

ÉTUDE DE POTENTIEL EN ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION

Extension d'une zone d'Activités à Tilloy-lès-Mofflaines (62 217)



Symoe
CONSTRUISONS
UN MONDE DURABLE

Lille : 677 av. de la République 4^{ème} étage - 59000 Lille - **03 20 74 59 14**

Nantes : 8, rue de Saint Domingue - Le Solilab - 44200 Nantes - **02 85 52 33 79**

contact@symoe.fr - symoe.fr

INFORMATIONS QUALITE DU DOCUMENT

	Maitrise d'ouvrage	Maitrise d'œuvre
Nom	Communauté urbaine d'Arras	UrbYcom
Adresse	146 Allée du Bastion de la Reine CS 10345 62 026 ARRAS CEDAX	85 espace Neptune Rue de la Calypso 62 110 HÉNIN-BEAUMONT
Tel.	03 21 21 06 76	03 62 07 80 00

Version	Date	Rédigé par	Vérifié par
V01	22/11/2024	Nicolas GALLOIS	Etienne WOESTELANDT

Référence	311.24 : Communauté Urbaine D'Arras, extension ZI EST
Projet	Extension d'une zone d'activités à Tilloy-lès-Mofflaines
Chargé de projet	Étienne WOESTELANDT
Document	Étude de potentiel en énergies renouvelables et de récupération

TABLE DES MATIERES

Informations qualité du document.....	2
Table des matières	3
Table des Illustrations.....	4
1 Préambule	5
1.1 Aspect réglementaire	5
1.1 Approche méthodologique.....	5
2 Présentation de l'opération	6
2.1 Le site	6
2.2 Le projet	7
2.3 Surfaces totales	8
2.4 Estimation des besoins.....	8
3 Potentiel en énergies	10
3.1 Caractéristiques Climatiques	10
4 Sources d'énergies.....	12
4.1 Énergies fossiles	12
4.1 Énergies renouvelables	13
4.2 Énergies fatales et de récupération	25
5 Synthèse du potentiel en energies du site	29
6 Comparaison des solutions.....	30
6.1 Consommations énergétiques	30
6.2 Coût.....	30
6.3 Émissions de gaz à effet de serre.....	30
7 Conclusion	31
8 Sources.....	32
8.1 Bilan énergétique	32
8.2 Énergies renouvelables	32
9 Glossaire	33

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Commune de Tilloy-lès-Mofflaines (source : Google Maps).....	6
Figure 2 - Parcelle du projet (source : Plan situation).....	6
Figure 3 - Plan masse du projet d'aménagement.....	7
Figure 4 - Répartition des besoins énergétiques du projet	9
Figure 5 - Raccordement en gaz (source : www.grdf.fr).....	12
Figure 6 - Unité de méthanisation (source : bioenergie-promotion.fr)	14
Figure 7 - Carte d'ensoleillement (source : PVGIS, JRC European commission).....	16
Figure 8 - Irradiation mensuelle sur plan fixe (source : re.jrc.ec.europa.eu).....	16
Figure 9 - Exemple de capteurs solaires photovoltaïques	18
Figure 10 - Exemple d'un capteur solaire thermique	18
Figure 11 - Schéma simplifié du principe de géothermie	19
Figure 12 - Gisements géothermique (source : geothermies.fr).....	20
Figure 13 - Potentiel de vent : Densité d'énergie calculée (source : nord.gouv.fr)	21
Figure 14 - Observatoire régional de l'Éolien (source : eoliennes.hautsdefrance.fr).....	21
Figure 15 - Réseau de chaleur de la ville d'Arras : france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr	22
Figure 16 - Mix énergétique du RCU d'Arras : france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr	22
Figure 17 - Proposition de réseau de chaleur à l'échelle du site	24
Figure 18 - Gisements de chaleur fatale et leurs usages principaux (Source : ADEME).....	25
Figure 19 - Énergies renouvelables et de récupération (Source : france-chaleur-urbaine.beta)	26
Figure 20 - Système de récupération de chaleur sur les eaux usées (Source : APUR)	28
Figure 21 - Fonctionnement de la récupération de chaleur sur les eaux grises	28
Figure 22 - Consommation énergétique (MWh/an).....	30
Figure 23 - Coût énergétique (€/an).....	30
Figure 24 - Emissions annuelles de GES (T eq. CO ₂ /m ² /an).....	30

1 PREAMBULE

1.1 Aspect réglementaire

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.

Cette étude ne doit pas être vue comme une formalité administrative, mais comme une démarche de conseils utile aux acteurs en charge de l'aménagement.

En plus de faire figurer une comparaison des solutions EnR les unes par rapport aux autres, cette étude évalue si certaines d'entre elles sont viables dans l'absolu, c'est-à-dire compétitives par rapport à une solution de référence « par défaut ». Cette solution de référence sera définie sur la base de la solution la plus courante au sein du territoire de la collectivité considéré ou des quartiers récents proches du nouvel aménagement.

Ces différentes solutions étudiées pourront intégrer les systèmes suivants éventuellement combinées :

- Systèmes solaires thermiques
- Systèmes solaires photovoltaïques
- Systèmes de chauffage au bois ou à biomasse
- Systèmes éoliens
- Raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif à plusieurs bâtiments ou urbain
- Pompes à chaleur géothermiques,
- Autres types de pompes à chaleur
- Chaudières à condensation

La prise en compte du périmètre géographique, temporel ainsi que des besoins énergétiques du projet permettront d'analyser les conditions de gestion des dispositifs, les coûts d'investissement et d'exploitation, la durée d'amortissement des investissements et l'impact attendu sur les émissions de gaz à effet de serre.

Cette étude ne se substitue pas à l'étude de faisabilité d'approvisionnement en énergie qui devra être réalisée au stade du permis de construire pour les constructions à bâtir, mais permet d'orienter le projet global d'aménagement vers des solutions d'approvisionnement énergétique durables.

1.1 Approche méthodologique

La mission s'articule autour de 3 étapes :

- **Un inventaire des besoins en énergie** associés au projet, compte tenu des hypothèses de surface et d'activité envisagées dans le dossier d'esquisse,
- **Un diagnostic des potentialités en EnR** : pour chacune des énergies renouvelables et pour les réseaux de chaleur, à partir des données utiles collectées.
- **Pour les solutions énergétiques pertinentes, une analyse plus fine** permet d'apprécier la faisabilité technique, financière et juridique de ces solutions.

2.2 Le projet

Le projet d'aménagement s'inscrit dans la dynamique de densification de la zone d'activités

- La création d'une nouvelle voie depuis la D939, axe Arras / Cambrai
- L'aménagement de 20 parcelles liées à une zone d'activité existante.

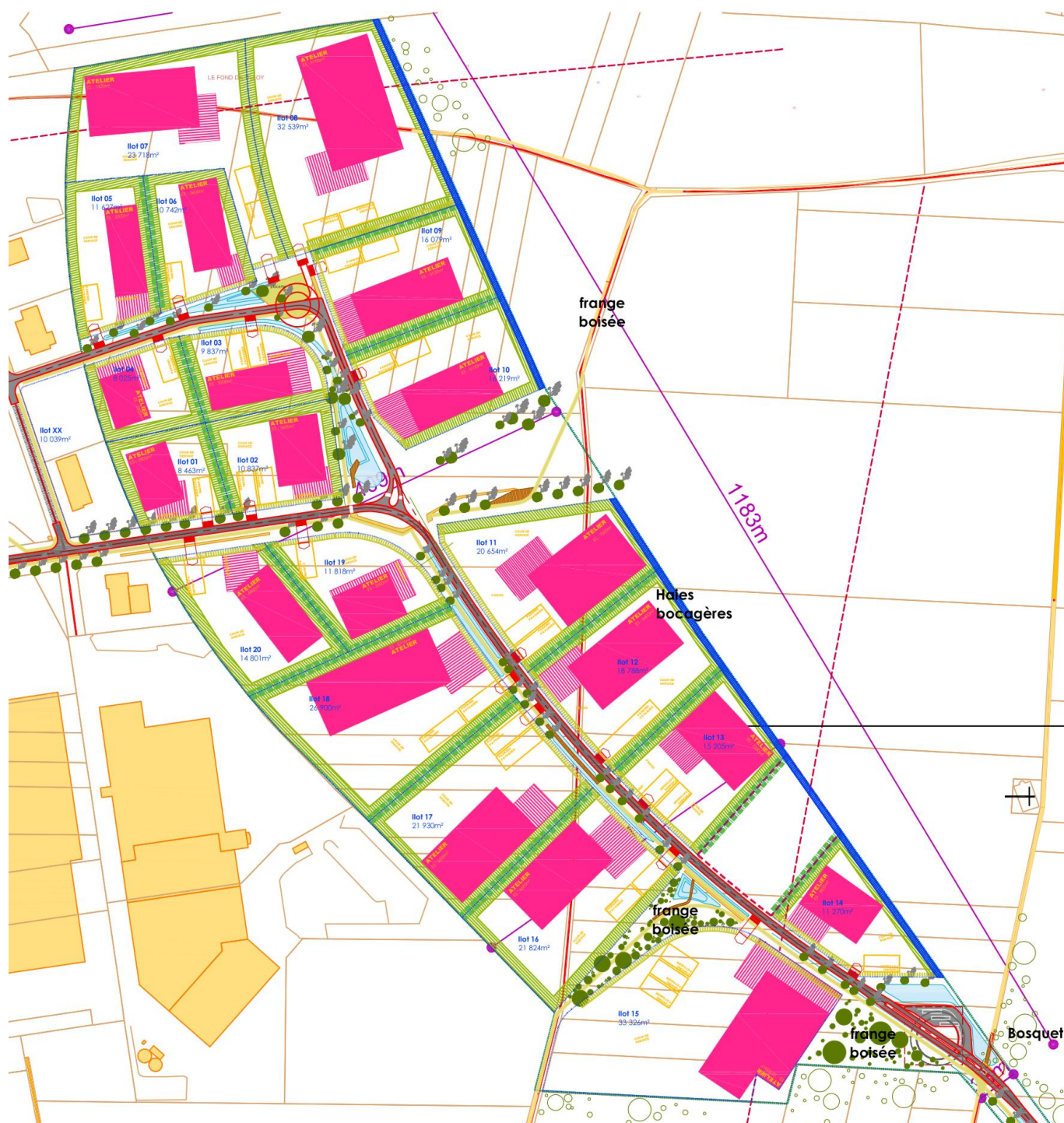


Figure 3 – Plan masse du projet d'aménagement

2.3 Surfaces totales

Usage	Surface de la Parcelle	Surface Utile
Activités Ilot 01	8 463 m ²	2 800 m ²
Activités Ilot 02	10 837 m ²	3 600 m ²
Activités Ilot 03	9 837 m ²	3 500 m ²
Activités Ilot 04	8 025 m ²	2 500 m ²
Activités Ilot 05	11 627 m ²	3 300 m ²
Activités Ilot 06	10 742 m ²	3 600 m ²
Activités Ilot 07	23 718 m ²	7 300 m ²
Activités Ilot 08	32 539 m ²	9 700 m ²
Activités Ilot 09	16 079 m ²	5 100 m ²
Activités Ilot 10	16 219 m ²	5 100 m ²
Activités Ilot 11	20 654 m ²	7 500 m ²
Activités Ilot 12	18 788 m ²	6 400 m ²
Activités Ilot 13	15 205 m ²	5 200 m ²
Activités Ilot 14	11 270 m ²	3 800 m ²
Activités Ilot 15	33 326 m ²	10 500 m ²
Activités Ilot 16	21 824 m ²	6 600 m ²
Activités Ilot 17	21 930 m ²	6 500 m ²
Activités Ilot 18	26 900 m ²	8 700 m ²
Activités Ilot 19	11 818 m ²	3 500 m ²
Activités Ilot 20	14 801 m ²	4 600 m ²
Total	344 602 m²	109 800 m²

