



# Plan Climat Air Energie Territorial de Chartres métropole

## Diagnostic Air Energie Climat

### *2 – Diagnostic des productions et des potentiels de développement des énergies renouvelables et de récupération*

Version finale adoptée



CHARTRES  
MÉTROPOLE



TABLE DES MATIERES

<b>I.</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>5</b>
A.	LE S3RENR.....	5
B.	OBJECTIFS DE LA MISSION .....	5
<b>II.</b>	<b>ETAT DES LIEUX DES EQUIPEMENTS DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION D'ENERGIE</b> .....	<b>6</b>
A.	ENERGIES RENOUVELABLES .....	6
1.	<i>Solaire photovoltaïque</i> .....	6
2.	<i>Solaire Thermique</i> .....	6
3.	<i>Biomasse / bois-énergie</i> .....	6
4.	<i>Eolien</i> .....	7
5.	<i>Hydroélectricité</i> .....	7
6.	<i>Biogaz</i> .....	7
7.	<i>Géothermie</i> .....	7
8.	<i>Usine d'Incinération des Ordures Ménagères</i> .....	8
9.	<i>Bilan actuel de production d'énergie renouvelable</i> .....	8
B.	ENERGIES NON RENOUVELABLES.....	8
<b>III.</b>	<b>ESTIMATION DU POTENTIEL LOCAL EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION</b> .....	<b>8</b>
A.	SOLAIRE .....	9
1.	<i>Définition et contexte</i> .....	9
2.	<i>Méthodologie</i> .....	9
3.	<i>Potentiel de développement de centrales solaires</i> .....	10
4.	<i>Potentiel d'équipement des toitures du territoire</i> .....	11
B.	BIOMASSE .....	13
1.	<i>Définition et contexte</i> .....	13
2.	<i>Méthodologie</i> .....	14
3.	<i>Gisement local</i> .....	15
C.	EOLIEN.....	19
1.	<i>Définition et contexte</i> .....	19
2.	<i>Gisement local</i> .....	19
D.	HYDROELECTRICITE.....	22
1.	<i>Définition et contexte</i> .....	22
2.	<i>Méthodologie</i> .....	22
3.	<i>Gisement local</i> .....	23
E.	METHANISATION .....	23
1.	<i>Définition et contexte</i> .....	23
2.	<i>Méthodologie</i> .....	23
3.	<i>Gisement local</i> .....	24
F.	GEOOTHERMIE .....	27
1.	<i>Définition et contexte</i> .....	27
2.	<i>Méthodologie</i> .....	28
3.	<i>Géothermie très basse énergie</i> .....	28
4.	<i>Géothermie basse énergie</i> .....	29
G.	CHALEUR FATALE INDUSTRIELLE.....	31
1.	<i>Définition et contexte</i> .....	31
2.	<i>Méthodologie</i> .....	31
3.	<i>Gisement local</i> .....	32
H.	BILAN DU POTENTIEL ENR.....	33

<b>IV.</b>	<b>ETAT DES LIEUX DES RESEAUX .....</b>	<b>34</b>
A.	ELECTRICITE .....	34
B.	GAZ .....	35
C.	RESEAU DE CHALEUR.....	35

## I. Introduction

### A. Le S3REN

Suite à la publication du SRCAE de la région Centre, RTE a élaboré en 2013, en accord avec les gestionnaires des réseaux publics de distribution, le schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REN). La construction du S3REN résulte d'une phase de travail itérative avec les services de l'Etat (DREAL) et les acteurs régionaux (gestionnaires de réseau et associations de producteurs).

Le schéma offre sur l'ensemble du territoire des possibilités de raccordement et définit des priorités d'investissements pour accompagner les projets les plus matures à court terme. Le niveau mesuré de la quote-part régionale permet la création des nouvelles capacités nécessaires, tout en respectant les équilibres financiers des projets à venir.

Le SRCAE affiche les ambitions régionales de production d'EnR à l'échéance 2020. L'ambition régionale intégrée dans le S3REN est d'atteindre une puissance de 3 070 MW en 2020 pour l'ensemble des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable, répartis de la manière suivante :

- 2 600 MW de production éolienne,
- 253 MW de production photovoltaïque,
- 217 MW de production issue de biomasse, biogaz ou de centrales hydrauliques.

### B. Objectifs de la mission

Ces éléments de contexte nationaux et régionaux fixent le cadre dans lequel s'insère cette étude. L'étude d'approvisionnement énergétique et de potentiel de développement des énergies renouvelables et de récupération qui va suivre vient compléter ce paysage en identifiant les sources les plus pertinentes à développer au regard du profil énergétique du territoire.

La méthodologie employée ici pour l'évaluation des gisements fera appel aux notions de potentiels théoriques et mobilisables. Le premier correspondant à la quantité d'énergie physique disponible sur le territoire, par exemple le rayonnement solaire incident pour la filière solaire. Le potentiel mobilisable quant à lui, correspond au potentiel considéré comme exploitable compte tenu des différentes contraintes spécifiques qui peuvent être techniques, économiques, environnementales, etc. Ces contraintes sont analysées plus dans le détail avec l'étude de l'Etat Initial de l'Environnement (EIE) et l'Evaluation Environnementale et Stratégique (EES). Cette dernière ne substitue en aucun cas une étude d'impact environnemental préfigurant tout nouveau projet de développement de type énergie renouvelable.

Chacune des filières sera donc étudiée suivant cette logique, afin de déterminer l'intérêt de chacune et d'élaborer une stratégie de développement adaptée aux potentialités du territoire.

## II. Etat des lieux des équipements de production et de distribution d'énergie

### A. Energies renouvelables

Les données sur la production actuelle d'énergie renouvelable sur le territoire proviennent de l'OREGES et peuvent être complétées ou détaillées par les données SOeS (Service de l'Observation et des statistiques) et EXPLICIT.

#### 1. Solaire photovoltaïque

Au 31 décembre 2016, le SOeS révèle que 350 installations photovoltaïques sont raccordées au réseau sur le territoire. Elles représentent une puissance totale installée de 2,71 MW, soit une production d'environ **3,32 GWh/an**, soit la consommation équivalente de 470 ménages sur le territoire, réparties sur la totalité des communes du territoire. Les communes présentant les plus grands nombres d'installations sont présentées dans le tableau ci-après.

Les installations photovoltaïques peuvent être installées soit sur les toitures des bâtiments soit au sol.

TABLEAU 1 : INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES RACCORDEES ET PUISSANCES ASSOCIEES (SOURCE SOES)

Commune	Puissance raccordée (kW)
Champhol	220
Chartres	80
Le Coudray	230
Fresnay-le-Comte	180
Saint-Georges-sur-Eure	210
Sours	210

#### 2. Solaire Thermique

Aucune installation de solaire thermique n'a été répertoriée sur le territoire faute de données récupérables systématiquement.

#### 3. Biomasse / bois-énergie

Plusieurs productions de chaleur à partir de biomasse sont identifiées sur le territoire. On compte d'une part une production importante de chaleur renouvelable issue de la biomasse sur le territoire chez les particuliers (utilisation de bois dans la cheminée, poêle, ou chaudière). Cette production est estimée à 132 GWh en 2015.

Une chaufferie existe également sur la commune de Mainvilliers selon les données 2016 du SOeS, pour une puissance de 8.7 MW soit une production de l'ordre de **36.7 GWh**.

La centrale de cogénération biomasse de Gellainville a été mise en service fin 2018, pour une production de 50 GWh électriques et 70 GWh thermiques. Le gisement est constitué à 70% par des déchets bois. Aussi, les déchets qui alimenteront la centrale proviendront de centres de tri situés dans un rayon maximal de 100 km. Cette centrale représente une vraie opportunité pour le territoire de développer la filière bois-énergie, les reliefs permettant une exploitabilité relativement aisée de la biomasse, et permettant ainsi de maximiser la consommation d'énergie primaire locale.

Une chaufferie biomasse est également prévue par l'usine Novo Nordisk pour leur propre usage, qui produira 23 GWh par an.

La production actuelle de chaleur à partir de biomasse s'élève ainsi à 312 GWh, ce qui en fait la première filière EnR du territoire.

#### 4. Eolien

Selon les données 2016 du SOeS, le territoire compte 6 installations éoliennes, d'une puissance totale de 72 MW, réparties sur les communes d'Allonnes, de Boisville-la-Saint-Père, Dammarie, Francourville, Roinville et Emanville. Cela représente une production d'électricité de l'ordre de **181 GWh/an, soit 39% des besoins en électricité du secteur résidentiel du territoire.**

#### 5. Hydroélectricité

Les données 2016 du SOeS ne recensent aucune production d'électricité qui pourrait provenir d'installation hydroélectrique sur le territoire.

#### 6. Biogaz

Les données 2016 du SOeS ne recensent aucune production de biogaz qui pourrait provenir d'installation de méthanisation sur le territoire.

3 projets de production de biométhane sont cependant identifiés, pour une production projetée de 39 GWh par an.

#### 7. Géothermie

Les données 2016 du SOeS ne recensent aucune production de chaleur ni d'électricité provenant d'opérations de géothermie sur le territoire. Aucune installation de géothermie profonde ou de surface n'est recensée par le BRGM et l'ADEME<sup>1</sup>.

L'OREGES fait cependant état d'une production de 2 GWh en géothermie pour l'année 2016.

Un projet d'installation géothermique est en cours sur le territoire, pour le chauffage du pôle administratif.

---

<sup>1</sup> <https://www.geothermies.fr/viewer/?extent=-48060.0839%2C5924786.9364%2C416065.5518%2C6138810.6156&al=region/CEN>

## 8. Usine d'Incinération des Ordures Ménagères

Le territoire comprend une unité d'incinération d'ordures ménagères, située à Mainvilliers, d'une capacité annuelle de 110 kt/an et qui produit **33 GWh/an d'électricité**.

## 9. Bilan actuel de production d'énergie renouvelable

La production actuelle d'EnR du territoire représente près de **530 GWh/an**, soit 3,9 MWh par habitant. Elle se situe donc au-dessus de la moyenne régionale qui s'élève à 2,9 MWh par habitant.

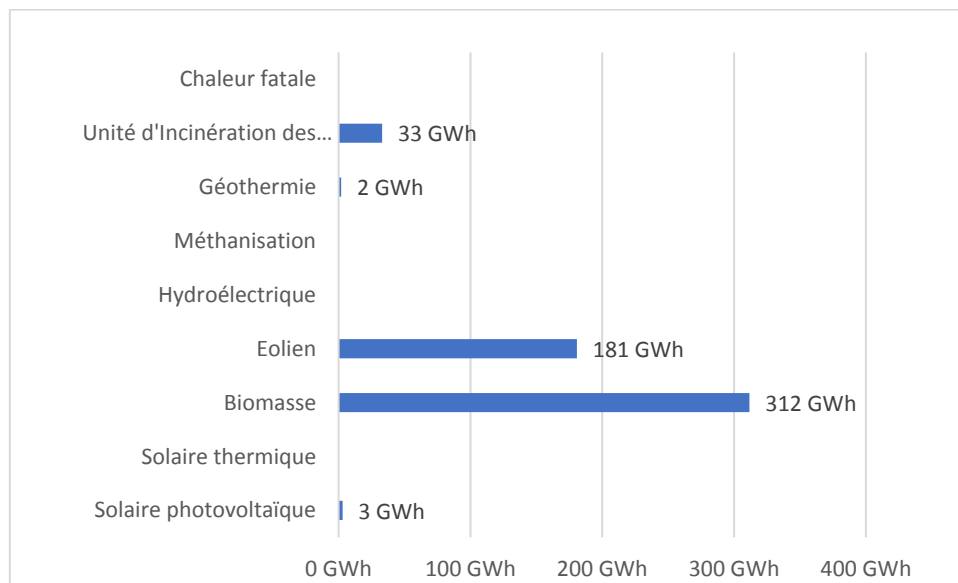


FIGURE 1 : BILAN DES PRODUCTIONS ACTUELLES D'ENR SUR LE TERRITOIRE (GWh)

## B. Energies non renouvelables

Aucune production d'énergie non renouvelable n'est recensée sur le territoire.

## III. Estimation du potentiel local en énergies renouvelables et de récupération

Les potentiels de développement suivants ont été calculés en tenant compte des contraintes du territoire, sans tenir compte des particularités liées à un projet ou une installation. La démarche générale consiste à identifier les zones propices à l'installation pour une filière donnée (par exemple les toitures pour les panneaux photovoltaïques), d'évacuer les zones sous contraintes (par exemple les zones à proximité des routes, des habitations, etc. pour les mâts éoliens), et d'évaluer ensuite le potentiel théorique. Cette évaluation permettra ensuite lors de la stratégie de connaître les forces et faiblesses du territoire, et de définir un objectif de développement pour chacune des filières. Le potentiel présenté est donc un potentiel global, incluant les installations et projets en cours, ce potentiel n'ayant pas vocation à être modifié par chaque nouveau projet sur le territoire.



