

# Cartéclima !

*J'écris mon territoire de demain*

SCoT VALANT PCAET

PLUI VALANT PLAN DE MOBILITÉ

PLUI



Diagnostic du territoire  
Cahier 7 – Climat, air, énergie  
20/01/2023



Grand  
Angoulême

Rédaction et cartographie : Benjamin Giron, Victor Bouchard (Algoé), Luc Humberts, Guillaume Lhermet, Claire Lucas, Guilherme Nascimento (ARETLYS), Florin Malafosse (Solagro);



Document de travail

## Sommaire

1	Rappels réglementaires .....	6	3.3	Emissions de gaz à effet de serre territoriales .....	25
1.1	La Loi de Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV).....	7	3.4	Réseaux énergétiques.....	28
1.2	Le Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) .....	8	3.5	Facture énergétique.....	31
1.3	La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) .....	9	3.6	Précarité énergétique.....	32
2	Profil climatique du Territoire.....	10	4	Évaluation des stocks et flux de carbone .....	35
2.1	Observations climatiques .....	11	4.1	Éléments clés qualitatifs et quantitatifs.....	36
2.1.1	Les températures .....	11	4.2	Stock de Carbone.....	36
2.1.2	Le nombre de jours de gel et les précipitations.....	13	4.2.1	Qu'est-ce que le stock de carbone ?.....	36
2.1.3	L'évapotranspiration et le contenu en eau des sols.....	14	4.2.1	Méthode de quantification du stock de carbone .....	36
2.2	Les impacts agricoles.....	15	4.2.2	Stock des Sols et de la Biomasse .....	37
2.2.1	Dates de récoltes et rendement .....	15	4.2.3	Stocks de carbone dans les matériaux .....	38
2.2.2	Contenu en eau des sols .....	15	4.2.4	Conclusion sur les stocks de carbone du territoire.....	39
2.3	Les impacts sur la biodiversité et la santé.....	15	4.3	Les flux de carbone .....	40
3	Consommations énergétiques, productions énergétiques & émission GES.....	17	4.3.1	Flux et séquestration : vers la neutralité carbone.....	40
3.1	Consommations énergétiques.....	18	4.3.2	Flux de carbone liés à l'artificialisation et au changement d'usage des terres.....	40
3.2	La production d'énergies renouvelables (EnR&R) ....	22	4.3.3	Flux de carbone des écosystèmes forestiers : accroissement versus prélèvements.....	42
			4.3.4	Flux de carbone liés aux dérivés de la biomasse (bois d'œuvre, panneaux, papiers, cartons, ..).....	42
			4.3.5	Bilan des flux annuels .....	42
			4.4	Éléments prospectifs et recommandations.....	43

4.4.1	Baisse de l'artificialisation .....	43	5.9	Éclairages sur l'hydrogène.....	90
4.4.2	Confortement du puits « biomasse » .....	43	5.10	Synthèse des potentiels et enjeux croisés .....	92
4.4.3	Nouvelles pratiques agricoles .....	44	<b>6</b>	<b>La qualité de l'air du Grand Angoulême .....</b>	<b>95</b>
4.4.4	Développement de l'usage des matériaux biosourcés .....	45	6.1	Contexte général et impacts de l'air .....	96
<b>5</b>	<b>Évaluation du potentiel en énergies renouvelables</b>		6.1.1	Contexte général.....	96
	<b>et de récupération .....</b>	<b>47</b>	6.1.2	Impacts sur la santé.....	96
5.1	Potentiel éolien .....	48	6.1.3	Impacts sur l'environnement.....	96
5.1.1	Zones de contraintes .....	48	6.2	Obligations réglementaires et recommandations...96	
5.1.2	Estimation du potentiel éolien .....	51	6.2.1	Les seuils de concentrations en polluants	
5.1.3	Comparaison à l'étude de la DREAL.....	53		atmosphériques .....	97
5.1.4	Conclusions .....	55	6.2.2	Les émissions en polluants atmosphériques.....	98
5.2	Potentiel solaire sur toitures.....	57	6.2.3	Les valeurs guide de l'OMS .....	98
5.2.1	Généralités sur l'énergie solaire.....	57	6.2.4	Les polluants atmosphériques observés dans le cadre du	
5.2.2	Réalisation d'un cadastre solaire .....	57		PCAET 99	
5.2.3	Analyse du potentiel solaire sur toitures .....	60	6.3	L'indice ATMO .....	99
5.3	Potentiel solaire au sol et sur ombrières.....	63	6.3.1	Définition de l'indice .....	99
5.4	Potentiel hydraulique.....	67	6.3.2	Situation pour le Grand Angoulême.....	99
5.5	Potentiel bois-énergie.....	72	6.4	Carte Stratégique de l' Air .....	100
5.6	Potentiel chaleur fatale.....	77	6.4.1	Principe.....	100
5.7	Potentiel géothermique .....	83	6.4.2	Résultats.....	100
5.8	Potentiel méthanisation .....	87	6.5	Emissions de polluants atmosphériques.....	101
			6.5.1	Méthodologie .....	101

6.5.2	Secteurs à enjeux .....	102
6.6	Concentration de polluants atmosphériques .....	103
6.6.1	Les valeurs règlementaires .....	103
6.6.2	Evolution pluriannuelle .....	104
6.6.3	Episodes de pollution .....	104
6.6.4	Dioxyde d'Azote – NO <sub>2</sub> .....	104
6.6.5	Particule (PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub> ) .....	106
6.6.6	Dioxyde de Soufre – SO <sub>2</sub> .....	107
6.6.7	Ammoniac NH <sub>3</sub> .....	107
6.6.8	Ozone O <sub>3</sub> .....	108
6.7	Les communes sensibles à la Qualité de l'Air .....	110
6.8	AUTRES POLLUANTS OBSERVES .....	111
6.8.1	Les pollens .....	111
6.8.2	Les pesticides .....	112
7	ANNEXES .....	114
7.1	Consommation d'électricité et de gaz -maille IRIS .....	115
7.2	Consommation d'électricité et de gaz - maille communes .....	120
7.3	Cartographies des réseaux électriques .....	125
7.4	Table des figures .....	126
7.5	Table des tableaux .....	131



1

Rappels réglementaires

# 1.1 La Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV)

La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (TEPCV) a fixé les principaux objectifs et moyens réglementaires pour permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et à la préservation de l'environnement.

C'est la LTECV qui a établi les outils de gouvernance nationale et territoriale de la Transition énergétiques, en particulier avec l'élaboration :

- d'une Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC),
- d'une Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE),
- le Plan de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA).

C'est la LTECV qui renforce le rôle des collectivités territoriales en réaffirmant le rôle de chef de file de la Transition Air-Energie-Climat :

- de la Région avec les volets Air-Energie-Climat du Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET)
- des EPCI, où sont recentrés uniquement le chef de filât au niveau intercommunal, avec un objectif de couvrir tout le territoire, et devant élaborer leur plan climat air énergie (PCAET) qui intègrent désormais la composante qualité de l'air.

Le décret n°2016-849 du 28 juin 2016 relatif au Plan Climat-Air-Energie Territorial (PCAET), précise le contenu du diagnostic. Ce dernier comprend obligatoirement :

- Un état des lieux complet de la situation énergétique incluant :
  - une analyse de la consommation énergétique finale du territoire et de son potentiel de réduction,
  - une présentation des réseaux de transport et de distribution d'électricité, de gaz et de chaleur et de leurs options de développement,
  - une analyse du potentiel de développement des énergies renouvelables.
- L'estimation des émissions territoriales de gaz à effet de serre et de leur potentiel de réduction
- L'estimation des émissions de polluants atmosphériques et de leur potentiel de réduction
- L'estimation de la séquestration nette de CO2 et de son potentiel de développement
- L'analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique.

C'est l'objet du présent rapport de diagnostic PCAET de la Communauté d'Agglomération de GrandAngoulême.

Les **objectifs fixés par la LTECV, révisés par Loi Energie-Climat du 08/11/2019** (fixant l'objectif de la neutralité carbone en 2050) du sont rappelés dans le tableau ci-dessous :

	Objectifs 2030	Objectifs 2050
<b>Emissions de GES</b>	-40%/1990	-75%/1990 ("Facteur 4")
<b>Consommation énergétique finale</b>	-20%/2012	- 50% / 2012
<b>Consommation énergétique primaire énergies fossiles</b>	-40%/2012 *	
<b>Part des énergies renouvelables/consommation finale brute</b>	32%	
<i>Part des énergies renouvelables/production d'électricité</i>	40%	
<i>Part des énergies renouvelables/consommation finale de chaleur</i>	38%	
<i>Part des énergies renouvelables/consommation finale de carburant</i>	15%	
<i>Part des énergies renouvelables/consommation de gaz</i>	10%	
<b>Part du nucléaire dans la production d'électricité</b>		
<b>Production de chaleur et de froid renouvelable et de récupération par les réseaux de chaleur</b>	x 5 **	
<b>Contribuer à l'atteinte des objectifs de réduction fixés par le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques</b>		
<b>Rénovation du parc immobilier niveau "BBC rénovation"</b>		100%

\* Objectif revu suite à la parution de la loi Energie-Climat du 08/11/19

Figure 1 - objectifs réglementaires Climat - Energie

*Remarque : les objectifs de la loi Climat et Résilience ne sont pas alignés sur la nouvelle feuille de route « Fit for 55 » proposée par la Commission Européenne en 2021 qui veut **réduire de 55% les émissions de gaz à effet de serre en 2030** (contre 40% pour la loi EC). Dans la perspective d'une mise à jour des objectifs nationaux, nous ferons apparaître ces deux objectifs dans le PCAET.*

## 1.2 Le Plan national de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA)

La qualité de l'air extérieur est un enjeu majeur pour la santé et l'environnement. Le PCAET doit désormais intégrer ce volet dans ses prérogatives, compte-tenu du fait que la combustion d'énergie fossiles est l'une des principales sources d'émissions de polluants atmosphériques.

La pollution atmosphérique de l'air extérieur est évaluée en fonction de 2 familles d'indicateurs, chacune disposant d'un cadre réglementaire spécifique :

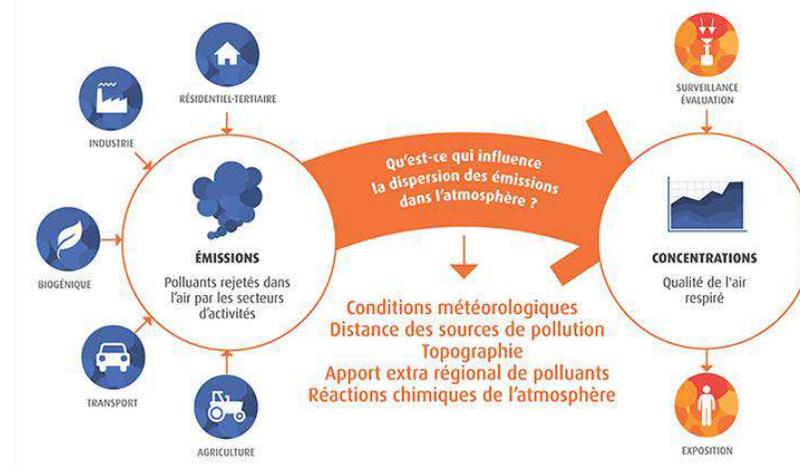
- Les émissions de polluants, qui correspondent aux polluants émis par les différents secteurs d'activités.
- Les concentrations de polluants, qui correspondent à la qualité de l'air respiré.

Le décret n° 2017-949 du 10 mai 2017 fixe les objectifs de réductions à horizon 2020, 2025 et 2030 pour les cinq polluants visés (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, COVNM, PM<sub>2,5</sub>), conformément aux objectifs européens définis par la directive (UE) 2016/2284 sur la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques.

- Ce sont les Directives européennes (Directive 2008/50/CE et Directive 2004/107/CE) transposées dans la réglementation française, qui fixent les seuils de concentration à respecter en fonction des polluants.
- Les seuils d'émissions de polluants atmosphériques sont encadrés par le Plan de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA), fixé en 2017 par l'Etat français

Il est précisé que les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), qui viennent d'être remises à jour en 2021, fixent des recommandations non réglementaires, qui visent à « tirer vers le haut », les réglementations internationales.

Le plan d'actions doit permettre d'atteindre des objectifs territoriaux biennaux, à compter de 2022, de réduction des émissions de polluants atmosphériques au moins aussi exigeants que ceux du Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) et de respecter les normes de qualité de l'air mentionnées à l'article L. 221-1 du code de l'environnement dans les délais les plus courts possibles, et au plus tard en 2025.



RÉDUCTION DES ÉMISSIONS PAR RAPPORT À 2005		
POLLUANT	À partir de 2020	À partir de 2030
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	- 55 %	- 77 %
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	- 50 %	- 69 %
Composés organiques volatils (COVNM)	- 43 %	- 52 %
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	- 4 %	- 13 %
Particules fines (PM <sub>2,5</sub> )	- 27 %	- 57 %

Figure 2 - Objectifs du PREPA – source Ministère de la Transition Écologique

## 1.3 La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)

Introduite par la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) est la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique. Elle donne des orientations pour mettre en œuvre, dans tous les secteurs d'activité, la transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Elle définit une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050 et fixe des objectifs à court-moyen terme : les **budgets carbonés** déclinés par secteurs d'activités sur des périodes de 4 ans.

Elle a deux ambitions : atteindre la **neutralité carbone à l'horizon 2050** et **réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français**. Les décideurs publics, à l'échelle nationale comme territoriale, doivent la prendre en compte.

La **neutralité carbone** est définie par la loi énergie-climat comme « *un équilibre, sur le territoire national, entre les émissions anthropiques par les sources et les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre* ».

En France, atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 implique une division par 6 des émissions de gaz à effet de serre sur son territoire par rapport à 1990.



Évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire français entre 1990 et 2050 (en MtCO<sub>2</sub>eq). Inventaire CITEPA 2018 et scénario SNBC révisée (neutralité carbone)

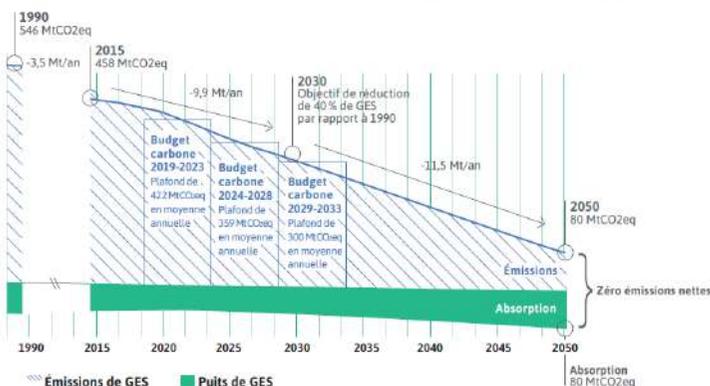


Figure 3 - la SNBC de la France, révisée en 2020 - Source : Ministère de l'Écologie

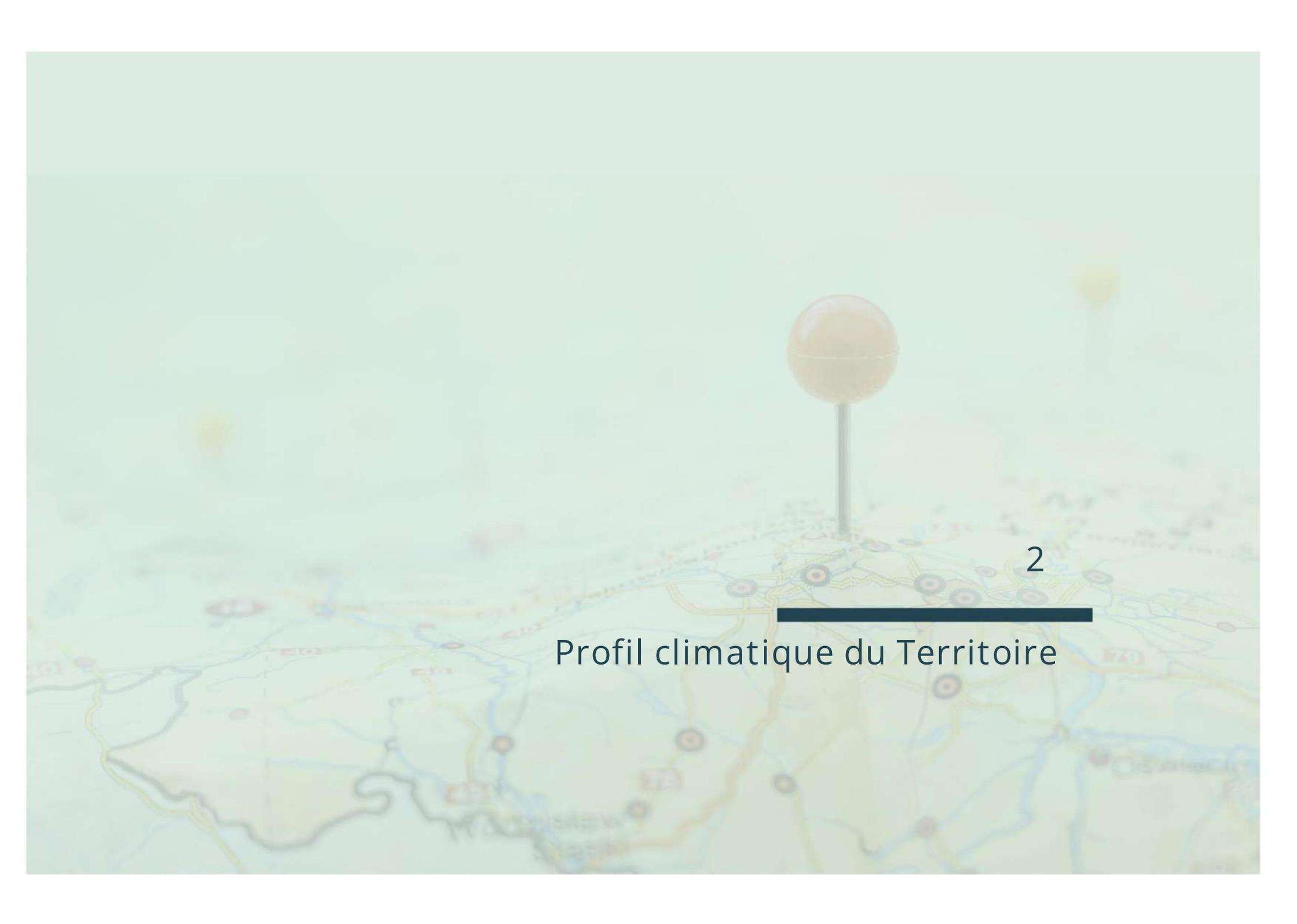
Les 4 grands objectifs fixés par la SNBC pour 2050 sont :

- **Décarboner l'énergie utilisée** (à l'exception du transport aérien),
- **Réduire de moitié les consommations d'énergie**, dans tous les secteurs d'activité,
- **Réduire au maximum les émissions GES non énergétiques**, issues très majoritairement du secteur agricole et des procédés industriels,
- **Augmenter et sécuriser les puits de carbone**, c'est-à-dire les écosystèmes naturels et les procédés et les matériaux capables de capter une quantité significative de CO<sub>2</sub>.

Les principaux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre GES par secteur sont repris ci-après :

	Objectif 2030	Objectif 2050
Transports	-31% / 2015	0 émission
Bâtiments	-53% / 2015	0 émission
Agriculture	-20% / 2015	-46% / 2015
Industrie	-35% / 2015	-81%/2015

Figure 4 - Principaux objectifs de réduction des émissions de GES de la SNBC

A map with a pushpin and a dark horizontal bar. The map is light-colored with various lines and dots. A large, semi-transparent orange pushpin is stuck into the map. Below the pushpin, there is a dark horizontal bar. The number '2' is positioned to the right of the bar.

2

Profil climatique du Territoire

## 2.1 Observations climatiques

### 2.1.1 LES TEMPERATURES

Les observations réalisées à partir de la station Météo France de La Couronne révèlent une évolution des températures moyennes saisonnières à la hausse. Les tendances linéaires par décennie, sur la période 1959-2019 sont les suivantes : + 0,11°C en hiver, + 0,25°C au printemps, + 0,24°C en été, + 0,12°C en automne.

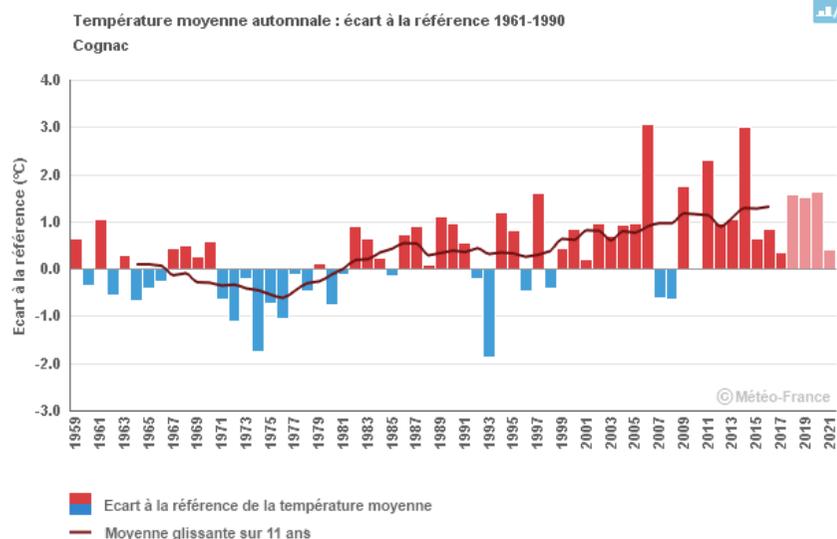


Figure 5 - Évolution des températures moyennes automnales – station météo de La Couronne – sources : Météo France

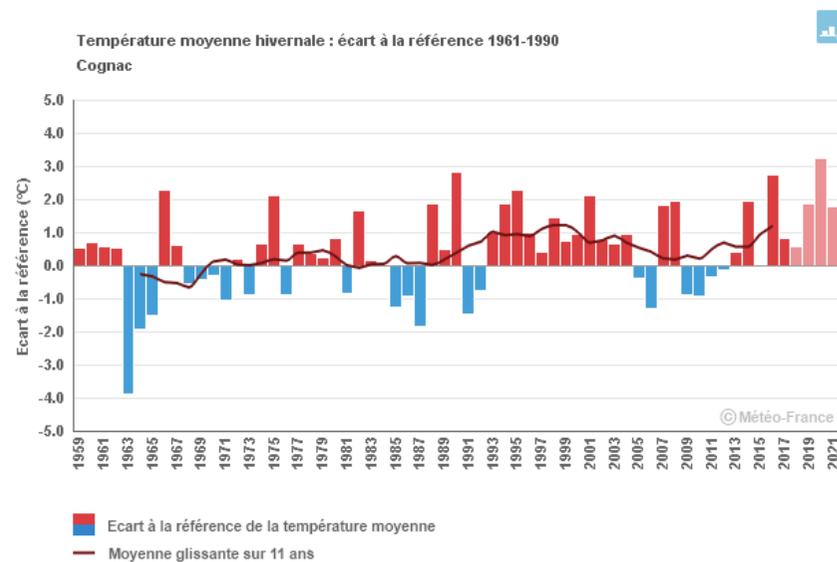


Figure 6 - Évolution des températures moyennes hivernales – station météo de La Couronne – sources : Météo France

Les variations de températures en automne et en hiver sont très fortes, comme peuvent le montrer les graphiques sur l'évolution des températures.

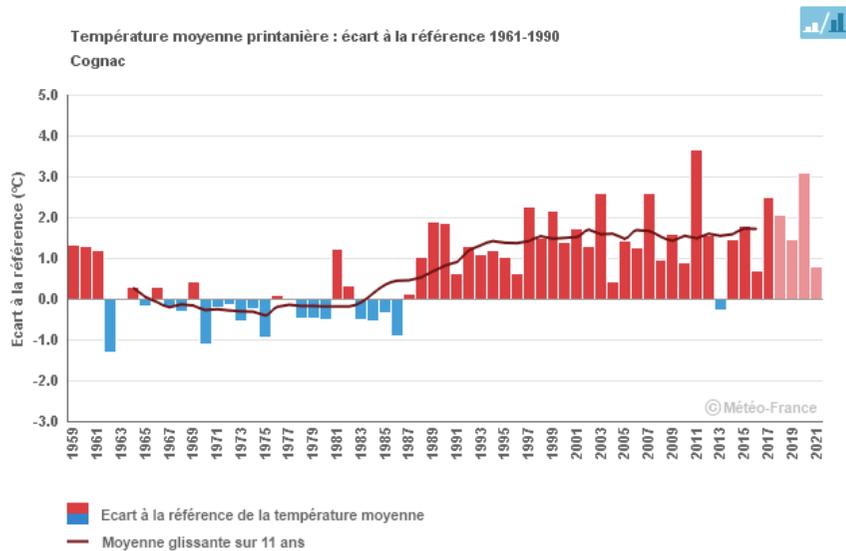


Figure 7 - - Évolution des températures moyennes printanières – station météo de La Couronne – sources : Météo France

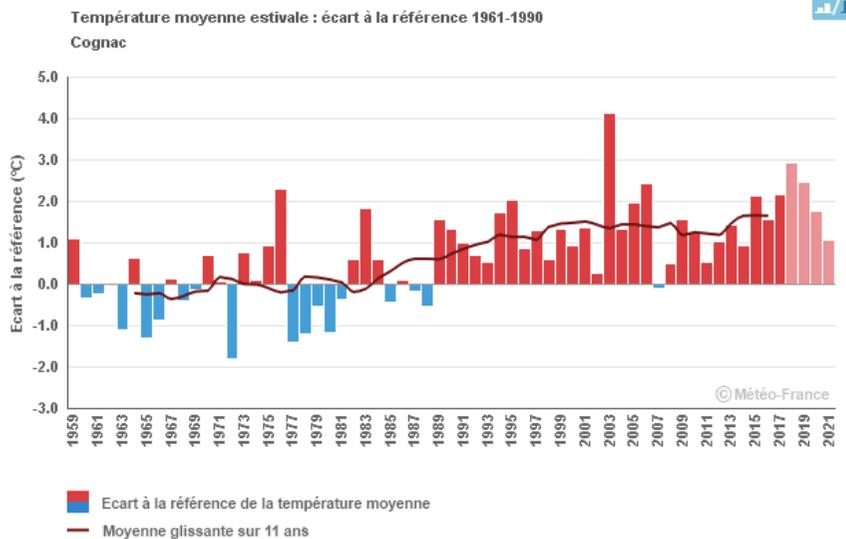


Figure 8 - - Évolution des températures moyennes estivales – station météo de La Couronne – sources : Météo France

L'augmentation des températures est davantage significative sur les saisons printanières et estivales, saisons pour lesquelles le réchauffement est deux fois plus important.

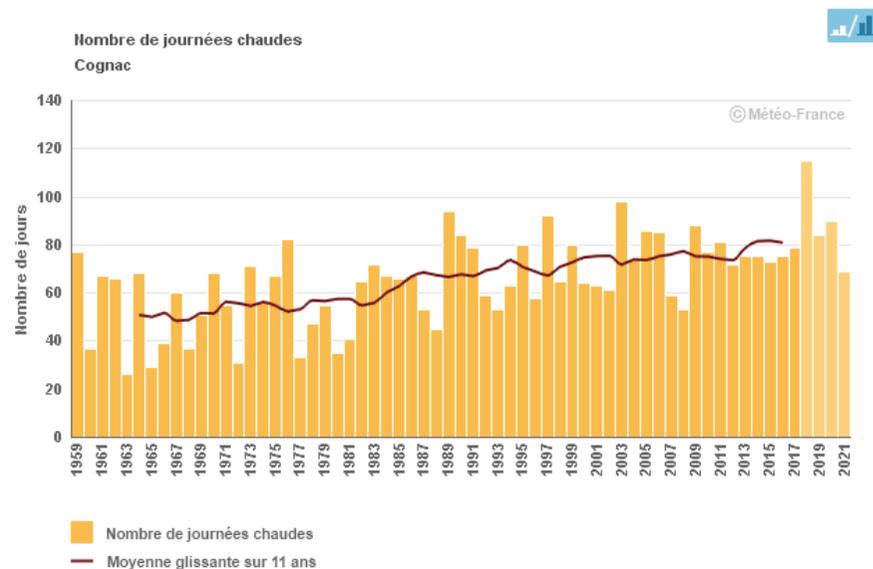


Figure 9 - Évolution des jour chauds en France – sources : Météo France

Le nombre annuel de journées chaudes (températures maximales supérieures à 25°C) a également connu une forte augmentation sur la période, **jusqu'à 25 jours supplémentaires pour la commune de Cognac** (Station météo utilisée pour le département de la Charente). 2018 est l'année ayant connu le plus grand nombre de journées chaudes : une année record avec plus de 100 journées chaudes observées.

## 2.1.2 LE NOMBRE DE JOURS DE GEL ET LES PRECIPITATIONS

En moyenne, **le nombre de jours de gel a diminué de 2 jours par décennie** à Cognac (station météo la plus proche de l'Agglomération) sur la période 1960-2019, soit **une baisse de 13 jours sur 59 ans**.

A titre de comparaison, les autres territoires de la Région Nouvelle-Aquitaine connaissent une baisse allant de 6 jours (Agen) à 29 jours (Ussel). Les impacts de cette baisse du nombre de jours de gel sur les productions agricoles sont à étudier au cas par cas.

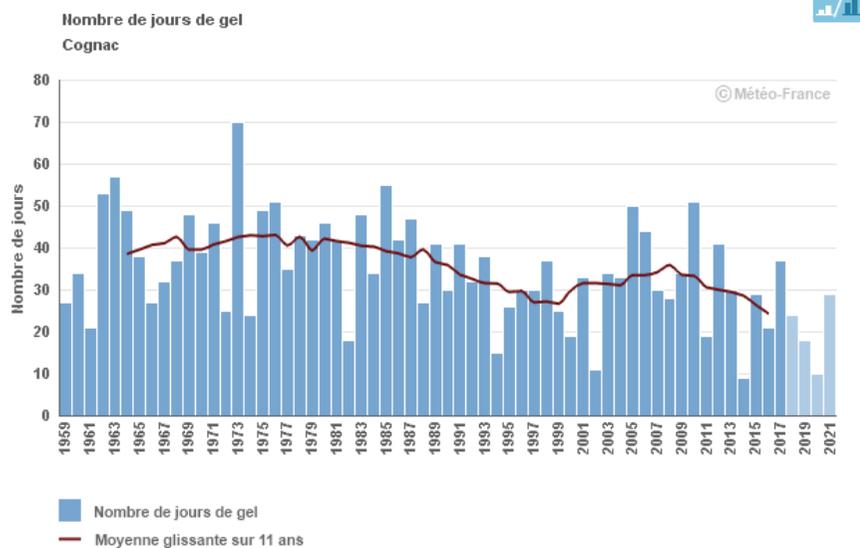


Figure 10 - Évolution du nombre de gel - Station météo de Cognac - Couronne  
- Sources : Météo France

Contrairement à l'évolution des températures, l'évolution des précipitations ne permet d'identifier aucune tendance. Les observations révèlent principalement de grandes variabilités interannuelles, pouvant atteindre jusqu'à 500 mm d'une année à l'autre.

**La baisse des précipitations annuelles, estimée par les prévisions climatiques, n'est pas encore perceptible, du moins à travers les données statistiques.**

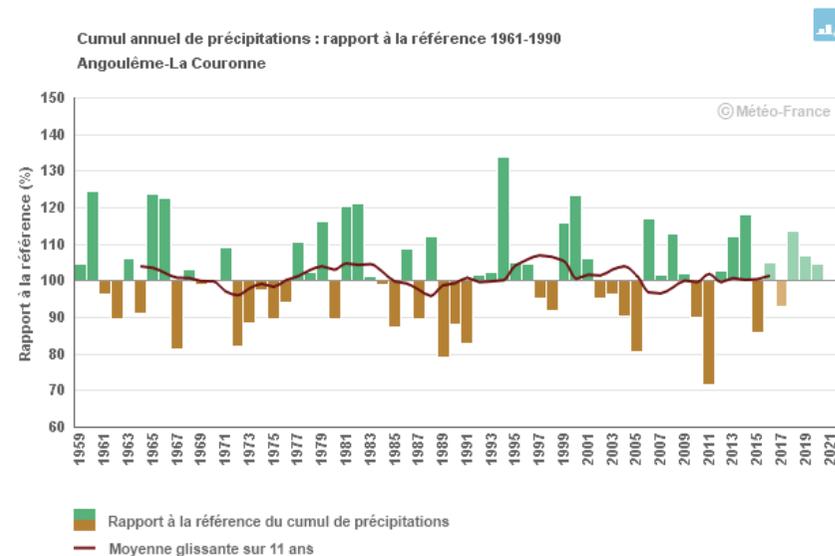


Figure 11 - Évolution des précipitations annuelles - Station d'Angoulême / La Couronne -  
Sources : Météo France

## 2.1.3 L'ÉVAPOTRANSPIRATION ET LE CONTENU EN EAU DES SOLS

En corrélation avec la hausse des températures moyennes sur le territoire, l'évapotranspiration potentielle a également connue une hausse significative sur la période 1959-2019.

Cette hausse, pour le département de la Charente, équivaut à + 183 mm en 60 ans. **Il s'agit du département avec la plus forte hausse de la région, pour lequel la moyenne se situe à + 131 mm en 60 ans.**

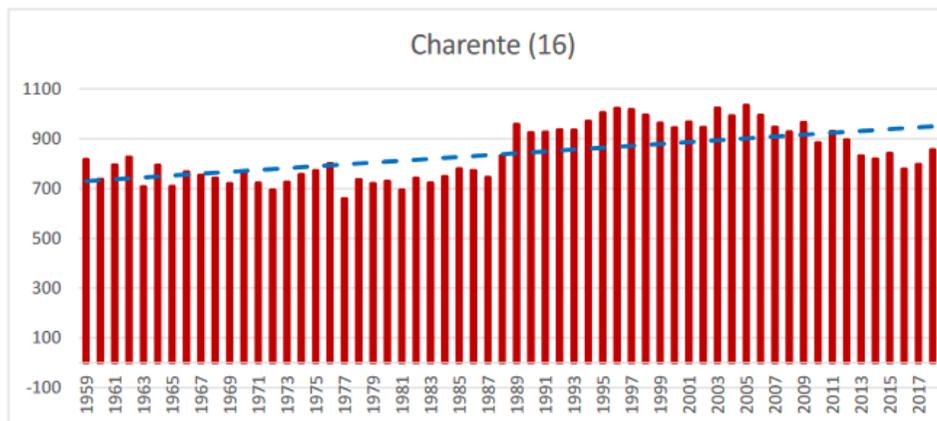


Figure 12 - Évolution de l'évapotranspiration potentielle en Charente  
- Sources : Météo France

Cette évolution à la hausse traduit **un durcissement des conditions hydriques**, au vu de la stabilité des précipitations annuelles sur la même période.

## 2.2 Les impacts agricoles

### 2.2.1 DATES DE RECOLTES ET RENDEMENT

Des enquêtes réalisées auprès de 20 exploitations agricoles du Poitou-Charentes ont permis de dégager une **tendance à l'avancement des dates de récolte du blé tendre, d'environ 8 jours depuis 1980**. Cet avancement serait lié à la hausse des températures et devrait donc s'accroître dans les années ou décennies à venir.

Concernant le **rendement du blé tendre**, un plafonnement de celui-ci a été observé pour chaque département de la Région Nouvelle-Aquitaine, à la fin des années 90'. **Le rendement a diminué de 0,17 q/ha/an entre 1994 et 2020 en Charente**. Les stress hydriques et thermiques accentuent le phénomène.

Des enquêtes similaires ont été réalisées auprès de 17 exploitations agricoles pour **le maïs**. Celles-ci ont permis d'estimer **un avancement des dates de récolte de 4,2 jours à 5,6 jours par décennie**. Une variabilité interannuelle de la date de récolte a également pu être observée, notamment en lien avec les conditions météorologiques d'automne variables.

### 2.2.2 CONTENU EN EAU DES SOLS

L'étude de l'humidité moyenne des sols permet de rendre compte des capacités de rétention d'eau par le sol et donc d'identifier les situations de stress hydrique pour les plantes.

Globalement, ont pu être constatées :

- **une diminution de l'humidité moyenne des sols au printemps et en automne**,
- ainsi qu'une **augmentation** :
  - **du nombre de jours par an où les sols ont une faible humidité**
  - du pourcentage de temps passé en sécheresse, toutes sévérités confondues.

Cette baisse du niveau d'humidité des sols est directement liée à l'augmentation de l'évapotranspiration et indirectement liée à l'augmentation des températures moyennes.

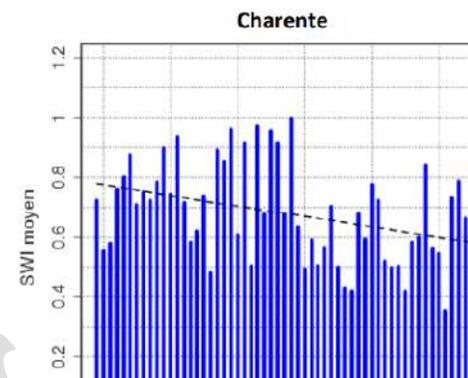


Figure 13 : évolution de l'humidité moyenne des sols (SWI) en Charente - sources : Météo France



## 2.3 Les impacts sur la biodiversité et la santé

Outre les impacts sur l'agriculture, les évolutions climatiques (observations, tendances et prévisions) ont une influence certaine sur la biodiversité ainsi que sur la santé humaine.

Le changement climatique, couplé aux activités humaines, a **des répercussions sur le développement de certaines espèces nuisibles comme l'ambrosie**. Cette espèce a vu son territoire d'occupation grandement augmenté entre 2005 et 2017 (source : ANSES, l'ambrosie en France), faisant de la Charente une zone de « front », c'est-à-dire en limite de zones fortement infestées.

Selon l'association Alliance contre les Espèces Invasives (AEI)<sup>1</sup>, en Charente, 119 communes ont fait au moins 1 signalement de présence d'ambrosie (données récoltées entre 2000 et 2018).

Le changement climatique a également pour effet d'accroître les niveaux de concentration en pollen de l'ambrosie dans l'air, un pollen fortement allergisant.

<sup>1</sup> cf. <http://www.especes-invasives.fr/>

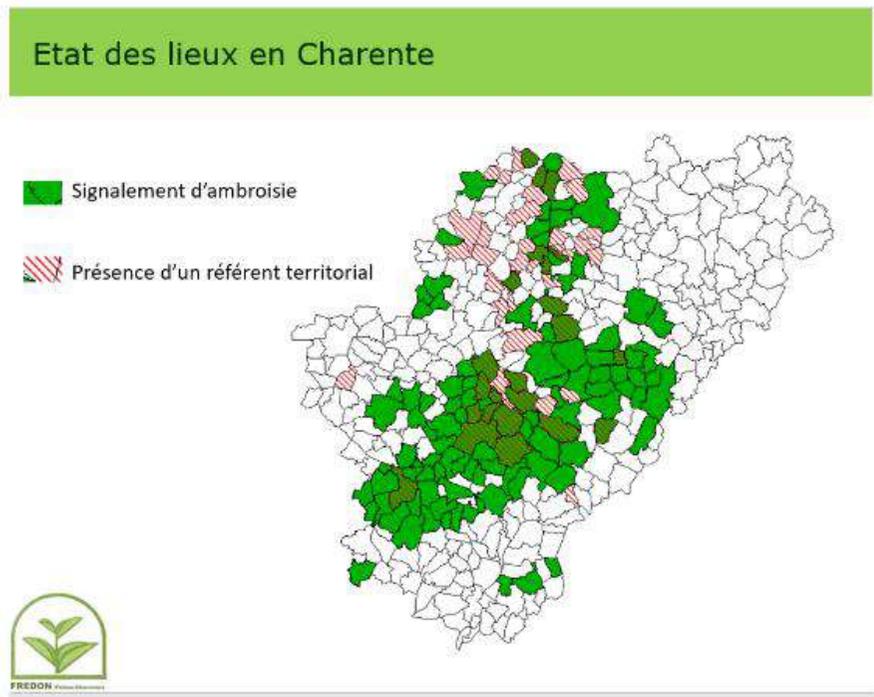


Figure 14 - Etat des lieux de l'ambroisie en Charente - sources : AEI (données récoltées entre 2000 et 2018)

Les impacts du changement climatique sur la santé sont multiples, de manière indirecte avec le renforcement du risque allergène évoqué précédemment ou bien de manière plus directe avec les cas de décès liés aux épisodes de fortes chaleurs. Les pics de pollution sont également renforcés par la hausse des températures et l'ensoleillement, tout comme les risques de cancer (exposition aux ultraviolets).

A map of a region, possibly in Europe, with a network of nodes and connections overlaid. A large orange pushpin is stuck into the map. The text '3' is positioned to the right of the pushpin.

3

Consommations énergétiques, productions  
énergétiques & émission GES

# 3.1 Consommations énergétiques

## 3.1.1.1 METHODOLOGIE

L'analyse des consommations énergétiques se base principalement sur les données mises à disposition par l'OREGES Nouvelle Aquitaine.

