Comme pour la technologie solaire thermique, le solaire photovoltaïque est une solution au potentiel a priori intéressante mais dont la rentabilité reste à préciser. De plus, la faible surface de toitures due à la programmation peut représenter un frein au déploiement.



Panneaux photovoltaïques en surimposition sur toiture existante en bacs acier - puissance de 7,35 kW (Lyon, 2006)



Membrane photovoltaïque amorphe sur toiture des entrepôts Sisley à Saint-Ouen-l'Aumône (95) - surface de 35000 m², puissance estimée à 848 kWc (source : cahiers techniques du bâtiment n°305 – avril 2011)



Panneaux photovoltaïques en 2010 sur la toiture du club house du Golf de Mérignies (59) – puissance de 7,7 kWc

4.2. L'énergie éolienne

a. La production d'électricité par éolienne

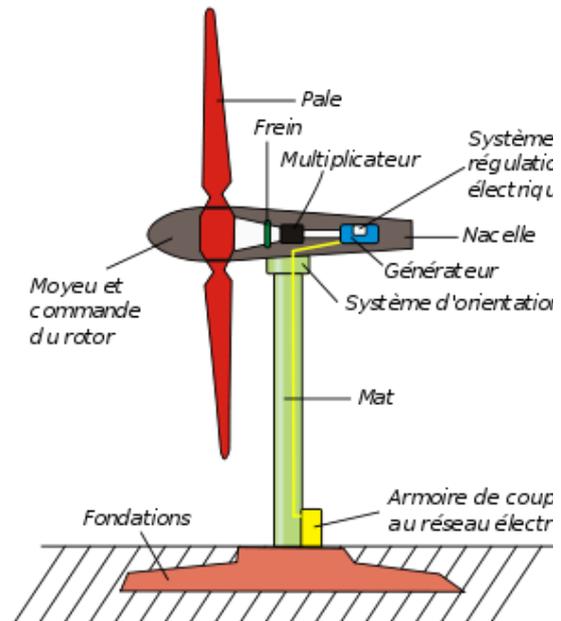
Une éolienne est un dispositif visant à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique utilisable soit directement, dans le cas de pompes, soit pour produire de l'électricité dans le cas d'aérogénérateurs.

Quelques types d'éoliennes :

- **Les éoliennes à axe horizontal** : les plus répandues, à la conception la plus simple et au rendement globalement meilleur. Elles utilisent l'effet de portance sur leurs pales pour leur mise en mouvement (comme les ailes d'avion). Elles doivent être orientées dans la direction du vent et sont pour cela souvent couplées à un système d'orientation.



Eolienne de type Darrieus à axe horizontal en toiture à Equihen en France (puissance : 6 kW)
(source : H2-développement)



Eolienne à axe horizontal du lycée Léonard de Vinci à Calais hauteur 35 m, puissance 132 kW (source : ARENE)

- Les éoliennes à axe vertical

On peut distinguer 2 grands types :

Eoliennes de type Savonius : elles sont constituées de 2 demi-godets légèrement désaxés. Elles sont peu bruyantes, peuvent démarrer à des vitesses de vent faibles et ont un couple important quoique variable au cours de la rotation. L'augmentation rapide du poids avec la puissance fait qu'elles sont peu adaptées à la production de grande puissance. Des variantes à écran ou à voileure existent, ou les pales sont orientées selon la direction du vent. Elles ont un rendement assez faible.



Source : Pcon



Source : Quietrevolution

Eoliennes de type Darrieus : elles utilisent l'effet de portance sur des profils dépassant de l'axe du rotor. Leur inconvénient majeur est qu'elle nécessite une force extérieure, comme un moteur, au démarrage.

L'exploitation de l'énergie éolienne pour la production d'électricité peut se faire à petite échelle par des éoliennes de faibles ou moyennes puissances dites « urbaines » (de quelques kW à quelques centaines de kW on parle de micro, petit ou moyen éolien), ou à plus grande échelle grâce à des parcs éoliens composés de plusieurs éoliennes de plusieurs MW.

En dehors de l'électrification rurale des zones non reliées au réseau électrique national, la production à petite échelle reste limitée à l'alimentation de particuliers, et nécessitent alors l'emploi de batteries. La connexion au réseau permet d'y injecter l'électricité produite sans recourir aux batteries, mais s'avère en général d'autant moins rentable que la puissance de l'installation diminue. Elle permet néanmoins une meilleure intégration aux projets d'aménagement, sous réserve de connaître ou d'évaluer les caractéristiques du vent sur chaque projet.

b. Les documents régionaux d'aide à la décision

Le Schéma Régional Eolien :

Le « Schéma Régional Eolien » est annexé au Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) du Nord Pas de Calais adopté en juin 2012. Il comporte une phase d'état des lieux, et l'énonciation des stratégies d'implantations et de recommandations.

La partie « Etat des Lieux » croise les données relatives au gisement éolien avec les contraintes techniques (lignes RTE, servitudes aériennes, ...), paysagères, et environnementales (zones sensibles ornithologiques) pour en déduire les zones propices ou non à l'implantation d'éoliennes.

Des zones favorables au développement de l'énergie éolienne sont ainsi définies, elles correspondent aux territoires présentant des enjeux faibles à modérés, ou des enjeux assez forts dans laquelle une vigilance sera nécessaire des cartes précédentes.

Des études locales sont à prévoir pour évaluer la pertinence des projets éoliens et des dispositions réglementaires sont nécessaires (législation des installations classées pour la protection de l'environnement, des permis de construire éoliens).

Pour évaluer le potentiel de développement des éoliennes sur le secteur, il sera en particulier nécessaire de connaître :

- Le potentiel du vent,
- La rugosité des surfaces (forte en agglomération, moyenne pour les secteurs de bois et de forêt, faible en campagne),
- La prise en compte des enjeux paysagers.

Les documents d'urbanisme :

En l'état actuel du PLU, l'implantation d'éoliennes n'est pas interdite sauf en zone Ap : agricole protégé (non présente sur le site du projet).

Les Zones de Développement de l'Eolien :

La Zone de Développement de l'Eolien (ZDE) est un outil à disposition des collectivités, communes et EPCI, qui leur permet d'effectuer une demande, auprès du préfet, pour instaurer des périmètres préférentiels d'implantation d'éoliennes et de parcs éoliens, en définissant des seuils et des plafonds de puissances. Les ZDE permettent aux installations de bénéficier de l'obligation d'achat de l'électricité produite, à des tarifs fixés par décret ministériel supérieurs au prix de vente de base.

La loi Brottes, adoptée le 11 mars 2013 a supprimé la procédure de création de ZDE et promulgue que l'autorisation d'exploiter les ICPE doit « tenir compte » des « parties favorables » à l'éolien définies par les schémas régionaux de l'éolien. Elle supprime également la règle des cinq mâts¹.

¹ Pour bénéficier de l'obligation d'achat, les parcs éoliens devaient constituer des unités de production composées d'au moins 5 éoliennes.

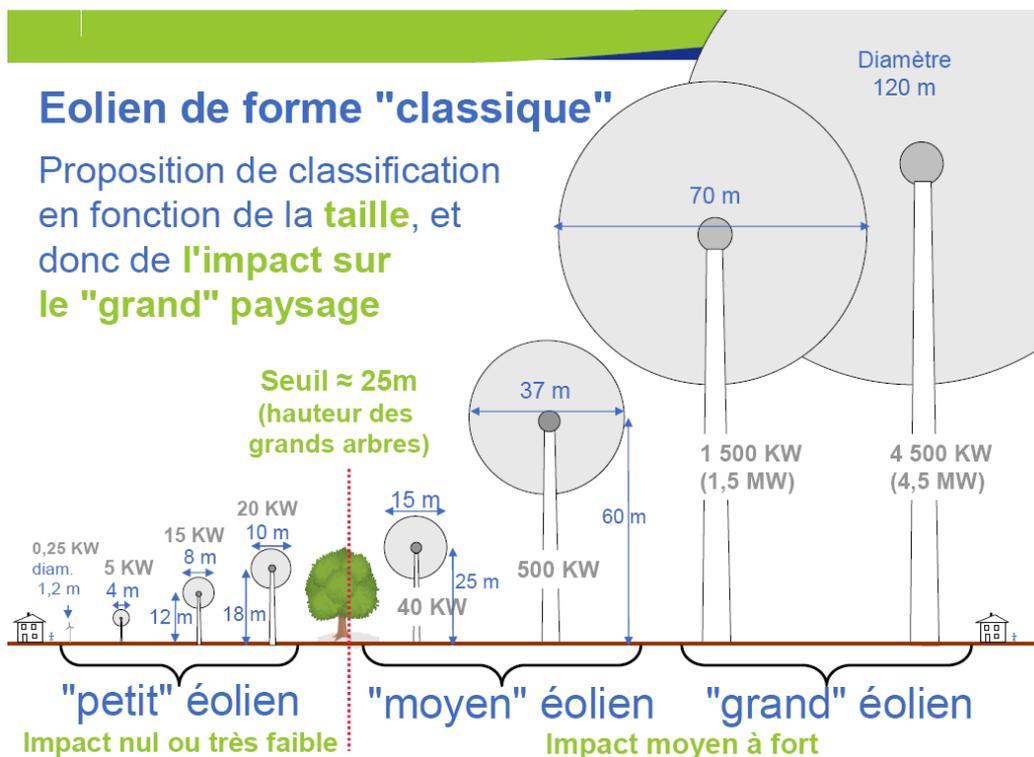
c. Règlements

Jusqu'à la loi POPE de 2005, le seuil au-delà duquel un projet éolien requérait une étude d'impact et une enquête publique était un seuil de puissance installée de 2,5 MW.

Dorénavant, il s'agit d'un seuil portant sur la hauteur des éoliennes :

- Hauteur de mât inférieure à 12 m : pas de formalité.
- Hauteur de mât supérieure à 12 m : un permis de construire est nécessaire (art. L. 421-1-1 du CU) ainsi qu'une notice d'impact¹.
- Hauteur de mât supérieure à 50 m : en plus du permis de construire, une étude d'impact² et une enquête publique sont demandées³.

		SHOB4 créée		
		< 2 m ²	Entre 2 et 20 m ²	> 20 m ²
Hauteur	< 12 m	Rien	Déclaration préalable	Permis de construire
	> 12 m	Permis de construire	Permis de construire	Permis de construire



Le code de l'urbanisme⁵ précise que la hauteur à prendre en compte, pour déterminer si un projet est soumis à permis de construire ou non, correspond à la hauteur du mât de l'éolienne et de la nacelle (sans l'encombrement des pales). Le code de l'environnement⁶ prend seulement en compte la hauteur du mât.

¹ Code de l'environnement, article R. 122-9

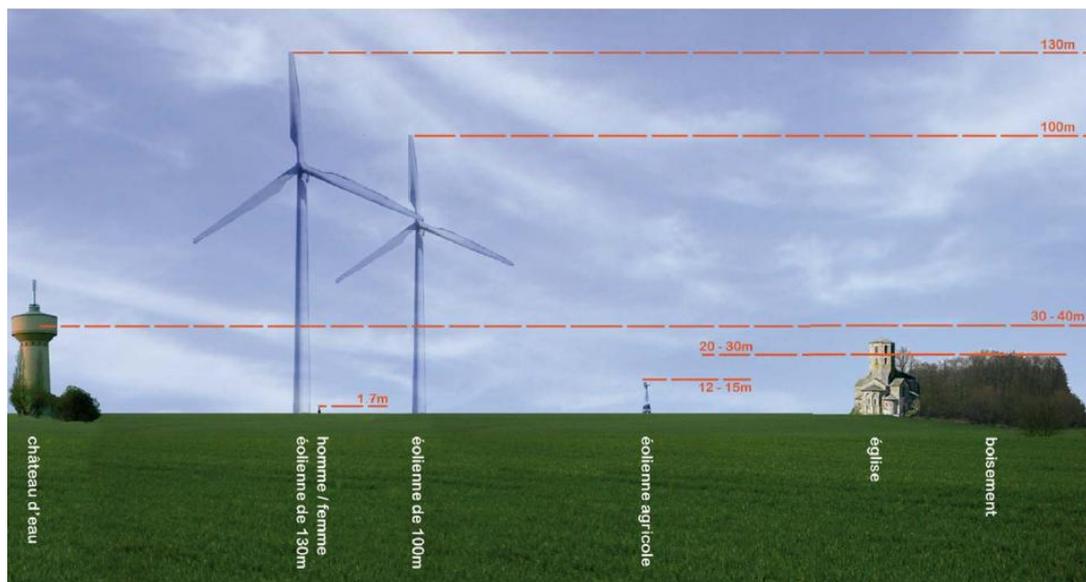
² Code de l'environnement, art. R. 122-8

³ Code de l'environnement, art. R. 123-1, annexe I

⁴ Surface hors œuvre brute (2008)

⁵ Art. L.421-1-1

⁶ Art. L.553-2



source : agence Bocage

L'autorisation pour les éoliennes de plus de 50m est aussi soumise à l'éloignement des installations d'au moins « 500m par rapport aux constructions à usage d'habitation, aux immeubles habités et aux zones destinées à l'habitation définies dans les documents d'urbanisme en vigueur à la date de publication de la même loi » (loi du 12 juillet 2010)¹.

Le classement des éoliennes comme Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Depuis la loi « Grenelle 2 » du 12 juillet 2010, les installations éoliennes sont en principe classées sous la nomenclature ICPE. Le décret d'application² crée une rubrique au sein de la nomenclature ICPE, soumettant les installations éoliennes aux régimes suivants :

- **Autorisation** : installations ayant :
 - au moins une éolienne avec un mât d'une hauteur de plus de 50m
 - des éoliennes de hauteurs comprises entre 12m et 50m et d'une puissance totale supérieure à 20 MW
- **Déclaration** : installations ayant des éoliennes de hauteurs comprises entre 12m et 50m et d'une puissance totale inférieure à 20 MW

d. Estimation de production d'électricité par éolienne

En l'absence de données locales, faisons une estimation au ratio avec des valeurs de référence. La vitesse minimale de fonctionnement d'une éolienne prise comme minimum de référence dans l'établissement d'une Zone de Développement de l'Eolien (circulaire du 19 juin 2006) est de 3 m/s. La puissance nominale des éoliennes est en général obtenue pour une vitesse de vent de l'ordre de 10 m/s. En supposant qu'une éolienne d'une puissance nominale d'1 kW fonctionne 10 % de l'année à puissance nominale (soit 880 heures), la production électrique théorique serait grossièrement de **880 kWh/kW.an**.

En prenant comme hypothèse de garder une éolienne de taille « raisonnable », disons inférieure à 12 m, d'une puissance de 15 kW, celle-ci produirait dans ces conditions **13,2 MWh/an**.

N.B : Cet ordre de grandeur est à moduler en fonction de la taille (donc de la puissance) et du type de l'installation : les grandes éoliennes ont de meilleurs rendements à puissance nominale et leur production électrique au kW installé est plus importante. Certains types

¹ Art. L553-1 du Code de l'environnement

² Décret n°2011-984 du 23 août 2011

d'éoliennes auront un rendement meilleur que les grandes éoliennes classiques à axes horizontal, pour des vitesses de vents « faibles » (< 10 m/s) ou des vents turbulents, ce qui est généralement le cas pour les petites éoliennes en milieu urbain et celles à axe vertical. Des variations importantes pouvant apparaître au sein d'une même localité, il serait nécessaire, le cas échéant, de réaliser une étude plus précise sur le site d'implantation des éoliennes pour établir un profil de distribution des vents donnant la répartition des caractéristiques du vent dans une année par rapport à sa vitesse et à son orientation.

e. Application au projet

Le Schéma Régional Eolien identifie la commune de Saint Laurent Blangy donc le site du projet en secteur non favorable au développement de l'énergie éolienne en raison des contraintes présentes.