## A. Solaire

### 1. Définition et contexte

Il existe deux façons de valoriser l'énergie solaire incidente : le thermique (sous forme de chaleur) et le photovoltaïque (production d'électricité). Ces deux méthodes passent par l'installation de capteurs en toitures, ou de centrales au sol pour le photovoltaïque.

Au sein de la filière solaire thermique, deux systèmes peuvent être utilisés, pour une consommation d'énergie directement par le logement :

- Chauffe-eau solaire : production d'eau chaude sanitaire uniquement, pour une couverture des besoins de l'ordre de 60% (environ 5 m<sup>2</sup> pour une habitation de 4 personnes) ;
- Système solaire combiné : production d'eau chaude + chauffage, pour une couverture d'environ 30% à 60% des besoins (environ 10 m<sup>2</sup> pour une habitation de 4 personnes).

Pour le solaire photovoltaïque, il est possible d'injecter l'énergie sur le réseau et de bénéficier du tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque, ou de fonctionner en autoconsommation.

### 2. Méthodologie

#### **Contraintes patrimoniales et environnementales**

Les contraintes réglementaires représentent un frein à l'installation de capteurs solaires. Dans les périmètres de protection autour d'un édifice protégé (55 périmètres identifiés sur le territoire) il est nécessaire d'obtenir l'avis préalable à tout projet de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF). Le territoire compte également 20 172 ha de sites classés et inscrits au code de l'environnement.

Les contraintes de co-visibilité devront être traitées au cas par cas.

Pour les installations au sol, en plus de cela, les contraintes environnementales sont également à prendre en compte, puisque des installations de grandes surfaces au sol peuvent perturber le fonctionnement des différents écosystèmes présents sur le territoire. Les centrales solaires sont donc fortement déconseillées dans les zones suivantes :

- ZNIEFF de types I et II : (Type I) et (Type II) ;
- Zones Natura 2000 ;
- Arrêtés préfectoraux de biotope ;
- Réserves naturelles nationales ;
- Sites classés et inscrits ;

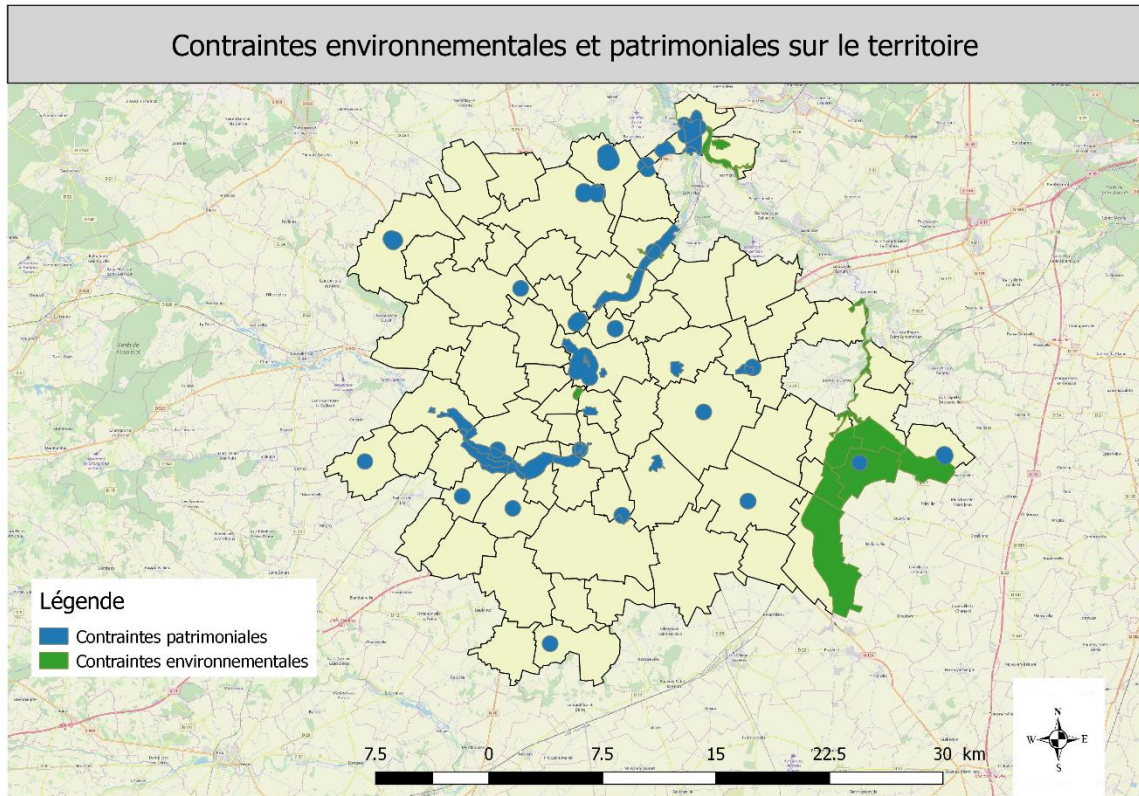


FIGURE 2 : CONTRAINTES A L'INSTALLATION DE CENTRALES SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

### Orientation

Pour l'analyse du potentiel solaire sur toitures inclinées, l'orientation est prise en compte et il est considéré que seules les toitures étant orientées d'Ouest-Sud-Ouest à Est-Sud-Est (c'est-à-dire à plus ou moins 67.5° de part et d'autre du sud) reçoivent un rayonnement solaire suffisant pour accueillir des installations solaires.

### 3. Potentiel de développement de centrales solaires

Le développement des centrales au sol doit se faire sans concurrence avec les espaces naturels et à vocation agricole. La base de données BASIAS qui recense les anciens sites industriels fait état de 37 anciens sites industriels qui n'ont pas été réaménagés, dont certains sont en friche (cf tableau ci-

dessous). Ces sites peuvent être étudiés en priorité pour l'installation de centrales au sol, au même titre que les sites pollués et les anciennes carrières.

Commune	Nombre d'anciens sites industriels non réaménagés recensé dans BASIAS
CHARTRES	14
CHAMPHOL	4
LUCE	4
SAINT-GEORGES-SUR-EURE	3
CHALLET	2
MIGNIERES	2
BAILLEAU-L'EVEQUE	1
COLTAINVILLE	1
GELLAINVILLE	1
LA BOURDINIÈRE-SAINT-LOUP	1
MAINTENON	1
MAINVILLIERS	1
ROINVILLE	1
SOURS	1

#### 4. Potentiel d'équipement des toitures du territoire

##### a) Surfaces utiles

L'analyse du potentiel solaire réalisée ici se base sur l'analyse de tous les bâtiments du territoire qui ne se trouvent pas dans des zones de contraintes patrimoniales. Cela représente donc 31 636 toitures au total. Parmi celles-ci, 9 028, soit environ 29%, sont éliminées car leur orientation n'est pas propice. Les toitures présentant une surface utile inférieure à 5 m<sup>2</sup> sont également éliminées, car jugées trop petites. Ce sont donc au total 22 608 toitures qui sont étudiées.

L'évaluation du potentiel de ces toitures s'appuie sur la détermination de leur type (toitures plates ou inclinées), à partir duquel est déterminée la surface réellement exploitable.

SURFACES UTILES DE TOITURES (m <sup>2</sup> )	
Immeubles	213 072
Maisons	2 987 461
Bâtis industriels	463 845
<b>TOTAL</b>	<b>3 664 378</b>

FIGURE 3 : SURFACES EXPLOITABLES PAR TYPE DE TOITURE

##### b) Quelle répartition thermique/photovoltaïque

#### Capteurs solaires thermiques

La répartition de l'utilisation potentielle des surfaces disponibles entre solaire thermique et photovoltaïque s'appuie sur les hypothèses du scénario NégaWatt, qui prévoit une forte mobilisation du solaire thermique sur le territoire français. En effet, il prévoit plus de 120 millions de m<sup>2</sup> de capteurs thermiques sur les bâtiments, à l'échelle de la France entière.

En extrapolant ce chiffre par rapport au nombre de ménages sur le territoire français (29 millions) et sur le territoire de Chartres métropole (54000) pour l'année 2014 (INSEE), on peut donc faire l'hypothèse que sur le territoire, cela correspond à un objectif d'environ **225 000 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques**, soit 6% des surfaces utiles identifiées. A partir des hypothèses ci-dessous pour la production des capteurs, la production potentielle associée à ces capteurs s'élève ainsi à environ **67 GWh/an**. Cette estimation considère une répartition des capteurs entre immeubles et maisons proportionnelle à la part des surfaces utiles de chacun de ces types de bâti.

TABLEAU 2: PRODUCTION DES CAPTEURS THERMIQUES

HYPOTHESES DE PRODUCTION DES CAPTEURS	
Immeubles	267 kWh/m <sup>2</sup>
Maisons	300 kWh/m <sup>2</sup>
Bâtis industriels	300 kWh/m <sup>2</sup>

→ Ce potentiel représente donc près de 72% des besoins en eau chaude sanitaire actuels du secteur résidentiel.

### Capteurs solaires photovoltaïques

En retranchant ces 225 000 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques à la surface utile totale, cela laisse donc une surface de **3 440 000 m<sup>2</sup>** pour l'installation de capteurs photovoltaïques. Le potentiel associé à cette surface correspond donc à une puissance installable de **378 MW** pour une production potentielle de **332 GWh/an** environ, calculée à partir des estimations de l'INES, prenant en compte l'ensoleillement à Chartres. Cette production se répartit à 266 GWh/an sur maisons individuelles, 20 GWh/an sur immeubles collectifs, et 47 GWh/an sur grandes toitures de type industriel.

TABLEAU 3: HYPOTHESES DE PRODUCTION DES CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUE A CHARTRES (SOURCE: INES)

Estimations CalSol photovoltaïque	
Plat (30°/Sud)	910.4 kWh/kWc
Pentu (35°/-45°)	868.8 kWh/kWc

→ Ce potentiel représente donc 32% des consommations électriques des secteurs résidentiel, tertiaire et industriel.

		Capteurs solaires thermiques	Capteurs solaires photovoltaïques
		Production potentielle (GWh)	
Types de bâti	Immeubles	4	20
	Maisons	63	265
	Bâtis industriels	-	46
	TOTAL	<b>67</b>	<b>332</b>

FIGURE 4 : RECAPITULATIF DES PRODUCTIONS SOLAIRES THERMIQUES ET PHOTOVOLTAÏQUES POTENTIELLES

Etant donné le niveau d'analyse à l'échelle du territoire, nous précisons que les éventuelles ombres portées par la végétation et les bâtiments sur les panneaux solaires ne sont pas prises en compte. L'ombrage sur les capteurs solaires provoque une diminution de la production énergétique. L'intégration de cette contrainte devra faire l'objet d'une étude de détail à l'échelle du projet d'installation.

Ce potentiel théorique est aujourd'hui fortement contraint par le projet de directive de protection et de mise en valeur des paysages pour la préservation des vues sur la Cathédrale de Chartres.

## B. Biomasse

### 1. Définition et contexte

#### Loi de transition énergétique

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) prévoit l'élaboration de deux documents stratégiques pour le développement de la biomasse. Le premier est la Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (SNMB), il s'agit d'un document national, définissant les grandes orientations et actions pour la valorisation de la biomasse à usage énergétique. Le second, le schéma régional de la biomasse (SRB), élaboré à l'échelle de la Région, constitue une annexe au Schéma régional climat air énergie (SRCAE), et doit être élaboré dans un délai de 18 mois suite à la promulgation de la loi TECV, c'est-à-dire en début d'année 2017. Il fixe les orientations stratégiques à l'échelle des territoires, tout en s'articulant avec les stratégies définies par la SNMB ainsi qu'avec les programmes régionaux de la forêt et du bois (PRFB) et les plans régionaux de prévention et de gestion des déchets (PRPGD).

#### Principe et fonctionnement

Le principe de valorisation du bois-énergie est simple : il s'agit de brûler la matière végétale en vue de créer de la chaleur domestique (chauffage et eau chaude). Pour cela plusieurs types d'installations peuvent être utilisés :

- **Chaudières décentralisées ou individuelles**, alimentant un bâtiment (immeuble ou maison) ;
- **Cheminées et poêles au bois**, qui peuvent par exemple être utilisés comme chauffage d'appoint en complément d'un mode de chauffage principal autre ;
- **Chaudières centralisées ou collectives**, alimentées par un réseau de chaleur et desservant plusieurs bâtiments.

