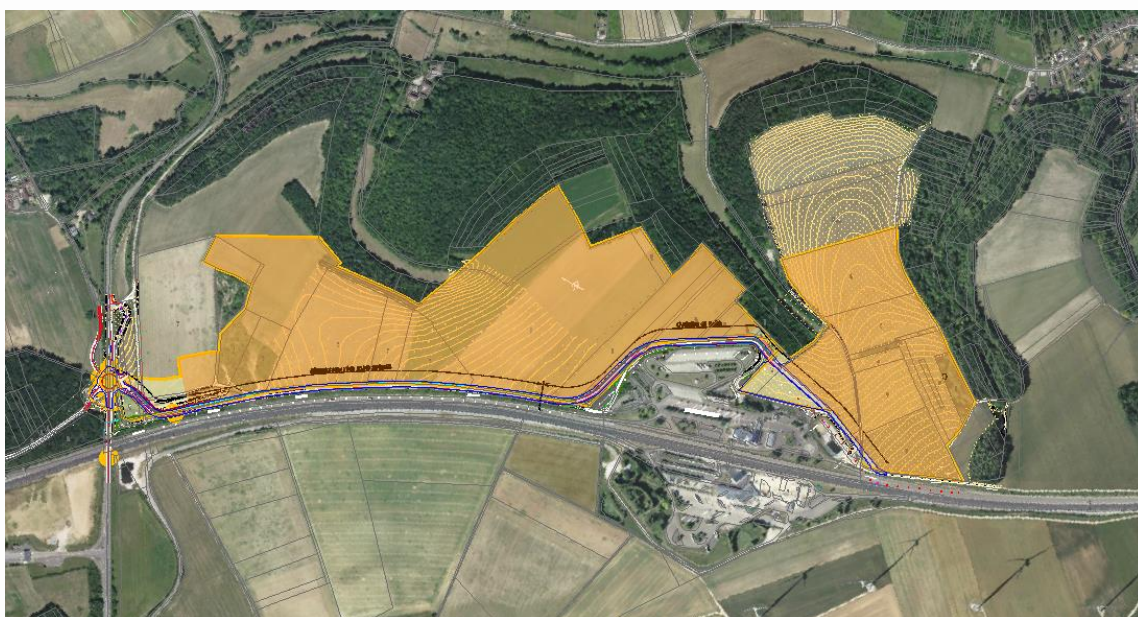


Etude de faisabilité d'approvisionnement en Energie

AMENAGEMENT DE LA ZAE AUXR ECO PARC
VENOY (89)

PHASE 1

AVRIL 2024



SYNTHESE DES EVOLUTIONS DU DOCUMENT		
VERSION	DATE	NATURE DE L'EVOLUTION
PHASE 1	AVRIL 2024	NOTICE INITIALE

Rédigé par Louis Legailard, Cap Terre Nantes

Vérifié et approuvé par DG

SOMMAIRE

1	PREAMBULE.....	4
2	PRESENTATION DE L'OPERATION ET DU CONTEXTE	4
2.1	PROJET DE LA ZAE AUXR ECO PARC.....	4
2.2	PERIMETRE TEMPOREL DE L'ETUDE	4
2.3	AMBITION ET CADRE REGLEMENTAIRE LOCAL EN MATIERE D'ENERGIE-CLIMAT	5
3	ENVIRONNEMENT NATUREL ET ENERGETIQUE DU PROJET	8
3.1	LES SERVICES	8
3.2	TOPOGRAPHIE DU SITE	9
3.3	OFFRE ENERGETIQUE ACTUELLE.....	9
4	POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES	12
4.1	POTENTIEL GEOTHERMIQUE.....	12
4.2	POMPE A CHALEUR THERMODYNAMIQUE	17
4.3	POTENTIEL SOLAIRE	20
4.4	POTENTIEL BIOMASSE	29
4.5	METHANISATION / BIOGAZ.....	33
4.6	POTENTIEL EOLIEN	36
4.7	POTENTIEL DE RECUPERATION D'ENERGIE	41
4.8	POTENTIEL HYDRAULIQUE	43
4.9	POTENTIEL DE COGENERATION.....	45
5	SOURCES D'ENERGIE EXPLOITABLE SUR LE SITE	47
6	SYNTHESE DES AIDES ET SUBVENTIONS ENVISAGEABLES.....	50
6.1	FONDS CHALEUR	50
6.2	LA GARANTIE AQUAPAC	54
6.3	LES CERTIFICATS D'ECONOMIE D'ENERGIE.....	54

1 Préambule

Cette étude a pour objectif de répondre à l'évolution réglementaire concernant les nouvelles opérations soumises à étude d'impact, impulsée par la loi Grenelle 1 du 3 août 2009, correspondant au nouvel article L 300-1 du Code de l'urbanisme, en date du 3 Août 2016.

Ce document sert de base à la création de l'étude définitive de faisabilité d'approvisionnement en énergie qui ne portera que sur les scénarios énergétiques retenus lors de cette première phase. Elle sera à même d'identifier le potentiel de mobilisation des énergies renouvelables et de récupération à l'échelle du nouvel aménagement.

A l'issu de cette étude globale, l'aménageur sera en mesure de proposer les énergies renouvelables locales (et systèmes associés) à promouvoir sur son opération. Les préconisations prospectives croisent en effet le potentiel des ressources renouvelables locales avec les spécificités du projet (typologie du terrain, superficie et nombre de bâtiments, phasage du projet).

2 Présentation de l'opération et du contexte

2.1 Projet de la ZAE AuxR Eco Parc

Dans le cadre du développement de son territoire, la Communauté d'Agglomération de l'Auxerrois prévoit la construction de deux zones d'activités dont la future zone d'activité AUXR_EcoParc – Venoy. Le projet sera une zone d'activité économique qui a pour but de regrouper plusieurs industries et entreprises à proximité de la ville d'Auxerre.



FIGURE 1: CARTE GLOBALE DE L'AMENAGEMENT ENVISAGE

Ce projet d'aménagement a également pour but de :

- ❖ Développer l'activité industrielle de la communauté de l'Auxerrois,
- ❖ Requalification de la voie de service de l'autoroute pour y relier la futur ZAE,

2.2 Périmètre temporel de l'étude

A définir avec la maîtrise d'ouvrage pour la phase 2

2.3 Ambition et cadre réglementaire local en matière d'énergie-climat

En septembre 2020, la région Bourgogne-Franche-Comté a approuvé son Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires. Il s'agit d'un document qui cadre les ambitions futures de la région à l'horizon 2050. Au total, 12 thématiques sont représentées dans le SRADDET notamment, *l'habitat, la maîtrise et valorisation de l'énergie et la lutte contre le changement climatique.*

Le chapitre thématique n°4 Climat – Air – Énergie fixe deux principaux buts : *l'atténuation du changement climatique et l'adaptation des territoires à celui-ci.*

Pour établir des objectifs clairs et réalistes, la région s'est basée sur les anciens Schémas Régionaux du Climat de l'Air et de l'Énergie des régions Bourgogne et Franche-Comté afin d'en tirer un retour d'expérience. Le SRCAE est un document qui permet d'établir une feuille de route pour la région afin d'atteindre les objectifs fixés sur le volet ENERGIE.

Le bilan qui se dresse des SRCAE montre que la région Bourgogne a initié sa transition énergétique sans pour autant atteindre les objectifs ambitieux fixés en 2012. Il faut capitaliser sur les premiers projets pour continuer et augmenter la transition de la région. Les chiffres sur l'énergie rapportent :

- Augmentation de la part d'énergies renouvelables pour les consommations énergétiques finales : 12,2% en 2014 avec un objectif de 23% en 2020.
- Réduction des consommations de 2,1% entre 2005 et 2014 pour un objectif de réduction à 10% en 2014
- Réduction des GES de 11% pour un objectif de réduction de 13% pour 2014

Les nouveaux objectifs établis par le SRADDET, à l'horizon 2050 sont donc :

- Une baisse de 54% des consommations énergétiques
- Une baisse de 94% des émissions de GES
- Près de 100% de l'énergie produite en 2050 sera renouvelable

Les 2 documents ci-dessous ont pour objectifs de répondre aux ambitions environnementales et énergétiques dressées par le SRADDET à l'échelle du département et du territoire du futur site aménagé :

- PCAET : Plan Climat Air Énergie
- SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

2.3.1 Le PCAET

Il s'agit d'un outil de planification qui permet de répondre aux objectifs de la transition énergétique et climatique à l'échelle de la communauté de l'Auxerrois.

2.3.1.1 Etat de lieux dans la communauté de l'Auxerrois

Dans un premier temps, le PCAET dresse un bilan des consommations énergétiques et des émissions de GES.

Consommation d'énergie en 2018 à l'échelle du territoire : 2 000 GWh

- 1^{er} poste : Les transports (36%)
- 2^e poste : Le secteur résidentiel (27%)
- 3^e poste : L'industrie (20%)

Emissions de GES en 2018 à l'échelle du territoire : 360 000 T_{eq} CO₂

- 1^{er} poste : Les transports (50% de part)
- 2^e poste : Le secteur résidentiel
- 3^e poste : L'agriculture

Energie utilisée en 2018 à l'échelle du territoire :

- Produits pétroliers : 43%
- Electricité : 24%
- Gaz naturel : 23%
- Energie renouvelable : 9%
- Réseau de chaleur urbain : 1%

Zoom sur les énergies renouvelables du territoire en 2020 :

- La principale ENR est la biomasse : 58%
- L'éolien représente 41% des ENR du territoire
- Pas de biogaz, l'énergie solaire est marginale (<1% de part ENR)

2.3.1.2 Les objectifs de consommations d'énergie et d'émissions de GES

LE PCAET relate les ambitions mentionnées par le SRADDET. Pour La communauté de l'Auxerrois, les SRADDET vise comme objectifs par secteur les réductions suivantes :

	Réduction des besoins énergétiques par rapport à 2018			Réduction des émissions de GES par rapport à 2018		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050
HABITAT	-21%	-41%	-58%	-53%	-87%	-100%
TERTIAIRE	-24%	-40%	-54%	-55%	-86%	-100%
TRANSPORT PERSONNE	-33%	-56%	-77%	-54%	-84%	-99%
TRANSPORT MARCHANDISE	-17%	-26%	-35%	-54%	-84%	-99%
INDUSTRIE	-21%	-36%	-48%	-52%	-78%	-92%
AGRICULTURE	-13%	-32%	-44%	-24%	-43%	-59%

A retenir, le territoire de l'Auxerrois vise les objectifs pour 2050 suivant :

- Une baisse des consommations d'énergie de 51%
- Une réduction de 93% des émissions de gaz à effets de serre
- Une augmentation de 260% de la production d'énergies renouvelables

Les volets d'action pour atteindre les ambitions se concentre sur la maîtrise des consommations énergétiques comme la massification de la rénovation du secteur résidentiel ou encore le développement d'alternatives à la voiture. En parallèle, il est visé une augmentation de la production d'énergie renouvelable par le biais du solaire photovoltaïque, de la méthanisation et de l'éolien.

2.3.2 Schéma de Cohérence Territoriale

Les objectifs décrit dans le SCoT pour le territoire sont :

- Définir des objectifs de diversifications du mix énergétiques du territoire,
- Encourager le développement de ces nouvelles énergies par filière, en tenant compte des contraintes (capacités du territoire et prise en compte des compétences environnementales et climatiques des projets) afin de tendre vers l'autonomie énergétique et implanter et développer des filières innovantes sources d'emploi,
- Préserver les espaces réservoirs de biodiversité et la fonction agricole alimentaires des sols
- Encadrer l'implantation des énergies renouvelables afin de favoriser leur implantation dans des zones artificialisées à faible valeur ou sur du patrimoine bâti,
- Prioriser, en encadrant, l'implantation des sites de production dans des secteurs déjà urbanisés comme les zones d'activité, ou à faible potentiel agricole, environnemental et paysager, tout en considérant les sites de production déjà implantés dans le même secteur,
- Encadrer et accompagner les porteurs de projets dans la limite des compétences du PETR,
- Promouvoir l'innovation et le développement de nouvelles filières, afin d'en faire également un atout économique pour le territoire.

3 Environnement naturel et énergétique du projet

Les futurs aménagements du secteur s'insèrent au Sud-Est de la ville de Venoy, dans une zone cultivée, accolés à l'autoroute A6. De ce fait, très peu d'installations annexes existantes sont exploitables contrairement à un projet qui serait inséré dans une ville avec un panel d'énergie disponible.

Le développement des énergies renouvelables sur une zone aménagée ne se limite pas à la production et à la consommation d'énergie à l'intérieur de cette zone.

Cette étude prend en compte les flux d'énergie à l'échelle de la ZAE :

- Energie produite et consommée à l'intérieur de la zone
- Energie produite à l'extérieur mais consommée à l'intérieur de la zone
- Energie produite à l'intérieur mais consommée à l'extérieur de la zone

3.1 Les services

Le schéma ci-dessous décrit l'environnement immédiat situé autour et à proximité du site à aménager. Dans une zone cultivée, collée à l'autoroute et éloignée des villes, il s'y trouve peu d'équipements publics.



FIGURE 2 : EQUIPEMENTS PUBLICS A PROXIMITE DE LA ZAE AUXR – ECO PARC [SOURCE : GOOGLE MAPS]

Aux abords de la ZAE se trouve :

- Le lycée agricole d'Auxerre La Brosse
- L'hôtel Ibis – Auxerre Sud
- Un restaurant McDonalds
- L'aire d'autoroute de Venoy – Soleil Levant
- L'aire d'autoroute de Venoy – Chablis (avec station-service)

3.2 Topographie du site

Le relief de la ZAE est vallonné avec la présence du plateau de Bourgogne. La pente est légèrement marquée sur le site avec des altitudes allant de 215 à 275 mètres.

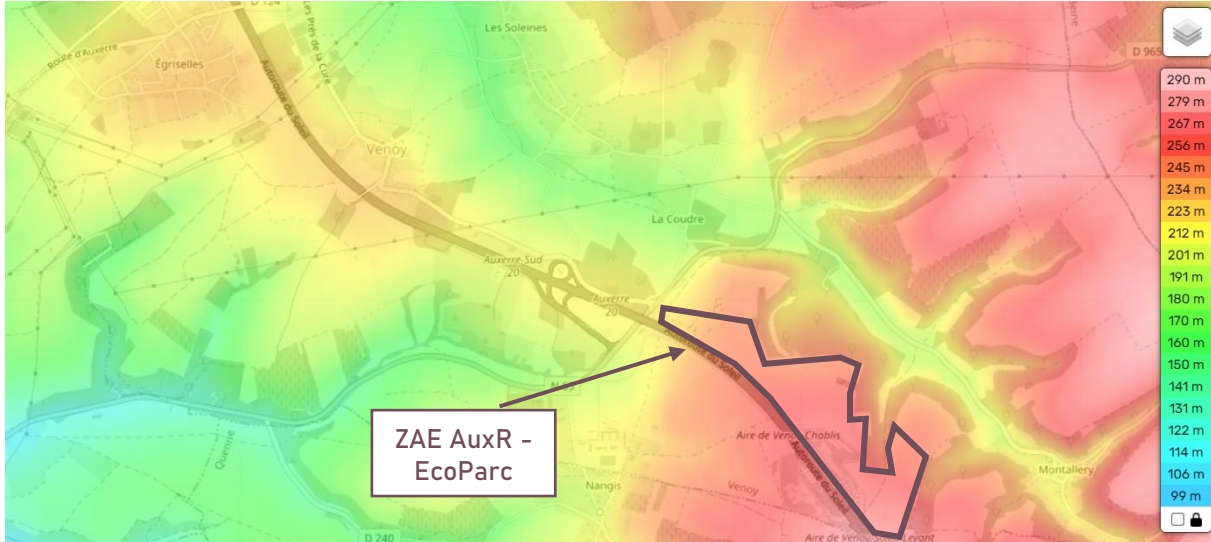


FIGURE 3 : TOPOGRAPHIE DU SITE [SOURCE : TOPOGRAPHIC_MAP.COM]

3.3 Offre énergétique actuelle

3.3.1 Electricité

Le secteur du projet dispose de réseaux existants le long de l'autoroute « A6 » ; la « Rue de Pontagny » au Nord-Est de la ZAE ; le long de la voirie « D965 » ainsi qu'au sein des aires d'autoroutes DE Venoy « Soleil Levant et Chablis ». Ces réseaux appartiennent à l'entreprise ENEDIS. Il n'existe pas de poste de transformation proche du site, un diagnostic par ENEDIS ou RTE sera nécessaire afin de connaître la capacité du réseau et l'éventuelle nécessité de déplacement ou de création de nouveaux postes de transformation.

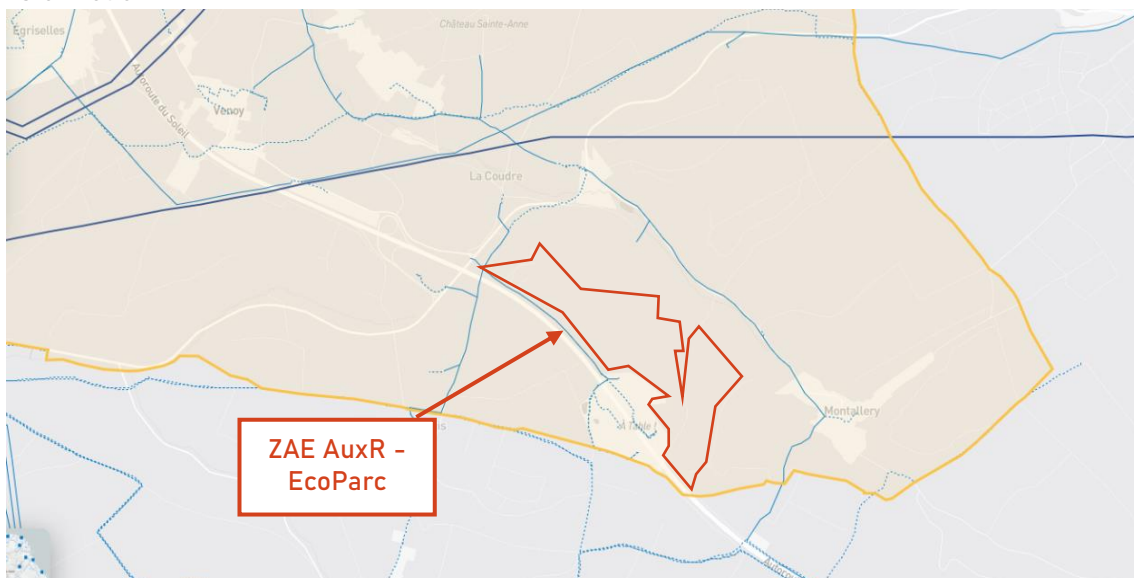


FIGURE 4 - RESEAU ELECTRIQUE EXISTANT AUTOUR DE LA ZAE TRACE EN BLEU (SOURCE : AGENCE ORE)

3.3.2 Gaz naturel

Il n'existe actuellement aucun réseau gaz qui dessert directement la ZAE. Les lignes gaz les plus proches se trouvent à environ 650 m. Il faudra se rapprocher de GRDF pour le raccordement les potentiels futurs réseaux de la ZAE sur ceux existants.

