

AQUITANIS

ZAC Centre-Ville, AMBARES-ET-LAGRAVE (33)

Étude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR)

Rapport

Réf : CICESO220427 / 1021412

LID / AUME

30/03/2023



AQUITANIS

ZAC Centre-Ville, AMBARES-ET-LAGRAVE (33)

Étude de valorisation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération (ENR)

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	30/03/2023	01	Lise DUVAL	Aurélien MERCIER	Aurélien MERCIER

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CICESO220427 / 1021412
Numéro d'affaire :	A35850
Domaine technique :	ER07

BURGEAP Agence Sud-Ouest • 4 Boulevard Jean-Jacques Bosc
Les portes de Bègles – 33130 Bègles
Tél : 05.56.49.38.22 • Fax : 05.56.49.89.69 • burgeap.bordeaux@groupeginger.com

Résumé non technique à l'attention des décideurs

La présente étude a pour objet d'étudier la faisabilité du potentiel de développement en énergies renouvelables du projet d'aménagement du secteur A de la ZAC du centre-ville, mené par AQUITANIS à Ambarès-et-Lagrave (33). Elle répond à l'obligation réglementaire issue de l'article L300-1 du code de l'urbanisme, qui prévoit qu'une telle étude soit réalisée pour tout projet d'aménagement soumis à étude d'impact.

L'opération d'aménagement prévoit la construction d'environ **12 260 m²** de surface de plancher de logements collectifs répondant aux exigences du niveau de performance énergétique et environnementale E3C1.

Cette mission se déroule en deux temps :

- Premièrement, un volet diagnostic, qui comprend :
 - L'analyse des besoins énergétiques du projet :

Usage énergétique	Projet global
Chauffage	221 MWh/an
Froid	0 MWh/an
Eau chaude sanitaire	294 MWh/an
Électricité réglementaire	441 MWh/an

- Une analyse du potentiel en énergies renouvelables du site, qui a permis d'identifier la pertinence du gisement solaire, aérothermique, biomasse et géothermique du site ;
- Puis dans un second temps, un volet pré-faisabilité, qui compare des stratégies d'approvisionnement énergétique permettant de répondre aux besoins thermiques. En parallèle, l'intérêt d'installer des **modules photovoltaïques** pour autoconsommer l'énergie produite, et ainsi réduire partiellement la consommation électrique du programme sur le réseau, est envisagé :
 - **Scénario « conventionnel »** : couverture des besoins en chaud par des **groupes aérothermiques** ;
 - **Scénario « EnR1 »** : mise en place de **chaufferies biomasses** permettant de couvrir 80% des besoins en chaud et en ECS du projet, avec un appoint gaz qui permet de couvrir les 20% restants. Ce scénario permet de valoriser la biomasse : une ressource décarbonée et identifiée comme à fort potentiel en région Nouvelle-Aquitaine. La biomasse permet de créer de la chaleur en haute température adaptable à différentes solutions d'émission dans le bâtiment.

Cependant, l'installation d'une seule centrale avec un réseau de distribution ne permet pas d'atteindre une densité énergétique du réseau suffisante pour que l'installation soit économiquement viable et financée par le fond chaleur de l'ADEME : il faudra donc réfléchir à une approche macro-lot, pour identifier les regroupements de bâtiments pour lequel l'installation d'une chaufferie biomasse est intéressante.

Prochaines étapes :

La prochaine étape consiste à mener des études de détails sur les scénarios d'approvisionnement énergétique qui seront retenus par AQUITANIS. Cela doit permettre d'affiner les coûts d'investissement des scénarios, les coûts d'exploitation et le prix de revient de la chaleur. Ce travail se fait en présentant et validant avec la maîtrise d'ouvrage, en amont de la modélisation :

- Les hypothèses techniques de dimensionnement à partir des plans et des solutions constructives stabilisées ;
- Les hypothèses économiques qui seront retenues (hypothèses d'inflation des énergies primaires, coût du financement, etc.).

SOMMAIRE

Résumé non technique à l'attention des décideurs	3
1. Introduction	7
1.1 Notre vision de la problématique énergétique	7
1.2 Contexte réglementaire	8
1.2.1 Cadre RE 2020	8
1.2.2 La loi Grenelle	8
1.2.3 La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte	9
2. Méthodologie.....	10
CAHIER 1	11
3. Caractéristiques du projet	12
3.1 Périmètre d'étude	12
3.2 Données collectées et scénario d'aménagement	12
3.2.1 Scénario d'aménagement	12
3.2.2 Stratégie énergétique locale.....	13
3.3 Caractérisation des besoins	14
3.3.1 Energie primaire, finale et utile.....	14
3.3.2 Choix du niveau de performance thermique	14
3.3.3 Besoins du site.....	15
4. Analyse du potentiel en Énergies Renouvelables et de Récupération .	16
4.1 Réseaux de chaleur ou de froid	16
4.1.1 Raccordement à un réseau existant.....	16
4.1.2 Création	17
4.2 Energie hydraulique	17
4.3 Energie solaire.....	17
4.3.1 Données climatiques et gisement	18
4.3.2 Projet à proximité de monuments historiques	19
4.3.3 Solaire photovoltaïque	20
4.3.4 Solaire thermique	22
4.4 Energie éolienne.....	23
4.4.1 Grand éolien (puissance > 350 kW).....	23
4.4.2 Moyen et Petit éolien.....	23
4.5 Combustion de biomasse.....	24
4.5.1 Bois énergie	24
4.5.2 Biomasse agricole.....	25
4.6 Biogaz.....	26
4.6.1 Valorisation des déchets	26
4.6.2 Valorisation des sous-produits agro-alimentaires.....	26
4.7 Géothermie.....	27
4.7.1 Code Minier.....	28
4.7.2 Géothermie sur nappe	29
4.7.3 Géothermie sur sondes.....	30
4.8 Récupération de chaleur sur eaux usées	30
4.8.1 Installation collective (à l'îlot).....	31
4.8.2 Installation individuelle (au bâtiment)	31
4.8.3 Installation individuelle (au logement)	31
4.9 Aérothermie	31
4.10 Cogénération	32
4.11 Chaleur fatale industrielle	32
4.12 Synthèse de l'analyse de potentiel en ENR.....	33

5. Conclusions des scénarios énergétiques envisageables	36
CAHIER 2	38
6. Dimensionnements techniques	39
6.1 Scénario Econv.....	40
6.2 Scénario EnR 1	40
7. Analyse multicritère des scénarios retenus	41
7.1 Coûts d'investissements	41
7.2 Analyse économique en coût global	41
7.2.1 Hypothèses économiques	42
7.2.2 Evolution des prix de l'énergie	42
7.2.3 Résultats économiques	42
7.2.4 Résultats environnementaux.....	44
8. Conclusion	45

TABLEAUX

Tableau 1 : Besoins en énergie des bâtiments du projet (en kWh/m ² /an)	15
Tableau 2 : Besoins en énergie totaux du projet par usage (MWheu/an)	15
Tableau 3 : Tarifs de rachat total de l'électricité PV jusqu'au 30 avril 2023 en fonction de la puissance installée	21
Tableau 4 : Tarifs de rachat du surplus de l'électricité PV jusqu'au 30 avril 2023 en fonction de la puissance installée	22
Tableau 5 : Synthèse de l'analyse du potentiel du site en énergies renouvelables et de récupération.....	33
Tableau 7 : Dimensionnement technique de la solution biomasse	41
Tableau 8 : Coûts estimés des équipements de production énergétique *	41
Tableau 9 : Synthèse du comparatif des différents scénarios.....	45

FIGURES

Figure 1 : Localisation rapprochée du secteur A	12
Figure 2 : Plan d'aménagement du secteur A	13
Figure 3 : Schéma de la chaîne énergétique	14
Figure 4 : Besoins surfaciques en énergie du projet (kWgeu/m ²)	15
Figure 5 : Répartition des besoins en énergie totaux du projet par usages (MWhef/an)	16
Figure 6 : Ensoleillement moyen annuel à Ambarès-et-Lagrave en kWh/m ² /an.....	18
Figure 7 : Vue du secteur A depuis le nord	19
Figure 8 : Bâti remarquable, bâtiments historiques et zones de protection archéologique	20
Figure 9 : Classes de géothermie.....	27
Figure 10 : Classement GMI sur nappe et sur sonde (de 100 à 200 m) sur Ambarès-et-Lagrave	28
Figure 11 : Carte de potentiel géothermique sur nappe	29
Figure 12 : Profil annuel de chauffage du site	39
Figure 13 : Monotone de puissance des besoins de chaleur (chauffage + ECS) du site	40
Figure 14 : Coût global annualisé des différents scénarios étudiés	43
Figure 15 : Comparatif environnemental (GES) des scénarios retenus.....	44

1. Introduction

L'analyse préliminaire de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables est initiée avec les premières étapes d'un projet d'aménagement.

Cette analyse doit permettre :

- d'identifier les énergies renouvelables ayant un potentiel de développement à l'échelle de l'opération d'aménagement dès l'avant-projet afin de prévoir leur intégration ;
- de savoir si les projets d'approvisionnement énergétiques associés à ces énergies sont réalisables ;
- d'évaluer les conditions de leur rentabilité.

Il s'agit donc de faire émerger, selon une analyse multicritère (technologie, contraintes de mise en œuvre, investissement, coût global, coût environnemental, etc.), les projets les plus pertinents pour maximiser la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique d'approvisionnement de l'aménagement.

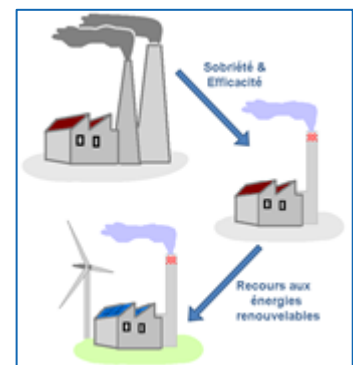
Pour les scénarios d'approvisionnement jugés pertinents (à la suite de l'étude de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables), le maître d'ouvrage peut alors procéder à une étude de faisabilité qui fournit avec plus de détails les capacités du gisement, les coûts et les bénéfices du ou des scénarios d'approvisionnement retenus.

Si l'intérêt de ces scénarios est confirmé, suivent les étapes de conception et d'ingénierie. Pour les grands projets, ces dernières étapes comprennent des activités de développements, consacrées aux ententes de financement du projet et à l'obtention de tous les permis nécessaires à sa réalisation. Enfin seulement arrive la construction puis la mise en service du projet.

Le présent rapport constitue un guide à destination de l'aménageur présentant les possibilités et le potentiel d'approvisionnement en EnR pour l'aménagement du secteur A de la ZAC du centre-ville d'Ambarès-et-Lagrave. Après un bref rappel des enjeux énergétiques et climatiques à la base des évolutions de la réglementation, nous détaillerons la méthodologie que nous avons appliquée à ce projet.

1.1 Notre vision de la problématique énergétique

Dans le contexte énergétique et climatique actuel, le recours aux énergies renouvelables (ENR) doit être envisagé comme le dernier maillon d'une chaîne vertueuse visant à réduire les consommations d'énergies fossiles non renouvelables et relocaliser la production d'énergie. Il n'a de sens que si des actions prioritaires sont menées en amont sur les questions de sobriété et d'efficacité énergétique. On entend par sobriété énergétique la suppression des gaspillages par la responsabilisation de tous les acteurs, du producteur aux utilisateurs. L'efficacité énergétique quant à elle consiste à réduire le plus possible les pertes par rapport aux ressources utilisées. Ainsi les actions de sobriété et d'efficacité réduisent les besoins d'énergie à la source. La production d'ENR doit alors être encouragée et favorisée pour satisfaire le solde des besoins d'énergie dans le but d'équilibrer durablement ces besoins avec les ressources disponibles et ainsi limiter le recours aux énergies non renouvelables.



La présente étude s'inscrit dans cette démarche.

1.2 Contexte réglementaire

1.2.1 Cadre RE 2020

Depuis le 1^{er} janvier 2022, la réglementation énergétique et environnementale des nouvelles constructions de bâtiments (RE 2020) est entrée en vigueur et remplacera progressivement la réglementation thermique 2012 (RT 2012) sur l'ensemble des usages. En plus des limitations en énergie primaire que la RT 2012 imposait, la RE 2020 introduit par ailleurs des objectifs en termes d'émissions de carbone aussi bien à la conception du bâtiment qu'au cours de sa durée de vie.

Cette nouvelle réglementation implique des résultats minimaux à atteindre dans les domaines suivants :

- Le besoin en énergie du bâtiment, définie pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage ;
- La production d'énergie primaire et la consommation primaire non renouvelable calculées pour :
 - Le chauffage ;
 - Le refroidissement ;
 - La production d'eau chaude sanitaire ;
 - L'éclairage ;
 - La mobilité des occupants interne au bâtiment ;
 - Les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation.
- L'impact sur le changement climatique du bâtiment, évalué sur l'ensemble de son cycle de vie ;
- Le nombre de degrés-heure d'inconfort estival.

Les dispositions de cette réglementation s'appliquent à la construction, rénovation et démolition, de bâtiments ou parties de bâtiments qui font l'objet d'une demande de permis de construire ou d'une déclaration préalable déposée après le 1^{er} janvier 2022 pour les logements et après juillet 2022 pour le tertiaire.

Le programme dans sa globalité est donc soumis à la RE2020. L'évaluation en amont des besoins énergétiques du programme et l'identification des axes de couverture de ses besoins par des vecteurs énergétiques renouvelables sont une démarche nécessaire pour concevoir un bâtiment minimisant son impact sur l'environnement.

1.2.2 La loi Grenelle

La loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, dite Grenelle I, établit le programme de mise en œuvre des conclusions de la consultation nationale sur la politique de l'environnement. Le texte est composé de 57 articles regroupés en 5 grands titres :

- lutte contre le changement climatique ;
- biodiversité, écosystème et milieux naturels ;
- prévention des risques pour l'environnement et la santé, prévention des déchets ;
- État exemplaire ;
- gouvernance, information et formation.

L'article 8 de la présente loi, transcrit à l'article L.300-1 du Code de l'Urbanisme stipule que « *Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération.* ».

L'article 4 de la présente loi établit les grandes lignes de la Réglementation Thermique 2012, dont les modalités sont fixées par l'arrêté du 26 octobre 2010. Elle limite notamment à 50 kWh d'énergie primaire (limite modulable) la consommation maximale annuelle surfacique pour les usages suivants : chauffage et auxiliaires, eau chaude et auxiliaires, ventilation, climatisation et éclairage.

1.2.3 La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte ainsi que les plans d'action qui l'accompagnent doivent permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et de renforcer son indépendance énergétique en équilibrant mieux ses différentes sources d'approvisionnement.