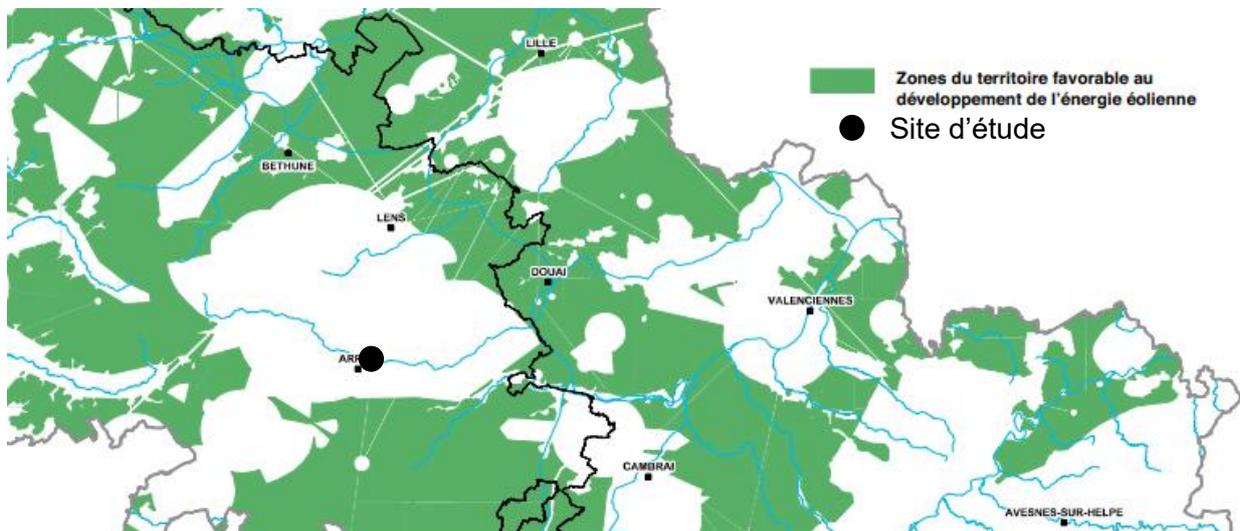


Figure 8: Zones du territoire favorable au développement de l'énergie éolienne, source : Schéma régional éolien, Nord Pas de Calais

Contraintes liées au projet

Saint Laurent Blangy se situe en zone défavorable à l'implantation d'éoliennes en raison des sensibilités et contraintes suivantes :

- Servitudes aéronautique instituées pour la protection de la circulation aérienne ;
- Servitudes radioélectriques.

Ainsi, étant donnée la proximité avec l'aérodrome d'Arras-Roclincourt qui impose des servitudes aéronautiques et les servitudes radioélectriques autour du centre d'Arras, le secteur n'est pas propice au développement des éoliennes.

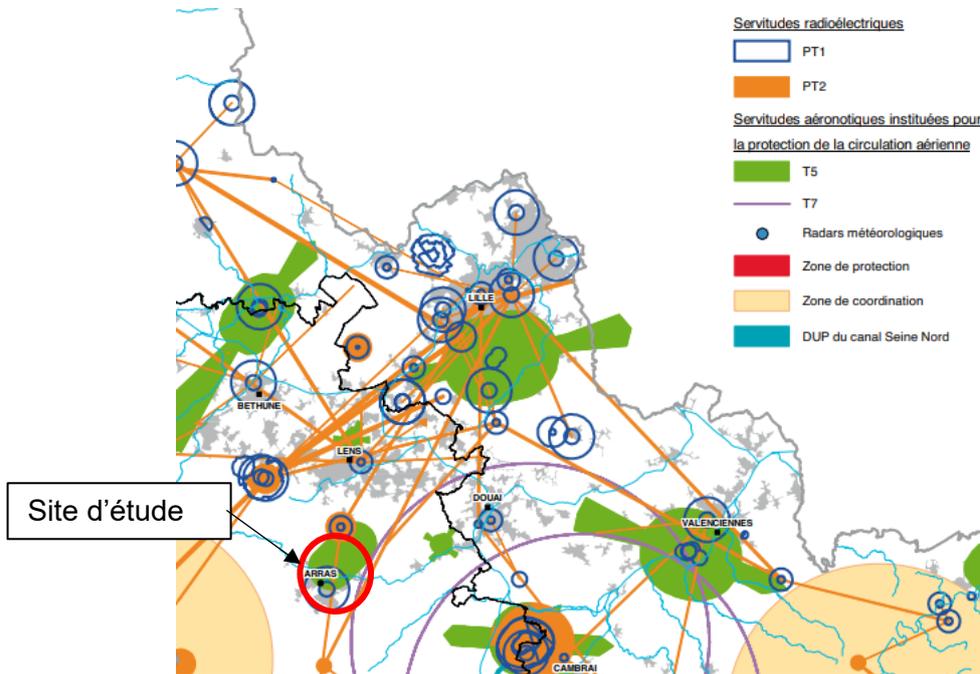


Figure 9: Servitudes et contraintes techniques, source : schéma régional éolien Nord Pas de Calais

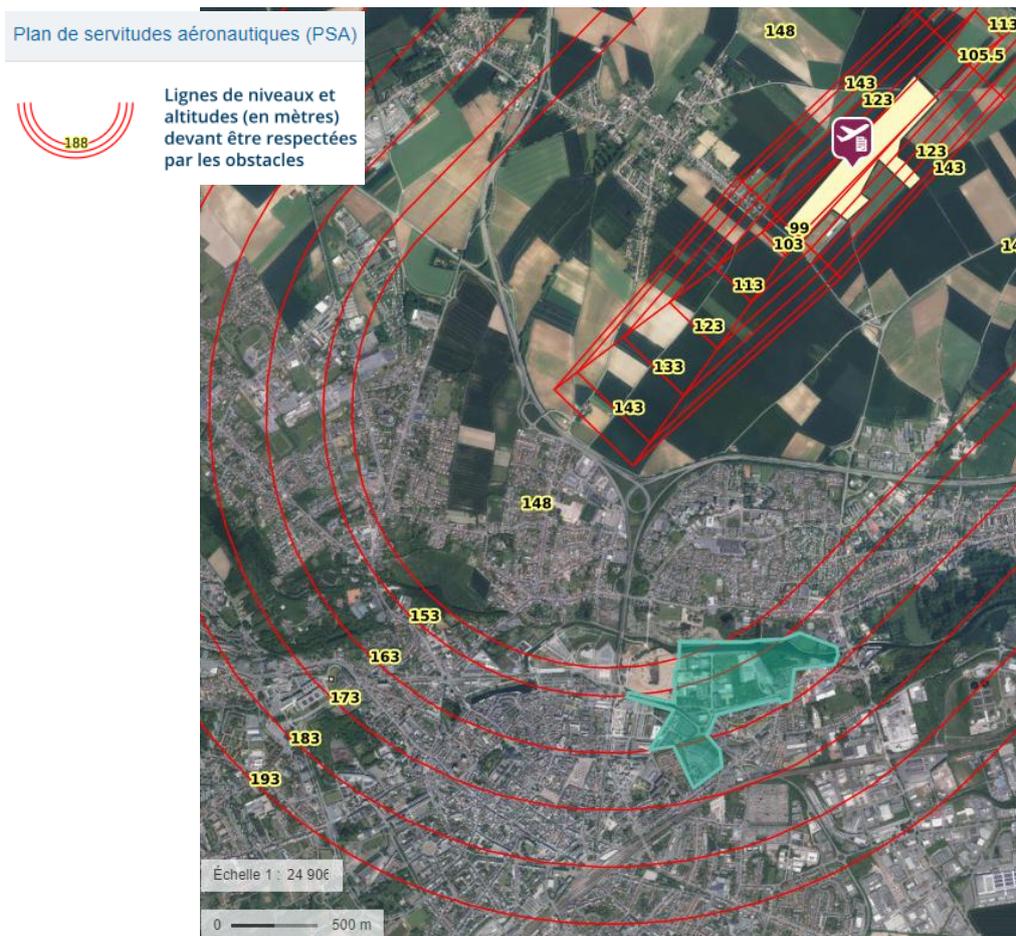


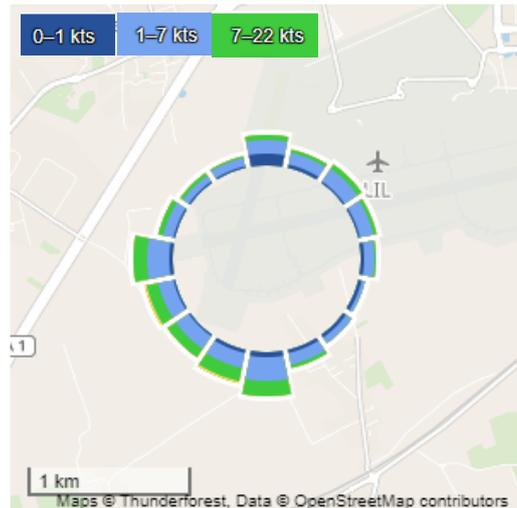
Figure 10 : Plan de servitude aéronautique source : Géoportail

Aux vues de ces contraintes, seule l'implantation de petites et micro-éoliennes (<12m) peut être envisagée.

Notons que l'implantation d'éolienne véhicule un message positif pour un projet, en lien avec les conceptions du développement durable. L'usage des voies de communication peut contribuer à renforcer cette image.

Potentiel de vent sur le site :

D'après la station météo de l'aéroport de Lille Lesquin situé à 30 km du site, les vents dominants viennent principalement du sud-ouest.



Premières conclusions :

D'après le Schéma Régional Eolien, **Saint Laurent Blangy n'est pas dans une zone favorable à l'implantation de grande éolienne** du fait de la présence de l'aérodrome. Cependant, les vents dominants du sud-ouest présentent un potentiel intéressant. L'implantation de petite et de micro-éolienne paraît envisageable. Néanmoins, la pertinence de ce dispositif apparaît limitée pour couvrir les besoins d'électricité du projet. Les petites éoliennes pourront participer à la mixité énergétique du projet. Pour le développement du petit éolien, la ressource locale demande à être affinée par des modélisations spécifiques prenant en compte la topographie et les phénomènes de turbulence dus aux bâtiments et à la végétation.

4.3. Energie Hydraulique, géothermie et hydrothermie

a. La ressource en eau de surface

La ressource en eau superficielle peut être exploitée pour la production d'électricité ou de chaleur.

Dans le premier cas, il s'agit d'utiliser le mouvement de l'eau (courant, variation du niveau d'eau) pour entraîner une turbine et un générateur qui produit de l'électricité.

Dans le second cas, il s'agit d'extraire la chaleur de l'eau et de la transmettre au fluide d'un réseau de chauffage.

Dans les deux cas, la ressource en eau est altérée, et des mesures sont nécessaires pour limiter l'impact des méthodes d'exploitations sur celle-ci.

La production d'électricité

Les techniques de production d'électricité utilisent le courant de la ressource en eau superficielle, qui permet de mettre en mouvement une turbine pour produire un courant électrique. On trouve différentes méthodes :

- La production au fil de l'eau : on utilise le courant « naturel » de l'eau en plaçant un dispositif (comprenant la turbine) au milieu du courant qui l'entraîne en rotation. Le moulin à eau a été la première application du principe, mais n'est plus guère utilisée. Les hydroliennes, sortes d'éoliennes sous-marines placées au fond d'un cours d'eau ou de la mer, reposent aussi sur ce principe et des projets sont aujourd'hui en cours de tests en France, et d'autres déjà en phase de production en Europe du Nord. La productivité de ces méthodes est tributaire du débit des courants exploités et elles sont en général employées pour des cours d'eau à faible dénivelé et à fort débit.

Enfin, le courant de réseaux d'eau artificiels, tels que les réseaux d'eau potable ou d'eaux usées, peuvent aussi servir de source de production.

- La production par retenue d'eau : le courant est créé artificiellement par un barrage qui crée une différence de niveau entre l'eau en amont du barrage et celle en aval, l'eau retenue étant « relâchée » plus bas en continu via des turbines. La hauteur de la retenue conditionne la productivité et peut aller de quelques mètres à plus de cent mètres de hauteur. Cette méthode sert aussi dans le cas des stations marémotrices, où la différence de niveau vient de la variation du niveau par la marée en aval du barrage. Ces installations occupent la majeure partie de la largeur d'un cours d'eau pour avoir une réserve d'eau suffisante, et des zones de passage sont en général aménagées pour permettre d'autres usages (passage de navires, de canoës) ainsi que des passes à poissons.

D'autres techniques exploitant la houle marine existent, mais ne seront pas évoquées ici.

Parmi les éléments importants à connaître pour établir l'intérêt d'une telle production, on peut citer :

- le débit du cours d'eau
- ses caractéristiques géométriques (largeur, profondeur)
- son usage (transport touristique, commercial, ...)
- les écosystèmes associés

Règlementation

Sont soumises à déclaration les installations pour lesquelles le prélèvement est compris entre 400 et 1 000 m³/h ou entre 2 et 5 % du débit.

Sont soumises à autorisation :

- les installations hydroélectriques qui permettent le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau d'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m³/h ou à 5 % du débit du cours d'eau
- tous les ouvrages fonctionnant par écluses ou entraînant une différence de niveau de 35 cm de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval.

En outre, comme noté plus haut ; les installations hydroélectriques sont soumises à des régimes particuliers au titre de la loi du 16 octobre 1919.

Application au projet

Sur le territoire du SAGE Scarpe amont, la puissance potentielle hydroélectrique brute annuelle est de 500 à 1000 kW sur la masse d'eau Scarpe rivière, et de 0 à 200 kW sur la partie canalisée.

Le productible potentiel brut est de 2 à 5 GWh sur la Scarpe rivière et entre 0 et 2 GWh sur le canal. Seuls quelques secteurs du bassin présentent des potentiels, qui sont par ailleurs relativement faibles.

En ce qui concerne la puissance potentielle résiduelle, elle est nulle sur la Scarpe canalisée et très faible sur le bassin de la Scarpe rivière (1 à 500 kW annuels). Le productible potentiel est entre 1 et 5 GWh sur l'ensemble du territoire.

En raison de la présence de zones humides le long des cours d'eau (Scarpe et Gy), le potentiel est considéré comme mobilisable uniquement sous conditions strictes (contraintes réglementaires et environnementales à prendre en compte).

En conclusion, **sur le territoire du SAGE le potentiel hydro-électrique est faible, du fait de la topographie du territoire qui génère des cours d'eau peu pentus et des vitesses d'écoulement relativement faibles.** (Source : SAGE Scarpe amont)

Ainsi, le potentiel de production d'hydroélectricité du site est à évaluer au regard du seul cours d'eau passant à proximité du site : la Scarpe. Il s'agit d'un cours d'eau qui prend sa source à 121 m d'altitude sur les hauteurs de l'Artois et a un débit moyen (2.6 m³/s de débit moyen annuel à Sainte Catherine-lès-Arras). D'après les conclusions du SAGE, le potentiel hydroélectrique est très faible à cause des faibles pentes et du faible débit de la Scarpe.

La production de chaleur à partir de l'eau de surface

L'eau d'une ressource superficielle (cours d'eau, lac, etc.) est pompée puis sa chaleur est en partie transférée, via une pompe à chaleur (PAC) de type dit « eau/eau », vers le fluide d'un réseau de chauffage ou d'eau chaude sanitaire.

La puissance fournie dépendra en particulier de la différence de température entre l'eau pompée et l'eau de chauffage, qui conditionne la performance de la PAC.

Cette technique est limitée par plusieurs paramètres :

- le débit du cours d'eau puisé, en particulier en période d'étiage, qui limite le débit pompé malgré le fait que l'on restitue l'eau au point de puisage.
- la qualité de l'eau pompée, qui exige une filtration préalable et dont la pollution potentielle pourrait endommager les installations.
- la qualité de l'eau rejetée, en termes chimique (pollution de l'eau) et physique (réchauffement/refroidissement) et ses impacts sur le milieu récepteur.
- la température de l'eau qui varie avec la température extérieure et qui réduit l'efficacité de la PAC en période froide (pour la même quantité d'électricité consommée par la PAC, on extrait moins de chaleur de l'eau pompée).