2.4 Estimation des besoins

2.4.1 Ratio des besoins

	Besoin en kWh _{eff} /m ² Su/an			
	Chauffage	ECS	Electricité (tous usages)	Rafrachissement
Activités	30	1	60	40

Le tableau ci-dessus indique les ratios moyens de besoins par usage et par typologie de construction pris en compte dans le reste de l'étude. Ils sont issus de données compilées de résultats d'audits énergétiques menés par nos soins et de résultats d'études thermiques réglementaires. Ils sont exprimés en kWh d'énergie finale.

[La partie électricité tous usages prend en compte : L'éclairage, la ventilation, les consommations mobilières].

2.4.2 Bilan des besoins

Bilan des besoins en kWh/an				
	Chauffage	ECS	Electricité (tous usages)	Rafrachissement
Activités	3 294 000	109 800	6 588 000	4 392 000
TOTAL (kWh/an)				
Part thermique (MWh/an)	3 294			
Part électrique (MWh/an)		110	10 980	

Part Thermique : Il s'agit des consommations de **chauffage** de l'ensemble du projet.

Part Électrique : Il s'agit des consommations en **électricité** de l'ensemble du projet.

Les besoins énergétiques (**thermique**) du projet sont estimés à **3 294 MWh/an**.

Les besoins énergétiques (**électrique**) du projet sont estimés à **11 090 MWh/an**.

L'usage Activité utilise majoritaire l'électricité pour les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

Les besoins énergétiques (électrique) du projet sont estimés à 14 384 MWh/an.

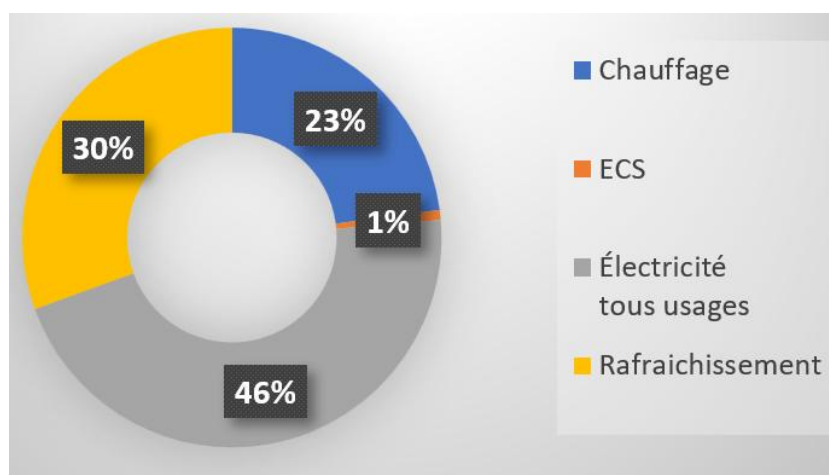


Figure 4 - Répartition des besoins énergétiques du projet

3 POTENTIEL EN ENERGIES

3.1 Caractéristiques Climatiques

Les conditions météorologiques de Tilloy-lès-Mofflaines sont caractérisées par un climat doux et modéré. De fortes averses s'abattent toute l'année même lors des mois les plus secs. La température à cet endroit est d'environ 10.8 °C et les précipitations annuelles s'élèvent à 798 mm.

Températures à Tilloy-lès-Mofflaines en 2023

(Source : Linternaute.com d'après Météo France)

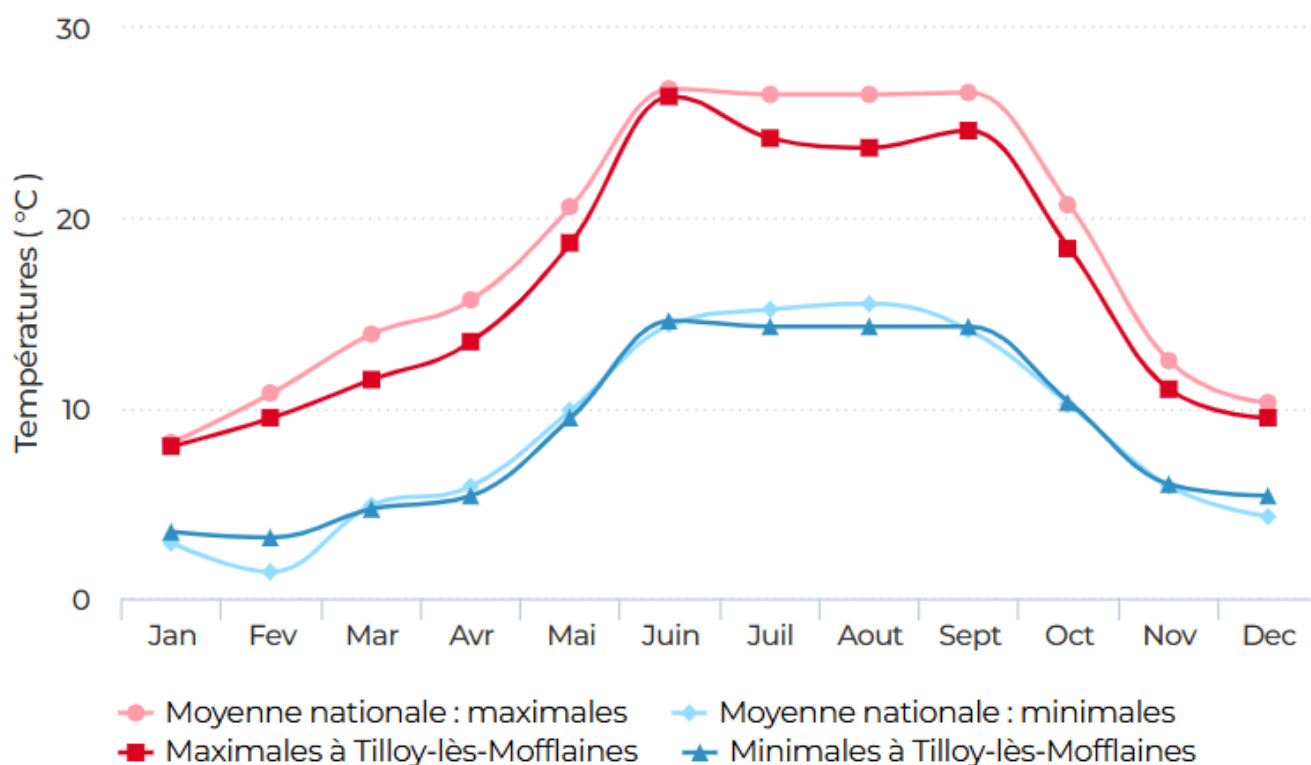


Figure 5 -Températures Tilloy-lès-Mofflaines /Moyenne nationale 23
(Source : www.linternaute.com)

Climat à Tilloy-lès-Mofflaines par saison en 2023

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Soleil				
Heures d'ensoleillement	nc	nc	nc	nc
Moyenne nationale	327 h	693 h	694 h	307 h
Equivalent jours de soleil	nc	nc	nc	nc
Moyenne nationale	14 j	29 j	29 j	13 j
Pluie				
Hauteur de pluie	157 mm	154 mm	196 mm	291 mm
Moyenne nationale	161 mm	180 mm	163 mm	324 mm
Vent				
Vitesse de vent maximale	90 km/h	86 km/h	79 km/h	108 km/h
Moyenne nationale	155 km/h	155 km/h	137 km/h	184 km/h

Records du climat à Tilloy-lès-Mofflaines en 2023

	Tilloy-lès-Mofflaines	Record national en 2023
Températures		
Record de chaleur	34,2 °C	43,2 °C
Record de froid	-5,6 °C	-13,0 °C
Pluie		
Précipitations maximales	120 mm	411 mm
Précipitations minimales	9 mm	0 mm
Vent		
Vitesse de vent maximale	108 km/h	184 km/h

Figure 6 - Données climatiques 2023
(Source : linternaute.com)

4 SOURCES D'ENERGIES

4.1 Énergies fossiles

Les énergies fossiles les plus courantes sont le charbon, le pétrole et ses dérivés et le gaz naturel. Les combustibles fossiles conventionnels représentant la quasi-totalité de la consommation actuelle

La disponibilité sur le site des énergies charbon et à base de pétrole ne sera pas étudiée dans ce document. Celles-ci étant jugées trop peu courantes et obsolètes.