Les objectifs de la loi précisent ou renforcent ceux établis par les lois Grenelle :

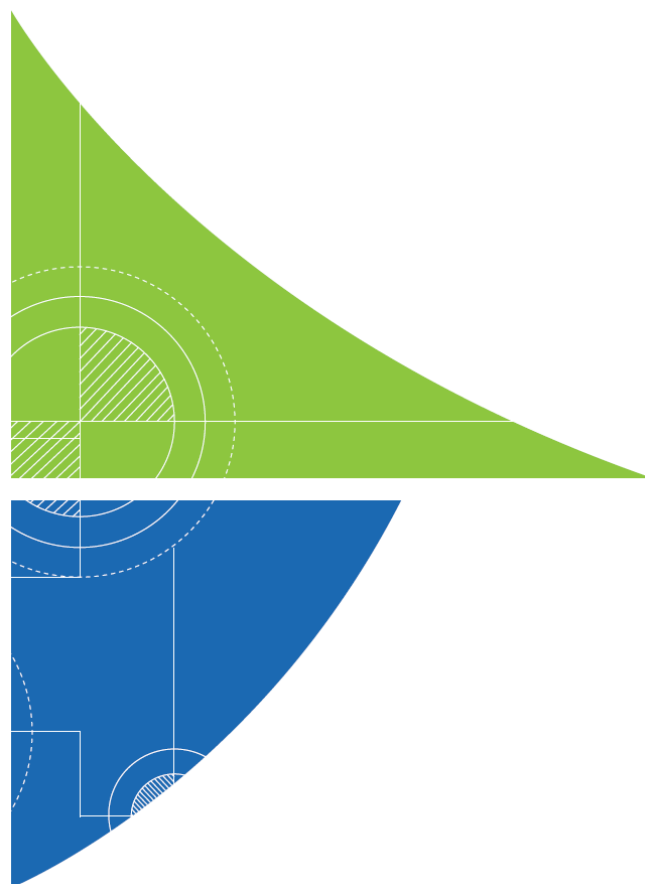
- réduire nos émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (facteur 4) ;
- réduire notre consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012 ;
- réduire notre consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à la référence 2012 ;
- porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale d'énergie en 2030 et à 40 % de la production d'électricité ;
- diversifier la production d'électricité et baisser à 50 % la part du nucléaire à l'horizon 2025 ;
- réduire de 50 % les déchets mis en décharge à l'horizon 2025.

2. Méthodologie

L'étude proposée par BURGEAP se déroule en deux phases :

- Diagnostic (cahier 1) ;
 - Caractérisations des besoins énergétiques du projet ;
 - Analyse du potentiel en énergies renouvelables et de récupération ;
 - Sélection des scénarios.
- Faisabilité (cahier 2) ;
 - Pré dimensionnement ;
 - Analyse multicritère.

CAHIER 1



3. Caractéristiques du projet

3.1 Périmètre d'étude

L'étude de faisabilité du potentiel de développement des énergies renouvelables et de récupération, notée étude de faisabilité ENR par la suite, concerne la ZAC du centre-ville située à Ambarès-et-Lagrave (33).

La figure ci-dessous illustre la situation du projet d'aménagement :

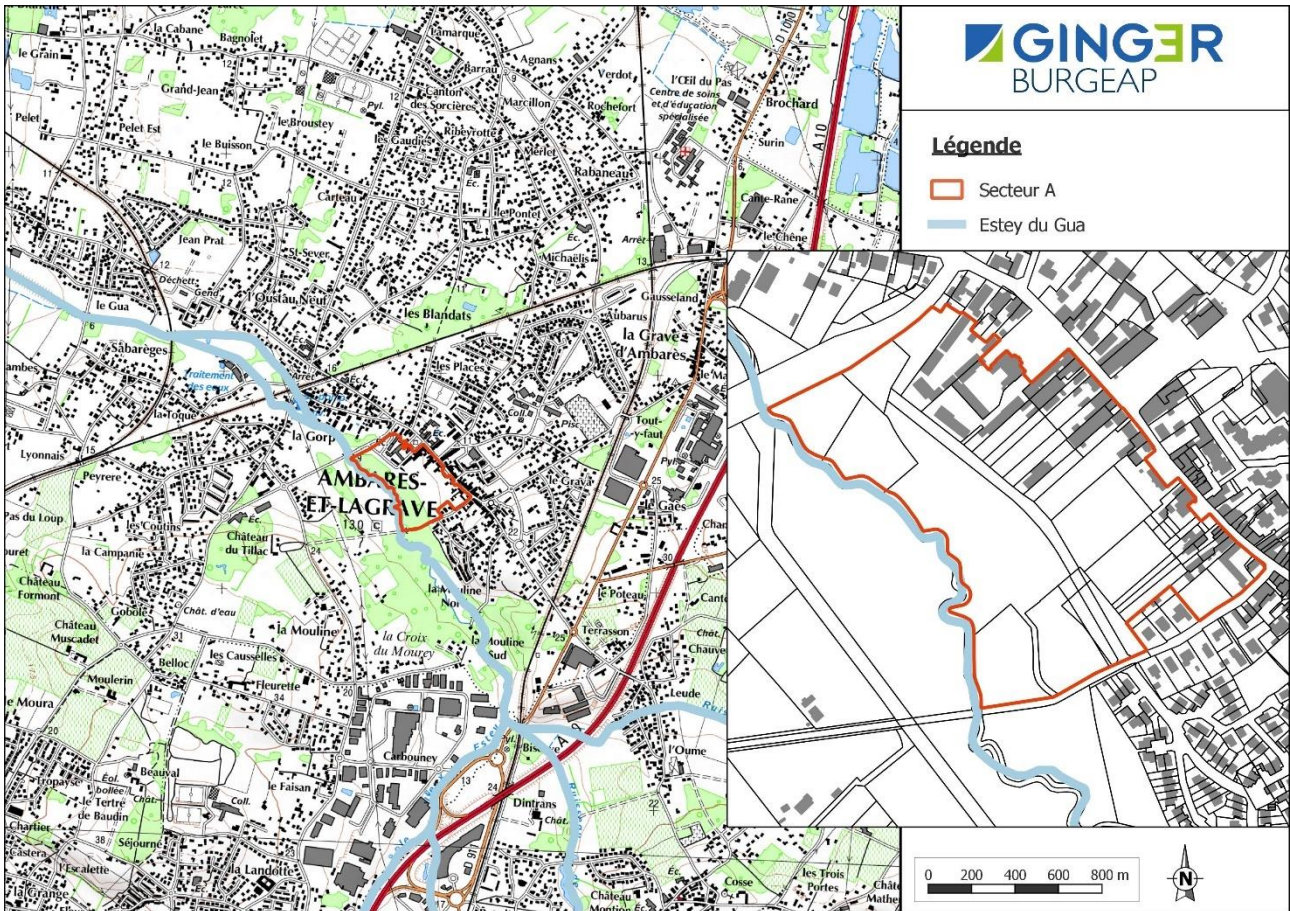


Figure 1 : Localisation rapprochée du secteur A

Source fond de plan : IGN, cadastre.data.gouv.fr avec annotations GINGER BURGEAP

3.2 Données collectées et scénario d'aménagement

3.2.1 Scénario d'aménagement

Le projet prévoit la construction d'environ 12 260 m² de surface de plancher d'une opération immobilière constituée de logements collectifs.

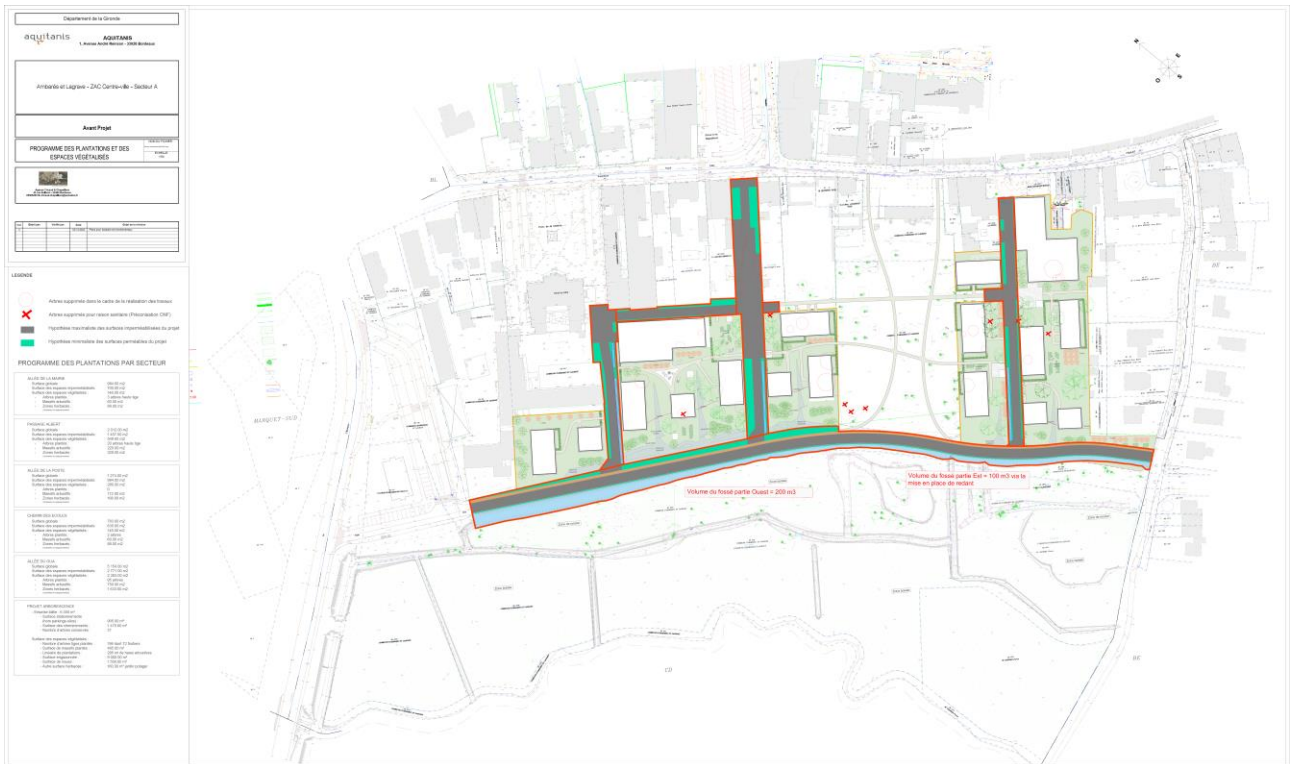


Figure 2 : Plan d'aménagement du secteur A

Source : Aquitanis, version du 02/12/2022

3.2.2 Stratégie énergétique locale

Le SRADDET (Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires) Nouvelle-Aquitaine a été approuvé le 27 mars 2020. Il décline les stratégies et objectifs fixés par la région dans plusieurs domaines d'aménagement du territoire, dont en particulier les orientations pour lutter localement contre les changements climatiques. L'objectif 51 du SRADDET Nouvelle-Aquitaine, qui demande de valoriser toutes les ressources locales pour multiplier et diversifier les unités de production d'énergies renouvelables, établit pour chacune des EnR pertinentes à l'échelle régionale des objectifs qualitatifs et quantitatifs à atteindre. Ces objectifs seront pris en compte pour l'établissement des scénarios d'approvisionnement énergétique de la zone en complément de l'analyse du potentiel en énergies renouvelables.

3.3 Caractérisation des besoins

3.3.1 Energie primaire, finale et utile

On distingue ainsi :

- **énergie primaire** (en kWh_{ep}) : énergie brute (non transformée) puisée dans l'environnement (houille, lignite, pétrole brut, gaz naturel, etc.). Concernant la production d'électricité à partir de combustible nucléaire, l'énergie primaire fait référence à la chaleur produite par le combustible avant transformation en électricité ;
- **énergie finale** ou disponible chez l'utilisateur (en kWh_{ef}) : énergie qui se présente sous sa forme livrée pour sa consommation finale (essence à la pompe, fioul ou gaz « entrée chaudière », électricité aux bornes du compteur, etc.) ;
- **énergie utile / besoin** (en kWh_{eu}) : énergie qui réalise effectivement la tâche voulue pour l'utilisateur après la dernière conversion par ses propres appareils (rendement global d'exploitation). Dans le cas de la chaleur délivrée à l'usager, on parle souvent de besoins de chaleur.

Le schéma de la chaîne énergétique, présentant les divers jeux de conversion entre les différentes formes d'énergie, est disponible ci-dessous :

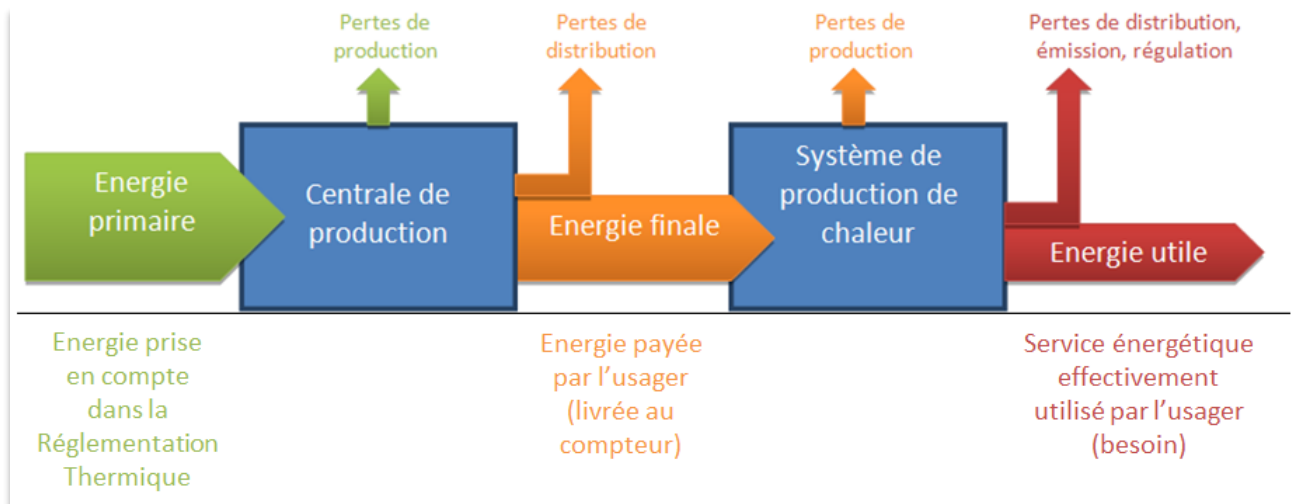


Figure 3 : Schéma de la chaîne énergétique

3.3.2 Choix du niveau de performance thermique

L'ambition énergétique du projet est définie par rapport à la RE2020 avec un **niveau de performance énergétique E3C1**.