Il existe également des installations permettant de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité : la cogénération. Il s'agit, comme précédemment, de produire de la chaleur pour répondre

aux besoins d'un bâtiment, mais également de produire de l'électricité, générée lorsque l'installation produit de la chaleur.

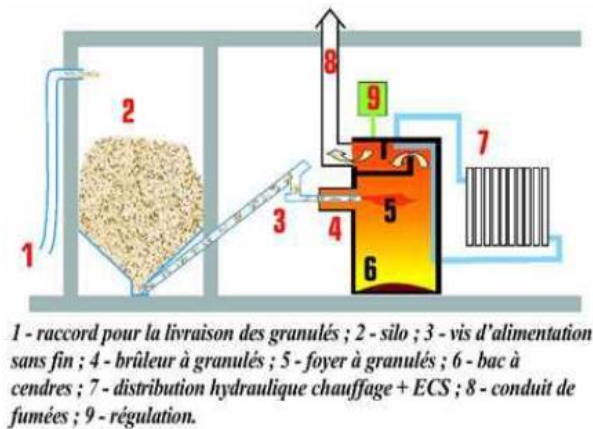


FIGURE 5 : FONCTIONNEMENT D'UNE CHAUDIERE DECENTRALISEE

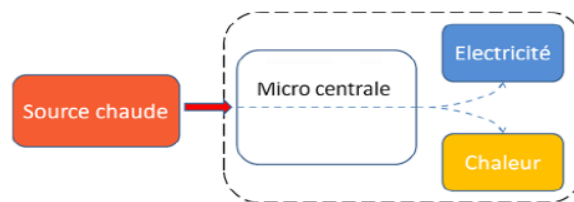


FIGURE 6 : FONCTIONNEMENT D'UNE CHAUDIERE EN COGENERATION

## 2. Méthodologie

Il s'agit dans un premier temps d'identifier les forêts propices à la récolte de bois. Cela nécessite différents croisements et traitements SIG, prenant en compte différentes caractéristiques du territoire :

- Recensement et localisation des forêts présentes sur le territoire et identification du type (feuillus, résineux, etc.)
- Calcul de l'élévation et de la pente du territoire en tout point
- Calcul des distances de débardage par rapport aux routes adaptées au transport du bois récolté

Les données obtenues suite à ces traitements sont ensuite croisées, de manière à associer à tout point de chaque espace boisé un degré d'exploitabilité. Les critères pris en compte pour déterminer ce niveau d'exploitabilité sont les suivants :

Distance de débardage	Pente				
	<15%	15 - 30%	30 - 50%	>50%	
<200m	Exploitable	Exploitable	Exploitable	Exploitable	Exploitable facile Exploitable moyenne Exploitable difficile Exploitable très difficile
200 - 500m	Exploitable	Exploitable	Exploitable	Exploitable	
500 - 1000m	Exploitable	Exploitable	Exploitable	Exploitable	
1000 - 2000m	Exploitable	Exploitable	Exploitable	Exploitable	

FIGURE 7 : CRITERES D'EXPLOITABILITE DES FORETS POUR LE BOIS-ENERGIE

Dans un second temps, il s'agit d'évaluer la production potentielle associée à chaque espace boisé identifié, pour calculer le potentiel total du territoire. Cette estimation prend en compte le type de plantation, et, pour minimiser ce potentiel, seules les forêts jugées facilement exploitables à l'étape précédente sont prises en compte.

Les contraintes réglementaires et environnementales suivantes sont cartographiées :

- ZNIEFF de type 1 et 2 ;
- Zones Natura 2000 ;
- Arrêtés préfectoraux de biotope ;
- Réserves naturelles nationales ;
- Sites classés et inscrits ;
- Sites classés à l'UNESCO.

Le potentiel est calculé à la fois sans ces contraintes, et avec, à titre indicatif. Qu'elles soient en zone protégée ou non, des études d'impacts préalables seront dans tous les cas nécessaires avant de prendre la décision d'exploiter ou non une forêt.

Il conviendra bien sûr de s'assurer au cas par cas par la suite, que les espaces identifiés ne correspondent pas à des espaces boisés déjà en exploitation. Cette information n'étant pas disponible, elle n'a pas pu être intégrée à l'étude présentée.

### 3. Gisement local

Avec **5 186 ha** au total, les espaces boisés représentent environ **6%** de la superficie du territoire (source : Corine Land Cover 2012). Parmi ces espaces boisés, les forêts de feuillus couvrent 5107 hectares et la forêt et végétation arbustive en mutation, jugée non exploitable par la suite, couvre 79 hectares. Ces espaces sont répartis sur le territoire comme indiqué dans la carte ci-dessous.

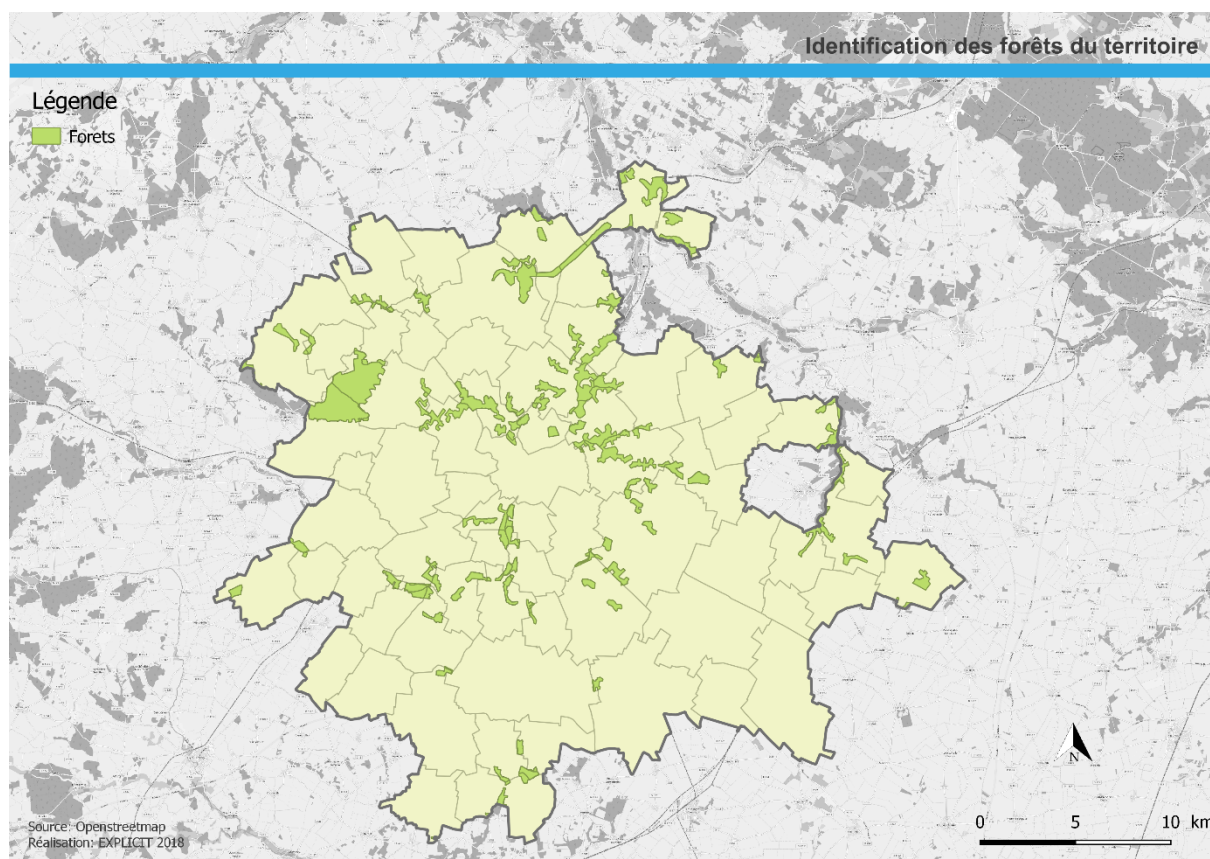


FIGURE 8 : LOCALISATION DES FORETS DU TERRITOIRE

En comptabilisant les contraintes environnementales mentionnées plus haut, nous obtenons une surface sensiblement égale de **4792 ha au total** illustrée ci-dessous :



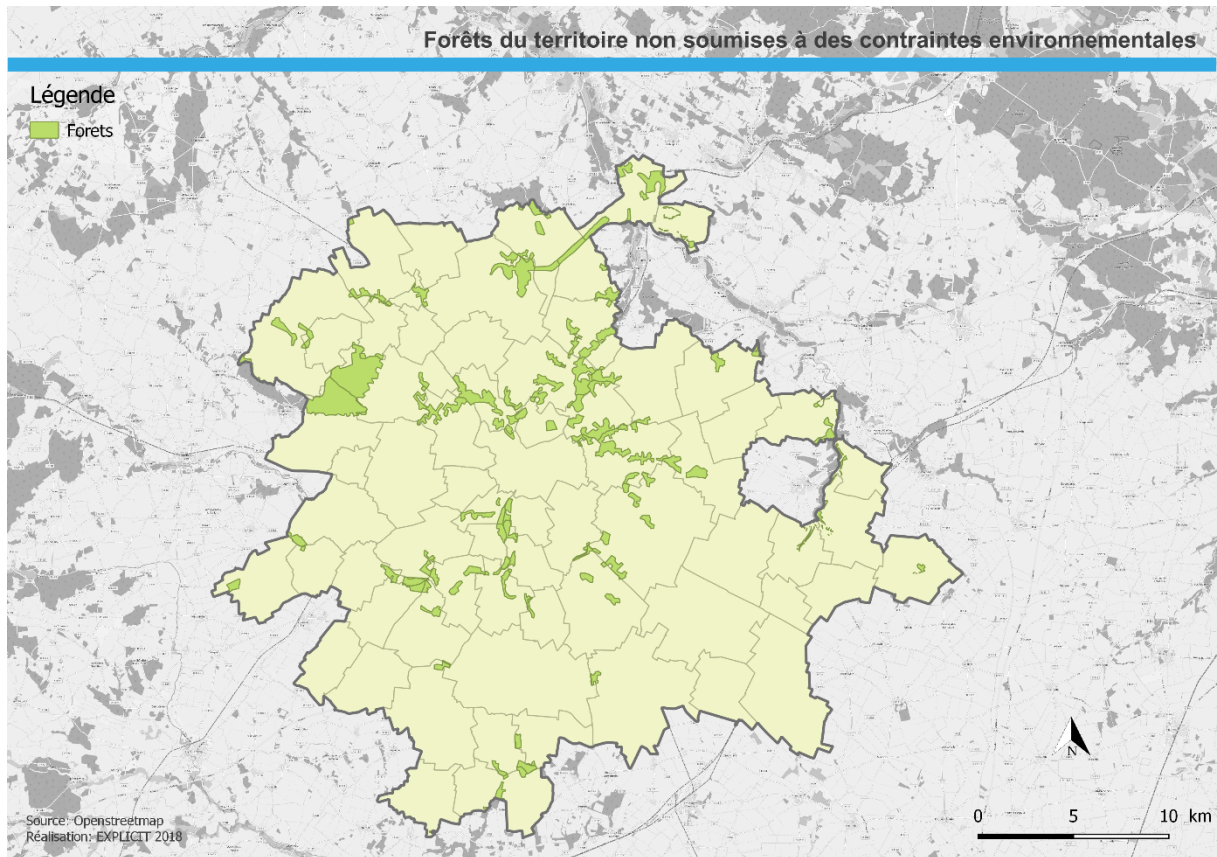


FIGURE 9 : LOCALISATION DES FORETS DU TERRITOIRE NON-SOUMISES A DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Les données d'altitudes ont été utilisées afin de calculer des niveaux de pentes moyens sur le territoire. De manière générale et par rapport aux critères d'exploitabilité énoncés plus haut, la quasi-totalité présente des pentes comprises entre 0 et 15%.

Ces données ont alors été croisées avec les distances de débardage par rapport aux routes.

**Les forêts jugées facilement exploitables couvrent la quasi-totalité du territoire, à l'exception de 0.25 ha de la surface totale des forêts.** L'exploitabilité des forêts du territoire de la communauté d'agglomération de Chartres métropole est facilitée par les faibles reliefs que présente le territoire.