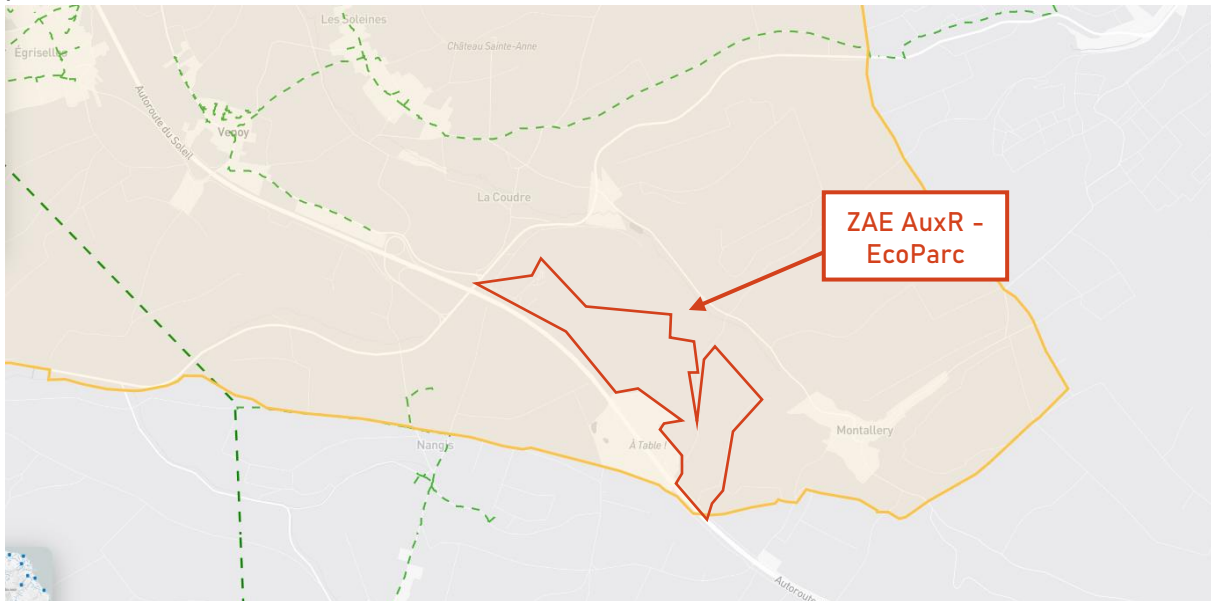


FIGURE 5 : RESEAUX GAZ EXISTANTS AUTOUR DE LA ZAE TRACE EN VERT (SOURCE : AGENCE ORE)

3.3.3 Réseau de chaleur

Aux alentours de la future ZAE, le réseau de chaleur le plus proche se trouve dans la ville d'Auxerre. Le RCU Auxev¹ alimenté à 76% par de la biomasse dessert la zone ouest de la ville d'Auxerre. Fin 2023, la création d'un second réseau - Auxev² - a débuté. Il a pour objectif d'alimenter l'ensemble de la ville d'Auxerre avec 75% de biomasse (cf figure 7 : Périmètre des réseaux Auxev¹ et Auxev²). Ce sont des réseaux gérés par le gestionnaire *Auxerre Energie Verte* (filiale du Groupe Coriance).

Cependant ces deux réseaux sont situés trop loin du projet avec une distance de minimale de 4,2 km. Prévoir un raccordement aux réseaux actuels n'est pas l'idéal face aux demandes importantes d'énergie de chauffage et aux importantes pertes en ligne des réseaux jusqu'à la future ZAE.

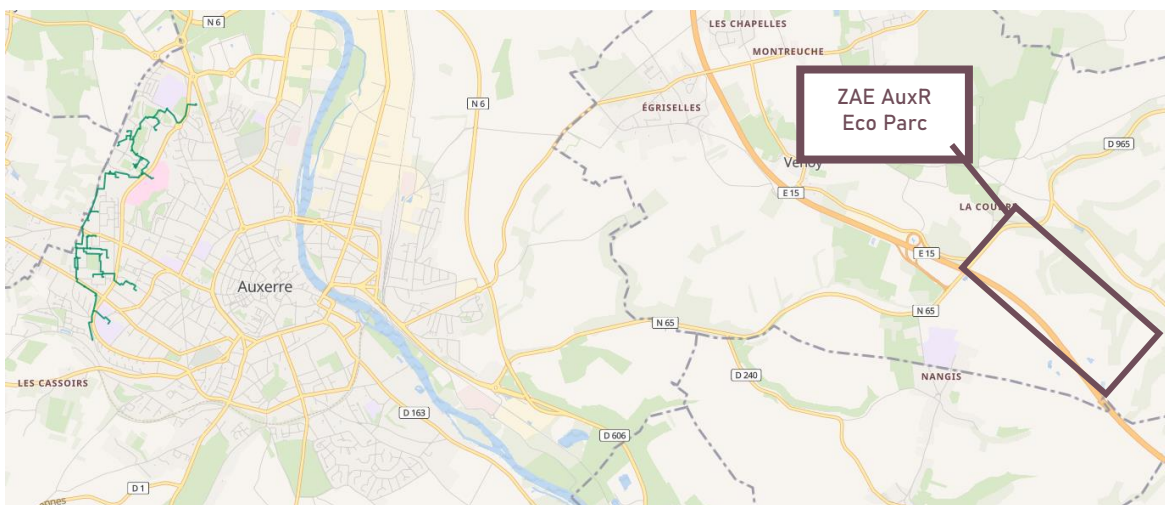


FIGURE 6 : REPRESENTATION DES RESEAUX DE CHALEURS URBAINS (SOURCE : FRANCE-CHALEUR-URBAINE.BRTA.GOUV.FR)

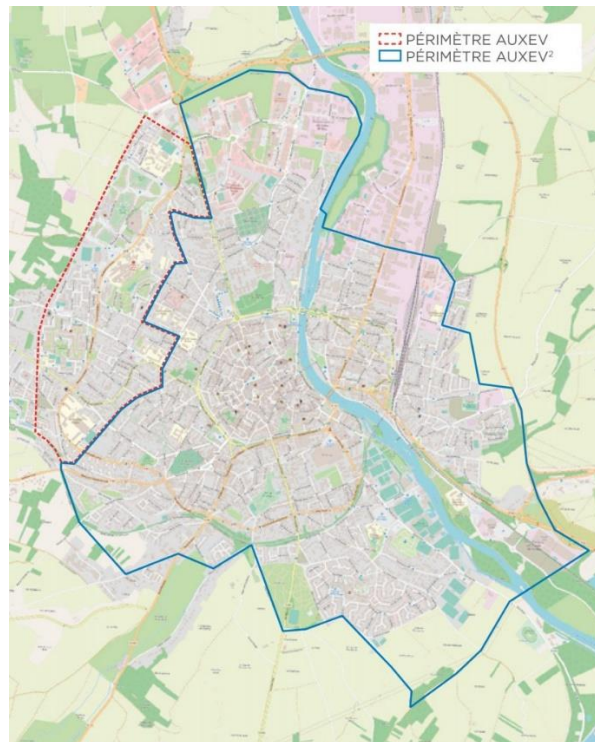


FIGURE 7 : PERIMETRE DES RESEAUX AUXEV¹ ET AUXEV² (SOURCE : AUXERRE-ENERGIE-VERTE.FR)

Dans le cas de la création d'un nouveau réseau ou d'une extension, les données du CEREMA évoquent une densité thermique¹ minimale autour de 8 MWh/ml pour envisager un réseau de chaleur viable. En cas de densité inférieure à 1,5 MWh/ml, le projet ne peut accéder aux aides du fond chaleur et est considéré non-viable économiquement.

Conclusion :

Les constructions et aménagements voisins ne présentent pas un potentiel d'approvisionnement en énergie très important. En effet, la zone se situe dans un environnement agricole où très peu d'énergie sont développées. Cette spécificité ne joue pas en faveur des projets d'envergure.

Energies renouvelables :

Il existe bien un réseau de chaleur urbain biomasse déjà présent dans la ville d'Auxerre mais il se trouve à plus de 4 km du futur site de la ZAE. Le raccordement à celui n'est pas envisageable. La création d'un réseau de chaleur spécifique à la ZAE peut être une solution qui doit néanmoins être étudié dans l'étude-technico économique.

La distribution d'électricité est également assurée dans le secteur. Elle permettra d'utiliser des énergies renouvelables (PAC, Ballon thermodynamique, panneaux photovoltaïques) dans le mix énergétique du projet.

Energies fossiles :

Le réseau de gaz est distribué sur les secteur voisins. Il est possible de s'y raccorder, permettant une alternative aux systèmes précédemment cités, cependant une étude approfondie est nécessaire pour qualifier le raccordement au réseau existant.

¹ La densité thermique est le potentiel de chaleur (en MWh/an) de la zone rapportée sur le linéaire de tranchée du réseau créé (en ml).

4 Potentiel en énergies renouvelables

4.1 Potentiel géothermique

4.1.1 Géothermie très basse énergie

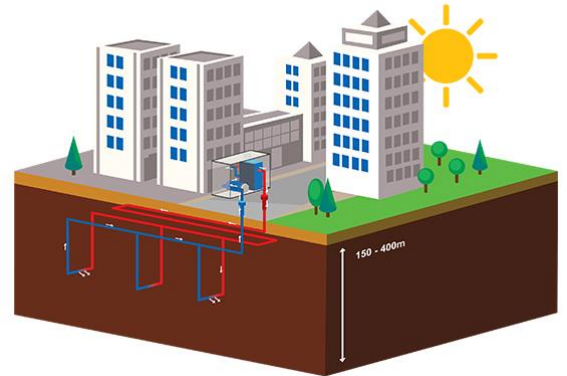
4.1.1.1 Solution technique n°1 : géothermie sur nappe

❖ Présentation :

L'énergie des aquifères superficiels (température inférieure à 30°C – profondeur de nappe inférieure à 100 m) est utilisée, grâce à une PAC, sous forme de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Cette énergie est rendue exploitable par l'intermédiaire de pompes à chaleur. On distingue trois éléments clés : le forage et ses équipements, la ou les pompes à chaleur (PAC) et les émetteurs de chaleur.

La géothermie très basse énergie peut nécessiter un puits unique (avec un rejet en surface : rivière, plan d'eau...) ou un doublet géothermique (double forage, permet de réinjecter l'eau dans la nappe ; c'est un procédé plus coûteux mais qui évite le rejet en surface de l'eau prélevée).



❖ Echelle théorique d'exploitation :

Echelle du bâtiment, ou bien d'un groupe de bâtiments.

❖ Potentiel du territoire de l'Auxerrois :

D'après le rapport d'étude, initié par le BRGM et l'ADEME en 2017, le potentiel de géothermie très basse température sur aquifère dans la région Bourgogne-Franche-Comté est favorable.

Afin de quantifier le potentiel de géothermie sur nappe du futur site, des études de sols complémentaires devront être entreprises.

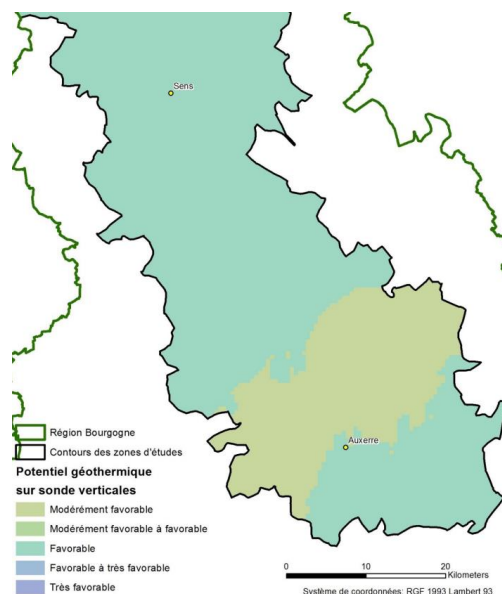


FIGURE 8 : CARACTERISATION GEOTHERMIQUE DU BASSIN DE L'YONNE (SOURCE : BRGM)

Réglementation - Opérations de pompes à chaleur sur nappe**Code de l'environnement**

- ICPE : déclaration ou autorisation en fonction du prélèvement
- Code de l'environnement : articles L214 et articles R214.

Code minier

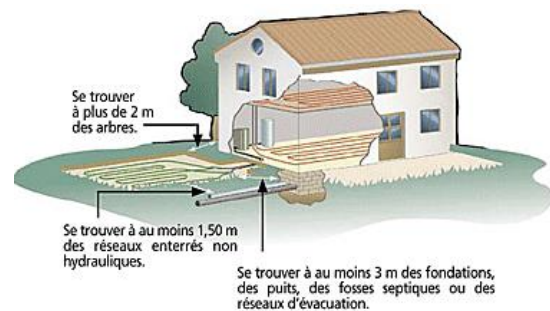
Déclaration de sondage de plus de 10 m

4.1.1.2 Solution technique n°2 : géothermie sur sol❖ **Présentation :**

La chaleur du sous-sol est extraite par l'intermédiaire de capteurs enterrés et d'une pompe à chaleur, qui augmente la température du fluide frigorigène et transfère la chaleur dans le circuit de chauffage. Deux types de capteurs sont possibles pour exploiter la chaleur du sol :

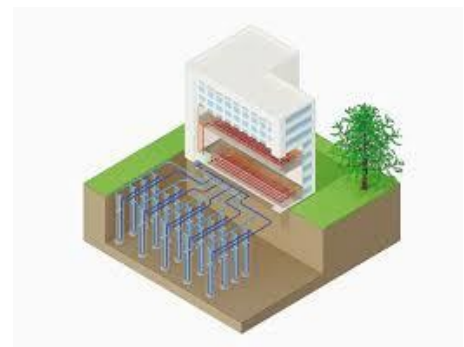
- **Capteurs horizontaux :** ce sont des tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène installés en boucles dans le sol soit 1m de profondeur.

De tels capteurs nécessitent une surface au sol importante : de 1,5 à 2 fois la surface à chauffer (pour un bâtiment de 1 000 m², le capteur occupera entre 1 500 et 2 000 m² d'espaces verts)



- **Capteurs verticaux :** il s'agit de tubes de polyéthylène installés dans des forages verticaux.

A titre indicatif, le chauffage d'un bâtiment de 1 000 m² peut être assuré par 8 sondes de 99 m de profondeur.

❖ **Echelle théorique d'exploitation :**

Echelle du bâtiment pour les deux types de capteurs.

❖ **Potentiel :**

Les caractéristiques de conductivité thermique moyenne et de capacité thermique volumique du sol des sites ne sont pas connues à l'heure actuelle. Aucune étude géothermique n'est disponible sur la parcelle de la ZAE AuxR Eco Parc à notre connaissance. Les études de sol devront donc être entreprises au cas par cas.

Réglementation : PAC sur sol
 Capteurs horizontaux : pas de déclaration.
 Sonde verticale : soumis à déclaration ou autorisation

Conclusion :

- Capteurs horizontaux :

Pour la pose de capteurs horizontaux, la surface d'échange nécessaire est égale à 1,5 à 2 fois la surface chauffée du bâtiment.

Aux vues du projet d'aménagement de la ZAE, la géothermie horizontale n'est pas envisageable pour le projet. Les potentiels volumes conséquents à chauffer par les futurs bâtiments imposeraient des trop grandes surfaces de capteurs dans un environnement agricole où la terre est déjà travaillée.

- Capteurs verticaux :

Les systèmes de géothermie sur forages verticaux sont en général possibles à mettre en œuvre sur tout type de terrain sauf les terrains très humides ou très fissurés.

La géothermie verticale sur pieu paraît envisageable sur le projet. A noter que pour l'ensemble du projet cela nécessite beaucoup de forages.

Pour chaque parcelle, en fonction des bâtiments, une étude au cas par cas pourra être faite, compte tenu du manque d'information sur les caractéristiques du sol.

4.1.2 Géothermie basse énergie

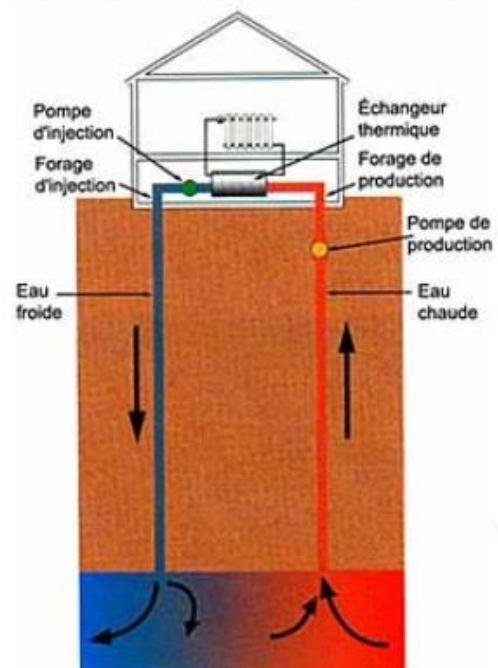
❖ Présentation :

L'eau chaude des sous-sols sédimentaires (entre 40 et 90°C) est extraite par l'intermédiaire de forages profonds de 1 000 à 2 000 mètres.