Règlementation

L'utilisation de la ressource en eau (prélèvement et rejet) est encadrée par le code de l'environnement, qui définit quelles opérations sont soumises à déclaration ou à autorisation. Nous pouvons citer :

- Pour le prélèvement, comme évoqué précédemment :

Rubrique 1.2.1.0 : A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9 du code de l'environnement, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe :

- D'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1 000 m³/heure ou à 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau => **autorisation**
- D'une capacité totale maximale comprise entre 400 et 1 000 m³/heure ou entre 2 et 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau => **déclaration**

Rubrique 1.3.1.0 : A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9 du code de l'environnement, ouvrages, installations, travaux permettant un prélèvement total d'eau dans une zone où des mesures permanentes de répartition quantitative instituées, notamment au titre de l'article L. 211-2 du code de l'environnement, ont prévu l'abaissement des seuils :

- Capacité supérieure ou égale à 8 m³/h => **autorisation**
- Dans les autres cas => **déclaration**

- Pour le rejet :

Rubrique 2.2.1.0 : Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux, à l'exclusion des rejets visés à la rubrique 2.1.5.0 ainsi que des rejets des ouvrages visés aux rubriques 2.1.1.0 :

- la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant supérieure à 2 000 m³/j ou à 5 % du débit moyen interannuel du cours d'eau => **déclaration**

Application au projet

La pollution potentielle du cours d'eau (mauvais état chimique de la masse d'eau de la Scarpe à Saint Laurent Blangy -SDAGE) pourrait compromettre le bon fonctionnement de l'installation des pompes à chaleur.

Premières conclusions

Aux vues des caractéristiques du cours d'eau, le potentiel recours à la production d'énergie à partir de l'eau de surface du site semble faible.

b. La ressource en eau souterraine et la géologie

Les techniques abordées ci-dessous exploitent les propriétés thermiques du sol, qui a la particularité d'avoir une chaleur relativement constante comparé à l'air extérieur, plus chaude en hiver, et plus froide en été. Ces techniques puisent la chaleur ou la fraîcheur contenue dans le sol à plus ou moins grande profondeur, et la transfère vers le fluide d'un réseau de chauffage (eau ou air), éventuellement au moyen d'une pompe à chaleur (PAC).

Selon la température de la ressource, on parlera de géothermie haute, basse ou très basse énergie. Dans le cas de la très basse énergie, voire de la basse, des pompes à chaleur sont en général utilisées pour extraire la chaleur de la ressource et la transférer au fluide de chauffage, par l'intermédiaire d'un autre fluide qui subit des transformations dites « thermodynamiques ». La haute énergie exploite directement la chaleur, soit pour la transmettre à un réseau de chaleur, soit pour la production d'électricité. Dans le cas de la présente étude, les ressources sous-terraines orienteront vers des solutions de géothermie à très basse énergie.

Parmi les caractéristiques intéressantes pour l'étude d'un potentiel géothermique, on peut citer :

- Pour la géologie : la nature des couches lithographiques au droit du site et leurs caractéristiques physico-chimiques (roches meubles ou cohérentes, humidité, perméabilité, porosité) qui définissent les propriétés thermiques du sol (capacité et conductivité thermiques).
- Pour l'hydrogéologie : la présence et les caractéristiques physico-chimiques d'un aquifère souterrain (volume, débit, position, température, composition chimique).

Le contexte du site

Contexte réglementaire

Les travaux en sous-sol sont soumis à une législation visant à contrôler les ouvrages d'une part (code minier), et à contrôler les prélèvements et les rejets d'eau d'autre part (code de l'environnement).

Le code minier impose :

- une **déclaration** par le maître d'ouvrage ou l'entreprise de forage auprès de la préfecture pour des forages d'une profondeur supérieure à 10 m
- une **autorisation** au-delà de 100 m.

Le code de l'environnement définit quelles opérations sont soumises à déclaration ou à autorisation. Nous pouvons citer :

- Pour le prélèvement :

Rubrique 1.1.1.0 : Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau => **déclaration**

Rubrique 1.1.2.0 : Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant :

- Supérieur ou égal à 200 000 m³/an => **autorisation**
- Supérieur à 10 000 m³/an mais inférieur à 200 000 m³/an => **déclaration**

Rubrique 1.3.1.0 : A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9 du code de l'environnement, ouvrages,

installations, travaux permettant un prélèvement total d'eau dans une zone où des mesures permanentes de répartition quantitative instituées, notamment au titre de l'article L. 211-2 du code de l'environnement, ont prévu l'abaissement des seuils :

- Capacité supérieure ou égale à 8 m³/h => **autorisation**
- Dans les autres cas => **déclaration**

- Pour le rejet :

Rubrique 2.2.1.0 : Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux, à l'exclusion des rejets mentionnés à la rubrique 2150 ainsi que des rejets des ouvrages mentionnés à la rubrique 2110, la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant :

- Supérieure à 2 000 m³/j ou à 5 % du débit moyen interannuel du cours d'eau => **déclaration**

Rubrique 2.3.2.0 : Recharge artificielle des eaux souterraines => **autorisation**

L'emploi de sondes géothermiques est aussi encadré par le code minier qui impose :

- une **déclaration** par le maître d'ouvrage ou l'entreprise de forage auprès de la préfecture pour des forages d'une profondeur supérieure à 10m (art.131 du décret 78-498 du 28 mars 1978) ou pour les gites de moins de 100m de profondeur (art.17 du même décret).
- une **autorisation** au-delà de 100 m.

Le code de l'environnement et la loi sur l'eau concernent ce type d'ouvrage dans la mesure où ils dépassent un certain seuil de profondeur (100m) et les soumettent alors à **autorisation** (qui vaut aussi dans le cadre du code minier)

La géologie

La communauté urbaine d'Arras, est située dans une cuvette (vallée de la Scarpe) dominée par le plateau Artois, à la confluence de la Scarpe et du Crinchon. D'après les données du BRGM, le sol au niveau de la communauté urbaine d'Arras situé dans la vallée de la Scarpe, est composé d'alluvions, de craie blanche à silex ainsi que de limons et argiles.

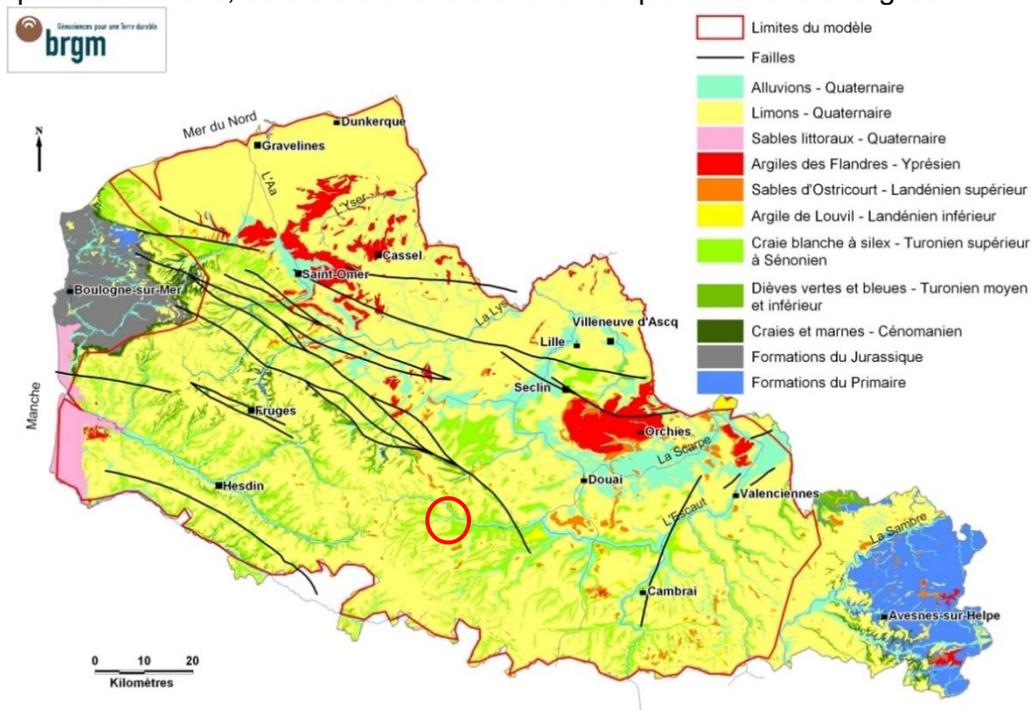


Figure 11: Carte géologique du Nord Pas de Calais¹⁶

¹⁶ Source : [Géologie en Nord-Pas de Calais - SIGES Nord-Pas de Calais - ©2024 \(brgm.fr\)](#)

L'étude géotechnique réalisée en juillet 2018 (Bureau d'études Ginger CEBTP) révèle un sol constitué schématiquement par les couches suivantes :

- **Terre de remblais et végétale** de 0 à 2 m
- **Limon argileux** de 2 à 4 mètres ;
- **Alluvions tourbeuses** de 4 à 10 mètres
- **Alluvions sablo-graveleuses** de 10 à 14 mètres ;
- **Craie** de 14 m et au-delà ; forage eau souterraine St Laurent Blangy

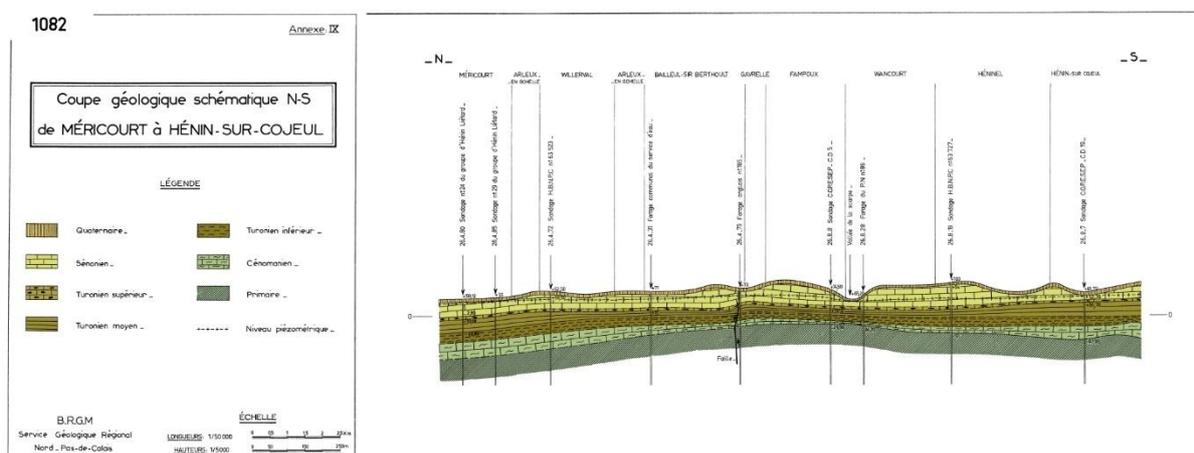


Figure 12: Coupe géologique de Méricourt à Hénin sur Cojeul¹⁷

L'hydrogéologie

Le projet concerne la masse d'eau souterraine suivante :

- La Craie des Vallées de la Scarpe et de la Sensée (AG006). Elle fait partie du vaste ensemble de la nappe de la craie. L'aquifère principal est constitué par la craie blanche du Sénonien surmontant la craie grise du Turonien supérieur. La nappe s'étend sur 1 971 km², sous les régions de Douai et d'Arras et alimente en partie la Scarpe et ses affluents. Elle permet de répondre aux besoins en eau des collectivités locales et des industriels, qui sont dépendants de cette unique ressource exploitable sur le territoire. En effet, c'est la principale ressource en eau du bassin versant ainsi que des régions lilloise et valenciennoise. Cette masse d'eau souterraine est en mauvais état chimique.

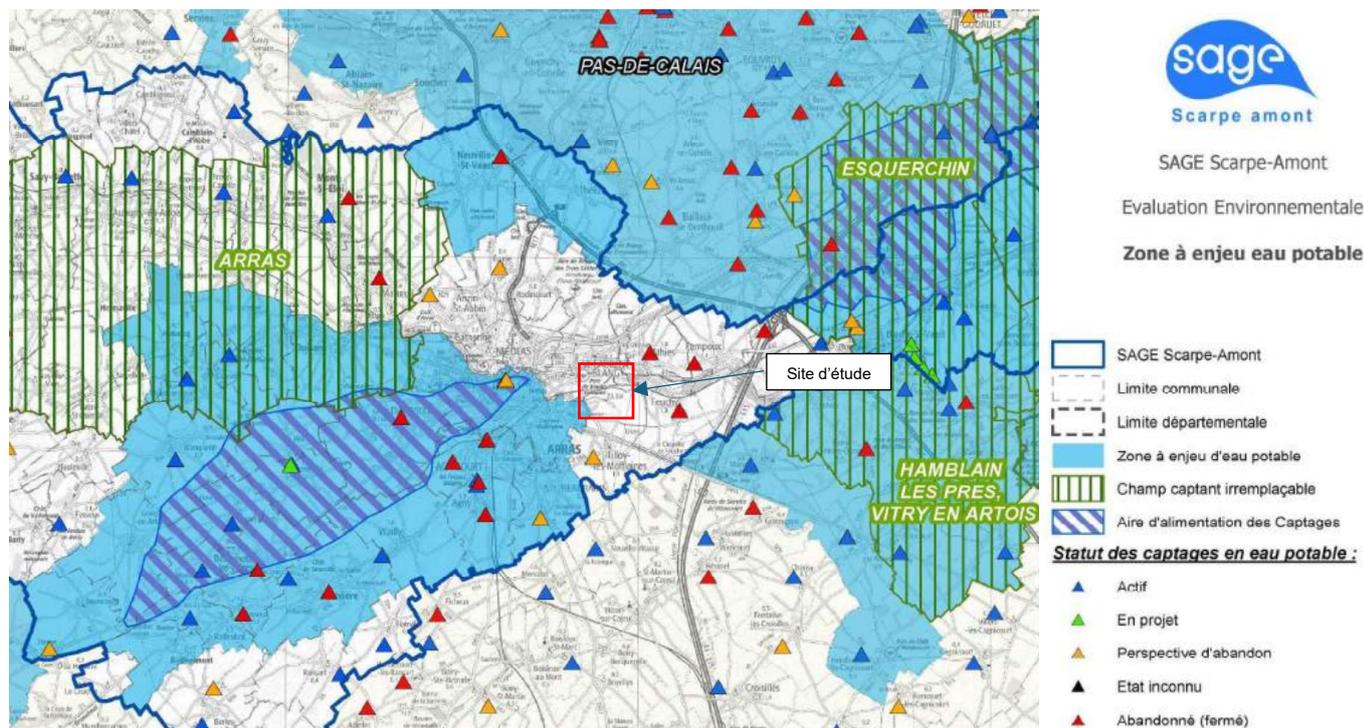
Les usages actuels de la ressource en eau souterraine

D'après le SDAGE Artois-Picardie, l'eau souterraine de la Craie des Vallées de la Scarpe et de la Sensée est principalement utilisé pour l'eau potable et l'industrie.