Ces données sont majoritairement issues de résultats de modélisation. Elles sont disponibles à l'échelle communale et intercommunale selon une méthodologie cadastrale. Il s'agit des données les plus récentes (2019) qui ont été communiquées par l'OREGES Nouvelle Aquitaine.

Les consommations énergétiques sont divisées en 5 secteurs conformément aux exigences réglementaires du PCAET : Résidentiel, Tertiaire, Transports, Industrie, Agriculture.

La méthode de modélisation des données par secteur est résumée dans les chapitres sectoriels spécifiques suivants.

Il est important de rappeler que les données Climat - Energie-climat issues de la base CIGALE sont cadastrales : c'est-à-dire que les consommations énergétiques et les émissions GES sont calculées en fonction de la nature des activités humaines, ramenées à la maille communale.

Ainsi, pour le secteur des transports, il est affecté à chaque commune la part des consommations énergétiques et émissions de GES liée aux trafic routier qui transite dans son périmètre administratif.

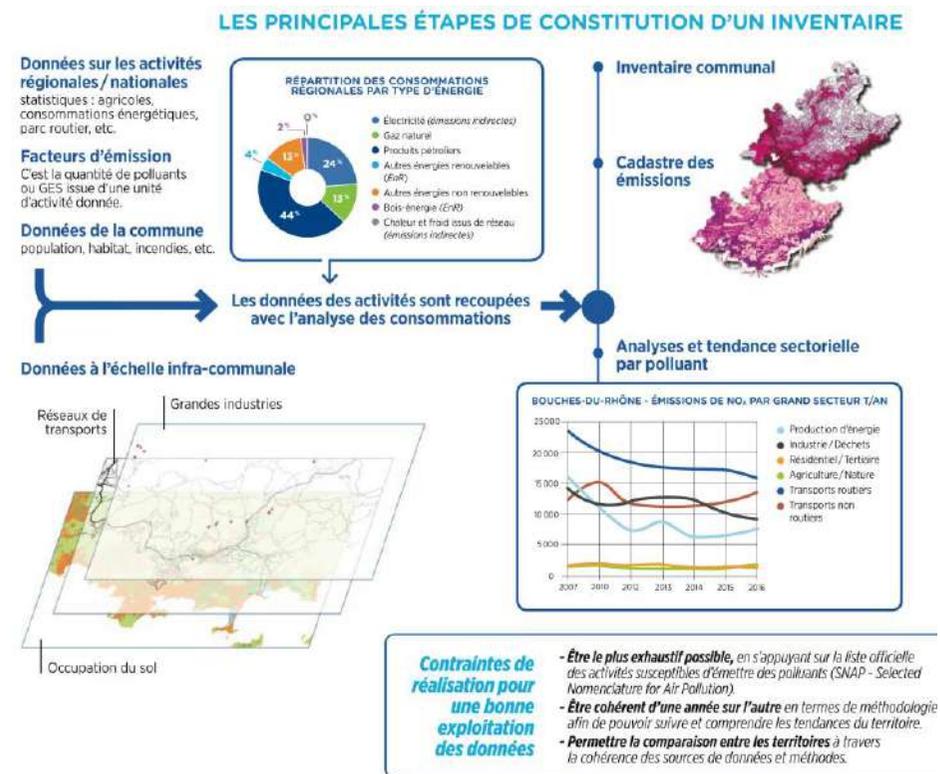


Figure 15 - Schéma de construction de l'inventaire énergétique – sources : ATMOSUD

### 3.1.1.2 ETAT DES LIEUX DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

En 2019, le Grand Angoulême a consommé **3 850 GWh/an**, soit 2,3% de la consommation régionale et 0,2% de la consommation nationale.

La principale source d'énergie du territoire angoumois sont **les produits pétroliers (37%)**, puis **le gaz (27%)** et **l'électricité (25%)**. La part de gaz naturel est plus importante que celle observée en Nouvelle-Aquitaine ou en France.

Les vecteurs énergétiques étudiés sont les suivants :

- Produits pétroliers : carburants, propane, fioul domestique, ...
- Gaz naturel,
- Électricité,
- Énergies renouvelables thermiques (bois-énergie, biomasse...)
- Chaleur (issue des réseaux de chaleur)

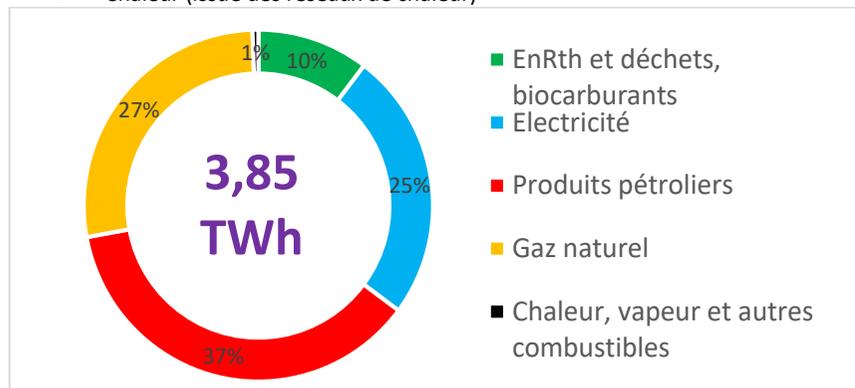


Figure 6 : Consommation en énergie finale du Grand Angoulême par vecteur (2019) - sources : AREC / Artelys

**Le mix énergétique du Grand Angoulême est à 64% composé d'énergies fossiles** (produits pétroliers et gaz naturel), et donc émetteurs de gaz à effets de serre. Ce ratio correspond à la moyenne nationale française.

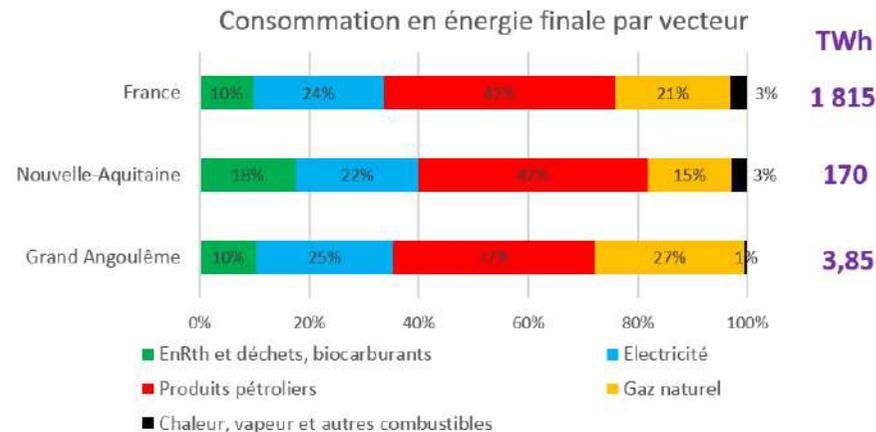


Figure 16 – Consommation énergétique finale par vecteur (2019) - sources : AREC / Artelys

Quatre secteurs sont prépondérants dans la consommation énergétique du territoire :

- Le secteur des transports (36%), très majoritairement routiers,
- Le résidentiel (29%),
- Le secteur industriel (18%)
- Le tertiaire (16%).

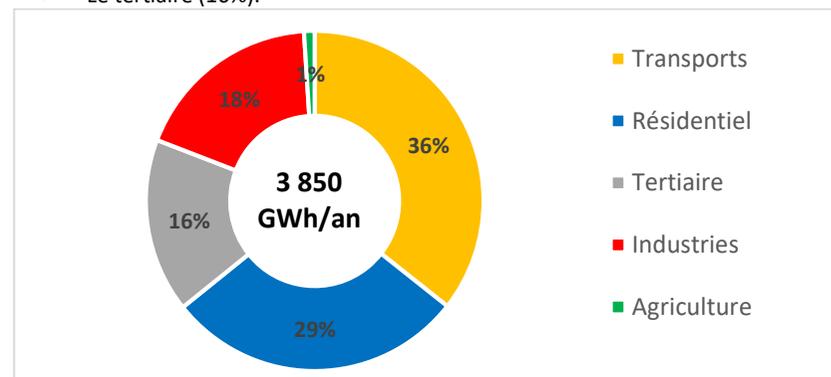


Figure 17 : Répartition sectorielle des consommations énergétiques (2019) - sources : AREC / Artelys

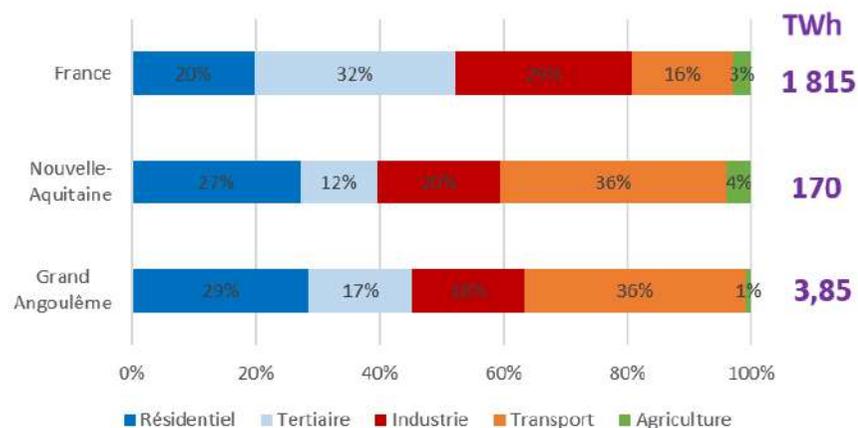


Figure 18 : Comparaison de la consommation sectorielle avec la France et la Nouvelle-Aquitaine - sources : AREC / Gouvernement / Artelys

Le profil de consommation en énergie finale de la communauté d'agglomération est proche de celui de la région, avec un peu plus de consommation liée au tertiaire et un peu moins à l'agriculture. Il y a néanmoins nettement plus de consommation dans le transport (x2,3) et le résidentiel (+45%), et moins dans l'industrie et le tertiaire (-38% et -47%), qu'à l'échelle nationale.

L'étude du profil énergétique de chaque secteur est également intéressant, tous ayant un profil différent :

- Produits pétroliers en grande majorité pour le **transport** routier (avec une part de biocarburants intégrés de 8%) et l'agriculture (pour les cultures à 60%)
- Gaz (61%) et électricité (34%) pour l'**industrie**
- Electricité (55%) et gaz (30%) pour le **tertiaire**, avec pour usages principaux le chauffage (42%), l'électricité spécifique (27%) et l'eau chaude sanitaire (11%)
- Gaz (39%), électricité (31%) et EnR thermiques (24%) pour le **résidentiel**, essentiellement pour le chauffage (69%). Les autres usages étant l'électricité spécifique (16%), l'eau chaude sanitaire (10%) et la cuisson (6%).
- L'amélioration de la **performance énergétique des bâtiments** permettrait de réduire la consommation énergétique, le chauffage représentant 27% du total.

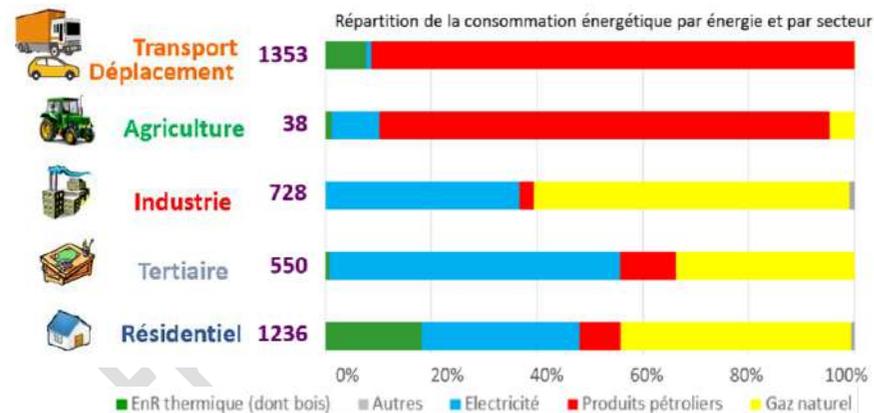


Figure 19 : Consommations et mix énergétiques finaux des secteurs d'activités<sup>2</sup> - sources : AREC

### 3.1.1.3 ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

La consommation en énergie finale a diminué de 4 380 GWh en 2015 à 3 850 GWh en 2019, soit **une baisse de 12%**. La consommation française a baissé de 14% sur cette période.

- A l'exception du gaz naturel, **l'ensemble des vecteurs énergétiques a vu une réduction de sa consommation.**
- **La consommation de produits pétroliers a connu la plus grosse baisse**, à hauteur de 19%, malgré une hausse de 5% de la consommation dans le secteur du transport. À l'échelle nationale, la consommation de produits pétroliers est plutôt stable sur la même période (-3%, donnée INSEE).
- **L'industrie a consommé 2 fois moins d'énergie entre 2019 et 2015**, alors que la consommation des autres secteurs a légèrement augmenté (sauf pour le résidentiel où elle a légèrement diminué). **Ceci est notamment dû à l'arrêt de la cimenterie Lafarge.**

<sup>2</sup> Ces chiffres, les plus récents à notre disposition, sont un peu datés (2013 pour le résidentiel, 2015 le tertiaire, 2014 l'industrie et les transports, 2016 l'agriculture)

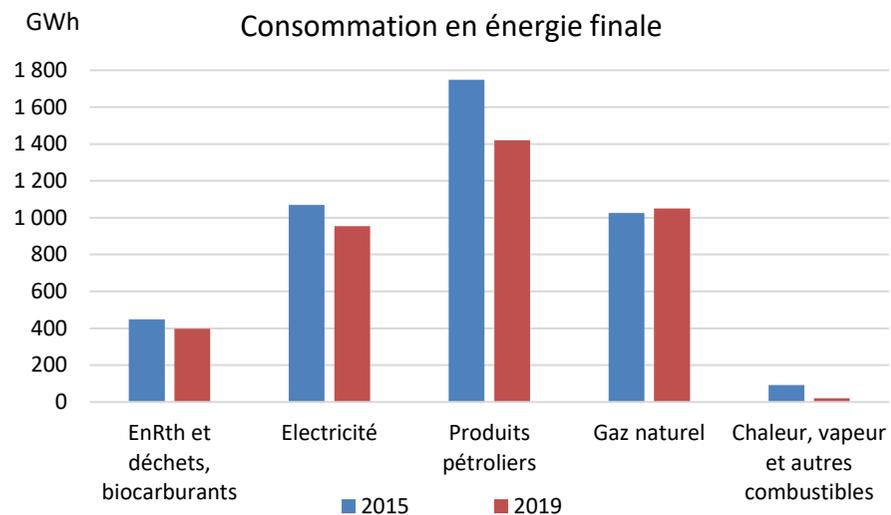


Figure 20 – Consommations et mix énergétiques finaux par secteur d’activités - sources : AREC / Artelys

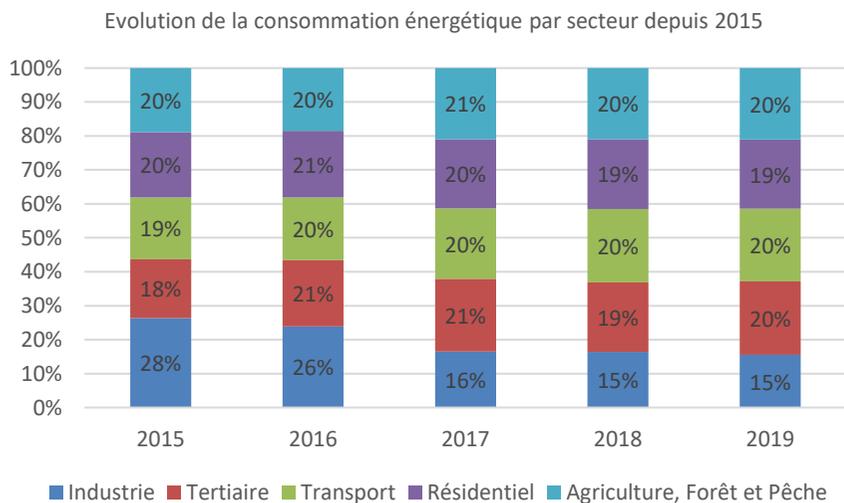


Figure 21 - évolution de la consommation énergétique par secteur - sources : AREC / Artelys

### 3.1.1.4 CARTOGRAPHIES DES CONSOMMATIONS A MAILLE IRIS

Les cartographies à maille IRIS suivantes ont été réalisées à partir des données 2019 du SDES. Un détail des consommations électrique et gaz par secteur (résidentiel, industrie, tertiaire) aux mailles IRIS et communes est disponible en annexe 7.1 et 7.2.

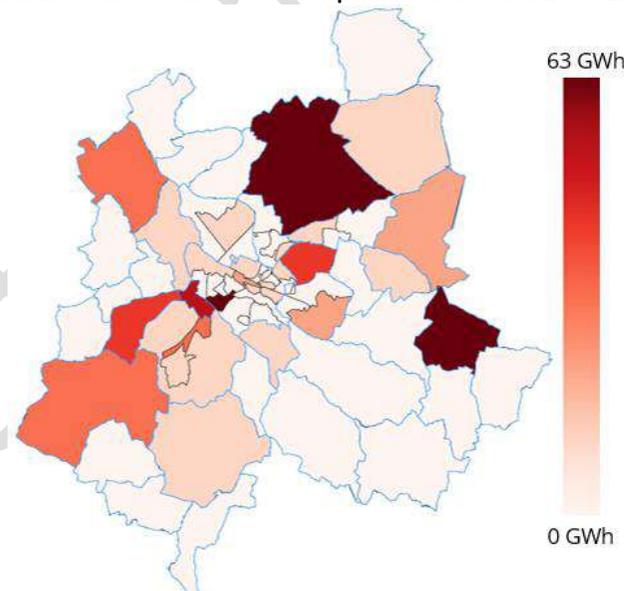


Figure 22 : Cartographie IRIS de la consommation électrique 2019 (total : 958 GWh)

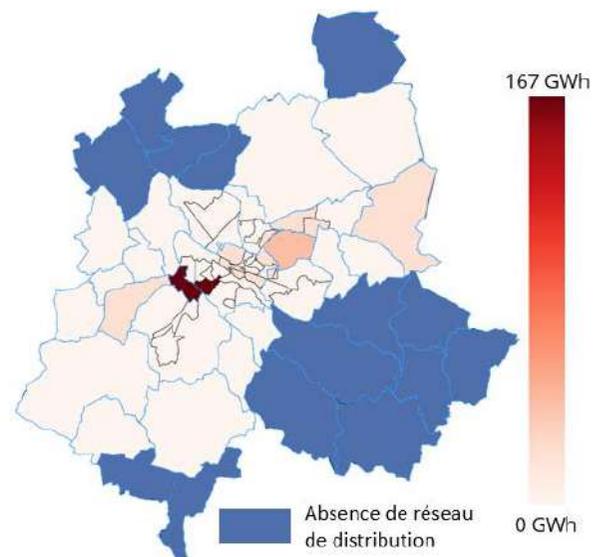


Figure 23 : Cartographie IRIS de la consommation gaz 2019 (total : 1085 GWh)

## 3.2 La production d'énergies renouvelables (EnR&R)

### 3.2.1.1 METHODOLOGIE

On rappelle ici qu'une énergie renouvelable (EnR) est une énergie dérivée de processus naturels en perpétuel renouvellement, notamment celles d'origine solaire, éolienne, hydraulique, géothermique ou végétale (bois, biocarburants, etc.). C'est donc la capacité de renouvellement de la ressource énergétique à l'échelle de temps humaine qui caractérise une EnR.

Les différentes EnR&R (énergies renouvelables et de récupération) considérées réglementairement au titre du PCAET sont récapitulées ci-dessous :

EnR&R électriques	Eolien (terrestre et maritime) Photovoltaïque Hydraulique Cogénération
-------------------	---

EnR&R thermiques :	Biomasse Géothermie Solaire thermique Récupération de chaleur <i>Réseau de chaleur*</i>
Biogaz :	Méthanisation

Réseau de chaleur\* : d'un point de vue énergétique, le réseau de chaleur n'est pas une EnR en tant que telle mais bien un réseau de distribution de la chaleur qui permet de desservir plusieurs bâtiments et qui est alimenté par une source d'énergie (qui peut être renouvelable ou non). S'il est assimilé à une EnR&R dans les exigences réglementaires du PCAET (alimenté par une EnR&R thermique), dans l'optique d'éviter les confusions, nous présentons l'état des lieux des réseaux de chaleur dans la partie dédiée aux réseaux de transports et de distribution énergétiques.

### 3.2.1.2 LE MIX RENOUVELABLE DU GRAND ANGOULEME (2019)

En 2019, 438 GWh d'EnR ont été produits sur le territoire, en augmentation de 13% par rapport à 2015 (387 GWh). Cette production correspond à 11,4% de la consommation énergétique finale, contre 25, 2% pour la Région Nouvelle Aquitaine et 19,1% pour la France.

On constate la **prédominance du bois-énergie** avec plus de 50 % de la production d'EnR du territoire. Cette énergie représente souvent une part importante de la production locale renouvelable en comparaison aux autres filières moins représentées.

Les biocarburants et les systèmes géothermiques (dont les pompes à chaleur) représentent respectivement 24% et 16 % du mix renouvelable.

À noter que la **production d'électricité renouvelable représentait en 2019 seulement 6% du mix renouvelable**, d'origine essentiellement photovoltaïque (soit 22 GWh). Mais de nouveaux projets photovoltaïques ont vu le jour depuis 2019, dont deux grands parcs PV au sol pour une puissance cumulée de 19,4 MW). La figure 25 indique des données actualisées à 2021 pour la production d'électricité : 47 GWh d'électricité photovoltaïque ont été produits sur le Grand Angoulême.

La part d'énergie produite d'origine renouvelable dans la consommation finale est nettement plus faible sur le territoire (11%) qu'aux échelles régionale (25%) et nationale (20%)

L'absence d'hydraulique (2 GWh seulement) et d'éolien (30% de la production primaire EnR, et respectivement 51% et 31% d'électricité EnR en France en 2019) est un facteur explicatif important.

La part des biocarburants (24%) dans le total EnR est nettement plus importante qu'aux autres échelles (~10%). De même pour les pompes à chaleur (16% vs ~8%). Ceci s'explique cependant en partie par le fait que la part EnR est deux fois plus faible qu'aux autres échelles : ces énergies n'occupent pas une part plus importante dans la consommation totale.

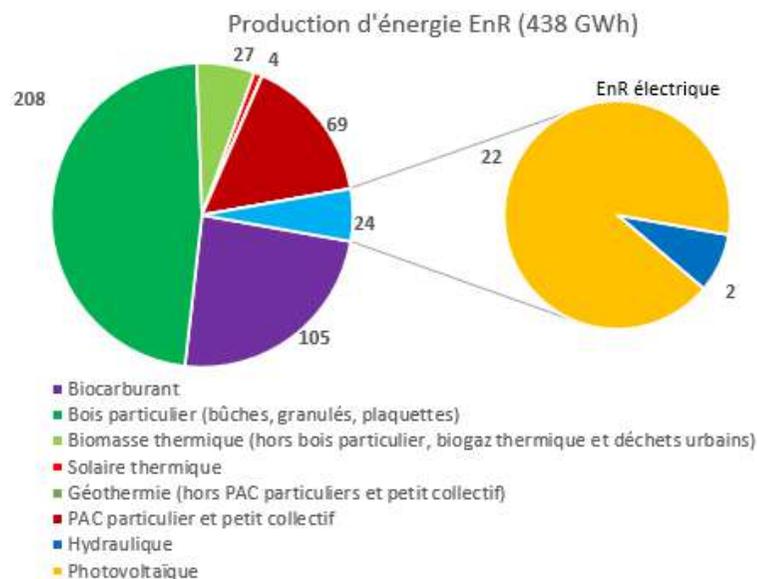


Figure 24 – Mix renouvelable du Grand Angoulême en 2019

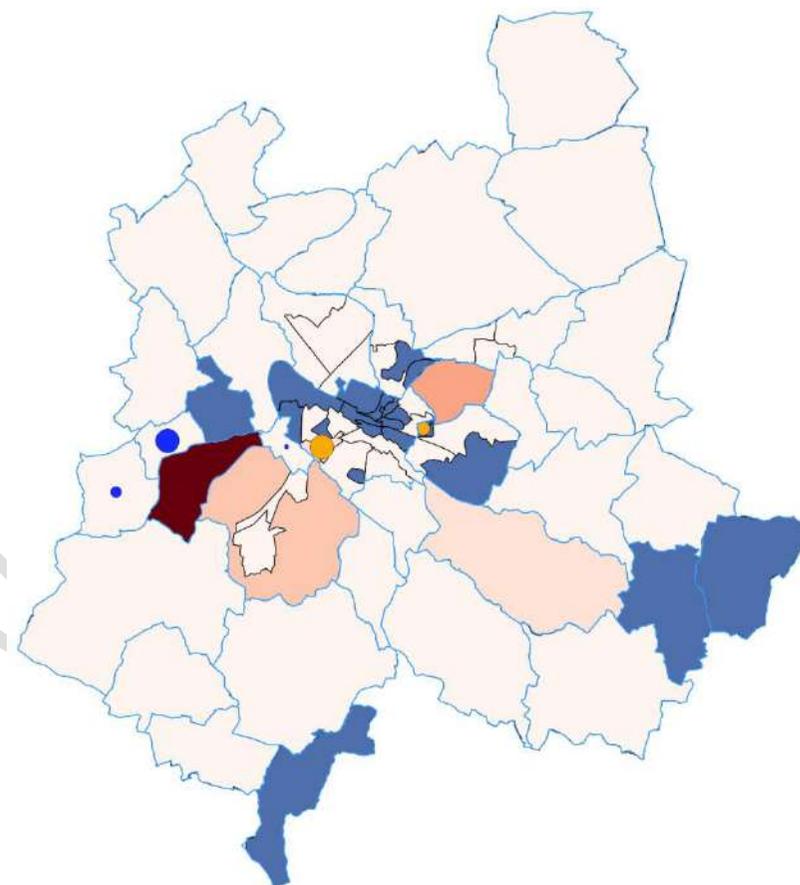


Figure 25 : Cartographie de la production d'électricité 2021 (maille IRIS)

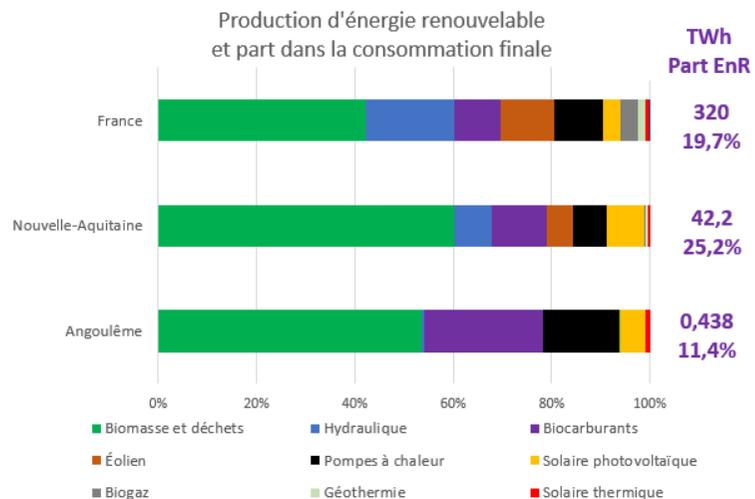


Figure 26 : Comparaison de la production EnR à la France et à la Nouvelle-Aquitaine 2019

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la production EnR par type d'énergie. À noter que la production liée aux PAC a augmenté de 46% en 4 ans.

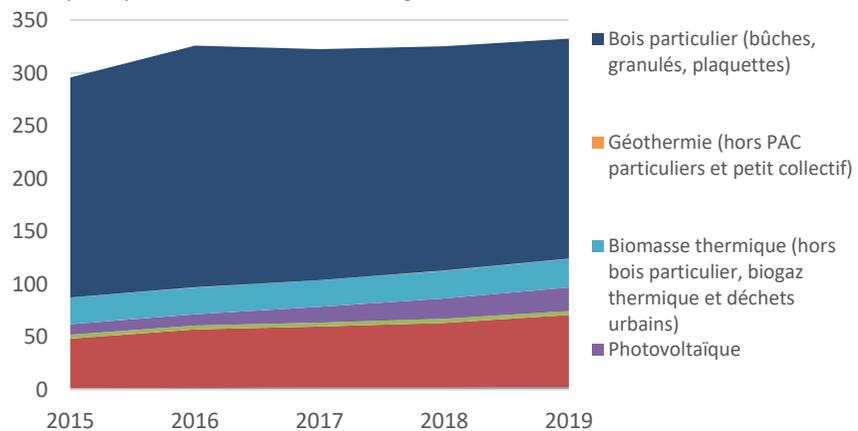
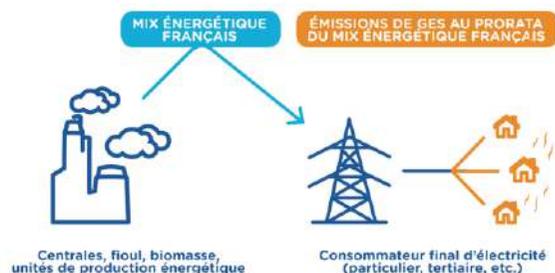


Figure 27- Evolution de la production EnR locales du Grand Angoulême  
- Sources : AREC- Algoé

## 3.3 Emissions de gaz à effet de serre territoriales

### 3.3.1.1 METHODOLOGIE

Les données présentées ci-après sont issues des inventaires territoriaux d'émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre (GES) réalisés par l'OREGES Nouvelle-Aquitaine.



#### DIFFÉRENCES DE PÉRIMÈTRES ENTRE INVENTAIRES DE POLLUANTS ET INVENTAIRES ÉNERGÉTIQUES ET GES

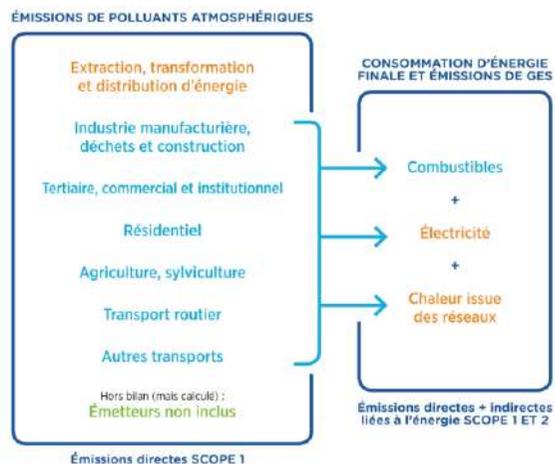


Figure 28-Les inventaires territoriaux Air-Climat-Energie – Sources : ATMO Sud

Les émissions de GES sont calculées en croisant les données de consommation énergétique par vecteur et par usage avec les facteurs d'émission en gCO<sub>2</sub>/kWh (source : ADEME, base carbone). Les émissions non énergétiques (gaz fluorés) sont estimées sur la base des données nationales produites par le CITEPA.

L'OREGES prend en compte les 6 familles de gaz identifiées par le Groupement Intergouvernemental d'Expert du Changement Climatique (GIEC) comme Gaz à Effet de Serre (GES) :

- Dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> (surtout dû à la combustion des énergies fossiles et à l'industrie),
- Méthane CH<sub>4</sub> (élevage des ruminants, des décharges d'ordures, des exploitations pétrolières et gazières),
- Protoxyde d'azote N<sub>2</sub>O.
- Les Chlorofluorocarbure (ou Chlorofluorocarbure) CFC
- Les Hydrofluorocarbure (ou Hydrofluorocarbure) HFC
- L'hexafluorure de Soufre SF<sub>6</sub>

Rappelons qu'à l'échelle mondiale, les gaz fluorés représentent 2% des émissions de GES. En France, bien qu'en augmentation, ils représentent 4% des émissions de GES.

Les émissions de GES sont calculées sur à l'échelle de l'EPCI, détaillée par secteurs d'activités, sur la base d'une double approche :

- Approche territoriale (dite SCOPE 1), basée sur les émissions directement émises par les différentes activités à l'échelle communale : combustions énergétiques locales des différents secteurs (industrie, résidentiel, tertiaire, transports, agriculture...), émission agricoles...
- Approche basée sur les consommations énergétiques finales (dite SCOPE 2), où on affecte à chaque commune et secteur d'activités, les émissions de GES liées à leurs consommations d'énergies, même si celles-ci sont en-dehors du territoire concerné

Conformément à la réglementation, les émissions de GES associées aux importations ne sont pas prises en compte ici (on parle alors d'empreinte carbone).

### 3.3.1.2 ETAT DES LIEUX DES EMISSIONS GES

Sur le territoire de Grand Angoulême, **890 ktCO<sub>2</sub>eq** ont été émises en 2019, dont près de **la moitié dans le transport (49%)**.

Les émissions ont baissé de **37%** entre 2019 et 2015 (1420 ktCO<sub>2</sub>eq).

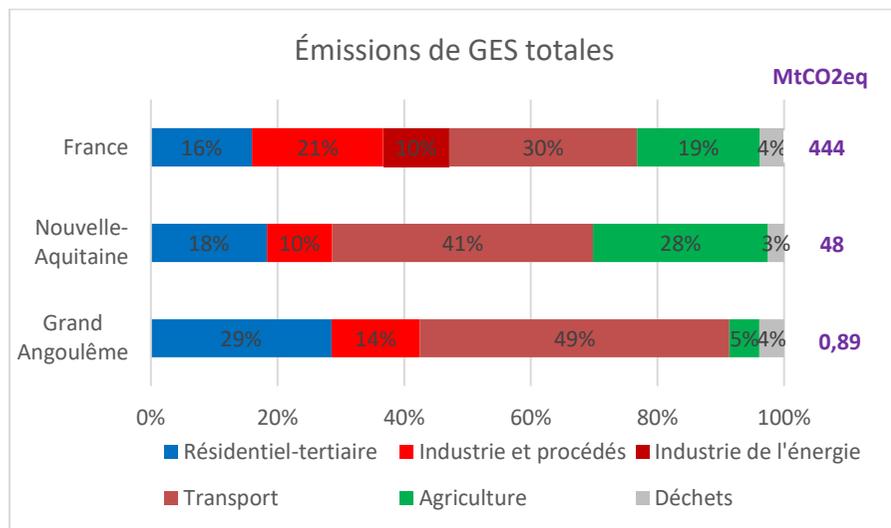


Figure 29 – Répartition en % des émissions de GES pour la France, la Région Nouvelle-Aquitaine et le Grand Angoulême (2019) - sources : AREC / Gouvernement - Artelys

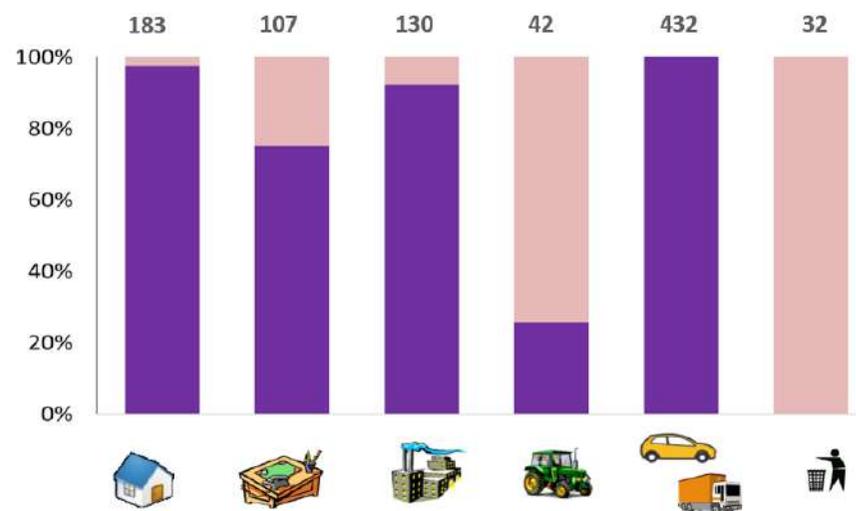


Figure 30 – Répartition des émissions de GES énergétiques (violet) et non énergétiques (rose) par secteur (en ktCO<sub>2</sub>) pour Grand Angoulême (2019) - sources : AREC - Artelys

Les secteurs d'activités du Grand Angoulême les plus émetteurs en émissions de GES, sont :

- **Les Transports routiers**, qui émettent 436 ktCO<sub>2</sub>/an soit 49% des émissions GES globales (à noter que ceci inclus le trafic de transit de la N10, et qu'il n'est actuellement pas possible d'isoler les émissions locales),
- **Le Résidentiel-Tertiaire**, qui émet 258 ktCO<sub>2</sub>/an soit 29% des émissions GES globales,
- **Le secteur industriel**, qui émet 124 ktCO<sub>2</sub>/an, soit 14% des émissions GES globales.

Ces 3 secteurs d'activités représentent à eux 3 près de 92% des émissions de GES sur le territoire du Grand Angoulême.

L'agriculture représente 5% des émissions de GES du territoire. Les émissions de GES liées à l'agriculture sont beaucoup plus faibles qu'aux échelles régionale et nationale, ce qui entraîne une plus forte proportion des autres secteurs (transport, résidentiel-tertiaire). Les émissions liées à l'industrie sont également nettement plus faibles qu'au niveau national.

### 3.3.1.3 ÉVOLUTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Les émissions de GES ont baissé de manière très importante 37% entre 2015 et 2019 (soit – 537 ktCO2).

Cette baisse est de manière quasi exclusive due à la réduction drastique des émissions de GES du secteur industriel : -512 ktCO2 entre 2015 et 2019.

Cette baisse (entre 2016 et 2017) correspond en grande partie à l’arrêt de l’activité de la cimenterie de La Couronne.

Sur les autres secteurs d’activités, une baisse tendancielle est observée sur la même période, mais de l’ordre de 5 à 10% (sauf pour le traitement des déchets, -49%, soit -33 ktCO2)

**Seul le secteur des transports voit ses émissions de GES augmenter durant cette période de 4% (soit 18,4 ktCO2).**

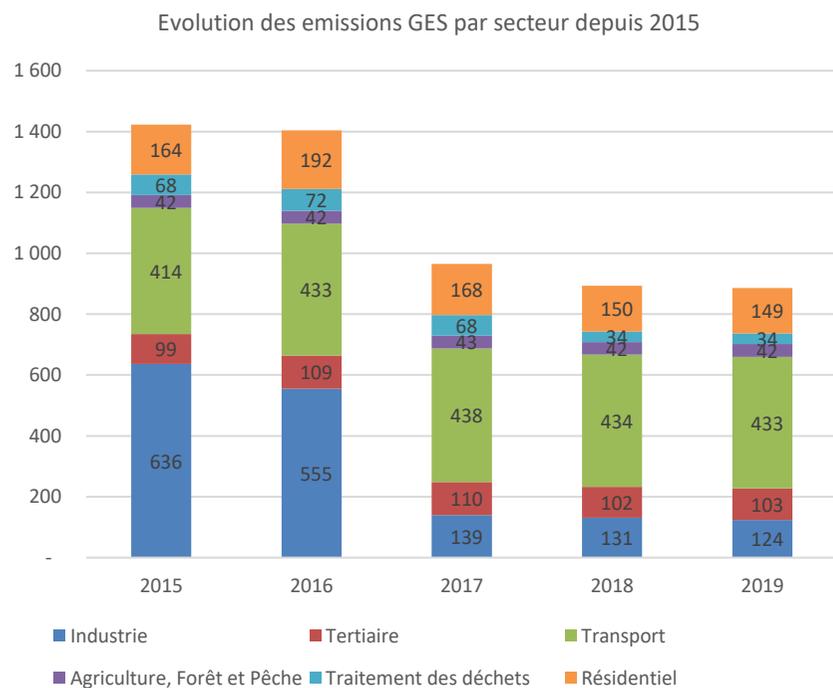


Figure 31- évolution des émissions GES de Grand Angoulême - sources : AREC - Algoé

## 3.4 Réseaux énergétiques

### 3.4.1.1 GENERALITES SUR LES RESEAUX

Afin de relier les lieux de production d'énergie aux lieux de consommation, les réseaux d'électricité et de gaz sont divisés en deux catégories :

**Les réseaux de transport** : le réseau de transport est la première brique permettant d'assurer le flux d'énergie entre le lieu de production (centrale dans le cas de l'électricité par exemple, terminal de gaz pour le gaz) et le site de consommation (résidentiel, tertiaire, industriel, etc.). Le réseau de transport sert à mailler la France et connecter les différentes régions entre elles : il constitue les grands axes du réseau d'énergie. Étant donné qu'il n'est pas rationnel du point de vue économique d'opérer en parallèle deux réseaux réalisant la même fonction, l'activité de transport est restée monopolistique. En France, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité est RTE (Réseau de Transport d'Electricité), et les gestionnaires du réseau de transport de gaz sont GRTgaz et Teréga (uniquement dans le Sud-Ouest de la France).