4.1.1 Gaz de ville

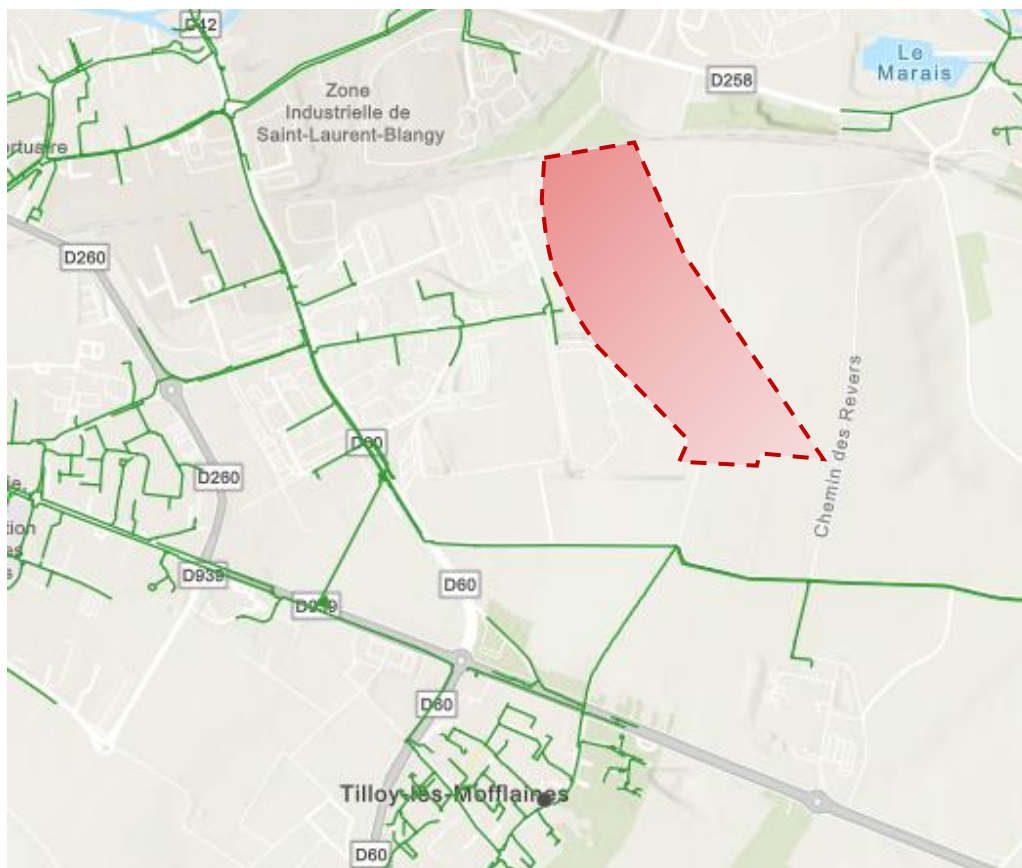


Figure 5 - Raccordement en gaz (source : www.grdf.fr)

— Réseau de gaz exploité par GRDF

Le recours au gaz naturel sera envisageable sur le site sous réserve d'une extension du réseau existant.

Nota : les fournisseurs proposent des contrats intégrant une part de biogaz (énergie considérée comme renouvelable mais non produite sur site)

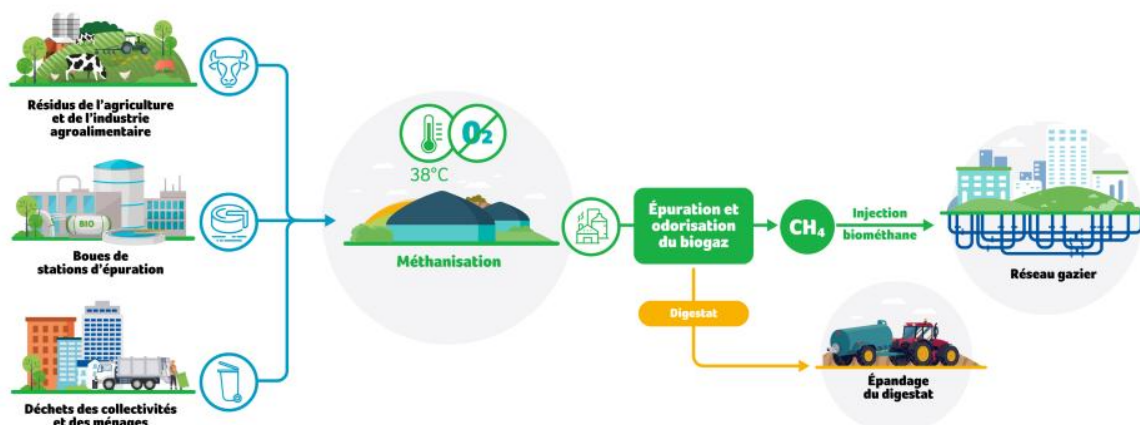
4.1 Énergies renouvelables

Selon l'article 29 de la loi n° 2005-781, les sources d'énergies renouvelables sont les énergies éolienne, solaire, géothermique, aérothermique, hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz.

Les énergies hydrothermique, marine et hydraulique, ainsi que l'énergie issue du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées, sont d'emblée écartées car non disponibles sur le site.

4.1.1 Bio GAZ

La filière biométhane prend de l'ampleur en France. D'une seule unité de méthanisation injectant ce gaz vert dans le réseau de gaz naturel en 2011, nous sommes passés à 506 unités en décembre 2022.



Près de 600 projets inscrits

- L'ensemble des projets en France, enregistré au registre des capacités représente un complément de capacité installée de près de **13 TWh** ;
- **+ de 15 TWh/an** de capacité maximale d'injection réservée ;
- **667 sites** de méthanisation injectent du gaz vert dans les réseaux gaziers à février 2024 ;
- **20 %** de gaz renouvelable potentiellement injectable dans le réseau en 2030
- **100 %** de besoins énergétiques français pourraient être couverts par du gaz renouvelable d'ici 2050 (ADEME) ;
- **12 TWh/an** de capacité de production à décembre 2023.
- La capacité installée de biométhane à février 2024 est de plus de 12 TWh, soit **l'équivalent de la production de plus de deux tranches nucléaires** sur une année pleine, ou de la consommation en gaz de plus de 3 millions de logements neufs, tout cela confirmant le dépassement des objectifs de la PPE (Programmation Pluriannuelle de l'Energie).

Autour d'Arras, au moins **deux unités** de production de bioénergies par la valorisation de processus industriels (processus de méthanisation).

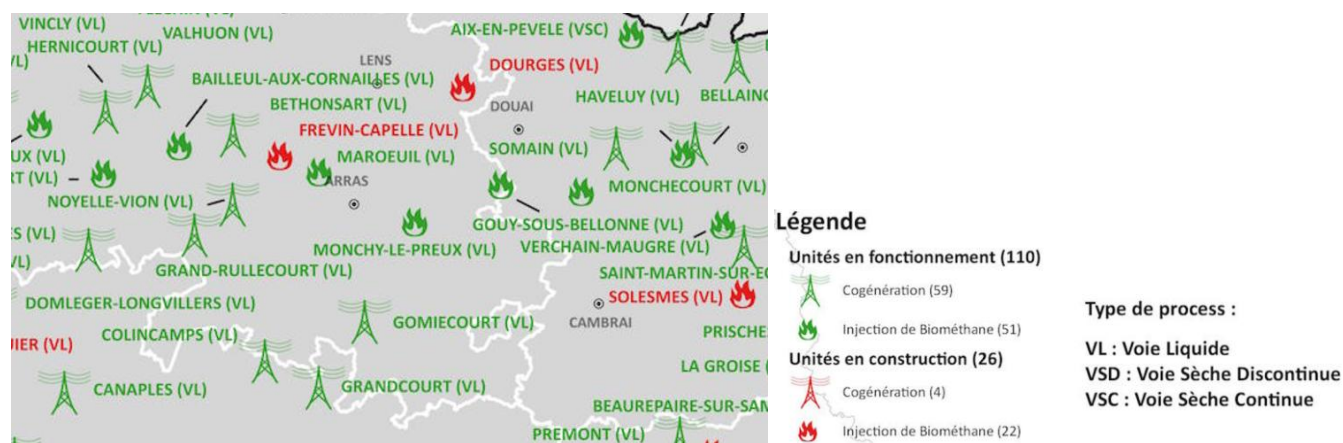


Figure 6 – Unité de méthanisation (source : bioenergie-promotion.fr)

Cette énergie est directement injectée dans le réseau de GRDF, elle ne pourra pas être utilisée directement dans le cadre du projet, c'est une composante en cours d'évolution du réseau de gaz.

4.1.2 Énergie Aérothermique

L'aérothermie consiste à exploiter la chaleur dans l'air. Elle constitue un moyen de chauffage alternatif à l'électricité directe et aux autres moyens de chauffage traditionnels.

L'énergie calorifique contenue dans l'air est récupérée par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur. Les calories présentes dans cet air extérieur sont captées et transmises à l'air intérieur (pompe à chaleur Air / Air) ou à un circuit d'eau (pompe à chaleur Air / Eau) alimentant par exemple un plancher chauffant ou des radiateurs.

Notons que la plupart des modèles de pompes à chaleur aérothermiques sont désormais réversibles et permettent également de climatiser si besoin.

En général, cette énergie nécessite l'installation d'unités extérieures, susceptibles de générer des nuisances sonores et visuelles selon la configuration des bâtiments. Les ballons d'eau chaude thermodynamiques permettent également d'exploiter l'énergie aérothermique pour chauffer l'eau chaude sanitaire, sans nécessité d'installer d'unité extérieure.

Les pompes à chaleur ont un indicateur qui permet d'analyser leur rendement et leur performance, le COP [Coefficient de performance].

Ce coefficient représente le rapport, en kilowattheure (kWh), entre la quantité d'énergie produite et la quantité d'énergie utilisée

Par exemple, si pour 1 kWh d'énergie consommée, votre pompe à chaleur restitue 3 kWh de chaleur, votre PAC affiche un COP de 3. Vous aurez donc récupéré 2 kWh d'énergie.

Plus le COP est élevé, plus la consommation d'énergie est faible et plus cela se ressentira sur les charges énergétiques.

Le recours à l'énergie aérothermique est donc envisageable sur le site.

4.1.3 Énergie Biomasse

La biomasse considérée ici est le bois sous diverses formes. Le bois non traité est considéré comme une énergie renouvelable. Les émissions de gaz à effet de serre lors de la combustion sont pratiquement compensées par la consommation de dioxyde de carbone nécessaire à sa croissance.

De nombreux fournisseurs se trouvent à moins de 50 km de Tilloy-lès-Mofflaines. **Le recours à cette énergie est donc pertinent.**

Cependant, les systèmes exploitant la biomasse sont encombrants techniquement et nécessitent des dispositions particulières notamment au niveau de l'approvisionnement et du stockage en combustible (pellets / plaquettes).

Il conviendra également d'identifier quels fournisseurs permettent un approvisionnement local dans des forêts durablement gérées.



4.1.4 Énergie solaire

Cette énergie permet de transformer l'énergie du soleil en électricité à partir de panneaux photovoltaïques ou en eau chaude à partir de panneaux solaires thermiques.

