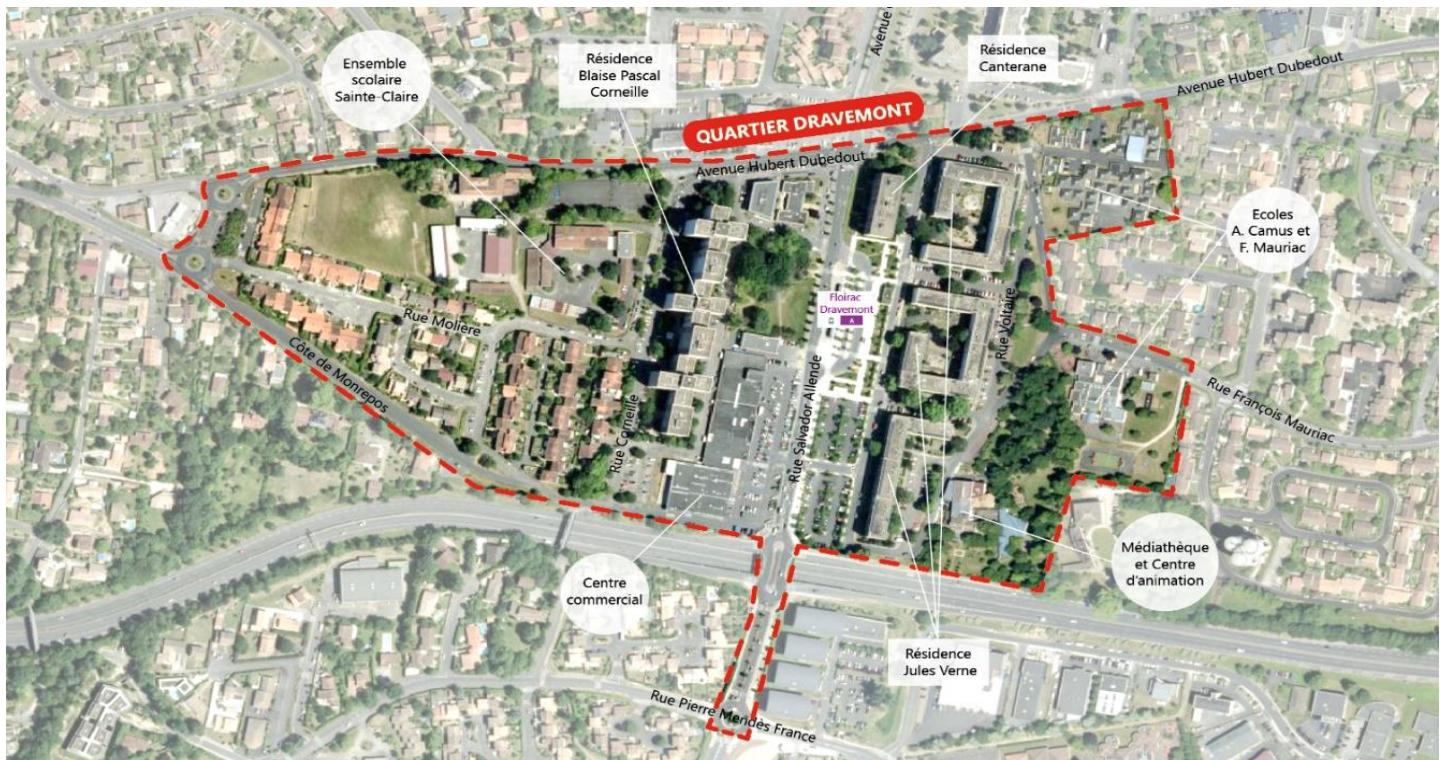




## PROJET DE RENOUVELLEMENT URBAIN QUARTIER DE DRAVEMONT COMMUNE DE FLOIRAC

### DOSSIER D'ENQUETE PRÉALABLE À LA DECLARATION DE PROJET

#### Pièce 4 - Etude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables



# SOMMAIRE

<b>I - PRESENTATION DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS</b>	<b>3</b>
<b>I.1 - LE PROJET DE RENOUVELLEMENT URBAIN DE DRAVEMONT</b>	<b>3</b>
I.1.1 - CHIFFRES-CLES DU PROJET	3
I.1.2 - DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS DU PROJET	5
I.1.3 - OBJECTIFS ET BESOINS DE L'OPERATION EN MATIERE ENERGETIQUE	7
<b>I.2 - CADRE LOCAL EN MATIERE D'ENERGIE-CLIMAT</b>	<b>10</b>
I.2.1 - SCHEMA REGIONAL CLIMAT-AIR-ENERGIE (SRCAE) AQUITAIN	10
I.2.2 - PLAN CLIMAT-AIR-ENERGIE TERRITORIAL (PCAET)	12
I.2.3 - SCHEMA DE COHERENCE TERRITORIALE (SCOT) DE L'AIRE METROPOLITAINE BORDELAISE	13
I.2.4 - PLAN LOCAL D'URBANISME (PLU) DE BORDEAUX METROPOLE	14
<b>II - IDENTIFICATION DES ENERGIES RENOUVELABLES DISPONIBLES – ANALYSE DES POTENTIALITES DU SITE</b>	<b>15</b>
<b>II.1 - TABLEAU DES SOLUTIONS POTENTIELLEMENT APPLICABLES</b>	<b>16</b>
<b>II.2 - JUSTIFICATION DES SOLUTIONS NON APPLICABLES ET ECARTEES DE L'ANALYSE</b>	<b>17</b>
II.2.1 - EOLIEN (AUTRE QUE LE PETIT EOLIEN)	17
II.2.2 - ENERGIE MARINE	18
II.2.3 - HYDROELECTRIQUE	18
II.2.4 - BIOGAZ	18
II.2.5 - RECUPERATION DE CHALEUR ISSUE D'UN EQUIPEMENT DE COMBUSTION	18
II.2.6 - RECUPERATION DE CHALEUR DE L'INDUSTRIE	18
II.2.7 - RECUPERATION DE CHALEUR DES EAUX USEES	18
II.2.8 - RECUPERATION DE CHALEUR DES BATIMENTS	18
<b>III - RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR / FROID</b>	<b>19</b>
<b>III.1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT</b>	<b>19</b>
<b>III.2 - MUTUALISATIONS POSSIBLES</b>	<b>20</b>
III.2.1 - AVANTAGES DE LA MUTUALISATION	20
III.2.2 - LES DIFFERENTS NIVEAUX DE MUTUALISATION	21
<b>III.3 - FAISABILITE DE RACCORDEMENT</b>	<b>22</b>
<b>IV - PRECONISATIONS RELATIVES AUX ENERGIES RENOUVELABLES EXPLOITABLES</b>	<b>23</b>
<b>IV.1 - PRINCIPE ET APPLICABILITE AU PROJET DES ENERGIES RENOUVELABLES</b>	<b>23</b>
IV.1.1 - LE PETIT EOLIEN	23
IV.1.2 - ENERGIES SOLAIRES	25
IV.1.3 - GEOTHERMIE	30
IV.1.4 - AEROTHERMIE	35
IV.1.5 - HYDROTHERMIE	36
IV.1.6 - BOIS ENERGIE (BIOMASSE)	38
IV.1.7 - RECUPERATION DE CHALEUR ISSUE D'USINES D'INCINERATION DES ORDURES MENAGERES (UIOM)	40
<b>IV.2 - SYNTHESE ET PRECONISATIONS</b>	<b>42</b>
IV.2.1 - TABLEAU DE SYNTHESE	42
IV.2.2 - PRECONISATIONS POUR LES FILIERES PRIORITAIRES	42
<b>V - CONCLUSION</b>	<b>43</b>

## I - PRESENTATION DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS

### I.1 - LE PROJET DE RENOUVELLEMENT URBAIN DE DRAVEMONT

#### I.1.1 - CHIFFRES-CLES DU PROJET

Le projet consiste en plusieurs opérations de requalification du quartier de Dravemont sur la commune de Floirac, sur une superficie de 0,18 ha. Le principal objectif du renouvellement urbain est le retournement de l'image du quartier. Pour cela, le projet interviendra sur différentes thématiques de l'aménagement : l'habitat, les équipements, le commerce, les activités économiques, les espaces publics, les parcs, le paysage urbain, etc.

Les différentes opérations projetées sont :

- Les démolitions :
  - o 61 logements sociaux (44 logements de la résidence Blaise Pascal Corneille et la totalité de la résidence du Clos des Vergnes soit 17 logements) ;
  - o Le pôle commercial au cœur du quartier comprenant une galerie marchande et un supermarché (Lidl) ;
  - o Les écoles maternelle et primaire F. Mauriac et A. Camus ainsi que les équipements publics désuets situés à l'est du quartier (école de musique, auditorium, espace social et culturel, médiathèque) ;
- Les nouvelles constructions :
  - o 120 logements diversifiés sur les sites de l'ancienne résidence du Clos des Vergnes (9 logements), de l'ancienne école primaire A. Camus (76 logements) et en surélévation de la résidence Jules Verne (35 logements) ;
  - o Un groupe scolaire neuf regroupant les anciennes écoles maternelle et primaire sur un même site (celui de l'ancienne école maternelle) ;
  - o Un équipement majeur au cœur du quartier regroupant l'ensemble de l'ancienne offre d'équipements du quartier ;
  - o Un pôle commercial neuf composé d'un nouveau bâtiment pour le supermarché, d'un plot commercial et d'encarts commerciaux en rez-de-chaussée de la résidence Blaise Pascal Corneille, pour un total de 1 000 à 1 200 m<sup>2</sup> de cellules commerciales en plus du Lidl ;
- Les réhabilitations, diversifications et résidentialisations des résidences Blaise Pascal Corneille et Jules Verne ;
- La création d'une allée publique piétonne est / ouest au cœur du quartier reliant ses différents lieux d'intérêt ;
- La requalification de l'ensemble des espaces publics du quartier (trame viaire, parcs Allende et du Rectorat, enfouissement de la ligne haute-tension).



Plan de situation aérien du projet de renouvellement urbain Dravemont

## I.1.2 - DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS DU PROJET

### I.1.2.1 - L'habitat

Les nouveaux logements seront construits sur trois sites différents :

- 76 logements seront construits sur le site de l'école primaire A. Camus qui sera déplacée (voir ci-après). La superficie de la parcelle est d'environ 9 000 m<sup>2</sup>. Deux typologies différentes seront aménagées : du logement collectif bas (R+3 max) et du petit individuel (R+1 max) ;
- 9 logements individuels (R+1 max) sur le site de la résidence du Clos des Vergnes qui sera démolie. La parcelle a une superficie d'environ 2 200 m<sup>2</sup>.
- 35 logements en surélévation du bâtiment central existant de la résidence Jules Verne, portant l'immeuble de R+4 à R+5, voire R+6. La superficie du bâtiment concernée est d'environ 2 600 m<sup>2</sup>.

Le delta entre les logements démolis et les nouveaux logements construits sera positif : l'apport sera de 59 logements supplémentaires avec mise en œuvre du projet.

En parallèle des créations de logements, les résidences Blaise Pascal Corneille et Jules Verne seront intégralement réhabilitées, avec notamment des interventions lourdes en faveur de l'isolation thermique. Cela concerne respectivement 301 et 280 logements existants (581 au total).

### I.1.2.2 - Les équipements

Les nouveaux équipements seront aménagés sur deux sites :

- La construction d'un équipement majeur au cœur du quartier, entre la résidence Blaise Pascal Corneille et la Rue Allende, regroupant l'offre actuelle d'équipements publics, sur une parcelle d'environ 7 800 m<sup>2</sup> ;
- La construction d'un nouveau groupe scolaire sur le site de l'école maternelle F. Mauriac, regroupant les deux écoles publiques maternelle et primaire actuelles, sur une parcelle d'environ 6 200 m<sup>2</sup>.

En parallèle, le parking-relais existant qui sera remplacé par le plot commercial (voir ci-après), sera reconstruit sur la parcelle immédiatement au sud d'une superficie d'environ 2 000 m<sup>2</sup> (parking public à l'état actuel), potentiellement en superstructure pour une augmentation de sa capacité.

### I.1.2.3 - Le commerce et les activités économiques

Le projet reconstituera une offre commerciale équivalente à celle de l'état actuel, sur trois sites différents au cœur du quartier :

- Au sud-ouest de la Rue Allende, la reconstruction des locaux du supermarché Lidl et de ses parkings sur une parcelle d'environ 5 210 m<sup>2</sup> ;
- A l'est de la Rue Allende, la construction d'un plot commercial remplaçant la galerie marchande actuelle sur une parcelle d'environ 2 000 m<sup>2</sup> ;
- En rez-de-chaussée de la façade est de la résidence Blaise Pascal Corneille, l'aménagement d'encarts commerciaux complémentaires donnant sur un parvis public, permettant d'améliorer et diversifier l'offre.

Au total, 1 000 à 1 200 m<sup>2</sup> de surfaces de plancher commerciales seront aménagées en plus du supermarché Lidl. En parallèle, deux bâtiments d'activités économiques pourraient être construits au sein du Parc du Rectorat sur une surface d'environ 1 000 m<sup>2</sup>.

### I.1.2.4 - La voirie et espaces publics

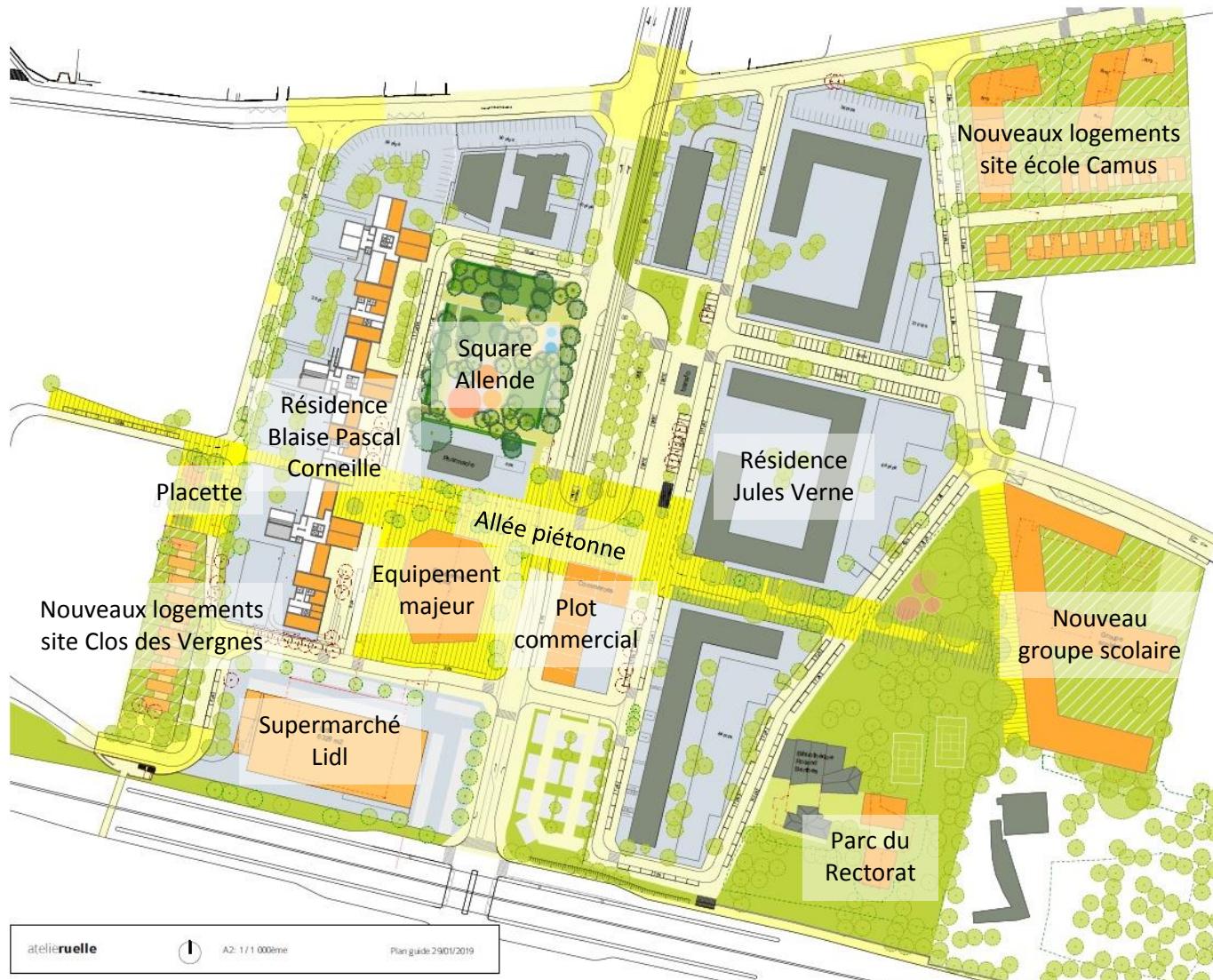
Le projet consiste à créer deux axes au sein du quartier :

- D'une part une allée piétonne d'une longueur d'environ 325 m au cœur du quartier, reliant le groupe scolaire privé Sainte Claire à l'ouest au nouveau groupe scolaire public à l'est, via le nouvel équipement

public majeur, le nouveau plot commercial et le Parc du Rectorat. Cette allée sera partiellement aménagée sur voirie existante.