Par souci de présenter une analyse économique globale réaliste, les ratios utilisés sont des ratios qui correspondent à une conception permettant d'atteindre les objectifs de performance visés (type et épaisseur d'isolant, surface vitrée, etc.) avec une consommation obtenue légèrement supérieure au seuil théorique visé, tendance souvent observée.

3.3.3 Besoins du site

L'estimation des besoins énergétiques annuels des activités du projet est réalisée sur la base des ratios présentés ci-dessous :

Tableau 1 : Besoins en énergie des bâtiments du projet (en kWh/m²/an)

Usage énergétique	Logement collectif
Chauffage	18
Froid	0
ECS	24
Électricité réglementaire (éclairage et ventilation)	36

Les besoins sont répartis comme décrit ci-dessous pour chaque usage :

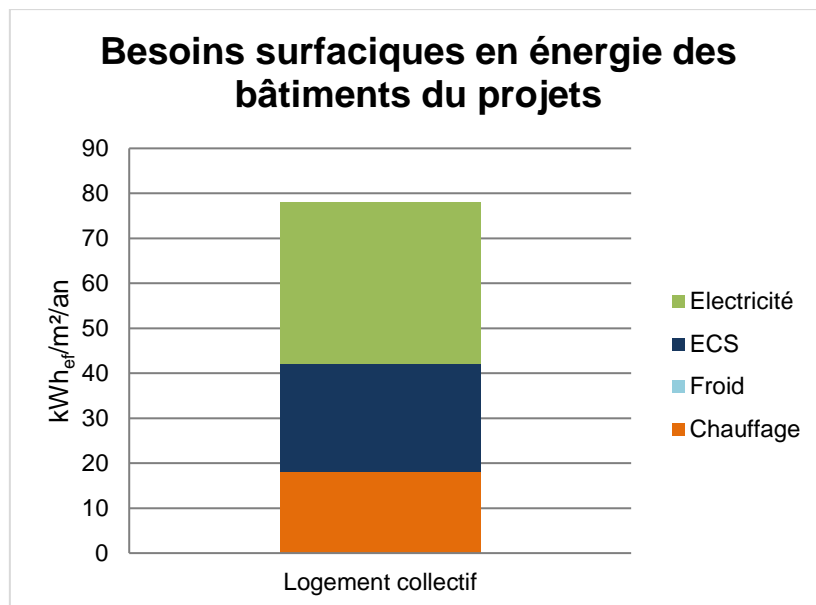


Figure 4 : Besoins surfaciques en énergie du projet (kWgeu/m²)

Sur l'ensemble du projet, les besoins en MWh_{eu}/an s'élèvent à :

Tableau 2 : Besoins en énergie totaux du projet par usage (MWh_{eu}/an)

Usage énergétique	Total
Chauffage	221
Froid	0
ECS	294
Electricité	441

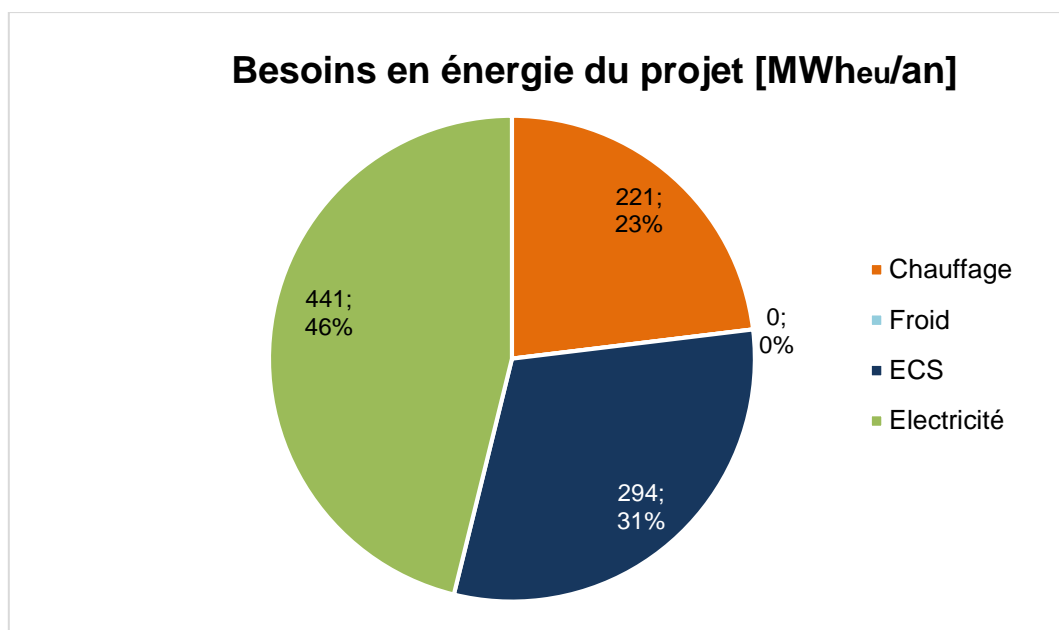


Figure 5 : Répartition des besoins en énergie totaux du projet par usages (MWhef/an)

4. Analyse du potentiel en Énergies Renouvelables et de Récupération

4.1 Réseaux de chaleur ou de froid

L'étude de potentialité du raccord à un réseau de chaleur ou de froid existant ou la création d'un réseau est un des axes de travail obligatoire de l'étude de faisabilité ENR. En effet, ces solutions mutualisées de production énergétique sont un moyen de développer à grande échelle les énergies renouvelables. Le réseau de chaleur permet de bénéficier de l'effet de foisonnement¹ et donc parfois de diminuer les coûts d'investissement. Par contre, ils nécessitent une prise en compte particulière en amont du projet et souvent un portage fort de la part de l'aménageur.

4.1.1 Raccordement à un réseau existant

Après consultation du site Via Seva qui référence les réseaux de chaleur urbains présents en France, aucun réseau de chaleur n'est recensé à proximité du site du projet, le plus proche étant distant de plusieurs kilomètres. Nous ne pourrions pas retenir ce potentiel pour la suite de l'étude.

Conclusion sur la ressource

Aucun réseau de chaleur existant à proximité du site.

Solution non retenue pour la suite de l'étude.

¹ Le phénomène de foisonnement est observé quand les usages de chaleur/froid sont désynchronisés sur la zone (usages de jour et de nuit par exemple). Dans ce cas, la mutualisation des systèmes de production énergétique permet un dimensionnement inférieur à la somme des équipements individuels. En pratique, plus la diversité des activités de la zone alimentée par un réseau est grande, plus le foisonnement est grand. Sur des réseaux urbains importants, ce foisonnement peut atteindre 50%, ce qui signifie que l'on peut réduire de moitié la puissance des équipements par rapport à la somme de celles des solutions individuelles.

4.1.2 Création

Pour apprécier la pertinence du futur réseau, il faut calculer la densité énergétique du futur réseau. Elle représente la quantité d'énergie distribuée sur la longueur du réseau à installer. Plus la densité du réseau est élevée, plus l'installation est justifiée. À l'inverse, un réseau de faible densité va entraîner trop de pertes en ligne par rapport à l'énergie réellement distribuée. Une estimation de la longueur de réseau nécessaire a été faite d'après le plan d'implantation du projet.

La longueur du réseau estimée est de 530 mètres. L'estimation de la densité d'un réseau pour le projet d'aménagement est donnée ci-dessous :

- CAc – consommation thermique utile en chauffage et ECS annuelle du projet = 515 MWh/an ;
- L – longueur du réseau = 530 mètres linéaires ;
- Dc – densité énergétique du réseau de chaleur = $CAC/L = 0.97 \text{ MWh/(ml.an)}$.

La densité énergétique estimée est relativement faible et permet difficilement d'envisager la création d'un réseau (elle est en deçà du seuil d'éligibilité de l'aide Fonds Chaleur de l'ADEME, à savoir 1,5 MWh/ml/an).

Seule la synergie avec des projets hors périmètre de la ZAC (groupe scolaire, etc.) permettrait de densifier le réseau et de justifier son implantation, ou une réflexion par macro-lot sur la ZAC en considérant un approvisionnement énergétique différent pour les deux zones Nord-Ouest et Sud-Est.

Conclusion sur la ressource

Aucun réseau de chaleur existant à proximité du site et densité énergétique trop faible. Solution non retenue pour la suite de l'étude.

4.2 Energie hydraulique

L'hydroélectricité est la première source renouvelable d'électricité en France métropolitaine en termes de production. Les installations hydroélectriques représentent en moyenne 12 % de la production d'électricité française (énergie) et 19% de la capacité électrique installée (puissance) sur le territoire en 2018 (soit environ 25 500 MW).

L'étude du réseau hydrographique de la zone montre que le seul cours d'eau à proximité du projet est l'Estey du Guâ, qui n'est pas exploitable pour la production d'hydroélectricité.

Conclusion sur la ressource :

Aucune ressource à proximité, solution non retenue pour la suite de l'étude.

4.3 Energie solaire

L'énergie solaire est présente partout (énergie de flux), intermittente (cycle journalier et saisonnier, nébulosité), disponible (pas de prix d'achat, pas d'intermédiaire, pas de réseau) et renouvelable. Cependant, elle nécessite des installations pour sa conversion en chaleur ou en électricité. Le caractère intermittent impose de se munir d'un système d'appoint pour assurer une production énergétique suffisante tout au long de la journée et de l'année.

Le présent rapport se focalise sur les technologies jugées pertinentes à l'échelle d'une opération d'aménagement : la production d'électricité par panneau solaire photovoltaïque et la production d'eau chaude sanitaire par panneau solaire thermique.

4.3.1 Données climatiques et gisement

À Ambarès-et-Lagrave, le rayonnement solaire annuel reçu par une surface plane horizontale est d'environ 1 388 kWh/(an.m²), ce qui est supérieur à la moyenne nationale.

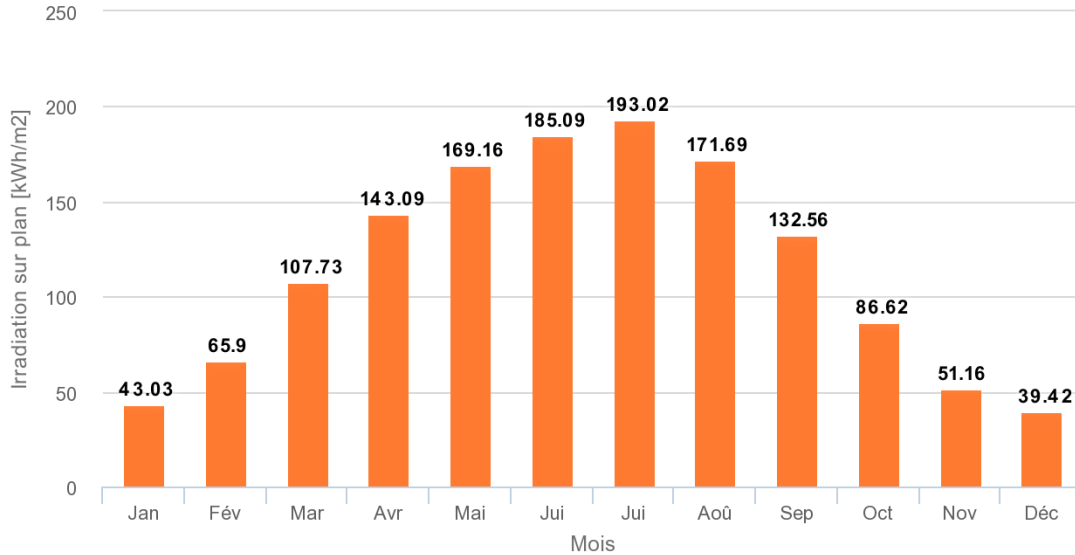


Figure 6 : Ensoleillement moyen annuel à Ambarès-et-Lagrave en kWh/m²/an

Source : PVGIS

Inclinés à 15°, les panneaux peuvent recevoir un rayonnement annuel atteignant 1 538 kWh/m². Ce potentiel important par rapport au niveau national permet d'étudier plus en détail l'utilisation de cette ressource.

Il est important de préciser que bien que le gisement présent soit intéressant et que les technologies de production disponibles aujourd'hui soient matures et compétitives, **les solutions doivent être intégrées dans la réflexion dès la conception**, concernant notamment leur intégration à l'architecture et la disponibilité foncière à prévoir pour leur intégration que ce soit en toiture ou sur ombrière de parking.

La surface mobilisée pour le solaire et l'ensoleillement sont à mettre en regard des rendements des systèmes de production énergétique afin de conclure sur le potentiel énergétique.

► Estimation de la toiture disponible

Cependant, ces résultats ne tiennent pas compte des particularités locales telles que les masques solaires liés au relief (a priori inexistant sur le site concerné) ou aux structures alentour. Toutefois, les bâtiments existants aux environs étant principalement des résidences RDC ou R+1, seul le couvert végétal s'il était conservé pourrait induire des masques :



Figure 7 : Vue du secteur A depuis le nord

Source : GINGER BURGEAP le 15/02/2023

Les impacts croisés des bâtiments du projet devraient quant à eux être maîtrisés.

La surface de toiture disponible et l'ensoleillement sont à mettre en regard des rendements des systèmes de production énergétique afin de conclure s'il y a présence ou non d'un réel potentiel solaire.

D'après les plans de masse envisagés, la surface de toiture « brute » du projet serait d'environ 7 000 m².

Afin de tenir compte d'une compétition entre les usages de toiture (terrasses, gestion des eaux pluviales), des orientations, de la place nécessaire à l'entretien des panneaux et pour éviter les ombres portées entre eux, **la surface totale retenue pour les panneaux est d'environ 2 100 m²** (30 % de la superficie de toiture brute disponible).

4.3.2 Projet à proximité de monuments historiques

Les articles L.313-1 et 2 du code de l'urbanisme imposent la consultation de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) lorsque les projets de travaux sont situés dans un espace protégé tel que les abords de monuments historiques. La loi du 25 février 1943 instaure également un périmètre de protection de 500 mètres de rayon autour des monuments historiques, classés ou inscrits.

Le périmètre d'étude n'est pas directement concerné par la présence d'un monument historique. En revanche, il est recoupé dans une large portion par le périmètre de protection de l'église Saint-Pierre qui se trouve à environ 80 mètres à l'est du site.