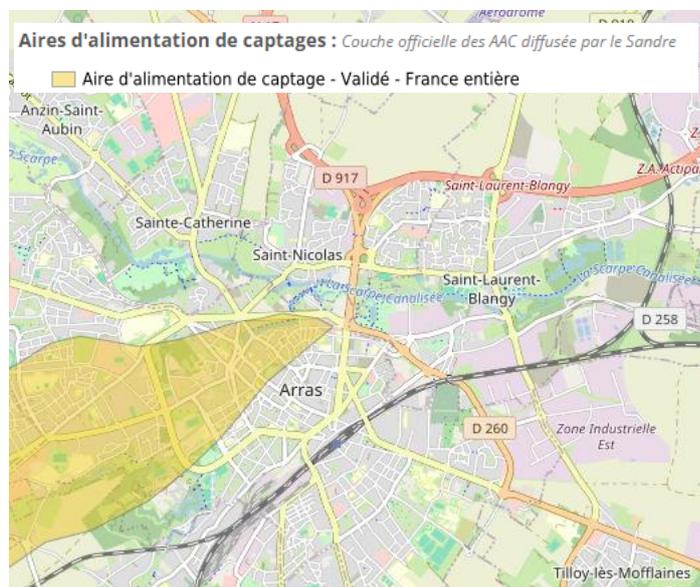
Volumes prélevés (m ³)	2010	2011	2012	2013	2014	Évolution 2010-2014
Eau potable	8 651 392	8 686 352	9 563 855	10 261 386	9 643 403	+11%
Industrie	1 018 293	936 135	821 954	887 797	857 920	-16%
Agricole	493 039	485 707	270 603	382 505	/	/

¹⁷ [Caractéristiques hydrogéologiques - SIGES Nord-Pas de Calais - ©2024 \(brgm.fr\)](http://Caracteristiques-hydrogeologiques-SIGES-Nord-Pas-de-Calais-2024-brgm.fr)

D'après le SAGE Scarpe amont, il existe peu de points de captages d'eau potable recensés dans l'environnement du projet.



Aucun captage en eau potable actif n'est présent sur la commune de St Laurent Blangy. Les points de captage les plus proches sont situés sur la commune d'Arras.



L'aire d'alimentation des captages « ARRAS MEAULENS » se situe à l'ouest d'Arras.

Ainsi, le site n'est pas situé au niveau d'une aire d'alimentation des captages.

On relève la présence sur l'emprise du site :

- du **forage BSS000CNSE**, fait en 2012 à entre 10 et 50 mètres de profondeur rattaché à une entité hydrographique et une masse d'eau, et pour un débit allant jusqu'à 16 m³/h. Il est exploité aujourd'hui pour le fonctionnement d'une pompe à chaleur.
- Du forage BSS000CNNM d'une profondeur supérieure à 50 m
- 3 autres forages rattachés à une masse d'eau et de profondeur entre 10 et 50 mètres

A proximité immédiate du site, une quinzaine de forages sont également répertoriés.

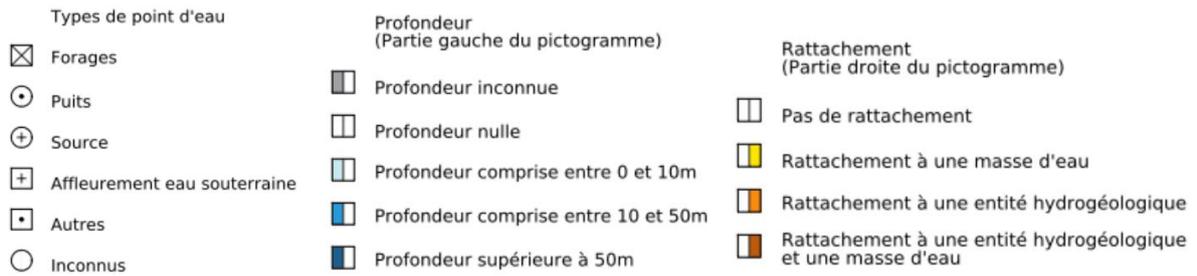
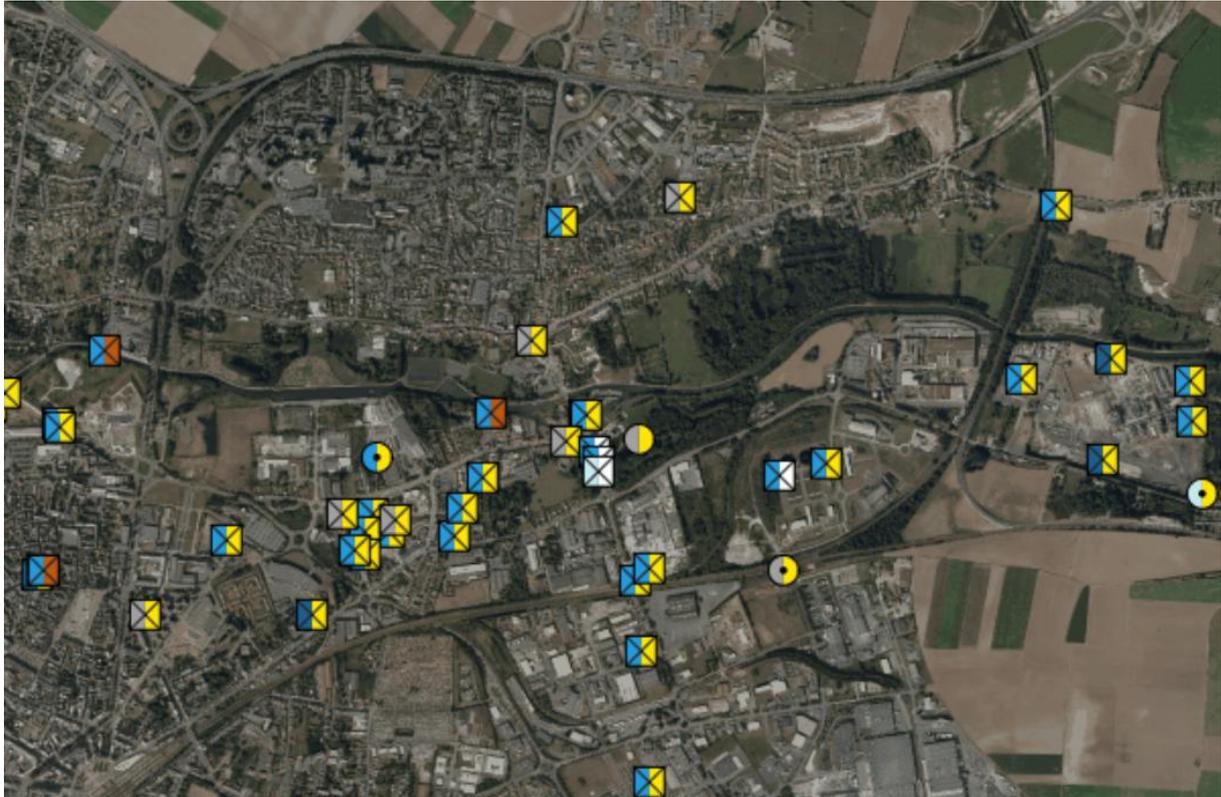


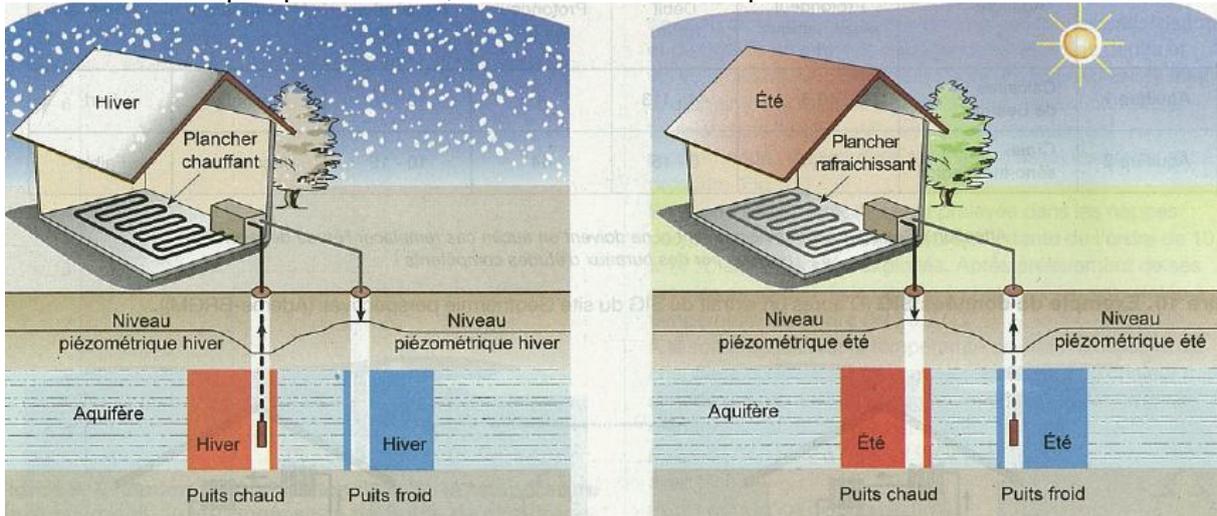
Figure 13 : Points d'eau de la banque du Sous-sol

Exploitation de la chaleur de l'eau de nappe

L'eau des nappes souterraines est pompée puis sa chaleur est en partie transférée, via une PAC, vers le fluide d'un réseau de chauffage ou d'eau chaude sanitaire. L'eau puisée peut ensuite être rejetée vers un réseau d'eau en surface, ou bien vers son aquifère d'origine.

La 2ème solution oblige à réaliser un 2ème puits d'injection, en plus du puits de pompage, mais a l'intérêt de réalimenter la nappe et d'éviter l'épuisement de la ressource, ainsi qu'une pollution éventuelle du milieu de surface récepteur. Ce 2ème puits doit tout de même rester suffisamment éloigné du point de puisage pour limiter la baisse (ou la hausse) de température de l'aquifère au point de puisage.

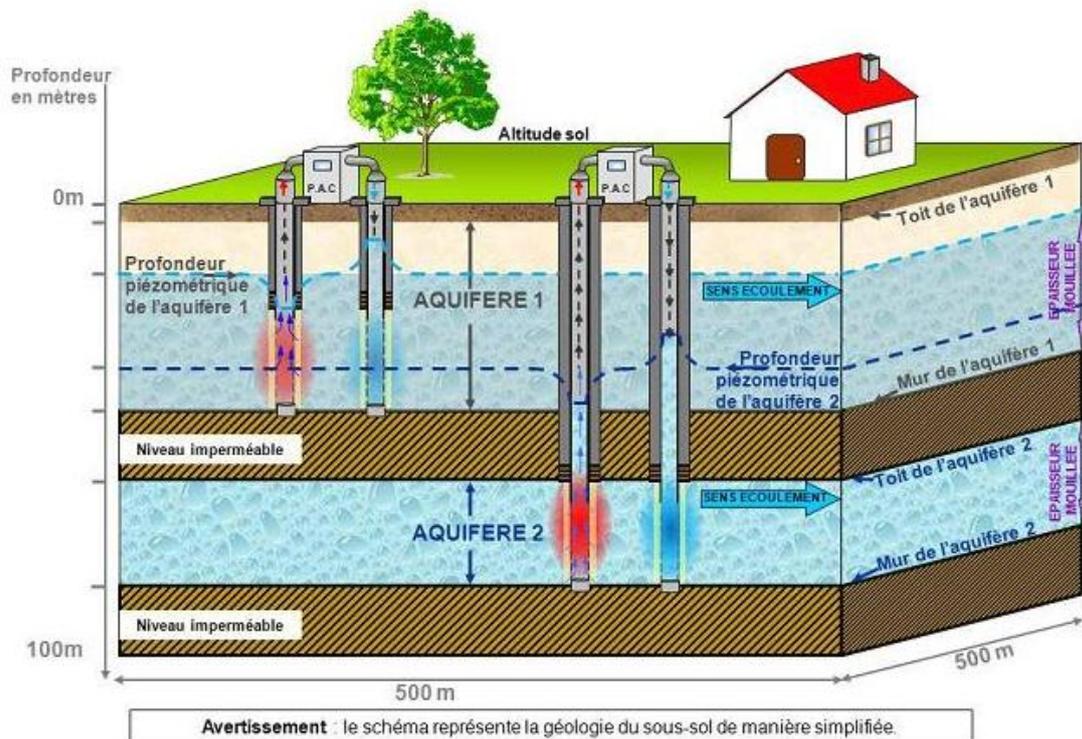
Contrairement au pompage d'eau de surface, la température de l'eau puisée, et donc le rendement de la pompe à chaleur, restent assez stables pendant l'année.



Source : Le Moniteur

Potentiel géothermique du meilleur aquifère

FORT



Critères à prendre en compte pour la mise en place d'une géothermie sur nappe :

- La puissance thermique et donc la rentabilité géothermique sont directement déduites du débit d'exploitation par forage. Les débits inférieurs à 5 m³/h ne peuvent pas couvrir les besoins de chauffage supérieurs à 30 kW. Au-delà de 50 m³/h, les débits sont très favorables.
- La température de la nappe est également un critère représentatif du rendement d'un projet géothermique de PAC sur nappe :
 - En dessous de 10 °C, une PAC présente un rendement plus faible
 - Entre 10 et 15°C les températures sont très favorables au fonctionnement d'une PAC en mode chauffage, climatisation et free-cooling
 - Les températures supérieures à 15 °C sont défavorables au fonctionnement d'une PAC en mode climatisation.
- La profondeur d'accès à la ressource en eau correspond à la profondeur minimale du forage d'eau pour atteindre la ressource. La profondeur réelle du forage doit tenir compte du fait que le forage doit pénétrer d'environ 5 m l'aquifère ou être 10 m sous le niveau de l'eau au repos pour tenir compte du rabattement induit par le pompage et la marge de sécurité.
 - Profondeur de 0 à 5 m : peu favorable
 - Profondeur de 5 à 15 m : très favorable et peu coûteux
 - Profondeur de 15 à 30 m : moyennement favorable
 - Profondeur de 30 à 100 m : défavorable

Application au projet

Le site du projet se situe dans le secteur des masses d'eau souterraines de la Craie des Vallées de la Scarpe et de la Sensée (AG006). L'aquifère principal est constitué par la craie blanche du Sénonien surmontant la craie grise du Turonien supérieur, les marnes sous-jacentes (Turonien moyen) étant imperméables. La nappe s'étend sur 1 971 km² (dont 1 489 km² affleurant, soit 75 %), sous les régions de Douai et d'Arras, limitée à l'ouest par la crête piézométrique entre Scarpe et Deûle et au sud par la crête la séparant des bassins versants de l'Authie et de la Somme. Au niveau de la communauté urbaine d'Arras, la nappe de craie est libre.