- D'autre part un barreau routier reliant les rues Blaise Pascal et Salvador Allende à travers le parking du centre commercial, d'une longueur d'environ 70 m.

En parallèle, le projet requalifiera l'ensemble de la trame viaire du site, créera des parvis devant la résidence Blaise Pascal Corneille et le nouveau groupe scolaire, aménagera une placette publique à l'angle des Rues Molière et Corneille et réaménagera les deux parcs du quartier : le Parc Allende et le Parc du Rectorat. Des aménagements paysagers importants seront notamment réalisés sur le Parc Allende situé au cœur du quartier dans le cadre de l'amélioration paysagère de l'entrée nord de la ville de Floirac.



Plan guide du projet de renouvellement urbain de Dravemont

### I.1.3 - OBJECTIFS ET BESOINS DE L'OPERATION EN MATIERE ENERGETIQUE

#### I.1.3.1 - Estimation des besoins de l'opération

Concernant les besoins en matière énergétique, il convient de distinguer deux caractéristiques inhérentes au projet :

- La création de 59 logements supplémentaires par rapport à l'état actuel et de surface de plancher de commerces et d'activités qui généreront des besoins énergétiques et thermiques. Ces besoins ne sont pas estimables au moment de la rédaction de la présente étude, du fait du peu de données disponibles concernant les surfaces et typologies de bâtis prévues dans le cadre du projet ;
- La réhabilitation des résidences Blaise Pascal Corneille et Jules Verne, notamment l'amélioration de l'isolation thermique et des postes de consommation énergétiques de 581 logements, et la reconstruction des commerces et équipements aux nouvelles normes énergétiques et thermiques, entraîneront une baisse de la consommation énergétique et thermique de ces résidences par rapport à l'état actuel. Cette baisse n'est pas estimable au moment de la rédaction de la présente étude, du fait du peu de données disponibles concernant les interventions prévues et les niveaux de consommation visés.

Il est à ce stade difficile d'estimer si la consommation énergétique au sein de la zone de projet sera inférieure ou supérieure après mise en œuvre du projet par rapport à l'état actuel, et dans quelles proportions.

Cependant, il convient de faire un état des lieux des postes de consommations qui devront être pris en compte lors d'un futur diagnostic évaluant les consommations envisagées des nouveaux bâtiments prévus et des bâtiments réhabilités.

Tout d'abord, il est à noter que la consommation énergétique d'un bâtiment concerne de nombreuses sources thermiques et électriques. En effet, aux postes réglementaires conventionnels s'ajoutent les postes non conventionnels : électroménager, cuisine et audiovisuel principalement, ainsi que les services généraux (ascenseurs, éclairage des parties communes, etc.). Ces postes, qui représentent la majeure partie des consommations en énergie primaire dans les bâtiments à haute performance énergétiques, complètent les postes électriques sous l'intitulé « Usages spécifiques de l'électricité ».

De ce fait, l'estimation des besoins énergétiques porte sur :

- les besoins dits conventionnels, utiles pour le fonctionnement des bâtiments, en l'occurrence :
  - o le chauffage ;
  - o le rafraîchissement ;
  - o l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) ;
  - o l'éclairage ;
  - o les auxiliaires (ventilation principalement) ;
- les usages spécifiques de l'électricité.
  - **Chauffage**

La réduction de la consommation en chauffage passe principalement par la performance de l'enveloppe des bâtiments diminuant les déperditions et favorisant l'inertie thermique.

Préconisations	
<b>Bâti</b>	Isoler le plus efficacement possible les constructions. Orienter les façades de manière à chauffer passivement les bâtiments.
<b>Energie et production</b>	Privilégier une production de chaleur centralisée et distribuée par un réseau de chaleur via le développement des énergies renouvelables les plus pertinentes.

- **Rafraîchissement**

Le climat méditerranéen nécessite la mise en place d'un système de rafraîchissement et de climatisation en ce qui concerne les bâtiments à destination tertiaire (équipements, commerces, activités). Cependant l'achat de climatiseurs individuels par les futurs propriétaires est un risque probable.

Préconisations	
<b>Bâti</b>	Isoler le plus efficacement possible les constructions. Mettre en place des dispositifs de protection solaire. Mettre en place un système de ventilation nocturne utilisant la fraîcheur extérieure.
<b>Energie et production</b>	Privilégier une production de froid centralisé et distribué par un réseau d'eau froide.

- **Eau Chaude Sanitaire**

La production d'ECS doit être assurée au maximum par des sources d'énergie solaire pouvant être mutualisées. Cependant un système d'appoint de chauffage pourra être assuré par une autre énergie.

Préconisations	
<b>Bâti</b>	Limiter au maximum les pertes de chaleurs des canalisations.

- **Éclairage**

La technologie utilisée pour produire de la lumière doit être la moins consommatrice possible en électricité. De plus, il est conseillé de mettre en place des dispositifs d'extinction automatique et des variateurs d'intensité.

Préconisations	
<b>Bâti</b>	Utiliser des sources éclairantes à haut rendement énergétique. Optimiser l'éclairage naturel grâce à un positionnement des façades adapté. Utiliser des capteurs de présence adaptés aux usages des locaux.

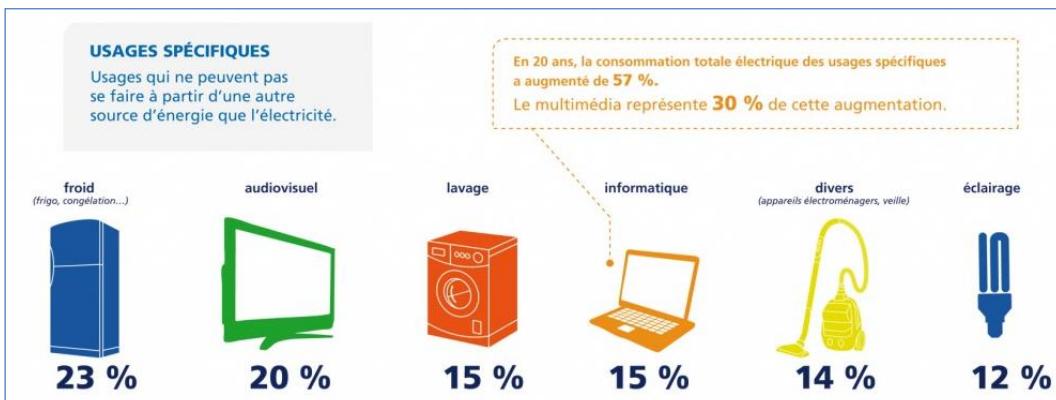
- **Auxiliaires (ventilation)**

La ventilation doit être adaptée en fonction de l'utilisation des bâtiments par les différentes activités et donc en fonction du taux de présence, de CO2 et d'humidité. De plus, la mise en place d'un dispositif à double flux limitera les déperditions de chaleurs.

Préconisations	
<b>Bâti</b>	Mettre en place une ventilation double flux. Réguler la ventilation en fonction de l'utilisation et des usages des locaux.

- **Usages spécifiques de l'électricité**

Le poids de la consommation énergétique concernant ce point, compte tenu du niveau de performance attendu dans les cinq usages principaux précédents, représente plus de la moitié de la demande en électricité.



Répartition de la consommation d'électricité par usages spécifiques (Source EDF, Les énergies en questions)

Les usagers doivent être sensibilisés afin diminuer le plus possible la part de la consommation des usages spécifiques dans les bâtiments.

### **Conclusion**

Les besoins en énergies sont caractérisés par leur non constance. Les bâtiments à usage d'habitation nécessiteront un apport en énergie pendant la journée et la nuit. Pour les commerces, activités et équipements, les structures nécessiteront un apport en énergie principalement pendant la journée.

#### **I.1.3.2 - Ambition du projet**

En application de la RT 2012, les logements neufs devront obligatoirement se conformer à la norme Bâtiments Basse Consommation (BBC), qui impose une consommation maximale de 45 kWhep/m<sup>2</sup>SHON/an dans le sud-ouest de la France<sup>1</sup> pour les besoins conventionnels (ventilation, chauffage, rafraîchissement, éclairage et eau chaude) et une limitation des fuites d'air à 0,6 m<sup>3</sup> pour les maisons et à 1 m<sup>3</sup> pour les immeubles.

Cette réglementation thermique s'appuie sur trois exigences de résultat :

- une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti, définie par le coefficient « Bbiomax » (besoins bioclimatiques du bâti). Cette exigence impose une limitation simultanée du besoin en énergie pour les composantes liées à la conception du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage), imposant ainsi son optimisation indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre,
- une exigence de consommation maximale d'énergie primaire traduite par le coefficient « Cepmax », portant sur les consommations de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires (pompes et ventilateurs). Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la valeur du Cepmax s'élève à 50 kWhep/m<sup>2</sup>SHON/an d'énergie primaire en moyenne, modulée selon la localisation géographique (45 kWhep/m<sup>2</sup>SHON/an dans le sud-ouest de la France), l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des logements et les émissions de gaz à effet de serre pour le bois énergie et les réseaux de chaleur les moins émetteurs de CO<sub>2</sub>. Cette exigence impose, en plus de l'optimisation du bâti exprimée par le Bbio, le recours à des équipements énergétiques performants, à haut rendement,
- une exigence de confort en étant limitant la température intérieure atteinte au terme d'une période de cinq jours chauds consécutifs.

La norme BBC s'applique également aux locaux à usages commerciaux, d'activités économiques et d'équipements. La consommation maximale est alors calculée au cas par cas.

La norme BBC peut également concerner la rénovation. Le maître d'ouvrage a annoncé viser le label BBC Rénovation dans le cadre des réhabilitations des résidences Jules Verne et Blaise Pascal Corneille (581 logements au total).

<sup>1</sup> Norme fixe d'exigence énergétique \* coefficient de rigueur climatique région sud-ouest = 50 \* 0,9 = 45 kWhep/m<sup>2</sup>SHON/an (ep = énergie primaire, SHON = surface de plancher).

## I.2 - CADRE LOCAL EN MATIERE D'ENERGIE-CLIMAT

### I.2.1 - SCHEMA REGIONAL CLIMAT-AIR-ENERGIE (SRCAE) AQUITAIN

Le SRCAE Aquitaine a été approuvé par arrêté préfectoral en date du 15 novembre 2012.

Les objectifs fixés par le scénario de référence du SRCAE d'Aquitaine sont les suivants :

- une réduction de 28,5% des consommations énergétiques finales d'ici 2020 par rapport à celles de 2008 ;
- une production des énergies renouvelables équivalente à 25,4% de la consommation énergétique finale en 2020 ;
- une réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2020 par rapport à celles de 1990 ;
- une réduction des émissions de polluants atmosphériques, notamment les oxydes d'azote et les particules en suspension.

Le document d'orientations présente 32 orientations Climat Air Énergie en vue d'atteindre les objectifs 2020 :

- 24 orientations sectorielles « Bâtiment », « Industrie », Agriculture et Forêt », « Transports », « Énergies et Réseaux »
- 8 orientations transversales relatives à l'adaptation au changement climatique et à la qualité de l'air dont des orientations spécifiques pour les zones sensibles.

Les orientations spécifiques au secteur « Bâtiment » sont répertoriées dans le tableau suivant.

	Orientations	Objectifs	Exemples d'indicateurs
OR1	Structurer et appuyer la coordination des acteurs bâtiment / énergie à l'échelle de l'Aquitaine : formation (professionnels et maîtres d'ouvrage), communications.	Sensibilisation et dissémination d'une culture énergie climat pour une prise de conscience généralisée des enjeux. Construction d'un cadre de gouvernance préalable à une démarche partagée et partenariale.	Nombre de professionnels formés.
OR2	Renforcer et développer l'offre d'information indépendante, de conseils et d'accompagnement reconnu par la maîtrise d'ouvrage publique sur les problématiques énergie (audit préalable aux travaux, choix énergétiques, etc.) et qualité de l'air.	Sensibilisation et dissémination d'une culture énergie climat pour une prise de conscience généralisée des enjeux. Approfondissement des connaissances des acteurs du territoire, préalable à une définition adaptée des actions.	Nombre de conseillers énergie.
OR3	Définition et reconnaissance de critères partagés sur les bonnes pratiques ENR/QA : éco conditionnalité dans les marchés publics, bioclimatisme et éco matériaux dans la construction neuve, réglementation thermique et urbanisme, etc.	Déploiement généralisé des actions air énergie climat sur le territoire aquitain.	% des montants d'aides disposant de critères d'éco-conditionnalité.
OR4	Définir et appuyer les initiatives en matière d'ingénierie financière et contractuelle (notamment en matière de précarité	Développement d'outils financiers et juridiques pour réussir le changement	Montant financier alloué aux projets d'efficacité

	énergétique et de grandes copropriétés).	d'échelle.	énergétique.
OR5	Promouvoir les bonnes pratiques individuelles à l'échelle du bâtiment (comptage individuel dans le collectif, domotique, qualité de l'air).	Sensibilisation et dissémination d'une culture énergie climat pour une prise de conscience généralisée des enjeux. Déploiement généralisé des actions air énergie climat sur le territoire aquitain.	Nombre de contacts EIE. Nombre d'appareils performants flammes vertes.

## I.2.2 - PLAN CLIMAT-AIR-ENERGIE TERRITORIAL (PCAET)

Le PCAET est un document de planification qui doit permettre de limiter la vulnérabilité du territoire face au changement climatique en proposant une adaptation de ses politiques. Il est préparé en cohérence avec les objectifs nationaux en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, d'efficacité énergétique et de production d'énergie renouvelable. Ainsi, face à l'urgence climatique qui nous concerne tous, il contribue localement à cet enjeu mondial.

Le PCAET comporte un diagnostic, une stratégie territoriale, un programme d'actions et un tableau de bord de suivi et d'évaluation présentant l'avancement des actions à l'appui d'indicateurs. Le PCAET est également soumis à la réalisation d'une évaluation environnementale stratégique. Cette étude a pour objet de déterminer les impacts des actions du PCAET sur la santé et l'environnement.

Conformément à la loi de Transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015, Bordeaux Métropole est actuellement en train d'élaborer son Plan Climat-Air-Énergie Territorial (PCAET). Le diagnostic qualité de l'air a été publié en août 2018.

A l'heure actuelle, le document référence concernant la planification climatique et énergétique à l'échelle locale reste donc le Plan Climat Energie Territorial (PCET) élaboré par la Communauté Urbaine de Bordeaux (prédécesseur de Bordeaux Métropole). Les principaux objectifs de ce PCET sont d'inscrire la métropole dans une dynamique de développement durable et de réduction des émissions de GES permettant d'atteindre le facteur 4 d'ici 2050.

Les quatre grands domaines d'action retenus sont :

- La promotion d'une nouvelle logique d'aménagement du territoire et d'urbanisme ;
- L'évolution des modes de déplacement ;
- La mise en œuvre d'efforts significatifs de réduction des consommations énergétiques ;
- L'exploitation de tous les potentiels offerts par les énergies renouvelables.