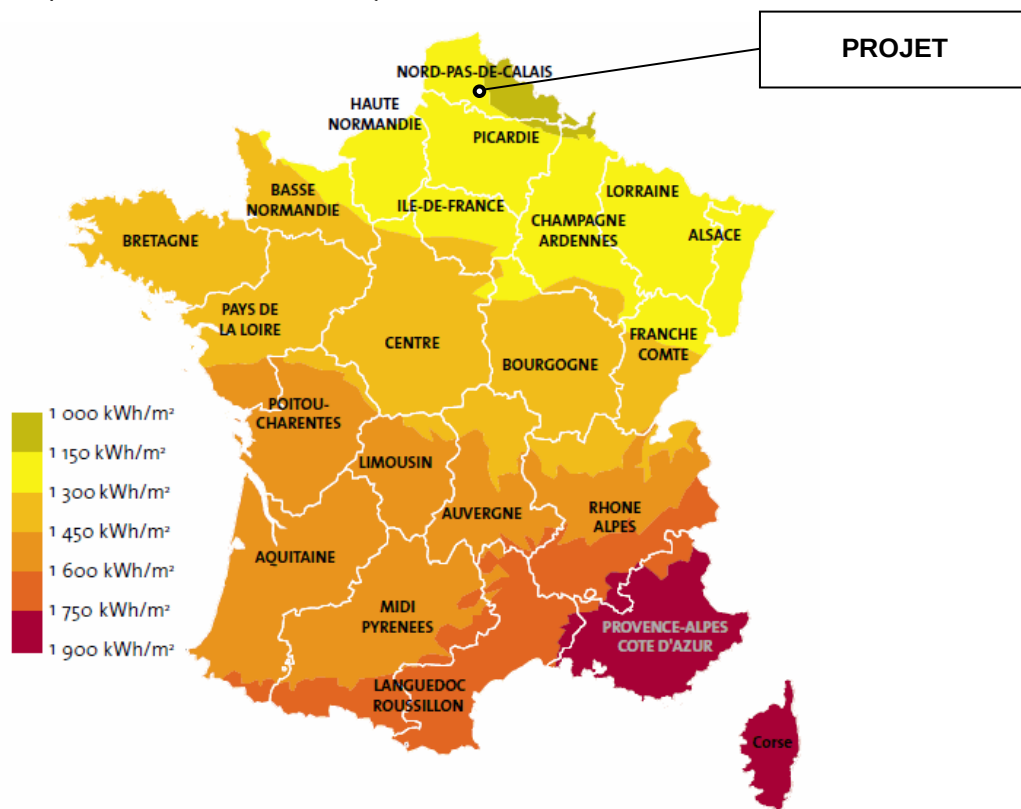


Figure 7 - Carte d'ensoleillement (source : PVGIS, JRC European commission)

La commune de Tilloy-lès-Mofflaines est caractérisée par un relativement faible ensoleillement, cependant, l'énergie solaire reste importante même au Nord de la France.

A Tilloy-lès-Mofflaines, on enregistre une irradiation annuelle de 1 300 kWh/m²/an sur une surface inclinée de 15°. L'irradiation moyenne maximale est atteinte en juillet avec 176 kWh/m²/mois. Le minimum moyen est atteint en décembre avec 33 kWh/m²/mois.

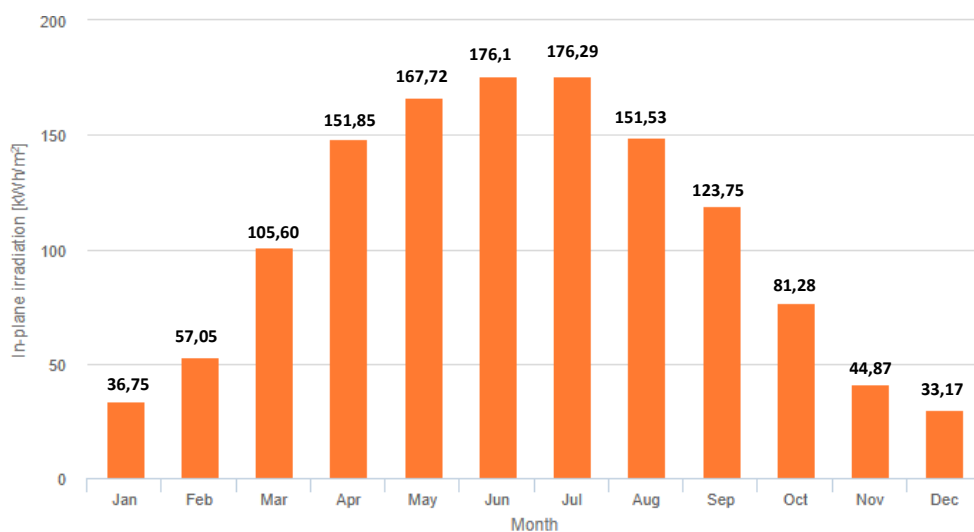


Figure 8 - Irradiation mensuelle sur plan fixe (source : re.jrc.ec.europa.eu)

4.1.4.1 Potentiel solaire photovoltaïque

Le recours à l'énergie solaire photovoltaïque est adapté aux besoins d'énergies électriques. Le rendement d'une installation photovoltaïque destinée à la production d'électricité est d'environ 15 à 20 %.

De plus, depuis le 01/01/2024 il y a obligation, pour les bâtiment tertiaire (commercial, industriel ou artisanal) de végétaliser ou d'installer des capteurs photovoltaïques en toiture (au minimum 30 %). *Décret n° 2023-1208 du 18 décembre 2023 portant application de l'article L. 171-4 du code de la construction et de l'habitation et de l'article L. 111-19-1 du code de l'urbanisme.*

Usage	Surface Utile	30 % de la surface
Activités Ilot 01	2 800 m ²	840 m ²
Activités Ilot 02	3 600 m ²	1 080 m ²
Activités Ilot 03	3 500 m ²	1 050 m ²
Activités Ilot 04	2 500 m ²	750 m ²
Activités Ilot 05	3 300 m ²	990 m ²
Activités Ilot 06	3 600 m ²	1 080 m ²
Activités Ilot 07	7 300 m ²	2 190 m ²
Activités Ilot 08	9 700 m ²	2 910 m ²
Activités Ilot 09	5 100 m ²	1 530 m ²
Activités Ilot 10	5 100 m ²	1 530 m ²
Activités Ilot 11	7 500 m ²	2 250 m ²
Activités Ilot 12	6 400 m ²	1 920 m ²
Activités Ilot 13	5 200 m ²	1 560 m ²
Activités Ilot 14	3 800 m ²	1 140 m ²
Activités Ilot 15	10 500 m ²	3 150 m ²
Activités Ilot 16	6 600 m ²	1 980 m ²
Activités Ilot 17	6 500 m ²	1 950 m ²
Activités Ilot 18	8 700 m ²	2 610 m ²
Activités Ilot 19	3 500 m ²	1 050 m ²
Activités Ilot 20	4 600 m ²	1 380 m ²
Total	109 800 m²	32 940 m²

Dans le cadre du projet, les surfaces de toitures représentent près de **109 800 m²**. En ciblant une couverture d'un tiers de la surface, cela permettrait d'installer environ **32 940 m²** de Panneaux Photovoltaïques (PV).

Une simulation sur le logiciel TecSol permet de déterminer l'apport approximatif de cette énergie.

Les données d'entrées sont les suivantes :

Modules PV	Générique monocristallin
Puissance crête /module	400 W/c
Inclinaison	15°/Horizontale
Orientation	90°/Sud
Surface Toiture	32 940 m ²
Surface d'un module	1,77 m ²
Nombre de panneaux	18 610
Puissance crête totale	7 444 kWc

La simulation indique une productivité de **1 016 kWh/kWc.an**, soit une production électrique de **7 561 MWh** pour une année d'activité. Cette installation permettrait de couvrir environ **53 %** des besoins en électricité du site.

Il est à noter que la production pourra être augmentée par une optimisation des panneaux, avec une orientation et une inclinaison plus favorable.



Figure 9 - Exemple de capteurs solaires photovoltaïques

Le recours à l'énergie solaire photovoltaïque semble donc être une solution très pertinente sur le site.

4.1.4.2 Potentiel solaire thermique

Le recours à l'énergie solaire thermique est particulièrement adapté aux besoins d'énergies nécessaires à la production **d'eau chaude sanitaire** pour les logements. Le rendement d'une installation solaire thermique est en général de 40 à 70 %.



Figure 10 - Exemple d'un capteur solaire thermique

Dans le cadre du projet, les besoins d'eau chaude sanitaire sont très faible et il ne paraît pas pertinent d'en installer.

Le recours à l'énergie solaire thermique ne semble pas être une solution pertinente sur le site.

4.1.5 Énergie géothermique

La géothermie exploite la chaleur du sous-sol terrestre. Le principe consiste à extraire un fluide géothermal grâce à un forage de production. Ce fluide est amené à la centrale géothermique et son énergie est transférée au réseau de chaleur grâce à un échangeur thermique. Le fluide géothermal "déchargé" de son énergie retourne ensuite à l'aquifère par le forage de réinjection. Si la température de la ressource n'est pas adaptée à l'usage prévu, on peut avoir recours à une pompe à chaleur et à un appoint.