**Les réseaux de distribution** : le réseau de distribution permet de mailler le territoire à une échelle plus locale et de connecter le consommateur final. Il s'agit là aussi d'une activité monopolistique. En France, le principal gestionnaire de réseau de distribution d'électricité est ENEDIS, tandis que le principal gestionnaire du réseau de distribution de gaz est GRDF. Il existe aussi des Entreprises Locales de Distribution (ELD), qui sont des entreprises ou des régies qui assurent la distribution et/ou la fourniture d'électricité ou de gaz sur un territoire déterminé, non desservi par ENEDIS ou GRDF. Celles-ci sont souvent des structures qui n'ont pas été intégrées à EDF-GDF lors de sa création après la seconde guerre mondiale en 1946. Il n'en existe pas sur le territoire de la communauté d'agglomération. Sur GrandAngoulême, les réseaux sont propriété du Syndicat d'électricité et du gaz de la Charente, pour lequel la plupart des communes ont délégués leur compétence

Les **réseaux de chaleur** constituent des réseaux un peu à part. De par leur nature très locale, il n'existe pas de gestionnaire de réseau à l'échelle nationale mais souvent un gestionnaire par réseau. Les réseaux de chaleur feront l'objet d'une étude spécifique dans un second temps de l'étude (tranche optionnelle du SDE) : état des lieux et perspectives de développement

### 3.4.1.2 RESEAUX ELECTRIQUES

Des cartographies plus détaillées des réseaux de transport et de distribution d'électricité sont disponibles **en annexe 7.3**.

L'intégration d'énergies renouvelables intermittentes et décentralisées a des effets sur les réseaux électriques comme l'indique RTE :

*« Le développement des énergies renouvelables (principalement porté par les filières éolienne et photovoltaïque) est amené à augmenter de manière significative dans les années à venir, selon le projet de Programmation Pluriannuelle de l'Energie. Cette transformation radicale du mix de production électrique devrait conduire progressivement à une évolution des flux, engendrant, dans certaines zones, des besoins d'évolution des réseaux publics d'électricité. »*

Afin de mieux planifier le développement des réseaux, RTE et les réseaux de distribution doivent réaliser des S3REnR, les schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables. Le premier S3REnR de Nouvelle-Aquitaine fait aujourd'hui l'objet d'adaptations pour permettre l'accueil de nouvelles capacités de production d'électricité renouvelable.

Ces schémas ont, pour objectif (d'après RTE) d'assurer :

- *« Une visibilité pérenne des capacités d'accueil des énergies renouvelables d'ici 2020 pour les schémas actuels et d'ici 2030 pour les futurs schémas révisés ;*
- *Une augmentation des capacités d'accueil des énergies renouvelables en optimisant les investissements nécessaires sur le réseau ;*
- *Une anticipation des créations et renforcements de réseau pour faciliter l'accueil des énergies renouvelables ;*
- *Une mutualisation des coûts favorisant l'émergence d'installations d'énergie renouvelable dans des zones où les coûts de raccordement seraient trop importants pour un seul porteur de projet. »*

Ainsi, *« le S3REnR mentionne, pour chaque poste existant ou à créer, les capacités d'accueil de production et évalue le coût prévisionnel d'établissement des capacités d'accueil de production permettant de réserver la capacité globale fixée pour le schéma. »*

GrandAngoulême a émis un avis favorable avec réserves sur le projet de S3REN. La capacité réservée en 2030 a été jugée satisfaisante au regard du développement des projets.

Le site Capareseau.fr (géré par RTE et les réseaux de distribution) indique les capacités d'accueil pour le raccordement aux réseaux de transport et de distribution des installations de production électrique au regard des S3REN. Les données sont à jour de 2022.

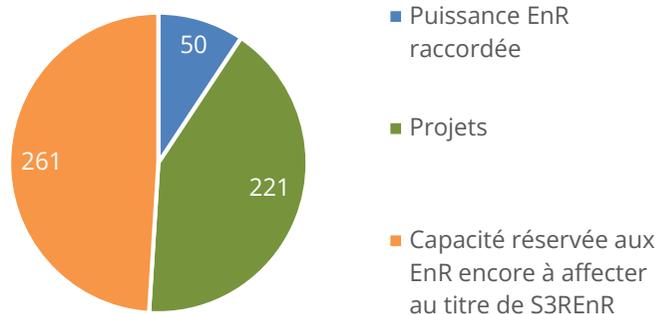
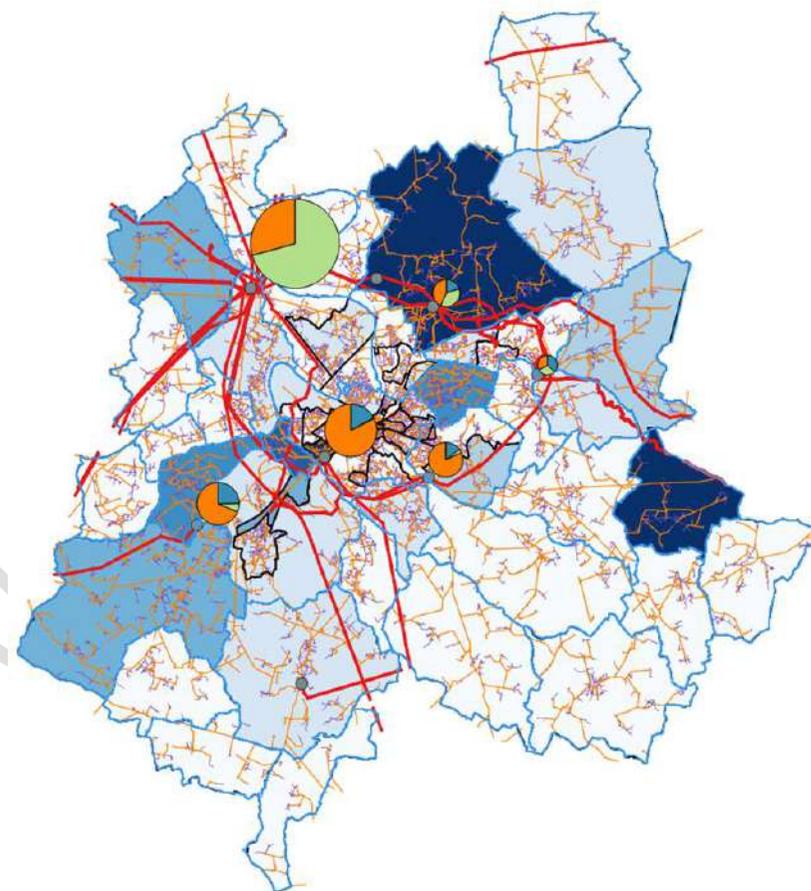


Figure 32 : État des capacités d'accueil selon le S3REnR (MW) - Caparéseau en 2022

Dans le détail :

- 8 postes sont retenus pour accueillir des production EnR sur le territoire du Grand Angoulême.
- Sur les 261 MW réservés encore disponibles, 82 sont sur le poste situé à Rabion, 44 à Les Aubreaux, 83 à Fléac et 35 à Soyaux.
- 50 MW ont déjà été raccordés, dont 17 MW à Rabion, 16 MW à Les Aubreaux, 6,3 MW à Soyaux et 5,3 MW à Tourves et à Champniers.
- 201 MW de projets EnR sont liés au poste de Fléac.



— Réseau RTE

— Réseau Enedis HT

— Réseau Enedis BT

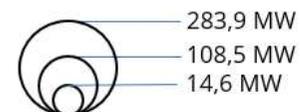


Figure 33: Cartographie des réseaux électriques (source)

### 3.4.1.3 RESEAUX DE GAZ

Une partie importante du Grand Angoulême n'est pas reliée au réseau de distribution de GRDF : 14 des 38 communes ne sont pas desservies. Les zones peu ou pas reliées sont celles avec les plus faibles densités de population. En effet, pour des raisons économiques, le développement d'un réseau de distribution de gaz nécessite une densité de population importante. Cependant, les opportunités ouvertes par la méthanisation, c'est à dire de l'injection de biogaz dans le réseau dans des zones rurales pourrait permettre de développer de nouveaux réseaux de distribution dans les réseaux. L'injection est également possible directement sur le réseau de transport de gaz, et donc dans des communes rurales non desservies par le réseau de distribution GRDF.

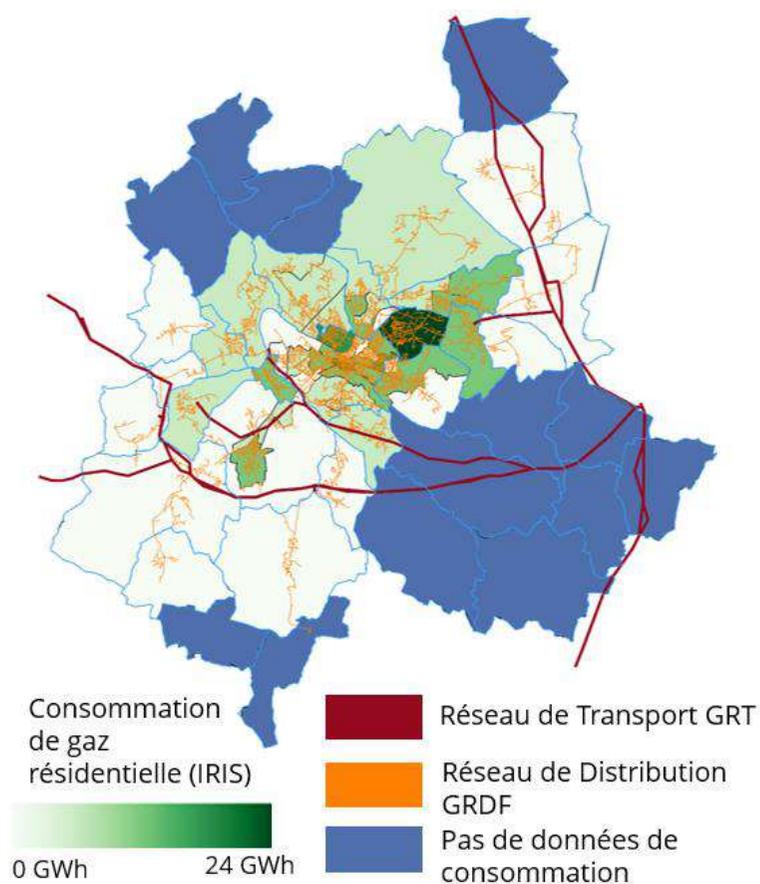


Figure 34: Cartographie des réseaux de gaz

## 3.5 Facture énergétique

### 3.5.1.1 METHODOLOGIE

La facture énergétique territoriale est la différence annuelle, en termes de valeur monétaire, entre les consommations d'énergie tous secteurs d'un territoire (agriculture, industrie, résidentiel tertiaire, transports) et les ventes d'énergies (dont énergies renouvelables et de récupération) de ce même territoire.

À travers cet exercice théorique (qui ne reflète pas les flux énergétiques réels), il s'agit de toucher du doigt, par une approche macro-économique simplifiée, les enjeux monétaires liés aux flux énergétiques du territoire et sa vulnérabilité énergétique.

### 3.5.1.2 LES DONNEES TERRITORIALES

La facture énergétique du territoire s'élève à **425 millions d'euros**, en augmentation de 7% par rapport à 2015.

L'essentiel de la facture porte sur les produits pétroliers (47%), l'électricité (34%) et le gaz (13%).

Le transport représente près de la moitié des dépenses énergétiques du territoire (48%, principalement des produits pétroliers)

Le résidentiel (26%) et le tertiaire (18%) représentent aussi des postes importants de dépenses énergétiques, majoritairement de l'électricité et du gaz.

Le transport est surreprésenté dans la dépense et l'industrie sous-représentée. Dans le détail : le transport compte pour 48% de la dépense (vs 36% de la consommation), le résidentiel 26% (vs 29%), le tertiaire 18% (vs 17%) et l'industrie 7% (vs 20%).

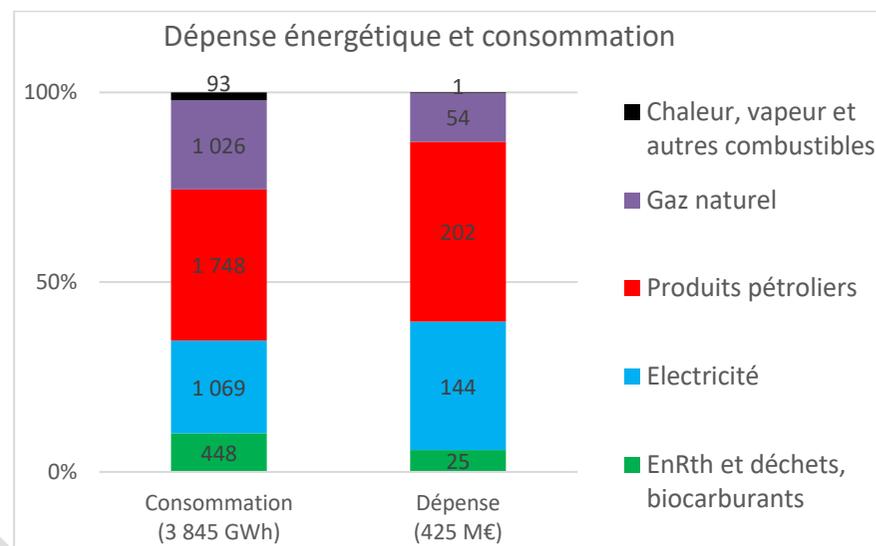


Figure 35– Consommations et dépenses énergétiques du Grand Angoulême (2019)

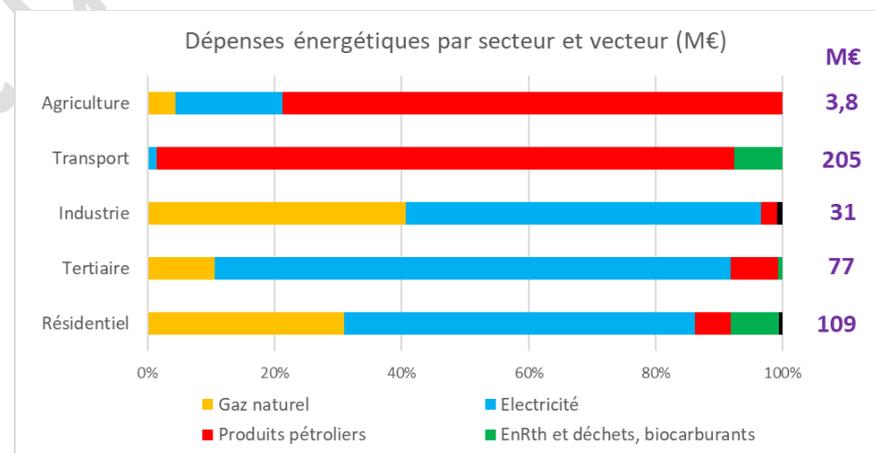


Figure 36– Décomposition de la facture énergétique du Grand Angoulême (2019)

## 3.6 Précarité énergétique

La précarité énergétique des ménages est un indicateur important pour la mise en place de politiques énergétiques. Il peut permettre de prioriser les zones d'interventions sur la communauté d'agglomération afin de cibler les ménages les plus en difficulté en matière de dépenses énergétiques.

Dans le cadre du diagnostic du schéma directeur des énergies, les indicateurs de précarité énergétique ont été exportés depuis la plateforme GEODIP de l'ONPE puis ont été traités pour cette présentation.

Avec le renchérissement récent de l'énergie, la précarité énergétique est susceptible de s'être aggravée par rapport aux données fournies (+ 3 % pour la partie logement en Nouvelle Aquitaine en 2022 selon une étude AREC).

### 3.6.1.1 METHODOLOGIE GEODIP

On donne ci-dessous les principaux éléments issus de la note méthodologique qui accompagne l'outil GEODIP. L'outil a été réalisé sur la base de données énergétiques 2019.

*« La précarité énergétique est un phénomène qui dépend de nombreux facteurs (niveau de revenu, caractéristiques du logement, mode de chauffage, dépendance à la voiture...) et qui concerne des catégories de ménages très différentes selon les types de territoires : familles nombreuses ou personnes âgées isolées, dans l'habitat privé ou social, collectif ou individuel, etc. La réalisation d'un diagnostic territorial constitue une démarche préliminaire recommandée à la mise en place d'une politique locale de lutte contre la précarité énergétique dans les secteurs de l'habitat et de la mobilité.*

*Dans l'objectif de faciliter l'accès à un premier diagnostic, l'ONPE met à disposition des acteurs territoriaux (collectivités territoriales, associations de collectivités, agences de l'énergie, agences d'urbanisme, etc...) l'outil de cartographie GÉODIP pour visualiser à différentes mailles (de la France entière à l'IRIS) les zones de précarité énergétique liées au logement et à l'utilisation de la voiture des ménages.*

*Le modèle développé pour GÉODIP permet d'estimer, pour un territoire donné la part de ménages en situation de précarité énergétique à travers le croisement de plusieurs paramètres. En particulier, l'outil calcule les indicateurs de taux d'effort énergétique (TEE) à partir des revenus des ménages, de la consommation et de la facture énergétique des logements et des dépenses en carburant de la voiture pour la mobilité quotidienne. GÉODIP permet également d'évaluer le nombre de ménages sous le seuil de pauvreté, et aussi les éligibles au dispositif MaPrimeRénov' et à l'aide Habiter Mieux Sérénité de l'ANAH (Agence nationale de l'habitat).*

*L'objectif du modèle est d'estimer le nombre de ménages en précarité sur un territoire suivant un certain nombre d'indicateurs. Ces indicateurs peuvent être calculés en prenant en compte la consommation énergétique du logement, de la voiture ou la combinaison des deux.*

*La méthodologie repose sur le croisement de différentes sources de données, jusqu'à la maille du ménage.*

*Les étapes de modélisation ont été les suivantes :*

- *Estimation de la consommation des logements et des factures énergétiques des ménages*
- *Estimation des déplacements en voiture de la mobilité quotidienne et des dépenses carburant associées*
- *Estimation des revenus des ménages*
- *Estimation de la précarité énergétique sous différents indicateurs »*

Le principal indicateur de précarité énergétique est le taux d'effort énergétique trois premiers déciles de revenu.

#### **Taux d'effort énergétique :**

*« Dépense énergétique rapportée aux ressources du ménage. Côté logement, la dépense énergétique correspond à l'ensemble des consommations d'énergie : chauffage, production d'eau chaude, cuisson et autres consommations d'électricité. Elle est calculée en multipliant la quantité de chaque énergie utilisée par son coût unitaire moyen. Côté déplacements, la dépense énergétique correspond à la dépense effective en carburant de la voiture liée aux trajets effectués par le ménage pour se rendre sur son lieu de travail et/ou son lieu d'étude, ainsi que pour les achats, la santé ou des raisons administratives. Ce seuil, fixé par convention au double du taux d'effort médian de l'ensemble de la population, est de 8 % pour le logement et de 4,5 % pour les déplacements (INSEE, 2015). »*

#### **Taux d'effort énergétique trois premiers déciles de revenu :**

##### **TEE 3D 8% (logement) et TEE 3D 4,5% (carburant)**

*« Cet indicateur fait intervenir une seconde condition pour éviter de cibler des ménages disposant de ressources jugées confortables. Il se limite aux ménages des trois premiers déciles de revenu disponible par unité de consommation (ce critère permet de pondérer le revenu en fonction de la composition du ménage). »*

### 3.6.1.2 INDICATEURS DE PRECARITE ENERGETIQUE

La précarité énergétique est plus forte au centre de l'agglomération, à Angoulême et dans les communes limitrophes présentant une continuité urbaine.

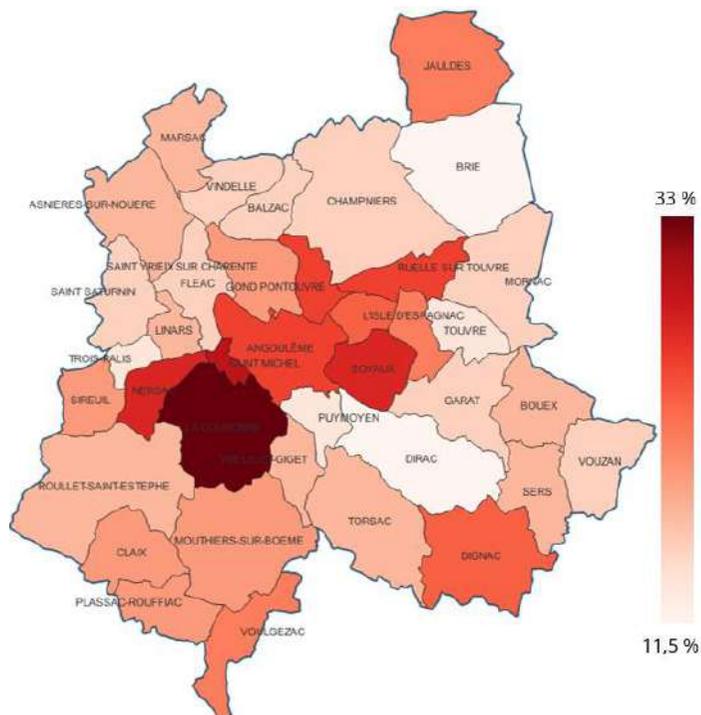
Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

- En 2019, 22,5 % des ménages du Grand Angoulême sont concernés par la précarité énergétique, en prenant en compte les volets logement et mobilité. Sur 10 communes du centre de l'agglomération, ce taux monte à 25,4%.
- À La Couronne, là où la précarité énergétique est la plus forte, le taux d'effort énergétique des 3 premiers déciles est de 33%.

Les zones où la précarité énergétique (logement ou carburant ou les deux à la fois) est forte se recouvrent bien avec celles où une partie importante de la population est sous seuil de pauvreté.

- 33% de la population à Angoulême vit sous le seuil de pauvreté, pour un taux d'effort énergétique de 25%.

Les zones de précarité énergétique sont aussi celles avec le plus de locataires, des logements plus anciens, le plus de demandeurs d'emploi et le moins d'actifs (un peu moins de retraités, mais plus d'étudiants et d'inactifs).



**Part (%) des ménages des trois premiers déciles en précarité énergétique, logement ou mobilité quotidienne en voiture (TEE3D)**

Figure 37: Cartographie de la précarité énergétique (2019)

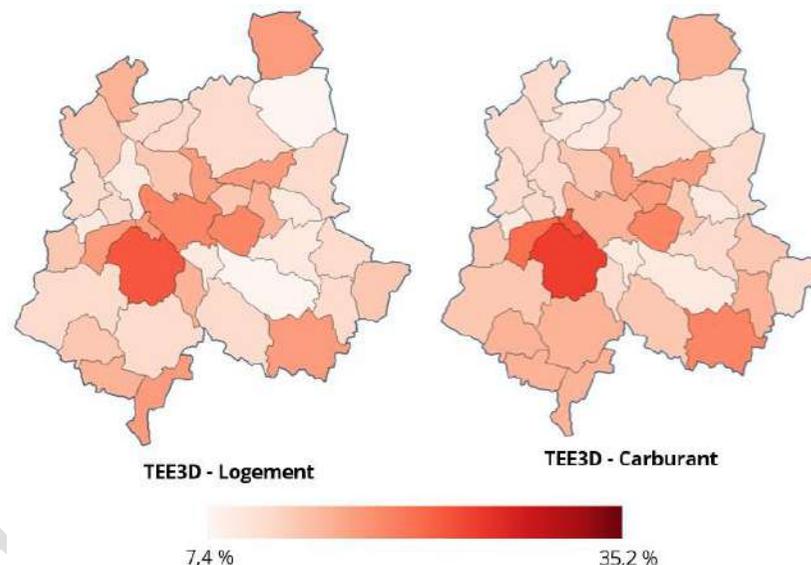


Figure 38 : Indicateurs d'effort énergétique sur le logement et les carburants (2019)

D'autres indicateurs socio-démographiques permettent d'éclairer les chiffres de la précarité énergétique (figures ci-après).

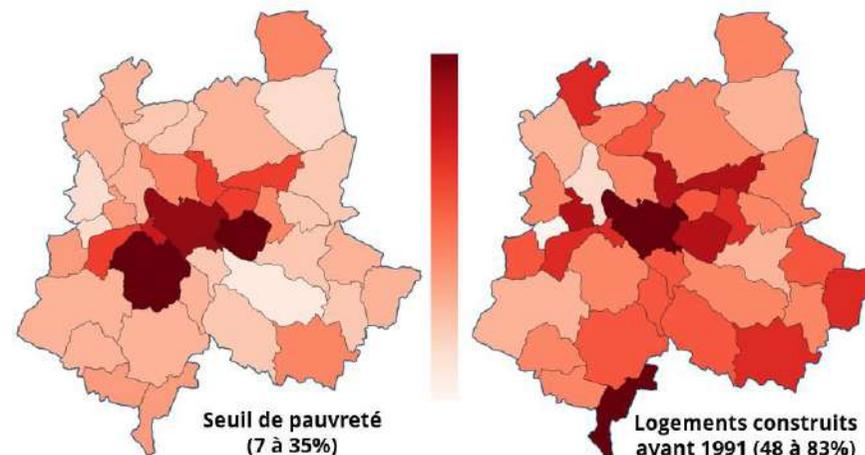


Figure 39: Seuil de pauvreté et logements anciens (avant 1991) (2019)

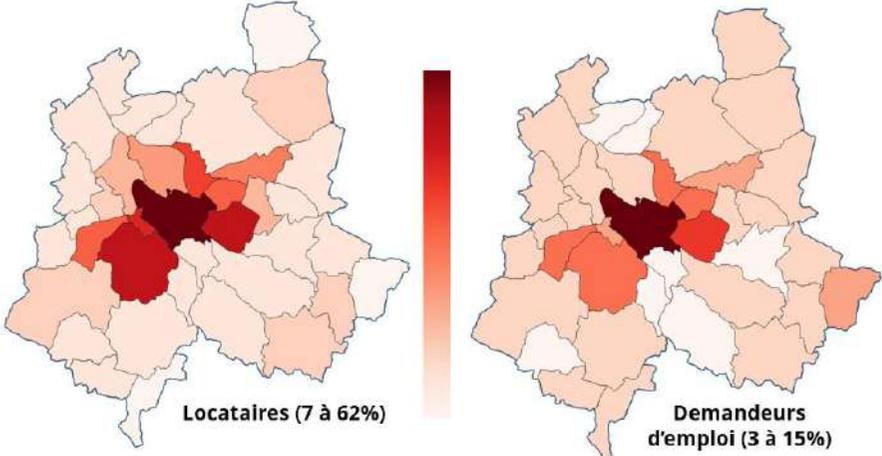


Figure 40: Pourcentage de locataires et demandeurs d'emploi (2019)

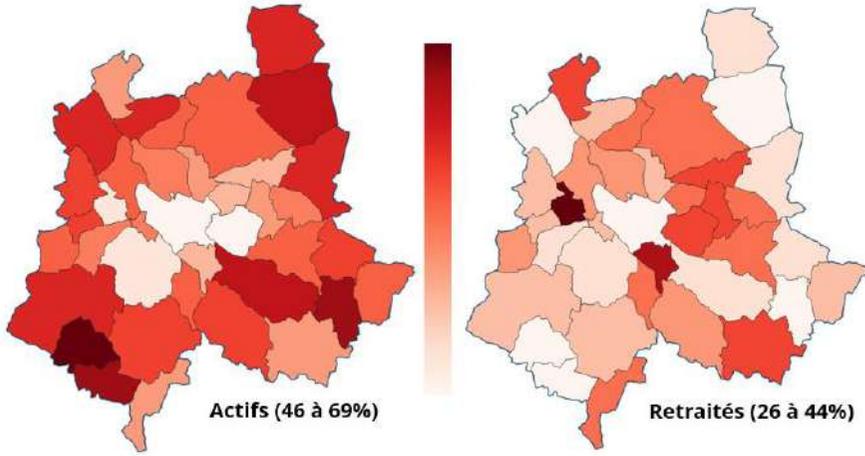


Figure 41: Pourcentage d'actifs et de retraités (2019)

Document de

A map with a wooden pushpin and a black bar. The map is light-colored with various lines and dots. A wooden pushpin is stuck into the map. A black horizontal bar is positioned below the pushpin. The number '4' is written to the right of the bar.

4

Évaluation des stocks et flux de carbone

## 4.1 Éléments clés qualitatifs et quantitatifs

La biosphère est composée en grande partie de matières organiques contenant du carbone. Elle constitue un stock de carbone susceptible de se transformer en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, par combustion ou biodégradation et minéralisation, et contribuer ainsi aux émissions de gaz à effet de serre.

Dans ce diagnostic, nous abordons la thématique de séquestration du carbone en trois temps :

1. Estimation du stock de carbone existant sur le territoire,
2. Estimation des flux de carbone existant sur le territoire,
3. Vision prospective et recommandations pour augmenter la séquestration du carbone sur le territoire

Les flux sont de deux types : ils sont dits de « séquestration » ou stockage, lorsque le stock augmente, à l'inverse on parle de flux « d'émissions » lorsque le stock diminue. Par usage, sauf mention contraire, ces flux sont évalués sur une période annuelle.

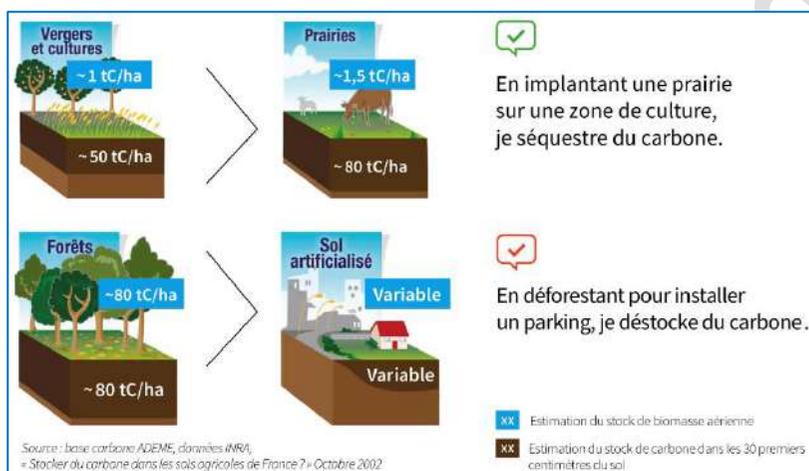


Figure 42: différence entre flux de séquestration et flux d'émission de

## 4.2 Stock de Carbone

### 4.2.1 QU'EST-CE QUE LE STOCK DE CARBONE ?

Le stock de carbone est la mesure à un temps « t » de la quantité de carbone contenue dans la biomasse des écosystèmes. Celle-ci est généralement exprimée soit en tonne de carbone (C) soit en tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> (teqCO<sub>2</sub>). Par souci de simplification, nous n'utiliserons que la tonne équivalent CO<sub>2</sub> (teqCO<sub>2</sub>) dans le présent diagnostic. On distingue le stock contenu :

- dans la **biomasse aérienne et racinaire**.
- dans la **litière des sols forestiers**
- dans les **sols** et plus précisément dans la couche des trente premiers centimètres de sol, là où les échanges sont les plus actifs. Les couches inférieures stockent aussi du carbone mais avec des dynamiques beaucoup plus faibles.

Les produits dérivés du bois sont également des stocks « transitoires » de carbone : bois d'œuvre, matériaux à base de bois (papier, carton, panneaux de particules...).

### 4.2.1 METHODE DE QUANTIFICATION DU STOCK DE CARBONE

Nous nous appuyons sur l'outil ALDO développé par l'ADEME en 2018 pour mesurer les stocks et les flux de carbone.

Les bases de données de surfaces utilisées sont issues des données 2020 de l'OCS2D

## 4.2.2 STOCK DES SOLS ET DE LA BIOMASSE

### 4.2.2.1 OCCUPATION DES SOLS SUR LE TERRITOIRE

Sur un territoire de près de 65 000 ha, les espaces dédiés aux cultures occupent plus de 22 000 ha, les forêts 19 000 ha, les prairies 8 000 ha, les vignes 2 000 ha, et les sols plus ou moins artificialisés 12 600 ha.

Tableau 1 : Données 2020 OCS2D

Type de surfaces	CLC niveau 2	
	ha	%
cultures	22 226	34%
prairies zones herbacées	6 982	11%
prairies zones arbustives	1 113	2%
prairies zones arborées	-	0%
feuillus	18 006	28%
mixtes	564	1%
conifères	349	1%
peupleraies	-	0%
zones humides	137	0%
vergers	197	0%
vignes	2 094	3%
sols artificiels imperméabilisés	11 745	18%
sols artificiels arbustifs	842	1%
sols artificiels arborés et buissonnants	-	0%
cours et voies d'eau	323	1%
haies associées aux espaces agricoles	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>64 577</b>	<b>100%</b>

### 4.2.2.2 ESTIMATION DES STOCKS DE CARBONE PAR TYPE D'OCCUPATION DES SOLS

A chaque type d'occupation du sol, nous appliquons des moyennes de stock de carbone à partir de données de références fournies par l'outil ALDO :

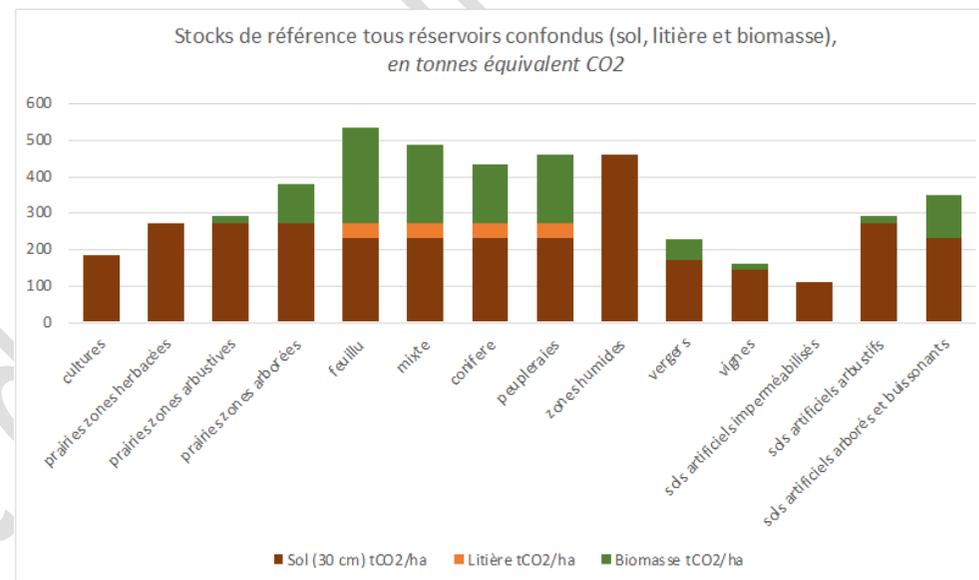


Figure 43: Stocks de référence par occupation du sol, source : outil ALDO

### 4.2.2.3 BILAN DES STOCKS DE CARBONE DANS LES SOLS

Tableau 2 : Stocks équivalents CO2, 2012, Outil ALDO

Réservoirs	Sol (30 cm)	Litière	Biomasse	Tous réservoirs (sol + litière+ biomasse)
Stocks totaux	teqCO2	teqCO2	teqCO2	teqCO2
cultures	4 128 826	0	0	4 128 826
prairies zones herbacées	2 165 973	0	0	2 165 973
prairies zones arbustives	0	0	28 566	28 566
prairies zones arborées	0	0	0	0
forêts de feuillus	4 223 925	594 194	4 819 394	9 637 512
forêts mixtes	132 383	18 623	121 736	272 742
forêts de résineux	81 867	11 517	57 803	151 187
peupleraies	0	0	0	0
zones humides	62 812	0	0	62 812
vergers	33 195	0	11 546	44 742
vignes	299 391	0	38 383	337 774
sols artificiels imperméabilisés	1 291 931	0	0	1 291 931
sols artificiels enherbés	225 251	0	21 606	246 857
sols artificiels arborés et buissonnants	0	0	0	0
haies associées aux espaces agricoles	0	0	8	8
<b>Toutes occupations</b>	<b>12 645 555</b>	<b>624 333</b>	<b>5 099 042</b>	<b>18 368 930</b>

D'après l'occupation des sols du territoire (§ 1.3.1.), l'outil Aldo nous permet de réaliser une estimation des stocks de carbone dans les 30 premiers centimètres du sol, la litière des sols forestiers et la biomasse aérienne et racinaire. On observe que le stock principal de carbone du territoire se situe dans le sol (12 600 000 teqCO<sub>2</sub>), puis dans la biomasse (5 100 000 teqCO<sub>2</sub>). En effet, les sols forestiers et de prairies contiennent une part très importante de matière organique liée à la vie du sol, et aux apports de matière organique naturels (décomposition des végétaux). Les espaces agricoles représentent des stocks moins importants du fait du retournement des sols et des prélèvements réguliers de matière organique, mais restent un stock plus important que les sols artificialisés, les plus pauvres en carbone.

Tableau 3 : Stocks équivalents CO2 par type de sols

	Surfaces	Tous réservoirs
	ha	1000 teqCO2
Cultures, vignes, vergers	24 517	4 511
Prairies	8 094	2 195
Forêts	18 919	10 061
Zones humides	137	63
Sols artificiels	12 587	1 539
<b>TOTAL</b>	<b>64 254</b>	<b>18 369</b>

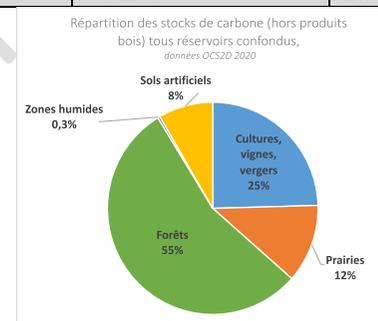


Figure 44 : Répartition des stocks de carbone tous réservoirs confondus

Ce tableau et ce graphique présentent la répartition des stocks de carbone dans les sols de l'agglomération du Grand Angoulême selon le type d'occupation des sols. On remarque que les surfaces agricoles largement en surface (25 000 ha), le stock de carbone est bien plus important en forêt.

### 4.2.3 STOCKS DE CARBONE DANS LES MATERIAUX

Le territoire stocke aussi du carbone via le bois et ses dérivés utilisés en construction ou dans les produits de consommation.

On distingue deux formes de stocks :

- Le bois d'œuvre : sciage, utilisé en construction
- Le bois d'industrie de type panneaux agglomérés, cartons, papier, etc.

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité  
 Pour l'analyse du stock de carbone dans les matériaux, nous nous appuyons sur une répartition par habitant en fonction des stocks nationaux de carbone.

Tableau 4 : estimation du stock de carbone dans les matériaux

<b>Stocks totaux</b>	<b>Produits bois (Approche consommation : répartition selon habitants)</b>	
	<i>teqCO<sub>2</sub></i>	%
<b>Bois d'œuvre (sciages)</b>	399 000	41%
<b>Bois d'industrie (panneaux, papiers)</b>	582 000	59%
<b>Total</b>	<b>981 000</b>	

Ainsi, le stock de carbone constitué de tous les produits biosourcés mis en œuvre sur le territoire (panneaux de bois, papiers et cartons, bois de charpente et de menuiserie) représente l'équivalent de près d'un million de tonnes de CO<sub>2</sub>

#### 4.2.4 CONCLUSION SUR LES STOCKS DE CARBONE DU TERRITOIRE

Le territoire du Grand Angoulême étant assez densément peuplé, nous constatons que le stock de carbone dans les produits dérivés du bois est non négligeable relativement au stock constitué par la biomasse. Le stock principal reste celui contenu dans les sols.

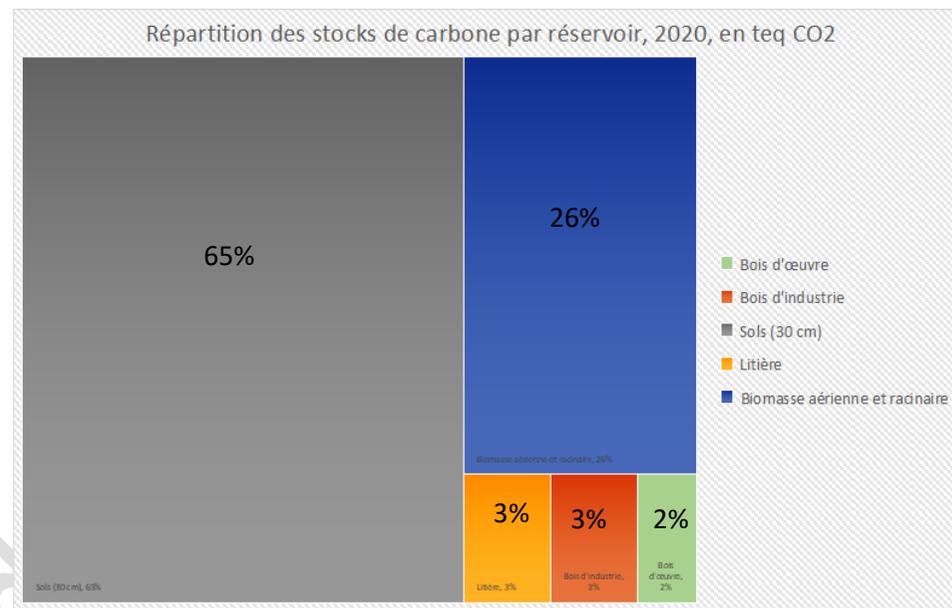
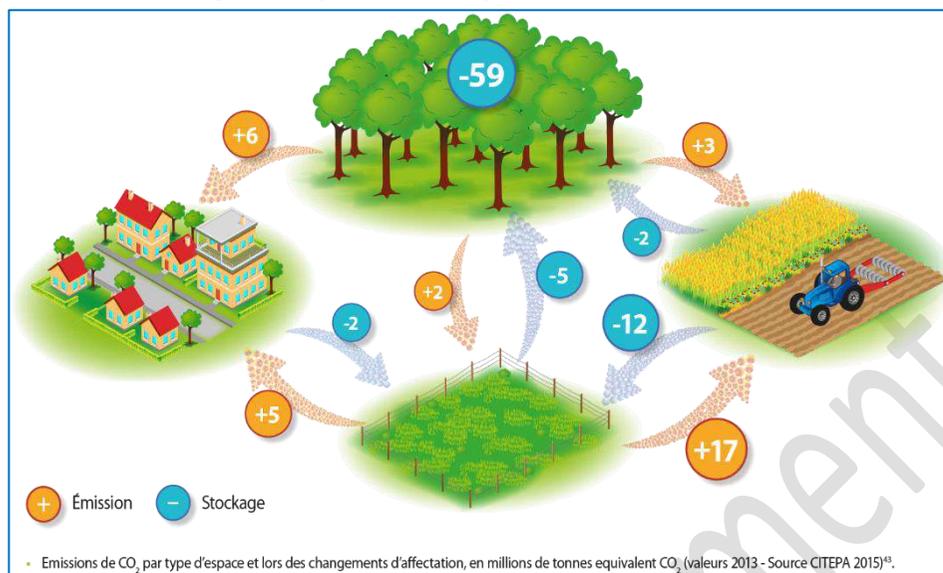


Figure 45: Répartition des stocks de carbone par réservoir.