Les efforts à réaliser portent notamment, pour ce qui concerne le projet de renouvellement urbain, sur :

- Une réduction de 66% de la consommation à usages de chauffage et ECS ;
- Une réduction de 50% de la consommation à usage d'électricité spécifique.

Bordeaux Métropole a mis à jour pour la période 2017-2022 son « Plan d'action pour un territoire durable à haute qualité de vie » qui intègre entre autres les enjeux du PCET. Les trois orientations de ce Plan d'action sont :

- Accélérer la transition énergétique ;
- Préserver et valoriser 50% d'espaces naturels et agricoles ;
- Conjuguer solidarités territoriales et bien-être métropolitain.

Les différentes actions de ce Plan d'action qui concernent directement le projet de renouvellement urbain sont :

- Accompagner la rénovation énergétique de l'habitat ;
- Réduire les consommations d'énergie du patrimoine public bâti métropolitain et en service commun ;
- Accompagner la rénovation et réduire la consommation d'énergie de l'éclairage public ;
- Soutenir la rénovation du patrimoine tertiaire ;
- Développer les réseaux de chaleur ;
- Favoriser l'usage du vélo et de la marche ;
- Contribuer à l'adaptation au changement climatique ;
- Accompagner les publics vulnérables.

#### I.2.3 - SCHEMA DE COHERENCE TERRITORIALE (SCOT) DE L'AIRE METROPOLITaine BORDELAISE

Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de l'aire métropolitaine bordelaise, élaboré par le Sysdau, a été approuvé par arrêté préfectoral en date du 13 février 2014 et modifié le 2 décembre 2016.

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) du SCoT définit les trois axes de développement du territoire :

- Faire métropole : un changement d'échelle ;
- Faire métropole autrement : un modèle de développement innovant et créatif ;
- Faire des lieux de projets métropolitains : une métropole au service des territoires.

Les enjeux identifiés qui concernent plus spécifiquement les questions climatiques et énergétiques sont :

- Un parti d'aménagement qui intègre et anticipe les défis environnementaux ;
- Assurer une sobriété énergétique ;
- Préserver durablement les autres ressources dans l'anticipation du changement climatique ;

Le Document d'Orientations et d'Objectifs (D2O) du SCoT aborde la question climatique et énergétique au travers de son axe F – Economiser l'énergie et amorcer la transition énergétique. Cet axe est décliné en quatre objectifs qui ont tout particulièrement à voir avec le projet de renouvellement urbain du quartier de Dravemont :

- Favoriser la sobriété énergétique en maîtrisant les consommations énergétiques du parc bâti et en encourageant le recours aux énergies renouvelables et de récupération ;
- Favoriser la production décentralisée d'énergies renouvelables et de récupération ;
- Développer les réseaux de chaleur en zones denses ;
- Anticiper les impacts « énergie-GES » des opérations d'aménagement et de renouvellement urbain.

#### I.2.4 - PLAN LOCAL D'URBANISME (PLU) DE BORDEAUX METROPOLE

Le PLU de Bordeaux Métropole est un PLU intercommunal dont la première révision (3.1) a été approuvée le 16 décembre 2016 en conseil métropolitain. Il s'applique sur l'ensemble des 28 communes de Bordeaux Métropole, dont Floirac.

Les orientations du PADD du PLU qui ont à voir avec les questions climatiques et énergétiques ainsi qu'avec le projet de renouvellement urbain sont :

- Agir sur la qualité urbaine, en s'appuyant sur le patrimoine et les identités locales :
  - o S'appuyer prioritairement sur les sites de projets et les secteurs déjà bâties mais présentant encore des capacités de développement ;
  - o S'adapter au changement climatique ;
- Concevoir un habitat de qualité dans une agglomération en croissance :
  - o Assurer les besoins en logement d'une agglomération en croissance ;
  - o Développer des actions d'amélioration du parc existant ;
  - o Inciter à une moindre consommation d'énergie dans le parc bâti et au recours aux énergies renouvelables pour participer à la limitation des émissions de gaz à effet de serre.

Le Plan d'orientations et d'Actions (POA) Habitat intégré au PLU et ayant valeur de Plan Local de l'Habitat (PLH) fixe comme objectifs d'encourager la qualité environnementale et énergétique pour les logements neufs, et de poursuivre la réhabilitation du parc locatif public existant, notamment dans les quartiers prioritaires de la ville.

Enfin le règlement de la zone UM12 du PLU, dans laquelle se trouve le quartier de Dravemont, oblige les constructions neuves et celles faisant l'objet d'une réhabilitation importante à se raccorder à un réseau de chaleur classé lorsqu'il existe un, ce qui est présentement le cas : l'intégralité de la zone de projet se trouve dans le périmètre classé du réseau de chaleur des Hauts-de-Garonne, auquel sont déjà raccordées plusieurs constructions existantes.

## **II - IDENTIFICATION DES ENERGIES RENOUVELABLES DISPONIBLES – ANALYSE DES POTENTIALITES DU SITE**

L'identification des différentes énergies renouvelables disponibles sur le site du projet passe par une approche élargie prenant en compte de nombreux types d'énergies renouvelables actuellement disponibles sur le marché, à savoir :

- éolien (petit, grand, moyen, éolien marin),
- énergie solaire :
  - photovoltaïque,
  - thermique,
  - thermodynamique,
- géothermie :
  - de surface : puits provençaux, sur capteurs horizontaux,
  - sur capteurs verticaux,
  - pieux énergétiques,
- aérothermie,
- hydrothermie,
- énergie marine,
- énergie hydraulique,
- bois énergie (biomasse),
- biogaz (résidus agricoles, station d'épuration urbaine, décharge d'ordures ménagères, gaz de récupération de l'industrie),
- récupération de chaleur issue d'un équipement de combustion (incinérateur d'ordures ménagères, de crématorium...),
- récupération de chaleur de l'industrie,
- récupération de chaleur des eaux usées,
- récupération de chaleur des bâtiments (ex : datacenters, centres commerciaux...).

Au vu des caractéristiques naturelles, physiques et géographiques du site, l'approfondissement de l'étude pour plusieurs énergies renouvelables a d'ores et déjà été écarté.

Les énergies renouvelables potentiellement développables, dans un premier temps, sur le site sont regroupées dans le tableau suivant.

**II.1 - TABLEAU DES SOLUTIONS POTENTIELLEMENT APPLICABLES**

Type d'énergies renouvelables	Conditions générales requises pour son développement	Applicabilité au projet
<b>Petit éolien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vent : en règle générale, avec les conditions de rachat actuelles sont économiquement viables à partir d'une vitesse de vent annuelle du site de 6 m/s en moyenne</li> <li>- Relief : les sites à proximité d'obstacles sont à proscrire car les vents y sont trop turbulents</li> </ul>	<b>Applicable</b>
<b>Eolien moyen, grand éolien, éolien marin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contraintes et servitudes</li> <li>- Avis favorable de la DGAC (grand éolien)</li> <li>- Impact visuel</li> </ul>	<b>Ecartée</b>
<b>Energies solaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irradiation solaire annuelle et températures extérieures</li> <li>- Inclinaison et orientation du matériel</li> <li>- Zones d'ombrage : arbres, bâtiments, relief...</li> <li>- Aspects réglementaires : direction générale de l'aviation, PLU, ZNIEFF...</li> <li>- Impact visuel</li> <li>- Contraintes administratives et réglementaires</li> </ul>	<b>Applicable</b>
<b>Géothermie</b>	<p>Selon les technologies :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques propices du terrain et du sous-sol</li> <li>- Nature du sol</li> <li>- Place disponible</li> <li>- Conductivité thermique</li> <li>- Présence d'eau souterraine</li> <li>- Etc...</li> </ul>	<b>Applicable</b>
<b>Aérothermie</b>	Aucune condition particulière requise	<b>Applicable</b>
<b>Hydrothermie</b>	Présence d'une nappe phréatique, d'un cours d'eau, etc.	<b>Applicable</b>
<b>Energie marine</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distance à la mer</li> <li>- Contraintes administratives et réglementaires</li> </ul>	<b>Ecartée</b>
<b>Hydraulique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Débit</li> <li>- Hauteur de chute</li> <li>- Contraintes administratives et réglementaires</li> </ul>	<b>Ecartée</b>
<b>Bois énergie (biomasse)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Besoin énergétique constant</li> <li>- Disponibilité et approvisionnement local</li> <li>- Montage juridique et financier</li> <li>- Etablissement de compte d'exploitation prévisionnel</li> </ul>	<b>Applicable</b>
<b>Biogaz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressource disponible à proximité</li> <li>- Besoin énergétique constant</li> </ul>	<b>Ecartée</b>
<b>Récupération de chaleur issue d'un équipement de combustion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressource disponible à proximité</li> <li>- Besoin énergétique constant</li> </ul>	<b>Ecartée</b>

<b>Récupération de chaleur de l'industrie</b>	- Ressource disponible à proximité - Besoin énergétique constant	<b>Ecartée</b>
<b>Récupération de chaleur des eaux usées</b>	- Présence de la source à proximité - Contraintes administratives	<b>Ecartée</b>
<b>Récupération de chaleur des bâtiments</b>	- Ressource disponible à proximité - Besoin énergétique constant	<b>Ecartée</b>
<b>Récupération de chaleur issue d'Usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)</b>	- Ressource disponible à proximité - Besoin énergétique constant	<b>Applicable</b>

## II.2 - JUSTIFICATION DES SOLUTIONS NON APPLICABLES ET ECARTEES DE L'ANALYSE

Les énergies suivantes ne peuvent être mobilisées à l'échelle de la zone de projet car elles ne sont pas en phase avec les objectifs environnementaux inhérents à celle-ci.

### II.2.1 - EOLIEN (AUTRE QUE LE PETIT EOLIEN)

La commune de Floirac est peu exposée aux vents violents et continus qui permettraient une production lisse.

Le grand éolien présente des éoliennes dont la puissance varie entre 1 MW et 3 MW. Cette puissance est proportionnelle à la surface balayée par les pâles. Les hauteurs de masts sont supérieures à 50 m, et peuvent aller jusqu'à 100 m pour l'éolien terrestre. Cette typologie d'éolienne présente de nombreuses contraintes d'implantation (techniques, paysagères, environnementaux, distance aux habitations, sociaux).

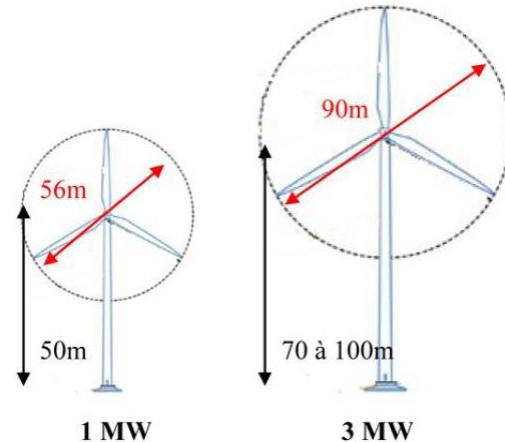
L'éolien dit « moyen » présente des masts entre 20 et 50 m. L'insertion dans le paysage est plus facile, et les contraintes d'implantation moins nombreuses.

Une réglementation très stricte existe sur l'implantation d'aérogénérateurs à proximité des habitations et zones habitées (comme c'est le cas pour le site objet de la présente étude).

L'arrêté du 26 août 2011 concernant les installations ICPE distingue 2 catégories d'éloignements suivant la nature de l'installation :

- Pour les hauteurs de masts supérieures à 50 m, l'article 3 précise que « l'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une **distance minimale de 500 mètres** de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation ».
- Pour les hauteurs de masts inférieures à 50 m, l'article 2 de l'annexe I, détermine une distance L minimale de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010. Cette distance est déterminée en fonction de la hauteur du mât et est détaillée dans l'article référencé. Elle est comprise entre 40 et 500 mètres.

Le seul critère de distance aux habitations et zones habitées permet d'exclure de facto le grand éolien et l'éolien moyen comme énergie renouvelable sur le site du PRU Dravemont.



## II.2.2 - ENERGIE MARINE

La commune de Floirac ne dispose pas d'accès à la mer.

## II.2.3 - HYDROELECTRIQUE

Le fleuve de La Garonne coule au sud et à l'ouest de la zone d'étude. Le fleuve est soumis à un outil de protection réglementaire : Natura 2000. Il s'agit également d'une masse d'eau concernée par le programme de mesure du SDAGE.

Le cours d'eau ne dispose pas d'une topographie et altimétrie favorables à la création de chutes d'eau de hauteur suffisante, nécessaires pour la mise en place d'un système hydroélectrique. Ainsi, cette solution a été écartée.

## II.2.4 - BIOGAZ

Source indisponible à proximité.

## II.2.5 - RECUPERATION DE CHALEUR ISSUE D'UN EQUIPEMENT DE COMBUSTION

Source indisponible à proximité.

## II.2.6 - RECUPERATION DE CHALEUR DE L'INDUSTRIE

Source indisponible à proximité.

## II.2.7 - RECUPERATION DE CHALEUR DES EAUX USEES

La commune de Floirac ne possède pas sur son territoire de station d'épuration. Les effluents sont dirigés vers la station intercommunale de Sabareges, sur la commune d'Ambares et Lagrave, à environ 8 km au nord.

Cette typologie d'énergie renouvelable n'est donc pas mobilisable et applicable au site du projet de renouvellement urbain. En effet, la création des aménagements nécessaires serait trop conséquente.

Elle a donc été écartée.

## II.2.8 - RECUPERATION DE CHALEUR DES BATIMENTS

Source indisponible à proximité.

### **III - RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR / FROID**

L'application de l'article L128-4 du Code de l'Urbanisme inclut l'étude des opportunités de création ou de raccordement à un réseau de chaleur et de froid, soit le plus haut niveau de mutualisation possible.

Un réseau de chaleur et de froid est un système de distribution de chaleur et de froid produit de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production, un réseau de distribution primaire par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire.

#### **III.1 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT**

Un réseau de chaleur et de froid est constitué de quatre éléments distincts :

- **Une chaufferie principale** qui assure la production de chaleur.
- **Un réseau de canalisations** qui relient la chaufferie principale aux bâtiments à chauffer. De l'eau à température élevée (entre 70° et 180° en fonction des techniques mises en œuvre) circule en boucle afin de « livrer » sa chaleur aux différents bâtiments. C'est un circuit fermé, communément appelé réseau primaire. Le plus souvent, il s'agit de réseaux enterrés.
- **Des sous-stations** sont installées dans les bâtiments desservis, où arrive l'eau chaude en provenance de la chaufferie. Dans les faits, une-sous station remplace une chaufferie de bâtiment : ainsi, plus de problème de combustion ni d'entretien de chaudière. Une sous- station comprend un échangeur qui permet le transfert de la chaleur transportée par le réseau primaire à l'eau qui circule dans le circuit de chauffage du bâtiment (appelé réseau secondaire). Après son passage en sous-station, l'eau repart un peu moins chaude puisqu'elle a « livré » une partie de sa chaleur. C'est pourquoi, une fois après avoir desservi l'ensemble des sous-stations du réseau, l'eau revient refroidie à la chaufferie où elle est à nouveau réchauffée. Ces sous-stations peuvent alimenter aussi bien un immeuble d'habitation qu'une école, un équipement public, une usine, des bureaux ou un hôpital.
- **Le réseau interne du bâtiment, ou réseau secondaire** : Une fois réchauffée dans le local technique où se situe la sous-station, l'eau emprunte ensuite les canalisations du bâtiment pour accéder aux radiateurs, aux planchers chauffants et aux circuits d'eau chaude sanitaire.

Un réseau de froid peut être vu comme un réseau de chaleur qui fonctionne en sens inverse : alors que le réseau de chaleur transporte de la chaleur d'une chaufferie aux bâtiments, **le réseau de froid évacue la chaleur des bâtiments** et la transporte jusqu'à un point de rejet dans l'air ou dans l'eau (mer, rivière).