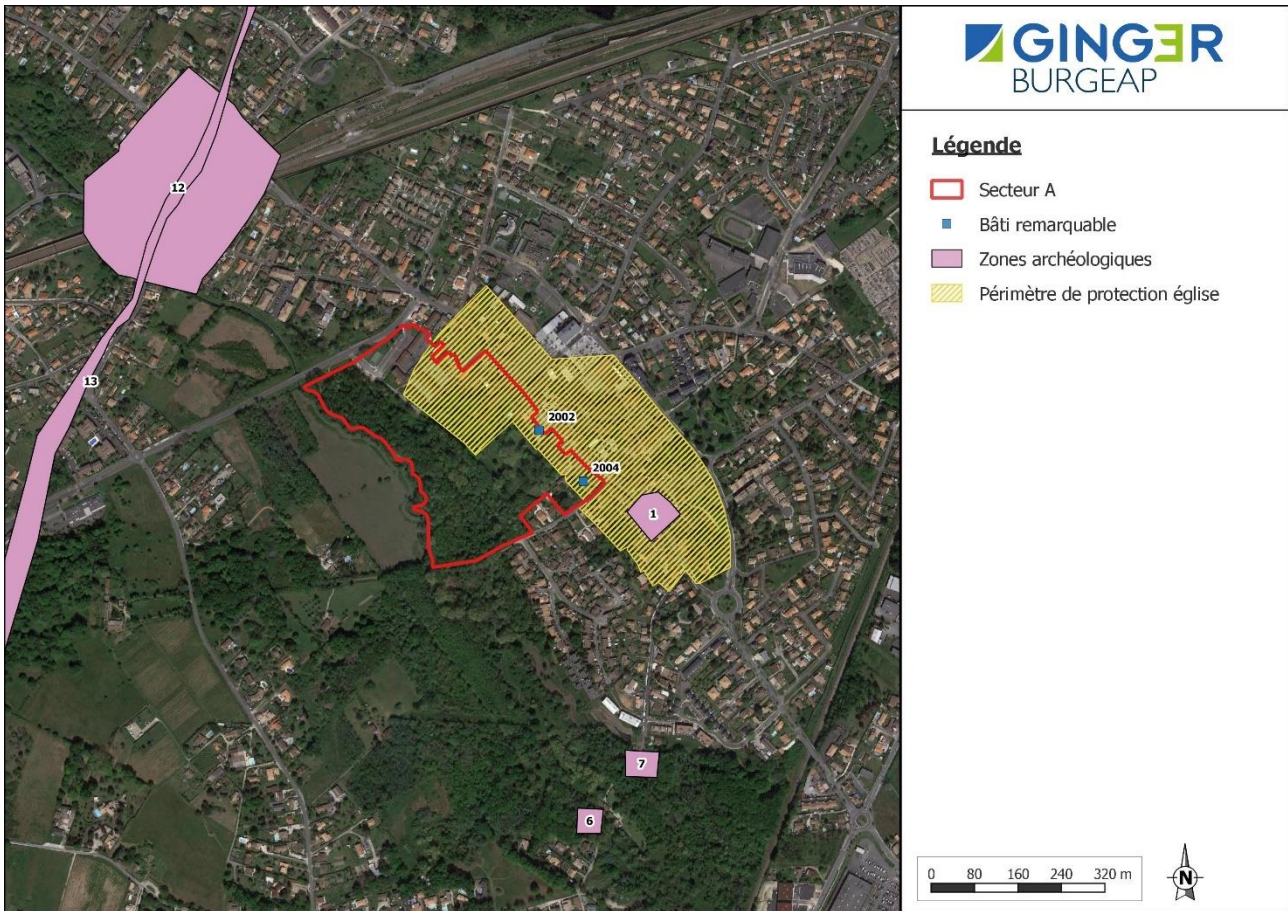


Figure 8 : Bâti remarquable, bâtiments historiques et zones de protection archéologique

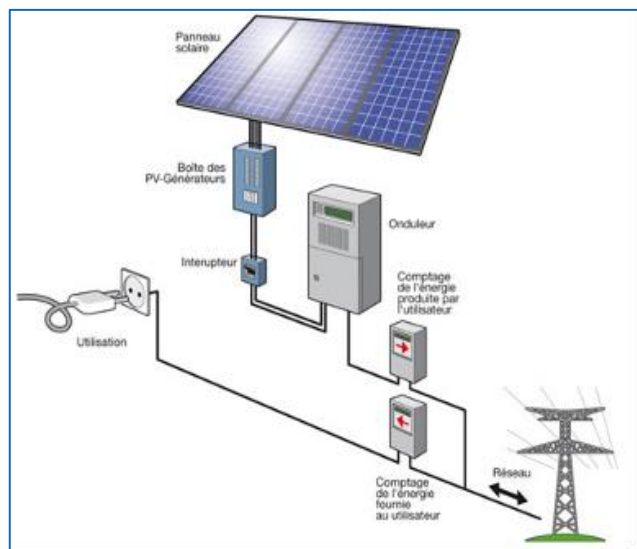
Source : DRAC Aquitaine, PLU 3.1 de Bordeaux Métropole, fond de plan Google Satellite avec annotations GINGER BURGEAP

4.3.3 Solaire photovoltaïque

La filière photovoltaïque (PV) peut être séparée en deux types d'application, à savoir les systèmes de production d'électricité autonomes et les systèmes de production d'électricité raccordés au réseau de distribution de l'électricité.

Compte tenu du contexte de la mission, et de la désynchronisation entre les périodes de besoin en électricité et les périodes de production pour les usages électriques majeurs du site, seule la filière photovoltaïque raccordée au réseau sera évoquée par la suite.

Les panneaux solaires PV produisent de l'électricité à l'aide du rayonnement solaire (énergie solaire renouvelable). La performance énergétique d'un système photovoltaïque est influencée par un certain nombre de facteurs, notamment climatiques, technologiques, de conception et de mise en œuvre.



Potentiellement les panneaux solaires photovoltaïques peuvent s'installer partout : en toiture ou en terrasse, en façade, au sol, en écran antibruit, etc. Autant d'endroits possibles tant qu'ils respectent quelques règles de mise en œuvre : orientation favorable et inclinaison optimale (le rendement maximal étant observé lorsque les panneaux sont perpendiculaires au rayonnement solaire direct), sans masques ni ombres portées.

L'électricité produite est sous forme de courant continu. Afin de pouvoir l'injecter dans le réseau, il faut la transformer en courant alternatif et changer sa tension. Des modules appelés onduleurs permettent cette transformation, mais ils représentent un investissement supplémentaire et génèrent de nouvelles pertes énergétiques.

La Nouvelle-Aquitaine affiche comme objectif dans son SRADDET une augmentation de la production régionale photovoltaïque, avec un objectif de 14 300 GWh en 2050. Elle indique également comme orientation prioritaire une facilitation au travers des documents d'urbanisme de l'intégration du PV comme bonus de constructibilité et la généralisation des surfaces photovoltaïques en toiture.

► Production approximative

R, rendement moyen d'un capteur solaire photovoltaïque poly cristallin fixe et onduleur : **18 %** ;

E, ensoleillement annuel : **1 538 kWh/m²** (configuration de panneaux optimale - inclinaison à 15% -) ;

Sc, surface de capteurs solaires : Sc = **2 100 m²** (cf. 0) ;

PA, production annuelle : PA = E x R x Sc = **581 MWh/an**.

À titre d'information, les besoins totaux en **électricité uniquement réglementaire** du projet sont estimés à environ 441 MWh par an. Avec la superficie de capteurs solaires envisagée, la production d'électricité photovoltaïque pourrait **couvrir théoriquement la totalité de cette consommation**. Cela correspondrait à une puissance installable de 525 kWc.

► Condition de raccordement des installations de PV

L'achat de l'électricité photovoltaïque dépend fortement de la puissance installée et de la date du raccordement. Les tarifs sont également révisés régulièrement en fonction du nombre de raccords à l'échelle nationale. De surcroît, le cadre réglementaire est en pleine évolution, notamment de façon à prendre en compte la possibilité d'autoconsommer la production (consommation directe de l'énergie produite sur site) Pour ces raisons, il est difficile d'estimer précisément le gain financier de l'installation.

Si la vente de toute l'électricité produite sur le réseau (mécanisme de « vente totale » via les tarifs d'achat) était jusque-là la norme, ce système tend à s'essouffler (les tarifs d'achats baissent tous les trimestres). Inversement, l'autoconsommation (consommation prioritaire de l'électricité produite) est en plein essor car le prix de l'électricité conventionnelle augmente et des primes à l'achat sont mises en place dans ce cas de figure. Toutefois l'étude est à réaliser au cas par cas.

Tableau 3 : Tarifs de rachat total de l'électricité PV jusqu'au 30 avril 2023 en fonction de la puissance installée

Puissance installée	Tarif de rachat total (c€/kWh)
< 3 kWc	23,49
< 9 kWc	19,96
< 36 kWc	14,30
< 100 kWc	12,43

Inversement, l'autoconsommation (consommation prioritaire de l'électricité produite) est en plein essor car le prix de l'électricité conventionnelle augmente et des primes à l'achat sont mises en place dans ce cas de figure.

Tableau 4 : Tarifs de rachat du surplus de l'électricité PV jusqu'au 30 avril 2023 en fonction de la puissance installée

Puissance installée	Tarif de rachat total (c€/kWh)
< 9 kWc	Prime de 238 € /kWc + vente à 13,13 c€/kWh
< 100 kWc	Prime de 238 € /kWc + vente à 7,88 c€/kWh

Conclusion sur la ressource

Solution à considérer pour la suite de l'étude et dans le cas d'une confirmation de la mobilisation de la filière solaire photovoltaïque, l'intégration des modules en toiture est à anticiper.

4.3.4 Solaire thermique

Le solaire thermique correspond à la conversion du rayonnement solaire en énergie calorifique. Traditionnellement, ce terme désigne les applications à basse et moyenne température ; les plus répandues dans le secteur du bâtiment sont la production d'eau chaude sanitaire et le chauffage de locaux.



► Production approximative en fonction de la toiture disponible

R, rendement moyen d'un capteur solaire thermique : 30 % ;

E, ensoleillement annuel : 1 538 kWh/m² (configuration de panneaux optimale) ;

Sc, surface de capteurs solaires : Sc = 2 100 m² ;

PA, production annuelle : PA = E x R x Sc = 1 000 MWh/an.

La productivité du solaire thermique est plus élevée en période estivale, lorsque chutent les besoins en chauffage. Pour cette raison, le solaire thermique est une solution utilisée le plus fréquemment pour la production d'eau chaude sanitaire, dont les besoins sont pratiquement constants toute l'année. Les besoins en ECS du site étant élevés, cette solution pourrait être pertinente. Cependant, celle-ci est en concurrence directe d'usage avec les modules photovoltaïques qui est généralement préféré dans les programmes d'aménagement. En effet la maintenance des solutions solaires thermiques est plus complexe que les solutions photovoltaïques. Les aménageurs préfèrent généralement imposer dans la conception des lots des solutions énergétiques ne pénalisant pas la commercialisation des biens. Le solaire photovoltaïque présente inversement l'avantage de nécessiter très peu de maintenance.

Conclusion sur la ressource

La solution n'est pas retenue pour la suite de l'étude. La mise en place de cette solution est en concurrence avec les panneaux photovoltaïques.

4.4 Énergie éolienne

L'énergie éolienne consiste à convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, par l'intermédiaire d'une éolienne. Les machines actuelles sont utilisées pour produire de l'électricité qui est consommée localement (sites isolés), ou injectée sur le réseau électrique (éoliennes connectées au réseau). L'application connecté réseau ou grand éolien représente, en matière de puissance installée, la quasi-totalité du marché éolien. De même que les systèmes solaires, les systèmes éoliens nécessitent la mise en place d'un appoint.

4.4.1 Grand éolien (puissance > 350 kW)

Le site du projet étant situé en milieu urbain, l'installation de grandes éoliennes n'est pas envisageable à cause des nuisances et des risques générés ainsi que des contraintes liées à leur installation (lignes à haute-tension, monuments historiques...) et réglementaires.

Conclusion sur la ressource

Le grand éolien n'est pas envisageable sur le projet.

4.4.2 Moyen et Petit éolien

Le moyen éolien ($36 \text{ kW} < P < 350 \text{ kW}$) est généralement composé de petites éoliennes à axe horizontal adaptées au milieu rural.

Le petit éolien ($< 36 \text{ kW}$) en milieu urbain est peu développé. Pour répondre aux problématiques d'utilisation de l'espace, plusieurs types d'éoliennes à axe vertical se sont développés. Les retours d'expériences montrent une technologie peu fiable voire sans intérêt économique.



Dans les deux cas, il existe beaucoup trop d'incertitudes (vent réellement disponible, direction changeante, efficacité des systèmes) et de contraintes (bruit, structure, maintenance) pour proposer ces solutions à grande échelle. De plus, la faible hauteur des installations les rend très sensibles aux perturbations aérodynamiques engendrées par les bâtiments alentour.

Une note de l'ADEME parue en octobre 2013 rend compte de ces difficultés : « *Dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain. Outre le fait que les éoliennes accrochées au pignon d'une habitation peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment, le vent est, en milieu urbain et péri-urbain, en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable* ». De surcroît, la loi de finance 2016 a supprimé le petit éolien des systèmes éligibles au crédit d'impôt à partir du 1^{er} janvier.

Conclusion sur la ressource

Le petit et le moyen éolien présentent un potentiel faible sur le projet, solution non retenue.

4.5 Combustion de biomasse

L'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques représente une part importante de l'objectif de la France.

La combustion de la biomasse est « non émettrice de Gaz à effet de serre » car l'intégralité du CO₂ rejeté dans l'atmosphère lors de sa combustion a été prélevée dans cette même atmosphère lors de la phase de croissance de la biomasse. Sous réserve d'une gestion responsable et durable des forêts (ou autres gisements en biomasse), le bilan CO₂ de photosynthèse-combustion est donc neutre.

Cependant la combustion de 1 kWh PCI de biomasse est pondérée de l'émission de 0,004 à 0,015 kgCO₂e (source : ADEME) due aux transformations de la récolte jusqu'à sa mise en forme combustible. Au regard des autres énergies (0,235 kgCO₂e pour 1 kWh PCI de gaz produit puis brûlé), la biomasse reste une énergie peu carbonée.

4.5.1 Bois énergie

La ressource bois en Nouvelle-Aquitaine est importante : première région boisée de France, le SRADDET Nouvelle-Aquitaine fait état de plus de 2.8 millions d'hectares de surface forestière à l'échelle de la région. Si une certaine tension existe sur la ressource, notamment à cause des usages industriels du bois, les conclusions du SRADDET laissent penser que les différents usages (bois d'œuvre et bois énergie) peuvent cohabiter sous certaines conditions de gestion durable de la filière. Et d'après l'objectif 51 du SRADDET Nouvelle-Aquitaine, la région souhaite développer la ressource et l'usage du bois énergie, avec une augmentation de la production pour les installations individuelles, collectives et industrielles.