## 4.3 Les flux de carbone

Les forêts par leur croissance stockent chaque année en France 10 % des émissions totales brutes de gaz à effet de serre. Les prairies représentent un stock de carbone important mais leur conversion en terres arables et leur artificialisation, se traduit par une émission nette de CO<sub>2</sub>. Les émissions de CO<sub>2</sub> par type d'espace et lors des changements d'affectation des sols sont illustrées dans le schéma ci-dessous :

Figure 46: représentation simplifiée des flux de carbone



### 4.3.1 FLUX ET SEQUESTRATION : VERS LA NEUTRALITE CARBONE

Les travaux du GIEC ont conduit la communauté internationale à se donner comme objectif la neutralité carbone à différentes échéances afin de se donner le plus de chances possible de maintenir le réchauffement climatique sous les 2°C, voir sous les 1,5 °C.

En Europe et en France, cela se traduit par la volonté d'atteindre la neutralité carbone, c'est-à-dire l'équilibre entre les émissions incompressibles des activités humaines, et les puits de

carbone national, c'est-à-dire les flux de séquestration du carbone atmosphérique vers la biosphère, en 2050. C'est la cible de la stratégie nationale bas carbone adoptée en 2020.

En complément, le plan biodiversité, présenté en juillet 2018, fixe comme feuille de route le « zéro artificialisation nette » qui implique qu'en 2050 la surface artificialisée n'augmente plus, et que les nouveaux projets doivent être compensés.

### 4.3.2 FLUX DE CARBONE LIES A L'ARTIFICIALISATION ET AU CHANGEMENT D'USAGE DES TERRES

Les dynamiques d'artificialisation sont évaluées de manière différente en fonction des sources statistiques.

#### 4.3.2.1 CORINE LAND COVER

Le territoire du Grand Angoulême est soumis à des dynamiques d'artificialisation très faibles d'après Corine Land Cover, de +0,1 % par an (moyenne nationale 0,4 % entre 2006 et 2012 selon la même méthode).

Tableau 5 : Évolution de l'occupation du sol du territoire entre 2012 et 2018, données Corine Land Cover (CLC) via l'outil ALDO, Ademe

	CLC 2012 (en ha)	CLC 2018 (en ha)	Évolution annuelle (en ha)	Part
<b>Cultures</b>	30606	30631	4	0,0%
<b>Prairies</b>	3989	3971	-3	-0,1%
<b>Forêts</b>	17218	17236	3	0,0%
<b>Zones humides</b>	121	121	0	0,0%
<b>Vignes</b>	1631	1631	0	0,0%
<b>Sols artificiels</b>	10914	10888	-4	0,0%

### 4.3.2.2 OBSERVATOIRE NATIONAL DE L'ARTIFICIALISATION

L'observatoire national de l'artificialisation apporte une estimation bien plus précise de l'artificialisation, avec des surfaces annuelles dix fois plus élevées :

Tableau 6 : Données issues de l'observatoire national de l'artificialisation

	<b>Moyenne 2009-2020</b>	<b>Part</b>
<b>Flux NAF<sup>3</sup> vers Artificialisé total</b>	64	100%
<b>Flux NAF vers Artificialisé Activité</b>	15	24%
<b>Flux NAF vers Artificialisé Habitat</b>	47	73%
<b>Flux NAF vers Artificialisé Mixte</b>	1	1%
<b>Flux NAF vers Artificialisé Inconnu</b>	1	2%

Cette artificialisation est liée principalement à la construction de logements, auxquels s'ajoutent les espaces de voirie et d'activités associées.

### 4.3.2.3 DONNEES OCS2D

Par souci de cohérence dans les différents travaux conduits par le territoire, nous basons notre analyse sur les données OCS2D. Celles-ci montrent des flux d'artificialisation encore bien plus importants :

Tableau 7 Données de changements d'affectation des sols OCS2D

	<b>BDD OCS2D 2020</b>	<b>Evolution annuelle 2009-2020</b>
<b>OCCUPATION DES SOLS</b>	<b>ha</b>	<b>ha</b>
cultures	22 226	117
prairies zones herbacées	6 982	-236
prairies zones arbustives	1 113	0
prairies zones arborées	0	
feuillus	18 006	-23
mixtes	564	-1
conifères	349	0
peupleraies	0	
zones humides	137	1
vergers	197	1
vignes	2 094	26
sols artificiels imperméabilisés	11 745	123
sols artificiels arbustifs	842	-8
sols artificiels arborés et buissonnants	0	
Cours et voies d'eau	323	0
Haies associées aux espaces agricoles	Non renseigné	0
<b>TOTAL</b>	<b>64577</b>	<b>0</b>

La confrontation des différentes sources de données montre qu'elles sont assez divergentes. Les données Corine Land Cover sont à exclure, car elles retranscrivent mal les dynamiques d'artificialisation (mailles d'analyse trop grossières à l'échelle des opérations d'aménagement).

L'écart avec les données de l'observatoire pose par contre question : ce dernier s'appuie sur un référentiel foncier, a priori fiable sur le volet artificialisation, parfois même surestimé dans la mesure où certaines parcelles destinées à l'artificialisation ne le sont que partiellement, ou de manière différée. De la même façon, des flux beaucoup plus importants de diminution des prairies vers des cultures sont observés, se traduisant par des émissions importante sur les zones de culture.

Ces données sont donc à prendre comme un ordre d'idée, probablement surévalué. Les changements d'affectation des sols impliquent un déstockage important de carbone chaque

<sup>3</sup> Espaces Naturels, Agricoles et Forestiers

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité  
année, représentant des émissions annuelles de 31 kteqCO<sub>2</sub> , soient l'équivalent des  
émissions de 5000 habitants.

### 4.3.3 FLUX DE CARBONE DES ECOSYSTEMES FORESTIERS : ACCROISSEMENT VERSUS PRELEVEMENTS

L'accroissement naturel de la biomasse représente un stockage de carbone important.

L'outil ALDO fournit une estimation de cet accroissement biologique en appliquant, aux surfaces de forêt locale, des taux d'accroissement constatés dans la grande région écologique à laquelle le territoire est rattaché (données IGN).

De même, les données de récolte de bois ne sont pas disponibles à l'échelle de l'intercommunalité (et sont susceptibles de varier fortement d'une année sur l'autre). Elles sont reconstituées à partir des données de la grande région écologique.

Les valeurs d'accroissement ainsi que les prélèvements proposés par ALDO peuvent être affinés localement avec les acteurs de la forêt si besoin.

**Résultats : du fait de l'accroissement et en intégrant les prélèvements liés à l'exploitation forestière et la mortalité, le puits de carbone de la biomasse est estimé à 79 400 teqCO<sub>2</sub> tous les ans.**

### 4.3.4 FLUX DE CARBONE LIES AUX DERIVES DE LA BIOMASSE (BOIS D'ŒUVRE, PANNEAUX, PAPIERS, CARTONS, ...)

L'outil ALDO évalue le différentiel entre ce qui est stocké et ce qui est libéré en fin de vie des matériaux (bois utilisé en construction, panneaux, cartons, papiers). Ainsi à l'échelle nationale, la consommation de produits « bois » est supérieure à la mise en déchets. Le stockage de CO<sub>2</sub> est positif, il est de l'ordre de plus d'1,5 millions de tonnes par an.

**Ramené à la population du territoire, cela représente 3 500 teqCO<sub>2</sub> par an, ce qui est significatif.**

### 4.3.5 BILAN DES FLUX ANNUELS

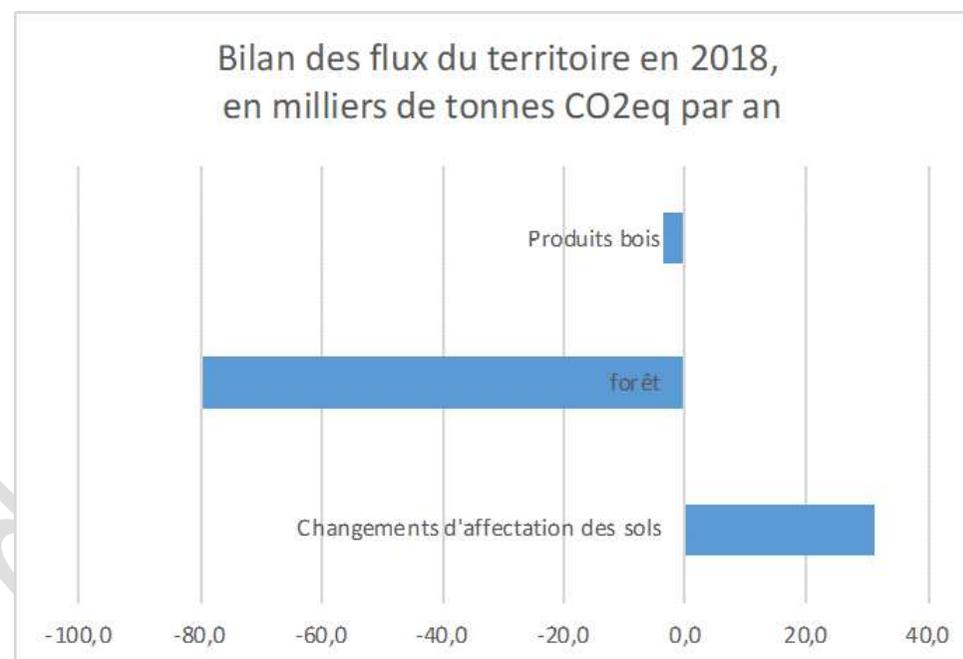


Figure 47 : bilan des flux annuels sur le territoire

Ces différents flux sont faibles au regard des émissions de gaz à effet de serre observées sur le territoire : la croissance de la biomasse permet d'atténuer de 8 % les émissions du territoire, évaluées à 885 900 kteq CO<sub>2</sub>, tandis que les flux liés à l'artificialisation (déstockage) et aux produits bois (stockage) sont du même ordre de grandeur et se compensent en partie.

## 4.4 Éléments prospectifs et recommandations

### 4.4.1 BAISSÉ DE L'ARTIFICIALISATION

L'objectif « zéro artificialisation nette » permettrait de tendre vers une réduction annuelle d'émissions de l'ordre de 21 000 t<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>. Ce chiffre reste à nuancer dans le cas des compensations : la « désartificialisation » des sols permet de relancer un processus de stockage de carbone, mais celui-ci peut être très long alors que le déstockage est rapide et brutal.

L'objectif « zéro artificialisation nette » permettrait également de répondre à des enjeux cruciaux de préservation de la biodiversité et des espaces agricoles.

Il est donc indispensable de prévoir dès aujourd'hui des principes de renouvellement urbain permettant de densifier les espaces déjà artificialisés, et de limiter au maximum les extensions urbaines à des fins de logement ou commerciales sur les terres agricoles. Le ministère de la transition écologique et solidaire promeut à ce titre la démarche ERC pour limiter les impacts environnementaux des aménagements (éviter / réduire / compenser) :

- **Éviter** : Commencer par réhabiliter des espaces existants (logements vacants, friches industrielles) afin de répondre aux dynamiques démographiques dans les limites urbaines actuelles
- **Réduire** : Optimiser les nouveaux aménagements pour une emprise au sol minimale. Cela s'entend à l'échelle du bâtiment mais aussi des espaces induits (parkings par exemple qui peuvent être conçus en sous-sol) en intégrant bien les infrastructures de desserte. Ainsi, une attention particulière doit être conduite sur la localisation des espaces de logements et de services, en cohérence avec la limitation des besoins en déplacements.
- **Compenser** : Il est possible de compenser une partie de l'artificialisation par des actions de reconstitution d'un sol susceptible d'accueillir de nouveau de la végétation. L'effet de la compensation reste à nuancer : la « désartificialisation » des sols permet de relancer un processus de stockage de carbone dans les sols mais ce processus est bien plus lent que le processus de déstockage. Néanmoins, il est possible de travailler sur les espaces urbains actuels en réimplantant des espaces arborés ou des prairies naturelles qui participent en parallèle à la préservation de la biodiversité.

En complément, la question de l'imperméabilisation des sols est aussi un enjeu fort pour la gestion de l'eau. Les épisodes de fortes précipitations impliquent d'importants dégâts qui peuvent être prévenus par la multiplication de surfaces de pleine terre en zone urbaine.

### 4.4.2 CONFORTEMENT DU PUIIS « BIOMASSE »

Tant qu'une forêt n'est pas à maturité et que la mortalité naturelle compense l'accroissement, elle stocke du carbone.

Ce cycle est modifié par l'exploitation forestière, qu'il est possible de conduire selon les standards de la sylviculture durable : sylviculture irrégulière, coupes d'éclaircies, en proscrivant les coupes rases au maximum, et en limitant les prélèvements de rémanents lors des coupes.

Il n'existe pas aujourd'hui de consensus scientifique pour comparer le bilan carbone entre deux stratégies :

- Augmenter les prélèvements de bois en forêt afin de produire conjointement
  - du bois d'œuvre et d'industrie qui stockent du carbone et évitent des émissions liées à l'utilisation d'autres matériaux comme l'acier par exemple
  - du bois énergie (via la valorisation des sous-produits de l'exploitation forestière et dont les émissions de CO<sub>2</sub> se substituent à des émissions de CO<sub>2</sub> liées aux énergies fossiles)
- Diminuer les prélèvements et laisser croître la forêt, pour stocker naturellement davantage de carbone, étant entendu qu'une forêt jeune et en croissance stocke davantage de carbone qu'une vieille forêt.

Il convient également de prendre en compte les impératifs d'entretiens des forêts, pour prévenir les incendies, et les attaques de parasite qui vont probablement s'intensifier avec le réchauffement climatique (Voir analyse des vulnérabilités du territoire, et l'évolution de l'indice feu de forêt prévu selon les projections de météo France). Ces événements peuvent être responsables d'émissions massives de CO<sub>2</sub>.

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

Dans les zones urbaines, le puits biomasse peut aussi largement être développé : plantation d'arbres en ville, ou encore réhabilitation de prairies urbaines, qui participent en parallèle à la préservation de la biodiversité et à la création d'îlots de fraîcheur. Notons à ce titre deux outils parmi d'autres pouvant être utilisés pour aller plus loin :

- L'outil « Arbo-climat », permet de réaliser des scénarios de plantation d'arbres urbains à destination des élus et des gestionnaires de patrimoine arboré,
- Le protocole « Florilèges prairies urbaines », qui propose des formations pour le suivi biologique des prairies urbaines.

#### 4.4.3 NOUVELLES PRATIQUES AGRICOLES

Deux types d'actions permettent de développer la séquestration carbone dans l'agriculture :

- Augmenter le stock de matière organique des sols et de la biomasse : plantation de haies, création de parcelles agroforestières, des cultures interrang, etc.
- Limiter les pertes : couverts permanents ou couverts intermédiaires, limitation des labours, apports de matières organiques, etc.

L'outil ALDO propose de quantifier l'effet d'un certain nombre de changements de pratiques agricoles. A titre d'exemple, on pourrait quantifier un potentiel **maximal** de séquestration de carbone par l'agriculture en appliquant ces mesures sur les surfaces agricoles du territoire :

Tableau 8 : Évaluation de l'impact des changements de pratiques agricoles sur la séquestration carbone, Outil ALDO, Données OCS2D

<b>Pratiques agricoles mises en place</b>	<b>Flux en teqCO<sub>2</sub>/ha/an</b>	<b>Surface potentielle concernée</b>	<b>Potentiel d'atténuation teqCO<sub>2</sub>/an</b>
Allongement prairies temporaires (5 ans max)	0,62	4000	2500
Intensification modérée des prairies peu productives	0,84	4000	3400
Agroforesterie en grandes cultures	3,78	2200	8300
Agroforesterie en prairies	3,70	800	3000
Couverts intermédiaires (CIPAN) en grandes cultures	0,91	17800	16300
Haies sur cultures (60 mètres linéaires par ha)	1,24	8900	11000
Haies sur prairies (100 mètres linéaires par ha)	2,16	6500	14000
Bandes enherbées	1,20	8900	10700
Couverts intercalaires en vignes	1,08	1000	1100
Semis direct continu	0,60	100	200
Semis direct avec labour quinquennal	0,40	2200	1300
		<b>Total</b>	<b>73 600</b>

*NB : le potentiel d'atténuation présenté ici est le potentiel moyen estimé pour les 20 années suivant la mise en place de la pratique agricole concernée.*

Cette simulation donne une idée approximative des potentiels de stockage sur le territoire. Pour aller plus loin, il faudrait partir d'un véritable diagnostic agricole et utiliser un outil approprié comme l'outil Clim'agri® pour co-élaborer des scénarios avec les acteurs locaux.

## 4.4.4 DEVELOPPEMENT DE L'USAGE DES MATERIAUX BIOSOURCES

Promouvoir la construction bois est un levier pour augmenter la séquestration carbone, les matériaux de construction représentant un stockage qu'on peut considérer comme pérenne (à condition qu'ils proviennent de ressources gérées durablement). A l'inverse des usages papiers ou panneaux sont souvent destinés à une mise au rebut à court ou moyen terme et présentent un potentiel de stockage moins intéressant.

Cependant, ce potentiel est directement conditionné par le rythme de construction neuve qui va connaître un fort ralentissement sur la période 2020-2050 d'après les différents travaux prospectifs (visions prospectives de l'ADEME Transition(s)2050, scénario négaMat de l'association négaWatt). Cette diminution est due au ralentissement de l'augmentation de la population nationale et est compatible avec les objectifs de diminution de l'artificialisation et d'augmentation de la rénovation énergétique.

Ce puits de carbone est également conditionné par la durée de vie des produits bois utilisés, que ce soit dans la construction mais aussi dans le mobilier et dans les emballages (palettes par exemple) qui doit être prolongée au maximum, en favorisant le réusage et la revalorisation en nouveaux matériaux en fin de vie.

Le puits de carbone dans les matériaux varie en 2050 entre 3 et 5 millions de teqCO<sub>2</sub>, contre 1,6 aujourd'hui. Nous proposons de retenir un potentiel intermédiaire basé sur la moyenne des scénarios de l'ADEME, soit 4 M teqCO<sub>2</sub> au niveau national, rapporté au nombre d'habitants du territoire.

Tableau 9 : Illustration du potentiel de séquestration carbone matériaux

1000 teqCO <sub>2</sub>	Population	Puits de carbone actuel	Puits de carbone potentiel	Puits supplémentaire potentiel
France	67000000	1563	4000	2437
Territoire	147878	3,5	8,8	5,3

Une politique très incitative de construction et rénovation à partir de matériaux biosourcés pourrait permettre un stockage annuel de l'ordre de 5 300 teqCO<sub>2</sub>.

### Messages clés :

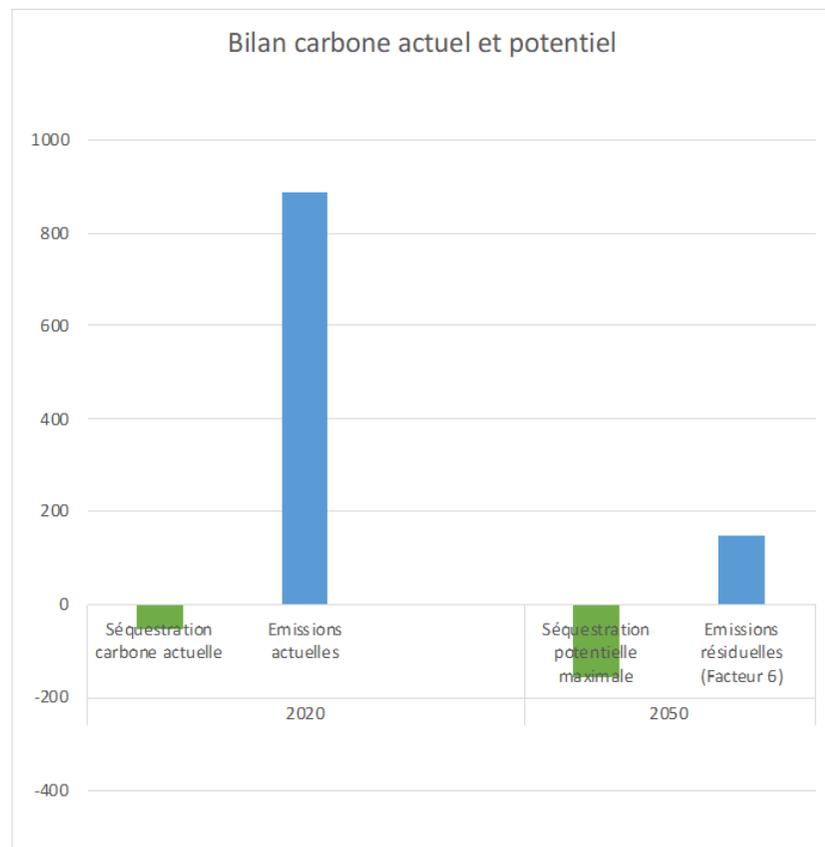
Chacun des leviers identifiés ci-dessus nécessiterait une étude spécifique pour véritablement affiner les potentiels de stockage supplémentaires. Retenons néanmoins les points suivants :

Tendre vers « 0 artificialisation nette » permettrait d'éviter de l'ordre de 21 000 t d'émissions de CO<sub>2</sub> annuelles,

Le flux lié à la croissance de la biomasse, principalement forestière, représente aujourd'hui 79 000 teqCO<sub>2</sub> annuelles, il convient de conforter le rôle d'atténuation des émissions des forêts, en prévenant notamment les incendies

Les nouvelles pratiques agricoles sont un vecteur de séquestration carbone, ce potentiel est évalué à plus de 74 000 de teqCO<sub>2</sub>

Les usages de matériaux biosourcés dans la construction sont un levier important de séquestration carbone de l'ordre de 5 300 teqCO<sub>2</sub> par an à condition que le bois utilisé provienne de forêt en sylviculture durable.



#### DONNEES SOURCES

- Outil ALDO de l'ADEME (V2021-12)
- Données Corine Land Cover 20012-2018
- Données OCS2D Nouvelle Aquitaine
- Scénarios Transitions2050 de l'ADEME, 2021
- Carbone organique des sols : l'énergie de l'agroécologie, une solution pour le climat, ADEME, 2014

Figure 48 : Comparaison des flux de carbone territoriaux en 2020 et potentiels d'évolution

L'ensemble de ces leviers représente un potentiel de séquestration de 158 000  $\text{teqCO}_2$  sont à mettre en regard des émissions massives du territoire de 886 000  $\text{teqCO}_2$ . La séquestration carbone apparaît donc comme un levier complémentaire aux enjeux de réduction des émissions de GES.

En considérant un facteur 6 de réduction des émissions du territoire (conformément à la SNBC) on observe un équilibre potentiel entre les émissions et la séquestration carbone si elle est mobilisée au maximum.

A map of a region with a network of roads and rivers. A wooden pushpin is stuck into the map, and a yellow pushpin is visible in the background. The text is overlaid on the map.

Évaluation du potentiel en énergies renouvelables et  
de récupération

5

## 5.1 Potentiel éolien

La filière éolienne est aujourd’hui une technologie mature, qui permet de produire de l’électricité à des coûts de plus en plus compétitifs. Un des freins au déploiement à grande échelle de l’éolien est qu’il est complexe de trouver des zones où l’implantation d’éoliennes est possible. En effet, de nombreuses contraintes sur l’occupation de l’espace existent, avec par exemple des distances minimales à respecter avec les habitations, des zones naturelles à préserver ou encore des servitudes militaires à prendre en compte lors du design d’un projet.

L’objectif de cette analyse est de déterminer à l’échelle du territoire du Grand Angoulême les zones d’implantation possible d’éoliennes, afin d’en déduire un potentiel chiffré prenant en compte les contraintes locales.

### 5.1.1 ZONES DE CONTRAINTES

La première étape de l’évaluation du potentiel éolien repose sur la détermination de zones favorables. Pour cela, les enjeux spécifiques au territoire du Grand Angoulême pouvant entrant en conflit avec un projet éolien ont été listés. Ces différentes contraintes ont été regroupées dans plusieurs catégories, et séparées en trois niveaux de sensibilité :

- **Zones rédhibitoires** : zones où l’implantation d’éoliennes est impossible, sauf modifications réglementaires ;
- **Zones très sensibles** : zones fortement contraintes, où les enjeux environnementaux rendent très complexe l’implantation d’éoliennes ;
- **Zones sensibles** : zones contraintes, où l’implantation d’éoliennes pourrait être possible mais nécessite une analyse approfondie au vu des enjeux considérés.

L’analyse du potentiel éolien est effectuée par recoupement de zones d’exclusion et a pour unique but de mettre en valeur les zones les plus favorables. Elle ne remplace en aucun cas les études d’impact devant être faites dans le cadre de la conception d’un projet de parc éolien, prenant en compte l’intégralité des enjeux locaux.

Tableau 10 : Récapitulatif des contraintes

	Zones rédhibitoires	Zones très sensibles	Zones sensibles
Habitat	Zone tampon de 500m autour des habitations		
Servitudes techniques	Aéroports Zones militaires (non concerné) Servitudes radioélectriques		Aérodromes privés Radar Météo France (Territoire non concerné)
Patrimoine	Monuments historiques + 500m Sites classés et inscrits Sites patrimoniaux remarquables		
Environnement	Réserves naturelles (non concerné) APPB (arrêtés préfectoraux de protection du biotope)	ENS (espace naturel sensible) SIC (site d’intérêt communautaire) ZPS (zone de protection spéciale)	ZICO (zone d’importance communautaire pour les oiseaux) ZNIEFF (zone naturelle d’intérêt écologique, faunistique et floristique) Zones humides Forêts

#### 5.1.1.1 HABITAT

Les éoliennes sont à l’origine de différentes nuisances (principalement sonores) qui peuvent gêner les riverains habitant à proximité. La loi prévoit ainsi une **distance minimale de 500 mètres entre une éolienne et des habitations** : il s’agit de **zones rédhibitoires**.

À l’aide du cadastre et du MOS (mode d’occupation des sols, répertoriant l’usage fait des parcelles cadastrales), on détermine une zone d’exclusion de 500m autour des habitations (du Grand Angoulême et des communes voisines).

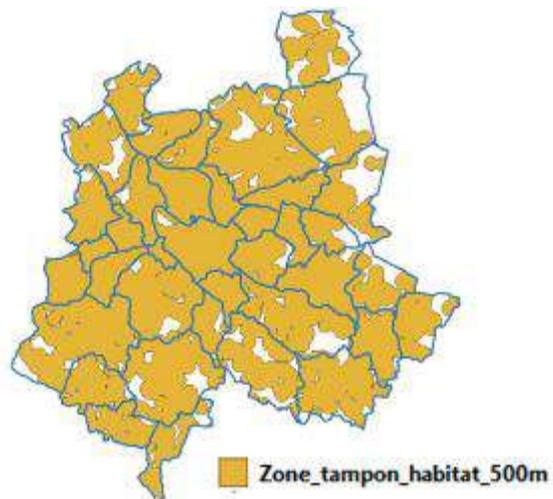


Figure 49: Zones de contrainte liées aux habitations

### 5.1.1.2 SERVITUDES TECHNIQUES

#### Zones rédhitoires

Différentes servitudes techniques sont présentes sur le territoire du Grand Angoulême. Celle ayant la plus grande emprise correspond à l'**aviation civile**, qui interdit la construction d'éléments pouvant constituer des obstacles pour la navigation aérienne. De par leur envergure, les éoliennes sont concernées par ces servitudes et ne peuvent par conséquent ni se trouver dans les zones de dégagement des aéroports, ni trop proches des émetteurs radioélectriques afin de ne pas gêner les transmissions.

Une zone tampon (zones de code PT1 et PT2) autour des autres **émetteurs radioélectriques** est aussi prise en compte, où la construction d'éolienne est impossible afin de ne pas gêner la diffusion des signaux émis et reçus.

Les zones militaires constituent aussi des servitudes pour lesquelles l'implantation d'éoliennes est impossible, mais le territoire n'est pas concerné.

#### Zones sensibles :

Les éoliennes peuvent avoir un impact sur le fonctionnement des radars de météo-France. En deçà d'une certaine distance de protection, un accord écrit de Météo-France est requis pour installer un parc éolien.

Les zones de dégagement des aérodromes privés peuvent aussi constituer des zones sensibles pour l'éolien, et devront par conséquent être considérées lors des études locales d'implantation de parcs.

Les servitudes liées aux radars Météo-France et aux aérodromes privés ne concernent pas le territoire.

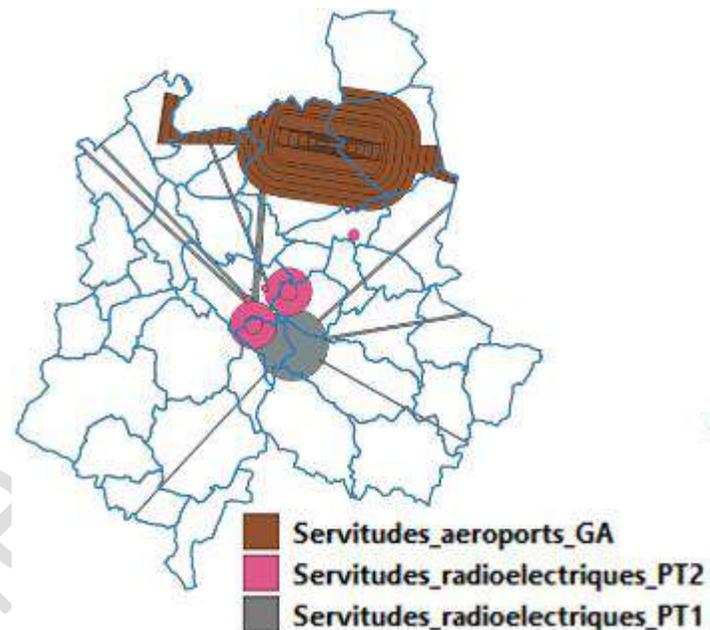


Figure 50: Zones de contraintes liées aux servitudes techniques

### 5.1.1.3 CONTRAINTES PATRIMONIALES

Afin de préserver l'intégrité visuelle de tous les **monuments historiques**, toute demande d'accord de travaux dans un **rayon de 500 mètres** d'un bâtiment historique devra recevoir l'aval de l'Architecte des Bâtiments de France. Par conséquent, au vu du type de projet que représente une éolienne (dont la hauteur avoisine les 100 mètres), il est considéré que cette zone tampon de 500m autour des bâtiments historiques est rédhitoire pour l'implantation d'éolienne.

Les **sites inscrits et classés** correspondent à des lieux dont l'intérêt historique, artistique, scientifique, légendaire ou pittoresque a été reconnu, justifiant une protection particulière. Ils correspondent ainsi à des zones rédhitoires pour le développement éolien.

Les **sites patrimoniaux remarquables** (ZPPAUP et patrimoine mondial de l'UNESCO), sont un dispositif de protection des lieux présentant un caractère d'ordre esthétique ou historique. Ils visent à créer un périmètre intelligent autour de ces lieux, à la place d'un périmètre type de 500m autour des monuments historiques.

Tous ces sites patrimoniaux sont considérés **rédhitoires**.

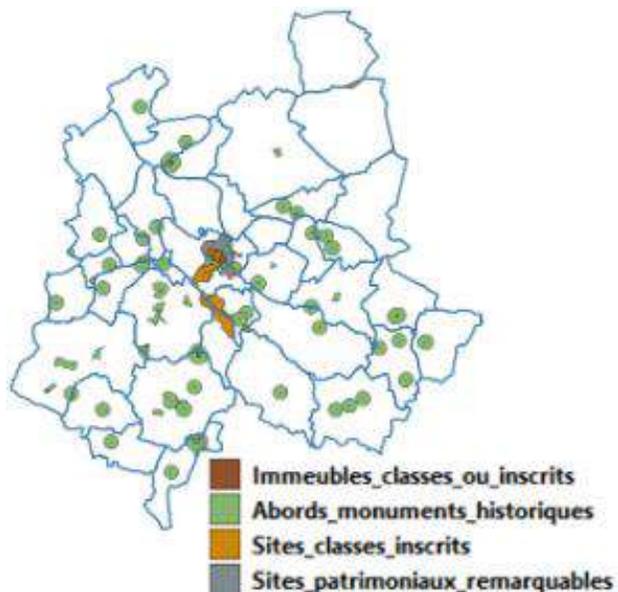


Figure 51 Zones de contraintes patrimoniales

#### 5.1.1.4 CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Le territoire du Grand Angoulême est en grande partie artificialisé (zones urbanisées ou zones agricoles), mais possède encore des zones naturelles peu transformées, regroupées dans différents ensembles de sensibilités écologiques diverses, dont la protection varie de l'un à l'autre.

##### Zones réhibitoires :

Une faible partie de ces milieux naturels constitue des espaces dont les contraintes réglementaires empêchent de façon certaine la construction d'éoliennes. Cela concerne les réserves naturelles (nationales ou régionales – il n'y en a pas sur le territoire) ainsi que les **Arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB)**.

##### Zones très sensibles :

Une partie bien plus importante des milieux naturels est classée dans la catégorie très sensible, où les enjeux environnementaux rendent très complexe l'implantation d'éoliennes. Une partie des zones vise la protection des oiseaux et chiroptères : les **zones de protection spéciales (ZPS)** et les **sites d'intérêt communautaires (ZIC)**, faisant partie du

réseau européen Natura 2000. Les **espaces naturels sensibles (ENS)** sont plus génériques, et visent à inventorier et protéger des zones dont la biodiversité est remarquable.

##### Zones sensibles :

Les zones d'importance communautaire pour les oiseaux (ZICO) ainsi que les ZNIEFF (Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique) ont été classées comme des zones sensibles.

Les zones humides ainsi que les forêts ont aussi été ajoutées aux zones sensibles.

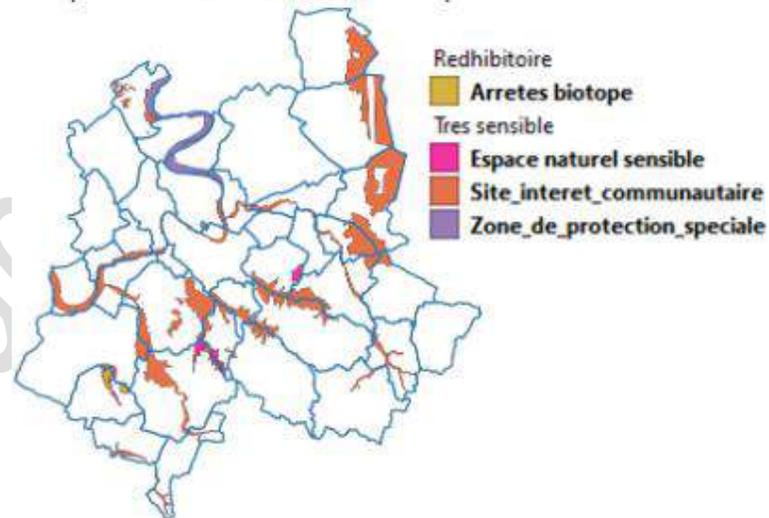


Figure 52: Zones de contraintes environnementales réhibitoires et très sensibles

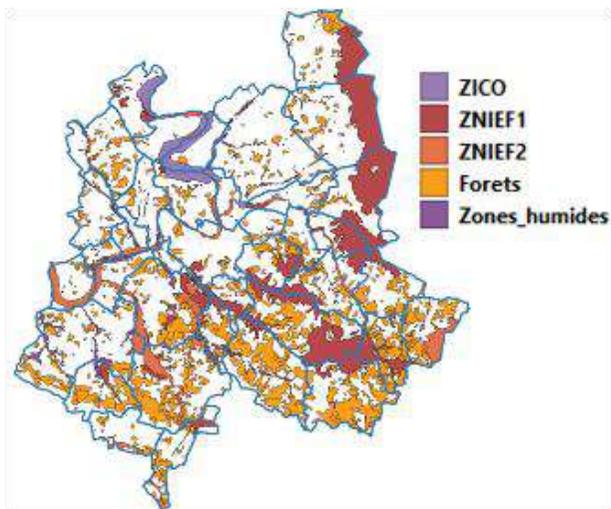


Figure 53 Zones de contraintes environnementales sensibles

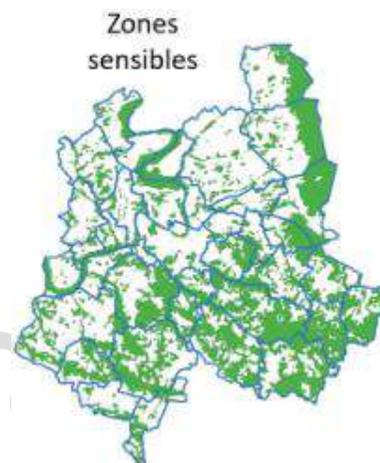
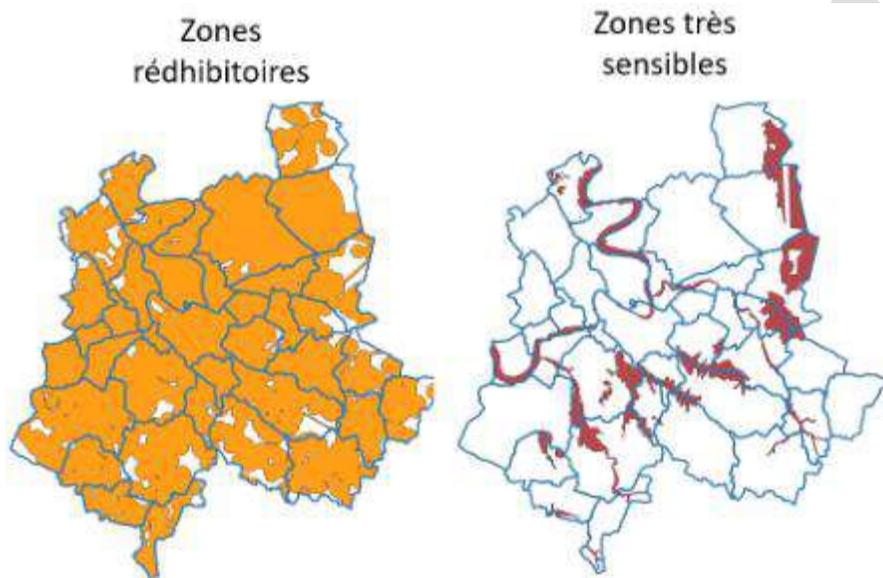


Figure 54 Cartographie des niveaux de contraintes

### 5.1.1.5 RECAPITULATIF DES ZONES DE CONTRAINTES



## 5.1.2 ESTIMATION DU POTENTIEL EOLIEN

### 5.1.2.1 ESTIMATION DU NOMBRE D'EOLIENNES

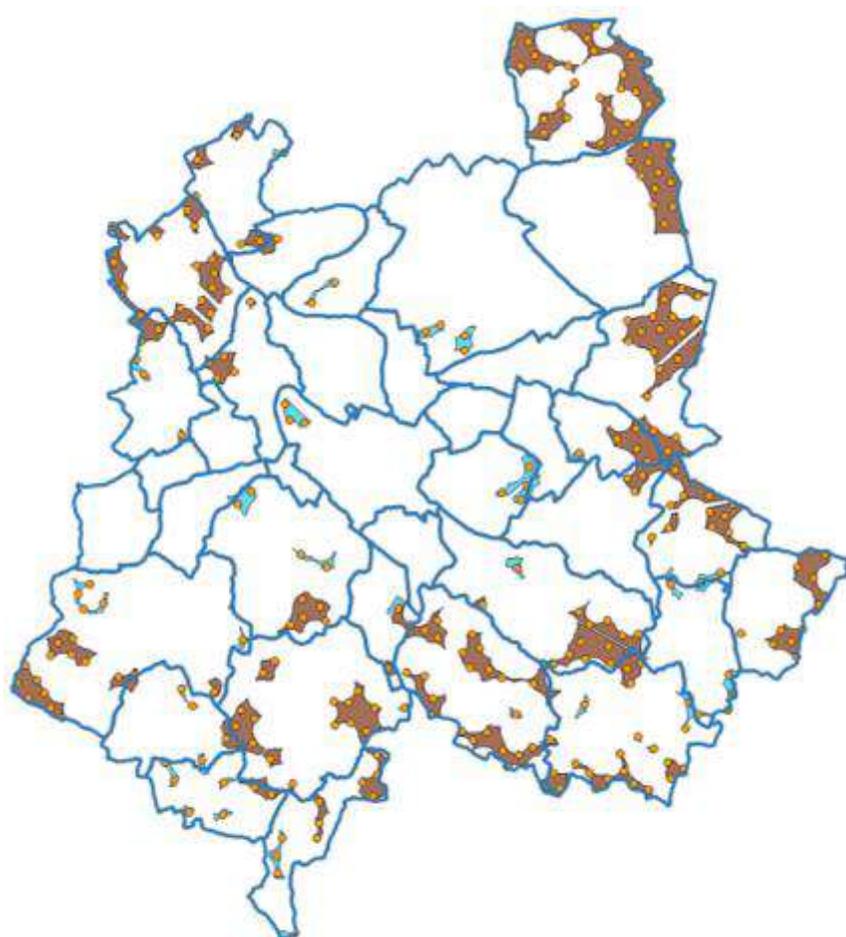
On détermine ensuite cartographiquement les zones favorables à l'implantation d'éolienne pour les trois niveaux de contraintes :

- Toutes contraintes confondues ;
- Sans prise en compte des contraintes liées aux zones sensibles ;
- En ne considérant que les restrictions des zones réhibitoires

Les surfaces trop petites ou trop isolées pour l'implantation d'un parc éolien sont éliminées. Étant donné le caractère relativement arbitraire de cette sélection des zones, une estimation basse et une estimation haute sont proposées.