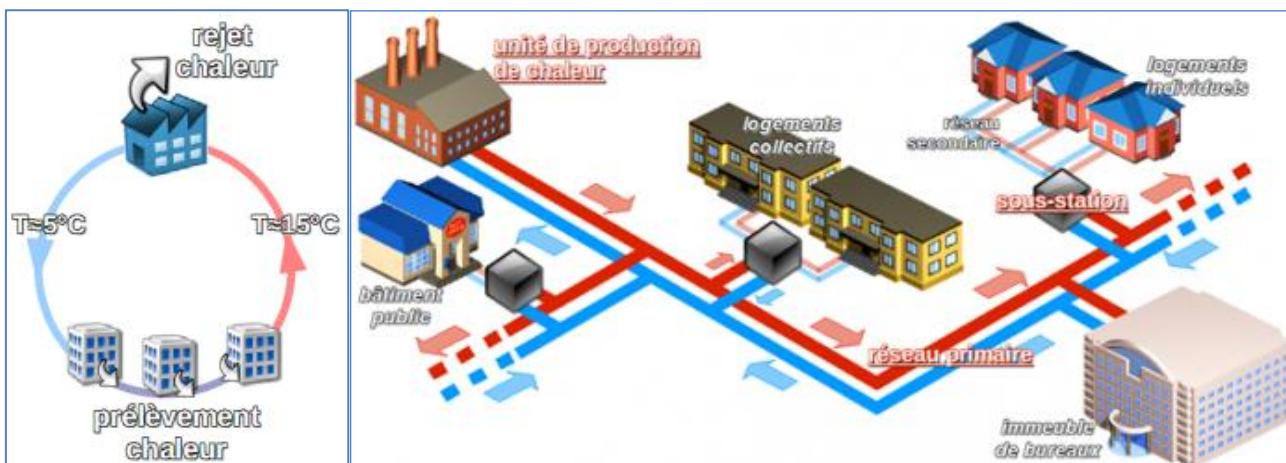


Schéma d'un réseau de chaleur (à droite) et de froid (à gauche)

Les réseaux de chaleur se sont essentiellement développés en France après 1950. Aujourd'hui, ils apparaissent comme un moyen d'utiliser massivement certaines énergies renouvelables comme la biomasse et la géothermie.

Encore peu utilisés, les réseaux de froid disposent d'avantages par rapport aux systèmes de climatisation individuels : impact environnemental moindre, réduction des émissions de gaz à effet de serre, capacité à exploiter des

énergies diversifiées (dont des sources renouvelables et de récupération), suppression des contraintes sur les bâtiments...

Le Syndicat National du Chauffage Urbain (SNCU) recense 761 réseaux de chaleur et 23 réseaux de froid (enquête 2018), dont l'ensemble des installations s'étend sur 5 397 km. Ils desservent environ 2,4 millions d'équivalents-logements, dont 56% dans le secteur résidentiel.

Présents dans les zones urbaines denses, les réseaux sont alimentés aujourd'hui à 56% par des énergies renouvelables et de récupération.

La présence des réseaux de chaleur est plus marquée dans le nord et l'est que dans le sud et l'ouest de la France. Ces disparités régionales peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la rigueur climatique, la densité de population et la présence d'agglomérations importantes.

Les réseaux de froid restent assez peu répandus. Avec 620 MW recensés en 2008, la France est le premier pays d'Europe en puissance installée, devant la Suède. On compte 23 réseaux de froid en France, desservant 80 000 équivalents-logements (894 GWh d'énergie finale) à travers 130 km de canalisations, dans certains quartiers des grandes villes comme Paris, La Défense, Bordeaux, Grenoble, Lyon, Montpellier...

Afin de contribuer aux objectifs de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte promulguée en août 2015, les réseaux de chaleur devront mobiliser à l'horizon 2030, 3,4 Mtep d'énergie renouvelable et de récupération, soit 2,48 Mtep de plus qu'en 2013.

Pour converger vers cet objectif ambitieux, plusieurs actions doivent être menées :

- réalisation de nouveaux réseaux lorsque c'est techniquement et économiquement possible ;
- extension ou densification des réseaux existants, par exemple à l'occasion de projet d'aménagement urbain ;
- le développement des énergies renouvelables et de récupération afin de substituer les énergies fossiles au sein des réseaux existants.

La centralisation des équipements consommateurs d'énergie et sources de nuisances potentielles présente plusieurs avantages par rapport à des systèmes autonomes décentralisés :

- un impact environnemental réduit,
- moins de contraintes sur le bâti,
- du froid et/ou du chaud renouvelable et un système évolutif,
- un système adapté aux zones urbaines denses.

## III.2 - MUTUALISATIONS POSSIBLES

### III.2.1 - AVANTAGES DE LA MUTUALISATION

La qualité et la pérennité de l'approvisionnement en énergie thermique et électrique à l'échelle d'un site n'implique pas seulement le choix du bouquet énergétique, mais aussi le choix du degré de mutualisation des moyens de production.

Une mutualisation maximale doit être recherchée. La mutualisation des moyens de production revêt de nombreux avantages :

- environnemental : c'est le meilleur moyen de mobiliser massivement les énergies renouvelables, car à l'échelle d'un logement ou d'un bâtiment, les coûts et les contraintes d'intégration générés sont souvent rédhibitoires à la mise en place d'une chaufferie bois, à la valorisation de la géothermie profonde ou sur aquifère,
- social : c'est la garantie d'une meilleure stabilité des prix pour l'usager qui n'est pas laissé à la merci d'une hausse importante probable des prix des énergies fossiles dans les prochaines années,
- économique pour l'usager : il n'a que la distribution secondaire à gérer (pas de chaudières individuelles à entretenir),
- technique : la réduction du nombre de générateurs implique une réduction des contraintes d'entretien et de maintenance et favorise la pérennité des performances dans le temps et la continuité de

- fonctionnement,
- stratégique pour la collectivité : couverture des besoins des bâtiments par des énergies renouvelables locales. En retenant le gaz, le quartier serait en effet « condamné » à consommer de l'énergie fossile sur les 50 prochaines années. A noter de plus que, malgré le « bonus » de consommation octroyé, les réseaux qui bénéficient de ce bonus représentent pour les bâtiments raccordés la solution de chauffage la plus vertueuse en termes d'émissions.

Dans la pratique, lors du choix des scenarios à étudier, nous retiendrons les considérations suivantes :

- les pratiques consistant à individualiser les moyens de production thermiques ne sont pas en phase avec les exigences environnementales : la mise en place d'une chaudière individuelle par bâtiment n'est pas la meilleure option ni optimisation,
- le niveau minimum de mutualisation considéré serait donc une chaufferie pour plusieurs bâtiments à la fois,
- en premier lieu, les degrés maximums de mutualisation sont favorisés. Selon les contraintes techniques et économiques de faisabilité, les degrés inférieurs sont étudiés par itération jusqu'à trouver l'optimum,
- le degré optimum de mutualisation est susceptible de varier selon la nature des sources d'énergies disponibles sur le site.

### **III.2.2 - LES DIFFERENTS NIVEAUX DE MUTUALISATION**

Au sens réglementaire, la définition du réseau de chaleur est restrictive ; elle se limite aux installations de production mutualisées dont le producteur de chaleur exploitant la chaufferie est juridiquement distinct des usagers consommateurs de l'énergie thermique.

Il serait dommage de se priver des nombreux avantages liés à la mutualisation des moyens de production dans le cas où la création d'un réseau de chaleur à l'échelle du quartier ne serait pas techniquement et économiquement faisable.

Ainsi, dans le cadre d'une opération d'aménagement, il convient d'étudier l'ensemble des échelles de mutualisation des moyens de production et de valoriser les niveaux les plus élevés.

#### A l'échelle du site :

C'est le niveau maximal de mutualisation. Un réseau de chaleur et/ou de froid vient alimenter la quasi-totalité des bâtiments. A cette échelle, un très large panel d'énergies est valorisable et il est possible de combiner la production de chaleur à une production d'électricité (cogénération) et à une production de froid (tri-génération). Le degré d'évolutivité est grand : une transition énergétique s'effectue uniquement par modification de la chaufferie centrale. Les besoins en maintenance sont réduits et assurés de façon centralisée par un même exploitant.

#### A l'échelle d'un lot :

Les bâtiments d'un même lot seraient alimentés depuis une même chaufferie. On ne parle plus ici de réseau de chaleur au sens juridique mais de chaufferie mutualisée. A cette échelle également, le panel d'énergies valorisables est plus restreint. Il est éventuellement possible de combiner la production de chaleur à une production d'électricité (cogénération). Le degré d'évolutivité est limité : le nombre de chaufferies pénalise les possibilités de transition énergétique et des travaux lourds peuvent être nécessaires. A partir de cette échelle, la chaufferie peut être intégrée à l'un des bâtiments. Les besoins en maintenance sont plus importants puisque le nombre de générateurs est supérieur. La maintenance est assurée par autant d'entreprises qu'il y a de contrats de maintenance.

#### A l'échelle d'un bâtiment :

C'est le niveau minimum de mutualisation que l'on retiendra dans le cas où les degrés précédents se heurteraient à des obstacles économiques ou techniques. On retrouve alors une chaufferie par bâtiment. A cette échelle également, le panel d'énergies valorisables est très restreint. Il est éventuellement difficile de combiner la production de chaleur à une production d'électricité (cogénération) de façon rentable. Le degré d'évolutivité est faible car les possibilités d'évolution des chaufferies individuelles sont quasi-nulles. Les besoins en maintenance

sont très importants car il y a un grand nombre de générateurs sur le site. Les installations étant beaucoup moins techniques, la qualité de la maintenance est plus aléatoire.

### **III.3 - FAISABILITE DE RACCORDEMENT**

Un réseau de chaleur existe au droit de la zone de projet. Il s'agit du réseau de chaleur des Hauts-de-Garonne. Il dessert déjà une partie des bâtiments et logements du quartier de Dravemont.

Le réseau a été construit à partir de la fin des années soixante à l'occasion de la création des Zones à Urbaniser et Priorité (ZUP) sur les communes de Cenon, Lormont et Floirac. La première sous-station a été desservie en 1967 sur la commune de Cenon. Le réseau s'est ensuite étendu au fil des ans sur les communes voisines.

En 1985, le réseau est raccordé à l'Usine d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM), construite sur le site de la chaufferie principale à Cenon. Le fuel lourd, en tant qu'énergie de base servant à alimenter le réseau, est ainsi remplacé par une énergie de récupération en provenance des fours de l'UIOM.

Le service public industriel et commercial du chauffage urbain est confié à la société Rive Droite Environnement (groupement Solval – Dalkia France), depuis 2009 pour une durée de 12 ans, dans le cadre d'un contrat de délégation de service public commun à l'exploitation de l'usine d'incinération. L'exploitation du réseau est subdéléguée à Rive Droite Energie.

Le réseau fonctionne depuis peu en basse pression. L'intégralité des sous-stations a été rénovée, des bouclages et des liaisons de raccordement entre divers secteurs ont été créés, et surtout une chaufferie biomasse, la Chaufferie des Akènes, a été construite.

Le réseau s'étend aujourd'hui sur 23 km et dessert 132 sous-stations, ce qui en fait le plus étendu de l'agglomération bordelaise. Il est alimenté à 71% par des énergies renouvelables ou de récupération (EnR&R), avec un potentiel pouvant aller jusqu'à 85%. Les deux sources d'énergie principales sont l'unité d'incinération des ordures ménagères, dont la présence est garantie au moins jusqu'en 2027, et la chaufferie biomasse des Akènes.

Le renouvellement d'une grande partie des tuyaux, âgés, est envisagée afin d'améliorer la fiabilité du service et la performance thermique globale. Ces travaux seront réalisés dans le cadre du prochain contrat de délégation (à partir de 2021), à l'exception des tronçons les plus dégradés qui ont fait l'objet de travaux dès 2018. Ils s'accompagnent de travaux d'extension du réseau afin de desservir plusieurs projets urbains identifiés, dont le projet de renouvellement urbain du quartier Dravemont fait partie.

Le réseau de chaleur des Hauts de Garonne est en cours de classement. L'intégralité de la zone de projet fait partie de la Zone de Développement Prioritaire n°7. Cela signifie que l'ensemble des bâtiments existants et neufs doivent y être raccordés à court terme (sauf dispenses accordées sur critères économiques).

Il existe de plus une volonté forte de la part du maître d'ouvrage, Bordeaux Métropole, et des bailleurs sociaux, principaux acteurs du projet de renouvellement urbain, d'effectuer l'extension et les raccordements en parallèle de la mise en œuvre du projet.

Le raccordement de l'ensemble des bâtiments du quartier et du projet au réseau de chaleur des Hauts-de-Garonne permettra de couvrir l'ensemble des besoins en énergies renouvelables et de récupération pour la production de chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire).

L'étude de potentialité de développement d'énergies renouvelables supplémentaires pour le quartier de Dravemont et le projet de renouvellement urbain devra donc se porter davantage sur celles permettant de produire de l'électricité pour les autres usages dits « conventionnels » (éclairage, refroidissement, auxiliaires) et les usages spécifiques de l'électricité (électroménager, audiovisuel, informatique, etc.).

## IV - PRECONISATIONS RELATIVES AUX ENERGIES RENOUVELABLES EXPLOITABLES

### IV.1 - PRINCIPE ET APPLICABILITE AU PROJET DES ENERGIES RENOUVELABLES

Cette partie s'attarde sur les usages des énergies renouvelables qui, à ce stade du projet, semblent applicables.

#### IV.1.1 - LE PETIT EOLIEN

##### IV.1.1.1 - Principe

Une éolienne, ou aérogénérateur, est une machine tournante permettant de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie cinétique de rotation, exploitable pour produire de l'électricité.

Le courant produit par l'éolienne est transformé en courant alternatif compatible avec le réseau de distribution par un onduleur, l'électricité peut alors être revendue ou autoconsommée. Une éolienne de faible hauteur peut produire de 500 à 4000 kWh par an, mais sa productivité et donc sa rentabilité sont fortement dépendantes de la vitesse de vent moyenne.

La puissance des petites éoliennes varie entre 0,1 et 36 kW. Le mât est inférieur à 12 m.

Les éoliennes les plus fréquentes sont à axe horizontal, mais il en existe aussi à axe vertical de taille plus réduite pour des installations urbaines. De plus de nombreux types d'éolienne peuvent être disposés directement en toiture sans la mise en place de mâts.



Exemples de petites éoliennes

Sur une échelle globale, les performances environnementales de la filière éolienne sont très intéressantes :

Critères	Commentaires
<b>Durée de vie du gisement</b>	Infini à l'échelle humaine (dépend majoritairement de l'activité solaire)
<b>Capacité du gisement</b>	Plusieurs fois la consommation énergétiques mondiale
<b>Temps de retour en énergie grise</b>	3 à 12 mois
<b>Recyclage des composants</b>	Important
<b>Impact sur le cycle carbone</b>	Faible
<b>Remise en l'état du site</b>	Total
<b>Acceptabilité sociale</b>	Difficultés possibles
<b>Temporalité de production</b>	Discontinue

##### IV.1.1.2 - Applicabilité au niveau du projet

Le Schéma Régional Eolien (SRE) d'Aquitaine a été invalidé en 2015 par le tribunal administratif de Bordeaux. Il n'y a donc aucun SRE en vigueur au niveau de la zone de projet actuellement.