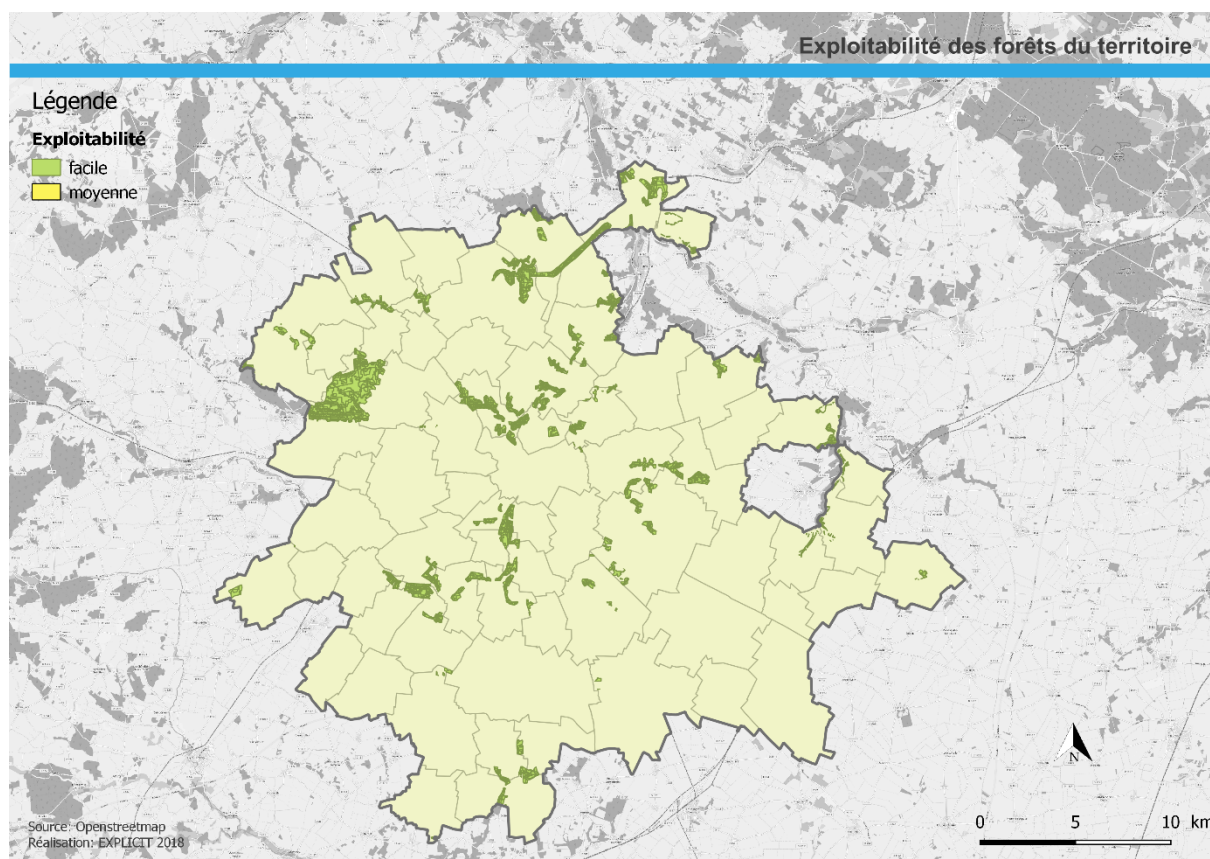


FIGURE 10 : EXPLOITABILITE DES FORETS EN PRENANT EN COMPTE LES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Les facteurs de l’inventaire national forestier sont utilisés afin de déterminer le potentiel énergétique correspondant aux surfaces des forêts. Le territoire ne présente, selon ces inventaires, que des « Feuillus ». Le potentiel de production associé aux forêts facilement exploitables est estimé à environ **38,6 GWh/an** en considérant les contraintes environnementales comme un obstacle à l’exploitation, et à **41,2 GWh/an** environ en les supposant non gênantes.

TABLEAU 4 : RESUME DU POTENTIEL DE LA FILIERE BOIS

		Non prise en compte des contraintes environnementales		Prise en compte des contraintes environnementales	
		Gisement de production des forêts facilement exploitables			
		Surface facilement exploitable (ha)	Production potentielle associée (GWh)	Surface facilement exploitable (ha)	Production potentielle associée (GWh)
Essence	Feuillus	5107	41	4792	39
	Conifères	0	0	0	0
	Mélangées	0	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>5107</b>	<b>41</b>	<b>4792</b>	<b>39</b>

Il existe cependant un gisement important de bois-énergie dans les bois et forêts au niveau régional, et ce potentiel modeste des bois et forêts du territoire de Chartres métropole ne doit pas freiner le développement de projets d’unités de production d’énergie à partir du bois-énergie. Le potentiel de création de nouvelles chaufferies bois est en effet important, en remplacement de chaufferies fioul ou gaz, ou pour la création et l’extension de réseaux de chaleur.

Pour le développement de ces projets, une attention devra être portée sur la qualité de l'air, le bois =- énergie pouvant être source de pollution aux particules fines. Pour cela, il est intéressant de privilégier des projets collectifs, qui permettent l'installation de systèmes de filtres. Pour les installations individuelles, il est intéressant de remplacer les foyers ouverts par des installations plus performantes, qui apportent d'une part un meilleur rendement énergétique, et d'autre part des pollutions moindres.

Le potentiel de développement des chaufferies biomasse n'a pas été chiffré. Cependant, l'objectif régional est de passer de 4,6 TWh de production d'énergie à partir de bois à 10,2 TWh en 2021 et 16,3 TWh en 2050. On peut donc estimer qu'un doublement de la production de chaleur à partir du bois-énergie est possible d'ici 2050 sur le territoire.

## C. Eolien

### 1. Définition et contexte

#### **Loi de transition énergétique**

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte souhaite répondre à plusieurs objectifs pour le développement de la filière éolienne terrestre, notamment la réduction des délais d'autorisation et la simplification des démarches. Pour cela, l'article 145 de la loi TECV prévoit la mise en place d'une autorisation unique, permettant de fusionner en une seule autorisation l'ensemble des autorisations préalables nécessaires à l'implantation d'éoliennes (et installations de méthanisation). Ainsi, le dossier unique comprend à la fois un volet descriptif du projet, une étude d'impact, ainsi qu'une étude des dangers et doit être délivré sous un délai de 10 mois.

#### **Principe et fonctionnement**

Une éolienne, ou aérogénérateur, permet de produire de l'électricité à partir du vent. Le mouvement des pâles transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, puis un générateur transforme cette énergie mécanique en énergie électrique.

Il existe deux types d'éolien :

- Le « grand éolien » ou « éolien industriel », qui correspond à des machines d'une puissance supérieure à 350 kW (généralement 2 à 3 MW) et d'une hauteur de mât supérieure à 80m. Les éoliennes les plus courantes aujourd'hui sont les éoliennes à axe horizontal, c'est-à-dire avec un axe de rotation horizontal avec des pâles tournants dans le plan vertical. L'éolienne est ensuite reliée au réseau électrique via des câbles souterrains, pour injecter cette énergie électrique sur le réseau. Nous nous intéressons ici au gisement du grand éolien en particulier.
- Le « petit éolien », qui propose plutôt une production diffuse d'électricité renouvelable, avec des dimensions adaptées au milieu urbain. Ces éoliennes ont une hauteur comprise entre 5 et 20m, des pâles de 2 à 10m de diamètre et une puissance pouvant aller jusqu'à 36 kW environ. En général, ces éoliennes sont conçues pour démarrer à des vitesses minimales de 3 m/s.

### 2. Gisement local

Les principales zones favorables de développement éolien identifiées dans le Schéma Régional Éolien du Centre-Val-de-Loire sont situées au Sud du territoire de Chartres métropole.

## 2 - Diagnostic des productions et des potentiels de développement des EnR

Cette information est rappelée dans le SCoT de la CACM tout en précisant que ce développement ne pourra être envisagé que sous réserve de son intégration paysagère et de respect des contraintes liées à la cathédrale de Chartres.

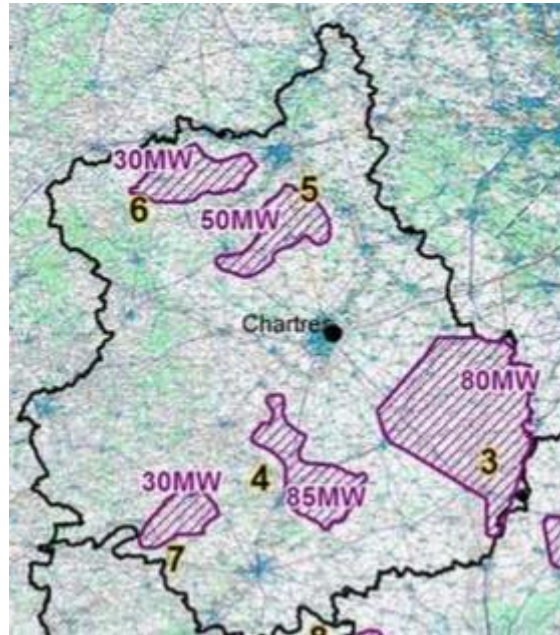


FIGURE 11 : ZONES FAVORABLES EOLIEN (SRE CENTRE VAL DE LOIRE)

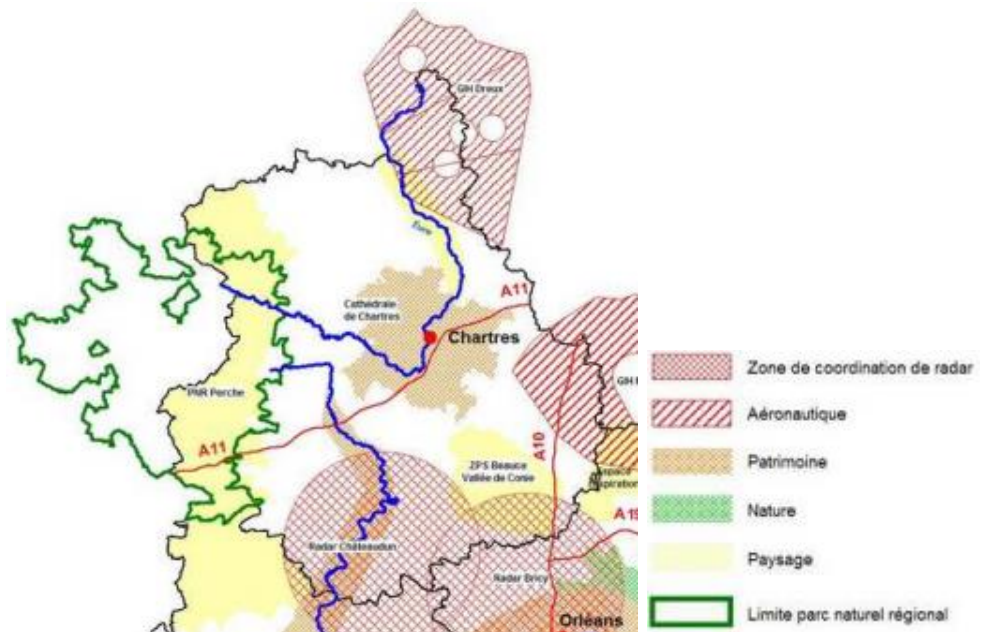


FIGURE 12 : CONTRAINTES PATRIMONIALES ET PAYSAGERES EN EURE-ET-LOIR (SRE)

Le second facteur est le gisement d'énergie caractérisé par la vitesse moyenne du vent. Ces deux facteurs sont croisés pour détecter les zones avec un potentiel éolien intéressant.

## 2 - Diagnostic des productions et des potentiels de développement des EnR

Synthèse des contraintes et des enjeux (carte 4)	Vitesse du vent à 50 m (carte 5)				
	< 4,0 m/s	entre 4,0 et 4,5 m/s	entre 4,5 et 5,0 m/s	entre 5,0 et 5,5 m/s	> 5,5 m/s
Contrainte faible	Gisement insuffisant	Peu adapté	Peu adapté	Adapté	Très adapté
Contrainte moyenne	Gisement insuffisant	Peu adapté	Peu adapté	Adapté	Très adapté
Contrainte forte	Inadapté	Inadapté	Inadapté	Inadapté	Inadapté
Interdiction	Inadapté	Inadapté	Inadapté	Inadapté	Inadapté

FIGURE 13 : SYNTHÈSE DES CONTRAINTES ET ENJEUX DE L'ÉOLIEN

Nous remarquons que seules les zones présentant une vitesse de vent supérieure à 5 m/s et ayant des contraintes moyennes ou faibles sont jugées comme adaptées à l'installation d'éoliennes. Afin d'obtenir un potentiel le plus complet possible, les zones qualifiées de peu adaptées sont aussi intégrées dans le calcul du potentiel de production d'énergie du territoire.