Trois obstacles pénalisent généralement l'utilisation de la biomasse en installation collective dans le cadre d'un projet.

- **Premièrement**, le trafic routier nécessaire à l'approvisionnement en biomasse est une gêne probable (nuisances sonores, encombrement du trafic) pour les riverains. En effet, le projet étant situé en zone urbaine, cet aspect doit être pris en compte en fonction des conditions d'approvisionnement du site en ressources.

Sur la base d'une consommation estimée pour le chauffage et l'ECS pour un bâtiment, le nombre de livraisons nécessaires en camions semi-remorques peut être évalué selon la méthode suivante, pour une installation collective :

C – consommation énergétique efficace annuelle pour le chauffage et l'ECS couverte par le bois-énergie : **412** MWh/an (taux de couverture d'environ 80% des besoins de 221 MWh de chauffage et 294 MWh ECS du projet)

PC – pouvoir calorifique moyen des bois pellets : **4 500** kWh/t²

R1 – rendement moyen des installations de combustion : **85%**

R2 – rendement moyen des installations de distribution et d'émission : **95%**

Nt – nombre annuel de tonnes de plaquettes forestières consommées : $Nt = C \times 10^3 / PC / R1 / R2 =$
114 tonnes/an

Ch – chargement moyen d'un camion semi-remorque : **25** tonnes

NR – nombre annuel de rotations théorique pour un approvisionnement en semi-remorque : $NR =$
 $Nt/Ch =$ **5** rotations/an

² Le pouvoir calorifique des bois de pellets dépend majoritairement de son humidité. La valeur prise ici est une moyenne donnée pour un taux d'humidité permettant d'éviter les problèmes d'encrassement d'appareil et conserver un bon rendement sur l'installation soit entre 8 et 10% d'humidité.

Ce schéma d'approvisionnement représente en termes de trafic, pour des systèmes de production en pied de bâtiment, **5 rotations annuelles par camion 25 tonnes** principalement durant la période de chauffe, ce qui constitue une contrainte de trafic jugée acceptable.

- **Deuxièmement**, s'ajoute la problématique de l'espace nécessaire pour la mise en place des chaufferies et pour le dépotage dans des conditions de sécurité satisfaisantes et le stockage, aspect qui doit être pris en compte à ce stade du projet. Il est à noter que dans le cas où les valeurs de puissances utiles estimées sont supérieures à 1 MW (appoint compris), l'intégration à des bâtiments à usage non exclusif de chaufferie ne sera pas possible. Il est donc nécessaire, dans ces cas, de prévoir des locaux à usage exclusif de chaufferie. Etant donnée les besoins du projet de la ZAC Centre-Ville, une chaufferie biomasse afficherait une puissance inférieure à 1MW. L'unité d'appoint permettant de couvrir les besoins lors de période de fort appel de puissance devrait être installée dans un local chaufferie différent pour ne pas dépasser la puissance de 1 MW installé.
- **Troisièmement**, la combustion de biomasse est émettrice de particules, ce qui impacte la qualité de l'air. Toutefois, cette problématique est aujourd'hui globalement maîtrisée, notamment sur les installations de grande taille (plusieurs centaines de kilowatt) et récentes et les équipements actuels permettent de respecter les normes de qualité de l'air en lien avec la problématique francilienne sur ce sujet.

En conclusion, le bois-énergie présente un potentiel important, permettant de mobiliser une ressource renouvelable et des emplois régionaux. Toutefois, l'espace nécessaire pour l'aire de déchargement des camions ainsi que le stockage des ressources impliquent de prévoir des réserves sur le projet et le trafic routier généré par les rotations pour l'alimentation en combustible sera à ajouter au trafic routier supplémentaire induit par ailleurs par le projet.

Cependant, il faut également considérer, pour une installation collective, la densité énergétique du futur réseau, qui est ici trop faible pour l'alimentation de l'ensemble de la ZAC. Une approche par macro-lots, en prévoyant l'installation de deux chaufferies collectives (par exemple zone Nord-Ouest et zone Sud-Est), pourra être considérée. Le calcul de la densité énergétique à l'échelle des macro-lots sera fait avec la programmation et le plan de masse définitifs.

Conclusion sur la ressource

Solution retenue pour la suite de l'étude, en considérant une approche macro-lot.

4.5.2 Biomasse agricole

On entend par biomasse agricole les sous-produits d'exploitation ne présentant plus de valorisation possible en matière d'alimentation ou d'utilisation comme matière première techniquement, économiquement et écologiquement viable. Le Grenelle 1 de l'environnement définit clairement cette priorité d'usage au recours de la biomasse en général :

- priorité 1 : alimentaire ;
- priorité 2 : matériaux ;
- priorité 3 : énergie.

L'utilisation de ces sous-produits en valorisation énergétique est généralement rendue compliquée par la diversité des matériaux (générant autant de procédés différents), leur répartition géographique, leur périodicité de disponibilité et l'absence de filières dédiées. Une grande partie des sous-produits existants est d'ores et souvent déjà utilisée pour des usages agricoles (retour organique à la terre, constitution de litières pour le bétail, etc.).

À l'échelle d'un projet d'aménagement, il est difficile de conclure sur l'existence d'un réel potentiel. Pour mettre en œuvre l'utilisation de cette biomasse, une approche directe, spécifique à chaque producteur, serait à envisager et à mener à l'échelle d'un territoire plus vaste.

Par ailleurs, les considérations menées sur les contraintes du bois énergie (espace, fret, filtration de particules) sont applicables au cas de la biomasse agricole.

Conclusion sur la ressource

Solution non retenue pour la suite de l'étude.

4.6 Biogaz

Le biogaz est un gaz issu de la fermentation de matières organiques animales ou végétales. Une fois récupéré, il peut être valorisé sous forme de chaleur et/ou d'électricité. Deux techniques de production existent : la méthanisation ou la récupération sur centre d'enfouissement technique. Seule la méthanisation dans un digesteur semble adaptée aux contraintes d'un projet d'aménagement urbain.

4.6.1 Valorisation des déchets

Les déchets organiques de cuisine peuvent produire une certaine quantité de biogaz, constitué à la fois de dioxyde de carbone (CO₂) et de méthane (CH₄) dont les proportions peuvent varier selon la qualité des déchets et le processus de méthanisation. Dans le cas d'un digesteur moderne, la teneur en CH₄ du biogaz peut aisément atteindre 50 %.

Un habitant français moyen génère chaque année environ 350 kg soit un gisement en énergie de près de 250 kWh/an/personne. Toutefois, les coûts d'investissement et les coûts de fonctionnement pour la collecte spécifique des déchets à méthaniser rendent ces opérations difficilement rentables. De plus, les déchets issus du quartier feront probablement l'objet de valorisation au niveau des unités collectives de traitement de l'agglomération (incinération avec production de chaleur et/ou d'électricité pour les déchets solides et biogaz au niveau des STEP). Pour l'ensemble de ces raisons, cette ressource ne sera pas retenue dans la suite de cette étude.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.6.2 Valorisation des sous-produits agro-alimentaires

Certaines productions ou certains résidus d'agriculture ou d'élevage ainsi que les boues de STEP peuvent également donner lieu à la production de biogaz via une unité de méthanisation mais les conclusions faites sur la méthanisation des déchets urbains sont également valables pour cette ressource qui ne sera donc pas retenue.

Conclusion sur la ressource

Le site ne présente pas de potentiel en valorisation des sous-produits agro-alimentaires.

4.7 Géothermie

On distingue en géothermie :

- **la géothermie haute énergie** (température supérieure à 150 °C) : il s'agit de réservoirs généralement localisés entre 1 500 mètres et 3 000 mètres de profondeur. Lorsqu'un tel réservoir existe, le fluide peut être capté directement sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité ;
- **la géothermie moyenne énergie** (température comprise entre 90 °C et 150 °C) : le BRGM la définit comme une zone propice à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1 000 mètres. Elle est adaptée à la production d'électricité grâce à une technologie nécessitant l'utilisation d'un fluide intermédiaire ;
- **la géothermie basse énergie** (température comprise entre 30 °C et 90 °C) : elle concerne l'extraction d'eau inférieure à 90 °C dont le niveau de chaleur est insuffisant pour la production d'électricité mais adapté à une utilisation directe (sans pompe à chaleur) pour le chauffage des habitations et certaines applications industrielles ;
- **la géothermie très basse énergie** (température inférieure à 30 °C) : elle concerne les nappes d'eau souterraine et sols peu profonds dont la température est inférieure à 30 °C et qui permet la production de chaleur via des équipements complémentaires (pompe à chaleur notamment).

Les trois premiers types de géothermie nécessitent **des investissements importants et sont réservés à des projets d'ampleur** (réseau de chaleur ou production d'électricité).

La géothermie très basse énergie semble être la plus pertinente en matière de potentiel et de faisabilité technique (réglementation, coûts, etc.) à l'échelle du projet. Seule cette forme de géothermie est donc détaillée dans ce rapport. Il est à noter que le recours à ce type de géothermie peut fournir de la chaleur mais aussi un rafraîchissement direct (géocooling) ou une climatisation (via une pompe à chaleur, ou « PAC ») pendant la période estivale. On recense deux techniques en géothermie très basse énergie :

- la géothermie sur nappe, qui consiste à pomper l'eau de la nappe souterraine pour en extraire les calories dans la pompe à chaleur, puis à la réinjecter dans la nappe ;
- la géothermie sur sondes sèches, qui consiste à faire circuler un fluide caloporteur dans des sondes (circuit fermé), puis à en extraire la chaleur.

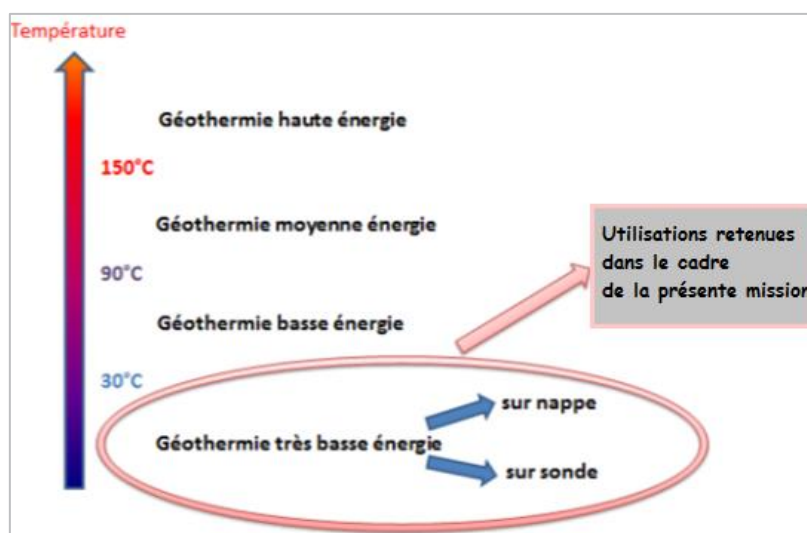


Figure 9 : Classes de géothermie

Ces usages de la géothermie nécessitent l'utilisation d'une pompe à chaleur qui permet d'exploiter au mieux l'énergie d'une source de température modérée.

4.7.1 Code Minier

D'un point de vue réglementaire, le Code Minier a instauré une réglementation dédiée pour la géothermie. En distinguant 2 catégories de projets

- La notion de gîte géothermique de minime importance (GMI) pour les projets inférieurs à 500 kW et inférieurs à 200 m de profondeur, qui sont soumis à une procédure de télédéclaration et impose seulement le recourt à des entreprises (Bureau d'étude et foreurs) agréées.
- Les opérations de plus grandes dimensions qui doivent faire l'objet d'un dossier dit « code Minier » soumis à autorisation. Le délai d'autorisation est de 10 à 14 mois, mais il est à noter qu'il est décorrélié des autorisations d'urbanisme (PC, PLU) et que le soutien des autorités et des habitants conduit à une très grande acceptation de ces projets.

Afin de limiter les risques associés aux ouvrages, l'agrément d'un expert géologue avant la réalisation d'ouvrages géothermiques est fortement recommandé quel que soit le classement du site en GMI. Un classement « vert » ou « orange » du site permettra à une installation respectant les conditions de la GMI (puissance, profondeur, débit, etc.) de s'affranchir d'une étude réglementaire code minier. Si la géothermie est retenue dans un scénario d'approvisionnement énergétique du programme, une étude de faisabilité géothermique est indispensable afin de déterminer les puissances et énergies soutirables et de dimensionner les ouvrages.

La carte de GMI indique que l'emprise du projet est en « zone orange » pour la GMI sur nappe et sur sonde, en particulier due dans cette zone au risque de mise en communication d'aquifères.