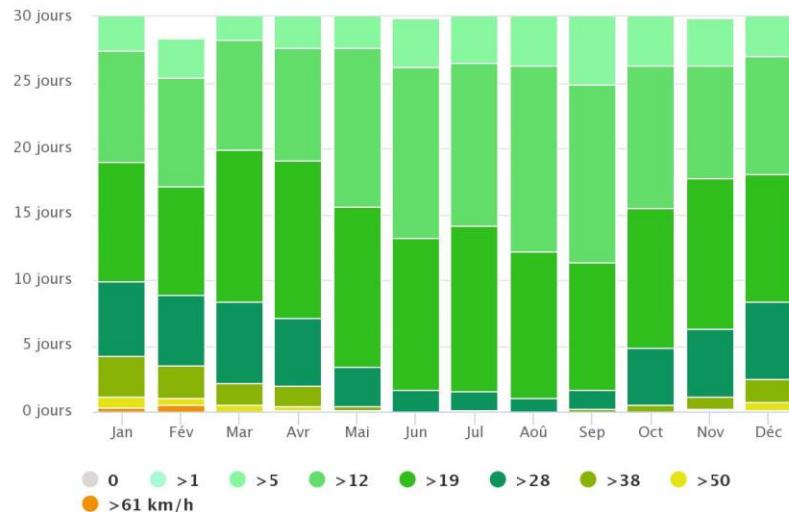
La commune de Floirac est concernée par des vents moyens journaliers compris entre 10 et 15 km/h sur la période 1981 – 2010, avec des moyennes plus importantes en hiver.

Le secteur du projet se trouve dans un contexte global où le développement de l'éolien est peu favorable. Le projet étant implanté en milieu urbain, tous les dispositifs éoliens, autre que le petit éolien, ont d'ores et déjà été exclus.

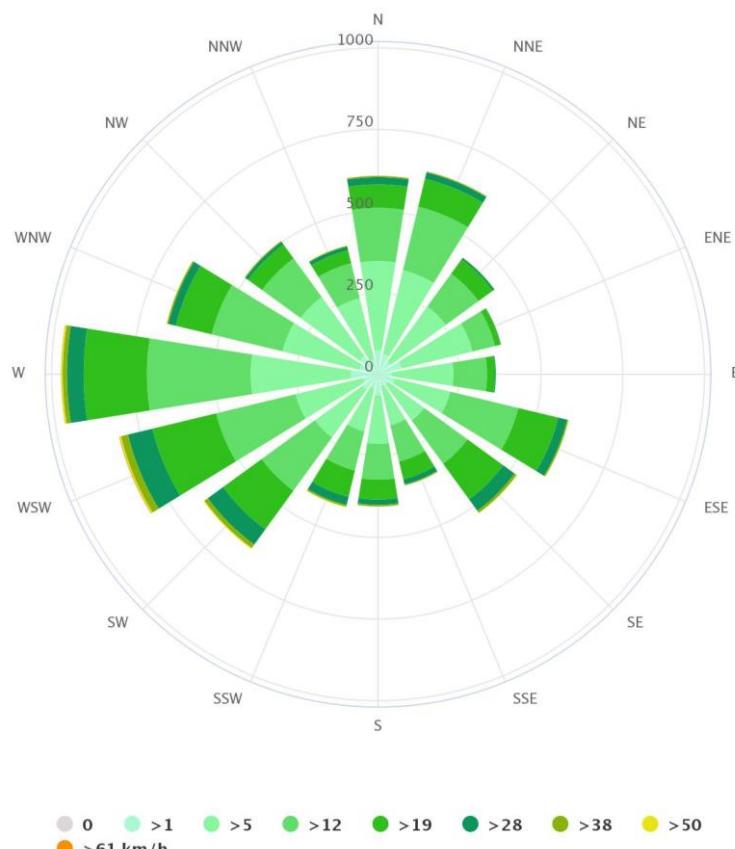
#### IV.1.1.3 - Potentiel de production

De manière technique, le potentiel de production dépend de la vitesse et de la continuité des vents. La commune de Floirac est principalement exposée à des vents d'ouest et de sud-ouest.

Les vents forts, dont la vitesse est supérieure à 50 km/h, soufflent principalement entre décembre et avril. Ils viennent principalement de l'ouest et de l'ouest-sud-ouest. Les vents faibles, les plus courants, viennent aussi principalement de l'ouest et de l'ouest-sud-ouest.



Vitesse du vent (source : climat modélisé meteoblue.com)



Rose des vents (source : climat modélisé meteoblue.com)

A l'échelle de l'aménagement, seules les éoliennes de faible hauteur, inférieures à 12 m, semblent compatibles vis-à-vis des principes d'aménagement et de la gestion des nuisances acoustiques et visuelles. De plus, en dessous de 12 m, les éoliennes peuvent être implantées en toiture ou sur mât.

Seule une campagne de mesures à long terme permettrait de caractériser de façon fiable le régime des vents locaux. Cependant, au regard des données issues de la cartographie du ministère de l'environnement, il apparaît que l'énergie potentiellement disponible, du fait de la mise en place d'éoliennes de moins de 12 mètres, serait de moins de 50 W/m<sup>2</sup> avec une vitesse de vent moyenne inférieure à 15 km/h (soit 4 m/s).

#### IV.1.1.4 - Perspectives de rentabilité

Le potentiel de production des machines inférieures à 12 m est en général compris entre 1 kW et 20 kW. En effet il est plus difficile de prévoir la production électrique des petites éoliennes dans la mesure où les turbulences créées par les obstacles à proximité jouent un rôle majeur.

Le coût moyen d'investissement du petit éolien est élevé du fait du faible niveau d'industrialisation de ce secteur et du faible rendement d'une éolienne entraînant la mise en place d'un plus grand nombre d'unités.

#### IV.1.1.5 - Conclusion

<b>Contraintes et servitudes</b>	Seul le petit éolien et l'éolien en toiture sont envisageables dans le quartier de Dravemont. Le site est déjà impacté par des nuisances sonores issues principalement de la circulation routière et du contexte urbain. Le secteur du projet se trouve dans un contexte global où le développement de l'éolien est peu favorable (vent faible et irrégulier, contraintes paysagères).
<b>Potentiel de production</b>	A la hauteur envisagée, les productions énergétiques ne sont pas importantes.
<b>Retour sur investissement</b>	Le petit éolien ne bénéficie pas d'une industrialisation à grande échelle, ce qui induit un coût d'investissement et donc un temps de retour sur investissement assez défavorable par rapport à d'autres types d'énergies.
<b>Conclusion</b>	L'énergie éolienne n'est pas une solution économique très intéressante, dans le cadre du projet de renouvellement urbain, même si elle est vertueuse d'un point de vue environnemental. <b>Solution non pertinente.</b>

### IV.1.2 - ÉNERGIES SOLAIRES

La valorisation de l'énergie solaire doit se faire dans un premier temps de façon passive. Pour cela l'architecture des bâtiments doit être au maximum bioclimatique.

De manière active, les deux principaux modes d'utilisation de l'énergie solaire sont : le photovoltaïque, utilisé pour produire de l'électricité, et le thermique, utilisé pour produire de l'eau chaude sanitaire, du chauffage ou bien de l'électricité par voie « thermodynamique ».

#### IV.1.2.1 - Principe

##### • **Le photovoltaïque**

Le principe de l'énergie solaire photovoltaïque consiste à transformer en électricité la plus grande partie possible du flux de photons en provenance du soleil.

La production d'électricité photovoltaïque peut être envisagée en surimposition de toiture. Les surfaces propices à la mise en place de panneaux photovoltaïques doivent être orientées au sud et inclinées de 30°.

La production issue du système photovoltaïque peut soit être utilisée directement au fil du soleil, soit être stockée et utilisée à la demande. En effet, des solutions de stockage de l'électricité, permettant de lisser l'injection de l'électricité sur le réseau pourront être mises en œuvre, et ce faisant, doteront le quartier de capacités d'injection

mobilisables en cas de pics de consommation. Cela nécessite donc obligatoirement un stockage grâce à l'utilisation de batteries. Ces dernières impliquent un investissement non négligeable tant en termes d'achat que d'entretien.

De plus la production électrique peut être vendue directement à EDF à des tarifs avantageux.

#### • Le solaire thermique

Le principe de l'énergie solaire thermique consiste à transformer l'énergie reçue par le soleil en chaleur. Avec l'aide fréquente d'une autre énergie d'appoint, cette technique permet de produire de la chaleur pour le chauffage domestique, l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) et la climatisation pour certains procédés industriels.

Le projet de renouvellement urbain prévoit la réhabilitation de 581 logements et la construction de 120 nouveaux logements. Le besoin en chauffage et en ECS est donc significatif.

Le stockage de l'énergie s'effectue dans un ballon d'eau chaude isolé thermiquement. Un local technique peut être nécessaire pour recevoir les équipements.

#### • Le solaire thermodynamique

Tout comme le solaire photovoltaïque, le solaire thermodynamique tire profit du rayonnement solaire pour produire de l'électricité. Mais ces deux technologies la valorisent différemment. Alors que pour le photovoltaïque, le rayonnement solaire est directement converti en électricité, le solaire thermodynamique le convertit en chaleur, puis fait intervenir un organe de conversion électrique.

Précisément, le solaire thermodynamique désigne l'ensemble des techniques visant à transformer l'énergie du rayonnement solaire en chaleur, puis à convertir cette chaleur en énergie mécanique et électrique au moyen d'un cycle thermodynamique moteur couplé à une génératrice électrique (par exemple une turbine et un générateur).

Le solaire thermodynamique se démarque des centrales photovoltaïques par la possibilité de lisser plus facilement la production grâce à un stockage thermique tampon, moins onéreux que les systèmes de batteries.

#### • Performances de la filière

Sur une échelle globale, les performances environnementales de la filière solaire sont très intéressantes :

Critères	Commentaires
Durée de vie du gisement	Infini à l'échelle humaine (dépend majoritairement de l'activité solaire)
Capacité du gisement	Plusieurs fois la consommation énergétique mondiale
Temps de retour en énergie grise	1 à 3 ans selon les techniques
Recyclage des composants	Important
Impact sur le cycle carbone	Correct mais peut varier selon les techniques et le lieu de production
Remise en l'état du site	Totale
Acceptabilité sociale	Large acceptation
Temporalité de production	Discontinue

#### IV.1.2.2 - Conditions requises pour le développement de l'énergie solaire

De manière générale, lors de la mise en place d'un dispositif solaire, qu'il soit thermique, photovoltaïque ou thermodynamique, toute une série de conditions doit être prise en compte :

- l'irradiation solaire annuelle et les températures extérieures ;
- les contraintes d'intégration des panneaux de capteurs,
- les contraintes d'inclinaison et d'orientation,
- les zones d'ombrage,
- le foncier disponible,
- les besoins en eau chaude sanitaire,
- les besoins en rafraîchissement et climatisation,

- les aspects réglementaires,
- l'impact visuel.

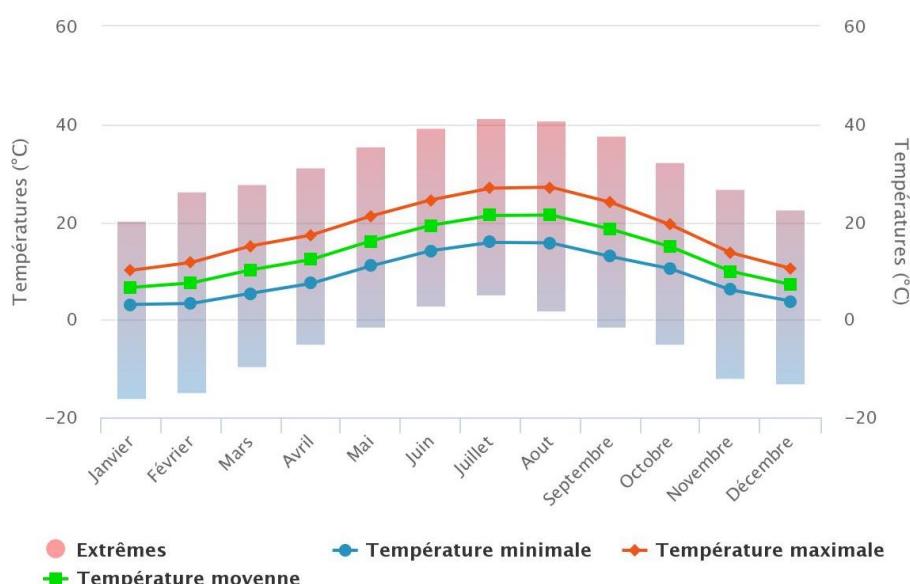
De plus, le développement des énergies renouvelables issues de l'énergie solaire dépend en grande partie des conditions climatiques de la zone d'étude. Les données de températures et d'ensoleillement ci-dessous sont les données disponibles pour la station de Bordeaux Mérignac. Elles peuvent être considérées comme similaires à celles du quartier Dravemont sur la commune de Floirac en raison de leur proximité géographique et de la différence d'altitude non-significative (environ 10 mètres).

#### • Températures et ensoleillement

La température moyenne annuelle établie sur la période 1981 – 2010 est de l'ordre de 13,8°C avec des températures moyennes maximales de 18,5°C (avec un pic en période estivale) et minimales de 9,1°C en hiver.

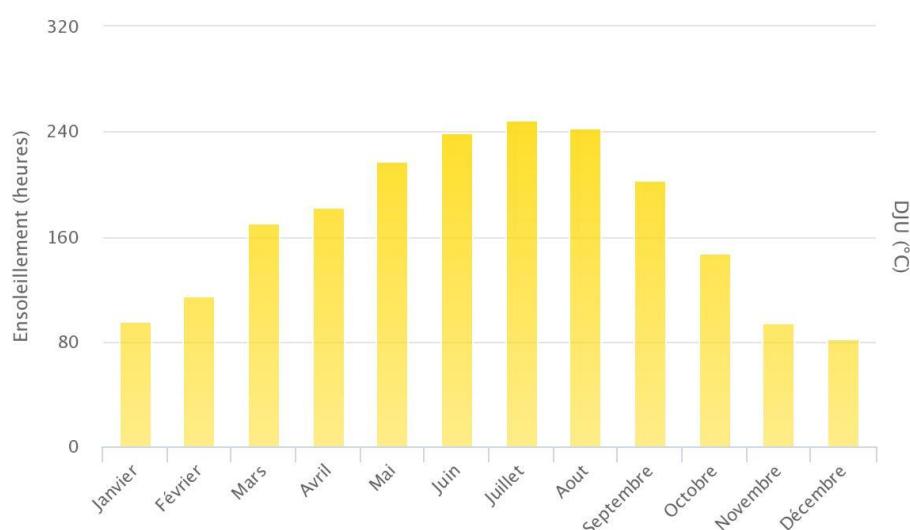
La zone est soumise au gel environ 28,4 jours par an, principalement en hiver.

L'amplitude thermique annuelle est relativement faible, en raison de l'effet d'inertie thermique de l'océan Atlantique qui influe dans la zone de climat océanique.



Températures relevées sur la station de Bordeaux-Mérignac sur la période 1981-2010 (source : Infoclimat)

L'ensoleillement est en moyenne de 170 jours par an. L'ensoleillement maximum se produit de mai à septembre avec un nombre d'heures mensuel variant de 203 à 249.