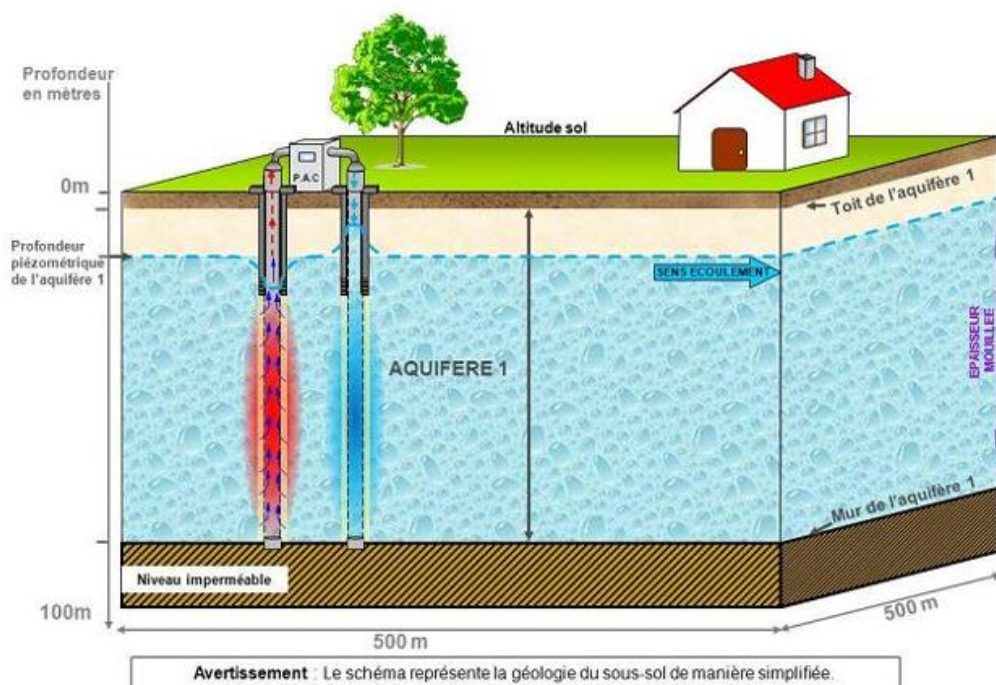


Figure 11 - Schéma simplifié du principe de géothermie

	Aquifère 1 Craie	Aquifère 2	Aquifère 3
Profondeur du toit (m) :	0		
Profondeur du mur (m) :	119		
Profondeur minimale recensée de la nappe Période de mesure :	17 mai-2001		
Profondeur maximale recensée de la nappe Période de mesure :	29 mai-2009		
Profondeur d'accès (m) :	29		
Température (°C) :	10		
Paramètre hydrodynamique :	Perméabilité (m/h) 1,8		
Débit d'exploitation par forage (m³/h) :	34		
Potentiel géothermique :	Fort		
Remarque :			

4.1.5.1 Géothermie superficielle

L'énergie géothermique peut aussi être exploitée par captage sur nappe superficielle. Les aquifères superficiels (moins de 200 mètres de profondeur) doivent être utilisés avec des pompes à chaleur, leur température étant inférieure à 30 °C.

Le potentiel de géothermie sur aquifères (nappes), est déterminé suivant une analyse multicritère des aquifères superficiels comprenant la profondeur d'accès à la ressource, la productivité hydraulique (débit exploitable) et la température de l'aquifère.

RESSOURCE GÉOTHERMIQUE SUR LA COMMUNE DE : TILLOY-LÈS-MOFFLAINES (62817)

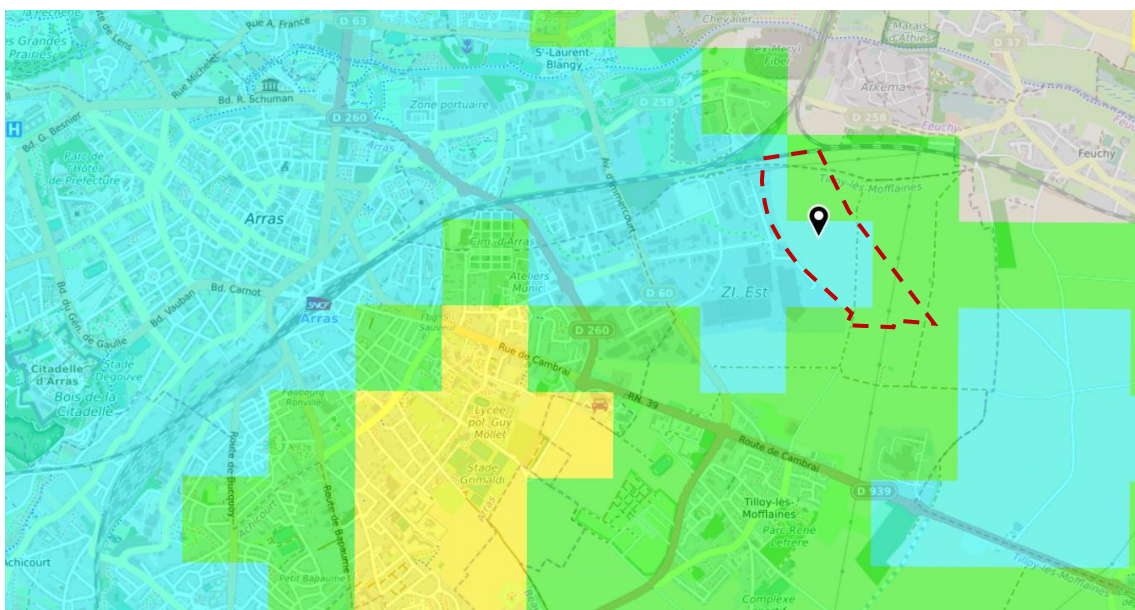


Figure 12 – Gisements géothermique (source : geothermies.fr)

Caractéristiques géothermiques du meilleur aquifère (IDF)



Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières identifie un **potentiel géothermique de surface Moyen à Fort** au niveau du site du projet.

L'énergie géothermique peut être exploitée par captage sur nappe ou sondes, les débits potentiels sont importants.

Le recours à l'énergie géothermique paraît envisageable sur le site (sous réserve de test de réponse thermique).

4.1.6 Énergie éolienne

Selon le Service des données et études statistiques, la région Hauts-de-France est en 2020 la première région de France en termes de puissance éolienne installée. Le parc éolien est constitué en 2020 de près de 2000 éoliennes représentant 28% de la puissance installée en métropole. Cependant, aucune éolienne n'est répertoriée proche de la commune d'ARRAS.

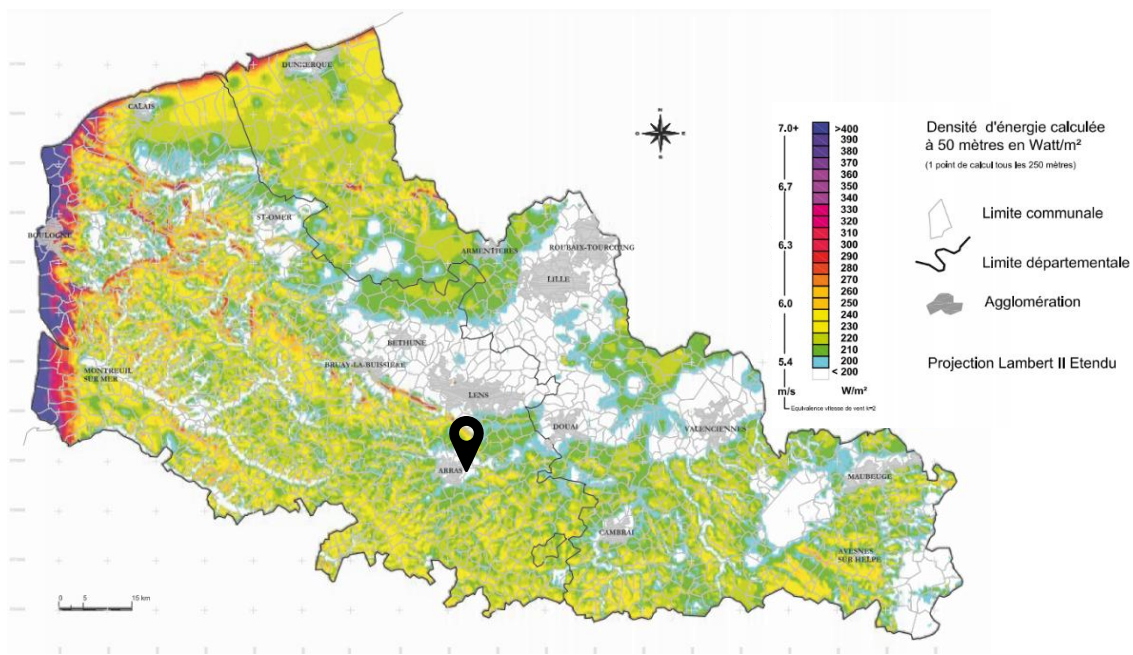


Figure 13 – Potentiel de vent : Densité d'énergie calculée (source : nord.gouv.fr)

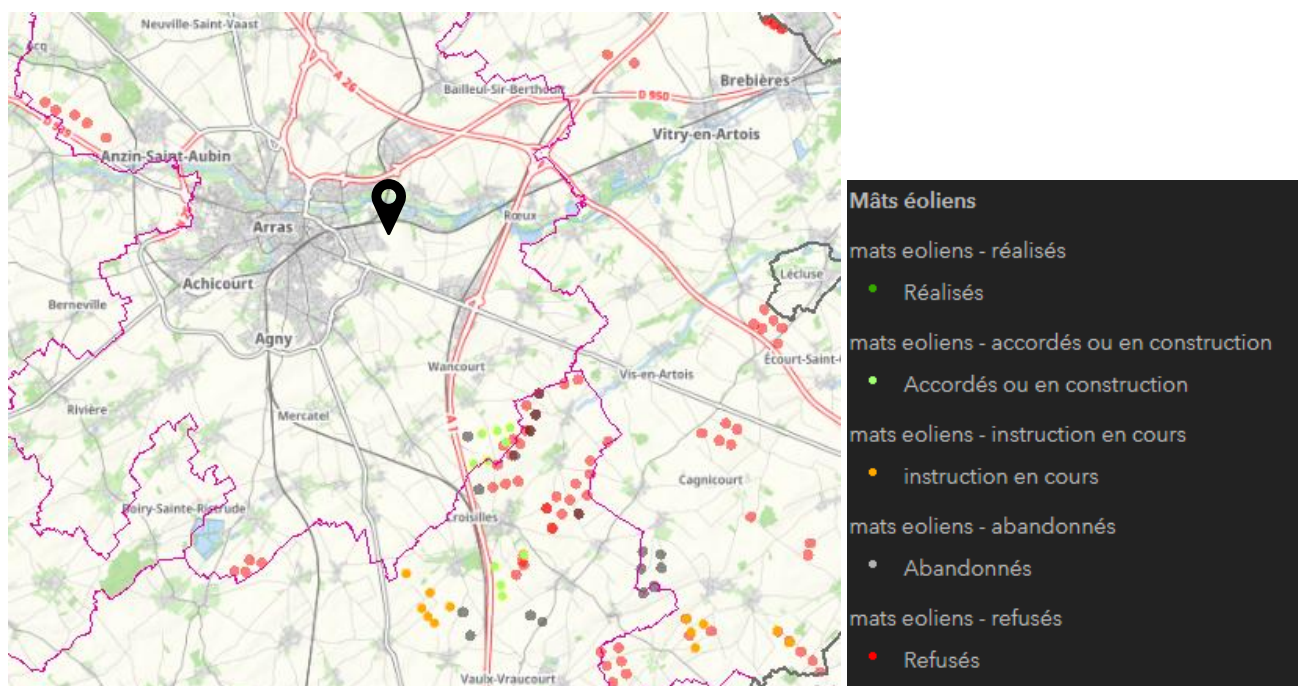


Figure 14 – Observatoire régional de l'Éolien (source : eoliennes.hautsdefrance.fr)

La zone est ici peu propice ou non renseignée. Le recours à l'énergie éolienne n'est donc pas envisageable sur le site

4.1.7 Réseau de chaleur

4.1.7.1 Réseau de chaleur urbain existant

Le réseau de chaleur urbain le plus proche est celui de la ville d'Arras. Il est trop éloigné du site étudié.