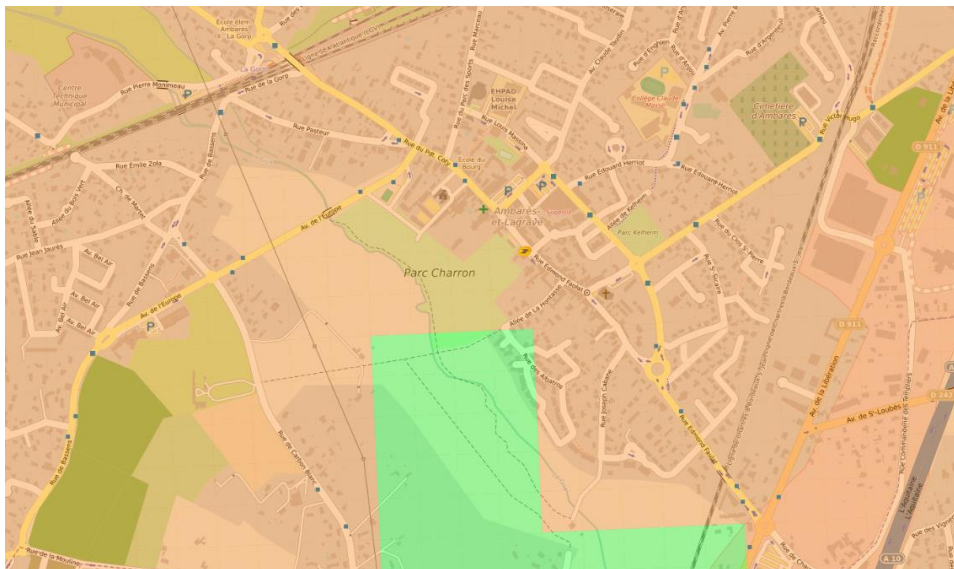


Figure 10 : Classement GMI sur nappe et sur sonde (de 100 à 200 m) sur Ambarès-et-Lagrave

Source : *geothermies.fr*

4.7.2 Géothermie sur nappe

L'étude géotechnique réalisée par le CEBTP fait état d'un sous-sol hétérogène dans les premiers mètres avec notamment quelques lentilles argileuses. Toutefois d'un point de vue macroscopique, le site est situé sur les alluvions de la Dordogne et de la Garonne. La carte proposée par le BRGM fait état d'un potentiel fort sur l'ensemble de la zone :

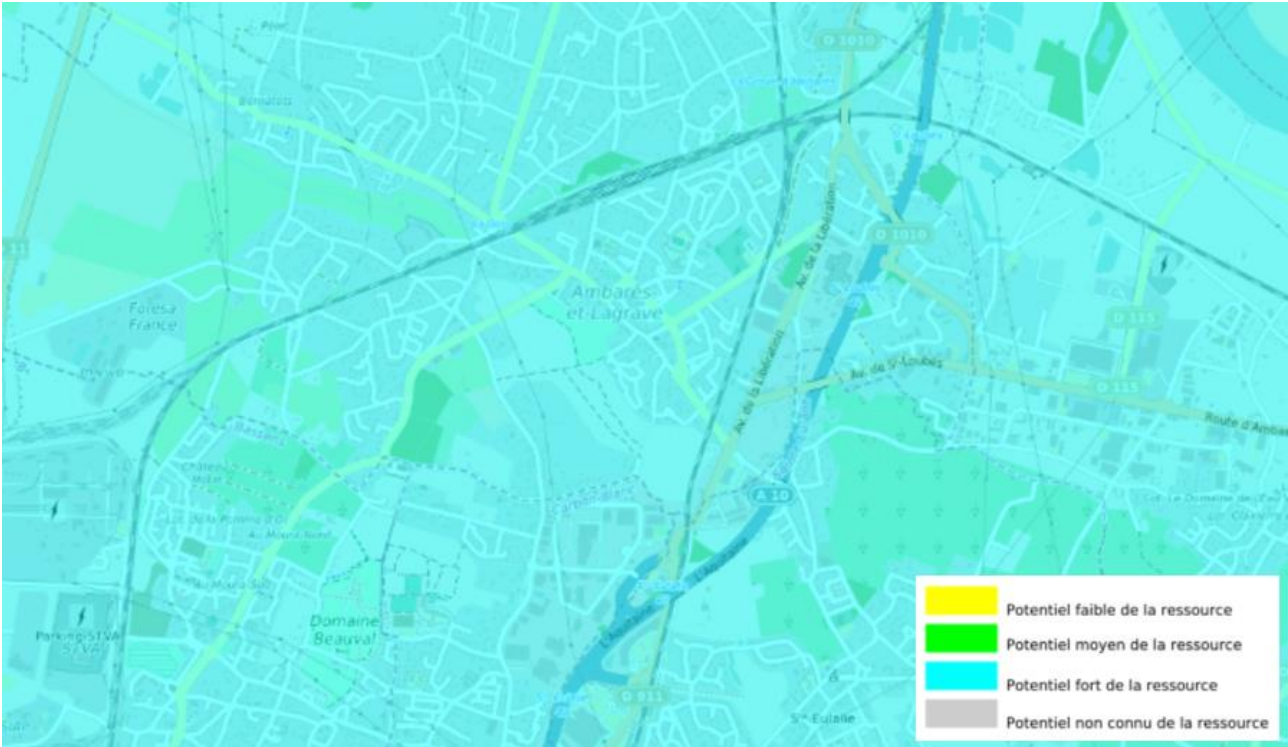


Figure 11 : Carte de potentiel géothermique sur nappe

Source : BRGM

L'hétérogénéité observée nécessitera quoiqu'il en soit des études complémentaires pour confirmer le gisement si cette piste était étudiée plus en détail.

Cependant, la densité énergétique du projet est insuffisante pour justifier une installation collective et cette solution est complexe et coûteuse à mettre en œuvre à l'échelle individuelle (influence des forages les uns sur les autres, et non mutualisation des forages, coûts d'entretiens démultipliés, etc.).

De plus, un critère de rentabilité de la géothermie est la capacité du projet à valoriser l'énergie chaude et froide que peut produire l'installation de géothermie. En effet, avec des besoins équilibrés à l'échelle de l'année en chaud et en froid, la géothermie peut être exploitée à son plein potentiel tout au long de l'année et ainsi amortir au mieux ses coûts d'investissement. Or, pour notre étude, les besoins en froid sont inexistantes pour les logements : il n'est donc pas pertinent d'utiliser la géothermie pour seulement répondre aux besoins en chauffage et ECS.

Conclusion sur la ressource

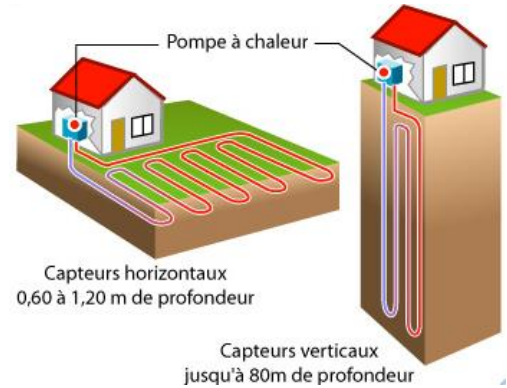
Solution non retenue pour la suite de l'étude.

4.7.3 Géothermie sur sondes

Il est également possible de recourir à des sondes géothermiques verticales ou horizontales qui permettent d'exploiter des contextes géologiques défavorables à la géothermie sur nappe, ou plus perturbés.

Un fluide caloporteur les parcourt et capte la chaleur du sous-sol. Cette énergie est alors valorisée en énergie de chauffage au moyen d'une pompe à chaleur.

Dans un contexte d'opération relativement dense, les sondes verticales semblent davantage pertinentes pour réduire l'emprise au sol.



Le calcul suivant permet d'estimer la productivité d'une sonde verticale :

- P_{sol}, puissance thermique récupérable dans le sol par mètre linéaire de sonde = 45 W/ml ;
- L, longueur de la sonde = 199 ml (pour des raisons de réglementation, il est souvent choisi de ne pas forer au-delà de 200 mètres de profondeur) ;
- P_{sonde}, puissance thermique fournie par une sonde : $P_{sonde} = P_{sol} \times L = 9 \text{ kW}$;
- COP, coefficient de performance global annuel = 3,1 ;
- P_{th}, puissance thermique fournie au bâtiment en sortie de PAC = $P_{sonde} / (1 - 1/COP) = 13 \text{ kW}$.

Pour contextualiser, la puissance de chauffage nécessaire au projet peut être estimée à près de 350 kW soit 27 sondes. Cependant, utiliser un appoint pour couvrir les pics de consommation permet de diminuer significativement le nombre de sondes à installer et les investissements associés. Cet aspect pourra être développé lors de l'analyse technico-économique.

Toutefois, le coût actuel de cette solution la rend difficilement compétitive sur les projets de logements neufs seuls. En effet, l'absence des besoins de froid ne permet pas d'amortir suffisamment les investissements. De plus, n'utiliser les sondes que pour la production de chaud tend à appauvrir le sol en calorie sur le long terme, et donc à faire chuter les performances de l'installation

Conclusion sur la ressource.

Solution non retenue pour la suite de l'étude.

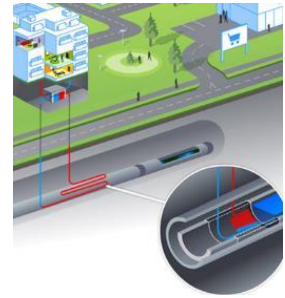
4.8 Récupération de chaleur sur eaux usées

Les eaux usées (issues de nos cuisines, salles de bain, lave-linge etc.) ont une température moyenne comprise entre 10 et 20 °C (cette température varie bien sûr en fonction de la région et des saisons). Leur chaleur étant une énergie disponible en quantité importante dans les milieux urbains, une installation de ce type permettrait de réduire les consommations du site.

4.8.1 Installation collective (à l'îlot)

Un échangeur sur un collecteur important (diamètre et longueur) associé à une pompe à chaleur réversible permet de fournir les calories/frigoriques aux bâtiments afin de les chauffer ou de les refroidir.

Bien que l'installation collective permette une mutualisation des coûts, l'investissement reste conséquent et la faible puissance récupérée (de 1 à 1,5 kW/ml équipé) ne justifie généralement un tel investissement que pour des installations ayant une consommation régulière sur l'année (piscine municipale, ou usages mixtes chauds et froids, etc.).



Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.8.2 Installation individuelle (au bâtiment)

Un récupérateur de chaleur permet d'utiliser les calories extraites des eaux usées et d'économiser l'énergie sur l'ECS (préchauffe de l'eau de ville). Si les performances annoncées par les constructeurs sont intéressantes (jusqu'à 60 % d'économie sur l'ECS), les retours d'expériences sont faibles, tant en ce qui concerne les coûts d'investissement que sur les coûts et contraintes de fonctionnement.

Cette solution pourra toutefois s'envisager en plus de la solution énergétique retenue lors des phases de conception, par exemple dans l'optique d'atteindre des labels de performance supérieurs ou d'optimiser le dimensionnement en puissance des équipements de production.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.8.3 Installation individuelle (au logement)

Un récupérateur de chaleur (échangeur) permet d'utiliser les calories évacuées par un système (douche principalement) pour préchauffer l'eau froide qui y parvient. Les conclusions sont identiques à celles de la solution à l'échelle du bâtiment.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.9 Aérothermie

L'aérothermie consiste à utiliser une pompe à chaleur sur l'air extérieur. Si les investissements sont inférieurs à la géothermie (pas de forage), le coefficient de performance du système est globalement moins bon car la température extérieure atteint des températures plus basses (particulièrement pendant la période de chauffage). Dans les cas extrêmes, le COP (rapport de l'énergie thermique obtenue sur l'énergie électrique dépensée) tend vers 1 et le système s'approche des performances d'un radiateur électrique à convection classique. Le recours à une pompe à chaleur est donc acceptable pour des bâtiments récents et bien isolés ayant des besoins de chauffage réduits dans des zones climatiques plutôt tempérées.

Dans le cas du projet, l'aérothermie est une solution de chauffage qui pourrait convenir aux logements neufs. A noter que les pompes à chaleurs peuvent soit être utilisées pour le chauffage, soit pour le chauffage et l'ECS, soit enfin pour l'ECS seule (on parle dans ce cas de ballon thermodynamique, la pompe à chaleur étant intégrée au ballon d'eau chaude).

Remarque : l'aérothermie, pour comptabiliser une part d'EnR dans sa production doit afficher un coefficient de performance moyen supérieur à 2.3 afin de compenser le coefficient de conversion de l'énergie électrique en énergie primaire (1kWh d'énergie électrique implique la consommation d'une quantité d'énergie primaire plus importante).

Conclusion sur la ressource

Solution retenue pour la suite de l'étude.

4.10 Cogénération

La cogénération ne représente pas en soi une source d'énergie renouvelable au sens strict du terme, mais est plutôt une variante technique d'une chaudière à gaz ou biomasse.

Un système de cogénération est conçu pour produire à la fois de la chaleur et de l'électricité. L'électricité produite permet de combler des besoins électriques locaux (autoconsommation) ou peut être revendue sur le réseau électrique. Une partie de la chaleur de combustion est récupérée pour répondre aux besoins thermiques locaux : chauffage de bâtiments ou procédés industriels. Les équipements de cogénération sont habituellement activés par la combustion de gaz naturel ou de biomasse.

La viabilité financière des systèmes de cogénération est complexe et dépend de l'usage prioritaire qui en est fait. En pratique, l'intérêt n'est vérifié que pour des installations présentant des besoins très constants en chaleur, ce qui ne sera pas le cas du projet.

Conclusion sur la ressource

Solution non étudiée.

4.11 Chaleur fatale industrielle

La récupération d'énergie sur la chaleur fatale industrielle consiste en la valorisation de la chaleur résiduelle d'un process (qui serait autrement perdue car non utilisée par celui-ci) grâce à des échangeurs de chaleur.

Il n'existe pas d'industriels sur la zone d'aménagement ni à proximité, il n'y a donc pas possibilité de récupérer de la chaleur fatale sur le projet.

Conclusion sur la ressource

Solution non retenue dans la suite de l'étude.

4.12 Synthèse de l'analyse de potentiel en ENR

Tableau 5 : Synthèse de l'analyse du potentiel du site en énergies renouvelables et de récupération

Ressource énergétique		Disponibilité de la ressource	Potentiel de la ressource	Avantages	Inconvénients	Conclusion intermédiaire
Hydraulique		Aucun cours d'eau significatif sur le secteur d'aménagement.	Inexploitable	<ul style="list-style-type: none"> - Energie maîtrisée en matière de mise en place et d'exploitation de la ressource. - Gisement primaire gratuit 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissements importants - Impacts environnementaux forts (construction barrage, modification du débit donc impact sur la faune et la flore...) 	Potentiel inexploitable
Solaire	Thermique	Ressource présente sur le site. Irradiance du site suffisante pour justifier une valorisation.	Productible annuel : 1 000 MWh <i>En concurrence d'usage au niveau des zones mobilisables avec le photovoltaïque</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Energie « gratuite » et sans nuisances - Energie décarbonée en termes de production 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'un système d'appoint - Production et consommation désynchronisées -Maintenance plus lourde que le solaire photovoltaïque 	Potentiel moyen à faible
	Photovoltaïque		Productible annuel : 336 MWh	<ul style="list-style-type: none"> - Energie « gratuite » et sans nuisances - Energie décarbonée en termes de production 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion de la concurrence d'usage en toiture (CVC, toiture végétalisée , skydome, etc.) - Coût d'investissement 	Potentiel moyen à fort

Ressource énergétique		Disponibilité de la ressource	Potentiel de la ressource	Avantages	Inconvénients	Conclusion intermédiaire	
Eolienne	Grand éolien	Impossible en secteur urbain				Potentiel inexploitable	
	Petit éolien	Aléatoire et d'ampleur non significative				Potentiel faible à nul	
Biomasse	Bois-énergie	Forte au niveau régional (suivant le SRADDET)	Suffisant au vu des besoins du projet	<ul style="list-style-type: none"> - Source décarbonée - Capacité à couvrir une part importante des besoins en chaud 	<ul style="list-style-type: none"> - Fret à considérer - Enjeu de la qualité de l'air - Emprise foncière importante 	Potentiel moyen à fort (collectif uniquement)	
	Biogaz	Déchets urbains	Faible				
Géothermie	Haute énergie					Potentiel inexploitable à l'échelle du site	
	Moyenne énergie						
	Basse énergie						
	Très basse énergie	PAC sur nappe	Présence d'aquifères connus	A priori suffisant, à confirmer à l'aide d'études complémentaires	<ul style="list-style-type: none"> - Source d'énergie peu chère (électricité à haut rendement) - Nuisances réduites 	- Investissement conséquent, nécessité d'un appoint	Potentiel moyen (collectif uniquement)
		PAC sur sondes	Oui	Suffisant	- Etudes complémentaires nécessaires	- Nécessite un équilibre entre les besoins de chaud et de froid	Potentiel moyen (collectif uniquement)

Ressource énergétique		Disponibilité de la ressource	Potentiel de la ressource	Avantages	Inconvénients	Conclusion intermédiaire
					- Investissement conséquent et nécessité d'un appoint - Emprise au sol importante	
Aérothermie		Oui (air)	Potentiel suffisant	- Investissements faibles	- Moins performante que la géothermie	Potentiel moyen à fort
Réseaux de chaleur/froid	Existant	Aucun				Potentiel nul
	Création	Densité a priori trop faible		- Mix renouvelable possible	- Portage local nécessaire	Potentiel faible
Récupération de chaleur fatale	Eaux usées	Pas de collecteur d'ampleur à proximité				Potentiel faible
	Industriels	Pas de présence de site industriel à proximité				Potentiel nul

5. Conclusions des scénarios énergétiques envisageables

Au regard de l'analyse des besoins du site, et de l'analyse du potentiel en énergies renouvelables, les scénarios d'approvisionnement suivant ont été retenus :

► Scénario conventionnel « Econv »

Couverture des besoins de chauffages à partir de **groupes aérothermiques** non réversible (pas de besoins de froid).