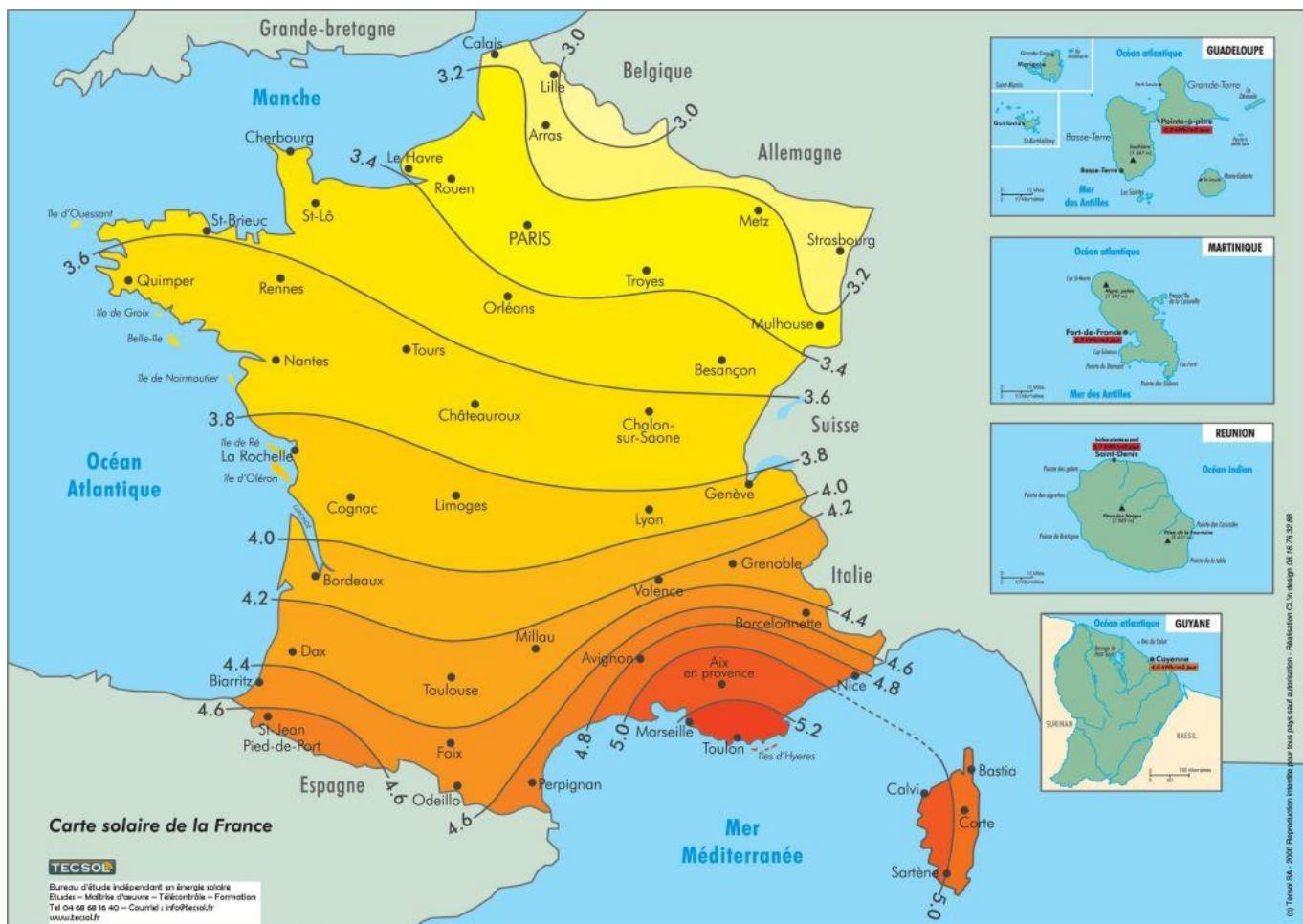


Ensoleillement relevé sur la station de Bordeaux-Mérignac sur la période 1981-2010 (source : Infoclimat)

Le rayonnement global annuel horizontal se situe à 1 373 kWh/m<sup>2</sup> par an, avec une irradiation moyenne de 3,76 kWh/m<sup>2</sup> par jour.

**Irradiation globale cumulée sur un plan horizontal à Bordeaux (source : CALSOL, INES)**

Irradiation	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
Globale (kWh/m <sup>2</sup> cumulés)	39	57	96	145	182	199	210	163	124	80	45	34	1 373



Carte de l'ensoleillement moyen en France en kWh/m<sup>2</sup>/jour (source : TECSOL)

Au-delà des conditions climatiques, le principe des panneaux solaires est fortement lié à des préconisations plus techniques.

- Préconisations architecturales

La pose des panneaux solaires doit intégrer à la fois les principes techniques et les prescriptions paysagères et architecturales.

Une approche paysagère doit être conduite afin de vérifier l'impact des panneaux solaires depuis l'espace public et depuis les points hauts dans le paysage.

Les panneaux solaires doivent bénéficier d'une intégration soignée : incorporés dans la toiture sans surépaisseur et en veillant au parallélisme et à l'alignement des plans et des lignes.

L'exposition sud sera privilégiée, afin d'assurer une bonne efficacité énergétique.

L'implantation sur les différents bâtiments à venir est possible sous réserve d'une bonne conception architecturale. L'absence de reflets sera recherchée.

L'orientation Sud et une inclinaison de 30 à 45° environ par rapport à l'horizontale assurent les meilleurs rendements.

ORIENTATION \ INCLINAISON	0°	30°	60°	90°
EST		93 %	90 %	78 %
SUD-EST		93 %	96 %	88 %
SUD		93 %	100 %	91 %
SUD-OUEST		93 %	96 %	88 %
OUEST		93 %	90 %	78 %

De plus, les capteurs doivent être placés et dimensionnés de manière à ce que l'influence des bâtiments avoisinants et des arbres produisant de l'ombre soit la plus restreinte possible.

Il conviendra d'implanter les bâtiments de telle sorte qu'ils ne masquent pas ou peu les bâtiments adjacents.

#### IV.1.2.3 - Applicabilité au niveau du projet

L'énergie solaire est récupérée grâce à des capteurs intégrés en toiture.

Une étude de faisabilité devra évaluer les capacités de production en fonction des éléments de plan masse et détailler les modalités de mise en œuvre et de gestion du parc de capteurs solaires.

Les bâtiments réhabilités et les nouvelles constructions représenteront une surface de toiture significative pouvant être équipée. Egalelement, les toits des parkings pourraient être aménagés de dispositifs solaires.

- **Potentiel de production**

Les surfaces de toiture des bâtiments des résidences Blaise Pascal Corneille et Jules Verne qui vont être réhabilitées sont d'environ 10 300 m<sup>2</sup>. A ce stade de l'aménagement, les surfaces exactes des nouvelles toitures ne sont pas connues mais peuvent être estimées à environ 12 000 m<sup>2</sup>. Le potentiel de production ne peut ainsi pas être évalué finement.

Concernant le photovoltaïque, au regard des différentes références disponibles (source : <http://www.valsolar.fr/reference.php>), de la surface potentiellement disponible et de l'irradiation solaire du site, la moyenne de production disponible pourrait être de l'ordre de 1 100 à 1 200 kWh/kWc/an.

#### IV.1.2.4 - Perspectives de rentabilité

Selon les technologies, les perspectives de rentabilité sont différentes.

Les coûts d'investissement, les performances des systèmes et les tarifs de rachats de l'électricité produite évoluent très rapidement. Se projeter à moyen et long terme pour évaluer les perspectives de rentabilité d'un projet photovoltaïque est compliqué.

En revanche, le solaire thermodynamique peut être intéressant dans le cadre du projet de renouvellement urbain de Dravemont compte tenu de la tendance haussière du prix de l'énergie dans le futur.

#### IV.1.2.5 - Conclusion

<b>Contraintes et servitudes</b>	Les toitures en pente doivent être favorisées par rapport aux toitures terrasses pour les nouveaux bâtiments, afin d'intégrer au mieux les capteurs au bâti et ainsi pouvoir bénéficier des subventions et aides existantes. Les capteurs doivent être inclinés le plus possible vers les 30°. L'implantation des bâtiments devra être pensée afin de limiter l'impact sur l'ensoleillement des bâtiments voisins.
<b>Potentiel de production</b>	Le potentiel solaire sur le site est important.
<b>Retour sur investissement</b>	Le solaire thermodynamique semble de manière générale la solution technique à privilégier permettant d'assurer une production d'électricité. Le solaire photovoltaïque est également une solution applicable sur site, du fait de la diminution des tarifs de rachat de l'électricité et de l'augmentation du coût de l'énergie en général.
<b>Conclusion</b>	Investir dans les énergies solaires photovoltaïques et thermodynamiques constitue une bonne opportunité pour le projet de renouvellement urbain du quartier de Dravemont du fait de la localisation géographique de la zone et des potentialités d'orientation et d'inclinaison des nouveaux bâtiments. En revanche pour le solaire thermique, le besoin en chauffage est déjà couvert par le raccordement au réseau de chaleur existant. <b>Solution pertinente pour le solaire photovoltaïque et thermodynamique (études complémentaires à mener).</b>

#### IV.1.3 - GEOTHERMIE

La géothermie est une source importante de chaleur renouvelable.

Ses applications sont nombreuses. La principale concerne le chauffage des bâtiments, soit de façon centralisée par le biais de réseaux de chaleur soit de façon plus individuelle par le biais de pompes à chaleur couplées à des capteurs enterrés.

##### IV.1.3.1 - Principe

Dans cette étude, les systèmes envisagés pour l'utilisation de la géothermie sont les suivants :

- **Géothermie de surface : puits provençal et capteurs horizontaux**

Un puits provençal est un échangeur géothermique air-sol à très basse énergie utilisé pour chauffer ou refroidir l'air ventilé dans un bâtiment.

Ce système de gestion passive utilise l'inertie thermique du sol pour traiter l'air qui ventile les bâtiments. L'air ainsi obtenu est plus chaud en hiver et plus froid en été. La température du sol à 2 m de profondeur est d'environ 15° en été et 5° l'hiver.

De manière générale, le principe repose sur le fait que la température du sol au-delà de 2 m de profondeur ne varie que de quelques degrés au cours de l'année (5-15°C), contrairement à la température extérieure (-20 à +34°C). L'air neuf extérieur circule grâce à un ventilateur dans des canalisations enterrées avant d'être insufflé dans le bâtiment. En hiver, l'air se réchauffe au contact du sol. Les besoins de chauffage liés au renouvellement d'air des locaux sont alors limités. En été, l'air extérieur profite de la fraîcheur du sol pour se refroidir.

Forte d'un investissement réduit quand il est réalisé en même temps que la construction du bâti, cette technique convient pour les futurs bâtiments.

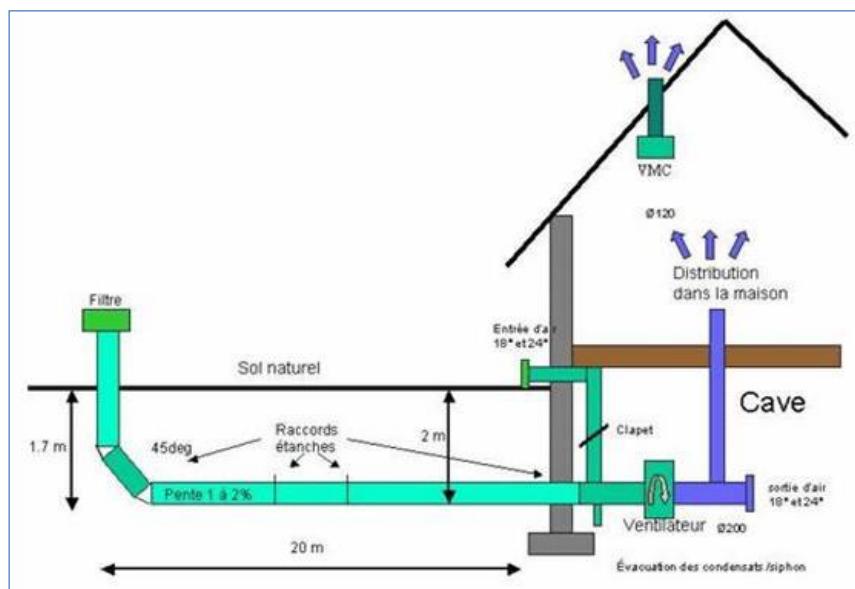


Schéma de fonctionnement d'un puits provençal  
 (Source : <http://www.les-energies-renouvelables.eu/>)

- **Géothermie sur capteurs verticaux**

Le principe de récupération de chaleur est de faire circuler dans des tubes enterrés un fluide qui se chargera de la chaleur du sol pour l'amener à la pompe à chaleur.

Dans le cas d'un capteur vertical, cette chaleur provient, pour une part de la chaleur du sous-sol, et d'autre part de la chaleur solaire stockée dans la couche superficielle. Généralement les capteurs verticaux sont constitués de deux tubes en U, descendant à une profondeur de 100 m environ et parcourus par un mélange eau et antigel (saumure).

La puissance extraite est de 20 à 50 Watt/mètre linéaire de forage en moyenne ce qui correspond à un prélèvement énergétique inférieur à 100 kWh/m/an. Le capteur vertical génère d'excellents rendements puisque à partir de 15 m de profondeur le sol offre une température constante de 10°C quelle que soit la saison. Cette installation est préconisée pour les petits terrains. Par exemple, 2 sondes de 70 mètres de profondeur chauffent ou rafraîchissent une maison de 150 m<sup>2</sup>.

La géothermie sur capteurs verticaux est adaptable pour les bâtiments à destination d'activités tertiaires et artisanales.

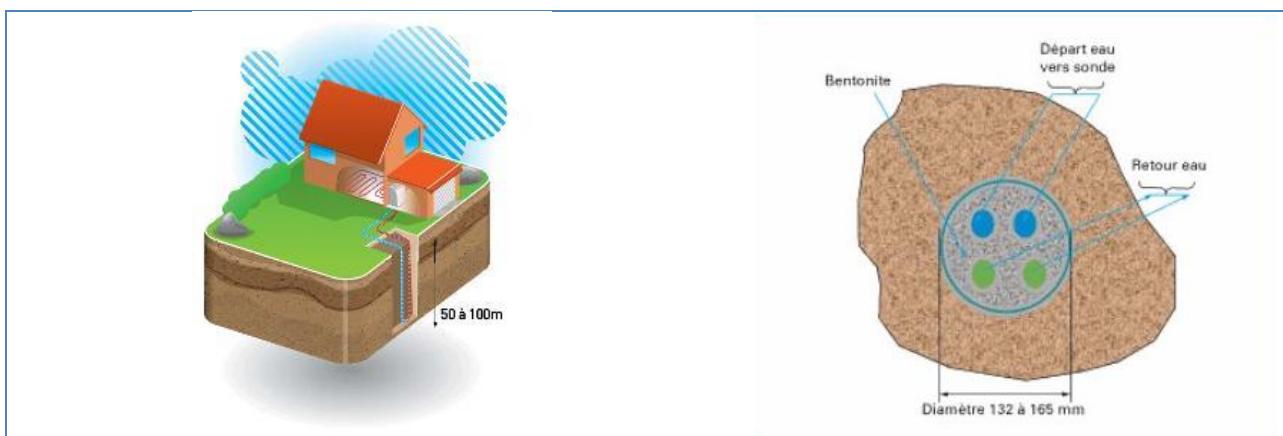
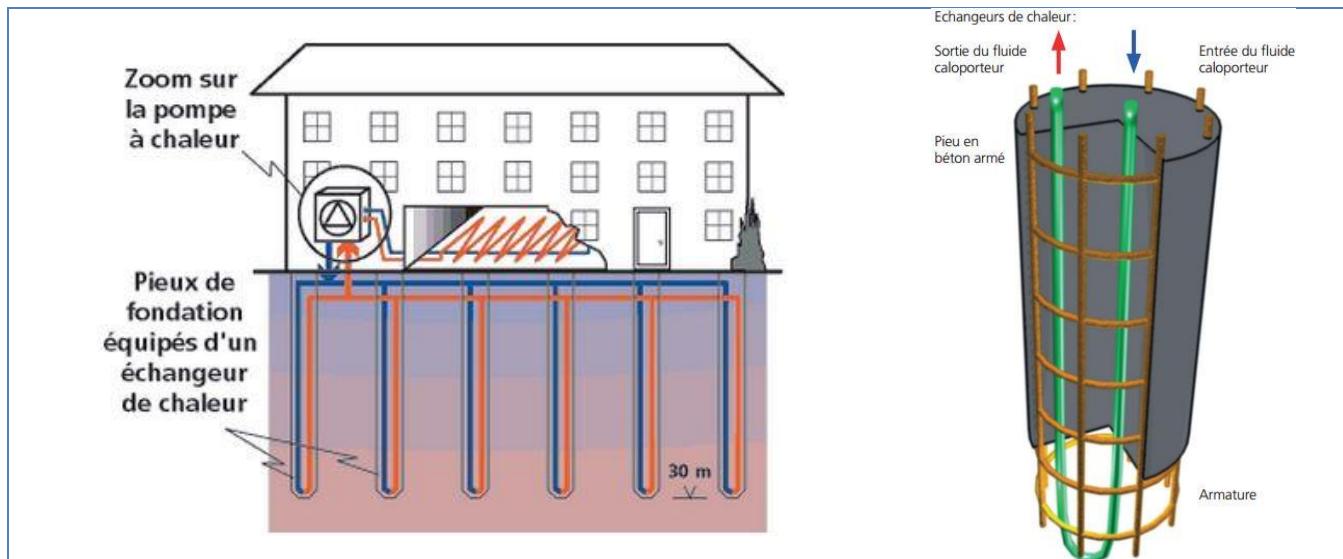


Schéma de géothermie sur capteurs verticaux  
 (Source : Géothermie de surface, P. Laplaige, J. Lemale)

- **Géothermie sur pieux énergétiques**

Les pieux énergétiques sont tout d'abord des géostructures, c'est-à-dire des ouvrages mis en place dans le sol ou en contact avec lui. Ce sont les fondations d'un bâtiment lorsque la portance du sol est trop faible. Les pieux en béton armé sont généralement d'un diamètre de 0,4 à 1,5 m et atteignent une longueur de quelques mètres à plus de 30 m de longueur. Un pieu énergétique est un pieu de fondation équipé d'un tube ou réseau de tubes de manière à pouvoir échanger de la chaleur avec le terrain. Il assure donc une double fonction : celle de reporter en profondeur les charges d'un terrain et celle d'échangeur de chaleur avec le terrain.