Le niveau de température de l'eau permet son utilisation en direct ou via une PAC suivant le régime de température : pour un usage thermique, un échangeur, précédé ou non d'un système de filtration, permet de restituer les calories ainsi captées à un réseau de chaleur.

Si les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont particulières ou si la réalimentation naturelle de la nappe est insuffisante, deux forages seront nécessaires. Dans ce cas, les deux puits (ou doublet) doivent être suffisamment éloignés l'un de l'autre pour que l'eau froide réinjectée ne modifie pas les potentialités du gisement. Dans le cas d'un puits unique, l'eau est rejetée en surface.

Principe du doublet géothermique



❖ Echelle théorique d'exploitation :

Exploitation à l'échelle collective : réseau de chaleur + PAC individuelles

❖ Potentiel :

Selon les données du BRGM et des cartographies disponibles sur le site internet : geothermie.fr, il n'existe pas de potentiel de géothermie profonde à basse température qui puisse satisfaire les besoins de la future ZAE.

La source la plus proche concerne la nappe du bassin parisien mais elle ne peut concerner uniquement l'extrême Nord de l'Yonne sans pouvoir y exploiter son plein potentiel.

Réglementation :

Le code général des collectivités territoriales :

Cette réglementation impose aux personnes désirant exploiter une ressource géothermique à faire une déclaration en mairie (pour un puits ou un forage).

Le code minier :

C'est la réglementation qui s'applique lors du forage. Suivant ses caractéristiques (profondeur...), une déclaration doit être faite auprès de l'« ingénieur en chef des mines ». Article 131 du code minier.

Il faut également une autorisation pour exploiter « un gîte géothermique », auprès de la préfecture ou du Conseil d'Etat.

Le code de l'environnement

Le code de l'environnement régit l'utilisation de la ressource eau. En ce qui concerne la géothermie, cela implique désormais plusieurs démarches, notamment pour le prélèvement de l'eau, la recherche de gîte géothermique, la réinjection de fluide dans les nappes... Des déclarations à effectuer également en préfecture.

Le code de l'environnement encadre également les implantations et les créations de sondages géothermiques, afin de prendre toutes les précautions nécessaires pour ne pas dégrader les ressources en eaux souterraines.

Ainsi les « Dispositifs de captage ou de recharge artificielle des eaux souterraines » (Prélèvements permanents issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion des nappes d'accompagnement de cours d'eau, dans sa nappe, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé soumis à autorisation au titre de l'article R. 214-1 du code de l'environnement et Recharge artificielle des eaux souterraines soumise à autorisation au titre de l'article R. 214-1 du code de l'environnement) sont soumis obligatoirement à étude d'impact selon la rubrique 14 de l'annexe à l'article R122-2 du code de l'environnement.

De plus l'article R214-1 du code de l'environnement fixe les opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3. Les forages pour géothermie peuvent ainsi être concernés par les rubriques suivantes :

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 (D).

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 :

1° Supérieur ou égal à 200 000 m³ / an (A) ;

2° Supérieur à 10 000 m³ / an mais inférieur à 200 000 m³ / an (D).

Conclusion :

Aucune nappe profonde n'est recensée dans l'environnement proche de la future ZAE.

4.1.3 Synthèse potentiel géothermique

POTENTIEL GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE

Sur eau de nappe :

Dans la zone de la ZAE, il n'a pas été relevé de nappe à faible profondeur, des études de sol devront donc être entreprises afin de connaître le plein potentiel de la nappe.

Capteurs horizontaux :

L'installation de pompe à chaleur avec capteurs horizontaux n'est pas envisageable avec les problématiques de surfaces disponibles et les risques éventuels liés à l'exploitation des zones agricoles voisines.

Capteurs verticaux :

L'installation de pompe à chaleur avec capteurs verticaux est envisageable selon les données du BRGM, mais des études de sol locales peuvent envisager le contraire. La réalisation des forages peut être soumise au code de l'environnement et/ou au code minier. Ces études de sols impliquent le sondage des sols à l'aide d'un test TRT (Test de Réponse Thermique) qui permet de définir la conductivité des sols.

POTENTIEL GEOTHERMIE BASSE ENERGIE

D'après les éléments du BRGM, on suppose la présence d'aucune nappe phréatique profonde.

4.2 Pompe à Chaleur thermodynamique

4.2.1 Pompe à chaleur Air/Air

❖ Principe

Une pompe à chaleur (PAC) utilise un fluide frigorigène dont le changement d'état (vapeur ou liquide) permet de transférer les calories captées dans un milieu extérieur vers un bâtiment pour le chauffer. La PAC air/air prélève ses calories dans l'air extérieur et la chaleur est ensuite diffusée dans l'enveloppe chauffée par le biais d'un réseau de soufflage d'air chaud. En été, ce système peut fonctionner en mode inversé et être utilisé pour rafraîchir.

Deux systèmes de PAC air/air existent actuellement :

- le système centralisé : la PAC, située à l'extérieur du bâtiment (ou en liaison avec l'extérieur) alimente un réseau aéraulique et l'air chaud est insufflé dans les locaux via des bouches ou grilles de soufflage.
- le système décentralisé ou Split système : une unité en contact avec l'extérieur a pour rôle de capter les calories dans l'air extérieur. Ces calories sont transférées à une ou plusieurs autres unités situées à l'intérieur qui soufflent l'air chaud directement dans les locaux.

Une pompe à chaleur est caractérisée par son coefficient de performance (COP) ; il correspond au rapport entre l'énergie consommée et l'énergie restituée. Le COP moyen d'une PAC air/air est de 3 c'est à dire que pour 1 kWh électrique consommé, la PAC restitue 3 kWh de chaleur. Ce rendement est nettement inférieur à celui d'une PAC géothermique ou Eau/Eau.

❖ Mise en œuvre

La performance des pompes à chaleur sur air est directement proportionnelle à la température extérieure. La PAC a un rendement optimal pour une température donnée et plus on s'éloigne de cette température, plus la performance diminue.

Il est donc préférable d'installer ce type de pompe à chaleur dans des régions à climat doux comme les régions côtières. Un très bon niveau d'isolation du bâtiment est impératif pour couvrir au maximum les besoins de chauffage mais dans tous les cas, un système de chauffage d'appoint est à prévoir systématiquement pour palier à la PAC lorsque les températures d'air extérieurs sont trop basses.

De plus, quand il fait froid, l'évaporateur situé en contact avec l'air extérieur peut givrer, ce qui diminue aussi l'efficacité de la PAC. C'est pourquoi ces pompes sont assorties d'une régulation qui inverse périodiquement et pour un court moment leur fonctionnement : ceci assure le dégivrage de l'évaporateur.

Un des inconvénients majeurs de ce type de PAC est le niveau de bruit élevé du module extérieur en fonctionnement. Il doit par conséquent être installé en ayant connaissance des limites de nuisances sonores. Les PAC air/air, diffusent la chaleur dans les pièces par soufflage d'air, ce qui n'est pas toujours bien perçu par les occupants.

4.2.2 Pompe à chaleur Air/Eau

❖ Principe

Une pompe à chaleur (PAC) utilise un fluide frigorigène dont le changement d'état (vapeur ou liquide) permet de transférer les calories captées dans un milieu extérieur vers un environnement intérieur pour le chauffer. La PAC air/eau prélève ses calories dans l'air extérieur et la chaleur est ensuite diffusée dans le bâtiment par le biais d'un réseau de chauffage à eau chaude. Elle utilise l'énergie électrique pour réaliser ce transfert de calories. En été, ce système peut fonctionner en mode inversé et être utilisé pour rafraîchir.



Source Stiebel Eltron

Le fluide frigorigène utilisé circule en circuit fermé et reste confiné dans la PAC.

Côté air extérieur, ce fluide passe de l'état liquide à l'état gazeux en prélevant de l'énergie au milieu (source froide). Côté intérieur, il passe de l'état gazeux à l'état liquide en cédant de l'énergie au milieu à chauffer (source chaude).

Une pompe à chaleur est caractérisée par son coefficient de performance (COP) ; il correspond au rapport entre l'énergie électrique consommée et l'énergie restituée sous forme de chaleur. Le COP moyen d'une PAC air/eau est de 2.5 c'est à dire que pour 1 kWh électrique consommé, la PAC restitue 2.5 kWh de chaleur. Ce rendement est nettement inférieur à celui d'une PAC géothermique ou Eau/Eau.

❖ Mise en œuvre

La performance des pompes à chaleur sur air est directement proportionnelle à la température extérieure. La PAC a un rendement optimal pour une température donnée et plus on s'éloigne de cette température, plus la performance diminue.

Il est donc préférable d'installer ce type de pompe à chaleur dans des régions à climat doux comme les régions côtières. Un très bon niveau d'isolation de l'enveloppe est impératif pour couvrir au maximum les besoins de chauffage mais dans tous les cas, un système de chauffage d'appoint est à prévoir systématiquement pour palier à la PAC lorsque les températures d'air extérieurs sont trop basses.

De plus, quand il fait froid, l'évaporateur situé en contact avec l'air extérieur peut givrer, ce qui diminue aussi l'efficacité de la PAC. C'est pourquoi ces pompes sont assorties d'une régulation qui inverse périodiquement et pour un court moment leur fonctionnement : ceci assure le dégivrage de l'évaporateur.

La PAC air/eau s'installe à l'extérieur des locaux, dans un local de stockage, un garage, un local non chauffé ... et est relié, via un ballon de stockage d'eau chaude, à un circuit hydraulique alimentant des émetteurs de chaleur traditionnels (plancher, radiateurs, ventilo-convecteurs).

Un des inconvénients majeurs de ce type de PAC est son niveau de bruit élevé en fonctionnement. Elle doit être par conséquent installée suffisamment loin des bâtiments voisins afin de limiter les nuisances sonores.

4.2.3 Entretien

Un entretien régulier des pompes à chaleur est indispensable afin de garantir des performances optimales et d'assurer la longévité de l'installation. Un contrôle particulier est à porter au circuit du fluide frigorigène afin de détecter d'éventuelles fuites. Le fluide frigorigène étant un gaz à effet de serre, les fuites ont un impact important sur la couche d'ozone

Conclusion :

Le potentiel énergétique de ces solutions est fort, bien dimensionné, ce type de système peut couvrir l'intégralité des besoins énergétiques du projet.

De plus, l'efficacité énergétique de ces systèmes valorisés par leur COP performant, permet de répondre aux exigences des réglementations nationales en vigueur :

- RE2020 : Bureaux
- RT2012 : Industrie

4.3 Potentiel solaire

4.3.1 Energie solaire passive et constructions bioclimatiques

❖ Présentation :

Partant du constat que l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas, l'intérêt des constructions bioclimatiques est d'orienter et d'ouvrir les façades principales du bâtiment au sud, afin de capter un maximum d'apports solaires gratuits tout en mettant en œuvre une isolation de l'enveloppe des bâtiments très performante afin de conserver cette chaleur à l'intérieur du volume chauffé. Les gains attendus en termes d'économies de chauffage sont très importants puisque les standards des bâtiments passifs exigent un besoin en énergie de chauffage *inférieure à 15kWh/m².an*.

Théoriquement, un bâtiment passif bien conçu ne nécessite pas de chauffage actif. Le soleil, l'isolation, les apports énergétiques intérieurs suffisent en hiver pour maintenir le bâtiment à une température agréable. Cette énergie disponible de façon passive est directement liée au plan masse du projet et à l'organisation des bâtiments sur chaque îlot.

Ce type de bâtiment intègre également des protections solaires (casquettes solaires, volets) pour limiter les apports en mi-saison et en été afin d'éviter les surchauffes.

La conception d'un bâtiment passif se base sur plusieurs critères liés à l'enveloppe bioclimatique et aux équipements présents dans le bâtiment :

- Une isolation très performante, sans ponts thermiques,
- Des menuiseries très performantes de type triple vitrage,
- Des surfaces vitrées orientées principalement au Sud, mais aussi à l'Est et à l'Ouest, associées à une architecture compacte,
- Un système de ventilation très efficace, de type double flux avec échangeur calorifique très haut rendement. Généralement, associé à des batteries chaudes, il constitue le principal moyen de chauffage des bâtiments passifs,
- Des apports internes

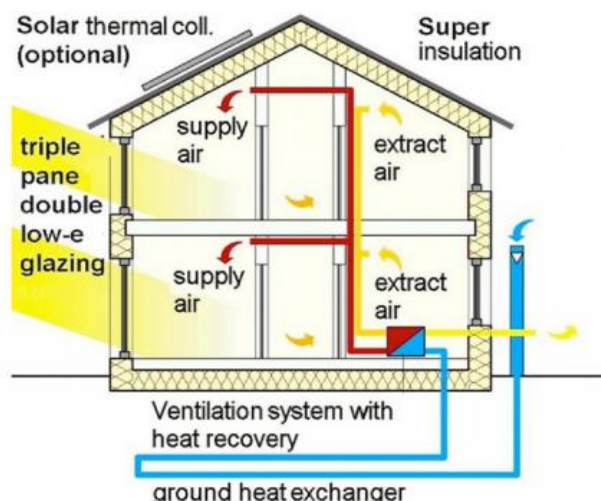


FIGURE 9 : PHOTO FAÇADE SUD – QUARTIER VAUBAN A FRIBOURG (SOURCE PASSIV HAUS)

Le surcoût à l'investissement lié aux performances des matériaux et équipements demandés est rapidement rentabilisé par les fortes économies financières réalisées sur la facture énergétique des occupants.

❖ Echelle théorique d'exploitation :

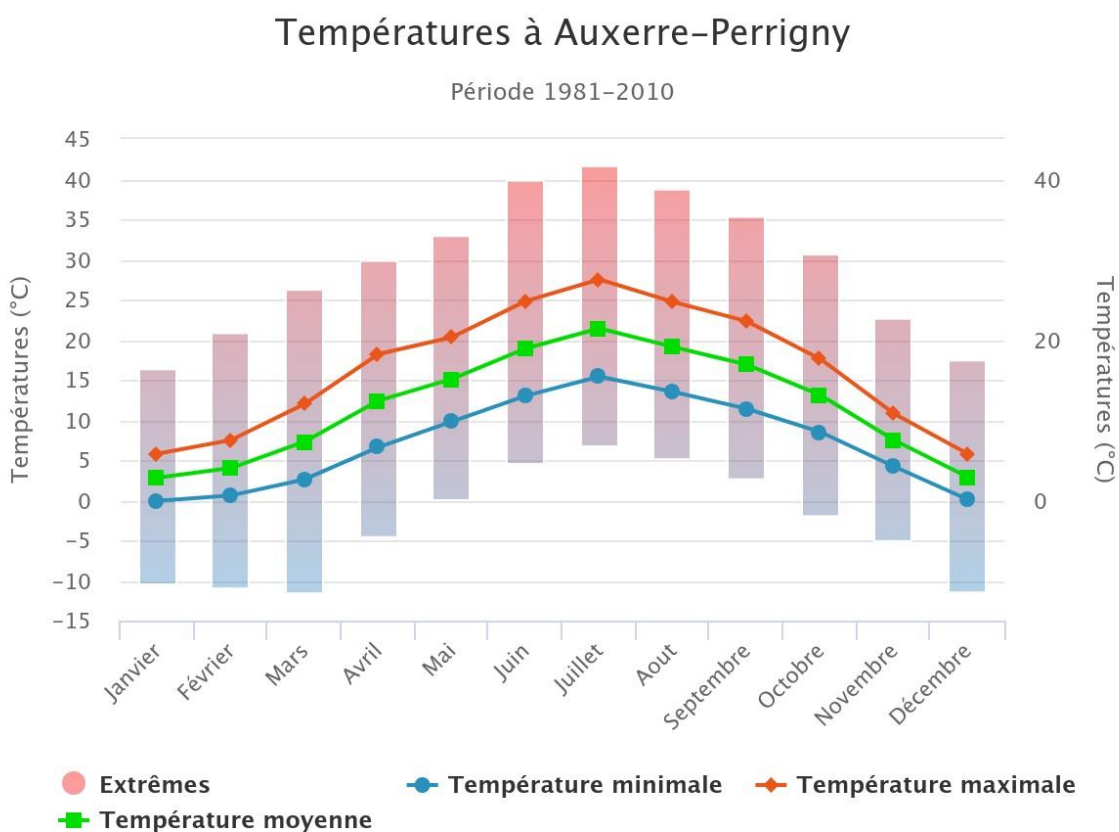
Echelle d'une zone d'un bâtiment où les besoins énergétiques, les apports internes, les scénarios d'usage sont facilement identifiables comme les locaux de bureaux.

❖ Potentiel :

Le climat de type continental de l'Yonne est favorable aux constructions passives avec des hivers plutôt cléments et un ensoleillement correct comme mentionné ci-dessous. La station météo, la plus proche du site, Auxerre Perrigny (89), donne les températures moyennes suivantes :

- la température minimale en moyenne annuelle est de 7,1°C ;
- la température moyenne annuelle est de 11,8 °C
- la température maximale en moyenne annuelle est de 16,4°C ;

Les températures moyennes sont plutôt douces.



infoclimat.fr

FIGURE 10 : TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES, DONNEES INFOCLIMAT

Réglementation - Bâtiments passifs :

Labellisation actuelle étrangère à la réglementation française : suisse (Minergie Passif) ou allemande (Passiv Haus).

Ces labels constituent des bases adéquates à la réglementation thermique RE 2020 et la généralisation des bâtiments à énergie positive.