Ce scénario est le scénario identifié comme le plus simple à mettre en œuvre avec la solution énergétique la plus conventionnelle. C'est également le scénario qui présente la plus faible performance environnementale avec une mobilisation des EnR limitée à la production de la chaleur et conditionnée à des machines thermodynamiques performantes pour afficher un COP élevé.

Les principaux avantages de ce scénario sont les suivants :

- Coûts d'investissement faibles ;
- Mobilisation foncière faible ;
- Etudes de conception et phase travaux simplifiées avec une solution technologiquement simple, mature et très conventionnelle.

Les principaux points faibles de ce scénario « conventionnel » sont les suivants :

- Prix de l'énergie fortement dépendante au prix de l'électricité ;
- Taux de mobilisation d'EnR plus faible que les autres scénarios ;
- Nuisances sonores et visuelles liées aux unités extérieures des PAC

► Scénario « ENR 1 »

Mise en place d'une solution **Biomasse pour couvrir 80% des besoins en chauffage et ECS**, avec une **couverture des pics de consommation avec un appoint gaz**.

Ce scénario permet de valoriser la biomasse : une ressource décarbonée et identifiée comme à fort potentiel en région Nouvelle-Aquitaine. La chaufferie biomasse permet de créer de la chaleur en haute température adaptable à différentes solutions d'émission dans le bâtiment.

Les principaux avantages de ce scénario sont les suivants :

- Mobilisation d'une filière énergétique renouvelable pour couvrir 80% des besoins en chauffage et ECS ;
- Positionnement du projet adapté à de la biomasse avec un accès direct à de grands axes routiers pour l'approvisionnement en combustible ;
- Mobilisation d'une énergie primaire moins soumise à de fortes inflations (contrairement au gaz et à l'électricité) ;
- Puissance de chaufferies biomasse inférieures à 1MW ne nécessitant de bâtiment chaufferie dédié.

Les principaux points faibles de ce scénario biomasse sont les suivants :

- Nécessité de libérer des locaux techniques plus important que le scénario conventionnel pour le positionnement des chaudières et du stockage de la biomasse ;
- Nécessité d'avoir une conduite des fumées ;
- Air de retournement et de déchargement des camions à considérer pour la livraison du combustible ;
- Maintenance plus complexe que le scénario conventionnel ;
- Densité énergétique du réseau faible pour une production centralisée biomasse : besoin d'une approche macro-lot

► Photovoltaïque

En parallèle des deux scénarios précédents, ciblés sur la stratégie énergétique pour couvrir les besoins thermiques, l'énergie photovoltaïque est identifiée comme pertinente pour couvrir partiellement les besoins en énergie électrique des bâtiments en autoconsommant la production de centrales photovoltaïques.

A partir de l'irradiance de Ambarès-et-Lagrave et de l'espace mobilisable pour des capteurs photovoltaïques, une puissance installable de 525 kWc est évaluée, c'est-à-dire une production annuelle à 581 MWh/an. Cela permet de couvrir théoriquement la totalité des besoins en énergie électrique du programme (une étude d'autoconsommation doit être réalisée pour valider la capacité du projet à autoconsommer l'intégralité de la production PV). Le système photovoltaïque couplé au scénario thermique conventionnel permet d'améliorer la performance environnementale de la production de chaud en effaçant partiellement la consommation électrique des machines thermodynamiques.

Les principaux avantages du photovoltaïque sont les suivants :

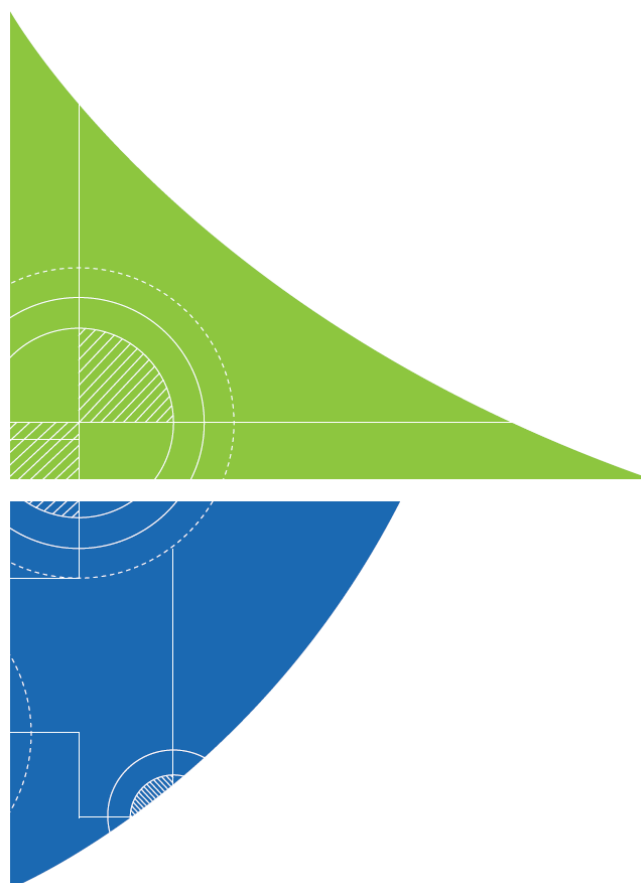
- Technologie mature et fiable présentant très peu de risque et d'aléas pour la conception ;
- Peu de maintenance à prévoir ;
- Valorisation de l'espace disponible en toiture pour produire de l'énergie ;
- Capacité du programme à autoconsommer le productible de la puissance installable évaluée ;

Les principaux points faibles du photovoltaïque sont les suivants :

- Le coût d'investissement ;
- La gestion de la concurrence d'usage en toiture avec les autres équipements (CVC, puits de lumière, etc.).

Un couplage du solaire et de l'aérothermie est une piste intéressante que nous préconisons de considérer. Le photovoltaïque permet de couvrir partiellement les besoins électriques de l'installation aérothermique pour une performance environnementale améliorée et une réduction des factures énergétiques.

CAHIER 2



6. Dimensionnements techniques

La consommation énergétique seule ne suffit pas à caractériser une installation de production énergétique. Il faut également étudier sa puissance. La puissance d'une installation est sa capacité à dispenser de l'énergie plus ou moins rapidement. Or, les besoins calculés précédemment ne sont pas constants tout au long de l'année. Ils varient en fonction de paramètres climatiques (température extérieure, apports solaires) et d'usage (occupation des bâtiments, utilisation des équipements, etc.)

Pour retrouver cette puissance, les besoins énergétiques déterminés précédemment sont croisés avec des profils de consommation en fonction des usages (chauffage, froid, ECS) et des activités (logements, commerces, etc.). Ces profils de consommations sont construits à partir de données météorologiques et de différents retours d'expérience (campagnes de mesures, simulations thermiques dynamiques). Un exemple de profil annuel est donné dans la figure qui suit.

Des profils « type » de consommation sont ici utilisés pour mieux appréhender la saisonnalité des besoins en énergie, et les niveaux de puissance à mettre en œuvre. Cette première estimation ne remplace pas les études de dimensionnement à réaliser en phase de conception.

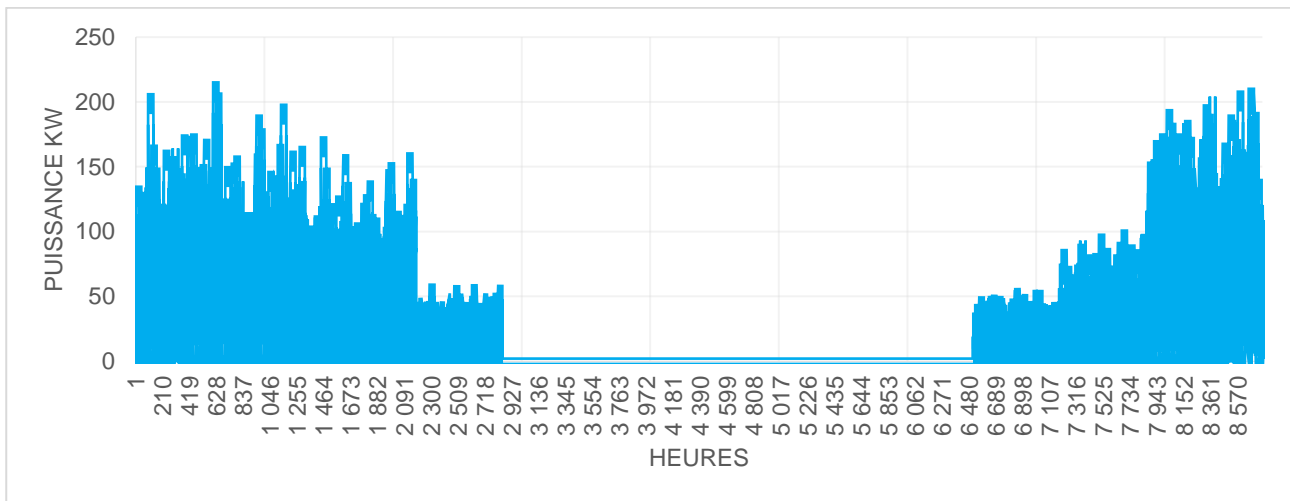


Figure 12 : Profil annuel de chauffage du site

Sur cet exemple sont représentés les besoins de chauffage de l'ensemble du site prenant en compte les différentes catégories (logements collectifs et individuels) sur l'ensemble de l'année.

Un outil développé en interne permet d'analyser et de croiser ces profils, afin de construire la monotone de puissance des installations qui représente la répartition annuelle des puissances appelées. Elle permet donc d'analyser le régime de fonctionnement de l'installation au cours de l'année et de définir les besoins en puissance.

Pour une installation fonctionnant environ 6 400 heures au cours de l'année, on s'aperçoit que le régime de fonctionnement varie fortement et n'est réellement élevé que durant 1 000 heures environ. Le maximum atteint est la puissance utile à installer.

6.1 Scénario Econv

Rappel : Rappel : le scénario conventionnel Econv prévoit la production de chaleur et d'ECS grâce à des PAC aérothermiques. Ce scénario sert ici de référence pour la comparaison avec le scénario d'approvisionnement en énergies renouvelables élaboré.

► Production de chaleur

La puissance utile installée, nécessaire pour couvrir 100% des besoins de chaleur cumulés (chauffage et ECS) des bâtiments du projet, est estimée à **343 kW**.

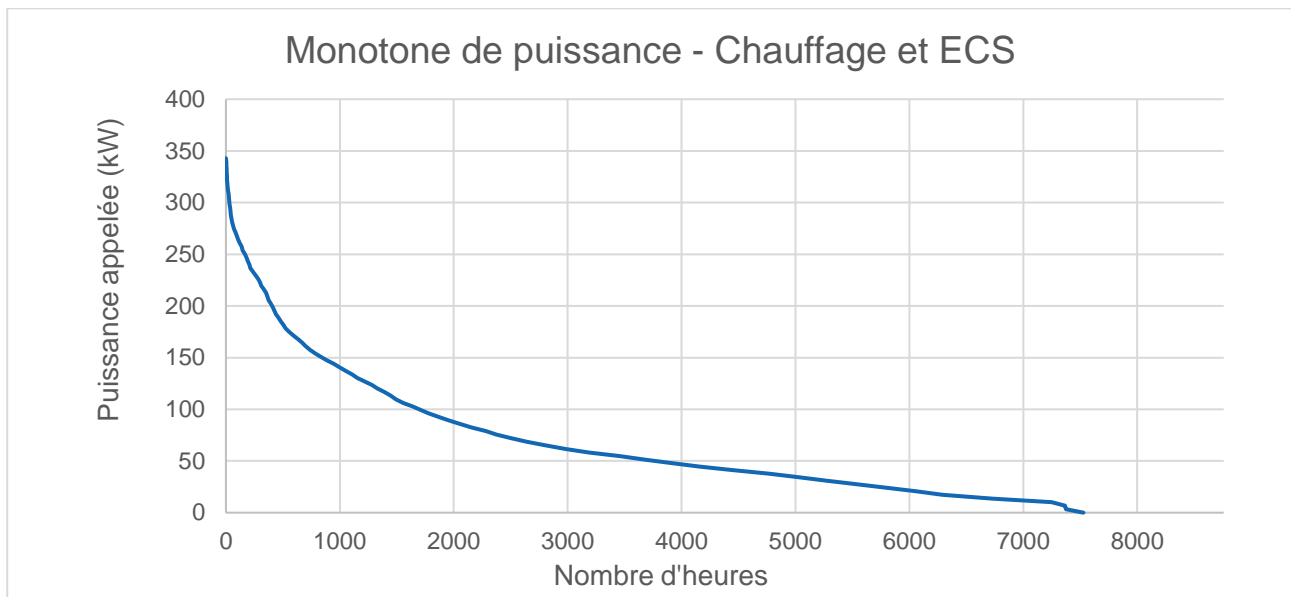


Figure 13 : Monotone de puissance des besoins de chaleur (chauffage + ECS) du site

► Production de froid

Les logements collectifs n'ont pas de besoin en froid.