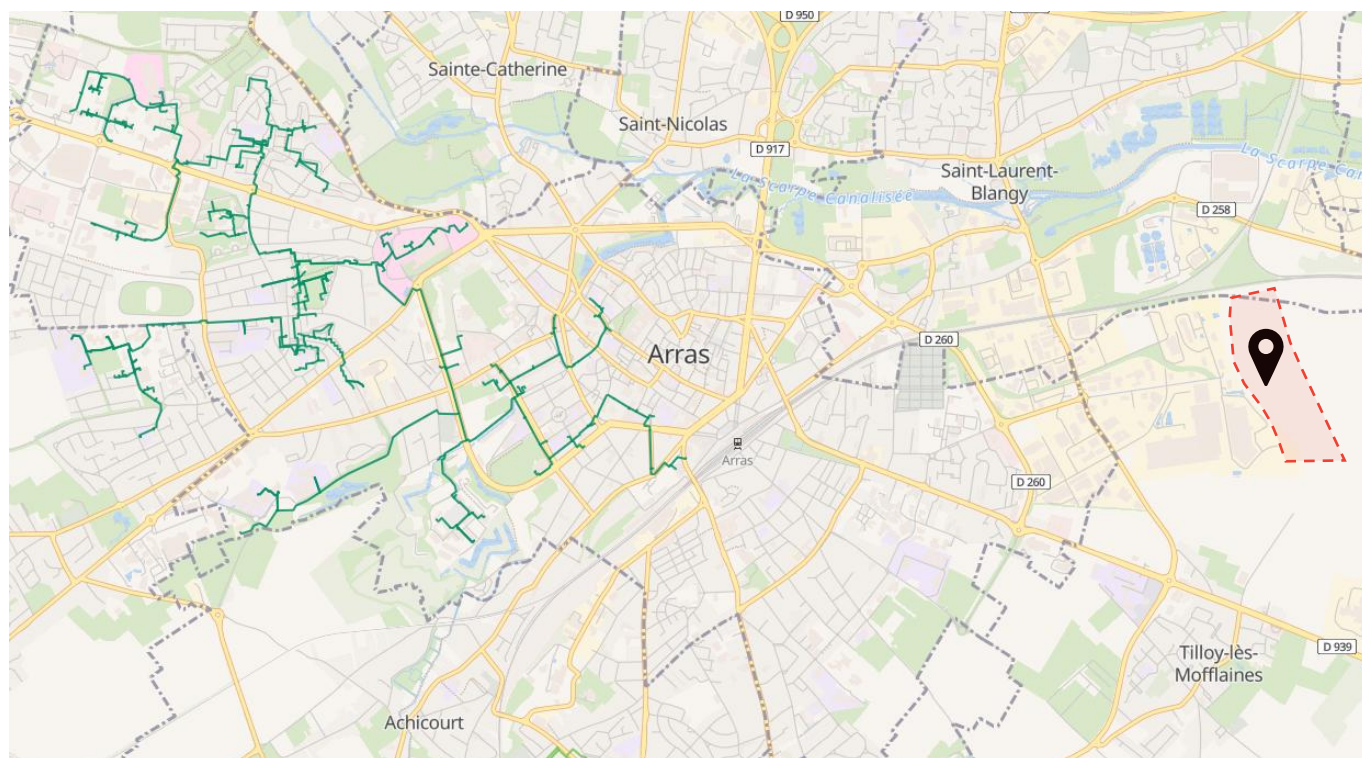


Figure 15 – Réseau de chaleur de la ville d'Arras : france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr

— Réseau de chaleur d'Arras (6210C)

Mix énergétique

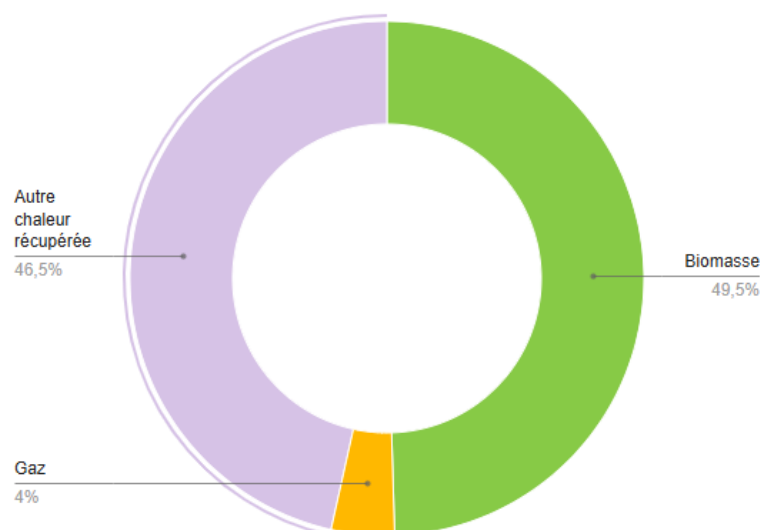


Figure 16 – Mix énergétique du RCU d'Arras : france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr

Il n'est donc pas possible d'envisager un raccordement au réseau de chaleur.

4.1.7.2 Création d'un réseau de chaleur à l'échelle du site

Les réseaux de chaleur ont pour but de distribuer de la chaleur sur une zone prédéfinie via une production thermique centralisée. Les avantages sont multiples :

- Simplicité d'utilisation,
- Maîtrise des coûts énergétiques,
- Développement multi-énergétique,
- Diminution des rejets atmosphériques,
- Préservation de l'environnement sur les plans esthétiques, visuels et sonores.

Un réseau de chaleur ou de froid se compose de trois ensembles :

- Une unité de production de chaleur à partir d'énergies fossiles (gaz, ...), d'énergies renouvelables (biomasse, géothermie, ...), d'énergie fatales (Valorisation des déchets, Datacenter, ...)
- Un réseau primaire de canalisations qui transporte la chaleur ou le froid.
- Des postes de livraisons ou sous-stations qui recueillent la chaleur ou le froid avant de le distribuer aux conditions adéquates de température et de pression aux usagers.

Afin d'analyser la faisabilité technique et économique d'un réseau de chaleur à l'échelle du site, il convient **d'analyser la densité du réseau de chaleur** et son usage (chaud – froid). Nous allons ici étudier l'intérêt de la création d'un réseau de chaleur propre aux parcelles concernées.

La densité thermique est le rapport entre la quantité de chaleur à livrer sur une année (MWh) et la longueur du réseau primaire.

La limite basse communément admise sur des réseaux de chaleur est de **1.5 MWh/ml.an**.

Afin d'estimer la longueur du réseau nécessaire pour déployer un réseau de chaleur à l'échelle du site, un réseau thermique hypothétique est évalué :



Figure 17 - Proposition de réseau de chaleur à l'échelle du site

- Réseau ALLER
- Réseau RETOUR

La longueur du réseau estimée est de **3 000 mètres linéaires**. Les besoins thermiques estimés étant de **3 294 MWh/an**, **la densité du réseau serait donc d'environ 1,1 MWh/mlan**. Les relativement faibles besoins de chauffage de la parcelle et son étendue ne permettent pas la création d'un réseau de chaleur efficient.

La création d'un réseau de chaleur n'est donc pas envisagée sur le site.

4.2 Énergies fatales et de récupération

La chaleur fatale est l'énergie thermique indirectement produite par un processus, et qui n'est ni récupérée, ni valorisée. Les principales sources de chaleur fatale sont les procédés industriels, les unités d'incinération des déchets non dangereux (IUDND), les data centers et la chaleur issue de la récupération sur les eaux grises ou les eaux usées.

Le gisement de chaleur fatale se décompose en 2 classes de températures :

- Le gisement haute température (HT) inclut les gisements de chaleur à plus de 90°C, exportables à tout type de bâtiment en chauffage collectif. Ces sources de chaleur fatale proviennent essentiellement des usines d'incinération des déchets et de certains procédés industriels (fours).
- Le gisement basse température (BT) inclut les gisements de chaleur à moins de 90°C, exportable aux bâtiments en chauffage collectif, à condition que ceux-ci soient équipés d'émetteurs basse température (plancher chauffant). Cette ressource peut être utilisée pour alimenter un réseau de chaleur urbain, soit directement, soit après une remontée en température grâce à une pompe à chaleur ou un complément en énergie fossile. Les sources de chaleur fatale basse température proviennent principalement de procédés industriels (compresseurs, tours aéroréfrigérantes...), mais également de data centers ou de la récupération de calories sur les eaux usées. Le schéma ci-dessous indique le type de destination privilégié selon le type de ressource de chaleur fatale disponible.