On utilise ensuite un algorithme pour maximiser le nombre d'éoliennes placées respectant une contrainte d'espacement entre les mâts de 580m.

- Cette distance correspond à 5 fois le diamètre moyen des rotors d'éoliennes installées en France en 2020 (116m).
- L'espacement entre éoliennes est en effet nécessaire afin d'éviter des interférences pouvant diminuer le rendement des éoliennes.
- Ces effets de sillages ne sont en pratique pas isotropes et dépendent de l'orientation des éoliennes : par conséquent l'espace peut être plus ou moins important en fonction de la disposition des éoliennes. Afin de simplifier l'estimation de l'implantation, une distance moyenne a été retenue.



**Zones d'implantation d'éoliennes, hors zones réhabilitaires**  
 En marron l'estimation « basse » des zones d'implantation  
 En bleu, l'estimation « haute » (zones en plus du marron)  
 En jaune, les points correctement espacés pour estimer un nombre d'éoliennes

Figure 55: Cartographie de l'estimation du nombre d'éoliennes

On estime dans un premier temps la puissance installable d'éoliennes selon les niveaux de contrainte et les estimations hautes et basse des surfaces appropriées.

Pour cela, on considère les caractéristiques d'une « éolienne type », qui correspond à l'éolienne moyenne installée en France en 2020.

- On utilise l'étude *Observatoire de l'éolien 2021* de France Énergie Éolienne, qui répertorie les 10 modèles d'éoliennes les plus installés en 2020 et la puissance associée. On effectue ensuite une moyenne pondérée.
- **Puissance moyenne : 2,9 MW**
- Diamètre du rotor : 116m
- Hauteur du mât d'environ 100m (adaptation locale des modèles)

NB : en Charente et autour de l'agglomération, les projets présentés à l'État se situent désormais à des hauteurs de mâts de 150 à 180 m et que les puissances pour les nouveaux projets se situent entre 4,5 et 6 MW par mât

Tableau 11 : Potentiel éolien en MW selon les contraintes et estimations

Potentiel en MW hors zones ...	Estimation basse	Estimation haute
Réhabilitaires	630 MW	820 MW
R + Très sensibles	500 MW	650 MW
R + TS + Sensibles	220 MW	350 MW

L'effort doit prioritairement se concentrer sur les zones sans contraintes et les zones sensibles.

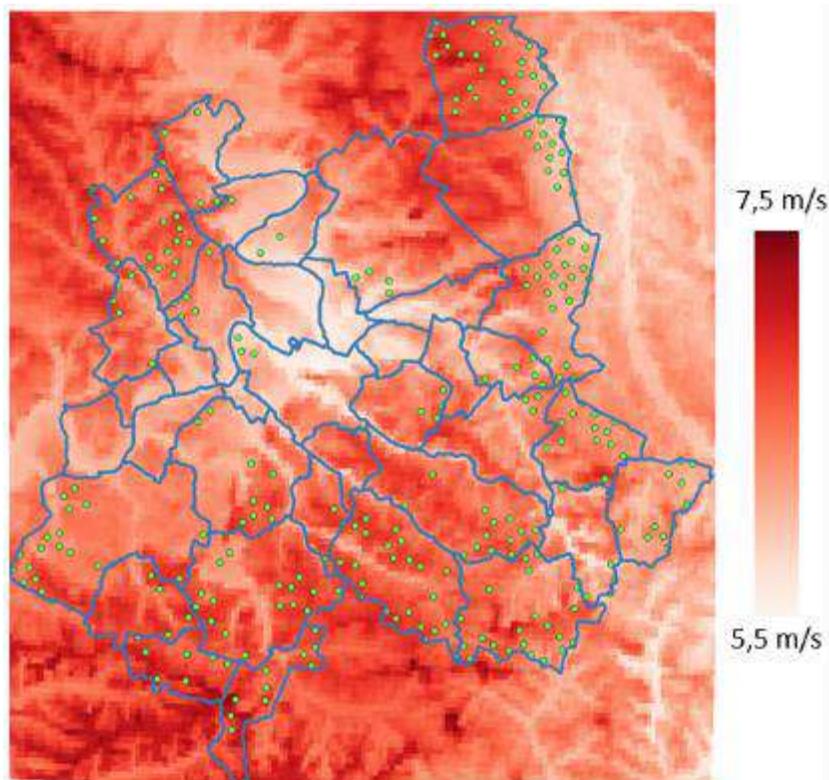
Productible associé :

Pour déterminer le potentiel de production d'électricité, il est nécessaire de considérer la vitesse des vents sur le territoire du Grand Angoulême.

La vitesse moyenne des vents sur le territoire à 100m de hauteur est en moyenne de 6,5 m/s. Les zones d'implantations d'éoliennes correspondent aux zones où le vent moyen est d'une vitesse comprise entre 6,1 et 7,1 m/s à 100m.

5.1.2.2 ESTIMATION DU PRODUCTIBLE EOLIEN

Puissance installable :



**Vitesse moyenne du vent à 100m et zones d'implantation d'éoliennes du GA**  
Fond de carte : Global Wind Atlas , points verts = zone d'implantation maximale

Figure 56: Vitesse des vents à 100m et zones d'implantations d'éoliennes

On utilise ensuite des abaques qui permettent d'identifier un nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance par an en fonction de la vitesse moyenne du vent, et ainsi de déterminer la production annuelle potentielle.

$$\text{Productible} = \text{Puissance} * \text{nombreHeuresEquivalentPleinePuissance}$$

Au vu de la vitesse moyenne des vents, on peut espérer un nombre d'heures de fonctionnement en équivalent pleine puissance de 2625h, soit un taux de charge de 30%, ce qui est assez élevé en comparaison du facteur de charge moyen de l'éolien installé en France (environ 25%).

<sup>4</sup> Nous ont été fournies par le Grand Angoulême les informations suivantes : *Cartographie des zones propices au développement de l'éolien terrestre, dossier de consultation, septembre 2022* et le jeu de cartes associé pour la Charente.

#### Résultats :

On obtient alors le tableau du potentiel de production selon les contraintes et les estimations de surfaces disponibles :

Tableau 11 : Potentiel éolien en GWh selon les contraintes et estimations

Potentiel en GWh hors zones ...	Estimation basse	Estimation haute
Rédhibitoires	1650 GWh	2150 GWh
R + Très sensibles	1300 GWh	1700 GWh
R + TS + Sensibles	600 GWh	900 GWh

### 5.1.3 COMPARAISON A L'ETUDE DE LA DREAL

#### 5.1.3.1 METHODOLOGIE

La DREAL réalise en ce moment un travail similaire à celui-ci à l'échelle régionale<sup>4</sup>. Quelques différences méthodologiques expliquent de légers écarts de résultats, mais ces travaux sont complémentaires et leurs résultats sont dans l'ensemble proches.

L'approche de la DREAL est très similaire à celle présentée dans cette évaluation du potentiel éolien du Grand Angoulême. En effet, il s'agit dans les deux cas de réaliser des cartographies de l'espace non contraint réglementairement, par soustraction des zones contraintes.

Les zones de contraintes considérées ne sont pas exactement les mêmes dans les deux études, mais sont pour l'essentiel identiques. La DREAL n'indique toutefois qu'un niveau de contrainte, alors que la présente étude propose 3 niveaux de sensibilité, différenciant ainsi plusieurs niveaux de protection des milieux naturels.

Catégories d'enjeux	Sous-catégories
Paysage et patrimoine	Paysages protégés (site remarquable, loi littoral)
	Patrimoine culturel (monument historiques, patrimoine mondial de l'UNESCO)
Patrimoine naturel (milieux naturels et biodiversité)	Milieux naturels protégés réglementairement
	Chiroptères
	Avifaune
Servitudes techniques et infrastructures	Radars météo France
	Aéronautique militaire
	Aviation civile
	Périmètres de protection – zones à risques
	Éloignement des infrastructures (réseau routier, électrique)
	Éloignement des habitations

Figure 57: Zones de contraintes considérées par la DREAL pour le potentiel éolien (DREAL)

Les zones identifiées par la DREAL sont catégorisées selon 3 niveaux :

- Non préférentiel : zones non peu ou pas favorable à l'échelle macroscopique et nécessitant donc des études spécifiques dont les résultats semblent trop incertains
- Enjeu fort : zones avec de forts enjeux qui doivent être pris en compte
- Enjeu modéré et sans enjeu identifié

Sur le territoire du Grand Angoulême, la DREAL n'identifie que des zones non préférentielles ou avec un enjeu fort.

#### Comparaison des deux études

La cartographie provisoire des zones d'implantation potentielle produite par la DREAL est proche de celle produite dans cette étude. Il s'agit d'un entre-deux entre les niveaux de contraintes « *rédhibitoire + très sensible* » et « *rédhibitoire + très sensible + sensible* » de l'étude présentée ici.

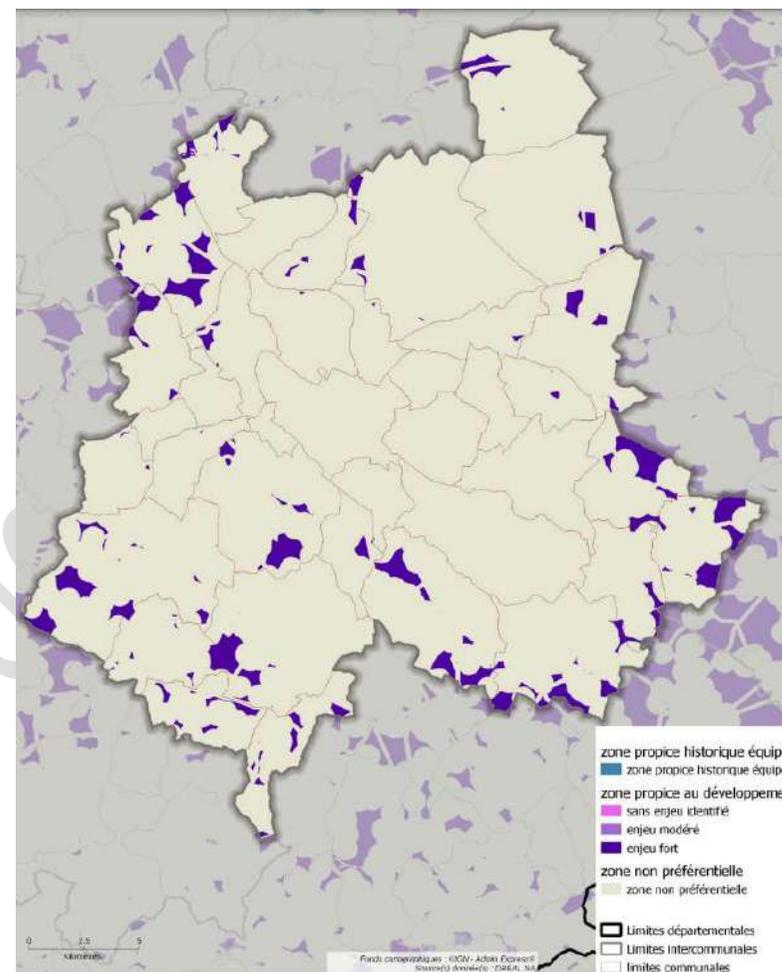


Figure 58 : Cartographie provisoire des zones d'implantation d'éoliennes (DREAL)

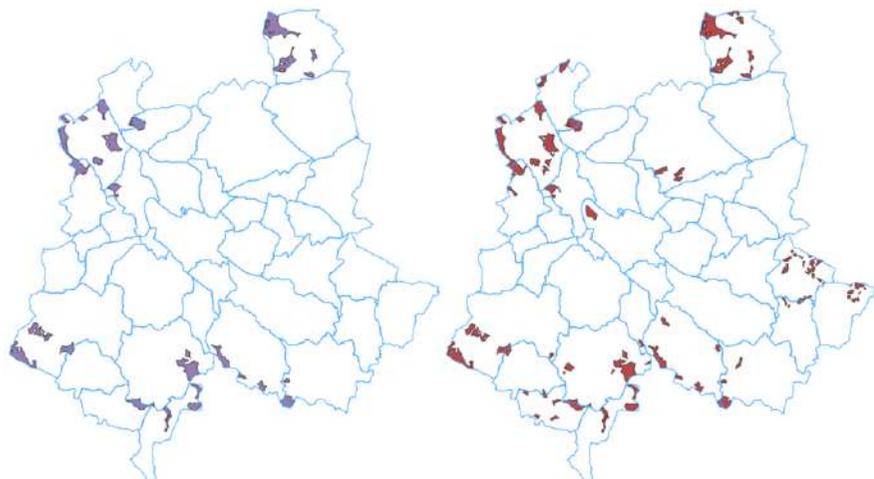


Figure 59 : Zones d'implantation potentielle d'éoliennes (hors zones soumises à contraintes réhibitoires + très sensibles + sensibles), estimations basse (gauche) et haute (droite) – production Artelys

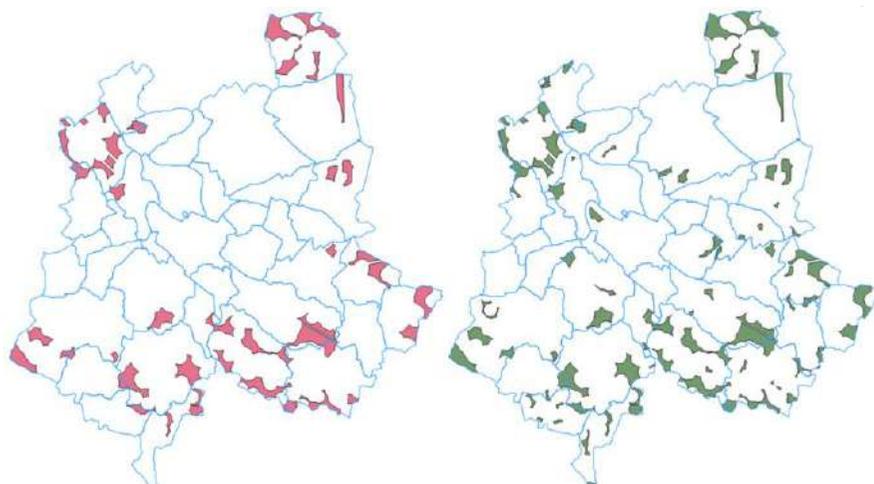


Figure 60 : Zones d'implantation potentielle d'éoliennes (hors zones soumises à contraintes réhibitoires + très sensibles), estimations basse (gauche) et haute (droite) – production Artelys

L'étude de la DREAL, pour estimer un potentiel selon la surface disponible, utilise ensuite un facteur d'installation (densité en MW/km<sup>2</sup>) issu d'une estimation régionale ADEME. Cette estimation de la densité de puissance installée a été réalisée par deux approches :

- En estimant la distance minimale entre 2 turbines (approche retenue dans l'étude réalisée pour ce diagnostic).
- En quadrillant le territoire national, en regardant les zones avec éoliennes, et en calculant sur ces zones leur densité d'installation.

L'approche de la DREAL fournit donc une densité minimale et maximale, de 4,8 et 9,7 MW/km<sup>2</sup>.

Si l'on applique ces ratios à la surface disponible dans l'estimation basse prenant en compte les contraintes réhibitoires et très sensibles (visuellement proche de la cartographie de la DREAL), on obtient un potentiel compris entre 230 et 460 MW, à comparer aux 500 MW obtenus par la méthode utilisée dans cette étude. Pour une même surface, l'éloignement minimal entre deux éoliennes pris pour hypothèse dans cette étude amène donc à une densité d'installation légèrement plus élevée que celle retenue par la DREAL. Compte tenu de l'aspect prospectif de l'étude (on pourrait envisager d'installer plus d'éoliennes par km<sup>2</sup> dans le futur), cette légère différence ne semble pas incompatible avec les premières estimations faites dans le SDE.

#### 5.1.4 CONCLUSIONS

L'étude réalisée dans le cadre du schéma directeur des énergies vise à évaluer un potentiel technique, ou gisement brut, selon trois niveaux de contraintes réglementaires.

Ce travail est particulièrement intéressant dans le cadre de l'exercice prospectif de réalisation d'un PCAET, puisqu'il permet de voir quelle puissance maximale d'éolien il serait possible d'installer en maximisant l'acceptabilité sociale (mobilisation sans restriction du potentiel brut, en ne prenant en compte que les contraintes réglementaires), et ce selon plusieurs niveaux de contraintes environnementales.

L'estimation du potentiel brut proposée par la DREAL est comparable à celle obtenue dans cette étude. La DREAL a néanmoins proposé en supplément un taux de réussite d'installation.

Les taux de réussite correspondent aux projets aboutissant à une autorisation environnementale sur la base d'une estimation réalisée en Nouvelle-Aquitaine. *Ce taux intègre à la fois le « taux d'échec » des développeurs (capacité à obtenir la maîtrise foncière des terrains) et les niveaux d'enjeux identifiés par l'exercice de cartographie des zones propices.* Dans les zones à forts enjeux (ensemble du territoire du Grand Angoulême), **le taux proposé est de 5% seulement.**

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

En appliquant ce taux de réussite au potentiel brut, on obtient alors un **potentiel mobilisable de manière réaliste à relativement courte échéance**. D'après les estimations de l'étude, **ce potentiel assez conservateur est compris entre 10 et 40 MW de puissance installable, soit 30 à 110 GWh de potentiel**.

Il faut toutefois garder en tête que, dans un cadre prospectif, il est tout à fait envisageable de faciliter l'installation de parcs éoliens, en facilitant l'accès au foncier et grâce à une meilleure acceptabilité sociale. Ces considérations laissent penser que ce taux de 5% ne doit pas constituer une limite au potentiel mobilisable sur le territoire aux horizons 2030 et surtout 2050.

Par ailleurs, les résultats provisoires de l'étude de la DREAL identifient un potentiel (en appliquant ces taux de mobilisation) de 4 à 8 GW à l'échelle régionale. Ce potentiel devrait être mobilisé à son maximum pour atteindre les objectifs nationaux de production tel que décrits dans des scénarios prospectifs de référence : en Nouvelle-Aquitaine, la capacité des éoliennes terrestres est comprise entre 6 et 9 GW selon les scénarios de l'étude *Futurs énergétiques 2050* de RTE.

Par ailleurs, sur les secteurs identifiés, deux dossiers sont en contentieux après arrêté d'interdiction de la Préfecture (Mouthiers sur Boème, parc de la Boème) et Rouillet Saint Estèphe (VSB).

**Des études de faisabilité au cas par cas doivent être menées sur les zones identifiées pour confirmer leur potentiel. La mise en place de projets de territoire associant les habitants et les acteurs du territoire sera essentielle pour leur réussite.**

**Messages clés :**

**Le gisement éolien du Grand Angoulême est compris entre 220 et 350 MW, soit une production de 600 à 900 GWh, à comparer à la consommation 2019 d'électricité de 954 GWh. C'est l'hypothèse basse qui sera reprise dans le potentiel global de développement des énergies renouvelables du territoire en synthèse (220 MW - 600 Gwh) et pour lesquelles les cartographies réalisées par Artély et la DREAL ont une correspondance importante**

~~**En levant les contraintes environnementales non rédhibitoires, ce gisement est compris entre 1300 et 2150 GWh. Cette évaluation est assez proche de celle en cours de réalisation par la DREAL.**~~

**Le gisement éolien est calculé en considérant que toutes les surfaces du Grand Angoulême hors contraintes réglementaires et environnementales sont mobilisées. Il s'agit donc d'un potentiel brut, ne prenant pas en compte un taux de mobilisation réaliste.**

**En utilisant un taux de mobilisation de 5% (estimé par la DREAL à partir des taux de réussite des projets), le potentiel est compris entre 30 et 110 GWh, soit 3 à 12% de la consommation 2019 sur le territoire de Grand Angoulême.**

## 5.2 Potentiel solaire sur toitures

### 5.2.1 GENERALITES SUR L'ENERGIE SOLAIRE

L'énergie solaire est exploitée depuis de nombreuses années pour produire de l'électricité et de la chaleur. Initialement cantonnée à des systèmes difficilement intégrables à un réseau, elle voit son développement exploser depuis une dizaine d'année avec des coûts de plus en plus compétitifs, devenant un levier majeur de la production d'énergie renouvelable dans le monde.

La production d'énergie à partir du soleil se divise en deux catégories :

- La **production d'électricité** se faisant à partir de **panneaux solaires photovoltaïques** (PV), qui transforment le rayonnement solaire en électricité.
- La **production thermique** vise à convertir le rayonnement solaire en chaleur, et sert principalement à produire de l'eau chaude sanitaire (ECS), même si des installations couvrant aussi une partie de la demande de chauffage se développent. Le solaire thermique entre en concurrence directe avec le photovoltaïque pour l'utilisation des toitures. Par ailleurs, cette filière peine à se développer en France depuis une quinzaine d'années. Ainsi, ce diagnostic des potentiels se concentre sur la première catégorie (photovoltaïque).

La production solaire photovoltaïque peut elle aussi se décomposer en plusieurs catégories :

- Le **solaire sur toiture** correspond à l'intégration de panneaux photovoltaïques à une toiture. Cela permet de produire localement de l'électricité qui pourra être utilisée par le bâtiment en autoconsommation, ou bien être injectée dans le réseau de distribution. Les contraintes d'intégration structurelles liées à la forme, à l'inclinaison et à l'orientation des toitures empêchent souvent un positionnement optimal des panneaux, conduisant à des rendements plus faibles que d'autres types d'installations photovoltaïques.
- Le **solaire au sol** correspond à une approche plus massive de la production photovoltaïque. Il s'agit de développer une infrastructure propre directement au niveau du sol avec un nombre relativement important de panneaux photovoltaïques (selon l'espace disponible). On parle généralement de fermes solaires de grande capacité (de quelques mégawatts à plusieurs centaines de mégawatts, comme la centrale de Cestas en Gironde). Avec des panneaux solaires mieux orientés, incluant parfois des trackers pour orienter le panneau en fonction de la course du soleil, ces centrales possèdent des rendements plus élevés que les panneaux directement posés sur toiture. Combiné avec des coûts plus faibles d'installation, le solaire au sol présente un coût par mégawattheure produit plus faible que le solaire toiture. En revanche la surface nécessaire est plus importante,

posant la question de la concurrence d'occupation des sols avec d'autres usages et milieux (agriculture, bois, ...).

- Le **solaire sur ombrières** permet d'éviter cette question de la concurrence d'occupation des sols. En effet, le principe est le même que le solaire au sol : de grandes surfaces au sol et donc des centrales de grande capacité ; cependant dans ce cas, l'utilisation des sols est déjà réquisitionnée par des parkings. Ainsi, les ombrières viennent seulement s'ajouter à ces zones déjà occupées.

L'**agrivoltaïsme**, qui consiste à combiner exploitation agricole de terrains et production photovoltaïque. La filière est encore très peu développée en France, en raison de la volonté de protéger la vocation nourricière des terres agricoles. L'agrivoltaïsme peut par exemple permettre le pâturage ovin ou des cultures maraîchères. Aujourd'hui le SCOT recommande de ne pas faire de Photovoltaïque sur des zones A. Cependant, le PLUi à 38 devra homogénéiser le PLUi à 16 communes et les autres PLU du territoire sur ce volet spécifique.

### 5.2.2 REALISATION D'UN CADASTRE SOLAIRE

#### 5.2.2.1 RESUME METHODOLOGIQUE

Afin d'estimer le potentiel solaire sur toitures on réalise un cadastre solaire :

- On part du cadastre de l'agglomération, lequel répertorie l'emprise au sol de l'ensemble des bâtiments du territoire.
- Les contraintes patrimoniales sont prises en compte pour déduire du potentiel total les toitures qui sont situées à proximité de bâtiments historiques ou dans des zones classées, par exemple.
- Un modèle numérique de surface (MNS) – aussi nommé MNE/MNT (d'élévation ou de terrain) – permet de calculer l'inclinaison du toit.
- L'orientation du toit (sud, sud-est, sud-ouest) est déterminée à partir de considérations géométriques sur l'emprise au sol du bâtiment.
- En croisant les données d'orientation et d'inclinaison, on calcule la perte de productible par rapport à l'optimal.
- On utilise la valeur d'ensoleillement du territoire (énergie solaire reçue par m<sup>2</sup>).
- Ces éléments permettent de calculer la surface de toit pouvant accueillir des panneaux photovoltaïques. On calcule ensuite pour chaque toit une puissance potentiellement installable ainsi qu'un productible associé. Les toits trop petits sont exclus. La somme sur tous les toits donne accès au potentiel total du territoire.

- On utilise également le MOS (mode d'occupation des sols) pour catégoriser le potentiel selon les types de bâtiments (résidentiel, industriel, ...).



Figure 61: Extrait du cadastre solaire, centré sur Angoulême

### 5.2.2.2 CONTRAINTES PATRIMONIALES

Les contraintes patrimoniales sont présentées et cartographiées en 3.1.1.3. Si les zones de protection sont les mêmes que pour l'éolien (zones patrimoniales remarquables, sites classés et inscrits, monuments historiques et leurs zones tampons), ces contraintes rendent l'installation plus complexe qu'impossible, avec la nécessité d'analyser de manière plus approfondie les enjeux.

Afin de prendre plus finement en compte les contraintes patrimoniales, on considère deux niveaux de contraintes pour la construction du cadastre :

58 - Diagnostic - Cahier 7 Climat, air, énergie

- Un niveau avec toutes les contraintes
- Un niveau sans les zones tampons de 500m autour des monuments historiques

### 5.2.2.3 ORIENTATION ET INCLINAISON DU TOIT

Le cadastre fournit pour chaque bâtiment l'emprise au sol de ce dernier, mais il ne donne aucune information sur la forme du toit ainsi que l'exposition du bâtiment. Pour compléter ces éléments, nous avons utilisé le modèle de surface du territoire de la Communauté urbaine (MNS) afin d'obtenir une estimation de l'inclinaison du toit.

L'orientation du toit est obtenue en supposant que le faîtage du toit est parallèle au côté le plus long du bâtiment

L'inclinaison du toit est ensuite calculée grâce au modèle d'élévation de terrain pour le bâtiment en question, qui donne l'élévation moyenne de chaque carré de 37cm de côté, et en considérant que le toit est à deux pentes (sauf pour les toits identifiés comme étant plats, lorsque l'inclinaison mesurée est de moins de 5°).

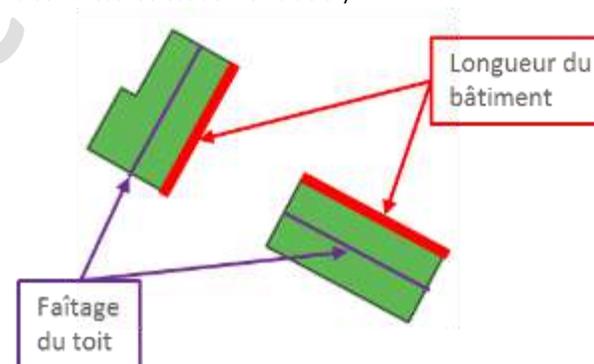


Figure 62 : Schéma pour déterminer l'orientation des toits

### 5.2.2.4 SURFACES UTILES ET PUISSANCES INSTALLEES

La surface utile par toiture est ensuite calculée. Pour cela on utilise l'inclinaison et l'emprise au sol, puis on considère un taux d'utilisation de la toiture pour l'installation de panneaux solaires.

- Pour les bâtiments avec toit incliné, nous supposons que seul le côté le mieux exposé du toit est recouvert de panneaux solaires (c'est-à-dire celui le mieux orienté par rapport au sud). Sur les toits, des éléments comme les cheminées et les velux empêchent d'exploiter à 100% la surface la mieux exposée. Des retours d'expérience de différents acteurs du secteur ont permis de poser l'hypothèse suivante : 10% de la surface la mieux exposée n'est pas mobilisable. Au final, 45% de la surface totale de toiture est mobilisable.
- Pour les bâtiments avec toit plat, les panneaux solaires sont installés avec une orientation optimale (sud, 30°). Il s'agit ici de prendre en compte les effets d'ombrages entre panneaux, qui impliquent de les espacer, et les servitudes de passages. On retient un taux d'installation de 50% pour les toits plats.

À partir de la surface utile, on calcule la puissance installée. On considère un taux d'installation de **200 W/m<sup>2</sup>** (taux prospectif issu de l'étude ADEME *Transition(s) 2050*).

### 5.2.2.5 PRODUCTIBLE SOLAIRE

Le calcul du productible prend en compte l'orientation des panneaux et l'ensoleillement local.

Si la puissance installée ne dépend pas de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux, ces deux paramètres ont une réelle influence sur le productible final. Par conséquent, il est nécessaire de corriger la production si les panneaux ne sont pas parfaitement orientés vers le sud, et si l'inclinaison des panneaux n'est pas de 30°. Les facteurs de correction pris en compte pour cette étude sont résumés dans la figure ci-dessous.

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES					
INCLINAISON		☀	☀	☀	☀
ORIENTATION		0°	30°	60°	90°
Est	☛	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est	☛	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud	☚	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest	☛	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest	☚	0,93	0,90	0,78	0,55

Les positions grisées sont à éviter si elles ne sont pas imposées par une intégration architecturale

Figure 63: Facteur de correction de production des panneaux photovoltaïques (source HEPSUL)

La valeur d'ensoleillement (irradiation solaire) avec un angle optimal sur le territoire est de 1508 kWh/m<sup>2</sup>.

On prend également en compte le facteur de charge historique moyen en nouvelle Aquitaine (14%), pour que la production corresponde bien, en moyenne, à la capacité installée (qui est estimée à partir d'un taux prospectif afin de prendre en compte les progrès techniques).

Enfin, on considère un rendement global de l'installation photovoltaïque de 85% visant à rendre compte des pertes liées à l'onduleur, à la poussière, etc.

Avec toutes ces données, on obtient pour chaque toiture une estimation du productible solaire photovoltaïque. On considère que le productible est identique pour le solaire thermique.

## 5.2.3 ANALYSE DU POTENTIEL SOLAIRE SUR TOITURES

### Potentiel du territoire

En ne prenant pas en compte les contraintes patrimoniales et en sollicitant l'ensemble des toitures pouvant accueillir du photovoltaïque (hors toitures d'une surface utile de moins de 20m<sup>2</sup>), la production photovoltaïque sur toiture pourrait couvrir **1,5 fois la consommation électrique actuelle du territoire.**

- Le **potentiel photovoltaïque maximal est de 1500 GWh**
- Ceci correspond à une surface utile de toits de 5,8 millions de m<sup>2</sup>
- La puissance installable correspondante est de 1,2 GW

**Cependant, il est peu réaliste de considérer une mobilisation de l'ensemble des toitures.**

L'ADEME, dans son travail prospectif national Transition(s) 2050, estime dans les scénarios les plus ambitieux qu'il est possible de mobiliser :

- **4% des surfaces de toitures en 2030**
  - Soit **60 GWh** (46 MW), i.e. **6% de la consommation électrique actuelle.**
- **16,5% des surfaces de toitures en 2050**
  - Soit **250 GWh** (190 MW), i.e. **26% de la consommation actuelle.**

L'étude *Futurs Énergétiques* de RTE, dans son scénario le plus ambitieux, estime qu'il est possible d'installer jusqu'à 107 GW de solaire sur toitures en France en **2050**, soit une mobilisation d'environ **29% des surfaces de toitures françaises.**

- Appliqué à l'échelle du Grand Angoulême, ceci revient à un potentiel mobilisable de **440 GWh** (340 MW), i.e. **46% de la consommation actuelle.**

La **production photovoltaïque** du territoire (au sol et sur toiture) était de **22 GWh en 2019**. Pour donner un ordre de grandeur, atteindre les cibles de mobilisation ADEME pour le solaire PV sur toiture revient à produire l'équivalent de 2,7 fois la production totale de 2019 (au sol et sur toitures) à l'horizon 2030, et à en produire l'équivalent de 11 fois à l'horizon 2050.

A noter que la production a néanmoins fortement augmenté depuis 2019 sur le territoire, avec la mise en service de plusieurs parcs au sol, notamment un parc de 15 MW à Nersac en 2020 et un parc de 4.4 MW à l'Isle-d'Espagnac en 2021, permettant désormais une production photovoltaïque de 47 GWh sur le territoire (données ODRE, d'octobre 2021 à octobre 2022).

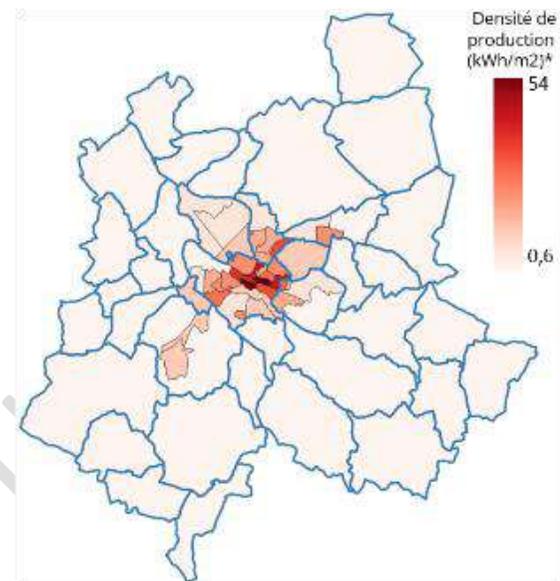


Figure 64: Cartographie à maille IRIS du potentiel PV sur toiture (kWh par m<sup>2</sup> de l'IRIS)

Pour 6% des surfaces utiles (représentant un tiers des toitures de GrandAngoulême), une installation solaire thermique plutôt que photovoltaïque est recommandée, la surface utile étant trop petite pour du PV). On considère qu'à partir de 20m<sup>2</sup> de surface disponible (soit environ une dizaine de panneaux et 3 à 4 kWc) il est envisageable d'installer des panneaux photovoltaïques.

Ainsi, le potentiel lié aux petites toitures peut être considéré comme un potentiel solaire thermique (ne réduisant pas le potentiel photovoltaïque, même s'il est tout à fait possible de faire du solaire thermique sur grandes toitures, par exemple pour des piscines...).

- Le potentiel de **solaire thermique sur toiture est de 100 GWh**

### Détails sur le potentiel

**Les 50 plus grandes toitures du territoire représentent un potentiel de 89 GWh (66 MW), soit 6% du potentiel maximal total.** Certaines de ces toitures sont potentiellement déjà équipées.

Les **deux tiers du potentiel** du Grand Angoulême se trouve sur des **bâtiments résidentiels**. Ce potentiel peut être plus compliqué à mobiliser que les grandes toitures industrielles ou commerciales, ou que celles des bâtiments publics.

- Environ 800 GWh correspond à des toitures résidentielles de taille intermédiaire et 200 GWh à des grandes toitures.

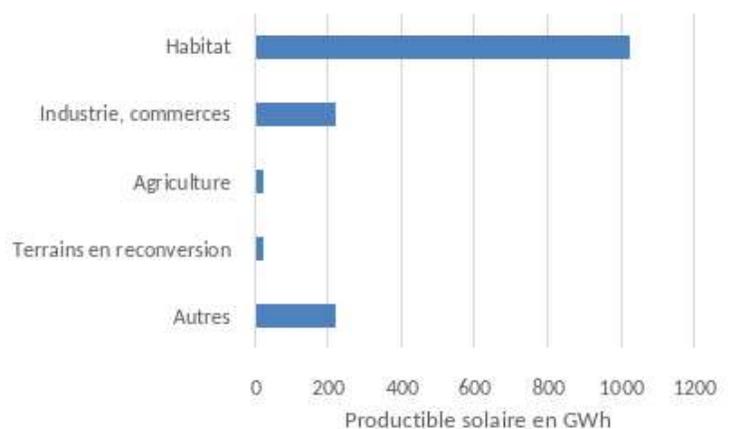


Figure 65: Potentiel maximal de production hors contraintes et petites toitures en GWh (Total : 1500 GWh)

Un peu plus de la moitié du potentiel se trouve sur des toitures d'une taille comprise entre 20 et 115m<sup>2</sup> de surface sur laquelle il est possible de poser des panneaux solaires.

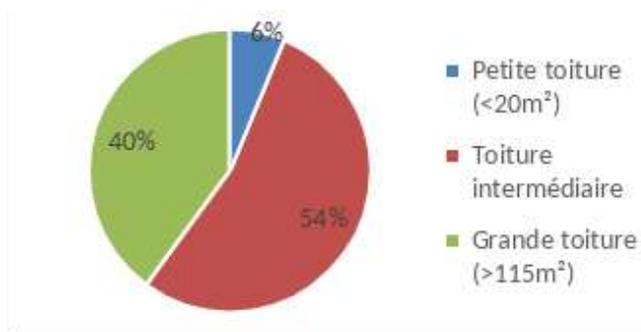


Figure 66: Potentiel de production maximal hors protection (Total : 1600 GWh)

La prise en compte des contraintes patrimoniales enlève environ 20% du potentiel maximal (370 GWh). Environ 230 GWh du potentiel (soit 12% du potentiel maximal) se trouve dans les zones tampons autour des monuments historiques.