**Schéma d'un bâtiment sur pieux énergétiques**

(Source : Géothermie de surface, P. Laplaige, J. Lemale)

- **Performances de la filière**

Sur une échelle globale, les performances environnementales de la filière géothermique sont très intéressantes :

Critères	Commentaires
<b>Durée de vie du gisement</b>	Infini
<b>Capacité du gisement</b>	Elevé (dépend de la régénération des sols-nappes)
<b>Temps de retour en énergie grise</b>	Correct
<b>Recyclage des composants</b>	Correct mais les fuites de fluides frigorigènes sont nocives pour l'environnement
<b>Impact sur le cycle carbone</b>	Dépend de la nécessité ou non d'une énergie d'appoint
<b>Remise en l'état du site</b>	Totale
<b>Acceptabilité sociale</b>	Large acceptation
<b>Temporalité de production</b>	Continue

#### IV.1.3.2 - Conditions requises pour le développement de l'énergie solaire

- **Géothermie de surface : puits provençal et capteurs horizontaux**

Le dimensionnement peut varier en fonction de :

- la nature du sol,
- la nature du tuyau,
- la localisation géographique,
- du volume du bâti à ventiler.

La conception d'un tel ouvrage doit également prendre en compte la place disponible pour l'installation des conduites, du type de ventilation installée et d'une bonne évaluation du débit d'air nécessaire en fonction des saisons.

Une étude thermique se justifie pour éviter un mauvais dimensionnement et des investissements financiers inappropriés.

De manière générale, la surface de terrain utilisée pour la mise en place de la géothermie de surface doit être entre 1,5 et 3 fois supérieures à la surface chauffée.

De plus des distances minimales entre le réseau et les obstacles (arbres, bâtis, réseaux souterrains...) sont à respecter limitant le potentiel de déploiement sur site.

Globalement la création d'une pompe à chaleur horizontale nécessite de passer en revue certaines contraintes de mise en place :

Typologie	Contraintes
<b>Profondeur d'enfouissement</b>	Entre 1 et 1,5 m, les tubes doivent être espacés d'au moins 40 cm les uns des autres
<b>Eloignement des réseaux électriques</b>	1,5 m minimum
<b>Eloignement des arbres</b>	2 m minimum
<b>Eloignement des ouvrages (puits, fondation, fosses septiques)</b>	3 m
<b>Humidité du sol</b>	Risque de gel
<b>Perméabilité du sol</b>	Sol perméable au-dessus du capteur
<b>Risque de desséchement du sol et de création d'espaces entre le sol et les tubes</b>	Granulométrie adaptée
<b>Surface disponible sans construction ou terrassement</b>	Maximiser les espaces disponibles

#### • Géothermie sur capteurs verticaux et pieux énergétiques

Le développement des capteurs géothermiques verticaux fiables, durables et respectueux de l'environnement, doit tenir compte de plusieurs facteurs liés à l'utilisation du sous-sol.

Pour cela le foreur, unique opérateur responsable dans ce domaine, doit justifier de :

- une bonne connaissance de la réglementation générale et locale,
- une bonne connaissance préalable du sous-sol,
- l'utilisation d'équipements adaptés,
- des méthodes de travail permettant d'assurer une prestation rigoureuse et de qualité.

Le rendement et le dimensionnement d'un tel système diffère selon la nature du sous-sol.

Le tableau suivant (*Source : Géothermie de surface, P. Laplaige, J. Lemale*) représente la puissance thermique qu'il est possible d'extraire selon la nature du sol, ainsi que la longueur de sonde à installer selon chaque typologie afin d'obtenir 1 kW de puissance thermique pour un COP de 3,5.

De plus, l'humidité naturelle du sol améliore la conductivité thermique et la présence d'eau souterraine et aussi un vecteur d'amélioration de la puissance de production.

En ce qui concerne la géothermie sur pieux : la résistance thermique des pieux, leurs dimensions et leurs espacements est à prendre en compte.

Nature du sous-sol	Conductivité thermique (W/m.K)	Puissance d'extraction (W/m)	Longueur de sonde (COP de 3,5) (m/kW de puissance)
Gravier, sable, sec	0,4	<20	>36
Gravier, sable, aquifère	2	60	11
Argile, limon, humide	1,7	35	19,5
Calcaire massif	2,8	52,5	13
Grès	2,3	50	11
Granite	3,4	60,5	12
Basalte	1,7	45	16,5
Gneiss	2,9	65	13

Le COP (Coefficient de Performance) représente la performance énergétique de la pompe à chaleur fonctionnant en mode chauffage. Il correspond au rapport entre l'énergie utile (chaleur restituée pour le chauffage) et l'énergie consommée (facturée) pour faire fonctionner la pompe à chaleur.

#### IV.1.3.3 - Applicabilité au niveau du projet

- **Géothermie de surface : puits provençal et capteurs horizontaux**

La consommation de surface au sol doit être en adéquation avec la surface de plancher prévue, cependant en raison des différents aménagements et de la présence future de nombreux végétaux, la surface au sol disponible pour l'installation d'une technique de géothermie de surface est trop restreinte.

Consommation de surface au sol trop importante.

- **Géothermie sur capteurs verticaux et pieux énergétiques**

Présence d'un sous-sol composé de sables argileux et de graviers très adéquats à la géothermie sur capteurs verticaux.

Mais cette solution répond à un besoin de chauffage déjà couvert par le raccordement au réseau de chaleur urbain.

#### IV.1.3.4 - Conclusion

Contraintes et servitudes	Les procédés géothermiques sur capteurs horizontaux consomment trop d'espace du point de vue d'un projet situé en centre-ville. Les procédés géothermiques sur capteurs verticaux sont potentiellement éligibles. Cependant il conviendra de confirmer ces informations et de les développer.
Potentiel de production	La géothermie à captage vertical est intéressante mais les couts du forage peuvent se révéler rédhibitoires.
Retour sur investissement	Les temps de retour sur investissement sont globalement inférieurs à 10 ans mais cela dépend grandement du cout des forages.
Conclusion	La géothermie à captage horizontal est trop consommatrice d'espace. La géothermie à captage vertical paraît très intéressante mais les coûts de forage pourraient être prohibitifs et le besoin en chauffage est déjà couvert par le raccordement au réseau de chaleur existant. <b>Solution non pertinente.</b>

#### IV.1.4 - AEROTHERMIE

##### IV.1.4.1 - Principe

La pompe à chaleur d'un système aérothermique peut être soit air/air soit air/eau.

Elle吸absorbe les calories présentes naturellement dans l'air extérieur. Elle les utilise pour atteindre la température désirée en eau chaude ou eau froide selon les besoins de chauffage ou de rafraîchissement (air/eau) ou elle utilise ces calories pour chauffer l'air intérieur.

Une pompe à chaleur utilisant le principe de l'aérothermie préleve de la chaleur naturelle présente dans l'air (même en hiver).



Schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur air/eau

(Source : <http://www.ciat.fr/>)

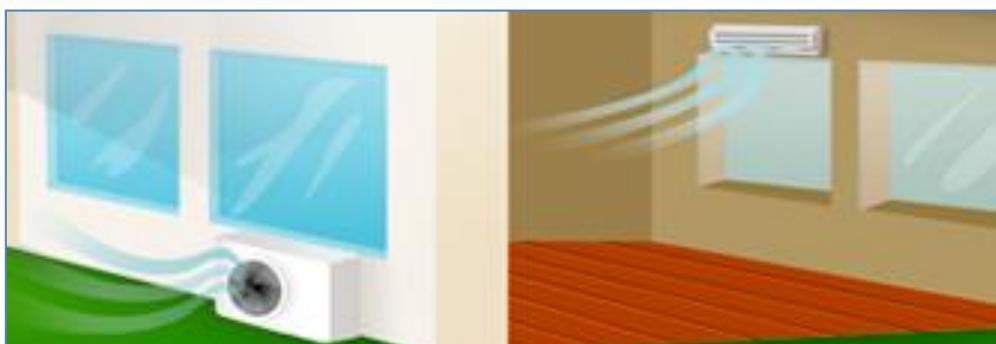


Schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur air/air

(Source : <http://www.quelleenergie.fr/>)

Sur une échelle globale, les performances environnementales de la filière géothermique sont très intéressantes :

Critères	Commentaires
Durée de vie du gisement	Infini
Capacité du gisement	Moyen
Temps de retour en énergie grise	Correct
Recyclage des composants	Correct mais les fuites de fluides frigorigènes sont nocives pour l'environnement
Impact sur le cycle carbone	Dépend de la nécessité ou non d'une énergie d'appoint
Remise en l'état du site	Totale
Acceptabilité sociale	Bonne, possible problématique du bruit
Temporalité de production	Continue, mais faible l'hiver

#### IV.1.4.2 - Applicabilité au niveau du projet

Le développement de cette technique sur le site de Dravemont est possible. Elle n'implique pas de gros travaux et ne nécessite aucune autorisation administrative.

Son installation et son utilisation sont très simples, et elle est plus économique qu'un système de chauffage par des convecteurs électriques traditionnels.

Cependant il présente des inconvénients tels que le bruit et la rentabilité énergétique. En effet, la pompe à chaleur air capte les calories dans l'air ambiant, son rendement est dépendant de la température extérieure. Ainsi, dans le cas de basses températures, en dessous de 3°C, le système devient moins performant, et pourrait éventuellement nécessiter un chauffage d'appoint.

Sur la commune de Floirac, les températures descendent sous 0°C en moyenne 28,4 jours par an, principalement durant la période hivernale.

Egalement, selon le niveau de gamme de la pompe à chaleur, elle peut être plus ou moins bruyante. Il est donc nécessaire d'en étudier l'emplacement afin de limiter voire éviter les problèmes de voisinage.

#### IV.1.4.3 - Conclusion

<b>Contraintes et servitudes</b>	Les procédés aérothermiques ne sont pas soumis à des contraintes particulières.
<b>Potentiel de production</b>	Potentiel de production relativement bon malgré une diminution des performances en hiver.
<b>Retour sur investissement</b>	Seules les PACX air/eau font parties des installations éligibles pour l'obtention d'un prêt à taux zéro.
<b>Conclusion</b>	La solution serait applicable mais le besoin en chauffage est déjà couvert par le raccordement au réseau de chaleur existant. <b>Solution non pertinente.</b>

### IV.1.5 - HYDROTHERMIE

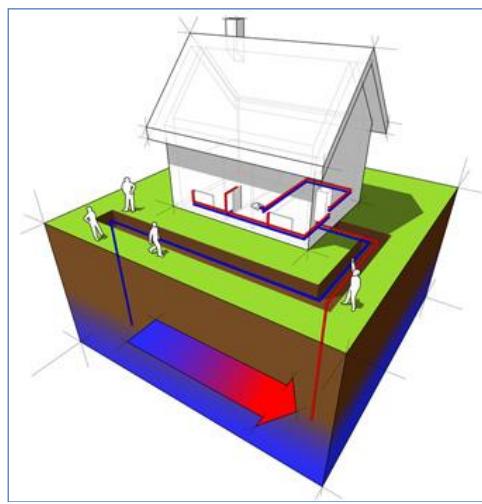
#### IV.1.5.1 - Principe

La pompe à chaleur hydrothermique extraie la chaleur de l'eau. La chaleur est puisée d'une nappe phréatique ayant une température suffisante et constante, à hauteur de 7 à 12 degrés. Dans d'autres cas, l'eau peut être puisée d'un lac, un cours d'eau, ou d'un puits se trouvant à une distance raisonnable.

Il existe deux modes de captages de l'énergie hydrothermique :

- hydrothermie à un seul forage : un seul forage est nécessaire pour le prélèvement de l'eau de la nappe. Une fois les calories nécessaires prélevées, cette eau est rejetée en surface (dans une rivière, réseau d'eaux pluviales...) ;
- hydrothermie à deux forages : bien que plus coûteux, ce système consiste à réinjecter l'eau dans la nappe phréatique après le prélèvement des calories.

L'installation d'un système à deux forages est généralement conseillée, l'un pour puiser l'eau et l'autre pour retourner l'eau à sa source afin d'éviter qu'elle ne se tarisse. En effet, un seul forage oblige à faire une boucle avec du liquide frigorigène, avec un risque de fuite préjudiciable pour l'environnement. Le risque de tarir la source de calories est également à prendre en compte.



**Schéma du principe de fonctionnement de l'hydrothermie**  
(Source : <http://www.geothermique.fr/>)

Sur une échelle globale, les performances environnementales de la filière hydrothermique sont très intéressantes :

Critères	Commentaires
<b>Durée de vie du gisement</b>	Infini
<b>Capacité du gisement</b>	Elevé (dépend de la régénération des sols-nappes)
<b>Temps de retour en énergie grise</b>	Correct
<b>Recyclage des composants</b>	Correct mais les fuites de fluides frigorigènes sont nocives pour l'environnement
<b>Impact sur le cycle carbone</b>	Dépend de la nécessité ou non d'une énergie d'appoint
<b>Remise en l'état du site</b>	Totale
<b>Acceptabilité sociale</b>	Large acceptation
<b>Temporalité de production</b>	Continue

#### IV.1.5.2 - Conditions requises pour le développement de l'hydrothermie

Pour un fonctionnement optimal du système d'hydrothermie, certaines conditions doivent être réunies :

- il est impératif que la nappe se situe en dessous ou à proximité du bâtiment,
- la température de l'eau de la nappe phréatique doit être de 12°C au minimum,
- la profondeur de la nappe ne doit pas excéder les 100 m,
- être certain d'obtenir un débit suffisant tout au long de l'année.

#### IV.1.5.3 - Applicabilité au niveau du projet

L'applicabilité du projet dépend de la présence d'une nappe phréatique accessible avec un débit exploitable et une composition physicochimique adaptée. L'eau issue de la nappe doit être réinjectée sans altérer le milieu source. Les contraintes de réinjections sont donc à étudier.

L'**hydrothermie** est exploitée dans le chauffage des bâtiments. L'installation hydrothermique est constituée de capteurs disposés à la verticale qui conduisent l'eau vers la pompe et des émetteurs de chauffage (plancher chauffant, radiateurs...) qui répartissent la chaleur.

Une nappe peu profonde est présente sous le site de Dravemont et peut constituer une source d'énergie.

Le coût d'investissement est conséquent (jusqu'à 13 000 euros pour un système en double forage) mais les frais d'entretien sont faibles (environ 150 euros par an).

#### IV.1.5.4 - Conclusion

Contraintes et servitudes	Les procédés hydrothermiques sont potentiellement éligibles au crédit d'impôt si le rendement COP est inférieur à 3 pour une température de 5°. Il existe une contrainte réglementaire : il faut faire des démarches administratives pour modifier les sous-sols et le chantier doit être réalisé par une entreprise agréée. Le déploiement de cette technique dépend de la présence d'une nappe phréatique adaptée.
Potentiel de production	L'hydrothermie est intéressante mais les couts du forage sont élevés.
Retour sur investissement	Les temps de retour sur investissement sont globalement inférieurs à 10 ans mais cela dépend grandement du cout des forages.
Conclusion	L'hydrothermie paraît intéressante mais les couts de forage pourraient être prohibitifs. De plus, le besoin en chauffage est déjà couvert par le raccordement au réseau de chaleur existant. <b>Solution non pertinente.</b>

#### IV.1.6 - Bois ENERGIE (BIOMASSE)

##### IV.1.6.1 - Principe

Le bois-énergie désigne l'utilisation du bois en tant que combustible, employé sous différentes formes : plaquettes forestières, produits connexes de scierie, produits bois en fin de vie, granulés, bûches, dans des installations domestiques, industrielles ou collectives.