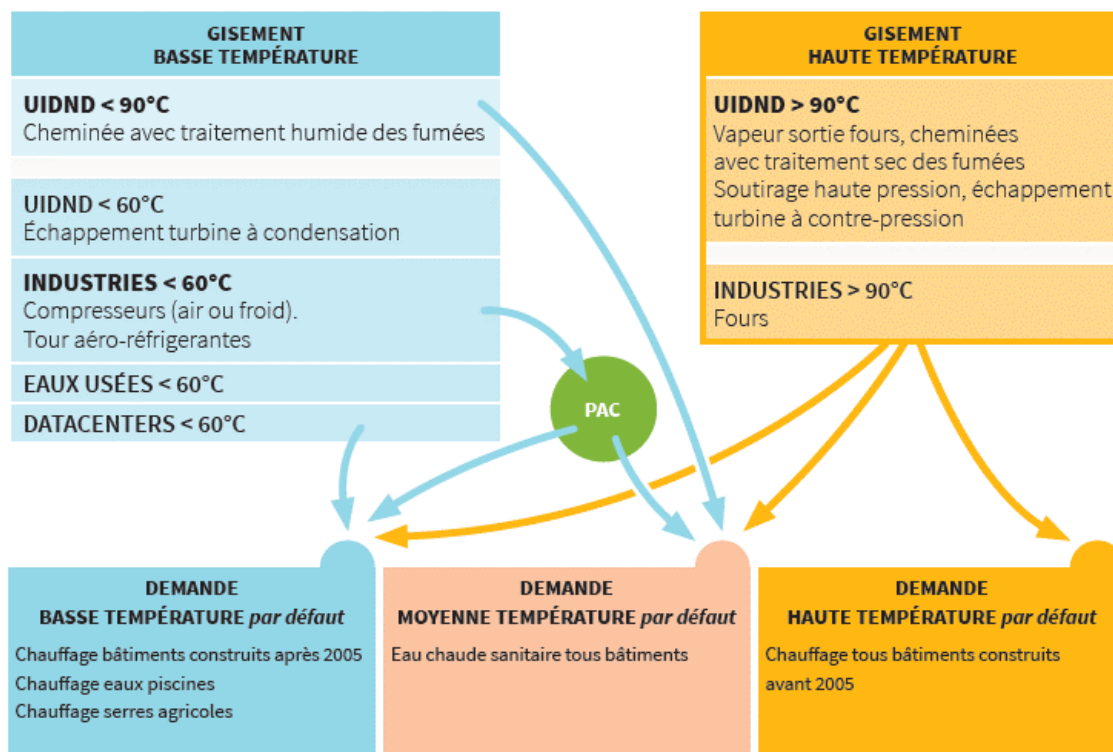


Figure 18 - Gisements de chaleur fatale et leurs usages principaux (Source : ADEME)

4.2.1 Repérage des énergies renouvelables et de récupération

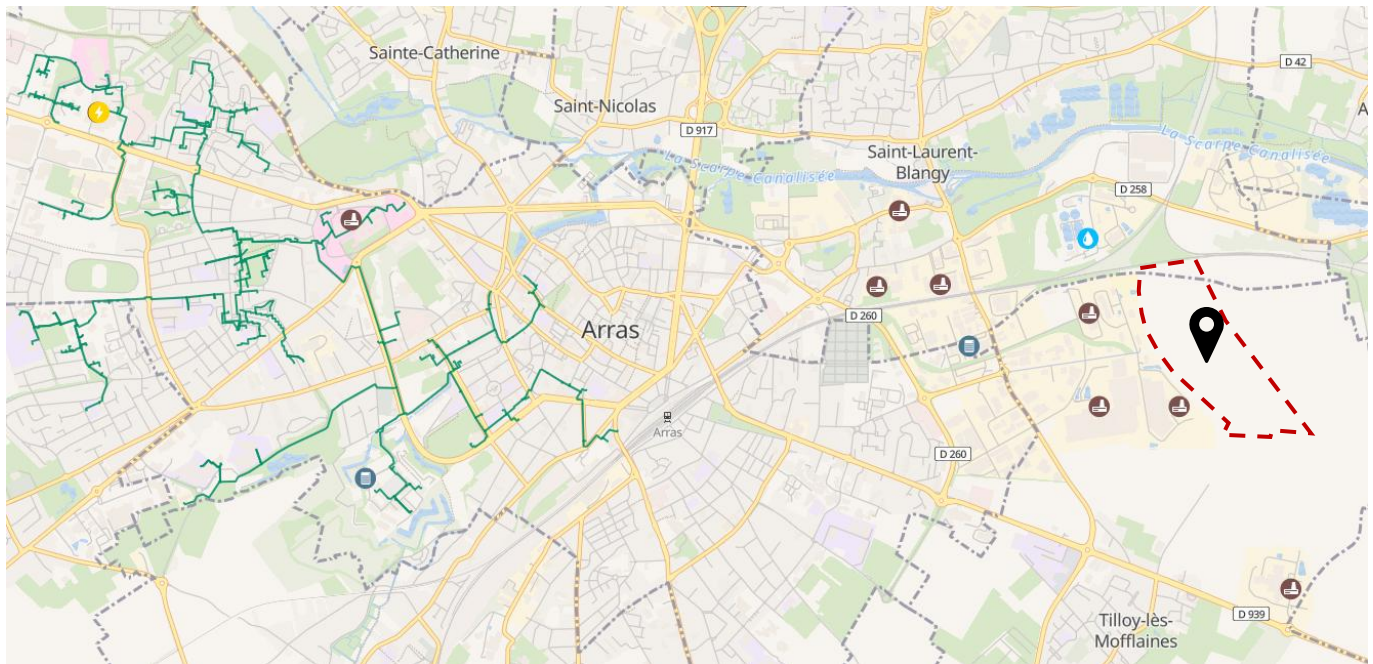


Figure 19 – Énergies renouvelables et de récupération (Source : france-chaueur-urbaine.beta)

-  Unités d'incinération
-  Industrie
-  Stations d'épuration
-  Datacenters
-  Installations électrogènes

De nombreux sites sont référencés mais ils ne disposent pas de données permettant d'évaluer un potentiel de chaleur valorisable.

4.2.2 Energie fatale issue des déchets et de procédés industriels

Les gisements d'énergie fatale issus de l'incinération des déchets non dangereux proviennent essentiellement des vapeurs et fumées générées par le procédé d'incinération. Il s'agit principalement de chaleur fatale « haute température » (> 90 °C).

Selon le type d'activité, l'énergie fatale issue des procédés industriels est soit haute température (fours), soit « basse température » (compresseurs, tours réfrigérantes). La principale contrainte liée à la récupération de cette énergie réside dans l'éloignement de certains sites de production par rapport aux zones où le besoin de chaleur est le plus important (logements, bureaux).

La commune de Tilloy-Lès-Mofflaines n'étant pas reliée au Réseau de Chaleur Urbain de ARRAS, l'usage de cette énergie (directement ou indirectement) n'est pas pertinent.

4.2.3 Datacenter

La chaleur fatale récupérée d'un datacenter provient de la chaleur dégagée par les équipements informatiques. Afin de maintenir des conditions de température optimales dans les locaux, ces derniers sont souvent climatisés. Les calories prélevées par ces équipements de froid sont récupérées grâce à des échangeurs eau/eau. La température en sortie de ces groupes froids est en général de l'ordre de 40 à 50 °C.

Deux Datacenter se trouvent à proximité du site, celui de la ville d'Arras se trouve à La Citadelle et le deuxième se trouve dans la même zone d'activité.

Ces Datacenter ne sont pas à proximité du site, l'usage de cette énergie n'est donc pas envisageable.

4.2.4 Eaux usées

Les 2 principales sources de récupération de chaleur sur les eaux usées sont :

Récupération de chaleur sur les rejets directs du bâtiment.

Les eaux usées sont dirigées vers un échangeur thermique voire une pompe à chaleur. Ce type de récupération de chaleur est aujourd'hui facilement exploitable pour les immeubles construits après 1975, et pour lesquels les eaux grises sont séparées des eaux noires. Ce type de récupération de chaleur peut également être adapté à des structures disposant de gisements d'eaux usées non-négligeables, comme les piscines ou certaines activités industrielles (blanchisseries).

Cette énergie peut être exploitée à l'échelle du bâtiment, pour les bâtiments de **logements collectif**.

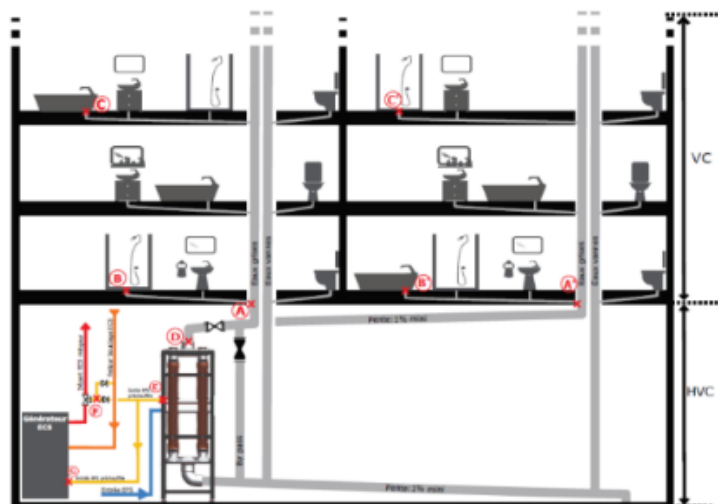


Figure 20 - Système de récupération de chaleur sur les eaux usées (Source : APUR)

Récupération de chaleur sur les collecteurs d'assainissement

Ce type d'opération nécessite l'installation d'échangeurs thermiques dans le réseau d'assainissement. La chaleur ainsi récupérée peut être injectée dans des réseaux de boucles d'eau chaude ou transférée directement au réseau de chauffage et d'eau chaude sanitaire par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.

La principale contrainte de ce type d'installation réside dans l'intervention sur le réseau qui nécessite des travaux importants, souvent sous les voiries du quartier, ce qui est susceptible de créer de nombreuses nuisances pour les riverains.

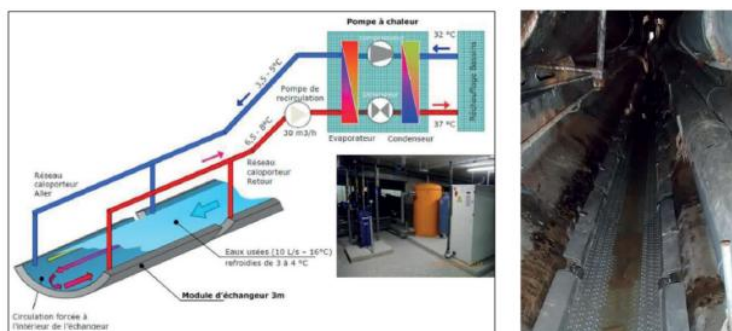


Figure 21 - Fonctionnement de la récupération de chaleur sur les eaux grises

Dans la zone du projet, la majorité des bâtiments ont très peu ou pas d'eau grises issues d'eau chaude sanitaire, l'usage de cette énergie ne sera pas envisagé sur le site.