Conclusion :

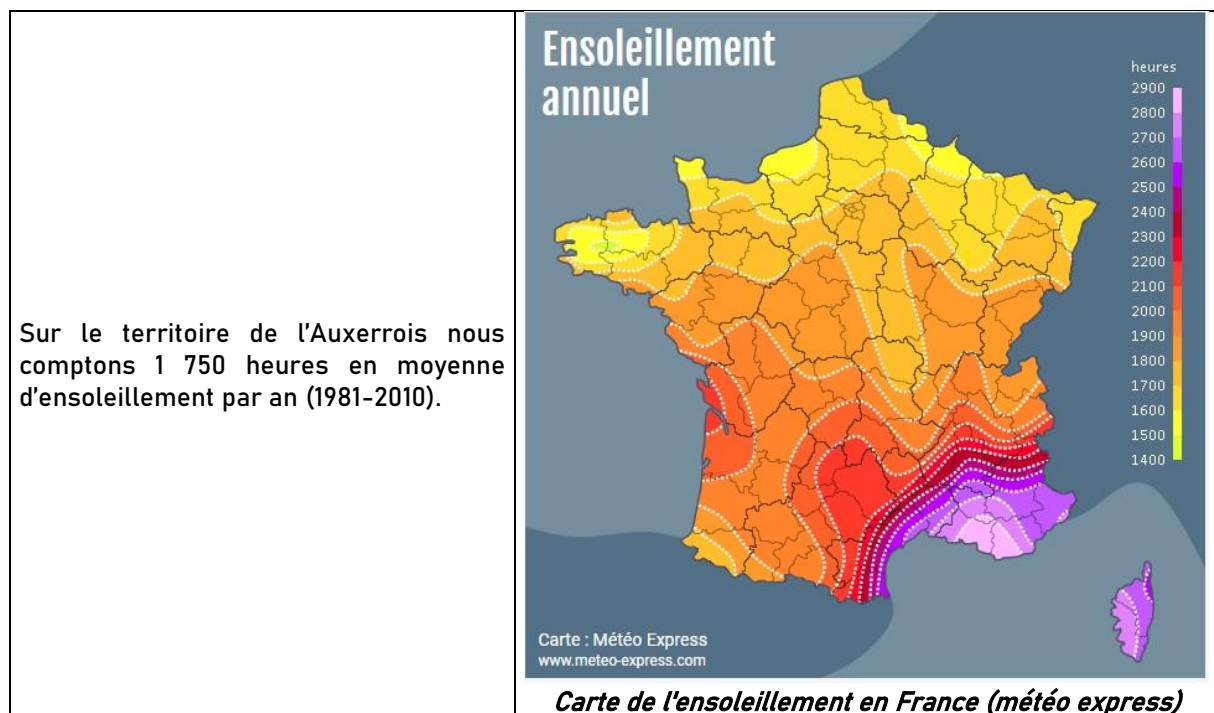
Le climat clément et des apports solaires corrects rendent cette solution favorable et envisageable par bâtiment. La forte captation d'apports solaires gratuits pour le chauffage permet également de s'affranchir de moyens de production énergétiques complexes et coûteux. Le projet étant rattaché au PCAET de la communauté de l'Auxerrois, cette solution permet d'aller dans le sens du désir d'augmenter la part d'énergies renouvelables et de production d'électricité.

Le travail du plan masse revêt dans ce cas une importance primordiale en termes d'orientation des ouvertures optimisées et d'ombres portées sur les constructions.

La conception passive est adaptée à des usages conventionnelles tels que les bureaux, elle ne peut s'appliquer au cœur des cellules industrielles où les conditions de températures et d'hygrométries sont spécifiques selon chaque process.

4.3.2 Gisement solaire de la zone d'étude

Le département de l'Yonne présente un niveau de gisement solaire et d'ensoleillement moyen.



Le taux d'irradiation solaire est quant à lui voisin de 1300 kWh/m² par an.

Le gisement
solaire*
(en kWh/m² par an)



* Valeur de l'énergie du rayonnement solaire
recu sur un plan d'inclinaison égal à la latitude
et orienté vers le sud.

Carte du gisement solaire en France

Conclusion :

Potentiel solaire tout de même intéressant sur le secteur. Toutefois, il est important de prendre en compte les masques solaires engendrés par les futurs bâtiments du site.

4.3.3 Solaire photovoltaïque

❖ Présentation :

Le rayonnement solaire est directement transformé en électricité par les cellules photovoltaïques.

Cette technologie est envisageable à la condition d'un espace disponible, d'une inclinaison et d'une orientation favorable (conditions optimums : 30° d'inclinaison plein sud).

❖ Echelle théorique d'exploitation :

L'échelle d'intégration de panneaux solaires photovoltaïques dans le cadre de la zone est celle du bâtiment ou bien d'espace dédié sur les pourtours de la parcelle aménagée. La mise en place de cette technologie est possible au cas par cas sur les différentes constructions prévues.

L'autre utilisation possible de cette technologie est possible pour l'éclairage extérieur de voirie. Les lampadaires mis en place sur le site peuvent être équipés de cellules permettant le stockage d'électricité photovoltaïque pour une utilisation en autoconsommation (pas de revente sur le réseau dans ce cas précis). Ces technologies présentent tout de même un coût important.

❖ Exploitation et conditions de revente sur le réseau

Les panneaux sont installés en toiture ou sur des ombrières pour produire l'électricité, qui est :

- soit utilisée en autoconsommation individuel,

La réflexion bâtiment durable (RBR) 2020 semble inciter à s'orienter vers l'autoconsommation.

Dans ce cadre, un appel projet a été lancé le 26 mai 2016, pour encourager les projets de plus de 1 MW à partir du 1^{er} janvier 2017. Ce dispositif, non adapté à l'échelle individuelle, peut être prévu à l'échelle du projet. La production pourra être, soit stockée, soit consommée par les bâtiments plus consommateurs d'électricité en journée.

- soit utilisée en en autoconsommation collectif,

Ce dispositif permet de mettre l'électricité produite à disposition du site, pour tout autre consommateur (rayon de 2 km). Un tarif commun est fixé par le collectif après la mise en service du système photovoltaïque.

Les consommateurs peuvent s'ils le souhaitent sortir du dispositif d'autoconsommation collective à tout moment, s'ils ne désirent plus faire partie de l'opération.

- soit revendue à EDF via des contrats de revente spécifiques et réglementés.

Les panneaux photovoltaïques produisent de l'électricité lorsque les conditions d'ensoleillement sont suffisantes et celle-ci est revendue sur le réseau à des tarifs fixés contractuellement pendant une durée de 20 ans.

La Commission de Régulation de l'Energie (CRE) publie tous les trimestres les prix de rachat de l'électricité issue de la production solaire photovoltaïque. Les valeurs sont données pour le 1^{er} trimestre 2024 :

<i>entre le....</i>		01/11/2023	Tarifs d'achat et primes en vigueur pour les installations dont la demande complète de raccordement a été effectuée :
<i>et le</i>		31/01/2024	
Tarifs d'achat (Vente en totalité) en c€/kWh - Coefficients* E et E'			
T_a	≤3kWc		17,35
	≤ 9kWc		14,74
T_a (IAB)	Lorsque l'installation est éligible au sens de l'article 8 de l'arrêté du 9 mai 2017, le tarif précédent est majoré par la prime suivante :		
	Prime P_IAB		0,00
T_b	Coefficient E' (pour 9 < P+Q < 36 kWc)		1,10
	≤ 36kWc		13,82
	≤ 100kWc		12,02
T_c	>100kWc		12,08
Primes à l'investissement (Vente au surplus) en €/Wc - Coefficient* F			
P_a	≤ 3kWc		0,37
	≤ 9kWc		0,28
P_b	≤ 36kWc		0,20
	≤ 100kWc		0,10
	> 100kWc		0,00

FIGURE 11 : TARIFS D'ACHAT ET PRIMES A L'INVESTISSEMENT DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE (SOURCE : CRE 04/2023)

Pour les installations de petites et moyennes puissances ($P < 100$ kWc), le tarif de rachat sera révisé chaque trimestre. Pour la moyenne et grande puissance ($P > 100$ kWc) l'installation sera soumise à appel d'offre.

Conclusion

Le potentiel solaire est bon sur la région Bourgogne-Franche-Comté. Différents types d'exploitation sont envisageables : production individuelle par bâtiment ou collective à l'échelle du secteur pour mutualiser les coûts d'installation.

Selon notre retour d'expérience et avec les futurs usages industriels potentiellement consommateurs d'électricité, nous recommandons l'autoconsommation de l'électricité produite sur site.

Réglementation - panneaux solaires photovoltaïques :

En tant qu'éléments de composition architecturale, ils doivent être intégrés dans le permis de construire.

Nécessite une déclaration ou une autorisation à construire.

4.3.4 Solaire thermique

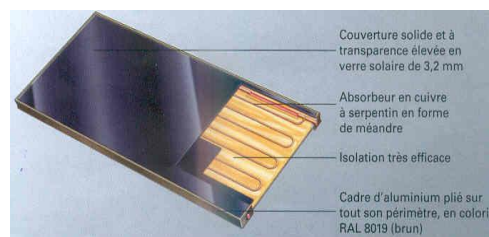
❖ Présentation :

Le rayonnement solaire est converti en chaleur puis utilisé pour le chauffage et/ou l'ECS ; ce système nécessite cependant un appoint énergétique.

Le rayonnement solaire est capté par les panneaux solaires thermiques puis stocké ou bien distribué par un circulateur et un fluide caloporteur (air, eau...) sous forme de chaleur.

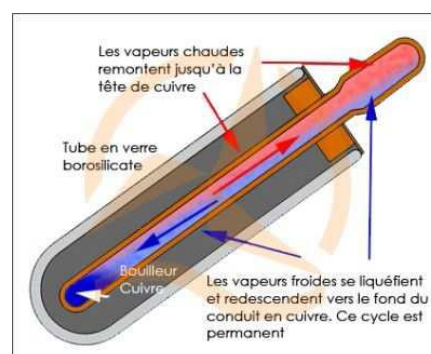
Des capteurs plans vitrés ou bien sous vide peuvent être utilisés.

- Le capteur plan vitré : à l'intérieur du coffre isolant, est disposée une feuille métallique noire destinée à absorber l'énergie solaire. La chaleur est ensuite prélevée par le fluide caloporteur circulant dans des tuyaux, en contact avec cette surface absorbante. Le vitrage qui ferme le coffre permet de réduire les déperditions thermiques.



La plupart des capteurs plans vitrés permettent des gains de température allant jusqu'à 70°C par rapport à la température ambiante et sont de ce fait parfaitement adaptés à la production d'eau chaude sanitaire.

- Le capteur sous vide : il est constitué d'une série de tubes de verre sous vide à l'intérieur desquels se trouve un absorbeur avec un circuit hydraulique, qui capte l'énergie solaire et la transfère au fluide caloporteur. Grâce aux propriétés isolantes du vide, les déperditions de chaleur sont faibles. Ainsi, on peut obtenir des gains de température de 100°C et plus. Ce type de capteur est particulièrement bien adapté aux applications nécessitant des hautes températures de type climatisation solaire.



❖ Echelle théorique d'exploitation :

L'échelle du bâtiment correspond à ce type d'énergie.

Conclusion :

Un potentiel solaire correct sur le projet en fait une condition d'installation favorable.

Cependant, le besoin de chaleur pour l'eau chaude sanitaire peut être marginal en fonction du coup de l'installation. La production d'ECS solaire est à étudier au cas par cas sur les bâtiments selon les usages industriels.

Réglementation - panneaux solaires thermiques :

En tant qu'éléments de composition architecturale, ils doivent être intégrés comme pour le photovoltaïque dans le permis de construire.

Nécessite une déclaration ou une autorisation à construire.

Synthèse potentiel solaire

Avant toute analyse des solutions d'utilisation, la ressource solaire est bonne et ne peut être négligée sur ce site. Les niveaux d'irradiation solaire et d'ensoleillement permettent sans difficulté la mise en place des technologies exposées précédemment. Un travail du plan masse est indispensable pour éviter les ombres portées sur les bâtiments.

POTENTIEL HABITAT PASSIF

La mise en œuvre de cahiers de charges pour la conception de bâtiments passifs sur les différents lots ne rencontre pas d'obstacle. Ce type de construction mettant en avant l'architecture bioclimatique est intéressant en région Bourgogne-Franche-Comté, grâce à son climat et son taux d'ensoleillement.

La conception passive est adaptée à des usages conventionnelles tels que les bureaux, elle ne peut s'appliquer au cœur des cellules industrielles où les conditions de températures et d'hygrométries sont spécifiques selon chaque process.

POTENTIEL SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

L'utilisation de la ressource solaire pour la production d'électricité photovoltaïque est possible sur le site.

L'intégration de cette production d'électricité est à prévoir au niveau du bâtiment (en opposition à la mise en place d'une centrale de production collective à petite ou moyenne échelle). La production d'électricité photovoltaïque est à penser en amont de la construction.

L'intégration des panneaux dans la construction du bâti permet de bénéficier des tarifs de revente de l'électricité définis par l'arrêté du 04 mars 2011 révisé tous les trimestres, condition d'un amortissement optimum des cellules photovoltaïques.

Le tarif de revente de l'électricité photovoltaïque des installations intégrées au bâti pour le troisième trimestre 2023 varie entre 17,35€ et 12,02€ selon la puissance (< à 3 kWc ou > à 100 kWc).

POTENTIEL SOLAIRE THERMIQUE

La production d'ECS solaire, est adaptée et favorable pour des industries avec des process demandant beaucoup un volume d'eau chaude conséquent. D'un point de vue économique, cette solution est moins pertinente pour les zones de bureaux. Dans l'industrie, il faut prévoir une étude de rentabilité entre la demande du bâtiment et la production thermique disponible.

Réglementation – Energie solaire :**Code de la construction et de l'habitation – Article L171-4 :**

Depuis le 1^{er} juillet 2023, les bâtiments ou parties de bâtiment doivent intégrer en toiture soit un procédé de production d'énergies renouvelables, soit un système de végétalisation.

Depuis le 1^{er} janvier 2024, les nouveaux parcs de stationnement de plus de 500 m² ou de plus de 80 places doivent être équipés de panneaux solaires sur 50% de la surface totale.

Les types de projets concernés sont les bâtiments à usage commercial, industriel ou artisanal, aux constructions de bâtiments à usage d'entrepôt, aux constructions de hangars non ouvert au public faisant l'objet d'une exploitation commerciale et aux constructions de parcs de stationnement couverts accessibles au public, lorsque l'emprise au sol du bâtiment est supérieure à 500 m² et 1000 m² pour les bâtiments de bureaux.

4.4 Potentiel biomasse

4.4.1 Bois énergie

❖ Présentation :

L'énergie est produite à partir de la valorisation du bois par combustion. Elle est utilisée sous forme de chaleur lors de la combustion et est utilisée directement pour produire de la chaleur, ou de la chaleur et de l'électricité en cogénération, pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire.

❖ Combustible :

Granulés : ils sont obtenus par la compression de sciure de bois de feuillus et des résineux (sciure compressée sans agents de liaison), et se présentent sous la forme de petits cylindres de 6 à 10 mm de diamètre et de 10 à 30 mm de longueur. La masse volumique est de l'ordre de 0,7 tonne par m³, ce qui facilite le transport et le stockage.



Plaquettes forestières : les plaquettes proviennent des forêts, elles sont issues du déchetage du petit bois et des rémanents.



❖ Echelle théorique d'exploitation :



Ce type de combustible peut être utilisé à 3 échelles différentes :

- Individuelle par bâtiment : chaudières à granulés dimensionnées en fonction des besoins énergétiques pour chaque bâtiment.
- Collectif par bâtiment : chaudières à granulés pour les bâtiments à faible consommation et à plaquettes forestières pour les bâtiments à forte consommation.
- Collectif par ilot ou à l'échelle du projet (ZAE AuxR Eco Parc) : chaufferie centralisée + réseau de chaleur (plaquettes forestières ou déchets de bois moins nobles)

❖ Potentiel régional :

Les chiffres clés de l'énergie bois en Bourgogne Franche Comté de ces dernières années :

- 1 083 chaufferies bois en 2023 ;
- 1,7 millions de tonnes de bois bûches consommées
- 51% des combustibles pour chaufferie sont des plaquettes forestières
- 213 000 tonnes de granulés pour l'énergie (+26% en deux ans)
- Une forêt de 363 millions de m³, une expansion de 13% par an, seulement 7 millions de m³ exploités par an
- 19 200 salariés soit 2,2% des emplois de la région

La Bourgogne-Franche-Comté possède sur son territoire 1,73 millions ha de forêt recouvrant 37% de la surface, cela en fait l'une des régions les plus fournies en ressources bois. Au sein de la région, chaque année, environ 6 à 7 millions m³ de bois sont prélevés des forêts, cela représente 2% des

ressources forestières de la région. Chaque année les forêts de la région augmente de 13 millions de m³, c'est-à-dire que la ressource en bois disponible ne cesse d'augmenter au fil du temps.

La filière bois dispose encore d'une importante quantité de ressources et est donc sous exploitée du fait de sa faible activité industrielle. Les produits connexes comme les chutes, sciures ou encore les écorces peuvent être utilisés comme combustible pour produire de l'énergie.

❖ Le bois : une filière vectrice d'emplois et de formations

19 200 salariés travaillent dans la filière bois en Bourgogne-Franche-Comté en 2015, cela correspond à 2,2% des emplois salariés dans la région. La filière forêt-bois regroupe 4 630 établissements. 39 établissements de formation sont répartis sur le territoire pour poursuivre le développement de la filière bois. Hormis l'industrie de production de pâte à papier, tous les secteurs d'activité lié au bois sont représentés dans la région.