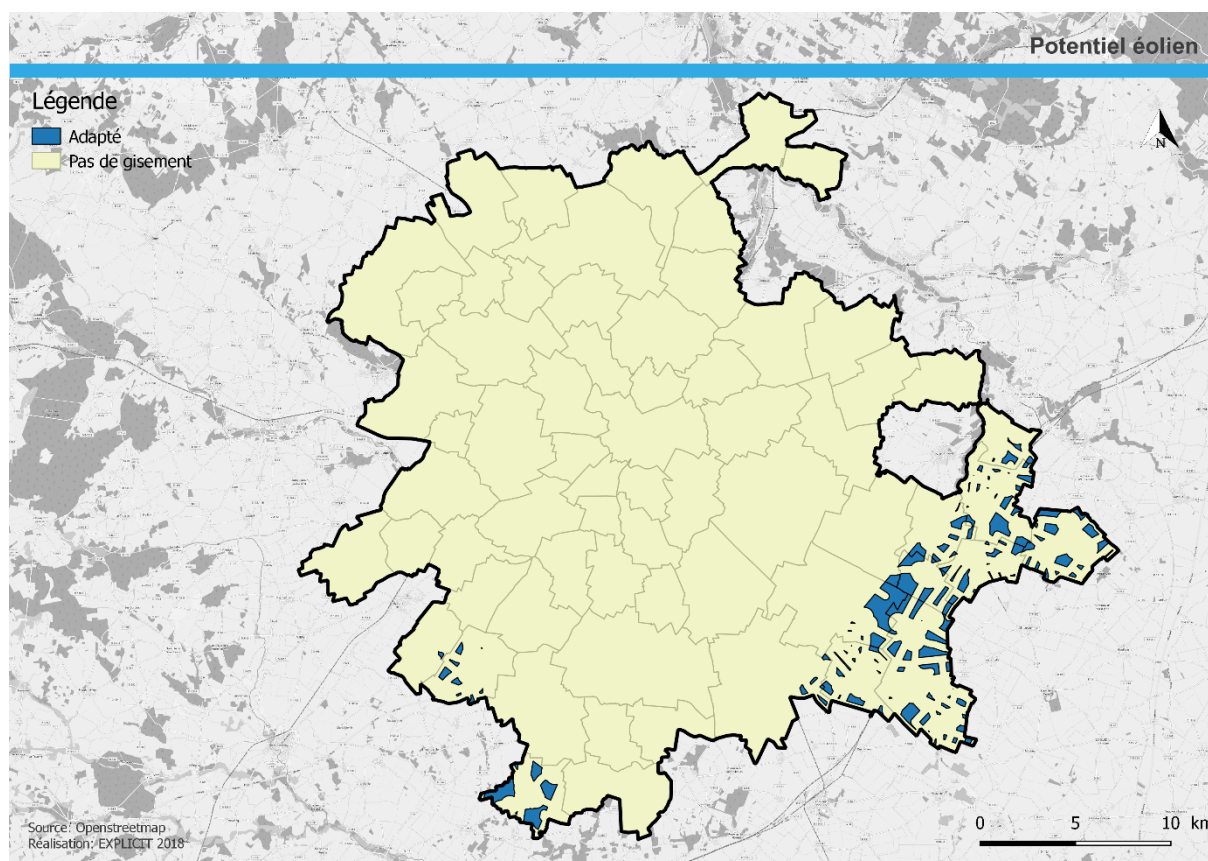


FIGURE 14 : POTENTIEL ÉOLIEN DÉTERMINÉ PAR LE SRE

A partir de cette carte les zones situées à moins de 200 mètres autour des routes et des lignes électriques de RTE (Réseau de Transport d'Électricité) et 500 mètres autour des bâtiments sont soustraites. La base de données d'OpenStreetMap a été utilisée pour référencer les routes et bâtiments (sans distinction des habitats).

De plus, l'hypothèse suivante est faite : les éoliennes doivent avoir une distance minimale entre elles de telle sorte à ce que chaque éolienne occupe une surface de 24 ha sur une zone susceptible

d'accueillir plusieurs éoliennes. Seules les surfaces pouvant accueillir au moins une éolienne sont retenues et chaque éolienne a une puissance de 2 MW. Enfin, le facteur de charge de RTE pour l'éolien en Centre-Val-de-Loire de 2016 est utilisé dans les calculs de production : il vaut 25,5%.

En faisant ces hypothèses, les résultats des calculs sont résumés dans le tableau ci-dessous.

TABEAU 5 : RESUME DES PUISSANCES ET PRODUCTIONS DISPONIBLES POUR L'ENERGIE EOLIENNE

	Potentiel		
	Peu Adapté	Adapté	Total
<b>Puissance disponible (MW)</b>	0	304	<b>304</b>
<b>Production (GWh)</b>	0	679	<b>679</b>

Au total, le potentiel de production d'énergie éolienne sur l'ensemble du territoire est estimé à **679 GWh/an**, ce qui couvrirait les consommations actuelles d'électricité des secteurs résidentiels et de l'industrie.

Ce potentiel théorique est aujourd'hui fortement contraint par le projet de directive de protection et de mise en valeur des paysages pour la préservation des vues sur la Cathédrale de Chartres.

## D. Hydroélectricité

### 1. Définition et contexte

#### La loi de transition énergétique

Concernant le développement de la filière hydroélectrique, la loi TECV, à travers ses articles 116 et 118 a modernisé le fonctionnement des concessions hydroélectriques. En effet, il est désormais possible de regrouper plusieurs concessions hydroélectriques d'une même vallée en une seule pour en optimiser l'exploitation. De plus, la possibilité de créer des SEM hydroélectriques (Société d'Économie Mixte) permet non seulement de garantir un contrôle public des concessions, mais aussi de mieux associer les collectivités concernées en leur donnant une place dans la gouvernance. Enfin, pour toute nouvelle concession une redevance est mise en place, payée par le concessionnaire à l'état, et sera versée à l'Etat et aux communes traversées par les cours d'eau utilisés.

### 2. Méthodologie

L'UFE, l'Union Française de l'Electricité, a publié en 2011 l'étude « Liste des sous-segments et cours d'eau identifiés à potentiel par création de nouveaux ouvrages ». Cette étude analyse et chiffre le potentiel de puissance et de production des cours d'eau en France pour de nouvelles installations. Cette étude est reprise et cartographiée dans la partie ci-dessous. Les potentiels estimés dans cette étude ne prennent pas en compte le classement des cours d'eau. Ce dernier interdit la création de nouveaux ouvrages sur les cours d'eau listés s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique (Liste 1). De nombreux cours d'eau sont concernés par cette interdiction<sup>2</sup>.

Par conséquent l'étude du potentiel hydroélectrique sera aussi basée sur l'étude de l'UFE de 2011 : « Liste des sous-segments et cours d'eau identifiés à potentiel par équipement de seuils existants ». Il

<sup>2</sup> [http://cartelie.application.developpementdurable.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=eau\\_milieu\\_inter&service=DT\\_09](http://cartelie.application.developpementdurable.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=eau_milieu_inter&service=DT_09)

s'agit d'équiper en hydroélectricité les seuils déjà existants, par exemple d'anciens moulins. L'ouvrage existant, ainsi équipé, peut produire de l'électricité d'origine renouvelable. Il faudra alors s'assurer de la continuité écologique du seuil en le rendant franchissable pour les poissons, et en veillant notamment à l'écoulement des eaux face à l'obstruction par des branchages. Par ailleurs, l'équipement de tels ouvrages peut contribuer à l'amélioration de l'insertion du seuil dans son environnement, par exemple, à travers sa sécurisation ou la réhabilitation des bâtiments.

Les potentiels des cours d'eau sont alors croisés avec les sous-secteurs hydrographiques de la base de données Carthage qui recense l'ensemble des cours d'eau sur le territoire national.

### 3. Gisement local

L'UFE n'a recensé aucun cours d'eau pouvant être exploité d'un point de vue énergétique sur le territoire de Chartres métropole.

## E. Méthanisation

### 1. Définition et contexte

#### **Loi de transition énergétique**

Tout comme pour l'implantation d'éoliennes terrestres, l'article 145 de la loi TECV prévoit la mise en place d'une autorisation unique pour l'implantation d'installations de méthanisation. Les mêmes dispositions s'appliquent donc pour cette filière.

#### **Principe et fonctionnement**

La méthanisation est un processus basé sur la dégradation de la matière organique par des micro-organismes, en conditions contrôlées et en l'absence d'oxygène (contrairement au compostage). La méthanisation permet de produire du biogaz, notamment à partir de déchets des industries agroalimentaires, des boues de stations d'épuration, d'une partie des ordures ménagères, ou encore des déchets agricoles. Elle peut se valoriser par différents moyens :

- Injection dans une turbine de cogénération produisant à la fois électricité et gaz. Il arrive que la production de chaleur ne soit pas valorisée, alors que cette valorisation constitue généralement un moyen de rentabiliser l'installation ;
- Injection sur le réseau de transport ou de distribution de gaz ;
- Utilisation au travers d'un débouché spécifique comme l'alimentation d'une flotte de bus utilisant ce carburant.

### 2. Méthodologie

Nos estimations s'appuient sur les résultats d'une étude ADEME<sup>3</sup> qui reprend pour chacun de ces substrats, les conditions de mobilisations. Sont repris dans les tableaux suivants, les ratios de mobilisation de la matière organique à horizon 2030 définis par l'ADEME et qui ont été utilisés dans la suite de l'analyse.

---

<sup>3</sup> Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, Ademe, avril 2013.

TABLEAU 6 : MOBILISATION DES EFFLUENTS ISSUS DE L'ÉLEVAGE

Bovins	45%
Poulets	80%
Equidés	35%
Ovins	35%
Caprins	35%
Porcins	100%

TABLEAU 7 : MOBILISATION DES PAILLES DE CÉREALES

Menue paille céréales	10%
Menue paille colza	5%
Paille céréales	30%
Paille maïs	10%
Paille colza	15%
Paille tournesol	5%
Fane de betteraves	15%
Issues de silos	30%

### 3. Gisement local

#### a) Gisement issu de l'agriculture

##### Gisement brut

Les ressources agricoles méthanisables intégrées à cette étude sont les suivantes :

- Les ressources issues d'élevage : fumier et lisier ;
- Les ressources végétales : résidus de cultures et cultures intermédiaires.

Le gisement issu des ressources agricoles est calculé d'après les surfaces agricoles utiles recensées dans de répertoire parcellaire graphique de 2016, en extrayant les surfaces cultivées en céréales, maïs, colza, tournesol et betteraves (ressources valorisables) ainsi que d'après les cheptels recensés à la commune dans le Recensement Général de l'Agriculture 2010.

- Les cultures valorisables représentent une surface de plus de 15 600 ha.
- Les activités d'élevage du territoire représentent 20 710 tonnes/an de matière valorisable.

TABLEAU 8 : SURFACES DES RESIDUS DE CULTURES VALORISABLES PAR METHANISATION

Surfaces en ha					
Blé tendre	Maïs	Colza	Orge	Autres céréales	Protéagineux
7675	335	3558	2507	978	571