Nappe	Craie des Vallées de la Scarpe et de la Sensée (AG006)
Profondeur hautes eaux	45 m NGF
Profondeur basses eaux	55 m NGF
Toit	75 à 100 m NGF
Epaisseur de la craie	150 à 175 m NGF
Température	De 10 à 15 °C
Profondeur d'accès	De 15 à 50 m NGF
Perméabilité	De 6.2x10 ⁻⁴ à 2x10 ⁻³ m/s
Débit d'exploitation	De 10 à > 50 m ³ /h

Source BRGM : Atlas du potentiel géothermique très basse énergie des aquifères de la région Nord-Pas de Calais (2011)

Le potentiel :

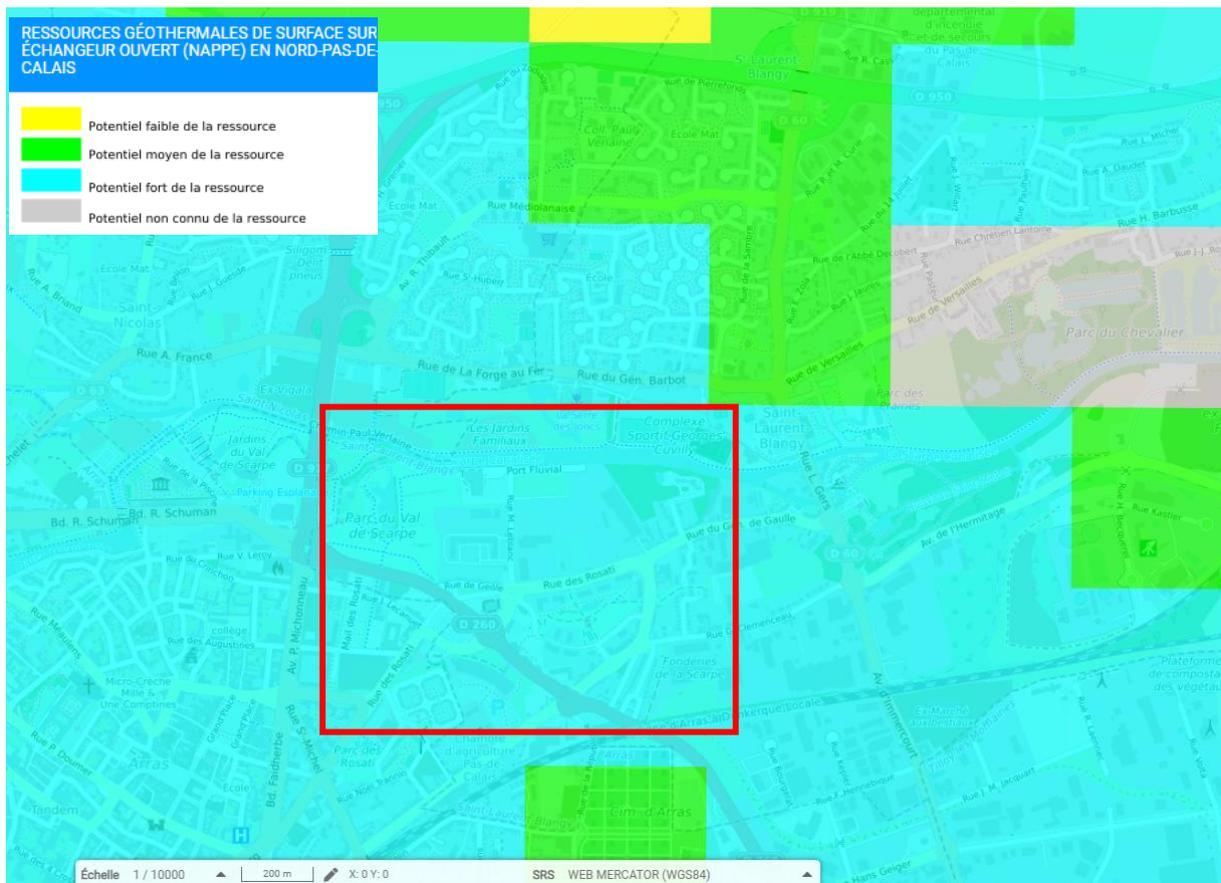
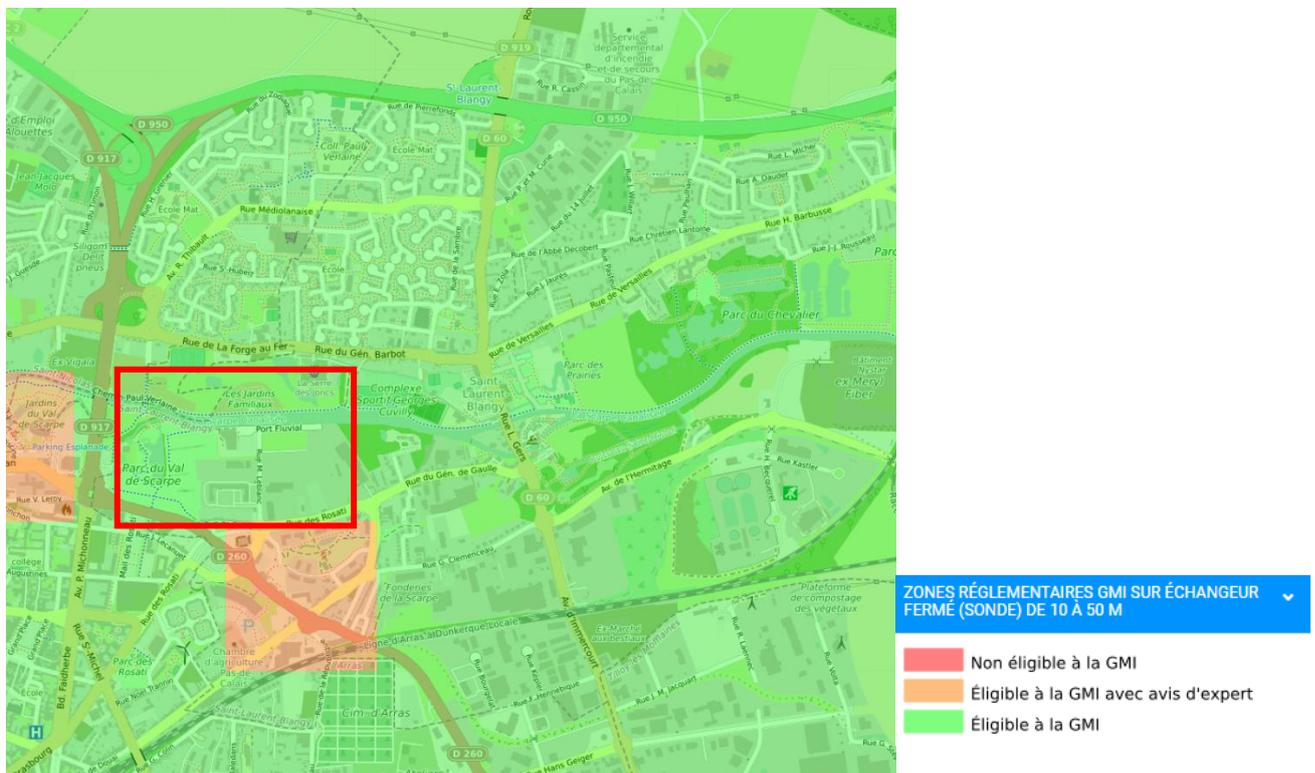


Figure 14: Potentiel de géothermie de surface, source : géothermies.fr



Selon le site géothermie.fr, et d'après les données du BRGM, le potentiel au droit du site est qualifié de fort sur la ressource géothermale de surface et est également éligible à la GMI (géothermie de très basse température).

Estimation d'un débit nécessaire pour du chauffage et ECS :

- Besoins en chauffage et ECS : 3 339 MWh/an

	Projet d'aménagement global
Chaleur	3 339 MWh/an
Electricité (tous usage confondus)	6 593 MWh/an
Consommation globale	9 933 MWh/an

- Puissance fournie par un abaissement de 5°C de la ressource en eau pour un débit de 1 m³/h : 6 kW

=> Avec un fonctionnement de 2000 h par an, on extrait donc **12 MWh/an par m³/h d'eau pompée.**

=> Débit moyen nécessaire : $3\,339/12 = 278$ m³/h (78 l/s)

Le débit d'exploitation par forage de la nappe de la craie étant entre 10 m³/h et 50 m³/h, cela signifie qu'il faudrait environ entre 6 et 28 forages pour couvrir les besoins de la ZAC.

Il s'agit de calculs théoriques, dont la faisabilité doit être confirmée notamment en fonction des distances à respecter entre forages.

Premières conclusions

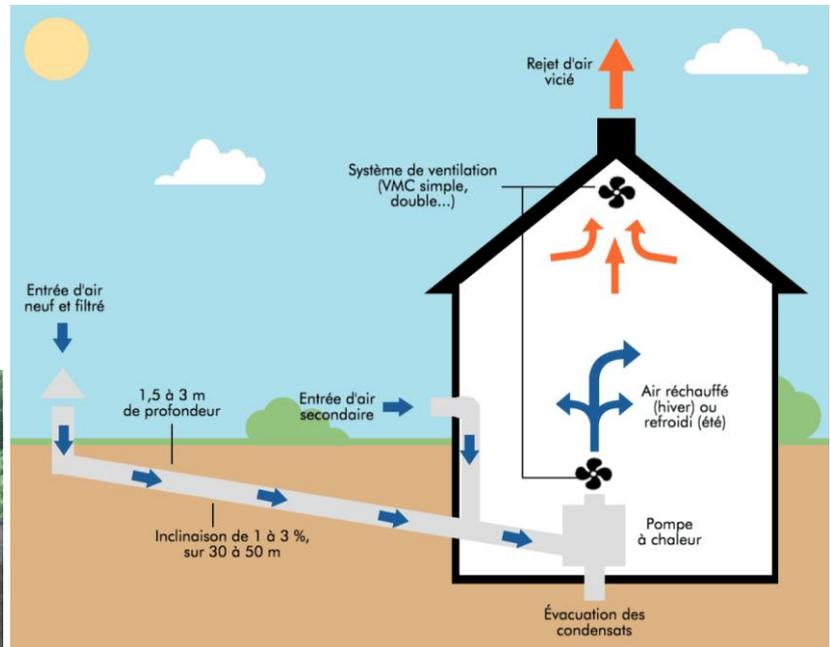
La ressource souterraine en eau existe au droit du site, dans la nappe de la craie. Pour autant, étant donné l'investissement nécessaires pour les forages, il faudra assurer une consommation et un débit d'eau exploité suffisant pour avoir une rentabilité correcte.

Exploitation de la chaleur du sol

- Les puits canadiens ou provençaux

L'échange de chaleur se fait entre le sol et l'air, au niveau de canalisations enterrées. L'air ainsi réchauffé ou refroidi est ensuite envoyé dans le système de ventilation du bâtiment. Ce procédé n'a pas vocation à la production d'eau chaude sanitaire, le réchauffement restant assez limité.

Schéma de principe de puits canadien



Réseau du puits canadien avant remblaiement (source : Canada Clim)

- Les fondations géothermiques

Dans le cas de bâtiments fondés sur pieux (éléments de fondation en béton armé enfoncés dans le sol) il est possible d'intégrer un système de captage de l'énergie (tube en polyéthylène noyé dans le pieu renforcé par une armature en fer et dans lequel il est possible de faire circuler de l'eau) lors de leur fabrication ou de leur mise en place sur site. Le système de captage est connecté à une PAC. Il est aussi possible d'utiliser ce procédé de la même manière pour des parois de fondations ou de soutènement.



Tubes et armatures en tête d'un pieu (source : PREBAT)

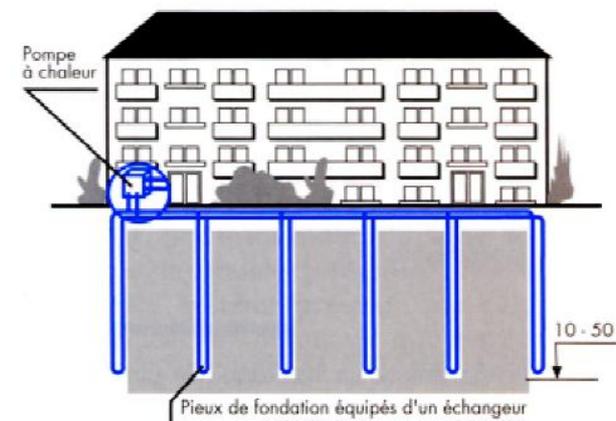


Schéma de principe de fondations géothermiques (source : PPI chaleur)

▪ Les sondes géothermiques horizontales

Cette technique exploite la chaleur contenue dans la couche superficielle du sol (0,60m à 1,20m de profondeur) par un réseau de tubes enterrés installés en boucles et reliés à une pompe à chaleur. La chaleur est récupérée par conduction par un fluide caloporteur circulant en circuit fermé dans ces tubes. Ce fluide peut être de l'eau additionnée d'antigel (tubes en polyéthylène) ou directement le fluide frigorigène de la pompe à chaleur (tubes de cuivre gainés de polyéthylène, pour la technologie dite de détente directe).

L'inconvénient de cette technologie est l'espace qu'elle consomme : il faut compter de 1,5 à 2 fois la surface habitable à chauffer. Elle est donc plus adaptée aux opérations de logements individuels. Parmi les contraintes de pose :

Il faut veiller à rester à distance :

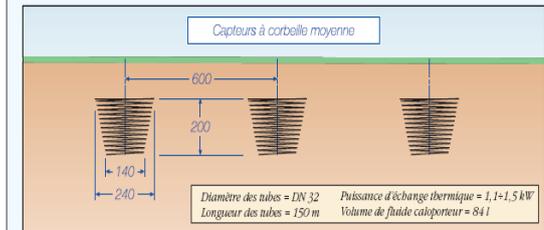
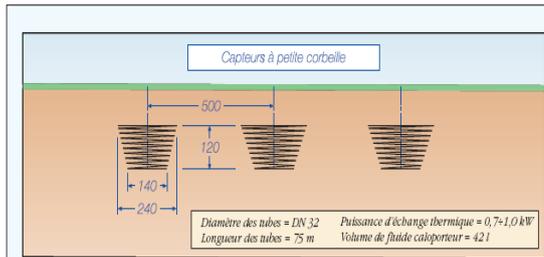
- des arbres (au moins 2m)
- des réseaux enterrés non hydrauliques (au moins 1,50m)
- des fondations de puits, fosses septiques et réseaux d'évacuation (au moins 3m)

La surface au-dessus des capteurs doit rester perméable (pas de construction comme une terrasse)

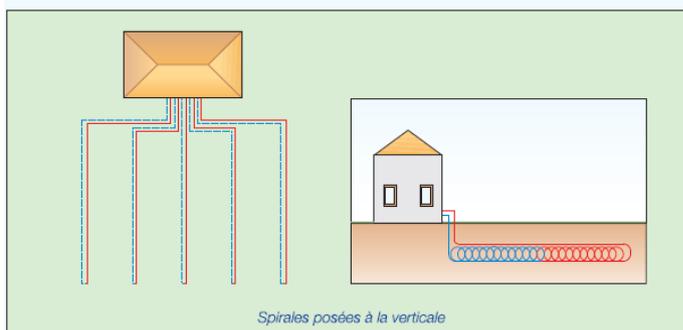
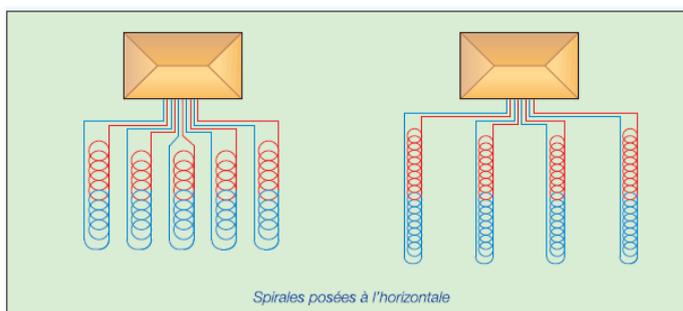
Le terrain doit être de préférence peu pentu pour éviter les remblais

Le sol doit être de préférence meuble.

On peut aussi trouver des capteurs disposés en « corbeilles » ou en « spirales », qui ont pour intérêt de limiter l'emprise au sol tout en gardant un certain linéaire



Capteurs horizontaux Viessmann ©
Sondes en corbeilles
Source : revue Hydraulique nov. 2010



Sondes en spirales
Source : revue Hydraulique nov. 2010

- Les sondes géothermiques verticales

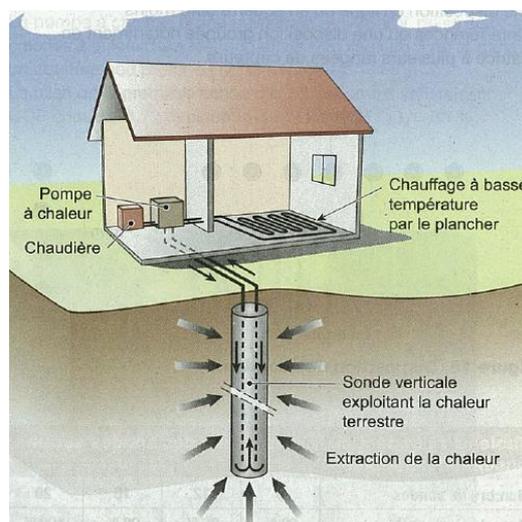
Ces sondes géothermiques sont des capteurs en U placés verticalement à plusieurs dizaines de mètres de profondeur, scellés par une cimentation adaptée, et reliées à une pompe à chaleur. Le fluide caloporteur, de l'eau additionnée d'antigel, y circule en circuit fermé et récupère la chaleur du sous-sol.