6.2 Scénario EnR 1

Rappel : ce scénario prévoit la production de chaleur (chauffage et ECS) par biomasse pour couvrir 80% des besoins de chaleur du site. L'appoint est assuré par une chaudière gaz.

► Production de chaleur

Grâce à notre outil interne, nous estimons que pour couvrir environ 80% des besoins de chaleur du site par la solution biomasse, il est nécessaire d'installer une puissance de **110 kW** suivant une approche théorique centralisée.

Le reste des besoins de chaleur du site sont dans ce scénario couverts par de l'appoint gaz, la puissance installée estimée est de **240 kW**.

Tableau 6 : Dimensionnement technique de la solution biomasse

Puissance biomasse estimée	Puissance appoint gaz estimée
110 kW	240 kW

7. Analyse multicritère des scénarios retenus

7.1 Coûts d'investissements

La puissance des installations, déterminée précédemment, permet d'estimer les investissements liés. Le tableau ci-dessous présente l'estimation de ces investissements :

Tableau 7 : Coûts estimés des équipements de production énergétique *

Scénario	Equipements pris en compte	Investissement en k€ HT	Investissement total en k€ HT
Econv : Scénario de référence	Achat et installation pompes à chaleur aérothermiques	500 k€HT	500 k€HT
ENR 1	Achat et installation de chaudières biomasse, silo, équipements annexes, et réseau de distribution	110 k€HT*	670 k€HT
	Achat et installation de chaudière gaz à condensation (en appoint)	80 k€HT	
	Installation du réseau de 500 ml	290 k€HT	
		190 k€HT	

Ces estimations sont évidemment des ordres de grandeur issus de données moyennes et la consultation de fournisseurs permettra dans la suite du projet d'affiner ces prévisions économiques. Ils sont donnés à titre indicatif avec une précision de +/- 30%.

7.2 Analyse économique en coût global

Le coût d'investissement seul est une vision cependant très court terme de la problématique énergétique. Pour apprécier le coût réel d'un scénario sur l'ensemble de sa phase de vie, le coût global annualisé des 3 scénarios a été calculé. Il s'agit du coût total sur 20 ans (investissement et fonctionnement) rapporté à l'année.

7.2.1 Hypothèses économiques

Les paramètres suivants sont fixés pour la suite de l'étude :

- Durée d'observation économique : 20 ans
- Part de l'investissement en fond propre : 20 %
- Taux d'intérêt de l'emprunt : 3 %

7.2.2 Evolution des prix de l'énergie

Afin de calculer les dépenses liées aux combustibles, il convient de s'interroger sur l'évolution des prix de l'énergie au cours des 20 prochaines années. Les hypothèses suivantes sont faites pour notre étude :

- Électricité : +3%/an
- Gaz : +4%/an
- Bois énergie : +3%/an

7.2.3 Résultats économiques³

Pour rendre l'analyse du coût global annualisé possible, ce dernier est décomposé en 4 parties distinctes :

- P1 : coût du combustible,
- P2 : coûts de maintenance courante,
- P3 : coûts de renouvellement,
- P41 : investissement (calculé au chapitre **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- P42 : coût de l'emprunt et autres taxes.

D'après les hypothèses listées, l'analyse en coût global peut se résumer de la façon suivante.

³ Le calcul est réalisé « hors externalités » (gestions des terres, enveloppe du bâti, etc.)

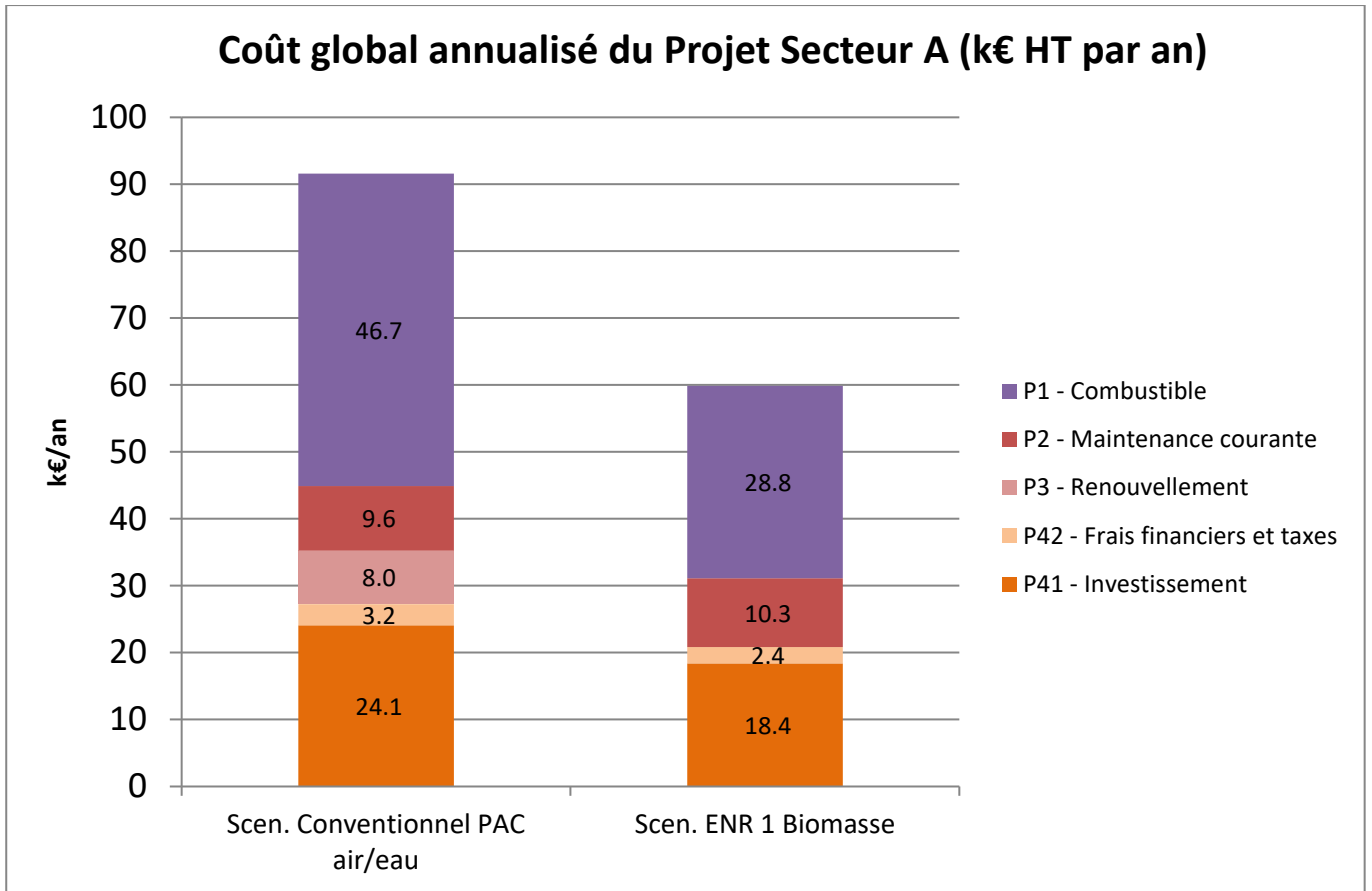


Figure 14 : Coût global annualisé des différents scénarios étudiés

Par rapport au scénario de référence (scénario Econv – PAC aérothermie pour couvrir 100% des besoins de chaleur) :

- Le scénario EnR 1 (Solution théorique de chaufferie biomasse centralisée pour couvrir 80% des besoins de chaleur du site avec un appoint gaz pour le reste) présente un poste P4, 23% moins élevé. Cela s'explique par un amortissement de l'investissement sur une durée différente. La durée de vie des PAC est considérée à 15 ans alors que le système biomasse est amortie sur une durée de 20 ans.

De plus, une solution de distribution centralisée au macro-lot pourra bénéficier d'une taxation réduite avec une TVA à 5,5% sur la vente de l'énergie. Enfin, sous réserve d'atteindre un coefficient de densité énergétique du réseau supérieur à 1.5 WHh/m², la solution chaudière biomasse ainsi que le réseau seront éligibles à 35% d'aide à la subvention au travers du fond chaleur de l'ADEME (intégré dans la figure 16).

7.2.4 Résultats environnementaux

Les deux scénarios retenus sont comparés sur leurs émissions annuelles de gaz à effet de serre. Les usages pris en compte dans ce calcul sont la production de chaleur pour le chauffage et l'ECS.

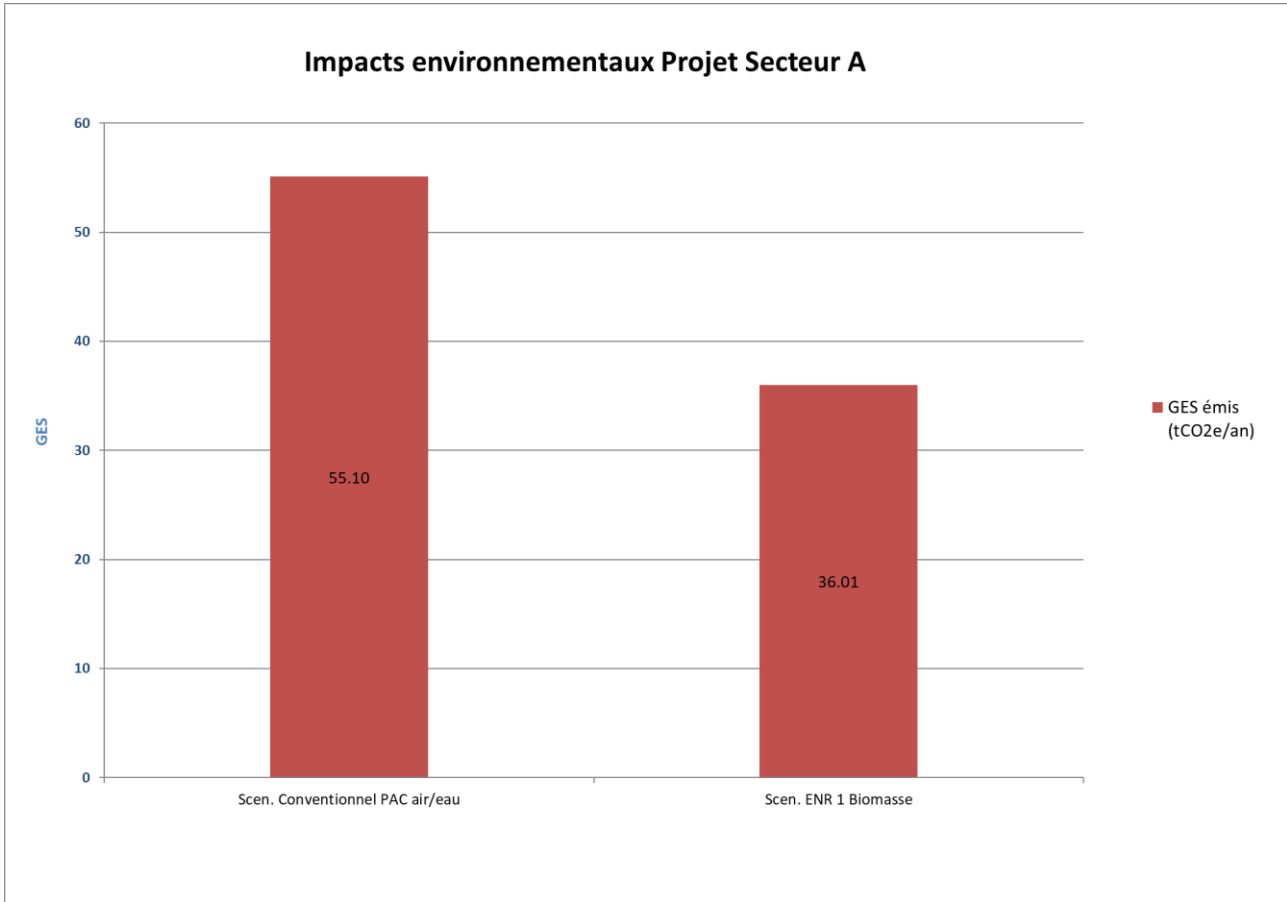


Figure 15 : Comparatif environnemental (GES) des scénarios retenus

Les émissions de GES dues aux fuites de fluide frigorigène des PAC ne sont pas prises en compte, le taux de fuite et le facteur d'émission variant fortement d'un système à l'autre.

Pour le scénario conventionnel, le facteur d'émission considéré pour l'énergie électrique alimentant les PAC est la valeur moyenne pour l'usage chauffage.

Les émissions pour le scénario EnR 1 sont liées à l'utilisation de chaudières gaz en appoint des chaudières biomasses (pour 20% du besoins).

8. Conclusion

L'étude de faisabilité du potentiel de développement en énergies renouvelables de l'opération immobilière située dans la commune de Ambarès-et-Lagrave (33), menée par AQUITANIS a été menée en deux étapes.

Dans un premier temps, la **caractérisation des besoins en énergie** a permis d'estimer les apports en énergie nécessaires au fonctionnement du projet. Ainsi, sur l'ensemble de la zone, **les besoins de chaleur en énergie utile s'élèvent à 220 MWh/an**, et le site ne dispose pas de besoin de froid. La répartition de ces besoins au cours de l'année a permis de dimensionner les installations de production énergétique nécessaires.

L'**analyse du potentiel en énergies renouvelables** de la zone a permis de dégager l'utilisation des énergies renouvelables et de récupération les plus pertinentes au regard des contraintes du projet. Le recours au **bois-énergie** ou à **l'aérothermie pour couvrir les besoins de chaleur**, et au solaire photovoltaïque pour couvrir une partie des besoins en électricité, ont été identifiés comme pertinents :

- Scénario de référence (ou Scénario Conventionnel) : **pompes à chaleur air/eau** sur l'ensemble du site.
- Scénario ENR 1 : **Biomasse** pour couvrir **80% des besoins de chaleur** du site avec un **appoint gaz** pour les 20% restants.

Enfin, une **analyse économique** a permis de comparer les différents scénarios, en prenant à la fois en compte l'investissement et son financement, mais également les coûts de fonctionnement, tout en intégrant l'évolution des prix de l'énergie.

Pour compléter la comparaison, l'**impact environnemental** concernant les émissions de gaz à effet de serre de chaque scénario a été évalué.

A titre de synthèse, le tableau suivant présente les résultats de la comparaison des scénarios en les classant du plus avantageux (note : 2) au moins avantageux (note :1) sur les différents critères économiques et environnementaux :

Tableau 8 : Synthèse du comparatif des différents scénarios

	Scénario Econv : Chauffage et ECS Pac air/eau	Scénario EnR1 : Chauffage et ECS Biomasse avec appoint gaz
Coût global	2	1
Investissement	1	2
Impact GES	2	1