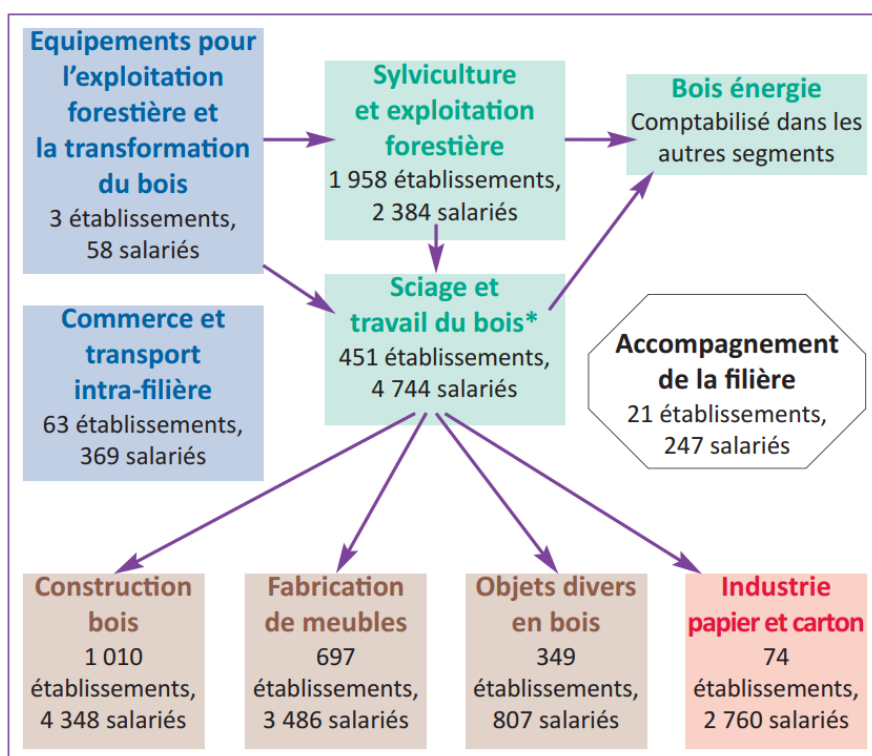


FIGURE 12 : ACTEURS ECONOMIQUES SELON L'ACTIVITE PRINCIPALE (SOURCE : DRAAF BFC)

Bois bûches

Aujourd'hui, de nombreux distributeurs et fournisseurs existent sur la métropole et peuvent fournir les besoins individuels.

Un site internet recense les fournisseurs par proximité géographique www.bois-de-chauffage.net/

Granulés de bois

Un site internet recense les fournisseurs par proximité géographique www.bois-de-chauffage.net/

❖ Localisation des chaufferies bois en Bourgogne Franche Comté :

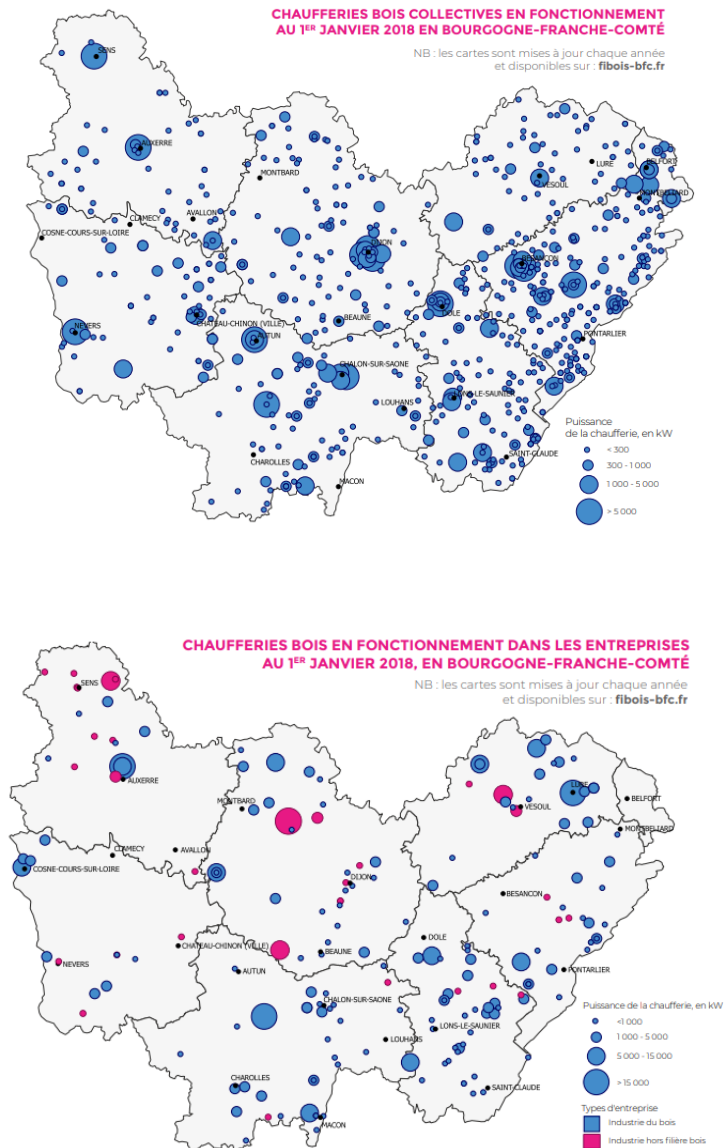


FIGURE 13 ET 14 : LOCALISATIONS DES CHAUFFERIES BIOMASSE DANS LA REGION [SOURCE : FIBOIS BFC]

La répartition des chaufferies biomasses est équilibrée dans la région Bourgogne-Franche-Comté. Chaque département est pourvu de projet biomasse. Le département le plus équipé de chaufferie est le Doubs. Dans le département de l'Yonne, c'est à Auxerre, proche du projet, qu'il y a le plus de chaufferie bois.

POTENTIEL BOIS ENERGIE - PAR BÂTIMENTS

La solution de chaufferie bois par bâtiment est envisageable sous conditions d'une anticipation des ressources à fournir par cellule industrielle : une chaufferie, un silo et une aire de livraison. De plus, la livraison du combustible fera la demande d'une bonne logistique.

POTENTIEL BOIS ENERGIE - SUR LA ZAE AUX ECO PARC

La solution de chaufferie bois centralisée relié à un nouveau réseau de chaleur à l'échelle du secteur de la ZAE est envisageable. La forte densité de besoin énergétique présente sur l'ensemble du site peut créer des économies d'échelle sur ces projets réputés coûteux.

Néanmoins, la création d'un nouveau réseau de chaleur imposerait quelques contraintes, comme un phasage rigoureux des travaux pour éviter les problèmes suivants :

- un mauvais rendement des installations,
- un surdimensionnement du réseau,
- une installation mal dimensionnée (soucis d'optimisation du réseau).
- la nécessité de personnels compétents pour surveiller le fonctionnement de l'installation

Il est très important d'identifier de façon précise et en amont de la phase conception quels sont les besoins en biomasse pour chaque bâtiment (qui seront les plus gros consommateurs de bois énergie et ceux qui n'en auront aucun besoin à l'échelle de la ZAE).

Réglementation - biomasse/bois énergie :**Arrêté du 25 juillet 1997 pour les installations de plus de 2MW**

Type de combustible : Bois propre :

- Production <2MW : il n'existe pas de procédure de déclaration ou d'autorisation au titre de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement. Seuls les seuils indiqués dans la norme européenne EN 303.5 pour les chaudières de puissance inférieure ou égale à 300 kW sont utilisés comme référence pour les petites unités.

- Production >2 MW et <20 MW est soumise à déclaration préalable (rubrique 2910-A.2) ;

- Production >20 MW est soumise à autorisation préalable (rubrique 2910-A.1) ;

4.5 Méthanisation / biogaz

❖ Présentation :

La méthanisation est une digestion anaérobie, ou fermentation méthanique, qui transforme la matière organique en compost, méthane et gaz carbonique par un écosystème microbien complexe fonctionnant en absence d'oxygène. La méthanisation permet d'éliminer la pollution organique tout en consommant peu d'énergie, en produisant peu de boues et en générant une énergie renouvelable : le biogaz. C'est un gaz constitué essentiellement de méthane (55 à 80 % en masse pour la méthanisation), ainsi que de dioxyde de carbone. Le débit de production et la qualité du biogaz dépendent de la quantité en matière organique et du type de déchet traité.

Le biogaz peut être utilisé pour produire de la chaleur ou de l'électricité.

❖ Type de déchet :

La méthanisation s'applique à différents types de déchets essentiellement organiques :

- Déchets d'entreprise : gisement local à évaluer,
- Boues d'épuration,
- Déchets verts : gisement local à évaluer,
- Déchets ménagers résiduels : à priori non, compte tenu des consignes de tri actuelles,
- Biodéchets ménagers : à condition de mettre en place le tri adapté,
- Déjections animales (lisier, fumier) : gisement local à étudier,
- Résidus végétaux agricoles (paille, ensilage, ...) : gisement local à étudier

❖ Exploitation et conditions de revente sur le réseau :

La méthanisation donne éventuellement suite à la réalisation d'une unité de cogénération. Plusieurs procédés de valorisation énergétique peuvent être utilisés :

- Production de chaleur sous forme d'eau chaude, de vapeur ou d'air chaud, pour le chauffage, le séchage, les process industriels... Il s'agit de brûler le gaz pour en tirer de la chaleur. Une valorisation du biogaz uniquement sous forme de chaleur est possible par l'intermédiaire d'une chaudière gaz disposant d'un injecteur adapté. Le coût d'investissement est alors moins élevé que pour la cogénération. Cette valorisation est rentable s'il existe une forte demande de chaleur à proximité du site capable d'absorber toute la chaleur produite sur toute l'année. La mise en place d'une chaudière peut aussi être envisagée en cas d'arrêt de la cogénération (entretien, panne) pour maintenir les digesteurs à température et éviter les émissions de méthane.
- La production d'électricité. Le biogaz, comme toute énergie, peut se transformer en électricité via une cogénération. Ce mode de valorisation consiste à produire, à partir du biogaz, de l'électricité et de la chaleur. Un moteur entraîne un générateur de courant électrique (alternateur). La circulation d'un fluide caloporteur permet de valoriser la chaleur dissipée par le moteur. La récupération maximale de l'énergie thermique est assurée par une série d'échangeurs.



Figure 1 : Réactions du processus de méthanisation

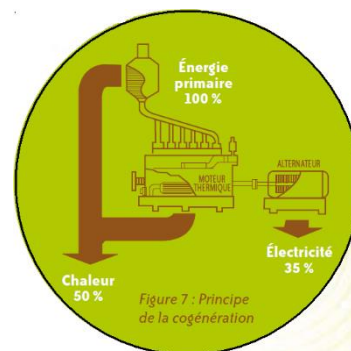


Figure 7 : Principe de la cogénération

En référence au décret du gouvernement publié le 21 et 23 novembre 2011, le biogaz issu de la méthanisation peut être injecté sur les réseaux de gaz naturel. Un producteur de biométhane vend pendant 15 ans à un tarif d'achat administré et garanti (ou plus), l'intégralité des quantités qu'il injecte à un seul fournisseur de gaz naturel (il ne peut fragmenter sa production).

Les tarifs d'achat sont fonction du type et de la taille de l'installation, ainsi que de la nature des intrants utilisés. Ils sont entre 2 et 5 fois supérieurs au prix de marché du gaz naturel

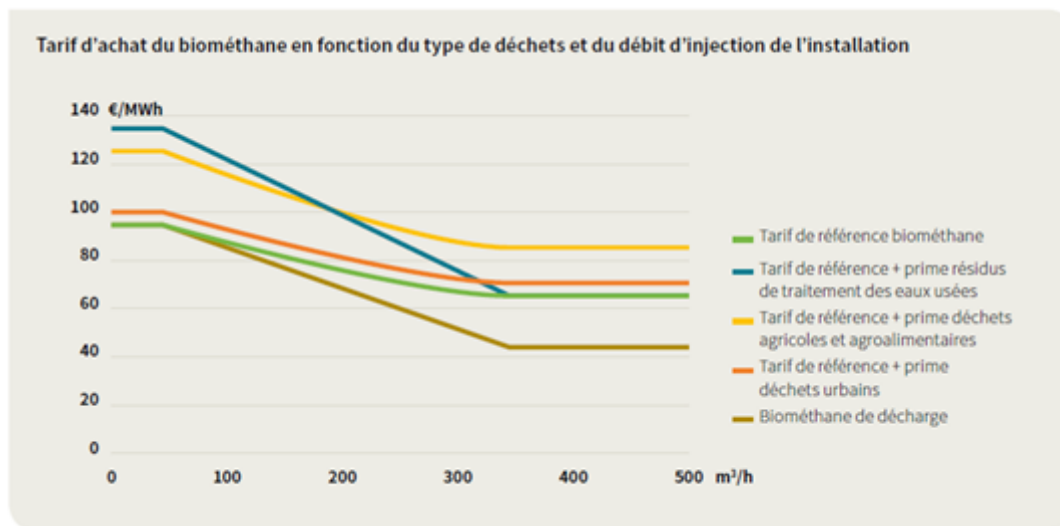


FIGURE 15: SOURCE : [HTTP://WWW.INJECTIONBIOMETHANE.FR](http://www.injectionbiomethane.fr) (ADEME + GRDF)

❖ Echelle théorique d'exploitation :

- A l'échelle communale ou intercommunale dans le cadre d'injection de gaz dans le réseau de gaz existant.
- A l'échelle du projet, communale, intercommunale dans le cadre d'une cogénération pour un réseau de chaleur pour l'exploitation de déchets ménagers, agricoles (excréments, déchets verts) et agroalimentaires.

❖ Potentiel national :

En France, le gisement global mobilisable d'ici 2030 pour la méthanisation a ainsi été évalué à 130 millions de tonnes de Matière Brute soit 55,9 TWh d'énergie primaire en production de biogaz pour la région Bretagne. Il est composé à 90% de matières agricoles.

Ce gisement représente 30 % du gisement net disponible, le potentiel de production de biogaz à partir des ressources considérées dans cette étude s'élevant à 185 TWh.

En intégrant des ressources comme l'herbe de fauche de bord de route, les prairies naturelles et les CIVE d'été (Culture Intermédiaire à Vocation Energétique qui se situe entre la récolte d'une culture principale et le semis de la suivante) et ce, dans certaines conditions d'évolution des pratiques agricoles et utilisations des terres, le gisement net disponible pourrait atteindre les 240 TWh et le gisement mobilisable dépasser les 70 TWh à l'horizon 2030.

❖ Potentiel local :

La méthanisation et l'exploitation de biogaz ne sont pas du tout développés au sein du territoire. Pour donner plus de visibilité à la filière, l'ADEME et la région se sont associés pour créer un site internet afin de centraliser toutes les informations utiles autour de la filière (principes de fonctionnement, acteurs, aides au financement)

Lien du site internet : <https://methabfc.fr/>

Conclusion

La présence d'une unité de méthanisation au milieu d'une zone d'activité peut créer des problèmes de voisinages (odeurs, transport régulier d'intrants...) pour lesquelles, il est compliqué de fournir des solutions. Une unité de ce type est plus destinée aux agriculteurs proches de leurs fermes ou sur une parcelle rurale dénuée de voisins.

Pour valoriser le biogaz sur le site, il serait plus pertinent d'envisager un contrat d'autoconsommation de biogaz avec un site de production proche, à l'image des contrats d'autoconsommations que l'on observe dans le photovoltaïque.

Réglementation – biomasse/production de biogaz :

La méthanisation est soumise à la rubrique 2781 « méthanisation de déchets non dangereux ou matière végétal » de la nomenclature ICPE :

- Si la méthanisation se fait à partir de matière végétale brute, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires :
- Si la quantité de matières traitées est ≥ 60 t/j, le projet est soumis à autorisation.
- Si la quantité de matières traitées est ≥ 30 t/j et < 60 t/j, le projet est soumis à enregistrement.
- Si la quantité de matières traitées est < 30 t/j, le projet est soumis à déclaration.
- Si la méthanisation se fait à partir d'autres déchets non dangereux, le projet est soumis à autorisation.

Lorsqu'une installation consomme exclusivement du biogaz, celle-ci est soumise à la rubrique 2910-C « Combustion : Lorsque l'installation consomme exclusivement du biogaz provenant d'installation classée sous la rubrique 2781-1 et si la puissance thermique maximale de l'installation est supérieure à 0,1 MW»

- Lorsque le biogaz est produit par une installation soumise à autorisation, ou par plusieurs installations classées au titre de la rubrique 2781-1 le projet est soumis à autorisation.
- Lorsque le biogaz est produit par une seule installation soumise à enregistrement au titre de la rubrique 2781-1, le projet est soumis à enregistrement.
- Lorsque le biogaz est produit par une seule installation, soumise à déclaration au titre de la rubrique 2781-1, le projet est soumis à déclaration.

4.6 Potentiel éolien

4.6.1 Présentation

L'énergie cinétique du vent est convertie en un couple qui fait tourner les pales du rotor selon la turbulence et la vitesse du vent ; l'énergie mécanique est convertie en énergie électrique. Cette énergie électrique peut être raccordée au réseau électrique ou autoconsommée.

Il existe 2 types d'éoliennes :

- ❖ Eolienne à axe horizontal (petits modèles pour milieu urbain) : les pales mises en rotation par l'énergie cinétique du vent entraînent un arbre raccordé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique créée en énergie électrique.

Caractéristiques :

- Petite taille : de 5 à 20 mètres
- Diamètre compris entre 2 et 10 mètres
- Puissance de production pouvant aller jusqu'à 20Kw



- ❖ Eolienne à axe vertical (petits modèles pour milieu urbain) : basée sur le même principe, elle est cependant plus adaptée au milieu urbain, et capte la ressource éolienne plus facilement. Il existe deux types d'éolienne à axe vertical classées selon leurs caractéristiques aérodynamiques :

- Le modèle Darrieus constitué de deux ou trois pales en forme de C. Cette éolienne utilise l'effet de la portance
- Le modèle Savonius constitué de parties cylindriques en opposition. Cette éolienne utilise l'effet de la trainée. La vitesse de démarrage est basse, autour de 2 m/s.

Puissance de production pouvant aller de 0 à 60 kW



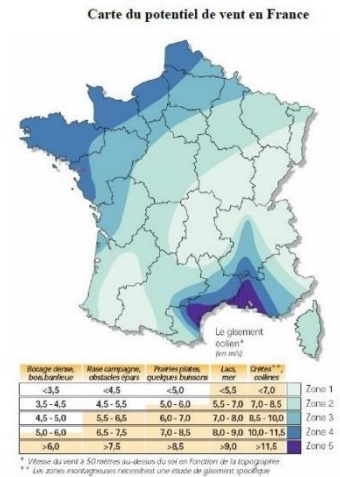
4.6.2 Echelle théorique d'exploitation

- Exploitation à l'échelle des espaces publics : Ex : pour l'éclairage public
- Exploitation à l'échelle des bâtiments, également possible. Par exemple, pour les consommations liées aux parties communes des bâtiments (éclairage des parties communes, etc...)