5 SYNTHÈSE DU POTENTIEL EN ENERGIES DU SITE

Energie	Atouts	Contraintes	Coûts Investissement	Coûts énergétiques	Impact carbone	Pertinence pour le projet
Solaire photovoltaïque	- Bon ensoleillement - Absence de masques significatifs - Possibilité d'autoconsommation - Pourrait couvrir jusqu'à 50% des consommations électriques	Coût des panneaux	Important	-	Bon	Pertinent
Solaire thermique	- Absence de masques significatifs - Surface de toiture disponibles	- Coût des panneaux - Besoins d'ECS faibles	Important	-	Bon	Non Pertinent
Eolien	Production d'électricité de jour comme de nuit, été comme hiver	Zone avec un potentiel éolien faible ou inexistant	Important	-	Bon	Non Pertinent
Géothermie	- Fournit jusqu'à 5 fois plus d'énergie qu'elle n'en utilise - Réversibilité du système (chauffage/climatisation)	Investissements très importants	Très important	Coût maîtrisé (EnR)	Très Bon	Non Pertinent
Aérothermie	- Fournit jusqu'à 3 fois plus d'énergie qu'elle n'en utilise - Réversibilité du système (chauffage/climatisation)	Nuisances sonores si installation d'unités extérieures	Peu important	Coût maîtrisé (EnR)	Bon	Pertinent
Biomasse	- Ressources en bois à proximité - Filière bois énergie structurée	Emplacements pour stockage et accès pour livraisons à prévoir	Important	Coût maîtrisé (EnR)	Très bon	Peu Pertinent
GAZ	- Réseau à proximité - Contrat Bio Gaz	Prolongement du réseau	Peu important	-	Mauvais	Peu Pertinent
Réseau de Chaleur Urbain	- Production d'énergie centralisée - Réseau avec un taux EnR à 50 %	- Prolongement du réseau - Densité trop faible	Très important	Dépend du coût de l'abonnement	Bon	Non Pertinent
Réseau de Chaleur	- Production d'énergie centralisée - Choix de(s) énergie(s) de production	Densité trop faible	Important	-	Selon choix	Non Pertinent
Récupération des énergies fatales	Source énergétique déjà exploitée dans le mix énergétique du RCU	- Prolongement du réseau - Exploitation de la ressource envisageable uniquement via le RCU - Investissement important	Très important	-	Très bon	Non Pertinent

6 COMPARAISON DES SOLUTIONS

Les solutions les plus énergivores sont les productions de **chauffage** par chaufferie **Bois** ou **Gaz**. Les solutions de chauffage par **pompes à chaleur** sont les plus avantageuses. Les besoins en **eau chaude** sanitaire étant très faibles, l'ECS sera produite au plus près des points de puisage par des **ballons électriques**.

6.1 Consommations énergétiques

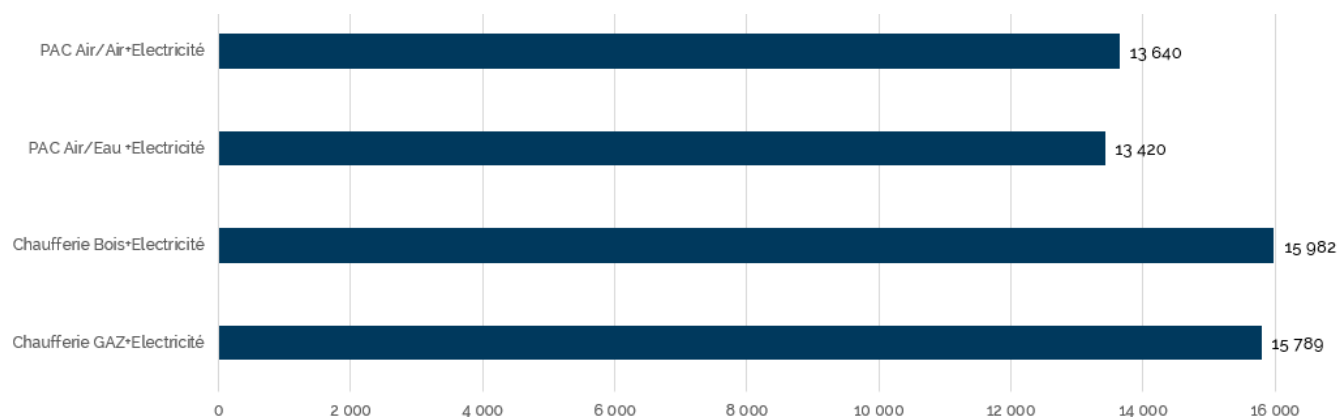


Figure 22 - Consommation énergétique (MWh/an)

6.2 Coût



Figure 23 - Coût énergétique (€/an)

6.3 Émissions de gaz à effet de serre

La solution GAZ à une empreinte carbone bien plus importante que les autres. L'usage des autres solutions permet de réduire l'impact carbone des consommations énergétiques dans la zone d'activités.

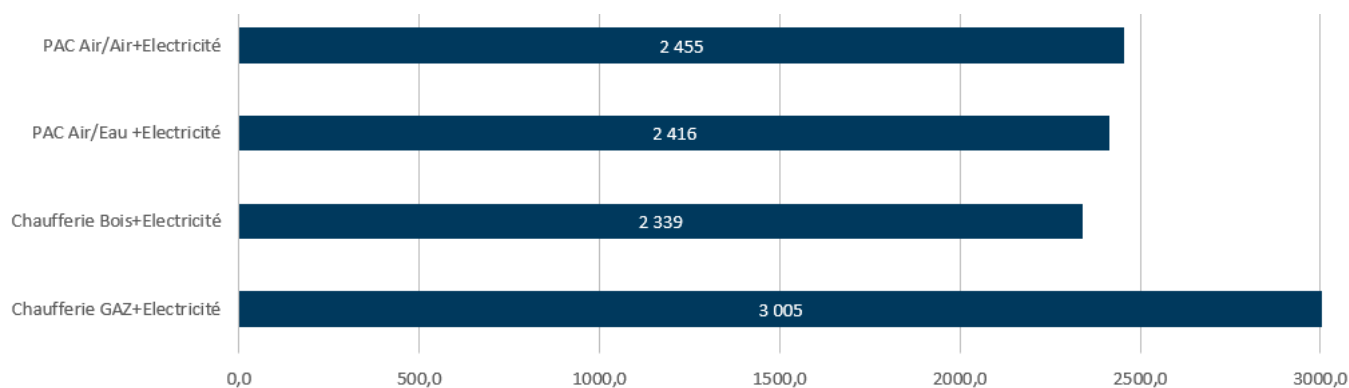


Figure 24 - Emissions annuelles de GES (T eq. CO2 /m²/an)

7 CONCLUSION

L'analyse des différentes sources d'énergie disponibles pour le projet montre que plusieurs options sont envisageables pour répondre aux besoins énergétiques tout en minimisant l'impact environnemental et les coûts.

Malgré un ensoleillement limité, Tilloy-Lès-Mofflaines a un potentiel notable pour l'énergie solaire. Les toits des bâtiments peuvent accueillir des panneaux photovoltaïques, couvrant environ 50% des besoins en électricité.

L'installation de pompes à chaleur aérothermiques est une alternative viable, permettant de chauffer et de rafraîchir les bâtiments tout en réduisant la dépendance aux sources d'énergie traditionnelles.

La géothermie présente des possibilités intéressantes. Toutefois, les contraintes techniques liées aux forages et à la configuration des puits nécessitent une étude approfondie avant toute implantation.

Le bois-énergie est une source d'énergie renouvelable disponible localement. Cependant, des défis logistiques liés à l'approvisionnement et au stockage doivent être considérés.

En résumé, le projet pourrait bénéficier de l'intégration de multiples sources d'énergies renouvelables, avec une combinaison optimisée de pompes à chaleurs et de photovoltaïque. L'implémentation de ces technologies contribuera à la durabilité énergétique du projet tout en répondant aux besoins énergétiques de manière efficiente et écologique.

8 SOURCES

La présente note est établie conformément aux articles R122-1 et suivants et R123-1 et suivants du Code de l'Environnement. Elle recense l'ensemble des méthodologies employées pour réaliser l'étude d'impact et notamment pour évaluer les effets du projet sur l'environnement.

Cette analyse a pour objectif, non seulement de décrire le processus d'étude et les méthodes utilisées pour l'analyse de l'état initial et des impacts, mais également de faire état des difficultés de nature technique ou scientifique ou pratiques rencontrées.

8.1 Bilan énergétique

Pour la définition des besoins énergétiques :

- Retour d'expérience (calculs thermiques) et ratio interne pour les consommations énergétiques associées à l'éclairage des bâtiments et au pompage de l'eau de forage.
- Données Base empreinte de l'ADEME pour l'impact CO2 des consommations et rejets d'eau.

8.2 Énergies renouvelables

Les documents consultés sont les suivants :

Données fournies par la MOA

- Plan d'aménagement_AVP_003

Raccordement au gaz et à l'électricité

- www.agenceore.fr
- GRDF : <https://www.grdf.fr/institutionnel/role-transition-ecologique/un-reseau-au-coeur-de-la-transition-ecologique>

Energie solaire

- Météo France, disponible sur : <https://www.meteofrance.com>
- Tecsol, <https://www.tecsol.fr/calculs>
- Photovoltaic Geographical Information System : re.jrc.ec.europa.eu

Energie géothermique

- Potentiel géothermique de la région, disponible sur : hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr
- Géothermies, disponible sur : <https://www.geothermies.fr>

Energie éolienne

- Potentiel de vent : <https://eoliennes.hautsdefrance.fr/>

Réseaux de chaleur et de froid, EnR&R

- RCU, EnR&R, Potentiel : <https://france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr/>

9 GLOSSAIRE

Sigle	Signification
ef	Energie Finale : L'énergie finale représente l'énergie consommée par le consommateur final. L'énergie électrique est une forme d'énergie finale.
EnR	Energies renouvelables : Ce sont des sources d'énergie dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain. La réglementation européenne considère les énergies éoliennes, solaires, hydroélectriques, marines, géothermiques et issues de la biomasse (bois) comme renouvelables. Energies renouvelables et de récupération
EnR&R	
RCU	Réseau de chaleur urbain.
ECS	Eau Chaude Sanitaire
PAC	Pompe à Chaleur
PV	Panneaux Solaires Photovoltaïques
GES	Gaz à effet de Serre : Ce sont les gaz qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuent ainsi au réchauffement de l'atmosphère. Le principal gaz à effets de serre surveillé aujourd'hui dans le bâtiment est le dioxyde de carbone. Il est issu des énergies fossiles servant à chauffer les bâtiments.
T. eq. CO ₂	Tonne équivalent CO₂
UIDND	Usines d'incinération des déchets non dangereux : Ce sont des installations consistant à brûler les déchets et à les réduire au maximum par une combustion la plus complète possible. Cela permet la production d'énergie valorisable en réseaux de chaleur ou en électricité.