Tableau 12 : Répartition du potentiel PV et thermique sur toitures selon les contraintes

	Toutes protections patrimoniales comprises		Sans les zones tampons autour des monuments historiques		Sans prise en compte des zones de protection	
	PVique	Thermique	PVique	Thermique	PVique	Thermique
<b>Production (GWh)</b>	1500	101	1733	118	1867	127
<b>Capacité (MW)</b>	1162	79	1343	93	1449	100
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	5,8	0,4	6,7	0,5	7,2	0,5
<b>Toitures (nombre)</b>	66 852	36 701	77 670	42 900	84 543	46 012

**Messages clés :**

**Le potentiel brut de solaire sur toitures s'élève à 1500 GWh (soit 1.2 GW installable et 1.6 fois la consommation d'électricité de la CA en 2019).**

**Ce gisement est calculé en considérant que toutes les toitures du Grand Angoulême hors zones de protection patrimoniales sont mobilisées. Des taux de mobilisation réalistes de ce potentiel brut, issus de scénarios prospectifs de référence (ADEME, RTE), indiquent la part du gisement raisonnablement mobilisable à horizon 2030 et 2050 : 60 GWh en 2030, et en 2050 jusqu'à 250 GWh (ADEME) voire 440 GWh (RTE).**

**Les deux tiers du potentiel du Grand Angoulême se trouve sur des bâtiments résidentiels, et 40% du potentiel sur des grandes toitures (plus de 115m<sup>2</sup> de surface potentielle de panneaux solaires).**

**Les 50 plus grandes toitures du territoire représentent un potentiel de 89 GWh (66 MW), soit 6% du potentiel maximal total.**

**Le cadastre solaire permet d'estimer globalement le potentiel du territoire. Seules des études de faisabilité site par site pourront en confirmer le potentiel exact.**

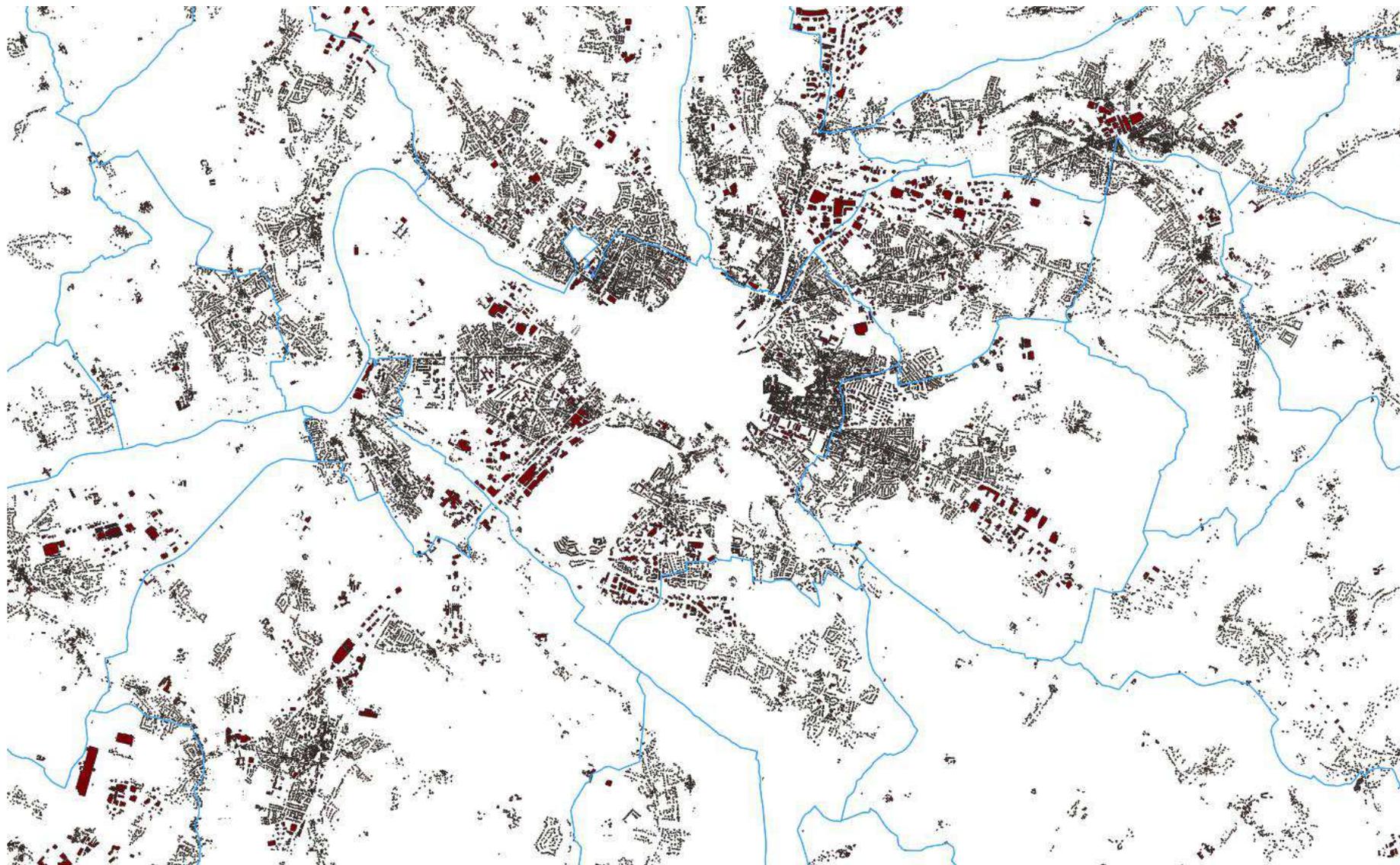


Figure 67 : Extrait du cadastre solaire, centré sur Angoulême (sans les bâtiments situés dans des zones de protection)

## 5.3 Potentiel solaire au sol et sur ombrières

Le potentiel solaire au sol et sur ombrières de parkings correspond à des installations photovoltaïques destinées à la production d'électricité essentiellement injectée sur réseau. Les effets d'échelle par rapport au photovoltaïque sur toiture le rend plus rentable, mais il se pose la question de la concurrence d'usage des sols.

### 5.3.1.1 RESUME METHODOLOGIQUE

La méthodologie utilisée est inspirée d'une étude effectuée pour l'ADEME présentée dans le rapport *Évaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques* de 2019. Pour des raisons de **concurrence d'occupation des sols**, seules les surfaces où le photovoltaïque n'est a priori pas gênant sont considérées.

Les surfaces considérées sont les parkings (ombrières) et les zones délaissées (PV au sol) :

- Les **parkings** sont identifiés à partir de la base BD TOPO de l'IGN
- Les zones délaissées sont issues des **friches recensées** (fournies par le Grand Angoulême), de la **BASOL** (sites pollués), de la **BASIAS** (sites industriels) et du Corine Land Cover (inventaire de l'occupation des sols) : friches commerciales et industrielles, ancien site de stockage des déchets, friches diverses (anciens sites militaires, ferroviaires etc.), anciennes carrières, mines, terrils, ...
- On ne considère donc pas les terrains agricoles comme étant propices au développement du PV au sol.
- Ces zones aujourd'hui en friche pourraient trouver d'autres usages (nouveaux bâtiments, espaces verts...); le développement de centrales solaires relève donc d'un choix d'affectation des sols.

Seuls certains sites sont retenus selon des critères de taille et de contraintes :

- Ces sites peuvent accueillir des projets d'une **puissance supérieure à 500 kWc** (derniers appels d'offre CRE). On considère un **ratio d'implantation de 100 Wc/m<sup>2</sup>** avec un abattement de 15% (hypothèse du rapport ADEME). Ceci correspond à une **surface minimale de 0,59 ha**.
- On exclut les sites situés dans les **zones inondables**, et ceux sujets à des **contraintes patrimoniales**.
- On exclut des estimations les **sites faisant déjà l'objet de projets** solaire au sol (liste fournie par l'agglomération) ; les productions associées sont présentées à part dans les tableaux de synthèse mais pas cartographiées pour des raisons de confidentialité.

Le calcul de la production potentielle est le suivant :

- Surface (m<sup>2</sup>) x 100 (ratio d'implantation en Wc/m<sup>2</sup>) x 0,85 (abattement) x 1252 (taux d'ensoleillement en kWh / kW)
- L'abattement vise à prendre en compte les effets d'ombrage, servitudes, effets topographiques, ...

### 5.3.1.2 OMBRIERES SUR PARKINGS

Dans les espaces urbains, en particulier dans les zones commerciales, les parkings constituent des zones facilement mobilisables pour l'installation de panneaux photovoltaïques, via des installations de type ombrières se plaçant au-dessus des places réservées aux voitures.

Un recensement des parkings sur le territoire a été réalisé à l'aide de la base de données BD TOPO de l'IGN, afin de mettre en évidence les potentiels de déploiement d'ombrières solaires sur ces différentes zones. Cette base de données recense les parkings, publics et privés, de plus d'un demi-hectare.

Sans prise en compte des contraintes, la surface des parkings potentiellement exploitables (> 0,59ha) est de **38 hectares**. Ceci représente une puissance installable de 32 MW, pour une production potentielle de 41 GWh (soit 4% de la consommation 2019 d'électricité du Grand Angoulême).

Cette production potentielle ne prend pas en compte le projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables qui a été adopté en première lecture par le Sénat en début de Novembre 2022. Dans ce projet de loi, pour augmenter la production d'énergie solaire d'ici 2050, les parkings extérieurs de plus de 80 places (équivalent à une surface d'environ 0,2 ha) devront installer des ombrières photovoltaïques (ou un autre procédé d'énergie renouvelable) sur au moins la moitié de leur surface. Avec ceci le potentiel de production sur le territoire serait supérieur à la valeur estimée en sachant que les parkings considérés ont une surface supérieure à 0,59 ha.

### 5.3.1.3 SITES DELAISSSES

Pour identifier les sites délaissés, on utilise la BASOL, la BASIAS, et un fichier fourni par l'agglomération recensant les différentes friches.

Le fichier des friches fourni par l'agglomération permet d'en identifier 1108 en excluant les friches agricoles. On exclut également les voies ferrées. Les sites ont été triés manuellement et les bâtiments ont été retirés des zones de friches. On retient finalement 66 sites avec une surface supérieure à 0,59 ha.

La BASOL (sites et sols pollués - ou potentiellement pollués - appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif) est utilisée pour compléter le fichier des friches. À l'aide d'un fond de carte satellite on identifie manuellement les sites effectivement en friche. En comparant avec le fichier des friches, 2 sites supplémentaires sont identifiés mais seul un avec une surface supérieure à 0,59 ha.

La BASIAS (Pollution des sols, SIS et anciens sites industriels) recense 703 sites sur des communes du Grand Angoulême. En comparant avec les friches recensées par le territoire, 21 sites supplémentaires sont identifiés. Seuls 12 de ces sites ont une surface supérieure à 0,59 ha.

Le CORINE Land Cover est un inventaire biophysique permettant d'identifier la nature de l'occupation des sols. On regarde les zones suivantes : aéroports, carrières, décharges. L'aéroport d'Angoulême-Cognac possède déjà des installations solaires (PV sur ombrières, PV sur toiture) d'après une vue satellitaire. Il n'est donc pas pris en compte dans l'évaluation du potentiel. Un site d'extraction de matériaux de 30 ha à Roulet-Saint-Estèphe est aussi identifié et semble en friche. Nous l'avons donc pris en compte.

On identifie ainsi 80 sites potentiellement exploitables (> 0,59 ha) sans prise en compte des contraintes, avec une surface cumulée de **255 hectares**. On soustrait par ailleurs les sites faisant déjà l'objet d'un projet photovoltaïque (soit 167 ha de surface totale pour 177 GWh, dont 69ha de surface occupée par des projets en cours identifiés pour 74 GWh).

Hors contraintes, ceci représenterait une puissance de 217 MW, pour une production potentielle de 272 GWh (soit 28% de la consommation 2019 d'électricité du Grand Angoulême).

#### 5.3.1.4 ZONES DE CONTRAINTES

Les zones de contraintes patrimoniales sont les mêmes que pour l'éolien, et ont été présentées en 5.1.1.3 : monuments historiques et leurs abords, sites inscrits et classés, sites patrimoniaux remarquables.

Les zones inondables correspondent au PPRI (plan de prévention du risque inondation) de la Charente.

Pour les sites partiellement couverts par des contraintes (inondations, patrimoine), on considère séparément la partie du site avec contraintes de celle sans contraintes. Les calculs de surface disponibles prennent en compte ces restrictions et la surface minimale à atteindre.



Figure 68: Cartographie des contraintes pour le solaire au sol

#### 5.3.1.5 RESULTATS

En prenant en compte les contraintes liées aux zones inondables et au patrimoine, le potentiel de production d'électricité grâce à des installations photovoltaïques au sol est de **285 GWh**, dont **37 GWh sur ombrières de parkings**. En capacité installée, cela représente **227 MW**.

Au total, **106 sites sont retenus** : 66 friches recensées dans les données du territoire, 12 sites de la BASIAS, 1 de la BASOL et 1 du Corine Land Cover, ainsi que 26 parkings.

Les projets actuels ont une capacité de production à peu près équivalente au gisement supplémentaire identifié, comme décrit dans le Tableau 14. **Les projets identifiés représenteraient 27% de la consommation électrique 2019, et le potentiel supplémentaire 30%**. En mobilisant au maximum la filière PV au sol, la moitié de la consommation pourrait ainsi être satisfaite.

Tableau 13 : Récapitulatif du potentiel PV au sol et sur ombrières, et des projets

Potentiel solaire au sol et sur ombrières	Projets identifiés sur le territoire	Gisement supplémentaire	Total sur le territoire
Puissance installable (MW)	210	227	<b>437</b>
Production (GWh/an)	258	285	<b>543</b>
% de la conso du territoire	27	30	<b>57</b>

La prise en compte des **contraintes induit une baisse de potentiel de l'ordre de 15%**, comme décrit dans le Tableau 14.

Tableau 14 Effets des contraintes sur le PV au sol, hors projets actuels

Potentiel de production (GWh)	Sans contrainte	Hors zones inondables	Hors contraintes patrimoniales	Avec toutes les contraintes
Parkings	41	39	39	37
Zones délaissées	272	268	248	248
Total	312	307	286	285
% de la conso du territoire	32,6	32,0	29,9	29,7

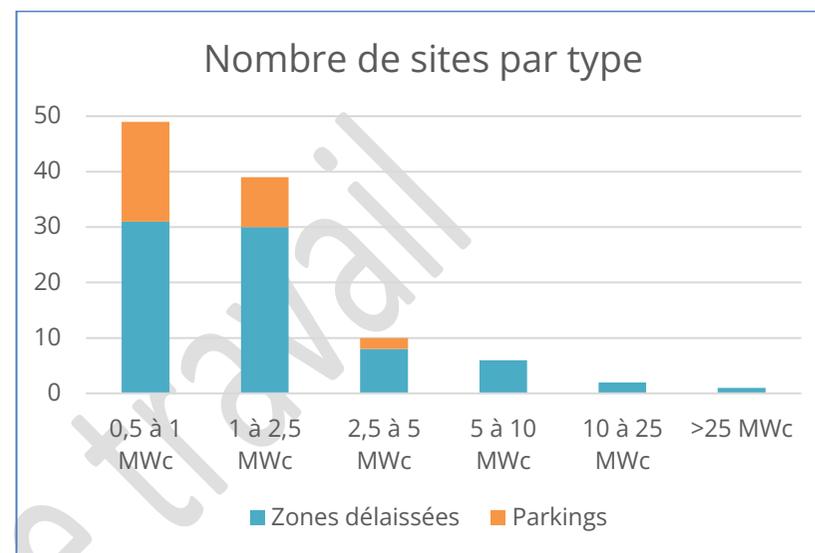


Figure 69: Nombre de site potentiel pour le PV au sol selon leur puissance

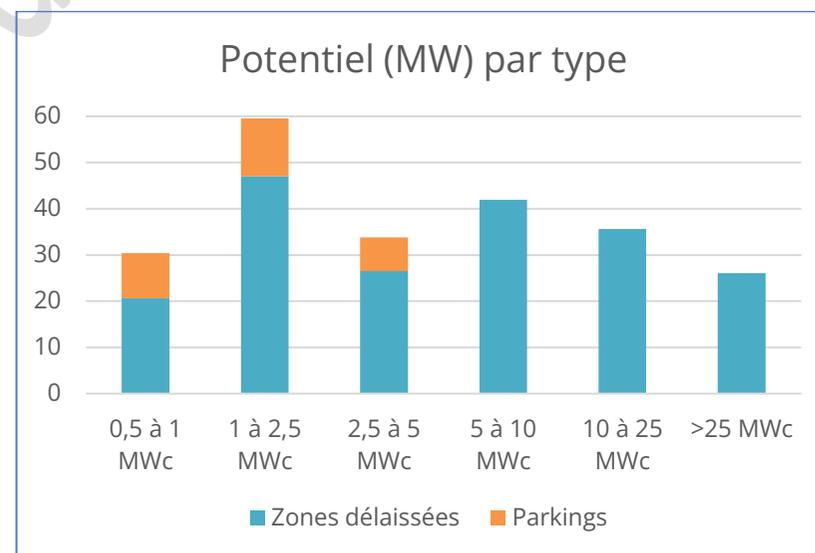


Figure 70: Potentiel PV au sol en MW selon la puissance installable sur les sites

La majorité des sites sont de plus petite taille, mais le potentiel est assez équitablement réparti (les grands sites ayant un plus fort potentiel). Ainsi, **80% des sites font moins de 2,9**

ha (2,5 MWc), mais plus de la moitié du potentiel se trouve sur des sites de plus de 2,5 MWc.

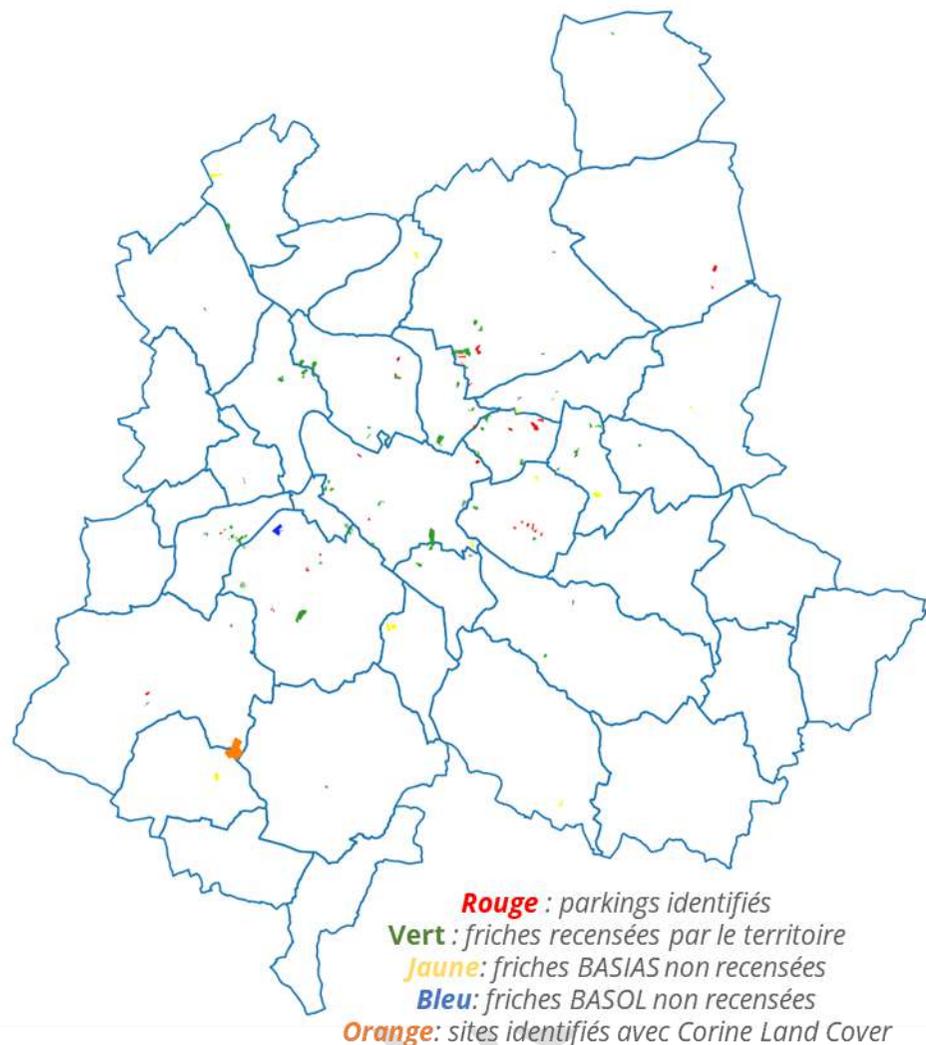


Figure 71: Cartographie des sites potentiels pour le PV au sol

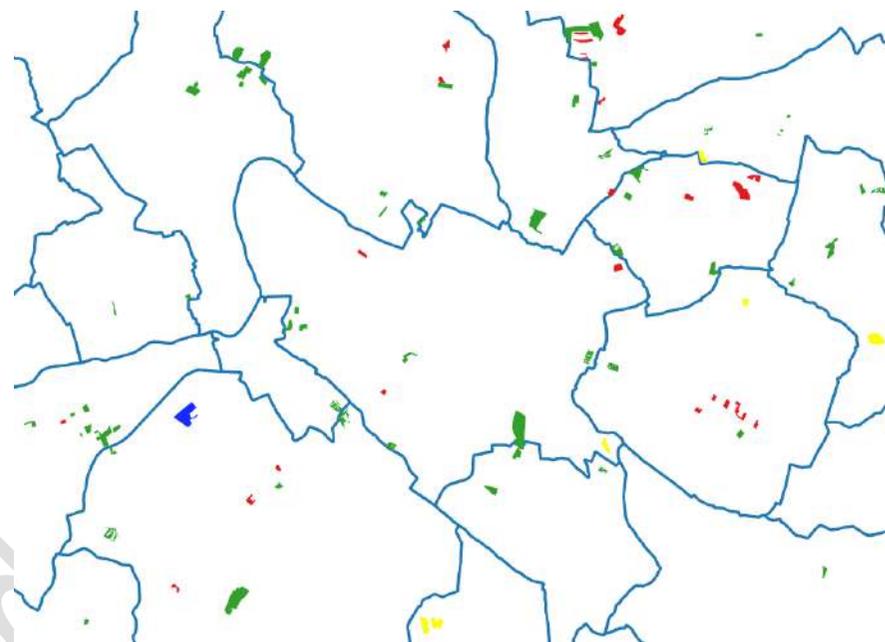


Figure 72: Zoom sur les sites potentiels autour d'Angoulême

#### Messages clés

Le potentiel en prenant en compte les contraintes est évalué à 248 GWh au sol et 37 GWh sur ombrières de parkings.

Les projets répertoriés de PV au sol et sur ombrières représentent 258 GWh. La production solaire 2019 du Grand Angoulême (au sol et sur toitures) était de 22 GWh et atteint actuellement 47 GWh avec la mise en service de plusieurs parcs au sol (dont Nersac en 2020 et l'Isle-d'Espagnac en 2020)

Ce potentiel total correspond à 106 sites, dont 66 friches et permettrait de satisfaire 56% de la consommation d'électricité en 2019. Les 9 plus grands sites (> 5 MW) représentent un potentiel de 93 GWh.

L'enjeu du photovoltaïque au sol est la concurrence d'usage des surfaces. Les zones utilisées pour l'évaluation du potentiel sont des zones aujourd'hui en friche. Ces surfaces pourraient trouver d'autres usages, réduisant d'autant le potentiel, en fonction des résultats des études de mobilisation des friches en cours avec la Banque des Territoires. Les ombrières sur parkings permettent de limiter l'emprise au sol des installations PV.

Une étude de faisabilité, site par site, est nécessaire pour confirmer les potentiels.

## 5.4 Potentiel hydraulique

### 5.4.1.1 GENERALITES SUR L'HYDROELECTRICITE

Les centrales hydroélectriques sont la première source d'énergie renouvelable électrique en France. Ces centrales couvrent entre 10% et 15% de la production totale, en fonction des apports hydriques de l'année. Les centrales hydroélectriques peuvent être séparées en deux catégories :

- **Les centrales au fil de l'eau** utilisent le débit d'un cours d'eau pour faire tourner une turbine, elle-même entraînant un alternateur permettant de produire de l'électricité. Ces centrales sont adaptées à la plupart des cours d'eau, et nécessitent peu d'investissement en comparaison avec des centrales avec retenue d'eau. Cette absence de retenue d'eau empêche le contrôle de la production d'électricité, qui dépend par conséquent uniquement du débit de cours d'eau. Il peut néanmoins exister des barrages au fil de l'eau aussi appelés de basse chute permettant d'augmenter le débit d'eau et donc de produire davantage d'électricité.
- **Les centrales lacs** sont associées à une retenue d'eau. Cette dernière permet de moduler la production en fonction de la demande, et constitue ainsi un atout précieux pour la stabilité du réseau électrique. Ce type de centrale ne peut pas être installée sur n'importe quel cours d'eau, car la géographie de la zone doit permettre la création d'une retenue d'eau, et une forte hauteur de chute doit être présente pour avoir une puissance électrique en sortie suffisante.

Le périmètre du Grand Angoulême ne disposant pas de relief suffisant pour l'implantation de centrales lacs, les seuls potentiels étudiés par la suite correspondent aux centrales hydroélectriques au fil de l'eau.

### 5.4.1.2 PRODUCTION ACTUELLE

Le territoire est traversé par de nombreux cours d'eau. Le principal est la **Charente**.

Il y a aujourd'hui **5 centrales hydroélectriques** sur le Grand Angoulême, avec une production cumulée en 2019 de **2,3 GWh, soit 0,2% de la consommation** électrique du territoire.

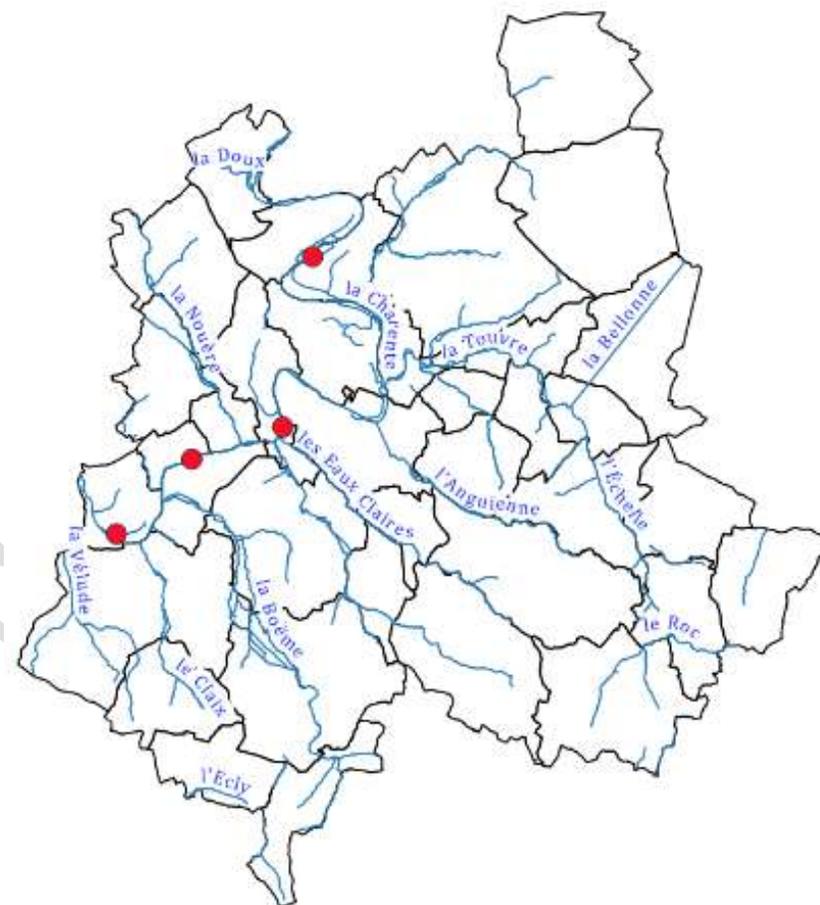


Figure 73: Cartographie des cours d'eau du GA et des centrales hydroélectriques actuelles (rouge)

Tableau 14 : Centrales hydroélectriques du Grand Angoulême en 2019

Installations	Puissance installée (kW)	Production 2019 (MWh)
Centrale de la Mothe (rénovée en 2012)	330	1268
Installation hydraulique de Sireuil	180	638
Usine de Balzac (rénovée)	70	130
Papeterie Saint Michel	150	0
Centrale hydroélec. de Basseau	150	222
<b>Total</b>	<b>880</b>	<b>2258</b>

### 5.4.1.3 IDENTIFICATION DE SITES POTENTIELS

#### Zones de droit fondé en titre

La loi du 16 octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie hydraulique a créé le régime général de l'usage de l'énergie hydraulique en France, en les soumettant systématiquement à une autorisation ou concession. Cependant les droits fondés en titre constituent des dérogations à ce régime général : ce sont des droits qui ont été accordés par le régime féodal de la Couronne, et qui n'ont pas été abolis lors de la révolution française. Par conséquent, sur l'emplacement d'un ancien moulin il n'est pas nécessaire d'obtenir une autorisation pour exploiter une centrale hydroélectrique, une simple déclaration de changement d'usage est demandée. Il reste cependant nécessaire de s'assurer que les autres lois encadrant l'exploitation d'un cours d'eau soient respectées (liberté de circulation des poissons, protection de la nature ...).

Au vu de la complexité d'obtenir une autorisation pour créer une centrale, cette étude des potentiels s'est concentrée sur la recherche de lieux bénéficiant d'un droit fondé en titre et des ouvrages existants qui ne produisent pas d'électricité. La détermination des lieux bénéficiant d'un droit fondé en titre s'est faite grâce à l'exploitation des cartes de Cassini, datant du XVIIIème siècle, et constituant encore un des outils de référence pour déterminer ces droits.



Figure 74: Exemple des étapes de réparation d'un ouvrage

#### Zones de contraintes

On retient plusieurs niveaux de contraintes environnementales et patrimoniales, cartographiés en Figure 54 :

- Les zones de potentiel non mobilisable
- Les zones de potentiel très difficilement mobilisable
- Les zones de potentiel mobilisable sous conditions strictes

Potentiel non mobilisable :

- Cours d'eau réservés au titre de la loi de 1919 (territoire non concerné)
- Cœur de parcs nationaux (non concerné)

Potentiel très difficilement mobilisable :

- **Sites classés, sites inscrits, sites patrimoniaux remarquables (concerné)**
- Réserves naturelles nationales (non concerné)

Potentiel mobilisable sous conditions strictes :

- **Zones Natura 2000**, réseau européen des sites naturels identifiés pour la rareté ou la fragilité des espèces animales ou végétales et de leurs habitats naturels (**concerné**)
- **Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (concerné)**

- **Arrêtés de protection biotope** (3 arrêtés sur le territoire : Brandes de Soyaux et coteaux d'Entreroche, Chaumes Et Bois De Clérignac et Chaumes De Vignac-Les-Meuilières)
- **Zones humides (concerné)**
- Réserves naturelles régionales (non concerné)
- Sites Ramsar (zone humide d'importance internationale, non concerné)

#### Répartition des sites identifiés :

On identifie ainsi 40 ouvrages potentiels :

- 10 sur la Boëme
- 8 sur la Charente
- 7 sur la Touvre
- 5 sur la Charreau
- 3 sur l'Argence
- 3 sur les Eaux Claires
- 2 sur l'Echelle
- 1 sur le Claix
- 1 sur le Né

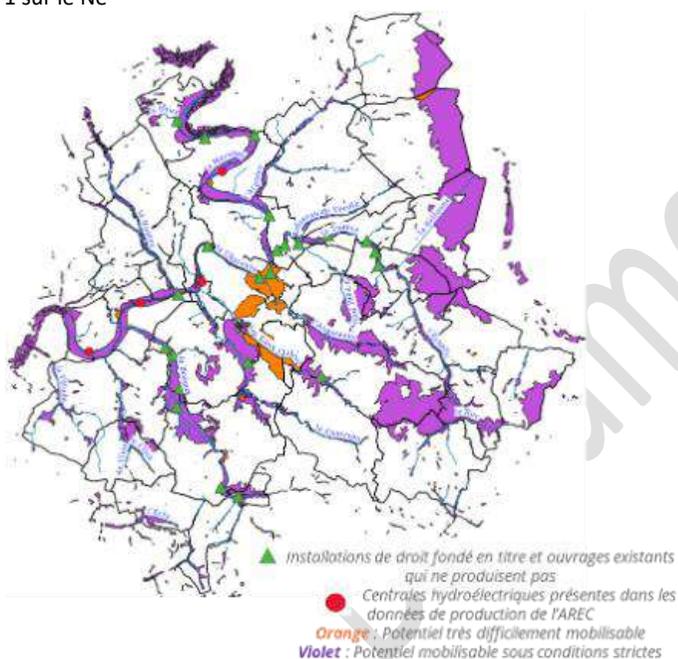


Figure 75: Cartographie des sites potentiels pour l'hydroélectricité et des contraintes

#### 5.4.1.4 CALCUL DES POTENTIELS

##### Données

Pour calculer la puissance des turbines installables il est nécessaire de disposer d'une valeur sur le débit du cours d'eau et la hauteur de chute.

- 10 stations de mesure de débit sont présentes sur le territoire du Grand Angoulême, fournissant les débits mensuels moyens des cours d'eau.
- Certains débits de cours d'eau plus petits ont été trouvés sur le site du Syndicat Bassin Rivières Angoumois (SYBRA).
- **Hypothèse** : pour les installations où la hauteur de chute n'est pas disponible, la moyenne des installations existantes sur le territoire est utilisée, soit 1,49 m.

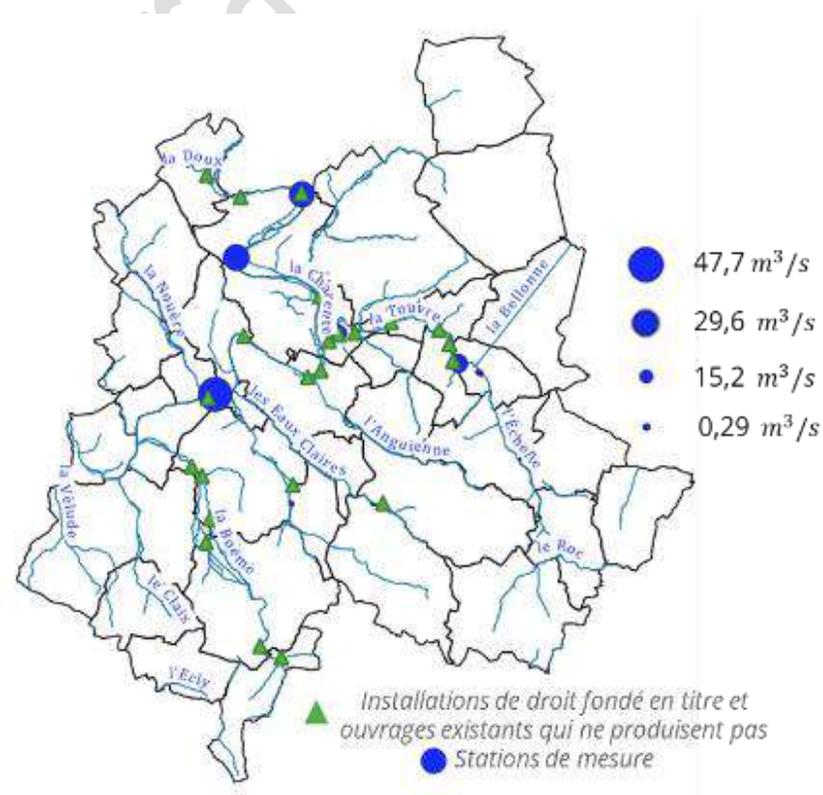


Figure 76 Cartographie des installations retenues et des stations de mesure du débit

##### Calculs

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

La méthode utilisée pour calculer le potentiel hydraulique est celle de l'étude de l'ADEME « Droit d'eau et réhabilitation des ouvrages hydrauliques mini-hydroélectricité » (1999).

Le débit d'équipement de la centrale est ensuite pris à 60% du débit modulable (ADEME), ce qui correspond à la fraction du débit qui sera utilisé par la turbine pour générer de l'électricité. Il est ensuite possible de déterminer la puissance P de la centrale selon la formule suivante :

$$P = Q H g \eta \rho$$

Avec :

P la puissance en W

Q le débit d'équipement en m<sup>3</sup>/s

H la hauteur de chute en m

g l'accélération de pesanteur 9,81 m/s<sup>2</sup>

η le rendement global de l'installation, pris à 70%

ρ la masse volumique de l'eau 1000 kg/m<sup>3</sup>

Le productible espéré est ensuite évalué en considérant un nombre d'heures équivalent de fonctionnement à pleine puissance. Ce nombre d'heure représente le fait que la centrale ne fonctionne pas toujours à pleine puissance, à cause de la variation du débit d'eau au cours du temps. Un nombre de 3500h équivalent pleine puissance a été retenu.

#### 5.4.1.5 RESULTATS

Le **potentiel brut** total (sans prise en compte des zones protégées, du patrimoine ou de la nature et de l'état extérieur des installations) est de **9 GWh/an**.

**Environ 40%** des ouvrages recensés sur le périmètre du Grand Angoulême n'ont **pas de cours d'eau visible** (souterrain ou inexistant), ou alors une habitation rénovée se situe à la place de l'ouvrage. Cependant, ces ouvrages **ne représentent que 0.01% du potentiel du territoire**. Les autres ouvrages accessibles sont situés sur des zones protégées patrimoniales ou naturelles ou le potentiel est très difficilement mobilisable ou mobilisable sous conditions strictes avec l'exception d'un ouvrage situé sur la Touvre.

**Il n'y a qu'une installation où le potentiel est facilement mobilisable, elle est située dans la commune de Magnac-sur-Touvre sur un seuil de la Touvre. Beaucoup d'installations fondées en titre sur des zones patrimoniales ou naturelles nécessitent une expertise sur place.** Une étude de faisabilité, site par site, est donc nécessaire pour confirmer les potentiels.

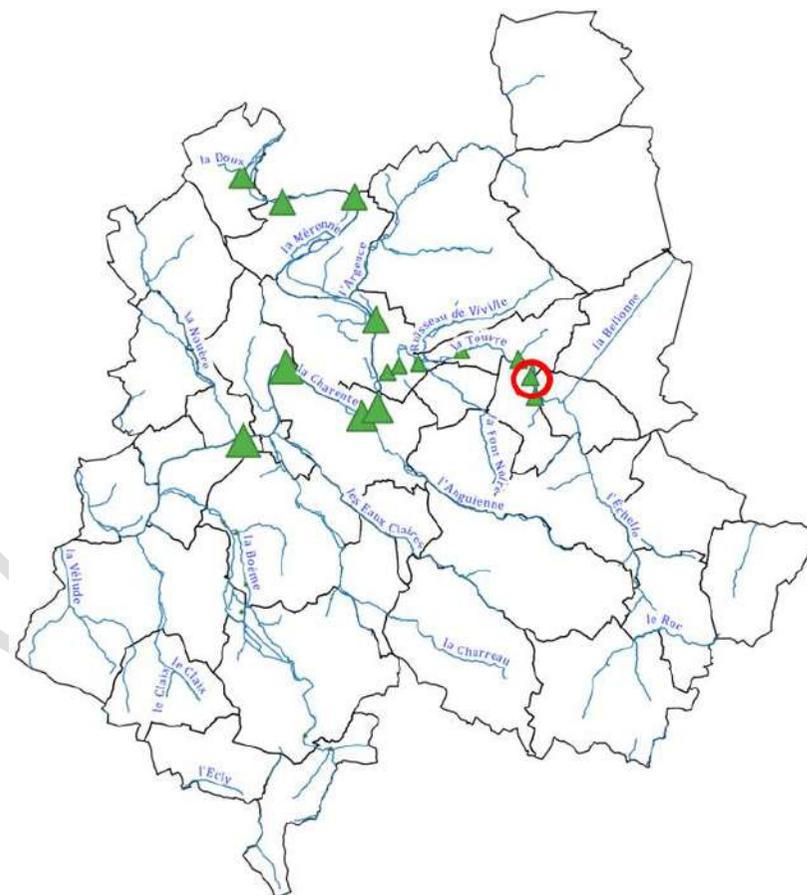


Figure 77: Cartographie du *potentiel hydroélectrique (installation où le potentiel est facilement mobilisable entourée en rouge)*

Tableau 15 : Récapitulatif du potentiel hydroélectrique selon les contraintes

	Ensemble des ouvrages identifiés	Sites avec un cours d'eau non visible	Sites avec un cours d'eau accessible		
			Potentiel très difficilement mobilisable	Potentiel mobilisable sous conditions strictes	Potentiel facilement mobilisable
Nombre d'installations	40	17	4	18	1
Potentiel de production (GWh/an)	8,6	0,2	1,7	6,4	0,3
% de la conso du territoire	0,9	0,0	0,2	0,7	0,0

#### 5.4.1.6 POTENTIEL LIÉ AU TURBINAGE DES EAUX USEES

Lorsque les conditions géographiques le permettent, il est possible de produire de l'électricité en turbinant les eaux usées.

L'étude « *Évaluation des potentiels de développement des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie à l'horizon 2030* » dans le TEPOS Angoumois quantifie le potentiel dû au turbinage de l'eau usée en sortie de station d'épuration.

- 52 stations d'épuration (privées et publiques) sont identifiées dans cette étude sur le territoire du TEPOS de l'Angoumois datant de 2015 avec un potentiel de 147 GWh/an.
- Sur ces 52 stations, 25 sont identifiées sur le territoire du Grand Angoulême.
- En considérant que la distribution de puissance est uniforme sur le territoire Angoumois, le potentiel sur le territoire du Grand Angoulême est de 71 GWh/an ce qui correspond à 7,38% de la consommation total d'électricité en 2019 sur le territoire.

NB : ce potentiel constitue une première évaluation qui doit être confirmée par les services d'assainissement en fonction du débit effectif et de la hauteur de chute réelle entre la station et le rejet. Le potentiel réel pourrait être considérablement plus faible.

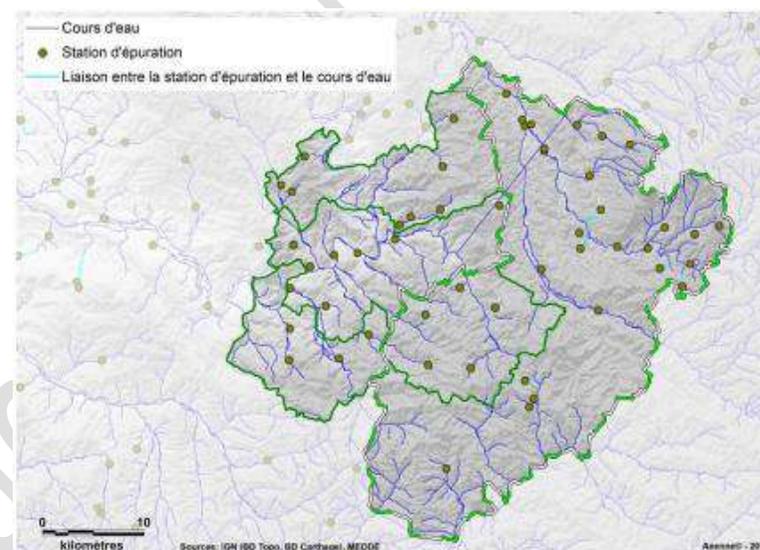


Figure 78: Cartographie des stations d'épuration existantes sur le territoire Angoumois

#### Messages clés :

**La production hydroélectrique du Grand Angoulême s'élève à 2,3 GWh en 2019.**

**La recherche de sites potentiels permet d'identifier 40 sites pouvant accueillir des installations hydroélectriques, pour un potentiel brut de 8,6 GWh (0,9 % de la consommation électrique 2019 du Grand Angoulême).**

**Parmi ces sites, 23 sont sur un cours d'eau visible. 18 sont dans une zone de protection stricte et représentent un potentiel de 6,4 GWh. 4 autres sites (1,7 GWh) sont très difficilement mobilisables. Seulement 1 site est dans une zone d'accès facile ; il représente un potentiel de 0,3 GWh.**

**Le potentiel se concentre sur la Charente et la Touvre.**

**Le potentiel lié au turbinage des eaux usées pourrait également être étudié par les services d'assainissement.**

**Une étude de faisabilité, site par site, est nécessaire pour confirmer les potentiels.**

## 5.5 Potentiel bois-énergie

Cette section a pour but de présenter la méthodologie employée, ainsi que les résultats obtenus dans l'estimation du potentiel de production énergétique de la filière Bois-Energie (BE) et incinération des déchets bois pour le territoire du Grand Angoulême.