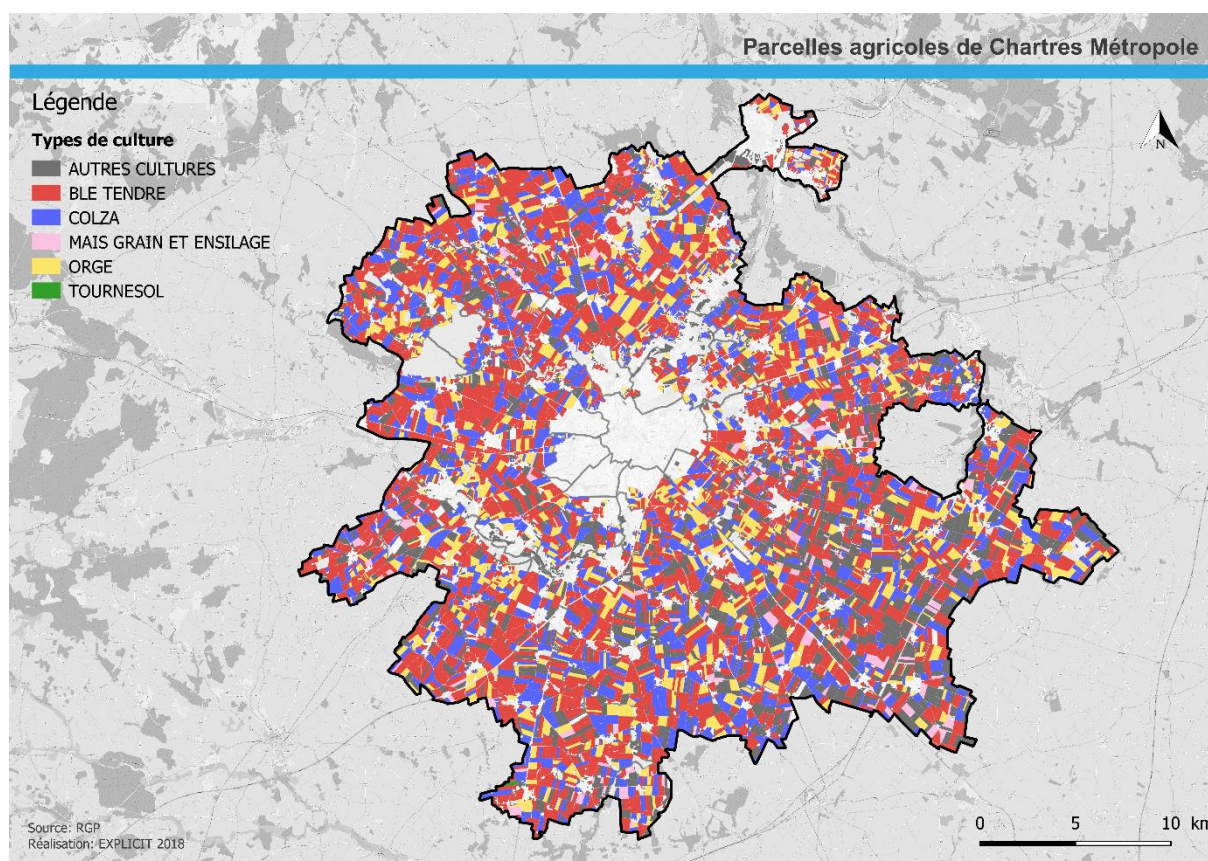


FIGURE 15 : PARCELLES AGRICOLES DU TERRITOIRE

TABLEAU 9 : TONNES DE MATIERES VALORISABLES POUR L'ELEVAGE

Tonnes de matières valorisables									
Vaches laitières	Vaches allaitantes	Bovins d'un an ou plus	Bovins de moins d'un an	Chèvres	Brebis nourrices	Brebis laitières	Total Porcins	Truies reproductrices de 50 kg ou plus	Poulets de chair et coq
683	2265	1450	1621	48	829	0	9756	980	3077

En appliquant les ratios de production (voir tableau suivant) et le contenu méthane en m<sup>3</sup>/tMB proposés par l'ADEME, le gisement brut issu des cultures est ainsi évalué à **102 GWh/an**.

En utilisant les ratios de production de lisier et de fumier par type de cheptel<sup>4</sup> ainsi que les hypothèses de mobilisation, **le gisement provenant des installations d'élevage du territoire s'élève à 6 GWh/an**.

Cela porte donc le gisement total brut issu de **l'agriculture à 109 GWh/an**.

### Gisement net

En appliquant les taux de mobilisation proposés par l'ADEME, pour tenir compte du fait que l'ensemble des résidus ne pourront être méthanisés dans la pratique (pour des questions de rentabilité, de situation géographique, etc.), **le gisement issu des surfaces cultivées est estimé et de l'élevage à 28 GWh/an**.

<sup>4</sup> Evaluation des quantités actuelles et futures des déchets épandus sur les sols agricoles et provenant de certaines activités, lot 3 : effluents d'élevage, MEDD, septembre 2002.

	Surfaces prises en compte	ha	tMB/ha
Pailles_de_céréales	Assolement	7 500 000	3,9
Pailles_de_maïs	Assolement	1 600 000	3,3
Pailles_de_colza	Assolement	1 500 000	2,1
Pailles_de_tournesol	Assolement	700 000	2,9
CIVE	Cultures de printemps hors monoculture de maïs grain et autres incompatibilité	4 000 000	11,3
Issues-de-silos	Céréales+ tournesol+ colza	12 500 000	0,04
Fanes-de-betteraves	Assolement	400 000	30,0
Menues-pailles	Céréales à paille+ paille de colza	9 000 000	1,6

TABLEAU 10 : RATIO DE PRODUCTION UTILISES POUR LES ESTIMATIONS (ADEME, 2013)

On notera que les déchets issus de l'agriculture et l'élevage peuvent aussi être utilisés comme source de carbone et d'azote pour remplacer une partie des engrais utilisés sur les terres agricoles. Il sera donc nécessaire de faire des choix entre l'utilisation des déchets agricoles comme fertilisants ou comme source d'énergie via la production de biogaz.

## b) Gisement issu des déchets collectés sur le territoire

**Gisement brut**

Les Déchets organiques représentent environ **15 000 tonnes** de matière sur l'ensemble du territoire en 2016 (4700 tonnes de déchets verts et 10 300 tonnes de déchets fermentescibles actuellement jetés avec les ordures ménagères, soit 32% de la composition de ces dernières<sup>5</sup>).

**Gisement net**

En appliquant les potentiels de méthanisation des biodéchets proposés par l'ADEME<sup>6</sup>, le gisement total de cette ressource est estimé à **1,2 GWh/an**.

## c) Gisement issu des stations d'épuration du territoire

Le volume de matières sèches méthanisable des stations d'épuration est estimé à 270 tonnes, pour un potentiel énergétique de **0,5 GWh/an**.

## d) Bilan du gisement de méthanisation

A travers les différentes filières étudiées, le gisement total de méthanisation, relatif aux ressources agricoles datant de 2010, s'élève donc à **30 GWh/an**, soit la consommation moyenne de 2000 foyers se chauffant au gaz.

<sup>5</sup> ADEME MODECOM, Déchets - chiffres clés 2017

<sup>6</sup> Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, Avril 2013

## F. Géothermie

### 1. Définition et contexte

La géothermie consiste en l'exploitation de la chaleur contenue dans le sous-sol, pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité. Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, la France s'est fixée comme objectif d'atteindre une part d'énergie renouvelable de 23% à l'horizon 2020, soit une augmentation de 20 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep).

En fonction de la température de la ressource géothermale, 3 types de valorisation sont envisageables :

Type de géothermie	de	Caractéristique de la nappe	Utilisation
<b>Très énergie</b>	<b>basse</b>	0 °C < Température < 30 °C	Chauffage et rafraîchissement des locaux, avec pompe à chaleur ou sans pour le rafraîchissement direct ou geocooling
<b>Basse moyenne énergie</b>	<b>et</b>	30 °C < Température < 150 °C	Chauffage urbain, utilisations industrielles, thermalisme, balnéothérapie, production d'électricité, cogénération
<b>Haute énergie</b>		150 °C < Température < 350 °C	Production d'électricité, cogénération

FIGURE 16: LES DIFFERENTS TYPES DE VALORISATION DE LA RESSOURCE GEOTHERMALE

Il existe aussi plusieurs technologies d'exploitation :

- ▶ **Géothermie de surface** : Il s'agit d'enterrer sous une surface une grande longueur de tuyau entre 60 cm et 4,4 m de profondeur. Dans les premiers mètres du sol à la température de 10 à 15 °C, on capte la chaleur sur une surface importante. Ceci nécessite de bénéficier d'une surface importante et d'être prêt à la retourner pour y placer les canalisations (retourner la pelouse du jardin typiquement). Dans ce cas, un fluide frigorigène (eau + antigel généralement) circule pour capter la chaleur.
- ▶ **Sonde géothermique verticale** : Il s'agit de faire circuler dans une installation fermée (tube en U ou tube coaxial), un mélange eau-glycol qui va capter la chaleur du sol.
- ▶ **Captage vertical sur nappe phréatique** : L'eau est captée dans la nappe et son énergie est captée dans la pompe à chaleur avant d'être réinjecté dans la nappe d'origine par autre forage à une distance de 15 mètres du point de prélèvement (doublet géothermique).

Ces technologies diffèrent selon la profondeur de forage et dépendent de la température du sol d'une part et de la présence de nappe phréatique ou non d'autre part.

## 2. Méthodologie

Les trois types de géothermie (haute, basse et très basse énergie) ayant été correctement approchées dans le pré-diagnostic compte tenu des données disponibles, le présent volet reprendra ses éléments, à l'exception de la géothermie haute énergie à cause du faible niveau d'information. Les calculs ont été adaptés aux données utilisées pour l'évaluation de la consommation d'énergie.

## 3. Géothermie très basse énergie

La géothermie très basse énergie exploite la chaleur présente dans le sous-sol à quelques mètres (ou dizaine de mètres) de profondeur. Composée de capteurs thermiques (horizontaux ou verticaux) et d'une pompe à chaleur, la géothermie très basse énergie est utilisée principalement pour le chauffage des maisons individuelles.

Les performances d'un tel système dépendent principalement du coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur choisie. Le COP d'une pompe à chaleur correspond au rapport entre l'énergie (thermique) restituée et l'énergie (électrique) consommée pour le fonctionnement de la pompe.

Dans la suite de l'étude, seul des systèmes à capteurs verticaux sont considérés. En effet, cette technologie nécessite des surfaces d'installations bien plus faibles permettant ainsi d'augmenter le nombre de maisons aptes à recevoir une installation.

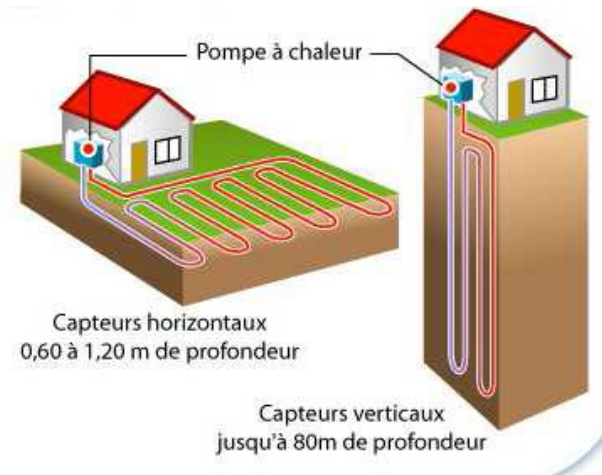


FIGURE 17 : SCHEMA DE PRINCIPE DES POMPES A CHALEUR GEOTHERMIQUES

Une pompe à chaleur à capteurs verticaux, bien dimensionnée, très peu sensible au gel, est capable de subvenir à l'ensemble des besoins en chauffage d'un bâtiment sans nécessité d'un chauffage d'appoint<sup>7</sup>. En pratique, seules les maisons individuelles ayant un jardin susceptible d'accueillir une opération de forage pour l'installation d'une sonde géothermique sont éligibles à une telle installation. Basé sur des retours d'expériences d'études à une échelle similaire, il a été considéré que 70% des maisons individuelles répondent à ce critère. Cette portion représente toutefois près de 50% des besoins en chauffage résidentiel du territoire (gisement brut). Les besoins en chauffage des logements collectifs sont trop importants pour être alimentés par cette solution. Dans une telle configuration, la géothermie sur champ de sonde pourrait être intéressante mais ne pourrait être envisagée que dans le cas de construction neuve.

La géothermie très basse énergie vient en remplacement de système de chauffage utilisant aujourd'hui d'autres énergies primaires. D'après les données et hypothèses retenues, voici le gisement net obtenu par énergie remplacée :

Un système de géothermie très basse énergie à sonde verticale implique l'utilisation d'une pompe à chaleur. Les pompes à chaleur utilisées dans ce type d'installation ont en moyenne un coefficient de performance de 3,5<sup>8</sup>. Ceci signifie que pour 3,5 kWh de chaleur produite par le système, 1 kWh

<sup>7</sup> Source : [www.quelleenergie.fr](http://www.quelleenergie.fr)

<sup>8</sup> Source : [www.asder.asso.fr](http://www.asder.asso.fr)

d'électricité est consommée pour le fonctionnement de la pompe. Cela réduit les performances de 22%.

$$\text{Gisement net} = 0.5 * \text{Gisement brut} * \frac{3.5}{4.5}$$

Sachant que les besoins en chauffage résidentiel du territoire sont<sup>9</sup> de **714 GWh/an**, l'expression ci-dessus donne un gisement net de **278 GWh/an**, soit 38.9% des besoins spécifiques.

L'installation de pompes à chaleur géothermiques est surtout conseillée en remplacement d'un système de chauffage fonctionnant au fioul, au gaz ou au charbon. Les réseaux de diffusion de la chaleur existants dans le bâtiment pouvant être réutilisés dans le cadre d'une telle installation, les coûts d'équipements seront alors plus faibles et le temps de retour sur investissement plus court. Dans le cas d'un chauffage électrique, il serait nécessaire d'installer un ensemble de tuyaux ou gaines permettant de diffuser la chaleur et de remplacer les convecteurs (ou radiateurs) par d'autres diffuseurs de chaleur adaptables au nouveau système géothermique, augmentant considérablement le coût de l'installation.

De plus il est important de noter que ce type de système est intéressant uniquement sur les bâtiments récents ou rénovés ayant de faibles déperditions thermiques, sans quoi les intérêts environnementaux et financiers d'une telle installation ne seront pas justifiés.