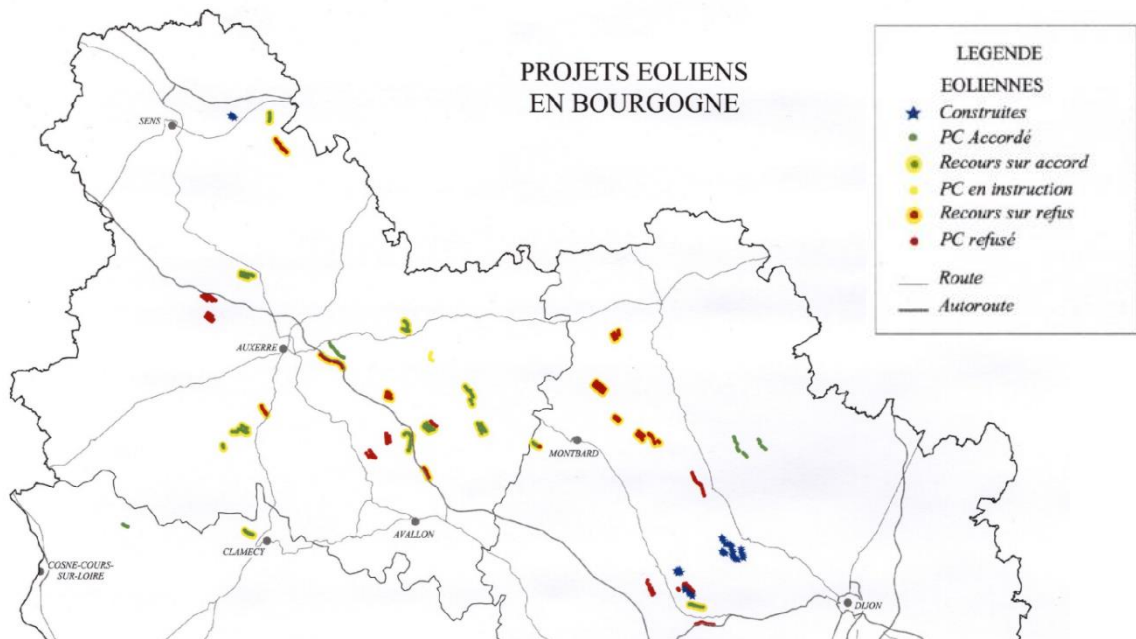
4.6.3 Potentiel à des échelles différentes

4.6.3.1 Potentiel national

Le profil vertical des vents indique que la vitesse augmente en altitude, le calcul estime une vitesse de 18 km/h à 50 m du sol sans bâtiments aux alentours. Une éolienne peut fonctionner lorsque les vents ont une vitesse comprise entre 10 et 90 km/h. Lorsque la vitesse annuelle moyenne est de 25 km/h, nous considérons le potentiel convenable.



4.6.3.2 Potentiel éolien à l'échelle du département



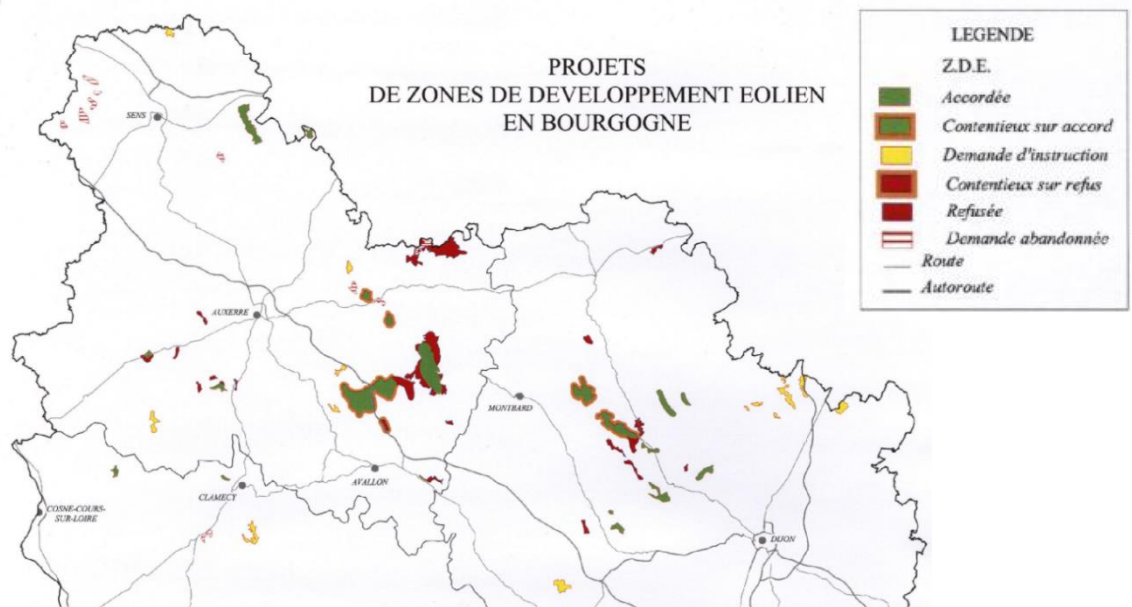


FIGURE 16 ET 17 : SITUATION DE L'EOLIEN EN BOURGOGNE (SOURCE : SRE)

A l'échelle de la région, les projets, qu'ils soient construits en cours de développement ou arrêtés se concentre au Nord, plus précisément le long de la frontière entre l'Yonne et la Côte-d'Or.

4.6.3.3 Potentiel de la zone

La rose des vents ci-dessous est la représentation graphique des fréquences moyennes annuelles des directions du vent en pourcentage et par groupe de vitesses.

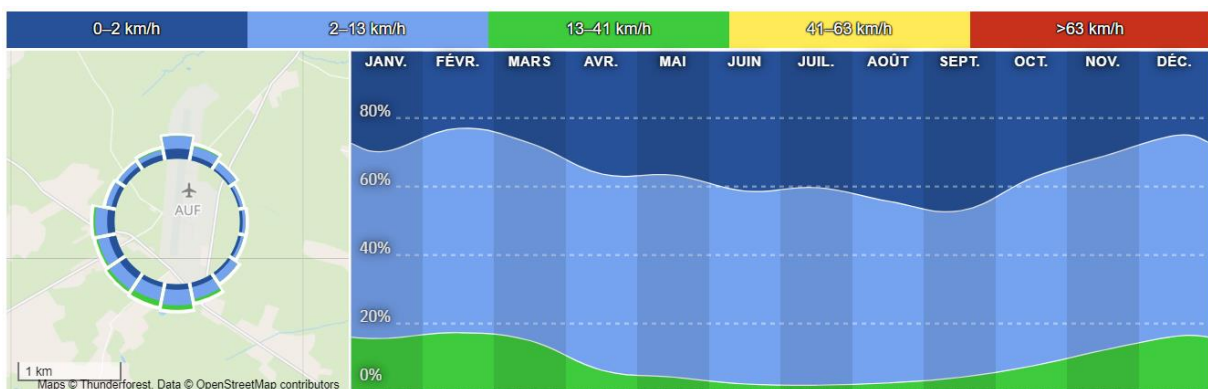


FIGURE 18 : ROSE DES VENTS DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE L'AEROPORT D'AUXERRE-BRANCHES
[SOURCE : WINDFINDER]

La rose des vents ci-avant représente la distribution annuelle des vents (tous mois et toutes heures confondus).

Les vents sont classés selon cinq catégories :

- Vents dont la vitesse est comprise entre 0 et 2 km/h (bleu foncé),
- Vents dont la vitesse est comprise entre 2 et 13 km/h (bleu),
- Vents dont la vitesse est comprise entre 13 et 41 km/h (vert),
- Vents dont la vitesse est comprise entre 41 et 63 km/h (jaune),
- Vents dont la vitesse est supérieure à 63 km/h (rouge),

Ces catégories de vents sont ensuite reportées en termes de fréquence pour chacune des 16 directions de la rose des vents située par les degrés d'orientation.

Les vents dominants sont les suivants :

- Les vents de secteur Sud et Sud-Ouest, toutes vitesses confondues. Les vents les plus forts de la station (vitesse supérieure à 40 km/h) soufflent majoritairement dans ces secteurs.
- Les vents de secteur nord avec une majorité de vents moyens.

Selon les données de la station météorologique de l'aéroport d'Auxerre-Branches, la vitesse de vent moyenne s'établit à 11 km/h au sol. Le rapport du Schéma Régional de l'Eolien indique des vitesses moyenne de vent, à 80 m de haut, de l'ordre de 20 km/h. Le potentiel de la zone est donc moyennement favorable aux éoliennes de grandes puissances. Les technologies micro-urbaine seront plus adaptées. Une étude de vent spécifique au site (type CFD) permettra de choisir la technologie potentiellement appropriée au site, et d'évaluer la production.

D'après le PLU de la ville d'Auxerre, la zone géographique du site ne se trouve pas dans une ZDE : Zone de Développement Eolien. En effet, l'ensemble du territoire fait partie d'une zone d'exclusion où le développement ne peut se faire pour des raisons paysagères et patrimoniales.

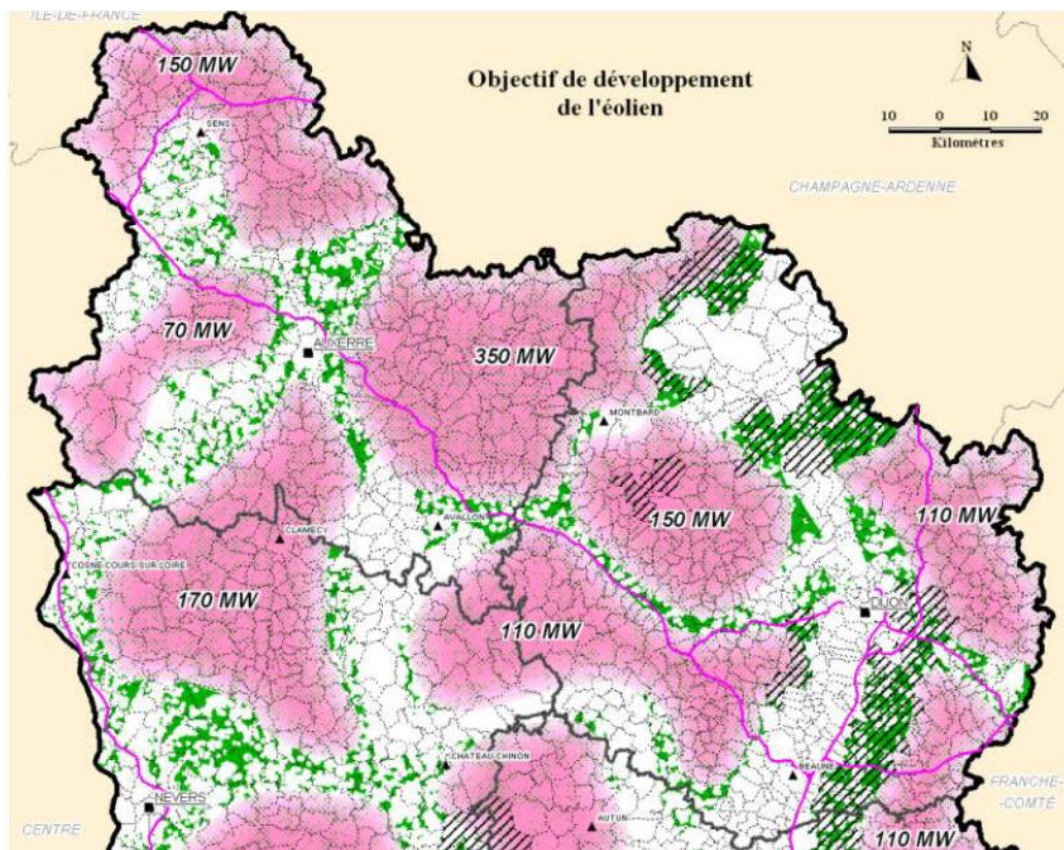


FIGURE 19 : OBJECTIF DE DEVELOPPEMENT EOLIEN [SOURCE : SRE BOURGOGNE]

Conclusion :

En raison du potentiel éolien et de l'investissement d'une éolienne, la mise en place de petites éoliennes à axe horizontal ou vertical n'est pas envisageable avec des temps de retour sur investissement longs et des usages très spécifiques. La mise en place de grandes éoliennes sera difficile, la commune ne faisant partie d'aucune ZDE. Il existe tout de même déjà des éoliennes sur la commune ou à proximité immédiate au Sud de l'aire d'autoroute. Des études complémentaires sont à prévoir pour étudier le potentiel disponible des éoliennes déjà existantes.

Réglementation – éolien :

L'implantation d'une éolienne, ou de toute autre construction ne générant pas de surface de plancher, n'est soumise à aucune autorisation au titre de l'urbanisme lorsque ces constructions ont une hauteur inférieure à 12m.

Les travaux d'installation des ouvrages de production d'énergie éolienne dont la hauteur du mât est inférieure ou égale à 50 mètres sont soumis à notice d'impact. Lorsque la hauteur du mât est supérieure à 50m, les travaux d'installation sont soumis à étude d'impact et à enquête publique.

4.7 Potentiel de récupération d'énergie

4.7.1 Récupération d'énergies par chaleur fatale

❖ Présentation :

Le principe de la solution est de récupérer de la chaleur perdue provenant de la combustion inévitable des certains sites industriels lors de leur process de fabrication. L'objectif est double, il vise à obtenir de l'énergie gratuite tout en refroidissant les machines industrielles.

La récupération des calories se fait par échangeur thermique avec l'aide d'un fluide caloporteur : l'air, l'eau ou un fluide frigorigène.

En fonction des besoins, il existe 3 façons différentes d'exploiter la chaleur fatale récupérée :

- L'utilisation directe
- La remontée du niveau thermique
- Le changement du vecteur énergétique final

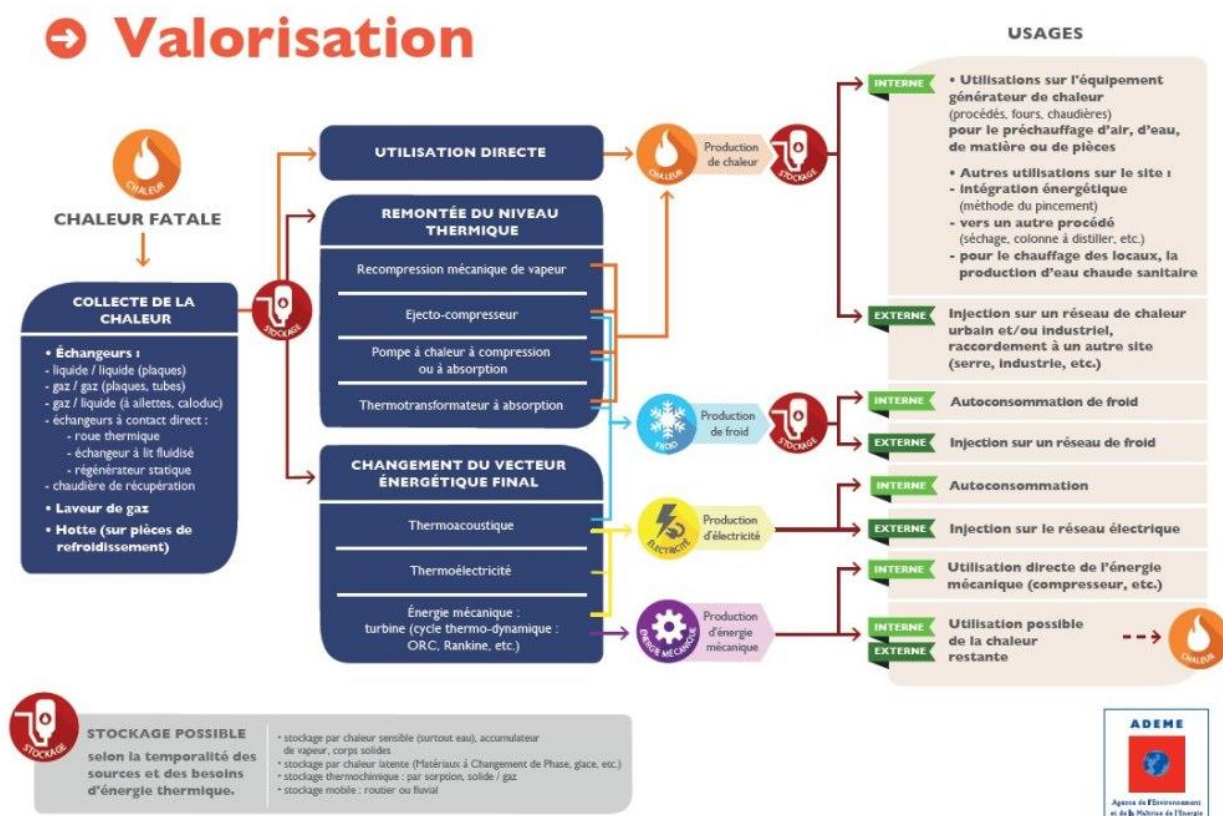


FIGURE 20 : LES DIFFERENTES FAÇONS D'EXPLOITER LA CHALEUR FATALE [SOURCE : ADEME]

Les sources de récupérations dans l'industrie sont multiples :