L'approche choisie s'intéresse à la ressource en bois mobilisable et à la quantité moyenne de déchets incinérables par habitant, et consiste à déterminer les quantités de bois pouvant être prélevées chaque année dans un périmètre centré autour du Grand Angoulême, afin de participer à l'approvisionnement énergétique du territoire. Le potentiel identifié est un gisement global, prenant en compte à la fois les ressources en bois exploitées et supplémentaires.

### 5.5.1.1 METHODOLOGIE

#### Approche gisement

Les horizons de projection considérés (2030 et 2050) pour l'étude de planification énergétique plaident en faveur d'une méthodologie basée sur une étude des ressources nettes disponibles (approche « gisement »), sans prise en compte de contraintes trop fortes sur la structuration de la filière. En d'autres termes :

- L'évolution prospective des filières d'approvisionnement en bois est prise en compte au travers de l'étude des disponibilités nettes supplémentaires ;
- La structuration des filières de traitement du bois, pour les ressources déjà exploitées, est supposée ne pas évoluer.

#### Modélisation du potentiel

L'estimation du gisement net valorisable de bois énergie sur le territoire s'effectue en trois étapes :

- Estimation du gisement net disponible de bois à l'échelle de chaque région dans un périmètre prédéfini, s'appuyant sur un découpage par ressource et par usage du bois. Ce gisement net inclut ce qui est déjà valorisé et le gisement supplémentaire.
- Calcul de la part valorisable en bois-énergie des gisements nets identifiés.
- Identification de la part de ces gisements régionaux considérés comme affectables au Grand Angoulême, basée sur la définition d'un périmètre d'approvisionnement et sur la prise en compte de la concurrence.

### 5.5.1.2 CALCUL DU POTENTIEL

#### Estimation du gisement net de bois

Dans cette première étape, il s'agit d'estimer, à l'échelle de chaque région, la disponibilité nette en bois, exploitée ou supplémentaire, valorisable en BE ou non. Ce travail est réalisé pour chaque type de ressource et chaque usage possible du bois. Les régions considérées sont celles faisant partie d'un **périmètre de 50, 100 et 150 km autour du Grand Angoulême** (cf. Figure 58).

Cette première étape s'appuie sur les résultats de l'étude réalisée en 2016 par l'ADEME (*Disponibilités forestières pour l'énergie et les matériaux à l'horizon 2035*), estimant les ressources régionales en bois sur l'ensemble du territoire français, et en particulier le gisement BE. Le périmètre de cette étude concerne uniquement les ressources en bois rond provenant de l'exploitation forestière et potentiellement valorisables en BE. Les disponibilités en Produits Connexes de Scierie (PCS) et bois de rebut sont issues de sources différentes, parmi lesquelles figure l'étude MAP 2009 du Cemagref.

L'ADEME définit plusieurs scénarios d'approvisionnement conduisant à des estimations légèrement différentes des disponibilités en bois :

- **Scénario tendanciel** : « sylviculture constante, simulant le maintien des pratiques de coupe actuelles »
- **Scénario dynamique progressif** : « intensification globale de la gestion forestière, au travers de l'accroissement des surfaces actuellement traitées suivant les pratiques les plus dynamiques. »

Pour aboutir à des estimations locales à l'échelle du Grand Angoulême, l'approche consiste à estimer le gisement disponible dans un périmètre centré autour du territoire, à partir d'une somme pondérée des gisements net valorisables régionaux.

Dans cette estimation, le poids associé à chaque région est déterminé, par type de ressource en bois, au prorata de la surface de forêt exploitable dans le périmètre considéré.

L'identification des différents types de ressources sur le périmètre d'approvisionnement considéré, a été réalisée à partir de la base de données Corinne Land Cover (cf. Figure 58). Par ailleurs, les ressources exploitables situées sur des surfaces ayant un relief trop accidenté (i.e. de pente supérieure à 30%) ont été exclues.

Cette étude fournit également un potentiel selon les types de bois (cf. Figure 59) :

- **Bois d'Œuvre (BO)** : biomasse comprise dans la bille de pied et les surbilles de tige, jusqu'à la découpe bois d'œuvre, et dont la qualité autorise des usages bois d'œuvre.
- **Bois d'Industrie et Bois Energie (BIBE)** : biomasse de la tige comprise entre la découpe BO et la découpe bois fort, biomasse de la tige de dimension BO mais

dont l'usage potentiel ne peut être le BO en raison d'une qualité insuffisante, biomasse comprise dans les branches jusqu'à la découpe bois fort.

- **Menu Bois (MB)** : biomasse de la tige et des branches comprise dans les bois de diamètre inférieur à 7 cm à leur plus grosse extrémité.

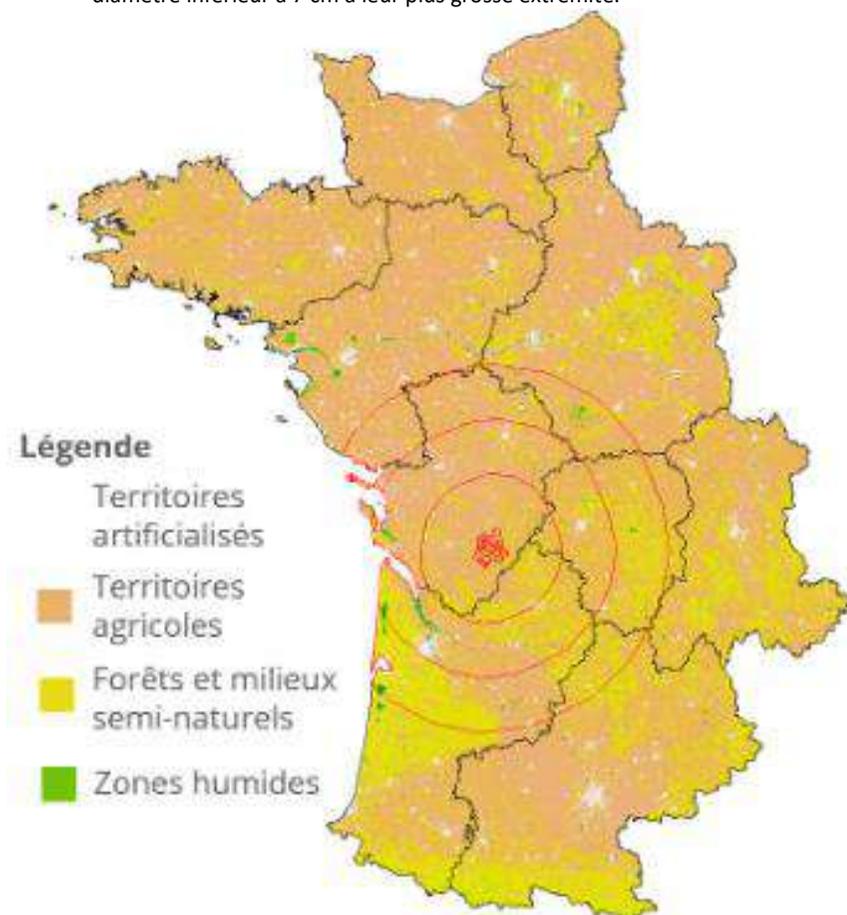


Figure 79: Cartographie des ressources en bois et périmètres d'approvisionnement de 50, 100 et 150 km autour du territoire

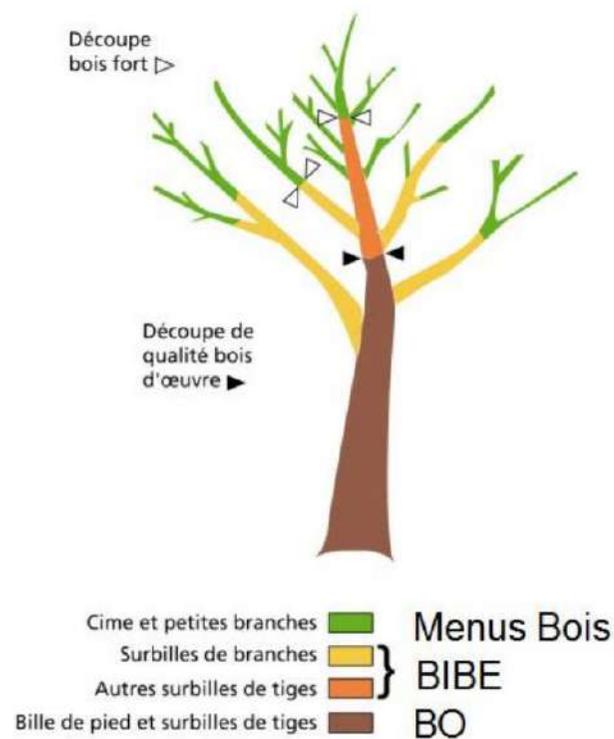


Figure 80: Schéma des types de bois

#### Estimation de la part valorisable en bois-énergie

Le schéma ci-contre récapitule la démarche de modélisation de la part de bois valorisable en bois-énergie.

Avec ces hypothèses, les ratios de valorisation sont les suivants :

- 70% du BIBE (bois d'industrie et bois énergie)
- 100% du menu bois, aujourd'hui généralement non récolté
- 21% du bois d'œuvre, prenant en compte les produits connexes de scieries de première et seconde transformation du bois.
- On ajoute un total de 15kg/habitant de déchets industriels banaux (DIB) pouvant être valorisés en bois-énergie

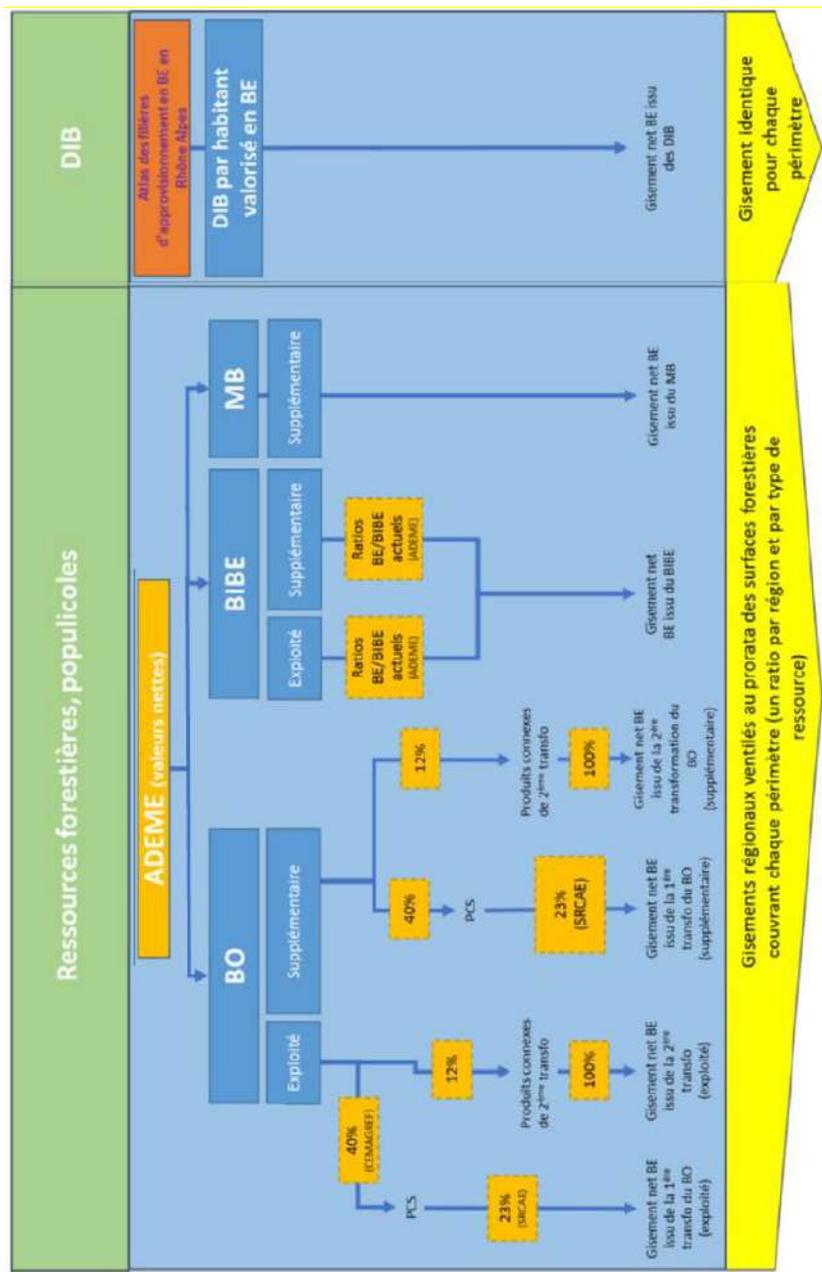


Figure 81: Modèle de gisement de bois-énergie (source : ADEME)

### Calcul de la part utilisable par le Grand Angoulême

Afin de prendre en compte les autres utilisations de bois énergie dans les périmètres considérés, il faut affecter ce potentiel proportionnellement à la population de chacun des périmètres considérés (CA, 50km, 100 km, 150 km).

Cette hypothèse suppose une répartition équitable de la ressource entre la population, mais ne prend cependant pas en compte l'existence de certains industriels fortement consommateurs en bois et susceptibles de déformer la répartition de la ressource.

### 5.5.1.3 RESULTATS

#### Potentiel calculé selon les périmètres

Pour un rayon d'approvisionnement de **100km** (valeur généralement retenue pour considérer que le bois est renouvelable), environ **140 GWh** sont disponibles annuellement pour le territoire (scénario tendanciel).

Si l'on considère plutôt un rayon de 50km, le potentiel attribuable au Grand Angoulême est de 245 GWh environ. Pour un rayon de 150 km, ce gisement potentiel est de 145 GWh environ.

Le choix d'un périmètre de référence s'avère donc particulièrement important pour l'interprétation des résultats.

En effet, agrandir le périmètre d'approvisionnement augmente généralement le gisement exploitable, notamment pour des rayons de 100 ou 150 km. Dans ce cas usuel, l'interprétation est que plus on s'éloigne du centre urbain, moins l'espace est densément peuplé et plus il dispose de ressources forestières. Dans ce cas classique, il convient alors de limiter l'approvisionnement à un rayon assez faible pour limiter les transports de bois, et considérer l'approvisionnement comme étant durable. On considère alors généralement 100km.

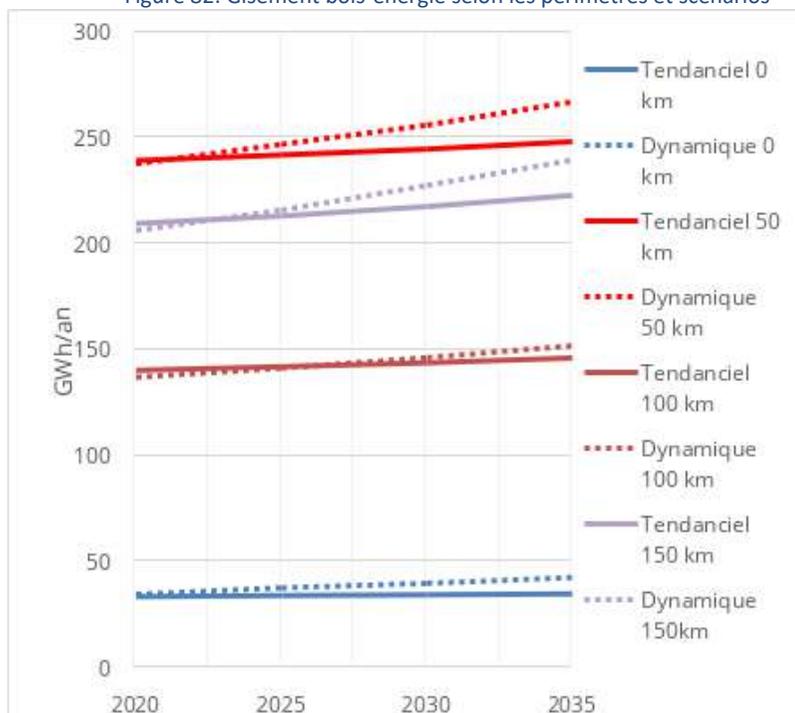
Le territoire présente néanmoins une spécificité à cet égard : le périmètre de 50km ne prend pas en compte la population de grandes agglomérations comme Bordeaux, Limoges et La Rochelle, contrairement au rayon de 100km. Ceci explique que le gisement exploitable est plus élevé lorsqu'on regarde un périmètre encore plus rapproché (50 km) que le périmètre classique d'approvisionnement en bois durable.

Regarder uniquement le potentiel « à 0 km », c'est-à-dire le potentiel de production de bois sur le territoire lui-même, n'est pas vraiment pertinent. En effet, il est logique qu'en zone urbaine le potentiel soit faible, et que la production de bois provenant de zones avec plus de forêts soit répartie équitablement entre ville et campagne.

Avoir en tête les limites de ces différents périmètres permet doit donc permettre de mieux analyser le gisement en comparaison à la consommation actuelle de bois énergie :

- En ne regardant que le territoire (0 km), on ne prend pas en compte le fait que les territoires voisins, moins urbanisés, ont un potentiel important qu'ils peuvent partager aux territoires moins dotés, comme les villes.
- En regardant le potentiel à 50km, on voit qu'il y a un potentiel de production conséquent juste à côté de l'agglomération.
- L'information apportée par l'étude du rayon 100km indique que ce potentiel de production à proximité doit être partagé avec les grandes agglomérations voisines si on se place dans un cadre de partage équitable de la ressource durable.
- L'information donnée par le rayon de 150km permet de voir que le potentiel croît généralement avec la distance d'approvisionnement, mais qu'il risque de ne plus être durable.

Figure 82: Gisement bois-énergie selon les périmètres et scénarios



La figure ci-dessus présente pour les différents périmètres la part du gisement rapporté à la population vivant dans le périmètre. Ainsi, le périmètre à 0 km correspond au potentiel interne à l'agglomération (potentiel de production du territoire, qui seul bénéficie du bois produit). Pour le scénario à 50 km, on regarde le gisement total dans un rayon de 50km, et

le Grand Angoulême bénéficie d'une part proportionnelle à sa population : c'est cette valeur qui est affichée.

L'évolution du gisement (entre 2020 et 2035) est également présentée selon deux scénarios. Le scénario d'approvisionnement dynamique (tel que défini par l'ADEME) augmente le gisement exploitable pour le Grand Angoulême de 1,6 à 15,6% en 2030 comparé au tendanciel. Du fait notamment de l'amélioration attendue des pratiques sylvicoles, l'ADEME s'attend également à une légère hausse du potentiel au fil du temps dans son scénario tendanciel.

#### Comparaison à la consommation

La **consommation de bois en 2019 s'élève à 235 GWh** sur le territoire du Grand Angoulême (6% de la consommation énergétique totale). Le potentiel à 50km et 150km est de cet ordre de grandeur, tandis que celui à 100km représente 60% de la consommation actuelle.

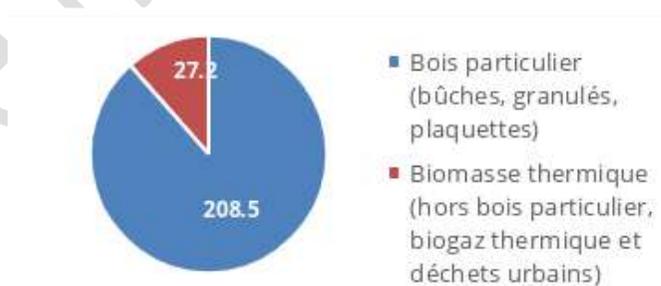


Figure 83: Production de chaleur sur GA (EnR thermiques 2019) à partir de bois particulier et biomasse thermique (GWh) – source AREC-Artelys

Le potentiel à 0km (sur le territoire de l'agglomération uniquement) est d'environ 35 GWh. Ce potentiel n'est probablement pas exploité dans son intégralité. Il apparaît donc pertinent d'étudier la production locale et de chercher à la dynamiser. Une production locale supplémentaire pourrait ainsi permettre de remplacer des imports de bois lointains (dont la consommation actuelle se fait essentiellement chez les particuliers) ou pour remplacer des consommations d'énergie fossile (par exemple à travers un réseau de chaleur valorisant la ressource locale).

La comparaison du potentiel à la consommation actuelle permet de souligner l'importance de porter attention à ne pas développer une consommation qui ne serait pas durable (le bois étant importé de trop loin) et de chercher à rendre durable la consommation actuelle.

Il faut remarquer que le potentiel calculé est une énergie finale. Pour obtenir l'énergie utile, les rendements diffèrent selon la technologie associée :

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

- 10% cheminée classique à foyer ouvert
- 70% poêle à bûches
- 90% chaudière à granulés

Ainsi, une amélioration de l'efficacité énergétique des installations peut permettre de dégager des marges de consommations en bois-énergie (les consommateurs bénéficieraient du même service de chauffage tout en consommant moins de bois, ce qui en laisserait pour d'autres usages).

#### Détails sur le potentiel à 100km

Les régions d'approvisionnement du bois dans un rayon de 100km sont les suivantes :

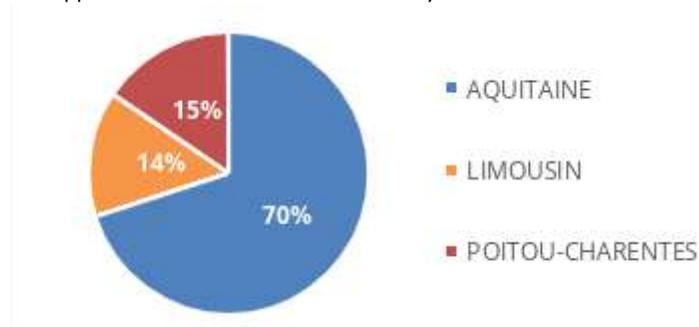


Figure 84: Origine régionale du potentiel de bois énergie (100 km)

Le détail du potentiel par type de bois est le suivant :

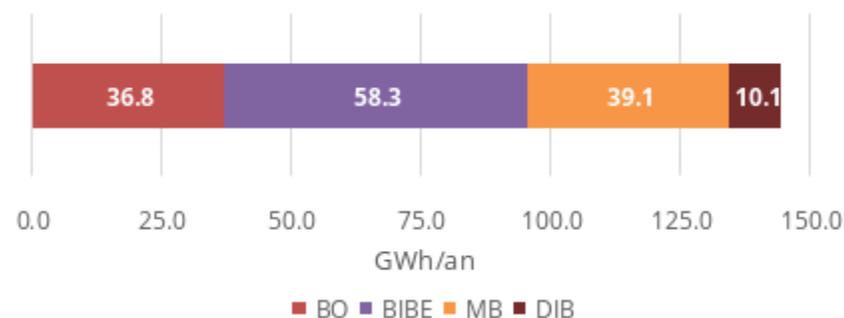


Figure 85: Potentiel bois par type d'origine

#### Messages clés :

**La consommation de bois-énergie du Grand Angoulême s'élève à 235 GWh en 2019.**

L'évaluation du potentiel bois énergie du territoire utilise une approche « gisement », visant à calculer la production de bois dans des périmètres donnés (50, 100, 150 km) que le Grand Angoulême peut consommer en répartissant équitablement le potentiel dans ces périmètres.

Le potentiel à 50km couvre la consommation actuelle. En considérant le périmètre de 100km (périmètre considéré comme durable pour éviter trop de pollution liée aux transports), le gisement potentiel n'est plus que de 60% de la consommation actuelle (dans l'hypothèse d'un partage équitable, le potentiel est partagé avec d'autres agglomérations, comme Bordeaux).

L'enjeu de la filière bois au sein du Grand Angoulême est donc de chercher à rendre plus durable la consommation actuelle et de dégager des marges pour permettre le développement de nouveaux projets de chaleur renouvelables. Pour cela, il est possible d'agir sur deux axes principaux : consommer moins de ressource en agissant sur la sobriété du bâtiment (rénovation thermique et efficacité énergétique des équipements de chauffage au bois), et soutenir un approvisionnement de proximité en développant la production locale<sup>5</sup> (au sein de l'agglomération et dans un périmètre proche).

<sup>5</sup> A ce jour, 5 approvisionneurs identifiés sur le périmètre du Grand Angoulême selon la cartographie du [CRER - Carte des approvisionneurs Bois énergie - Région Nouvelle-Aquitaine – Google My Maps](#)

## 5.6 Potentiel chaleur fatale

On cherche dans cette section à identifier le gisement de chaleur fatale du Grand Angoulême.

« Lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite grâce à l'énergie apportée n'est souvent pas utilisée en totalité. Une partie de la chaleur est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable qu'on parle de « chaleur fatale », couramment appelée aussi « chaleur perdue ». Cependant, cette appellation est en partie erronée car la chaleur fatale peut être récupérée, conduisant à deux axes de valorisation thermique complémentaires :

- Une valorisation en interne, pour répondre à des besoins de chaleur propres à l'entreprise
- Une valorisation en externe, pour répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises, ou plus largement, d'un territoire, via un réseau de chaleur.

Au-delà d'une valorisation thermique, la chaleur récupérée peut aussi être transformée en électricité lorsque la température dépasse les 150°C, également pour un usage interne ou externe. Ainsi, les procédés industriels peuvent être mis en synergie : la chaleur récupérée sur un procédé peut servir à en alimenter un autre. Ils peuvent aussi constituer une source d'approvisionnement en chaleur pour un bassin d'activité industrielle, tertiaire ou résidentiel. Cette perspective, est d'autant plus intéressante que l'optimisation énergétique et son rôle crucial dans la lutte contre le réchauffement climatique nécessite une cohérence d'action entre tous les acteurs. »

Rapport [ADEME La chaleur fatale, 2017](#)

Cette étude de l'ADEME quantifie à la maille régionale le potentiel de chaleur fatale industrielle, et à la maille nationale le potentiel des usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), des data centers, et des stations d'épuration des eaux usées (STEP : incinération ou séchage thermique des boues).

L'étude du potentiel de production de chaleur fatale a été réalisée suivant 3 axes :

- L'identification des **réseaux de chaleur existants** et des **opportunités de valorisation** de chaleur fatale identifiées
- L'identification du **potentiel de chaleur fatale liée aux industries** du territoire.
- L'identification du potentiel de chaleur fatale sur les sites hors industrie : usines d'incinération des ordures ménagères (**UIOM**), stations d'épurations (**STEP**) et **datacenters**.

### 5.6.1.1 IDENTIFICATION DES RESEAUX DE CHALEUR EXISTANTS ET DES OPPORTUNITES DE VALORISATION

Excepté pour un réseau, nous n'avons pas trouvé d'informations sur une éventuelle valorisation de chaleur fatale actuelle ou des prévisions de raccordement d'industries aux réseaux de chaleur existants.

#### Réseaux existants

**Plusieurs réseaux de chaleur** principaux ont été identifiés sur le territoire du Grand Angoulême avec la cartographie des réseaux de chaleur et de froid de l'association **Via Sèva**.

#### **Réseau de chaleur de Basseau (Logélia Charente)**

Ce réseau a été mis en service en 2015 et a livré 2,5 GWh de chaleur en 2020. Il a une longueur de 1 km et son mix énergétique est composé de 60% de biomasse et 40% de gaz.

#### **Réseau de chaleur boulevard Jean Moulin (Réseau départemental technique)**

Ce réseau a été mis en service en 2015 et a livré 0,8 GWh de chaleur en 2020. Il a une longueur inférieure à 1 km et son mix énergétique est composé de 17% de biomasse et 83% de gaz.

#### **Réseau de chaleur « Champ de manœuvre » (Logélia Charente)**

Ce réseau a été mis en service en 1961 et a livré 14,7 GWh de chaleur en 2020. Il a une longueur de 3 km et son mix énergétique n'est composé que de gaz.

#### **Réseau de chaleur Domaine de La Combe (Réseau départemental technique)**

Ce réseau a été mis en service en 2007 et a livré 0,2 GWh de chaleur en 2020. Il a une longueur de 1 km et son mix énergétique est composé de 67% de biomasse et 33% de gaz.

Deux autres réseaux de chaleur ont été identifiés : le réseau de chaleur Sillac Grande Garenne (OPH de l'Angoumois) en activité depuis 2017 et le réseau de chaleur Ma Campagne (Ensemble des bailleurs sociaux).

Il existe enfin de petits réseaux communaux reliant plusieurs bâtiments municipaux.

### Réseaux potentiels

Deux études de faisabilité pour la création de réseaux de chaleur sur le territoire du Grand Angoulême ont été réalisées en 2019 et 2021 :

- Un réseau avec un potentiel de livraison de chaleur de **20,4 GWh/an** a été identifié dans l'Étude préalable : *Implantation d'un réseau de chaleur collectif au bois dans le secteur de Girac* et du centre universitaire, réalisé en 2019 par le CRER
- Un réseau avec un potentiel de livraison de chaleur totale de **10 à 16 GWh/an** a été identifié dans l'Étude de faisabilité pour la création d'un réseau de chaleur pour le quartier Bel Air Grand Front, incluant le Lycée Marguerite de Valois et le plateau d'Angoulême (Cité administrative et maison d'arrêt). Étude réalisée en 2021 dans le cadre d'un marché d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) de quartiers à énergie positive et faible impact carbone lancé par l'ADEME.

Enfin, l'émergence en 2022 d'un projet d'Unité de valorisation énergétique pourrait permettre de créer un réseau de chaleur d'énergie de récupération alimentant des industriels de GrandAngoulême ainsi que le Centre Hospitalier d'Angoulême.

NB : Il faudra intégrer dans la version finale du diagnostic et la tranche optionnelle schéma directeur des réseaux de chaleur, le réseau technique de la CCI- CIFOP, inauguré en décembre 2022, et être plus précis sur les éléments relatifs au projets d'UVE de Calitom relié à un réseau de chaleur dans un paragraphe spécifique énergie de récupération)

#### 5.6.1.2 ÉTUDE DU POTENTIEL DE CHALEUR FATALE LIEE AUX INDUSTRIES DU TERRITOIRE

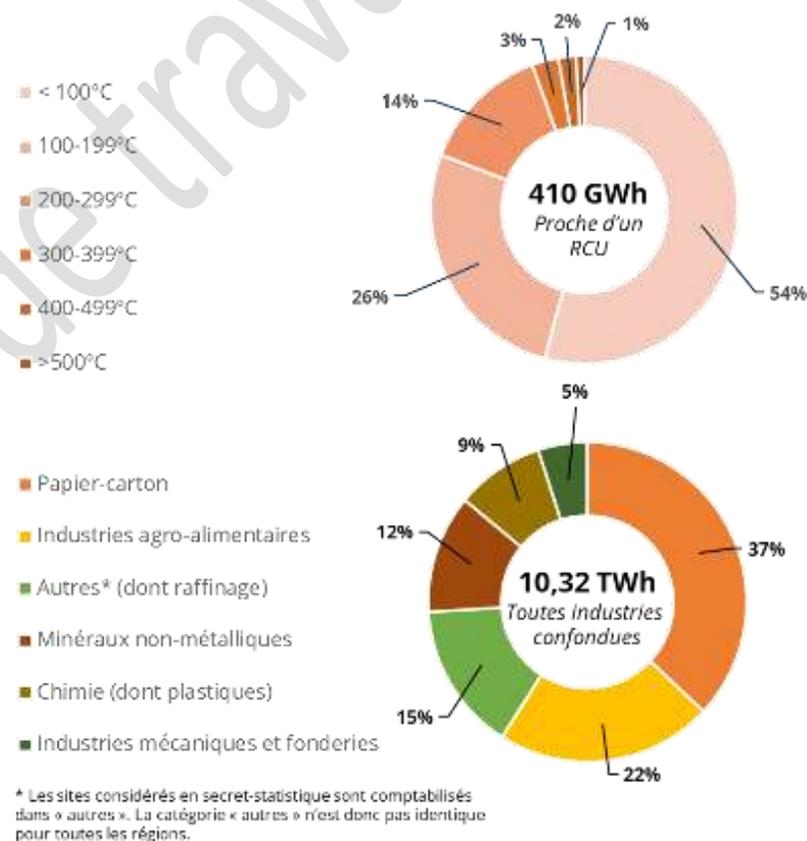
L'étude du potentiel de chaleur fatale liée aux industries du territoire est réalisée en plusieurs étapes :

- Dans un premier temps, le rapport de l'ADEME *La chaleur fatale* (2017) identifie à la maille régionale le potentiel de chaleur fatale récupérable issu de l'industrie.
- Puis l'attribution de cette chaleur fatale récupérable est effectuée en établissant une clef de répartition à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine.
- Enfin, une étude additionnelle de pré-identification des industriels à fort potentiel est menée afin d'orienter le travail de pré-faisabilité de récupération de chaleur fatale.

On détaille ci-après les 3 étapes de la méthodologie.

### Identification du potentiel à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine

Les résultats de cette partie sont issus de l'étude de l'ADEME La chaleur fatale, 2017. Cette étude identifie un fort potentiel pour les industries en Nouvelle-Aquitaine. En effet, toute industrie confondue, près de 10,3 TWh de chaleur fatale sont produits par an en Nouvelle-Aquitaine, mais seulement 0,4 TWh à proximité d'un réseau de chaleur existant. L'étude de l'ADEME fournit une désagrégation de ce potentiel en termes de température et de secteur. Un éventail de températures permet une valorisation par réseau de chaleur ou par production d'électricité. En Nouvelle-Aquitaine, le secteur du papier-carton représente plus du tiers du potentiel régional de chaleur fatale.



### Répartition du potentiel de chaleur fatale sur le territoire du Grand Angoulême

Afin d'attribuer une partie du potentiel de la Nouvelle-Aquitaine au territoire du Grand Angoulême, il s'agit d'identifier une clé de répartition de la chaleur fatale par commune. On propose ici d'utiliser la quantité de déchets produite par les entreprises comme clé de répartition, en supposant que la production de chaleur fatale est fortement liée aux émissions de déchets.

Ainsi, **une clé de répartition du potentiel de chaleur fatale par commune** a été construite en utilisant la base de données IREP (Installations industrielles Rejetant des Polluants) disponible sur la plateforme de données Géorisques. Cette clé a été établie en regardant la quantité de déchets comme indicateur du niveau d'activité de l'industrie pour les communes de la Nouvelle-Aquitaine et du territoire du Grand Angoulême. La quantité de déchets produits par les industries dans le territoire du Grand Angoulême correspond à 3,5% des déchets de la région de Nouvelle-Aquitaine.

La Figure 66 présente le potentiel de chaleur fatale pour les communes du Grand Angoulême. On obtient donc un important gisement brut (sans prise en compte de taux de mobilisation réaliste, lié à la présence de réseaux de chaleur notamment) de chaleur fatale industrielle de **365 GWh/an**, distribué principalement sur quatre communes du territoire :

- Angoulême : potentiel de **180 GWh/an**
- Nersac : potentiel de **95 GWh/an**
- Saint-Michel : potentiel de **44 GWh/an**
- Le Gond-Pontouvre : potentiel de **41 GWh/an**

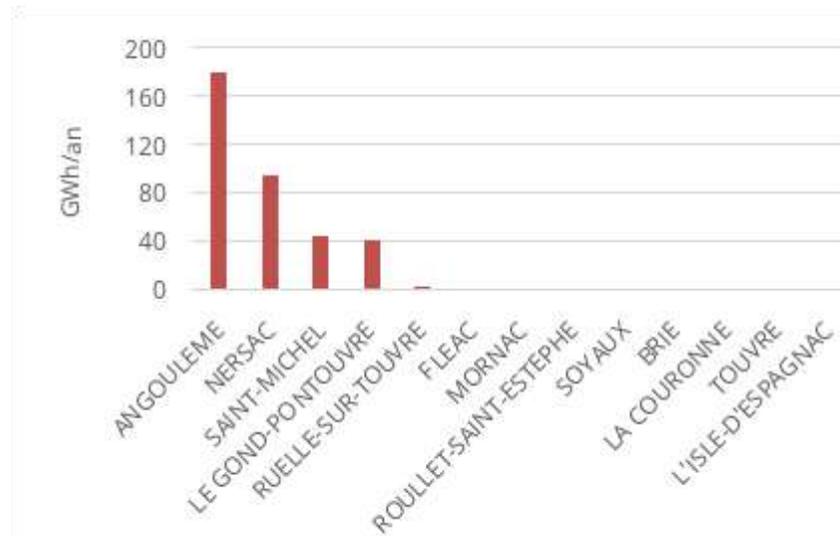


Figure 66 Potentiel de chaleur fatale valorisable par commune du territoire du Grand Angoulême

### Pre-identification d'industries à fort potentiel sur le territoire du Grand Angoulême

Afin d'orienter les actions de la communauté d'agglomération du Grand Angoulême et d'avoir plus d'informations sur les industries ayant un potentiel de valorisation de chaleur fatale, un recensement des industries produisant le plus de déchets par an a été effectué. Le Tableau 16 recense ainsi les industries de la base IREP produisant 99,4% des déchets industriels du territoire en 2020. Les caractéristiques des entreprises ont été complétées grâce à la base ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement), disponible sur la plateforme de données Géorisques.

Il constitue une base pour mener des investigations plus poussées (par site) afin de déterminer si un potentiel est réellement valorisable et dans quelle proportion.

Tableau 16 : Tableau de pré-identification des industries à fort potentiel de récupération de chaleur fatale sur le territoire du Grand Angoulême

Entreprises	Commune	Activité	ICPE – Puissance thermique évacuée maximale
ROUSSELOT ANGOULEME SAS	Angoulême	Fabrication de produits chimiques divers	13,8 MW
Récupération SABATIER Joseph	Nersac	Traitement des ferrailles de métaux, de déchets industriels et de papiers et cartons.	-
Groupe THIOULET	Saint-Michel	Fabrication de papier et de carton	Combustion autorisée de 28 MW
Moteurs Leroy Somer	Le Gond-Pontouvre	Fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques	2,186 MW
LEROY SOMER FONDERIE	Angoulême	Conçoit et réalise une gamme étendue de pièces en fonte lamellaire et en fonte à graphite sphéroïdal, en petites, moyennes et grandes séries.	2,290 MW
SAFT	Nersac	Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques	Combustion autorisée de 24,635 MW
NAVAL Group (ex DCNS- Equipements navals)	Ruelle-sur-Touvre	Spécialisé dans les équipements stratégiques pour les systèmes de combat et les plateformes des navires militaires	-
SIRMET	Le Gond-Pontouvre	Déchets fers, métaux (collecte, recyclage, valorisation)	-

### 5.6.1.3 IDENTIFICATION DU POTENTIEL DE CHALEUR FATALE SUR LES SITES HORS INDUSTRIE

Trois autres types d'entités peuvent être étudiées pour leur potentiel de chaleur fatale récupérable : les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), les stations d'épuration (STEP) et les datacenters.

- **UIOM** : l'usine d'incinération des ordures ménagères de La Couronne a été fermée en 2017, **le potentiel est aujourd'hui nul, mais une étude de création d'une Unité de Valorisation Energétique est en cours (Calitom).**
- **STEP** : les **2 principales Stations d'épurations publiques** les plus importantes sur le territoire traitent l'eau d'un total de **139 000 habitants** (équivalent de **toute la CA**) et se situent sur les communes de **Fléac** et d'**Angoulême**. La STEP située à Fléac récupère une partie de la chaleur fatale pour chauffer ses locaux. Elle est à 3km du réseau de chaleur le plus proche (réseau de chaleur boulevard Jean Moulin) et est aussi située à 700m d'une des industries importantes du territoire : le Groupe THIOULET. En revanche, la Charente est située entre les deux. La deuxième STEP se situe dans la commune d'Angoulême à une distance de 1,5km de deux réseaux de chaleur existants : les réseaux de chaleur boulevard Jean Moulin et de Basseau. **Une étude approfondie permettrait d'évaluer si ces gisements sont valorisables.**
- **Data center** : un seul datacenter est identifié sur le territoire du Grand Angoulême : IDLINE, situé dans la commune de L'Isle-d'Espagnac à 3,3km du réseau de chaleur le plus proche (réseau de chaleur du Domaine de La Combe). **Ces calories ne sont pas valorisables aujourd'hui en réseau, même pour des réseaux potentiels plus proches (réseau Bel Air Grand Font).**

#### Messages clés :

**La chaleur fatale sur le territoire n'est pas valorisée dans les différents réseaux de chaleur en fonctionnement, lesquels ont livré plus de 18 GWh de chaleur en 2020. Des études de faisabilité pour 2 réseaux ont été menées, et la valorisation de chaleur fatale a été mentionnée sur seulement une étude (réseau de chaleur du quartier Bel Air Grand Front) et aucun potentiel a été identifié.**

**Le potentiel de chaleur fatale industrielle est quantifié à partir d'une étude ADEME régionalisée. On identifie ainsi un potentiel brut de 365 GWh/an (sans prise en compte d'un taux de mobilisation réaliste, lié à la présence de réseaux de chaleur notamment mais aussi d'utilisation directe sur site).**

**Dans notre étude, 8 sites industriels ont été identifiés comme étant de potentiels fournisseurs de chaleur fatale.**

**Deux stations d'épuration (STEP) et un data center ont été identifiés sur le territoire. Une étude approfondie serait nécessaire pour quantifier le potentiel associé.**

Des investigations complémentaires sur chaque site pourraient permettre d'identifier les projets valorisables.