#### 4. Géothermie basse énergie

La géothermie basse température exploite l'énergie présente dans le sous-sol, à quelques dizaines, voire centaines de mètres, dans les nappes souterraines ou aquifères superficielles. Un aquifère est une formation géologique ou une roche suffisamment poreuse et/ou fissurée (qui peut stocker de l'eau) et perméable (où l'eau circule librement).

Via l'usage de pompes à chaleur et d'un micro-réseau de distribution de la chaleur, la géothermie sur aquifères superficiels permet de couvrir les besoins calorifiques d'un quartier et ainsi d'éviter la multiplication de solutions individuelles.

##### Gisement brut

Grâce à une analyse cartographique, l'aquifère ayant le potentiel le plus important sur le secteur de Chartres métropole a été identifié. Il s'agit de l'Eocène moyen et inférieur. L'analyse effectuée à l'aide de l'espace cartographique par le BRGM permet également de constater que le territoire de Val Parisis est caractérisé par un potentiel géothermique allant de « moyen » à « très fort » sur cet aquifère, comme l'illustre la Figure 19.

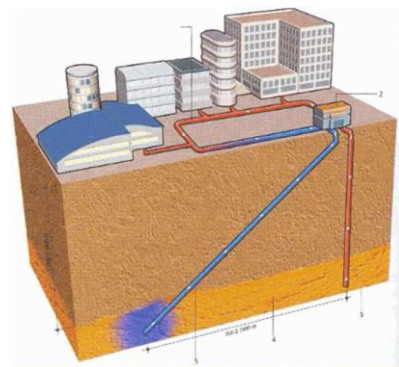


FIGURE 18 : SCHEMA D'UN FORAGE SUR AQUIFERE SUPERFICIEL

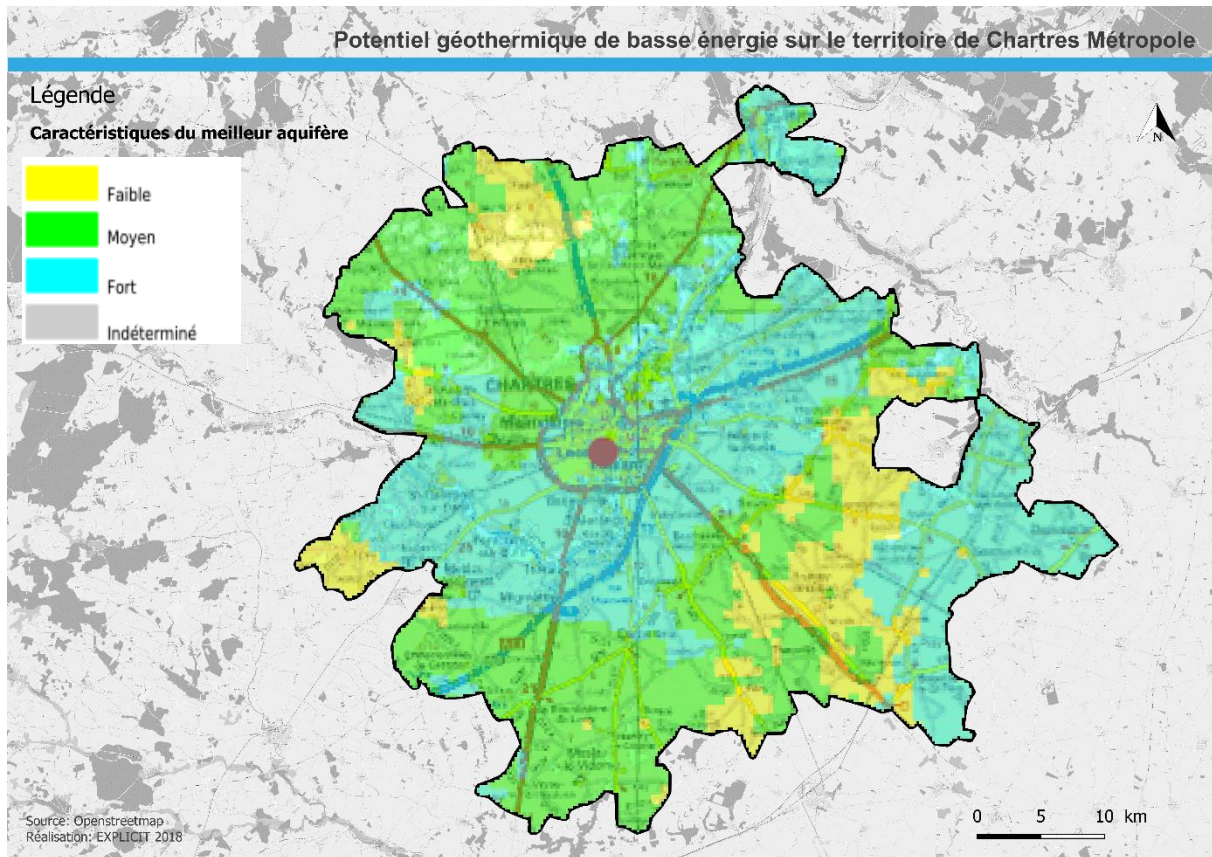


FIGURE 19: POTENTIEL GEOTHERMIQUE DE BASSE ENERGIE SUR LE TERRITOIRE DE CHARTRES METROPOLE

A l'échelle du territoire, ce gisement brut ne peut être chiffré en termes de puissance récupérable sans étude plus approfondie. Toutefois, l'outil cartographique<sup>10</sup> utilisé ici permet d'obtenir un certain nombre de caractéristiques relatives au potentiel géothermique en un point donné. Dans le cas de Chartres métropole, ces caractéristiques témoignent bel et bien d'un potentiel élevé. A titre d'exemple, voici les caractéristiques obtenues pour la commune du Luisant lors d'un précédent forage :

- Nom du meilleur aquifère : Craie séno-turonienne
- Potentiel Géothermique du meilleur aquifère : fort
- Profondeur du toit: 18 m
- Débit : 21-55 m<sup>3</sup>/h
- Epaisseur : 158 m
- Transmissivité : 0.001 à 0.01 m<sup>2</sup>/s
- Température des aquifères en Centre-Val-de-Loire : 10-15°C

#### Gisement net

Pour évaluer le gisement net, il a été choisi d'estimer le potentiel énergétique récupérable par un doublet géothermique sur l'aquifère des Craies séno-turonienes sur le territoire de Chartres métropole. Un doublet géothermique est un ensemble de deux forages associés, l'un est dédié à la production du fluide géothermal, l'autre à la réinjection du fluide dans l'aquifère.

<sup>10</sup> Source : [www.geothermie-perspectives.fr/cartographie?mapid=4](http://www.geothermie-perspectives.fr/cartographie?mapid=4)

Le nombre de doublets pourra par la suite être ajusté suivant les besoins et les choix de développement du territoire. Voici les hypothèses retenues pour le calcul de ce potentiel géothermique :

- $COP_{PAC} = 5^{11}$
- Température de prélèvement = 12°C
- Température de rejet = 6°C
- Débit = 75 m<sup>3</sup>/h
- Temps de fonctionnement : tous les jours de chauffe soit 232 jours<sup>12</sup> (5 568 h)

Un forage sur aquifère implique l'utilisation d'une pompe à chaleur de COP 5. En intégrant cette consommation énergétique induite par le fonctionnement de l'installation au potentiel identifié, celui-ci serait alors réduit de 20% en termes d'énergie finale, soit un potentiel net effectif de **2.9 GWh/an** par doublet géothermique sur l'aquifère considéré. Une installation de ce type permettrait de chauffer environ 150 logements situés à Chartres.

## Bilan

Le gisement géothermique est difficilement évaluable sans étude de sol poussée. Les hypothèses prises précédemment laissent apparaître un potentiel éventuel de 3 GWh/an par doublet pour des forages effectués sur l'aquifère des Craies séno-turoniennes.

## G. Chaleur fatale industrielle

### 1. Définition et contexte

La chaleur fatale est la chaleur produite lors d'un processus, mais ne correspondant pas à l'objet premier de ce processus, et qui est, de ce fait, perdue sans être utilisée. Elle peut provenir de sources diverses, telles que des industries, des usines d'incinération, des stations d'épuration, des data centers, ou encore des bâtiments tertiaires. En France, près du tiers de l'énergie consommée par l'industrie est dissipée sous forme de chaleur fatale.

Les installations ICPE d'une puissance thermique totale supérieure à 20 MW ont obligation de réaliser une étude de valorisation de la chaleur fatale via un réseau de chaleur en cas de rénovation substantielle ou d'installation nouvelle (décret du 14 novembre 2014 transposant l'article 14.5 de la directive européenne 2012/27/UE sur l'efficacité énergétique).

### 2. Méthodologie

Il faut dans un premier temps identifier les gisements des industries présentes sur le territoire. Notre approche est basée sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement qui utilisent souvent des procédés énergivores qui sont une source potentielle de chaleur fatale.

Déterminé d'après la puissance déclarée de l'installation et en fonction du procédé, le gisement en chaleur fatale concerne deux types de ressources : le gisement en haute température (HT) et le gisement en basse température (BT). La HT est la plus propice pour la valorisation sous forme de

---

<sup>11</sup> Guide technique pompe à chaleur sur aquifère, cas de l'Ile-de-France, ADEME

<sup>12</sup> Source : [www.abcclim.net](http://www.abcclim.net)

réseaux de chaleur ; la BT est plus difficilement valorisable via des réseaux de chaleur, pour des raisons techniques, sauf éventuellement sur constructions neuves.

### 3. Gisement local

Le territoire présente un gisement total de **44 GWh/an**, dont environ 25 GWh/an en haute température et 19 GWh/an en basse température, ce qui permettrait d'alimenter en chaleur 4100 équivalent-logements.

**TABLEAU 11: POTENTIELS DE RECUPERATION DE CHALEUR FATALE SUR LE TERRITOIRE**

Commune	Industrie	Potentiel valorisable BT (GWh)	Potentiel valorisable HT (GWh)
MAINVILLIERS	DATA CENTER ORANGE	-	8.0
MAINVILLIERS	UNIBIENS	-	3.9
LUCE	SAPA PROFILES	-	1.6
CHARTRES	AXIANE MEUNERIE	2.3	-
CHARTRES	CHARTRES METROPOLE ENERGIES	-	4.3
CHARTRES	NOVO NORDISK PRODUCTION SAS	3.7	1.3
CHARTRES	RECKITT BENCKISER CHARTRES	1.1	1.4
GELLAINVILLE	CHARTRES METROPOLE ENERGIES SPL	-	1.6
NOGENT SUR EURE	SUPERGEL 28	2.3	-
<b>TOTAL</b>		<b>19.2</b>	<b>24.8</b>

La chaleur fatale produite par les industries peut dans un premier temps être valorisée en interne, à travers les différents processus, si ce n'est pas encore le cas, ou dans un deuxième temps, être utilisée pour l'alimentation de réseaux de chaleur.

Pour des raisons de rentabilité, les industries présentant des gisements inférieurs à 1 GWh/an ont été ignorées dans l'analyse. Ce seuil est considéré comme le niveau minimum pour la mise en place d'un petit réseau de chaleur, qui pourrait alors alimenter environ 80 logements.

Bien que le gisement théorique basse température identifié sur le territoire soit assez faible, il est important de souligner que c'est un gisement plus difficilement mobilisable que le gisement haute température. La basse température n'est en effet pas exploitable pour l'alimentation via un réseau de chaleur sur des logements existants. Cela nécessite des installations techniques bien trop coûteuses à installer. Ce gisement est donc préférable pour alimenter des constructions neuves. Il serait donc pertinent pour affiner ce potentiel, de croiser ce gisement avec les projets d'aménagement et de construction envisagés sur le territoire. Cela permettrait de déterminer s'il est réellement mobilisable ou non.



La chaleur de l'UIOM de Mainvilliers pourrait également être valorisée, elle représente 33 GWh de chaleur (actuellement seule l'électricité est valorisée).

## H. Bilan du potentiel EnR

Le potentiel total sur le territoire s'élève à **1844 GWh/an**. S'il était exploité à 100%, ce potentiel permettrait de couvrir **53%** des consommations énergétiques actuelles du territoire. Le bois-énergie et l'éolien, filières les mieux exploitées aujourd'hui, sont également celles avec le plus fort potentiel, suivies du photovoltaïque, qui est de son côté très peu exploité aujourd'hui.