Suivant les objectifs de consommation, plusieurs types d'installation sont possibles.

La ressource en bois peut provenir soit :

- de la forêt,
- des entreprises telles que les scieries,
- des centres de recyclage de bois en fin de vie ou de bois urbains.

Le développement en bois énergie est issu d'une volonté de trouver de nouveaux débouchés pour le bois des forêts tout en répondant aux enjeux du développement des énergies renouvelables. Le bois allie économie du coût de la ressource, écologie du fait du circuit d'approvisionnement court, et social par la création d'emplois locaux du fait du développement de cette filière.

Sur une échelle globale, les performances environnementales de la filière Bois Energie sont très intéressantes :

Critères	Commentaires
Durée de vie du gisement	Infini à l'échelle humaine si la gestion du gisement est bonne (dépend de l'activité solaire)
Capacité du gisement	Plusieurs fois la consommation énergétique mondiale
Temps de retour en énergie grise	Très bon
Recyclage des composants	Manque de données
Impact sur le cycle carbone	Nul si le gisement est proche
Remise en l'état du site	Totale si reboisement
Acceptabilité sociale	Large acceptation
Temporalité de production	Continue si l'approvisionnement en matières premières est effectué

#### IV.1.6.2 - Applicabilité au niveau du projet

- **Potentiel**

La ressource en bois est très importante en Gironde et dans le département voisin des Landes. La sylviculture est une activité importante dans ces territoires.

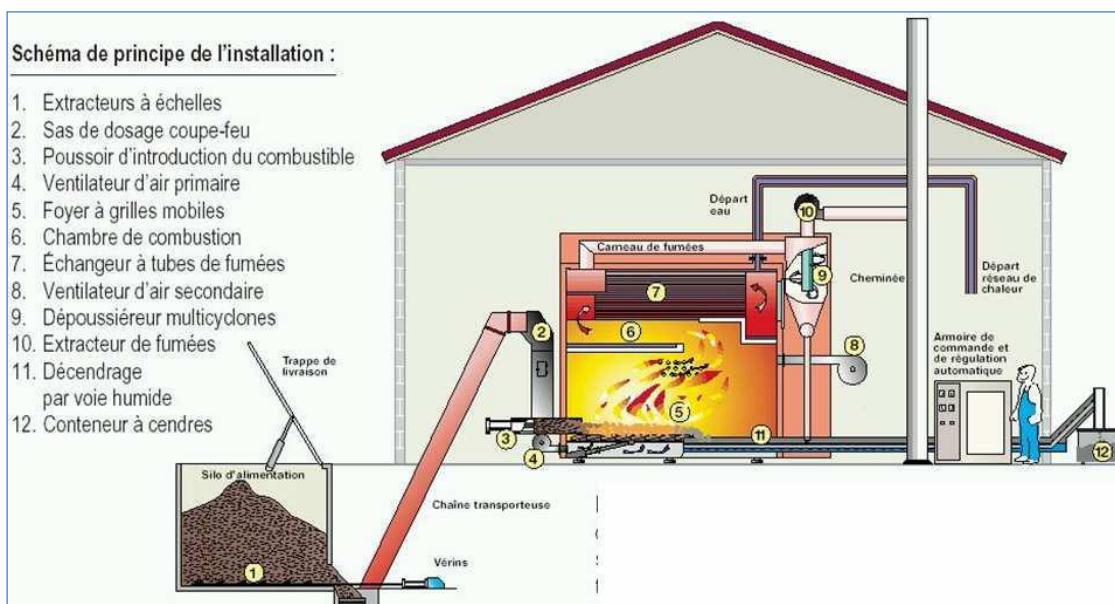
- **Pérennité et conflit**

La pérennité de ce dispositif est liée à la pérennité de l'approvisionnement.

La valorisation énergétique du bois entre en conflit avec les industries lourdes. Le bois d'œuvre doit notamment être favorisé car il apporte plus de valeur ajoutée, d'emplois, et enferme plus longtemps le carbone. Mais lors de sa transformation ou en fin de vie, il produit du bois énergie, la rivalité entre les deux utilisations est donc faible.

- **Mobilisation**

Le réseau de chaleur des Hauts-de-Garonne auquel la zone de projet va être entièrement raccordée fournit une partie de son énergie à partir de l'exploitation de la filière biomasse par la Chaufferie des Akènes à Lormont. Le bois énergie est donc déjà mobilisé sur la zone d'étude et son utilisation va être généralisée.



#### IV.1.6.3 - Conclusion

<b>Contraintes et servitudes</b>	Sans objet.
<b>Potentiel de production</b>	La ressource est disponible dans les départements de la Gironde et des Landes et le potentiel de production est conséquent.
<b>Retour sur investissement</b>	Les temps de retour sur investissement sont globalement inférieurs à 10 ans.
<b>Conclusion</b>	Le réseau de chaleur auquel la zone de projet va être raccordée exploite déjà la filière biomasse via la Chaufferie des Akènes à Lormont. <b>Solution déjà en application via le réseau de chaleur existant.</b>

#### IV.1.7 - RECUPERATION DE CHALEUR ISSUE D'USINES D'INCINERATION DES ORDURES MENAGERES (UIOM)

##### IV.1.7.1 - Principe

La thermolyse, ou combustion, est la principale méthode utilisée pour le traitement des déchets ménagers. Elle produit :

- d'une part de la chaleur, provenant surtout de la combustion des gaz dégagés par les ordures portées à haute température,
- d'autre part un combustible très chargé en impuretés et de faible pouvoir calorifique.

Dans un procédé voisin, le combustible solide est brûlé en fin de processus dans la même enceinte, les fumées de combustion servant à chauffer les matières dans la première partie du processus.

Une usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) est composée d'un four pour la combustion, d'une chaudière pour la récupération de la chaleur, d'un système de traitement des fumées. Une fosse de réception récupère les ordures ménagères et un grappin porte ces matières dans une trémie qui alimente le ou les fours.

La technique la plus employée est celle du four à grille : les ordures sont déposées sur la partie haute d'une "grille" légèrement inclinée, faite de barreaux jointifs dont les mouvements les uns par rapport aux autres assurent à la fois un retournement et un brassage des matières et une lente translation de celles-ci vers la partie basse de la grille. De l'air passe à travers les barreaux, assurant la combustion des ordures ménagères. La partie non brûlée est éteinte à l'eau : c'est le mâchefer d'où l'on extrait les parties métalliques.

Les fumées, dont la température est de 900°C au moins et peut atteindre 1 500°C dans les grosses installations, doivent être refroidies à 200°C pour pouvoir être traitées. Cette partie de combustion est complétée par une installation de traitement des fumées pour les débarrasser de leurs cendres volantes (avec un électrofiltre) et des substances polluantes.

L'association Amorce et l'ADEME estiment que le rendement du four et de la chaudière est de l'ordre de 75% et peut atteindre 80%.

La combustion des déchets fournit de la vapeur à 20, 30 ou 40 bars. Celle-ci pourra actionner une turbine "à condensation" pour la production du maximum possible d'électricité ou bien, par un échangeur, donner sa chaleur à un réseau de chaleur ou à un industriel. Elle pourra également être employée en "cogénération", c'est à dire produire de l'électricité dans une turbine à contre-pression qui la laisse à une pression de 3 à 10 bar et à une température suffisante pour alimenter un réseau de chaleur. A partir de la vapeur, le rendement énergétique de la production de chaleur seule est alors de 95%, celui de la production d'électricité seule de 25 à 30 %, fonction de la taille de l'unité, et celui de la cogénération de 80 %.

Critères	Commentaires
<b>Durée de vie du gisement</b>	Infini à l'échelle humaine (dépendant toutefois de la production de déchets et de leur traitement par incinération)
<b>Capacité du gisement</b>	Elevée (dépend de la charge de l'incinérateur et de la récupération du combustible issu de la thermolyse)
<b>Temps de retour en énergie grise</b>	Très bon
<b>Recyclage des composants</b>	Manque de données
<b>Impact sur le cycle carbone</b>	Correct si récupération de l'ensemble des fumées et chaleur dégagées
<b>Remise en l'état du site</b>	Totale
<b>Acceptabilité sociale</b>	Large acceptation
<b>Temporalité de production</b>	Continue si l'approvisionnement en matières premières est effectué et dépend du taux de saturation de l'incinérateur (combustible issu de la thermolyse) et du type d'incinération

Ce type de valorisation énergétique mis en œuvre dépend de la taille de l'usine mais aussi de son contexte d'implantation, en particulier de l'existence ou non d'un utilisateur à proximité pour absorber la chaleur fournie tout au long de l'année.

L'UIOM concernée doit avoir été construite sur un modèle de récupération de chaleur, permettant le raccordement d'un réseau de canalisations pour acheminer la chaleur. En 2010, sur les 129 UIOM, 114 sont équipées d'un système de récupération d'énergie et/ou de chaleur. Mais seulement 30% des déchets municipaux sont traités par incinération.

Le coût moyen d'incinération de déchets est de 94 € TTC par tonne en 2010, en incluant la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP). 80 % des installations ont des coûts qui se situent entre 60 € et 120 €.

La valorisation d'une tonne de déchets peut permettre de produire jusqu'à 500 kWh d'électricité (en valorisation d'électricité seule) ou 1 700 kWh de chaleur (en valorisation thermique seule). Les déchets issus de 7 familles (après tri) assurent le chauffage et l'eau chaude sanitaire d'une famille. Les déchets issus de 10 familles assurent l'électricité d'une famille (hors chauffage).

#### IV.1.7.1 - Applicabilité au niveau du projet

##### • **Mobilisation**

Une UIOM est présente à proximité immédiate de la zone de projet sur la commune de Cenon au nord. La principale source d'énergie du réseau de chaleur des Hauts de Garonne, auquel la zone de projet va être intégralement raccordée, est la récupération de chaleur issue de la combustion des ordures ménagères au niveau de cette usine d'incinération.

##### • **Perspectives**

Le développement de la prévention, la systématisation des collectes séparées et l'élargissement des consignes de tri orientant davantage de déchets vers la valorisation (recyclage, compostage, etc.) permettront de diminuer drastiquement la part de déchets ménagers résiduels envoyés en incinération et stockage.

A l'inverse, une part croissante de déchets combustibles pré-triés disposant d'un fort potentiel énergétique (déchets non recyclables refusés par les collectes séparatives ou issus d'une installation de tri de déchets industriels ou de traitement mécano-biologique) sera disponible.

Enfin, la révision de la réglementation sur le stockage (directive en cours de révision, travaux au niveau français) pourrait progressivement fixer certains critères d'admissibilité des déchets en stockage, notamment un pouvoir calorifique maximum.

Les UIOM sont donc susceptibles de voir évoluer le pouvoir calorifique des déchets qu'elles traitent, soit à la hausse si ces fractions à haut pouvoir calorifique y sont incinérées, soit au contraire à la baisse si ces fractions sont valorisées énergétiquement dans d'autres types d'installations.

#### IV.1.7.1 - Conclusion

<b>Contraintes et servitudes</b>	Sans objet.
<b>Potentiel de production</b>	La ressource est disponible et le potentiel de production est conséquent.
<b>Retour sur investissement</b>	Manque de données
<b>Conclusion</b>	Le réseau de chaleur auquel la zone de projet va être raccordée exploite déjà source d'énergie via l'UIOM de Cenon. <b>Solution déjà en application via la réseau de chaleur existant.</b>

## IV.2 - SYNTHESE ET PRECONISATIONS

### IV.2.1 - TABLEAU DE SYNTHESE

Le tableau ci-dessous présente les différents types d'énergies renouvelables hiérarchisées par pertinence pour le site du projet de renouvellement urbain.

Type d'énergie	Pertinence
<b>Récupération de chaleur issue des UIOM</b>	Pertinente ( <i>raccordement au réseau de chaleur</i> ) <i>Filière prioritaire</i>
<b>Bois Energie</b>	Pertinente ( <i>raccordement au réseau de chaleur</i> ) <i>Filière prioritaire</i>
<b>Solaire photovoltaïque et thermodynamique</b>	Pertinente ( <i>étude à mener</i> ) <i>Filière secondaire</i>
<b>Aérothermie</b>	Ecartée <i>Filière non retenue</i>
<b>Géothermie</b>	Ecartée <i>Filière non retenue</i>
<b>Hydrothermie</b>	Ecartée <i>Filière non retenue</i>
<b>Solaire thermique</b>	Ecartée <i>Filière non retenue</i>
<b>Petit éolien</b>	Ecartée <i>Filière non retenue</i>

Aucune étude supplémentaire n'est à mener concernant le réseau de chaleur puisque son extension et son raccordement sont déjà pris en compte et planifiés par le maître d'ouvrage.

Des études complémentaires seront à mener ultérieurement pour conforter le potentiel de mobilisation de l'énergie solaire photovoltaïque et/ou thermodynamique.

### IV.2.2 - PRECONISATIONS POUR LA FILIERE SECONDAIRE

Les premières préconisations concernant la réduction d'utilisation d'énergie sur le quartier de Dravemont passent par une bonne efficacité et sobriété énergétique des bâtiments. Cependant certains conseils peuvent être édictés afin d'optimiser la production énergétique sur l'emprise du projet selon les types d'énergies mobilisables.

Type d'énergie	Préconisations d'aménagement
Solaire	<p>L'énergie solaire est intéressante sur le secteur.</p> <p>La meilleure implantation pour des panneaux solaires est une orientation sud avec une inclinaison d'environ 30°. Une orientation sud-est ou sud-ouest est acceptable mais moins efficace. L'inclinaison peut être plus proche de l'horizontale, cependant la technologie des panneaux solaires devra être adaptée au rayonnement diffus.</p> <p>La solution la plus rentable énergétiquement est de prévoir des pans de toitures adaptés à ces préconisations.</p> <p>De manière générale l'incorporation des panneaux dans le bâti devra être optimale afin de limiter les nuisances visuelles, de promouvoir une bonne qualité architecturale et de pouvoir bénéficier des tarifs de rachat de l'électricité les plus avantageux si le choix du photovoltaïque était fait.</p> <p>La disposition des bâtiments sur le terrain et entre eux devra être réfléchie, tout comme l'implantation des sujets végétaux, afin d'éviter la création de zones d'ombres.</p>

## **V - CONCLUSION**

Le raccordement de l'intégralité de la zone de projet au réseau de chaleur des Hauts de Garonne, alimenté au trois-quarts par des énergies renouvelables et/ou de récupération (biomasse et chaleur de l'incinération des déchets), permettra de couvrir les besoins en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) pour l'ensemble des bâtiments qui ne sont pas encore raccordés, ou des bâtiments neufs. Le raccordement au réseau de chaleur sera effectué en parallèle de la mise en œuvre du projet de renouvellement urbain

La recherche d'une énergie renouvelable complémentaire permettant de subvenir aux autres besoins énergétiques (électricité pour les besoins dits « conventionnels » et les usages spécifiques de l'électricité) ont porté préférentiellement sur la filière solaire photovoltaïque et/ou thermodynamique, seule ressource qu'il est envisageable de mobiliser en site urbain fortement urbanisé compte tenu des contraintes fortes qui s'appliquent (contraintes réglementaires, peu de réserves foncières disponibles, insertion paysagère, acceptabilité sociale, etc.).

Une étude plus poussée sur le potentiel et la faisabilité de développement de la filière solaire photovoltaïque et/ou thermodynamique, principalement pour les nouveaux bâtiments résidentiels avec toits en pente, sera réalisée par la maître d'ouvrage.