Par rapport à des capteurs horizontaux, cette technique a pour avantages de consommer moins de surface de terrain et d'être moins vulnérable aux variations de température et aux racines des arbres grâce à sa plus grande profondeur. En revanche, elle nécessite des forages et l'intervention d'entreprises de forage spécialisées et pose des contraintes administratives supplémentaires, relatives à la protection des sous-sols.

Les sondes doivent être espacées d'une distance minimale les unes des autres pour éviter de perturber les sondes voisines.



Sonde géothermique – fabricant : Geotech



Source : Le Moniteur

La chaleur captée dépend de la longueur des sondes et aussi de la nature du sol. Le transfert de chaleur entre le sol et le capteur se fera d'autant mieux que le sol est meilleur conducteur thermique et que le contact entre le capteur et le sol est important. Un sol humide permet aussi un meilleur stockage de chaleur qu'un sol sec. Le tableau ci-dessous, pris parmi d'autres existants dans la littérature ou des mesures directes, reprend les puissances que l'on peut extraire par mètre de sonde selon la nature du sol.

L'influence de la nature du sol sur le potentiel géothermique très basse énergie est décrit ci-dessous :

Nature du sous-sol	Conductivité thermique (W/mK)	Puissance d'extraction W/m	Longueur sonde m/kW de puissance COP : 3,5
Gravier, sable, sec	0,4	< 20	> 36
Gravier, sable, aquifère	2	60	11
Argile, limon, humide	1,7	35	19,5
Calcaire massif	2,8	52,5	13
Grès	2,3	60	11
Granite	3,4	62,5	12
Basalte	1,7	45	16,5
Gneiss	2,9	65	13

Source : guide ADEME-BRGM sur les pompes à chaleur géothermique (février 2008)

D'autres paramètres influencent la conductivité, comme le gel, ou encore la rétractation du sol en période de sécheresse pour des sols argileux, qui réduit le contact avec le capteur et donc le transfert de chaleur. Cela peut être compensé par la profondeur à laquelle sont enterrés les capteurs, où l'effet se fait moins sentir. Le débit de la nappe, le cas échéant, influence aussi les performances (recharge thermique du sol).

Comme nous l'avons vu précédemment les profils géologiques existants au droit et à proximité du site montrent une nature de sol limono-argileux jusqu'à 4 m de profondeur, sablo-graveleux jusqu'à 14 m puis crayeux jusqu'à 40 m.

Prenons une conductivité thermique de l'ordre de $1.5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ (craie : $0.92 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, gravier sable : $2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, Limon argile : $1.7 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$), on peut donc estimer en première approche, une puissance d'extraction d'environ 30 W/m (voir tableau ci-dessus), soit une conductibilité du sol relativement faible. La nature des sols pouvant être très variable d'un endroit à un autre, cette information reste bien évidemment à confirmer par des sondages.

Estimation d'une quantité de sondes verticales pour chauffage et ECS

- On considère une puissance moyenne d'extraction de 30 W/m de sonde pour le sous-sol au droit de la zone d'étude.
=> En supposant un fonctionnement pendant 2800 h/an d'une installation géothermique, on extrait une énergie de 84 kWh/an.m de sonde.
- Si on suppose **une profondeur de sonde de 40 m**, et des sondes espacées au moins de 10 m les unes des autres dans le cas de champ de sondes. Une seule sonde « occupe » dans ce cas une emprise au sol moyenne de près de 50 m^2 .
=> On en déduit une énergie extraite au m^2 d'emprise au sol de : **$67 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$** .
- Besoins en chauffages et ECS : $3\,339 \text{ MWh/an}$ pour $44\,069 \text{ m}^2$ de SdP, soit en moyenne $76 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$.

L'emprise au sol nécessaire pour disposer un champ de sonde serait donc équivalent à **1.1 fois la surface SdP à chauffer pour des sondes descendant à 40m de profondeur**, et d'autant plus si leur profondeur diminue (par exemple : environ 4.5 fois la surface à chauffer pour une profondeur de sondes de 10 m).

Premières conclusions

Au vue de la conductibilité relativement faible du sol, la mise en place d'une exploitation géothermique est peu recommandée.

De plus, les techniques de géothermie sont consommatrices d'espace au sol si l'on excepte les fondations géothermiques profondes, ce qui oblige à forer à de grandes profondeurs pour augmenter la surface de capteurs utile, ce qui accroît d'autant le coût des travaux de forage et rend la technique peu rentable hors subventions.

4.4. Les énergies de récupération

On parle d'énergies fatales pour qualifier les énergies produites incidemment par des activités, le plus souvent industrielles, et qui n'ont pas de vocation initiale à être valorisées dans le cadre de l'activité en question. Ce sont ces énergies que l'on peut chercher à valoriser dans des utilisations qui n'ont pas nécessairement de lien avec l'activité d'origine, et que l'on qualifiera alors d'énergie de récupération.

Cette énergie peut être exploitée pour alimenter un réseau de chaleur qui desservirait, si ce n'est l'endroit de sa production, d'autres points de consommation pour de l'habitat, des bâtiments tertiaires ou d'administration.

a. La chaleur issue des déchets

Les déchets peuvent constituer une source d'énergie alternative. En effet, la valorisation énergétique des déchets permet de transformer leur combustion ou leur fermentation en énergie.

Plusieurs installations pour le tri et la valorisation des déchets sont présents sur la commune de Saint Laurent Blangy :

- Centre de tri des emballages ménagers
- Centre de valorisation multi filière
- Sélectrom (centre de sélection pour le recyclage des ordures ménagères)
- Une déchetterie (6 sont présentes sur le territoire de la CUA)

Les déchets de la communauté urbaine d'Arras sont déjà valorisés en grande partie sous forme de biogaz par méthanisation grâce au technocentre de méthanisation sur la commune de St Laurent Blangy. (cf. [La biomasse](#))

Premières conclusions :

Ainsi, la récupération de chaleur issue des déchets ne semble pas pertinente pour le projet étant donné le manque de ressource restante à exploiter.

b. La récupération de la chaleur des eaux usées

Partant du constat que les eaux usées rejetées en égout jouissent d'une température qui varie très peu au cours de l'année (10-20°C), les industriels ont commencé à entrevoir une possible utilisation des eaux usées. Les techniques actuelles de récupération de la chaleur des eaux usées à partir des réseaux se sont développées en Suisse depuis les années 80 et connaissent déjà quelques applications en France comme à Valenciennes ou en Ile-de-France. Elles consistent à faire passer un fluide calorporteur dans un échangeur de chaleur, situé dans le corps des tuyaux d'eaux usées, puis à en extraire la chaleur à l'aide d'une pompe à chaleur pour la transmettre au fluide d'un réseau de chauffage. La récupération de chaleur d'eaux usées peut se faire depuis les réseaux existants ou depuis les réseaux installés au sein d'un projet.

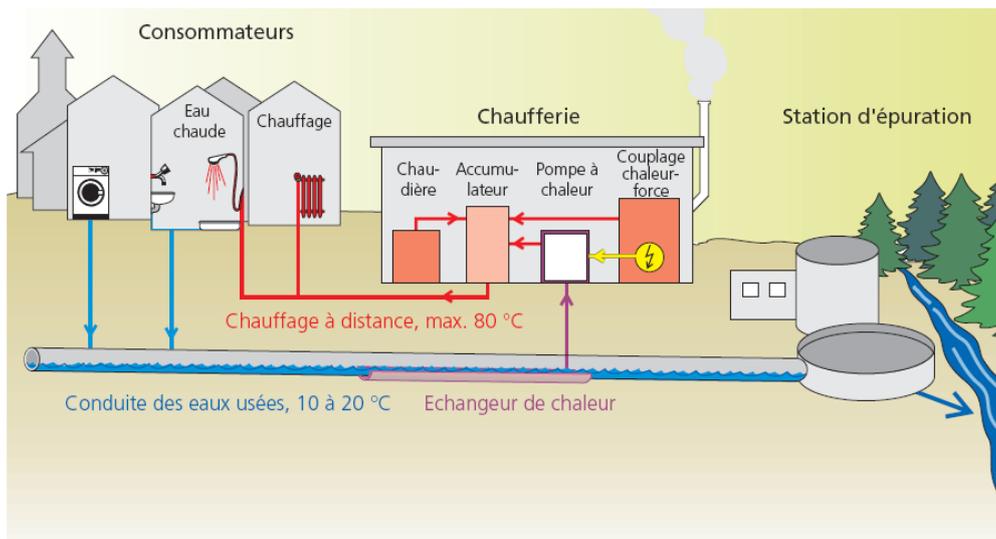
Le système peut aussi être réversible et servir au rafraîchissement en été. C'est un système particulièrement approprié pour chauffer les immeubles locatifs, les lotissements, les bâtiments commerciaux, les établissements médicaux sociaux, ou encore les complexes sportifs.

Comme toutes les techniques de récupération de chaleur, elle est limitée par plusieurs contraintes :

- L'éloignement entre le tuyau d'eaux usées et la chaufferie contenant la pompe à chaleur
- La quantité de chaleur récupérable qui doit être suffisante, donc par le débit minimal dans le réseau d'eaux usées
- Le diamètre minimal du tuyau d'eaux usées, qui signifie qu'on se trouve généralement en aval des réseaux, à proximité d'une station d'épuration (STEP).
- Les réseaux unitaires peuvent être utilisés, ont un débit plus important mais une température moins constante qu'en séparatif.
- Les besoins de base du projet en chaleur doivent être suffisants et assez constants (pour des questions de rentabilité et d'optimisation du dimensionnement).
- L'encrassement des réseaux diminue les performances du système.



Tubes en polyéthylène réticulé intégrés dans un collecteur en béton
 Source : Lyonnaise des eaux



Principe de fonctionnement du chauffage par échange de chaleur avec les eaux usées
 (Source : Lyonnaise des eaux)

Quelques ordres de grandeur¹⁸ :

- Eloignement maximal entre échangeur de chaleur et chaufferie : de l'ordre de 200 m
- Débit d'eaux usées minimal dans les réseaux : 12 l/s (43 m³/h), soit environ 8000 équivalents-habitants
- Diamètre minimal des canalisations : 400 mm pour des neuves, 800 mm pour des existantes dans lesquelles sont installées le dispositif (en l'état actuel du procédé)

¹⁸ Source : Eau et Force, concessionnaire de réseaux d'assainissement, qui installe et exploite ce type d'installation dans le Nord.

- Besoin en chaleur minimal pour être rentable : 400 à 500 MWh/an (puissance : 150 kW¹⁹)
- Coût d'investissement pour projet standard (environ 750 kW) : 500-1000 k€

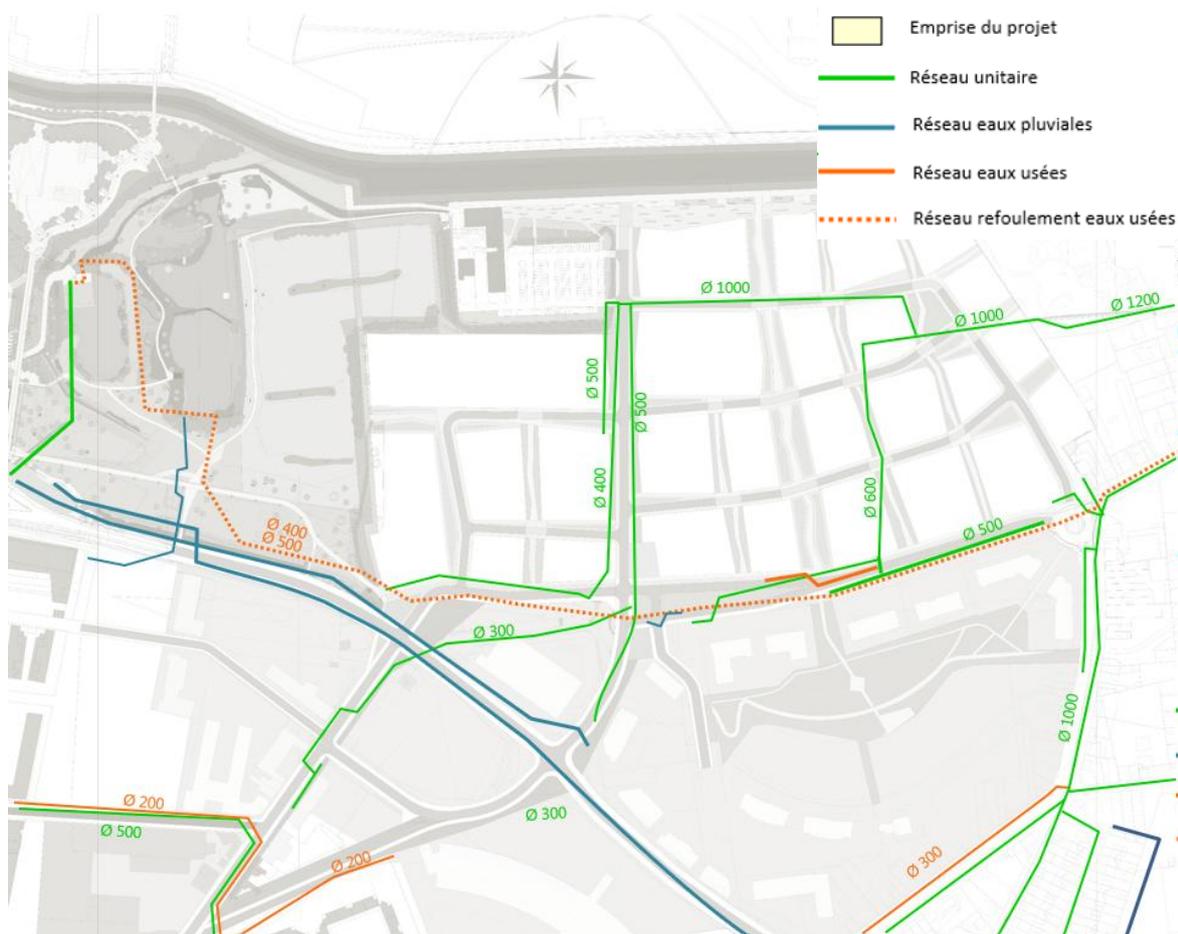
Application au projet

Un réseau d'évacuation des eaux usées est présent sur le site :

- Réseau d'eau usée Ø200/300 au sud du site, avenue Roger Salengro. La distance de ce réseau par rapport au point le plus éloigné du projet est d'environ 800m.

On retrouve également :

- Un réseau unitaire de Ø300 à Ø1200 au cœur du site, rue des Rosati et rue Marcel Leblanc.



Faisabilité

Le réseau unitaire présent sur le site recueillant à la fois les eaux pluviales et usées n'est pas adapté pour ce type de système de récupération. De ce fait, seul le réseau unitaire avenue Roger Salengro pourrait être utilisé. Néanmoins, le potentiel d'extraction de chaleur à partir d'un débit d'eaux usées (en kW par unité de débit) manque pour faire une estimation de potentiel.

¹⁹ Valeur estimée par le groupement promotionnel suisse des pompes à chaleur. Cette puissance correspond à celle d'une cinquantaine d'appartements.

Au vue du diamètre du réseau (petit diamètre < 800 mm) et de la distance avec le point le plus éloigné du projet (800 mètres), le réseau ne semble pas être exploitable pour ce type de système.