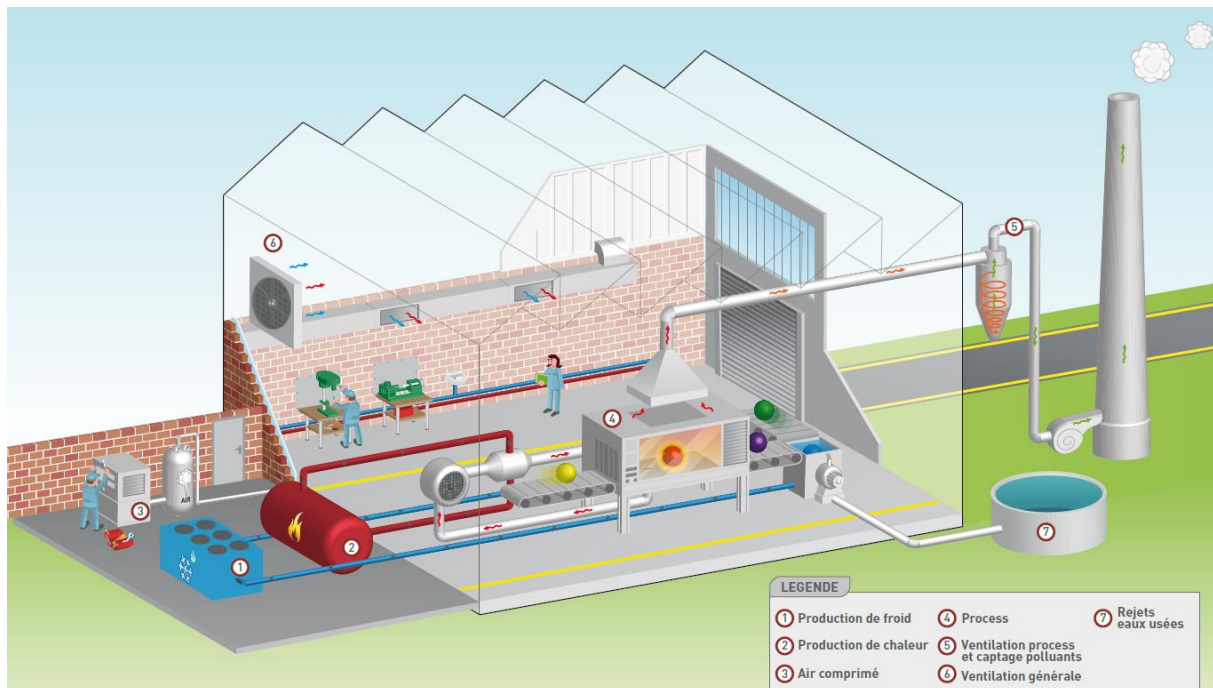


FIGURE 21 : LES DIFFERENTES SOURCES DE CHALEUR FATALE [SOURCE : CETIAT]

❖ Echelle théorique d'exploitation :

- Par bâtiment, en fonction des besoins énergétiques prédéfinis

❖ Potentiel à l'échelle de la ZAE :

La récupération de chaleur se fait au cas par cas pour chaque bâtiment car les futures entreprises présentes auront leurs propres apports de chaleurs fatales, contraintes techniques et leurs intérêts à utiliser cette énergie. Il est recommandé de réaliser une étude pour chaque bâtiment afin de calculer le potentiel énergétique et la rentabilité de cette solution.

Conclusion :

Il existe un fort potentiel de récupération d'énergie par chaleur pour les industries, mais celui-ci devra s'accompagner d'études spécifiques afin d'optimiser au maximum les installations selon le process. Ces études ne peuvent être pris en compte dans la phase 2 de notre étude par manque de visibilité.

4.8 Potentiel hydraulique

4.8.1 Présentation : principe de fonctionnement

Le principe de l'hydroélectricité est de transformer l'énergie mécanique d'un écoulement d'eau en électricité par l'intermédiaire d'une turbine.

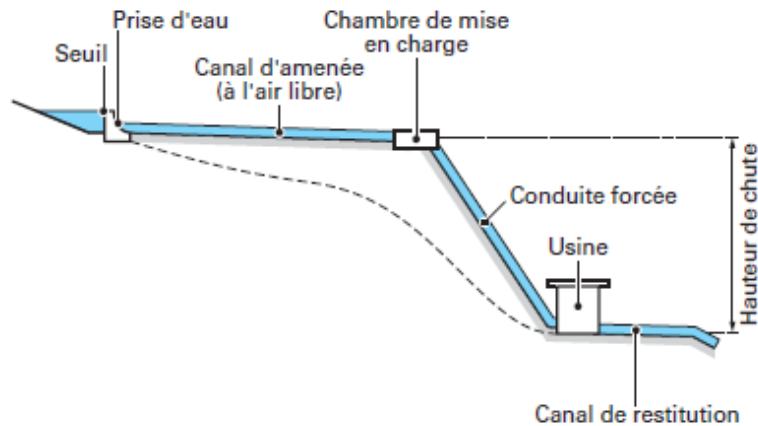


FIGURE 22 : SCHEMA PRINCIPE HYDRAULIQUE (SOURCE : TECHNIQUES DE L'INGENIEUR)

Un aménagement hydroélectrique comprend :

- une prise d'eau en rivière ou dans une retenue ;
- des ouvrages d'amenée;
- une turbine de production
- type Pelton ($P < 1 \text{ kW}$ à 15 MW),
- type Banki-Mitchell, Francis ou Kaplan ($100 \text{ kW} < P < 15 \text{ MW}$)
- une restitution au cours d'eau ;
- une ligne d'évacuation d'énergie ;
- des accès au site.

4.8.2 Echelle théorique d'exploitation

Adapté à de grand projet car grandes puissances disponibles

4.8.3 Potentiel

La mise en place d'un aménagement hydraulique n'est pas envisageable étant donné l'emplacement du site. Le système serait inefficace étant donnée la faible hauteur de chute nette. Le barrage et la centrale de Malassis sont les points de production d'hydroélectricité les plus proche mais restent bien trop éloigné du site pour pouvoir en exploiter la ressource.

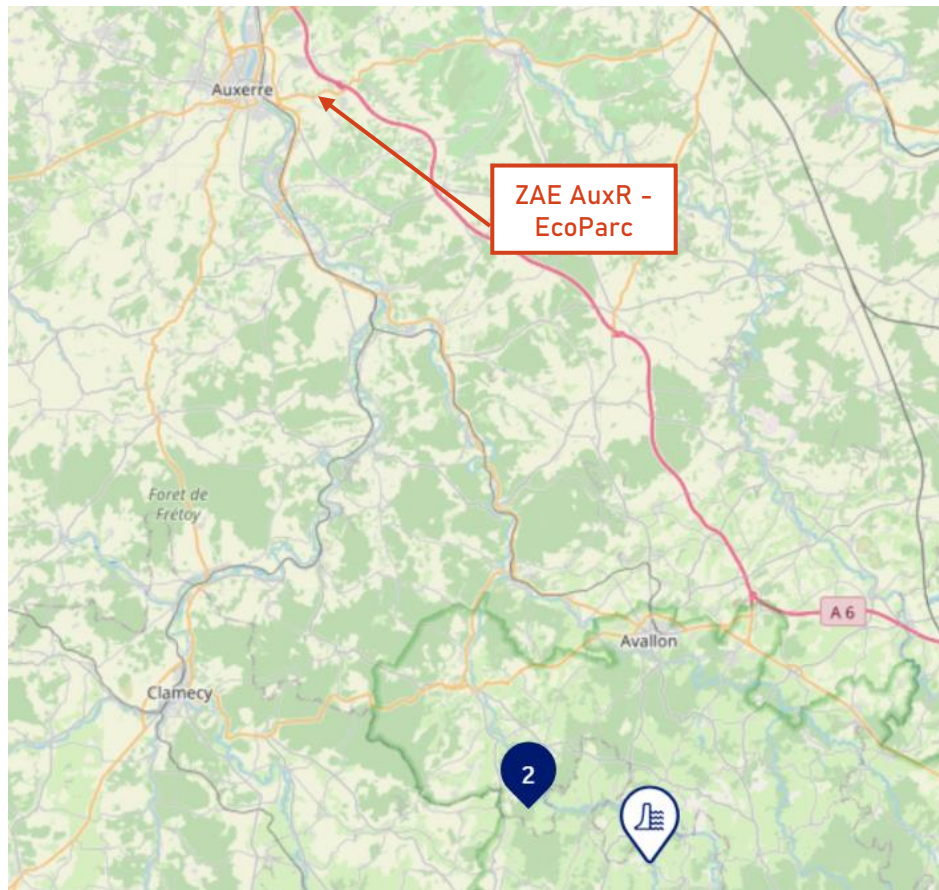


FIGURE 23 : CARTOGRAPHIE DES BARRAGES HYDRAULIQUE PROCHE DU SITE [SOURCE : EDF]

Conclusion :

Ce type d'installation n'est pas adapté à l'hydrographie locale (distance, faible hauteur de chute et faible débit).

4.9 Potentiel de cogénération

4.9.1 Présentation : principe de fonctionnement

La cogénération est un principe de production simultanée d'électricité et de chaleur. En effet, la production d'électricité engendre la production de chaleur qui est habituellement dissipée dans l'atmosphère. La cogénération peut inclure différents types de combustibles (bois ou gaz), le plus répandu étant les moteurs de cogénération gaz. Les co-générateurs bois sont peu répandus car ils nécessitent de grands espaces.

Les Co-générateurs sont des moteurs à explosion classiques pour les combustibles gazeux et des chaudières pour les technologies bois. Elles produisent de la chaleur qui est ensuite exploitée par des alternateurs pour produire l'électricité.

Dans le cas d'un moteur à explosion, la chaleur des gaz d'échappement à 500°C peut être récupérée à plus de 70 % par refroidissement à 150°C. La chaleur de l'eau de refroidissement et de l'huile du moteur à +/- 100°C peut être entièrement récupérée.

Il s'agit donc d'une source de production d'énergie décentralisée.

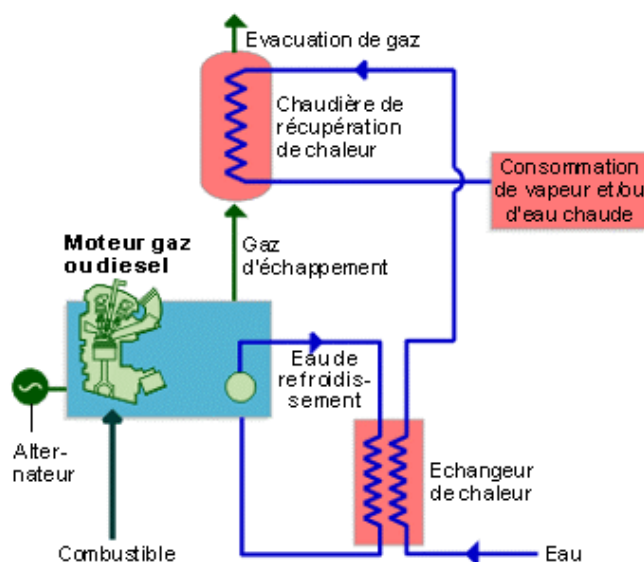


FIGURE 24 : SCHEMA DE FONCTIONNEMENT D'UNE UNITE DE COGENERATION GAZ [SOURCE : INSTITUT DE CONSEIL ET ETUDES EN DEVELOPPEMENT DURABLE]

Les moteurs diesel et gaz sont utilisés dans une gamme de puissance de 5 kW à plusieurs MW. La récupération de chaleur sur ce type de moteur se prête bien à des utilisations à des températures inférieures à 100°C comme la préparation d'eau chaude sanitaire.

Il existe à l'heure actuelle sur le marché :

- ❖ des unités de fortes puissances pour une utilisation à l'échelle d'un quartier, dont l'approvisionnement en combustible est soit sous forme de gaz ou encore d'huiles végétales. Elles utilisent la technologie de cogénération par moteurs thermiques ;
- ❖ des unités dites de micro-cogénération équipées généralement de moteurs Stirling pour une utilisation à l'échelle du bâtiment dont l'approvisionnement en combustible est sous forme de gaz.

4.9.2 Echelle théorique d'exploitation

Ce type d'énergie est adapté à l'échelle d'un groupe de bâtiment, du bâtiment.

4.9.3 Potentiel

La production combinée de chaleur et d'électricité, ou cogénération permet d'économiser entre 10 et 20% d'énergie primaire et donc de réduire les émissions polluantes, dont le CO₂.

L'intérêt de la cogénération est que tout en produisant de la chaleur pour le chauffage et la production d'ECS de façon identique à une chaudière gaz à condensation par exemple, le système produit simultanément de l'électricité.

Les rendements de production électrique sont les suivants :

- Cogénération par moteur : rendements situés généralement entre 30 et 40 %.
- Moteur Stirling : plus de 90% d'après les constructeurs

Ces installations nécessitent cependant une utilisation simultanée de la production de chaleur et d'électricité car cette dernière ne peut être stockée et devra être autoconsommée, ou alors elle est transférée au réseau électrique du prestataire qui a une obligation d'achat. Les débouchés concernant la chaleur produite en surplus par l'installation doivent être consolidés et contractualisés.

Le système doit être dimensionné à la fois sur la production de chaleur, ainsi que sur la production d'électricité. Son dimensionnement implique aussi des choix dans l'utilisation de l'électricité, soit la revente complète sur le réseau, de l'autoconsommation avec réinjection du surplus sur le réseau (gratuitement ou vendue).

Cette solution est à étudier en fonction des potentiels usages futurs de la ZAE. Il est probable que certains bâtiments auront des besoins simultanés de chaleur et d'électricité que ce soit pour du process ou bien du confort des occupants.

Conclusion :

La cogénération permet donc une meilleure rentabilité des énergies fossiles, mais ne les remplacent pas (à moins d'une solution à base de biocarburant ou une micro-cogénération bois). Elle possède un meilleur rendement que les installations gaz classiques. Sur un plan économique, cette efficacité énergétique se traduit par une réduction de la facture énergétique, pondérée par le faible coût de l'énergie électrique actuelle en France.

La cogénération permet de répondre à une demande de chaleur et d'électricité. Il existe différentes technologies sur le marché pour subvenir à des demandes de faibles puissances (petite structure) comme pour des grandes puissances (groupe de bâtiments).

Le coût global de ces installations nécessite une étude technico-économique.

5 Sources d'énergie exploitable sur le site

Vous trouverez ci-dessous un récapitulatif des différentes sources d'énergie exploitable sur le site de la ZAE AuxR Eco Parc. Ce tableau centralise pour chaque énergie notre avis sur son intérêt au projet, son potentiel et les différentes études à mener.

	Energie		Chauffage	Rafraîchissement	ECS	Eclairage auxiliaires	Taux de couverture	Potentiel	Echelle d'exploitation	Exploitabilité au regard du projet	Solution préconisée pour la ZAC	Etudes à mener
			Usages concernés									
Energies traditionnelles	Gaz		x		x		50% des besoins	Fort	Bâtiments, ou à l'échelle de la ZAE via réseau de chaleur	Envisageable - Conseillée avec une EnR pour l'atteinte des niveaux RE2020	Echelle des bâtiments	Etude raccordement gaz
	Electricité		x		x	x	100% des besoins	Fort	Bâtiments	Envisageable	Nécessite un bâti très performant thermiquement	Etude raccordement électricité
Energies renouvelables	Géothermie	Très basse énergie - horizontale	x	x	x		A déterminer	A déterminer	Bâtiments	Non envisageable compte tenu des surfaces de bâtiment mises en jeu	Solution déconseillée	/
		Très basse énergie - verticale	x	x	x		A déterminer	A déterminer	Bâtiment, ou à l'échelle de la ZAE	Envisageable pour des capteurs verticaux, solution couteuse	Conseillée, mais retour sur investissement à calculer selon étude de de sol	Etudes de sol type TRT
		Basse énergie sur nappe phréatique	x	x	x		A déterminer	Nul	A l'échelle de la ZAE	Le potentiel thermique du sol ne permet pas de subvenir aux futurs besoins	Solution déconseillée selon les données du BRGM	/
	PAC aérotherme		x	x	x		100% des besoins	Fort	Bâtiment ou groupes de bâtiment	Envisageable	Recommandé	/
	PAC à absorption gaz		x	x	x		100% des besoins	Fort	Bâtiment ou groupes de bâtiment	Envisageable	Conseillée, de préférence sur géothermie ou eaux usées	/
	Solaire	Passif bioclimatique	x				> 60% des besoins de chauffage si enveloppe à isolation renforcée	Fort	Bâtiment partie bureaux. Non adapté au zones process	Envisageable	Conseillée en combinaison avec un appoint de chauffage de faible puissance	Cahier des charges d'aménagement strict (niveau passif, obligation d'orientation)

		Thermique - Chauffage direct	x				En appoint	Bon	Bâtiment	Peu envisageable	Non adapté au chauffage des bâtiments	/	
		Thermique - ECS			x		En appoint selon la demande	Bon	Bâtiment	Envisageable	Conseillée mais pertinent uniquement pour des projets avec des forts besoins en eau chaude (process)	Etude d'ombres portées)	
		Photovoltaïque				x	A déterminer selon surface	Bon	Bâtiment et éclairage public (si stockage)	Envisageable	Conseillée en autoconsommation des process	Etude d'ombres portées	
		Chaudière bois	x		x	x si cogénération	100% des besoins hivernaux	Fort	Bâtiment	Envisageable	Envisageable mais garantie d'approvisionnement à sécuriser en amont	Calculs des besoins à l'échelle de la ZAE et pour chaque bâtiment	
		Réseau de chaleur	x		x		100% des besoins hivernaux	Bon	A l'échelle de la ZAE	Envisageable	Complexe et coûteux. Garantie d'approvisionnement à sécuriser en amont	Calculs des besoins à l'échelle de la ZAE et pour chaque bâtiment	
		Méthanisation / biogaz		x		x		A déterminer	A déterminer	A l'échelle de la ZAE	Non envisageable	Pas adapté aux projet (nuisances riverains)	Calculs des besoins à l'échelle de la ZAE et pour chaque bâtiment
		Hydraulique					x	Nul	Nul	A l'échelle de la ZAE	Non envisageable	Pas de potentiel sur site	/
		Eolien	Mini éolienne				x	A déterminer selon puissance	A déterminer	Parties communes des bâtiments et éclairage public	Envisageable mais étude des vents en milieu urbain à effectuer	Peu conseillé, retour sur investissement généralement faible	/
			Grande éolienne				x	A déterminer	Moyen	Bâtiment et éclairage public	Non envisageable	Impossible à mettre en place réglementairement	
		Chaleur fatale	Systèmes passifs	x				A déterminer	A déterminer	Bâtiments	Envisageable	Conseillé	Calculs des besoins pour chaque bâtiment

6 Synthèse des aides et subventions envisageables

De nombreuses aides existent afin de valoriser certaines énergies vertueuses ou peu développées.