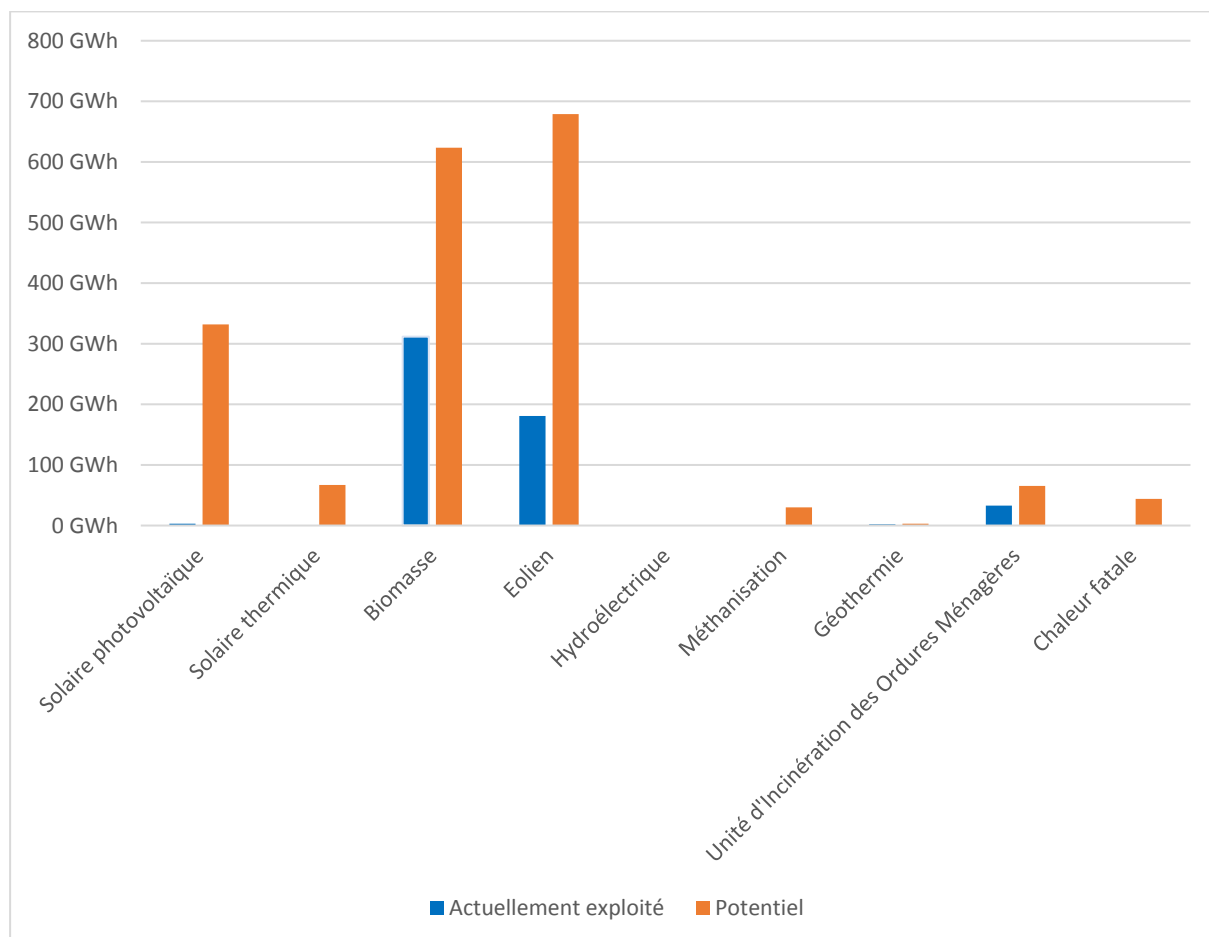


FIGURE 20: PRODUCTION ET POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION SUR LE TERRITOIRE DE CHARTRES METROPOLE

## IV. Etat des lieux des réseaux

### A. Electricité

Les S3REnR a réservé des puissances intéressantes sur le territoire de Chartres métropole pour le développement des EnR.

Les données de CapaRéseau, qui permettent de suivre l'évolution du S3REnR sur le territoire, indiquent que 78 MW de puissances EnR sont déjà raccordées. 22 MW ont été affecté et sont en attente de raccordement (dont 21.3 MW sur le poste de Chaunay), et 49 MW restent à affecter au titre du S3REnR, dont 21 MW sur le poste de Gellainville.

Le réseau de Chartres métropole a la particularité d'être opéré en partie par ENEDIS, et en partie par Synelva, un opérateur local de distribution d'électricité.

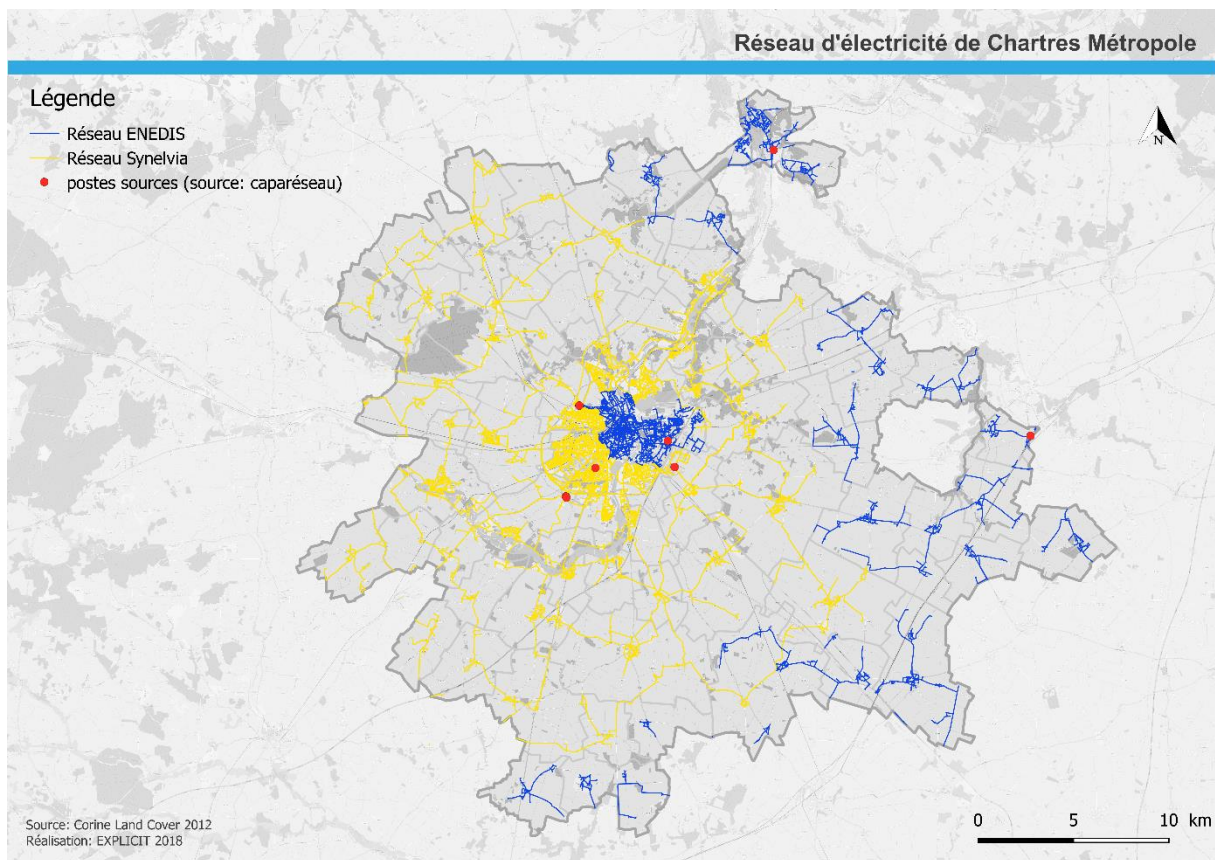


FIGURE 21 : RESEAU ELECTRIQUE DES COMMUNES DONT LE RESEAU DE DISTRIBUTION EST OPERE PAR ENEDIS

## B. Gaz

Aujourd'hui 28 communes du territoire sont reliées au gaz sur le réseau géré par GrDF et 12 sont connectées au réseau géré par Synelvia.

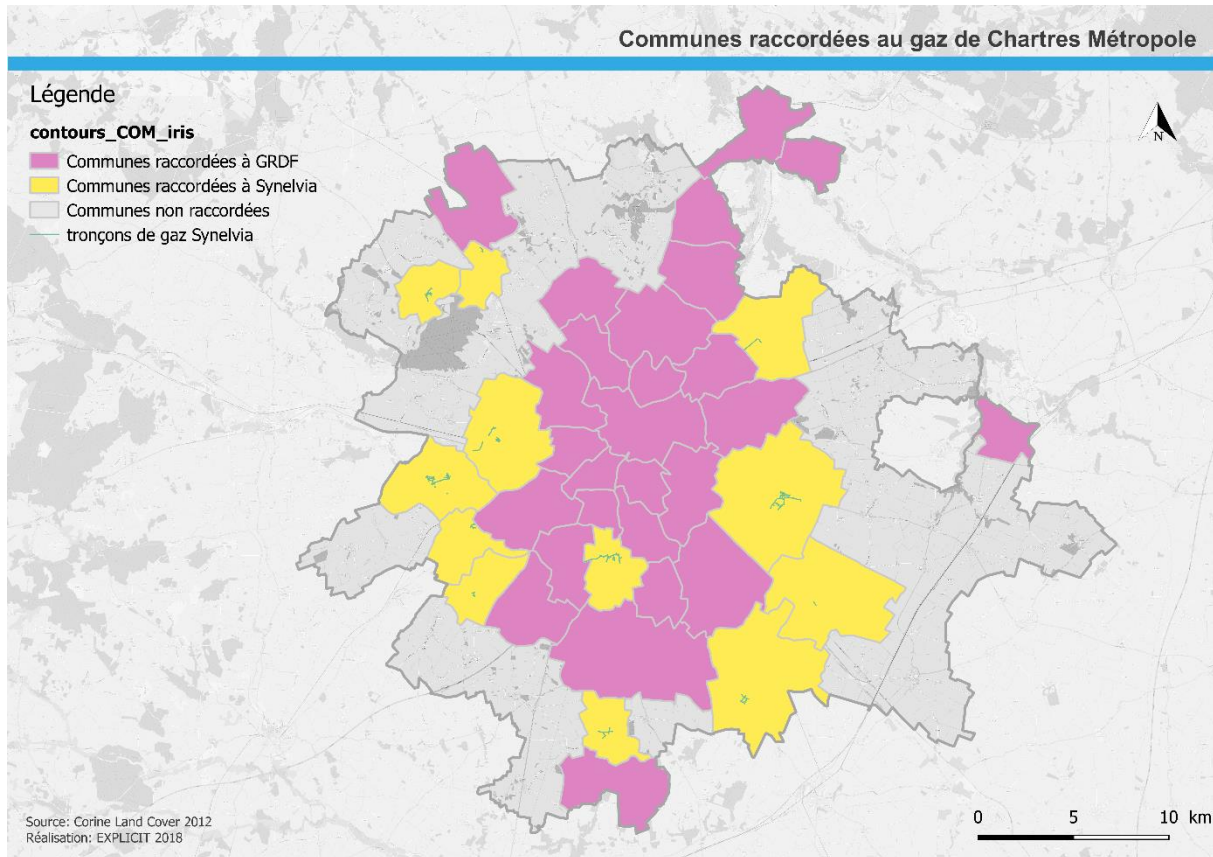


FIGURE 22 : RESEAU DE DISTRIBUTION DE GAZ SUR LE TERRITOIRE

## C. Réseau de chaleur

En 2013, la ville de Chartres et l'agglomération de Chartres métropole se sont dotées d'un schéma directeur pour le réseau de chaleur. Ce document vise à étudier les possibilités d'extension du réseau de chauffage urbain existant.

En février 2015, l'agglomération a pris la compétence réseau de chaleur. La SPL Chartres métropole Energies a ainsi été créée. Elle a pour objet la mise en œuvre des politiques de production d'électricité et de chaleur.

A cette date, la chaufferie fonctionnait au gaz naturel et les 6 km de réseau d'eau chauffée à 180°C alimentaient les quartiers de La Madeleine et de Beaulieu, soit l'équivalent de 4 500 logements.

L'année 2017 a été notamment consacrée à la rénovation du réseau existant de façon à permettre le passage en basse température.

La SPL Chartres Métropole Energies a construit et exploite la nouvelle chaufferie de cogénération

biomasse pour le réseau de chaleur intercommunal. Les extensions du réseau en direction du Complexe Aquatique et des Hôpitaux de Chartres ont été réalisées en 2018 et 2019.

La nouvelle chaufferie biomasse fonctionne avec un mix énergétique composé à 70 % de biomasse issue de bois de récupération et 30 % de gaz naturel. 65 000 tonnes de biomasse seront nécessaires à la production annuelle de 210 GWh. La cogénération biomasse devrait produire l'équivalent de 50 GWh d'électricité.