Afin de valider la pertinence d'un recours à cette source d'énergie, il faudra évaluer le potentiel d'énergie récupérable en fonction des débits et des températures des eaux usées circulant dans les diverses parties du réseau de collecte à proximité du projet. Les diamètres des collecteurs devront aussi être vérifiés.

Premières conclusions :

Les infrastructures acheminant la ressource en chaleur, les eaux usées, ne semblent pas adaptées pour ce type de système. Les réseaux neufs à créer pourraient être néanmoins utilisés.

Toutefois, la technique reste encore jeune et les retours d'expérience manquent pour évaluer son intérêt à plus ou moins long terme et son impact sur la chaîne de traitement des eaux usées.

Ainsi, le recours une énergie de récupération de chaleur des eaux usées semble difficilement envisageable sur le site.

- Le bois énergie

On appelle bois énergie, les combustibles bois, soit les sous-produits forestiers (branchages, petits bois, etc.) et industriels (écorces, sciures, copeaux, etc.) qui peuvent être valorisés sous différentes formes : les bûches, les plaquettes (ou bois déchiqueté), les granulés de bois.

La région Hauts-de-France est la deuxième région de France la moins boisée (taux de boisement 30% soit 90 000 ha de forêts et 10 000 ha de peupleraies), soit un potentiel bois inférieur à la moyenne nationale.

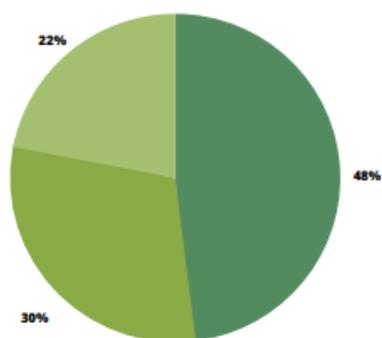
Malgré cela, le bois énergie est l'énergie renouvelable la plus utilisée en Région, tous usages confondus.

	Hauts-de-France	France
Surface en ha	475 000	17 millions
Taux de boisement	15 %	31 %
Taux de feuillus	96 %	71%
Volume de bois sur pied	85 Mm3	2 770 Mm3
Prélèvement annuel	1,9 Mm3	50,1 Mm3
Taux de prélèvement en forêt	65% de l'accroissement annuel	50% de l'accroissement annuel

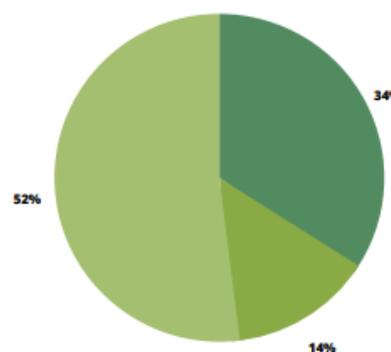
Source - IGN 2021

La forêt régionale est particulièrement marquée par la part importante de feuillus en comparaison aux autres territoires régionaux. Les feuillus constituent en effet 96% de la forêt régionale contre près de 70% à l'échelle nationale. Les principales essences régionales que sont le peuplier, le hêtre, le frêne et le chêne, sont des essences recherchées par les professionnels pour leur aspect, leur utilisation dans la construction mais aussi pour leur pouvoir calorifique pour le chauffage. Ainsi la région Hauts de France possède un potentiel non négligeable en bois énergie. En effet, on remarque entre les années 2010 et 2020, la part du bois énergie est passée de 22% à 52% des récoltes régionales.

Taux de récolte régional en 2010



Taux de récolte régional en 2020



Bois d'oeuvre Bois d'industrie Bois énergie Bois d'oeuvre Bois d'industrie Bois énergie

Figure 3 - Evolution de la récolte de bois en Hauts-de-France (EAB, FCBA, DRAAF, AGRESTE 2021)

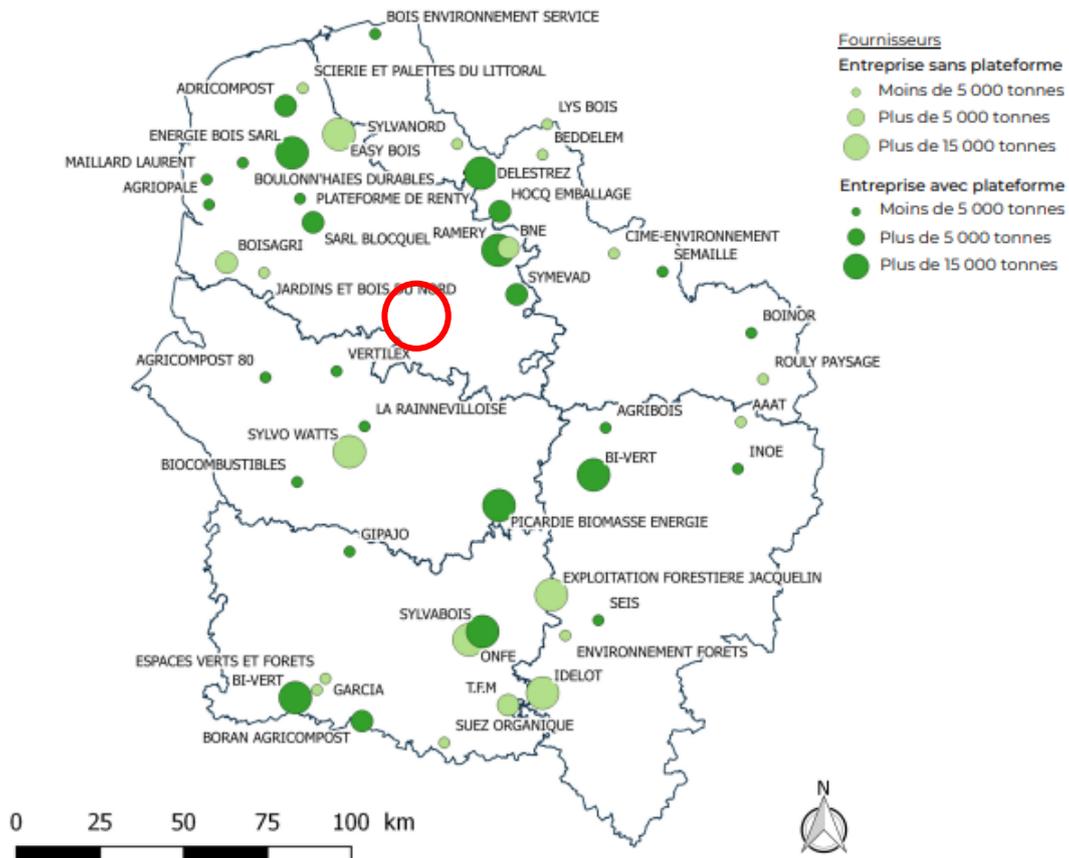


Figure 15 : Carte des fournisseurs régionaux en bois énergie (fibois Hauts-de-France 2022)²¹

A proximité de la communauté urbaine d'Arras, plusieurs fournisseurs de bois énergie sont présents. La CUA a retenu le bois énergie pour l'alimentation de la chaufferie biomasse d'Arras.

- Le biogaz

Le biogaz est le gaz produit à partir de biomasse, de déchets organiques et d'effluents tels que les eaux usées et les déchets fermentescibles (agricoles, ménagers). Il peut être exploité directement pour la production de chaleur, comme le gaz de ville classique, ou bien pour produire de l'électricité destinée à être revendue sur le réseau public. Les installations susceptibles de produire du biogaz sont souvent : les stations d'épuration, des centres de traitement des déchets ménagers, industriels ou agricoles, les centres d'enfouissement technique dans une certaine mesure.

La méthanisation est le processus qui permet de produire du biogaz à partir des déchets organiques et effluents.

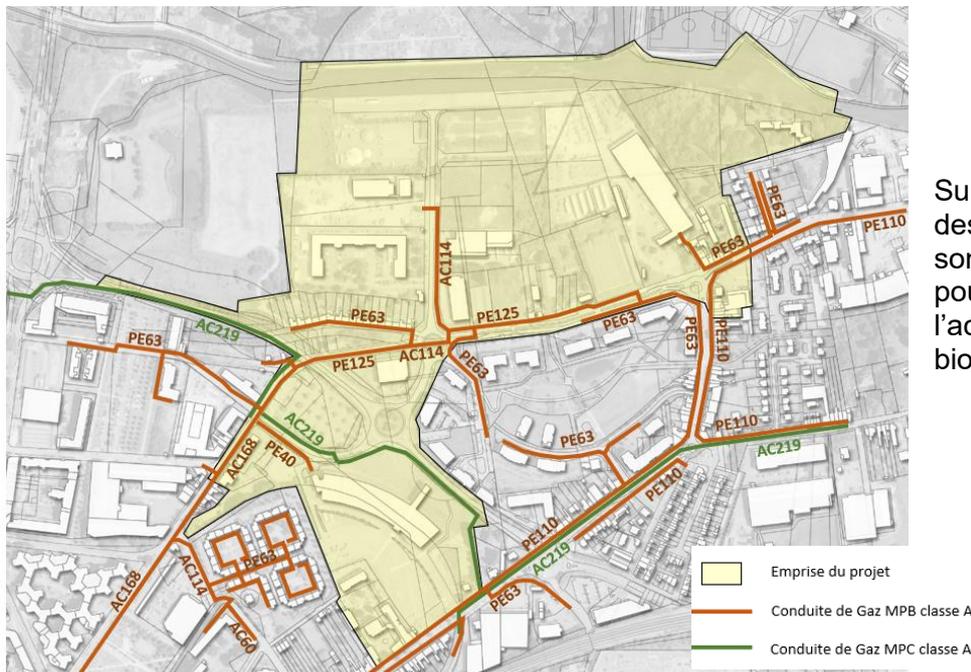
Sur le territoire des Hauts de France, 22 installations de méthanisation agricole fonctionnent à et 60 nouveaux projets sont en cours. L'ensemble de ces structures produisent en moyenne 65 Gwh par an, l'équivalent des besoins en énergie de 6 000 foyers. Le label Méthania a été créé pour faciliter l'accès aux marchés de la méthanisation aux PME régionales afin d'instaurer une véritable filière locale.

²¹ Source : Panorama du bois énergie en Haut de France 2023 Fibois

Application au projet

Le territoire proche du projet comprend un centre de valorisation des déchets par production de biogaz grâce à la méthanisation :

En effet, sur la commune de Saint Laurent Blangy, un technocentre régional de méthanisation est présent sur l'ECOPOLE depuis 2023. Il a été créé grâce à la politique Rev3 menée par la région Haut de France. Il alimente 2 000 foyers en gaz vert grâce à l'injection de 375 N m³/h. Cela permet ainsi de diminuer les émissions de gaz à effet de serre de -6 477 T CO₂ (source : DIGES). 33 500 tonnes d'intrants sont recyclées par an provenant pour la plupart d'un rayon de 5 km : 8 500 tonnes proviennent du centre de tri des ordures ménagères qui se situe à moins de 300 m (maximum 30 km). Les intrants exploités par le méthaniseur sont les intrants agricoles, industriels ainsi que les biodéchets.



Premières conclusions :

Le recours à la biomasse bois énergie est envisageable dans le cadre du projet à condition que la ressource régionale soit suffisante. Le bois énergie peut être proposé à l'échelle individuelle comme à l'échelle collective. Il se prête également bien à l'alimentation d'un réseau de chaleur à supposer que la condition de densité thermique suffisante soit vérifiée.

La méthanisation étant déjà exploitée sur le territoire, il ne semble pas pertinent d'inclure la production d'énergie par méthanisation au sein du projet car cela entrerait en concurrence avec le technocentre déjà présent sur la commune.

Ainsi, la source de biomasse semble intéressante à première vue de par les différentes ressources exploitables. Cependant, une étude devra être réalisée précisant les capacités d'approvisionnement des différentes ressources.

4.5. Aérothermie

L'aérothermie consiste à l'utilisation de l'air extérieur, pour le chauffage et la production d'eau chaude de locaux, au moyen d'une pompe à chaleur (PAC).

La chaleur captée est redistribuée soit par un réseau de chauffage soit par un système de ventilation. Pour la production d'eau chaude, la chaleur est stockée dans un ballon d'eau chaude avec appoint, si nécessaire. (Chauffe-eau thermodynamique)

Cette solution a l'avantage d'être adaptée à des bâtiments divisés en plusieurs petits espaces à chauffer et de ne fonctionner qu'à l'électricité, peu émettrice de gaz à effet de serre telle qu'elle est produite en France.

Toutefois, l'efficacité du système est dépendante de la température extérieure. En effet, lors de conditions hivernales extrêmes, les consommations d'électricité induites sont conséquentes et les risques de givrage peuvent être importants lorsque l'hygrométrie est élevée.

De plus, le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur doit être au minimum de 3,5, pour que le système apporte une diminution réelle de consommation en énergie primaire. Par ailleurs, la pompe à chaleur doit faire l'objet d'une maintenance régulière. (Source ADEME)

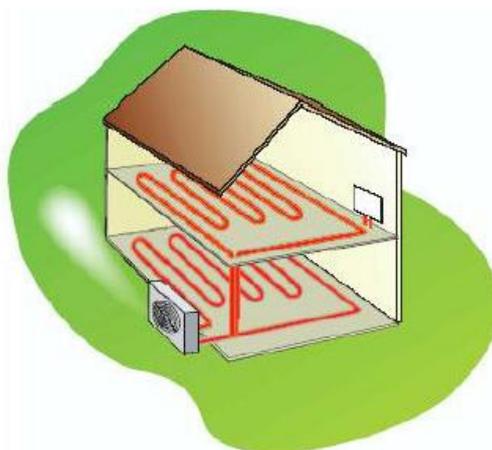


Figure 16 : Pompe à Chaleur (PAC) air/eau

Quelques chiffres :

Investissement entre 60 et 90 € TTC par m² chauffé et/ou rafraîchi pour les PAC air/eau et air/air.

Pour une puissance installée de 10 à 12 kW, il faut prévoir un investissement de :

- 8 750 à 9 400 € pour une PAC air/air ;
- 9 400 à 10 500 € pour une PAC air/eau.

(Source : Avis de l'ADEME – Pompes à chaleur - 2007) Coût de fonctionnement : entre 2.3 et 3.7 € TTC par m² et par an.

Cette ressource est adaptée :

- dans des zones géographiques où les hivers sont doux (climats océaniques / méditerranéens),
- à l'échelle d'un logement voire d'un bâtiment, mais pas à l'échelle d'un réseau.