En complément, la région Ile de France souhaite aider les collectivités franciliennes à aller plus loin dans leurs projets d'urbanisme durable, respectueux de l'environnement et de la qualité de vie en accompagnant les projets bois.

6.1 Fonds chaleur

Le Fonds Chaleur renouvelable est l'une des mesures majeures issue du Grenelle de l'Environnement en faveur du développement des Energies Renouvelables. Le Fonds Chaleur permet de financer les projets utilisant la chaleur renouvelable dans les secteurs de l'habitat collectif, du tertiaire et de l'industrie. L'objectif, par ce dispositif, est d'atteindre 32% d'énergie renouvelable en 2030, suivant la Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV). En 2022, le Fond Chaleur perdure pour atteindre le taux de d'énergie renouvelable en France et de multiplier par 5 la quantité de chaleur produite par les réseaux de chaleur et froid en 2030.

Sur la période 2009-2020, 6 000 projets ont bénéficiés des Fonds Chaleur pour un montant d'aide total de 2,6 milliards d'euros et production de chaleur par les énergies renouvelables de 35,5 TWh/an.

Le fond chaleur n'est pas cumulable avec d'autres aides de l'ADEME ou les certificats d'économies d'énergie.

Pour information, nous avons récapitulé les taux d'aides ci-dessous (mise à jour année 2024)

L'aide totale est la somme de l'aide liée à la production de chaleur et de l'aide liée à la distribution.

	Type d'énergie	Conditions d'éligibilité	Montant de l'aide																	
PRODUCTION	Bois énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Les installations pour le secteur collectif / tertiaire ayant une production $\geq 1\,200$ MWh/an - Les installations en secteur industrie (et agricole) ayant une production de 1 200 à 12 000 MWh/an <i>Les installations en secteur industrie ayant une production > 12 000 MWh/an sont éligible à l'AAP BCIAT</i> - Réalisation d'une étude de faisabilité préalable - Respect des exigences sur le dimensionnement et les équipements de production - Respect des exigences sur la ressource biomasse et le plan d'approvisionnement - Respect des exigences sur la qualité d'air - Les ressources biomasse autorisées sont : <ul style="list-style-type: none"> - Plaquettes forestières et assimilées - Connexes et sous-produits de l'industrie de première transformation du bois - Bois fin de vie et bois déchets - Granulés 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Production annuelle [MWh/an]</th> <th colspan="2">Aides maxi en [€/MWh. ENR] (pdt 20 ans)</th> </tr> <tr> <th>Collectif / Tertiaire</th> <th>Industrie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Jusqu'à 600</td> <td>21</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>601 à 3 000</td> <td>10</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3 001 à 6 000</td> <td>5</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>6 001 à 20 000*</td> <td>4</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>L'aide maximum de la production s'effectue par l'addition des tranches correspondantes au projet * les installations collectif/tertiaire > à 20 000 MWh/an et les installations industrie > à 12 000 MWh/an feront l'objet d'une analyse économique de type « coût de revient de la chaleur produite ».</p>	Production annuelle [MWh/an]	Aides maxi en [€/MWh. ENR] (pdt 20 ans)		Collectif / Tertiaire	Industrie	Jusqu'à 600	21	12	601 à 3 000	10	6	3 001 à 6 000	5	3	6 001 à 20 000*	4	1
	Production annuelle [MWh/an]	Aides maxi en [€/MWh. ENR] (pdt 20 ans)																		
		Collectif / Tertiaire	Industrie																	
Jusqu'à 600	21	12																		
601 à 3 000	10	6																		
3 001 à 6 000	5	3																		
6 001 à 20 000*	4	1																		
Solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> - Exclusivement production d'eau chaude sanitaire - Surface de capteurs solaires > 25 m² utiles à l'échelle du projet - Réalisation d'une étude préalable - Respect des exigences sur le dimensionnement et les équipements de production - Obtention d'un niveau de productivité minimum par région de productivité ; Production projet > 350 kWh_{utile}/m².an - Respect des exigences de suivi de des performances et de maintenance <p><u>Projets non éligibles</u> : Systèmes constitués de PAC couplées à des capteurs solaires thermiques et les installations pouvant bénéficier du crédit d'impôt.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zone Géographique</th> <th>Aide forfaitaire [€/MWh solaire utile] sur 20 ans</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nord</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Sud</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Méditerranée</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>	Zone Géographique	Aide forfaitaire [€/MWh solaire utile] sur 20 ans	Nord	63	Sud	56	Méditerranée	50										
Zone Géographique	Aide forfaitaire [€/MWh solaire utile] sur 20 ans																			
Nord	63																			
Sud	56																			
Méditerranée	50																			
Géothermie profonde	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une étude préalable - Respect des dispositions réglementaires - Respect des exigences sur le dimensionnement et les équipements de production - Respect des exigences sur la ressource géothermale - Adhésion au Fonds de garantie Géothermie pour la réalisation puis l'exploitation des forages 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>Aide forfaitaire [€/MWh_{ENR.an}] (sur 20 ans)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Projet de création incluant aide à la production géothermie et aide au réseau de distribution</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Projet d'extension incluant aide à la production géothermie et aide au réseau de distribution (hors interconnexion de réseau)</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Géothermie profonde hors réseaux de chaleur</td> <td>Aide calculée au cas par cas</td> </tr> </tbody> </table>	Technologie	Aide forfaitaire [€/MWh _{ENR.an}] (sur 20 ans)	Projet de création incluant aide à la production géothermie et aide au réseau de distribution	20	Projet d'extension incluant aide à la production géothermie et aide au réseau de distribution (hors interconnexion de réseau)	14	Géothermie profonde hors réseaux de chaleur	Aide calculée au cas par cas										
Technologie	Aide forfaitaire [€/MWh _{ENR.an}] (sur 20 ans)																			
Projet de création incluant aide à la production géothermie et aide au réseau de distribution	20																			
Projet d'extension incluant aide à la production géothermie et aide au réseau de distribution (hors interconnexion de réseau)	14																			
Géothermie profonde hors réseaux de chaleur	Aide calculée au cas par cas																			

<p>Géothermie de surface</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une étude préalable - Respect des exigences sur le dimensionnement et les équipements de production - Respect des exigences sur la ressource géothermale - Respect des dispositions réglementaires 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Technologie</th> <th colspan="2">Aide forfaitaire [€/MWh_{EnR-an}] (sur 20 ans) Production < 2 000 MWh EnR/an Production > 2 000 MWh EnR/an</th> </tr> <tr> <th>Montage classique</th> <th>Montage Thermofrigopompe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PAC sur sondes et géostructures énergétiques</td> <td>50 / 40</td> <td rowspan="3">13 / 10</td> </tr> <tr> <td>PAC sur échangeurs compacts géothermiques</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>PAC sur eaux de nappe, eaux de mer et eaux usées</td> <td>25 / 20</td> </tr> <tr> <td>PAC aéro (PAC air/eau)</td> <td>6 / 5</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Géocooling</td> <td colspan="2">13 / 10</td> </tr> </tbody> </table>	Technologie	Aide forfaitaire [€/MWh _{EnR-an}] (sur 20 ans) Production < 2 000 MWh EnR/an Production > 2 000 MWh EnR/an		Montage classique	Montage Thermofrigopompe	PAC sur sondes et géostructures énergétiques	50 / 40	13 / 10	PAC sur échangeurs compacts géothermiques	44	PAC sur eaux de nappe, eaux de mer et eaux usées	25 / 20	PAC aéro (PAC air/eau)	6 / 5	X	Géocooling	13 / 10	
Technologie	Aide forfaitaire [€/MWh _{EnR-an}] (sur 20 ans) Production < 2 000 MWh EnR/an Production > 2 000 MWh EnR/an																			
	Montage classique	Montage Thermofrigopompe																		
PAC sur sondes et géostructures énergétiques	50 / 40	13 / 10																		
PAC sur échangeurs compacts géothermiques	44																			
PAC sur eaux de nappe, eaux de mer et eaux usées	25 / 20																			
PAC aéro (PAC air/eau)	6 / 5	X																		
Géocooling	13 / 10																			
<p>Méthanisation / biogaz</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une étude préalable et installations conformes à la réglementation - Construction d'installations nouvelles ou extensions d'installations existantes - A partir de 2021 : installations accompagnées par des entreprises certifiées par le label Qualimétha ou justifiant de conditions équivalentes - Réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'installation - Efficacité énergétique minimale de 50% - Cultures principales dans la limite de 10%, ce critère sera à 0% en 2024 - Maitrise à minima de 60% du potentiel énergétique du gisement global d'intrants 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Débit injection max</th> <th>Aide forfaitaire [€/MWhPCI]</th> <th>Plafond de l'aide [€]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cogénération</td> <td>110</td> <td>250 000</td> </tr> <tr> <td>Injection de biométhane</td> <td>45</td> <td>700 000</td> </tr> </tbody> </table>	Débit injection max	Aide forfaitaire [€/MWhPCI]	Plafond de l'aide [€]	Cogénération	110	250 000	Injection de biométhane	45	700 000									
Débit injection max	Aide forfaitaire [€/MWhPCI]	Plafond de l'aide [€]																		
Cogénération	110	250 000																		
Injection de biométhane	45	700 000																		

DISTRIBUTION	Réseaux de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une étude de faisabilité ou d'un schéma directeur - Respect de l'exigence de la quote-part d'EnR&R dans le bouquet énergétique du réseau - Respect de l'exigence sur la densité thermique minimum - Respect des exigences réglementaires - Critères sociaux et gouvernance <p>Sont éligibles, les réseaux de chaleur à partie de production de biomasse, biogaz, géothermie, solaire thermique et récupération de chaleur fatale (hors UIOM)</p>	<p>Applicable à la création de réseaux de chaleur < 20 000 MWh/an d'EnR&R ou à l'extension de réseaux de chaleur permettant de valoriser de 300 à 20 000 MWh/an d'EnR&R supplémentaire.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Type de réseau</th> <th>Diamètre Nominal du réseau</th> <th>Aide forfaitaire €/ml*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vapeur</td> <td>Tous DN</td> <td>1 330</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Basse pression (eau chaude)</td> <td>DN > 400</td> <td>1 190</td> </tr> <tr> <td>DN > 250 à 400</td> <td>770</td> </tr> <tr> <td>DN > 125 à 250</td> <td>610</td> </tr> <tr> <td>DN > 65 à 125</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td>DN 65 et moins</td> <td>390</td> </tr> </tbody> </table> <p>* L'aide forfaitaire ne pourra en aucun cas dépasser le coût total de l'opération</p>	Type de réseau	Diamètre Nominal du réseau	Aide forfaitaire €/ml*	Vapeur	Tous DN	1 330	Basse pression (eau chaude)	DN > 400	1 190	DN > 250 à 400	770	DN > 125 à 250	610	DN > 65 à 125	450	DN 65 et moins	390
	Type de réseau	Diamètre Nominal du réseau	Aide forfaitaire €/ml*																	
Vapeur	Tous DN	1 330																		
Basse pression (eau chaude)	DN > 400	1 190																		
	DN > 250 à 400	770																		
	DN > 125 à 250	610																		
	DN > 65 à 125	450																		
	DN 65 et moins	390																		
Récupération de chaleur fatale	<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation d'une étude préalable en amont (diagnostic énergétique ou étude de faisabilité) - Les projets doivent valoriser une quantité d'énergie thermique supérieure à 1 GWh/an - La chaleur captée doit être valorisée sous forme de chaleur et/ou de froid 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Taux d'aide maximum en fonction de la taille de l'entreprise</th> <th>Modalité de calcul de l'aide</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale</td> <td>30% pour une grande entreprise 40% pour une entreprise moyenne 50% pour une petite entreprise</td> <td>TRB</td> </tr> <tr> <td>Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un système PAC ou CMV</td> <td>40% pour une grande entreprise 50% pour une entreprise moyenne 60% pour une petite entreprise</td> <td>TRB</td> </tr> <tr> <td>Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un réseau de chaleur avec vente à plusieurs consommateurs à l'extérieur</td> <td>30% pour une grande entreprise 40% pour une entreprise moyenne 50% pour une petite entreprise Se référer aux conditions d'éligibilité et de financement des réseaux de chaleur et de froid</td> <td>TRB incluant l'aide forfaitaire au réseau en €/m linéaire si valorisation < 12 GWh/an TRI (Taux Rent. Interne) si valorisation > 12 GWh/an</td> </tr> </tbody> </table>		Taux d'aide maximum en fonction de la taille de l'entreprise	Modalité de calcul de l'aide	Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale	30% pour une grande entreprise 40% pour une entreprise moyenne 50% pour une petite entreprise	TRB	Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un système PAC ou CMV	40% pour une grande entreprise 50% pour une entreprise moyenne 60% pour une petite entreprise	TRB	Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un réseau de chaleur avec vente à plusieurs consommateurs à l'extérieur	30% pour une grande entreprise 40% pour une entreprise moyenne 50% pour une petite entreprise Se référer aux conditions d'éligibilité et de financement des réseaux de chaleur et de froid	TRB incluant l'aide forfaitaire au réseau en €/m linéaire si valorisation < 12 GWh/an TRI (Taux Rent. Interne) si valorisation > 12 GWh/an						
	Taux d'aide maximum en fonction de la taille de l'entreprise	Modalité de calcul de l'aide																		
Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale	30% pour une grande entreprise 40% pour une entreprise moyenne 50% pour une petite entreprise	TRB																		
Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un système PAC ou CMV	40% pour une grande entreprise 50% pour une entreprise moyenne 60% pour une petite entreprise	TRB																		
Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un réseau de chaleur avec vente à plusieurs consommateurs à l'extérieur	30% pour une grande entreprise 40% pour une entreprise moyenne 50% pour une petite entreprise Se référer aux conditions d'éligibilité et de financement des réseaux de chaleur et de froid	TRB incluant l'aide forfaitaire au réseau en €/m linéaire si valorisation < 12 GWh/an TRI (Taux Rent. Interne) si valorisation > 12 GWh/an																		

6.2 La garantie AQUAPAC

Les nappes d'eau souterraines de faible profondeur recèlent un potentiel énergétique utilisable grâce aux pompes à chaleur. Cependant, il peut exister une incertitude sur les conditions d'utilisation de la ressource naturelle qui dépend des caractéristiques géologiques locales. La procédure AQUAPAC, créée par l'ADEME, le BRGM, et EDF prend en charge la couverture financière de ce risque géologique.

La procédure AQUAPAC est une procédure de « Garantie sur la ressource en eau souterraine à faible profondeur, utilisée à des fins énergétiques ». Cette garantie s'adresse à des projets faisant appel à une ressource d'une profondeur de moins de 200 m et utilisant une pompe à chaleur de plus de 30 kW.

Cette garantie, offerte aux maîtres d'ouvrage, se décompose en deux phases :

- une garantie « de recherche », couvre le risque d'échec consécutif à la découverte d'une ressource en eau souterraine insuffisante pour le fonctionnement des installations tel qu'il avait été prévu
- une garantie « de pérennité » qui couvre le risque de disparition ou de modification de la ressource au cours de l'exploitation (10 ans lors de la mise en œuvre initiale de la garantie).

Ce type de garantie couvre donc l'aléa géologique lié à la mise en œuvre d'une ressource souterraine. Le contrat de garantie recherche doit être signé avant le commencement des travaux de forage. La garantie de pérennité ne peut être effective que si les opérations d'entretien et de maintenance sont effectivement mises en œuvre sur l'opération.

6.3 Les certificats d'économie d'énergie

Les certificats d'économie d'énergie ne sont pas applicables à des projets neufs et donc au projet de la ZAE, ils sont présentés à titre informatif ci-dessous.

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE), créé en 2005 par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique, constitue l'un des principaux instruments de la politique de maîtrise de la demande énergétique.

Pour une collectivité, ce mécanisme s'avère être un levier financier potentiel supplémentaire au service de leurs projets de maîtrise de l'énergie. En effet, du fait de ce dispositif, les fournisseurs d'énergie sont susceptibles de soutenir financièrement les maîtres d'ouvrage.

Le dispositif repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie appelés les « obligés » (électricité, gaz, GPL, chaleur et froid, fioul domestique et carburants pour automobiles). Ceux-ci sont ainsi incités à promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès des consommateurs d'énergie : ménages, collectivités territoriales ou professionnels.

Un objectif pluriannuel est défini et réparti entre les opérateurs en fonction de leurs volumes de ventes. En fin de période, ces obligés doivent justifier de l'accomplissement de leurs obligations par la détention d'un montant de CEE équivalent à ces obligations.

Les certificats sont obtenus à la suite d'actions entreprises en propre par les opérateurs, par l'achat de CEE auprès d'autres acteurs ayant mené des opérations d'économies d'énergie, ou à travers des contributions financières à des programmes d'accompagnement.

A la fin 2021, un total de 2 427 TWh_{cumac} a été délivré dont 1 376 TWh_{cumac} de CEE « classique » et 1 051 TWh_{cumac} de CEE « précarité » depuis le 1er janvier 2018. Cela correspond à environ 114% de l'objectif visé pour cette période : 2 133 TWh_{cumac}.

Le dispositif est entré dans sa 5^{ème} période pour une durée de 4 ans. L'obligation globale imposée aux vendeurs d'énergie équivaut à 1 770 TWh_{cumac} de CEE « classiques » et 730 TWh_{cumac} de CEE « précarité » sur la période 2022-2025. Le total est donc supérieur de 17% aux objectifs de la quatrième période.

Les CEE et les aides à l'investissement de l'ADEME (telles que le fond chaleur) ne sont pas cumulables.