Application au projet :

Les normales de températures minimales moyennes durant la période de chauffe, fournies par la fiche climatologique Infoclimat de la station météorologique d'Arras sont les suivantes :

Normales des Températures minimales moyennes (°C)						
Janvier	Février	Mars	Avril	Octobre	Novembre	Décembre
1.0	1.3	3.3	4.9	7.6	3.9	1.4

Figure 17 : Normales des températures minimales moyennes en °C (période 1981-2010)

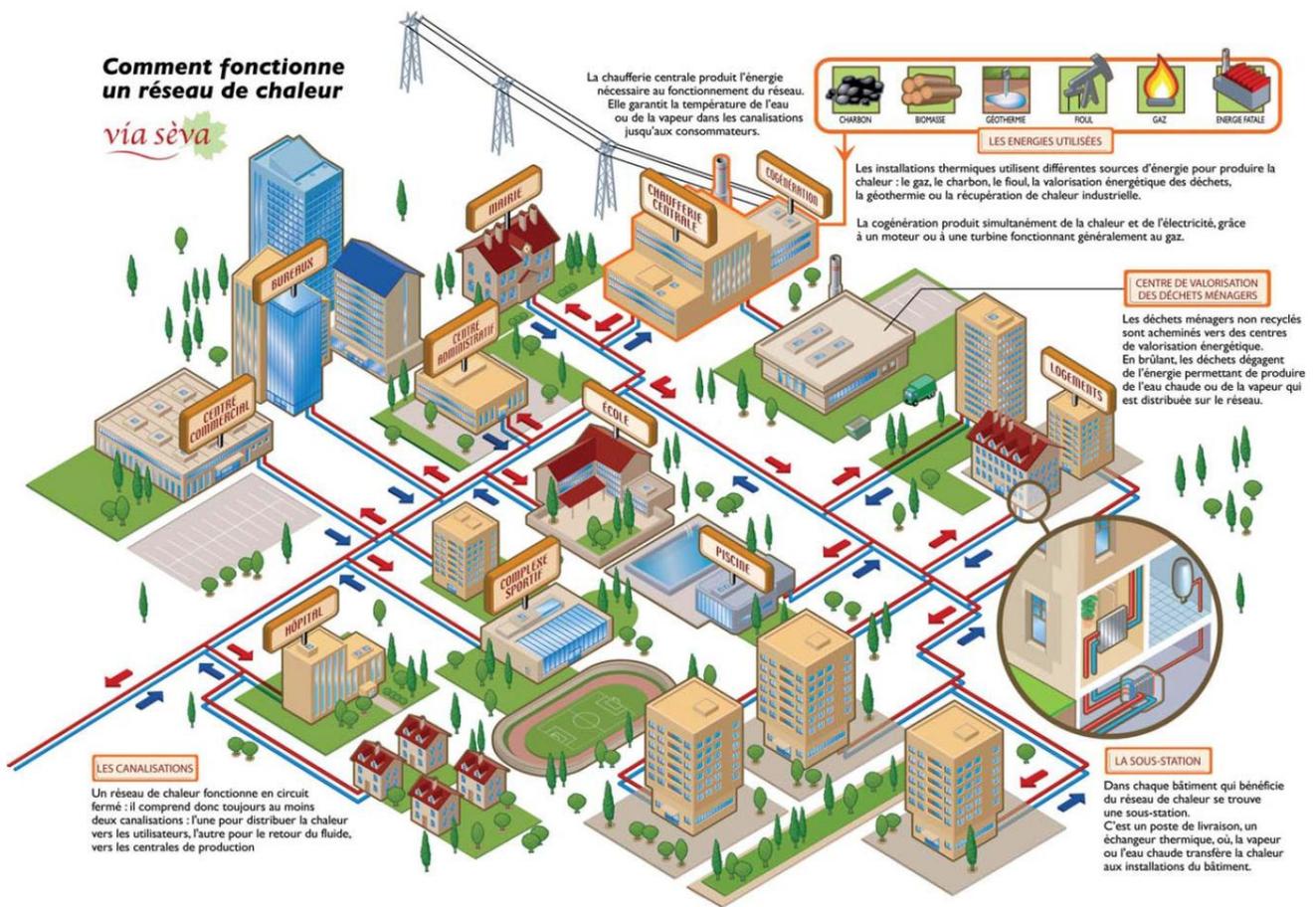
Le principal avantage d'une PAC réside dans la capacité de réversibilité (chauffage et rafraîchissement). Néanmoins, nous n'avons pas identifié sur le site d'étude de besoin en rafraîchissement.

**Les hivers sur le site semblent assez rigoureux. Ainsi il faudra être vigilant sur la compatibilité des PAC avec les températures moyennes du site pour un bon fonctionnement de celles-ci.
Dans ces conditions, cette solution est envisageable pour répondre aux besoins en chauffage et ECS de l'opération.**

5. LA MISE EN PLACE D'UN RESEAU DE CHALEUR

Le réseau de chaleur est un ensemble constitué d'un réseau primaire de canalisations, empruntant le domaine public ou privé, transportant de la chaleur et aboutissant à des postes de livraison de la chaleur aux utilisateurs et comprenant une ou plusieurs installation(s) de production et/ou un processus de récupération de chaleur à partir d'une source externe à cet ensemble.

- La chaleur est transportée sous forme d'eau chaude, d'eau surchauffée ou de vapeur, dans des canalisations calorifugées, vers plusieurs points de livraison ;
- Les unités de production transforment une ou plusieurs énergies (fossiles, renouvelables, récupérées ou autres) et délivrent la chaleur au réseau ;
- La chaleur livrée fait l'objet d'un comptage à chaque point de livraison desservi ;
- La tarification du réseau de chaleur prend la forme d'une partie proportionnelle à la quantité de chaleur livrée et d'une partie fixe correspondant à un abonnement en relation avec la demande thermique maximale du client.



(Source : IGD – AMF – Indicateurs de performance pour les réseaux de chaleur et de froid)

5.1. Raccordement à un réseau existant

Sur le territoire de la communauté urbaine d'Arras, il existe **1 réseaux publics de chaleur** d'une longueur de 24 km, propriété de la commune d'Arras depuis 1990. Son exploitation, entretien et développement est confiées par délégation de service public à des filiales de Dalkia. Le mix énergétique de ce réseau est composé à 54% d'énergie renouvelable.

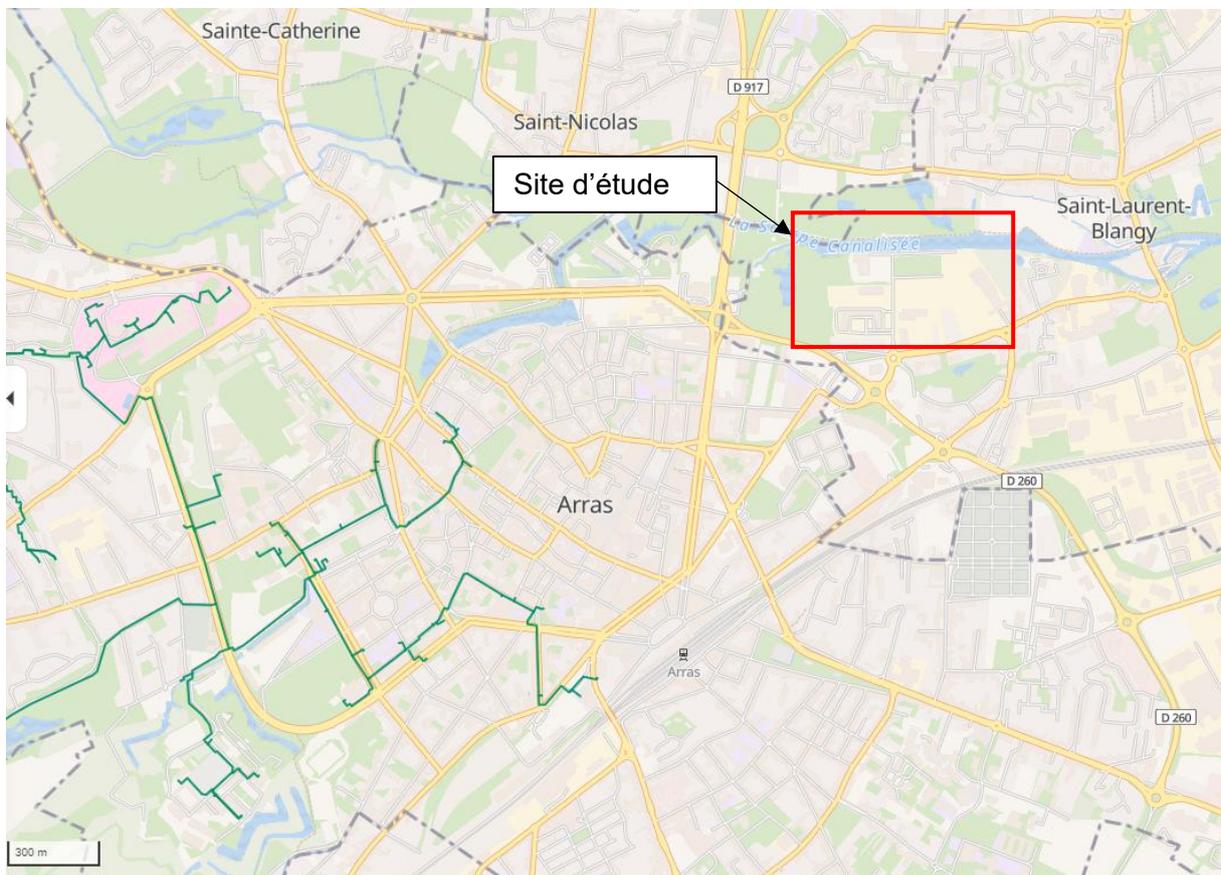
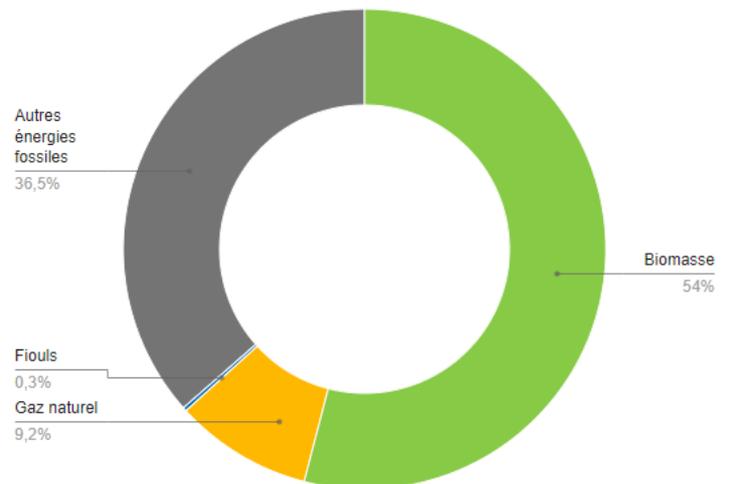


Figure 18 : Mix énergétique du réseau de chaleur d'Arras

Le réseau de chaleur n'est pas situé à proximité de la zone du projet (à plus de 1.5 km par rapport au site du projet).

Un raccordement semble difficile au vue de la distance avec les réseaux de chaleurs.

5.2. Création d'un réseau de chaleur

Afin d'analyser la faisabilité technique et économique d'un réseau de chaleur, il convient d'analyser la densité du réseau de chaleur et la mixité d'usage. Nous allons ici étudier l'intérêt de la création d'un réseau de chaleur propre à la ZAC.

a. Densité thermique du réseau de chaleur

La densité thermique est le rapport entre la quantité de chaleur à livrer sur une année (kWh) et la longueur du réseau primaire. La limite basse communément admise sur des réseaux de chaleur est de 1,5 MWh/ml.an.

Hypothèse : Raccordement de toute la ZAC au réseau de chaleur :

Les hypothèses de répartition des consommations (présentées en partie 3.5) sont les suivantes :

	Projet d'aménagement global
Chaleur	3 339 MWhep/an
Electricité (tous usage confondus)	6 593 MWhep/an
Consommation globale	9 933 MWhep/an

Il est important de rappeler que ces consommations doivent être considérées comme une hypothèse de calcul pour cette étude, un ordre de grandeur ; les besoins pouvant varier de manière importante en fonction des principes constructifs retenus et des modes d'usage.

- Estimation des besoins en chaleur (chauffage + ECS) sur la totalité de la ZAC : 3 339 MWhep/an.
- Longueur du réseau de chaleur = 1337 mètres linéaires
- Densité du réseau de chaleur = 2,5 MWh/ml.an



b. Mixité d'usage

La future ZAC sera composée de bâtiments disposant d'une mixité d'usage (logements, tertiaire, commerce, services, loisirs) dont les besoins permettront de lisser le besoin de chaleur sur la journée complète. Cette mixité d'usage permet d'aplanir les pics de demandes de puissances ce qui permet de rationaliser le dimensionnement de la chaufferie pour faire face aux besoins maximaux de chaleur. De plus, cela permet à la chaufferie de fonctionner à régime soutenu la majorité du temps et donc d'optimiser son rendement.

c. Application au projet

L'hypothèse de raccorder l'ensemble de la ZAC à un réseau de chaleur permet d'envisager la création d'un réseau de chaleur. En effet, cette hypothèse assure une densité thermique viable grâce à des bâtiments suffisamment proches avec des besoins énergétiques relativement importants. Cependant, il faut rester attentif à plusieurs facteurs pouvant nuancer cette conclusion : la programmation, l'implantation des bâtiments, le phasage de livraison, la performance énergétique des bâtiments à construire et existant.

6. TABLEAU RECAPITULATIF

Le tableau ci-dessous donne une synthèse de l'intérêt des différentes techniques d'exploitation des énergies renouvelables et de récupération, abordées au regard des caractéristiques du site et du projet.

Filière	Potentiel de production	Points forts/faibles et points de vigilance
Solaire photovoltaïque	Solution envisageable	<p>Points forts Surfaces de toitures et de parkings disponibles pour pose des panneaux</p> <p>Points faibles Cycle de vie de l'installation à préciser pour intérêt environnemental ; Potentiel varie en fonction de l'ensoleillement ; Stockage. Programmation impliquant de faibles surfaces de toitures</p> <p>Points de vigilance S'assurer de la capacité structurelle des bâtiments</p>
Solaire thermique	Solution envisageable	<p>Points forts Surfaces de toitures et de parkings disponibles pour pose des panneaux</p> <p>Points faibles Cycle de vie de l'installation à préciser pour intérêt environnemental ; Potentiel varie en fonction de l'ensoleillement ; Stockage. Programmation impliquant de faibles surfaces de toitures</p> <p>Points de vigilance S'assurer de la capacité structurelle des bâtiments</p>
Eolien	Solution non adaptée pour les éoliennes de grandes puissances Petites et micro-éoliennes envisageable ponctuellement	<p>Points forts Type d'activité et vents dominants adaptés à l'implantation de petites éoliennes ;</p> <p>Points faibles Peu d'espace disponible ; Puissance potentielle faible (petit et micro éolien)</p> <p>Points de vigilance Implantation à étudier à l'échelle du site</p>
Aérothermie	Solution envisageable	<p>Points forts ressource abondante.</p> <p>Points faibles coefficient de performance de la pompe à chaleur (3.5).</p> <p>Points de vigilance S'assurer de la rentabilité pour les différents bâtiments</p>

Hydroélectricité	Solution non adaptée	Point faible Caractéristiques du cours d'eau superficiel non adaptées à la production d'énergie par hydroélectricité
Géothermie sur eau de surface	Solution peu adaptée	Point faible Mauvais état chimique de la masse d'eau
Géothermie sur eau de nappe	Solution envisageable sous réserve de faisabilité technico-économique	Points forts Présence des nappes de craie avec caractéristiques favorables à la géothermie Points faibles Investissement potentiellement élevé pour la réalisation de forage ; Espace nécessaire variant selon la profondeur des forages.
Géothermie sur sondes	Solution peu adaptée	Points faibles Nature de sol a priori peu favorable (conductivité). Surface nécessaire trop importante pour couvrir les besoins
Biomasse	<u>Bois énergie :</u> Solution envisageable sous réserve de faisabilité technico-économique	Points forts Potentiel local en bois énergie Points faibles Distance éloignée des différentes sources d'approvisionnement. Points de vigilance Rentabilité de l'implantation d'une chaufferie à l'échelle du site à étudier
	<u>Biogaz</u> Solution peu adaptée	Points faibles Centre de méthanisation déjà présent sur la commune
Energie de récupération	<u>Déchets</u> Solution peu envisageable	Point faible Peu de ressource car valorisation des déchets sur le territoire
	<u>Eaux Usées</u> Solution peu envisageable	Points faibles Les infrastructures d'eaux usées trop petites Technique avec peu de retour d'expérience Points forts Opportunité lors de la création de réseaux neufs sur la ZAC
Réseaux de chaleur	<u>Extension d'un réseau de chaleur</u> Solution impossible	Point faible Réseau de chaleur existant trop loin du projet

	<p><u>Création d'un réseau de chaleur</u> Solution envisageable sous réserve de faisabilité technico-économique</p>	<p>Points forts Mobilisation massive des sources de chaleur renouvelable. (Biomasse, ...) Densité thermique suffisante</p> <p>Points faibles Gros investissements financiers</p> <p>Points de vigilance Mutualisation à étudier selon les évolutions du secteur</p>
--	---	--