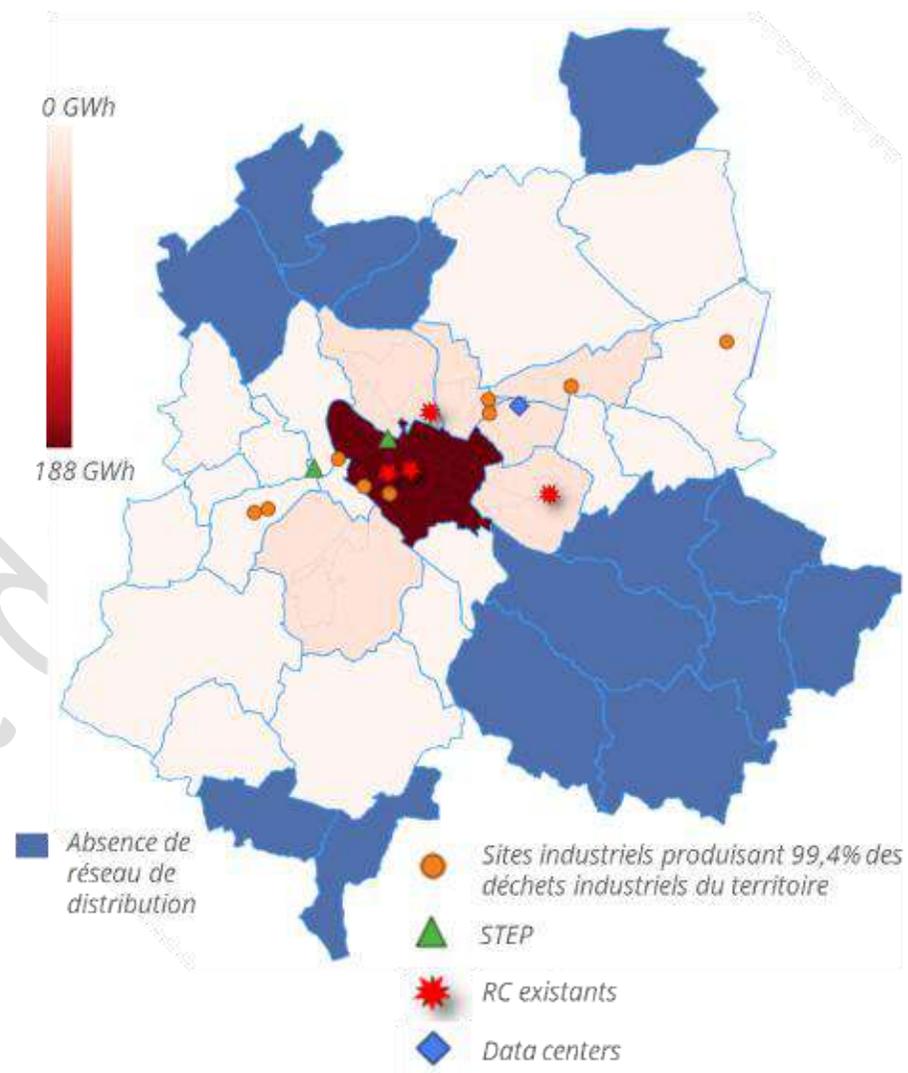


Figure 87 : Cartographie des sites industriels produisant 99,4% des déchets industriels du territoire, des STEP, des data centers, des RC existants et de la consommation de gaz résidentielle sur le territoire du Grand Angoulême

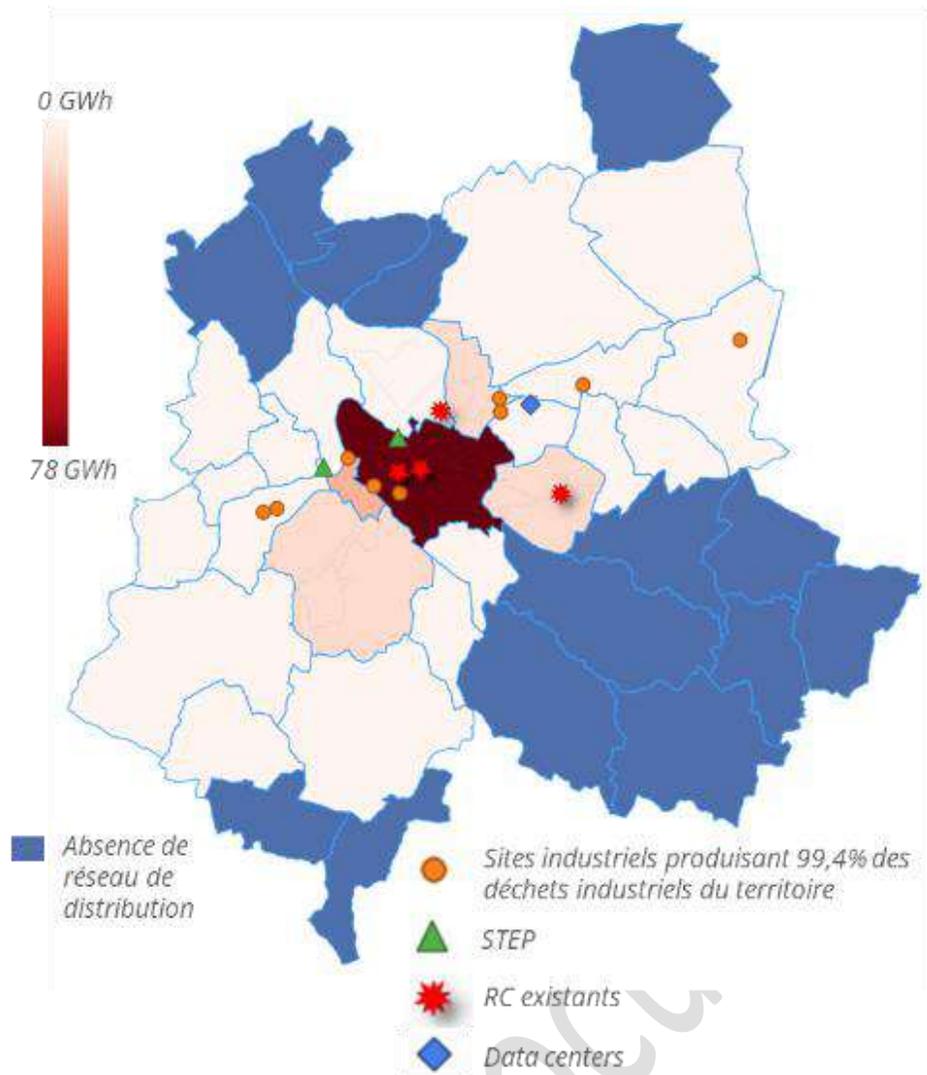


Figure 88 : Cartographie des sites industriels produisant 99,4% des déchets industriels du territoire, des STEP, des data centers, des RC existants et de la consommation de gaz tertiaire sur le territoire du Grand Angoulême

## 5.7 Potentiel géothermique

Le BRGM (Bureau des recherches géologiques et minières) a réalisé une étude sur le potentiel géothermique de l'ex-région Poitou Charentes<sup>6</sup>. Il ressort de cette étude que le Grand Angoulême présente un potentiel intéressant pour la géothermie.

### 5.7.1.1 GENERALITES

Il existe plusieurs types de géothermie :

- Géothermie haute et moyenne énergie (> 90°C), permettant la cogénération de chaleur et d'électricité.
- Géothermie basse énergie (30 à 90°C), permettant un usage direct de la chaleur (forages de 200 à 2000m de profondeur typiquement).
- Géothermie très basse énergie (30°C), permettant un usage des ressources thermiques en couplant le forage (typiquement <200m) à une pompe à chaleur.

Sur le territoire du Grand Angoulême, seule la géothermie très basse énergie est exploitable pour des raisons de disponibilité de la ressource géologique à profondeur exploitable.

La géothermie très basse énergie peut être exploitée avec des échangeurs ouverts ou fermés, qui présentent des propriétés différentes. Ce type de géothermie est par exemple intéressant pour alimenter en chaleur des bâtiments basse consommation d'un écoquartier, des petits bâtiments tertiaires ou des logements collectifs dans les zones de fort potentiel.

#### Géothermie sur échangeurs fermés (sondes)

L'exploitation de la géothermie avec un échangeur fermé correspond à la « géothermie sur sonde ». Le principe est décrit ainsi : « *Les sondes géothermiques verticales (SGV), sont des échangeurs thermiques verticaux qui prélèvent de la chaleur emmagasinée dans le sol par conduction thermique le long d'un forage. L'ouvrage souterrain constitue l'échangeur thermique où cet échange énergétique avec le sous-sol s'effectue au niveau du forage et de son équipement qui forme un système géothermique. Celui-ci est constitué des éléments de l'espace annulaire, de la sonde permettant la circulation du fluide caloporteur et du fluide en lui-même. Le fluide caloporteur, de composition variable, circule au sein d'une boucle de la sonde (en U ou double U) disposée dans un forage.* »

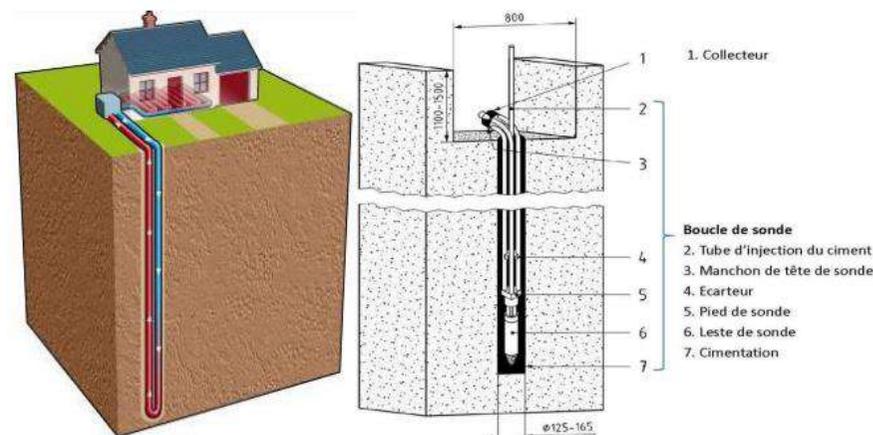


Figure 89 : Illustration du fonctionnement de la géothermie sur sonde (BRGM)

#### Géothermie sur échangeurs ouverts (aquifères)

L'exploitation géothermique avec des échangeurs ouverts (aussi appelée géothermie sur aquifère ou doublet géothermique de surface) s'appuie sur deux forages (le « doublet » géothermique). Le principe de fonctionnement est le suivant : « *l'eau, prélevée d'une nappe souterraine à partir du puits de prélèvement, circule dans un échangeur thermique en surface, passe à travers une pompe à chaleur (PAC), puis est réinjectée dans un second puits appelé puits de réinjection.* »

Il n'est possible de réaliser ce type d'ouvrage que sous certaines conditions techniques (débit d'écoulement, ...)

Ce type de géothermie permet par ailleurs une production réversible : chaleur en hiver, rafraîchissement en été.

<sup>6</sup> Atlas régional des ressources géothermales très basse énergie de Poitou-Charentes, BRGM, 2018

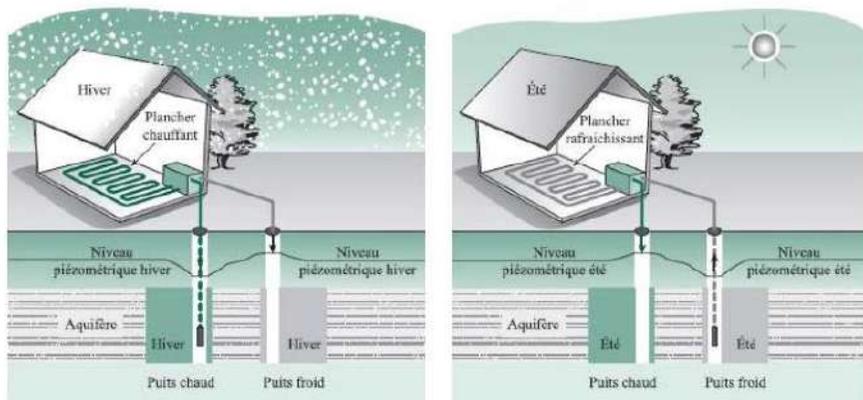


Figure 90 : Illustration de la production réversible de chaleur par géothermie (BRGM)

#### Contexte réglementaire

L'étude du BRGM rappelle le contexte réglementaire de la géothermie, qu'il faut prendre en compte avant de monter des projets géothermiques : « l'exploitation de la ressource énergétique, que compose la géothermie, est encadrée réglementairement par le Code minier qui considère « les gîtes renfermés au sein de la Terre dont on peut extraire de l'énergie sous forme thermique, notamment par l'intermédiaire des eaux chaudes et des vapeurs souterraines qu'ils contiennent », comme des mines. Pour les installations répondant à certains critères (notamment, moins de 200 m et moins de 500 kW), une réglementation dite « de minime importance » a été mise en place afin de simplifier les démarches (simple déclaration en ligne). »

Les projets du type géothermie de minime importance (GMI) sont ainsi susceptibles de voir le jour plus facilement. Ces projets ne sont toutefois possibles que sur certaines zones, pour prévenir les risques matériels et environnementaux, comme présenté en Figure 91 (cartographie issue du site [geothermies.fr](http://geothermies.fr)). Une grande partie du territoire est ainsi soumise à des contraintes sur la GMI.

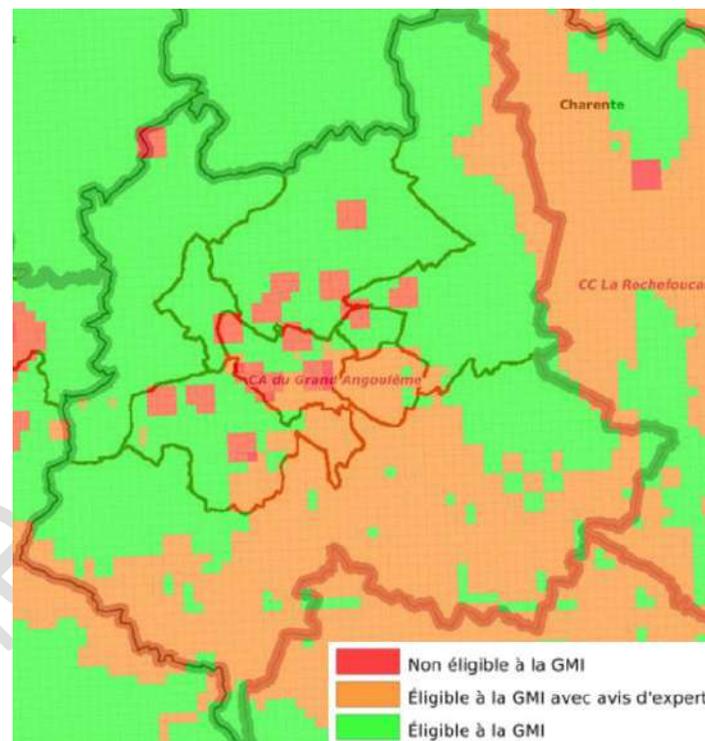


Figure 91 : Zones réglementaires GMI sur échangeurs fermés (sur échangeurs ouverts la quasi intégralité des zones rouges sont oranges et le reste de la carte est identique)

Il existe en outre un périmètre de protection du captage d'eau de Coulogne sur Charente qui couvre une grande partie du département, et donc le territoire du Grand Angoulême. L'afpg (association française des professionnels de la géothermie) a indiqué ceci : « l'existence [de ce périmètre] ne permet pas l'implantation de dispositifs géothermiques sur nappe ou de sondes géothermiques verticales. »

### 5.7.1.2 POTENTIEL

#### Géothermie sur échangeurs fermés (sondes)

Le potentiel pour la géothermie sur sonde est essentiellement concentré sur les zones non éligibles à la GMI ou les zones éligibles sur avis d'expert. Des cartographies de la conductivité thermique moyennée du sous-sol (0-50m, 0-100m et 0-200m), représentatives du potentiel pour la géothermie sur sondes, sont disponibles sur le site *geothermies.fr*.

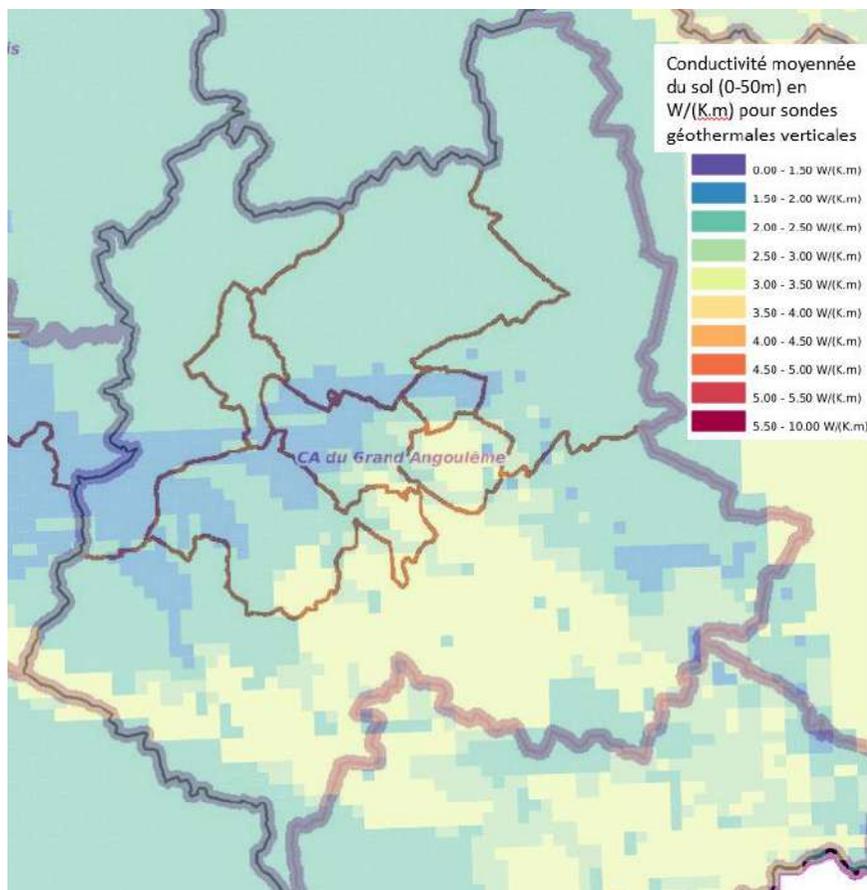


Figure 92 : Conductivité moyennée du sol (0-50m) pour géothermie sur sonde

#### Géothermie sur échangeurs ouverts (aquifères)

Comme pour la géothermie sur sonde, l'essentiel des zones à fort potentiel pour la géothermie sur aquifères se trouvent sur les zones éligibles sur avis d'expert. Le potentiel

technique est néanmoins bon d'après le BRGM (ou fort ou moyen). Des compléments sont disponibles sur le site *geothermies.fr* (aquifère le plus propice et caractéristiques associées).

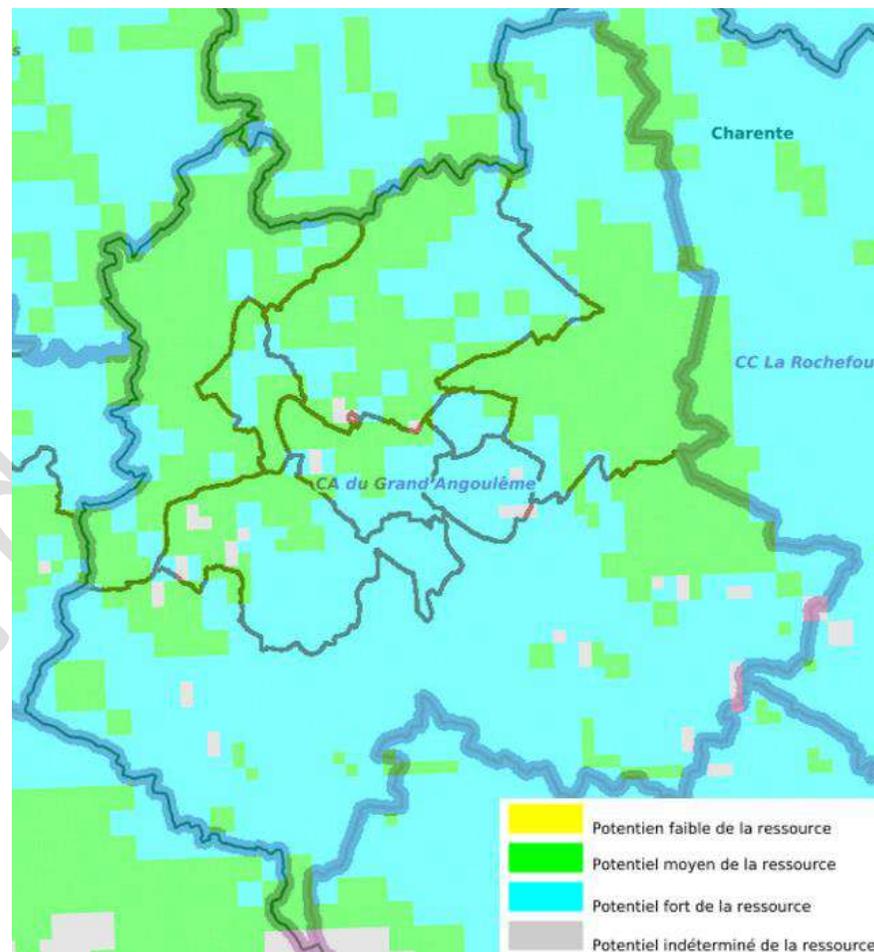


Figure 93 : Potentiel géothermique sur aquifères

**Messages clés :**

**La géothermie présente un potentiel technique intéressant sur le territoire.**

Seule la géothermie très basse énergie, en couplage avec une pompe à chaleur, est envisageable sur le territoire (bâtiments BBC, petits tertiaires ...). Il en existe deux types : sur sonde (échangeur fermé) ou sur aquifères superficiels (échangeur ouvert).

Les zones avec le meilleur potentiel recoupent néanmoins largement les zones où le contexte réglementaire de la GMI (géothermie de minime importance) n'est pas favorable (nécessite l'avis d'un expert). L'existence d'un périmètre de protection rapprochée pour la prise d'eau sur le territoire du Grand Angoulême représente une contrainte réglementaire supplémentaire. Sans changement réglementaire, le développement de la géothermie peut donc être particulièrement complexe.

Document de travail

## 5.8 Potentiel méthanisation

Pour l'évaluation de ce potentiel, la méthodologie consiste à évaluer la disponibilité des différents « intrants » possibles pour la méthanisation.

### 5.8.1.1 GENERALITES SUR LA METHANISATION

La méthanisation est un processus biologique qui consiste en la transformation de la matière organique par des bactéries dans un milieu « anaérobie » (c'est-à-dire sans oxygène), afin de produire un mélange gazeux principalement composé de méthane (CH<sub>4</sub>) – environ 60% -, de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'autres composés chimiques soufrés considérés comme des impuretés (H<sub>2</sub>S), que l'on appelle le « biogaz », et un digestat solide. Le biogaz produit peut ensuite être purifié afin de séparer la molécule de méthane des autres composants. Le gaz ainsi obtenu s'appelle le « biométhane » et peut être utilisé en remplacement du gaz naturel d'origine fossile (cuisson, chauffage, eau chaude sanitaire, mobilité). Le biométhane peut être injecté dans le réseau de distribution de gaz de GRDF. Il est également possible de valoriser le biogaz en co-produisant de la chaleur et de l'électricité injectée ensuite sur le réseau de distribution d'électricité avec un tarif de rachat, cependant en France cette solution tend à disparaître au profit de la biométhanisation.

Le biométhane peut être produit à partir de matière organique provenant de diverses activités humaines. Les principales filières qui peuvent servir d'« intrants » à la méthanisation sont : l'agriculture et les résidus d'élevage (résidus de culture, déjections animales), les résidus de l'industrie agro-alimentaire (eaux usées, résidus organiques), les déchets organiques des collectivités et des ménages (cantines, marchés, compost, résidus verts), et les boues des stations d'épuration.

La production de biométhane en Charente est aujourd'hui assez limitée (25 GWh en 2021, avec un site d'injection mis en service en 2020 se rajoutant aux 10 GWh produits en 2019).

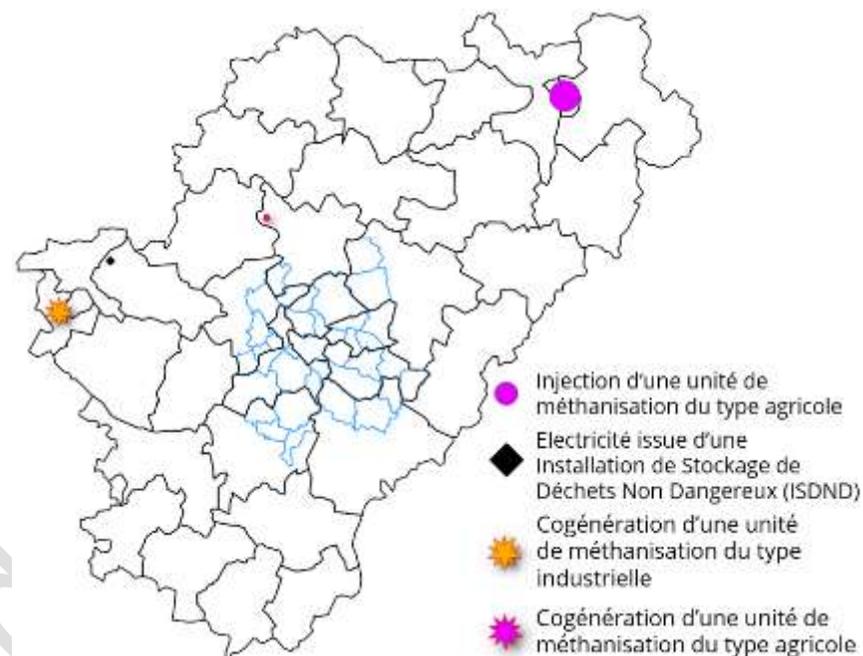


Figure 94: Installations liées à la méthanisation en Charente

### 5.8.1.2 POTENTIEL A HORIZON 2030

L'AREC Nouvelle-Aquitaine fournit une évaluation du potentiel de méthanation à horizon 2030 à la maille EPCI. Le potentiel pour le Grand Angoulême est ainsi évalué à **73 GWh (PCS) en 2030**.

Une répartition du potentiel selon les filières d'origine des intrants est également donnée, comme présenté en Figure 70.

- Les **deux-tiers des intrants viennent de l'agriculture**. 30% correspondent aux **CIMSE** (cultures intermédiaires multiservices environnementaux), et 29% aux **résidus de culture**. 6% correspondent aux déchets d'élevage.
- Les **biodéchets** représentent 16% du potentiel et les résidus de l'industrie agroalimentaire (IAA) représentent 6% du total.

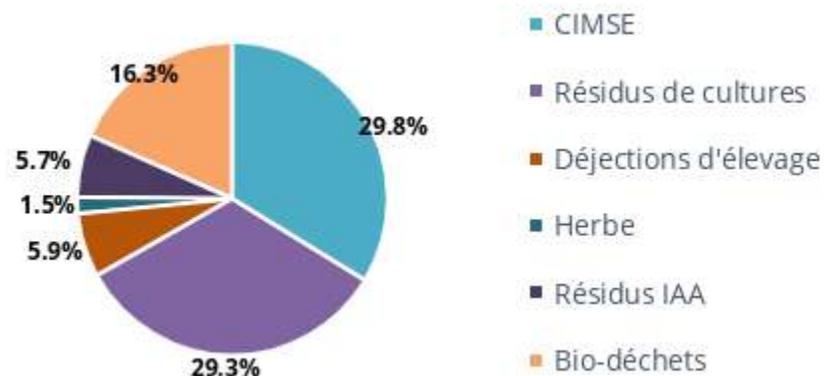


Figure 95 : Répartition du potentiel de méthanisation en 2030 (Total : 73 GWh)

### 5.8.1.3 METHODOLOGIE

On complète cette évaluation du potentiel en cherchant à le spatialiser à la maille commune et à le quantifier à horizon 2050.

Le bureau d'études Solagro a publié en partenariat avec l'ADEME, GRDF et GRTgaz en 2018 l'étude « *Un mix de gaz 100% renouvelable* » qui estime les potentiels d'injection de biométhane en France par canton à horizon 2050.

L'étude fournit un potentiel de production à la maille canton (auquel il faut appliquer un rendement de 94% pour l'injection sur réseau).

Les potentiels sont issus des ressources primaires suivantes :

- Cultures intermédiaires multi-services environnementaux (CIMSE)
- Résidus de cultures
- Biodéchets (dont boues urbaines)
- Algues (issues de cultures d'algues dédiées)
- Herbes
- Déjections d'élevage
- Résidus des industries agro-alimentaires (IAA)

Comme les cantons ne recoupent pas nécessairement les limites du Grand Angoulême (notamment pour les communes périphériques), on répartit le potentiel cantonal proportionnellement à la surface agricole utile des communes de chaque canton. Cette

hypothèse est motivée par le fait que dans cette étude, à horizon 2050 et à l'échelle départementale, environ 90% du potentiel est lié aux surfaces agricoles (dont 54% aux CIMSE et 20% aux résidus de culture).

### 5.8.1.4 RESULTATS

Le potentiel d'injection de biométhane à horizon 2050 est ainsi de **220 GWh** d'après l'étude Solagro, soit 3 fois le potentiel à horizon 2030 identifié par l'AREC.

Ce potentiel représente **20% de la consommation 2019** en gaz naturel du territoire (1085 GWh).

Cette augmentation du potentiel est principalement due aux hypothèses utilisées concernant l'utilisation de ressources comme les Cultures Intermédiaires (CIMSE), qui sont peu utilisées aujourd'hui.

Le fort développement de ces cultures est prévu d'être réalisé principalement après 2030 avec l'évolution des pratiques agricoles et sylvicoles en parallèle avec une forte mobilisation des déchets du secteur agricole selon l'étude *Ensemble pour un 100% gaz vert en 2050* réalisé par Solagro/AEC pour la Nouvelle-Aquitaine dans la suite de l'étude Solagro 2018. Le développement des CIMSE s'explique également en partie par l'avancement de la date de récolte du blé d'été en raison du changement climatique (ceci permettant d'augmenter les surfaces disponibles et les rendements).

Selon le *Panorama du gaz renouvelable en 2021* réalisé par le SER, GRDF, GRTgaz, le SPEGNN et Teréga une installation d'injection de biométhane de type agricole autonome ou territorial a une production annuelle moyenne de **17,9 GWh/an**. Le potentiel identifié pour **2030** correspond à **5 installations d'injection de biométhane sur le territoire** et le potentiel identifié pour **2050** correspond à **13 installations sur le territoire**. Ceci implique de trouver des zones propices à l'installation de ces méthaniseurs, à la fois proches des zones agricoles, suffisamment éloigné des zones d'habitations, et à proximité des réseaux de gaz (notamment de transport) pour l'injection. La surface de tels sites, d'après des recherches sur quelques projets, doit être comprise de l'ordre de 10 000 à 20 000 m<sup>2</sup>.

Cette moyenne de production correspond à des installations de type agricole autonome et territorial. D'autres types d'installations peuvent être envisageables (méthanisation industrielle territoriale grâce à la présence d'industries de transformation de matière végétale et de papeteries sur le territoire, qui se prêtent très bien à la méthanisation, biodéchets, STEP, ...). Des études approfondies seraient envisageables pour identifier les meilleures typologies des sites d'injection de biométhane sur le territoire et leurs potentiels.

La cartographie du potentiel (Figure 71) permet de voir qu'il est plus important en périphérie, dans les communes plus rurales, à l'exception d'Angoulême. Ceci peut s'expliquer par l'importance des biodéchets.

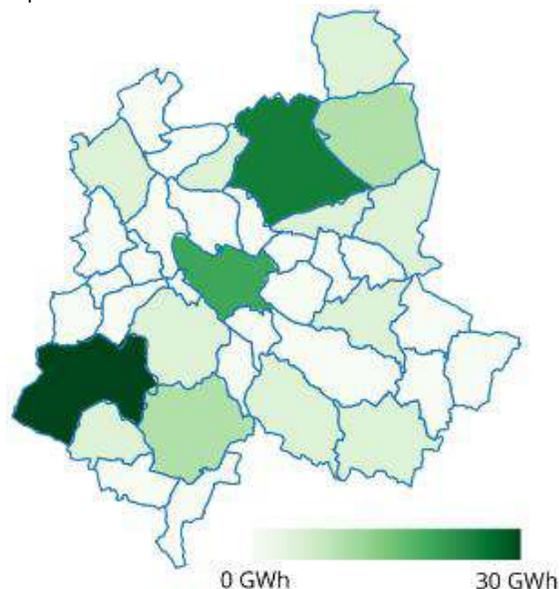
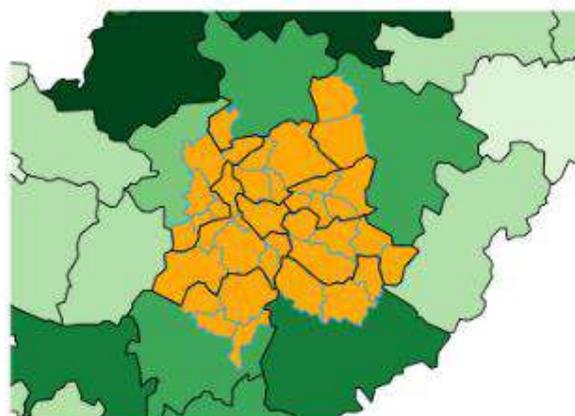


Figure 96: Cartographie du potentiel de méthanisation à horizon 2050



En orange le territoire du Grand Angoulême avec les communes délimités par les traits bleus. Le fond de la carte représente les cantons délimités en noir, colorés selon leur potentiel de méthanisation (GWh)

Figure 97: Cartographie des cantons

### 5.8.1.5 AUTRES FILIERES DE GAZ VERTS

Par ailleurs, d'autres filières de production de gaz verts, moins matures aujourd'hui, sont envisageables à des horizons plus lointains. C'est notamment le cas de la pyrogazéification, L'AFGaz décrit ce processus comme suit :

« La pyrogazéification est un procédé thermochimique consistant à chauffer des déchets en absence ou défaut d'oxygène afin de produire un gaz renouvelable, le biométhane de synthèse.

La pyrogazéification repose sur de la biomasse sèche, à savoir une grande variété de ressources difficilement valorisables : résidus de bois, bois non dangereux de démolition (portes, fenêtres, vieux meubles, panneaux d'industrie, etc) et "combustibles solides de récupération" (CSR).

Une fois récoltés et triés, ces déchets sont chauffés à très haute température (de 800 à 1 500 degrés), en présence d'une faible quantité d'oxygène. S'en suit une conversion des déchets en gaz à l'exception d'un résidu solide. »

Au vu du niveau de maturité de la filière, il apparaît difficile de fournir une estimation chiffrée du potentiel. Les ressources utilisées (biomasse, déchets ...) font par ailleurs que cette filière serait en concurrence avec d'autres (bois énergie, cogénération dans les UOIM...).

#### Messages clés :

**La méthanisation est une filière qui n'est aujourd'hui pas exploitée sur le territoire.**

**Le potentiel mobilisable à horizon 2030 du Grand Angoulême est de 73 GWh. À horizon 2050, ce potentiel est de 220 GWh.**

**Ce potentiel 2050 représente 20% de la consommation 2019 de gaz naturel du territoire (1085 GWh).**

**Les principales filières mobilisables pour la méthanisation sont l'agriculture (résidus de culture et cultures intermédiaires à vocation énergétique) et les biodéchets.**

## 5.9 Éclairages sur l'hydrogène

### 5.9.1.1 GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'HYDROGENE

Contrairement aux principales énergies fossiles (gaz naturel, charbon, pétrole, ...), l'hydrogène ne peut pas s'extraire en grandes quantités du sous-sol. Il faut donc le produire à partir d'autres sources d'énergie primaires. L'hydrogène est donc un « vecteur » énergétique, et s'il est souvent présenté comme un vecteur énergétique décarboné, son caractère « vert » dépend en réalité de la manière dont il est produit.

Plusieurs technologies existent pour produire de l'hydrogène :

- Aujourd'hui, l'hydrogène est majoritairement produit par vaporeformage de méthane (SMR : Steam Methane Reforming). Cela consiste à chauffer du méthane (gaz naturel) et de l'eau pour obtenir du dihydrogène et du dioxyde de carbone. Ce procédé est émissif de gaz à effet de serre (10 kg CO<sub>2</sub>/kg H<sub>2</sub>) s'il n'est pas couplé à des technologies de captage du CO<sub>2</sub>. L'hydrogène produit par SMR n'est donc pas décarboné. On parle d'hydrogène « gris ». Dans le cas où cette production est couplée avec une technologie de captage de CO<sub>2</sub>, on parle d'hydrogène « bleu ».
- Une seconde méthode est l'électrolyse de l'eau. Elle consiste à décomposer les molécules d'eau à l'aide d'un courant électrique, pour produire du dihydrogène et du dioxygène. Ce mode de production n'émet pas directement de gaz à effet de serre, mais est très énergivore en électricité. La production d'hydrogène par électrolyse requiert donc une production d'électricité, qui doit être décarbonée pour que l'hydrogène soit « vert » (généralement par centrales éoliennes ou solaires).
- La production d'hydrogène par électrolyse est prometteuse en raison de sa complémentarité avec une forte pénétration des énergies renouvelables intermittentes. En effet, les électrolyseurs pourraient apporter de la flexibilité au système électrique en adaptant leur fonctionnement aux conditions du système électrique (production solaire ou éolienne et consommation électrique). Ils permettraient ainsi d'intégrer une part plus importante d'énergies renouvelables intermittentes au réseau électrique. On parle de power-to-gas ou plus largement de sector-coupling (couplage des systèmes électriques, gaziers, hydrogène etc.).
- Il existe une multitude d'autres procédés industriels (gazéification, fermentation par exemple) de production d'hydrogène à partir d'hydrocarbures, de charbon ou de biomasse. Ces moyens de production ne sont pour l'instant privilégiés ni dans la littérature et ni dans la pratique.
- L'hydrogène peut enfin être obtenu comme coproduit d'autres procédés chimiques (fabrication de chlore par exemple). Cette production ne présente

cependant pas d'enjeu crucial, car elle n'a pas vocation évoluer et présente un potentiel de développement limité.

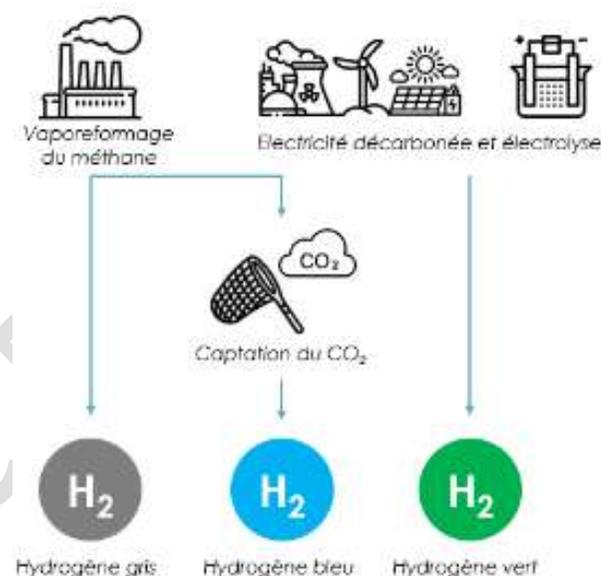


Figure 98: Schéma de la production d'hydrogène

Aujourd'hui, l'électrolyse est encore très peu utilisée, en raison de ses coûts élevés (4 à 6 €/kg, contre 1,5-2,5€/kg pour l'hydrogène produit par SMR sans CCS). En France, 94% de l'hydrogène est encore produit à partir d'énergies fossiles<sup>10</sup>. La production d'hydrogène est responsable de 2 à 3% des émissions nationales. Néanmoins, la production d'hydrogène par électrolyse est en plein développement et ses coûts de production pourraient baisser de 2 à 3€/kg en 2028<sup>10</sup>.

### 5.9.1.2 GENERALITES SUR LA MOBILITE HYDROGENE

Il existe aujourd'hui plusieurs types de véhicules à hydrogène : voitures particulières, véhicules utilitaires légers, bus, camions, trains, vélos, bennes à ordures, etc. La maturité des technologies hydrogène est à des stades variables pour tous ces véhicules : des voitures particulières sont par exemple déjà disponibles à la vente, alors que les camions sont encore plutôt au stade de prototype. Néanmoins, la plupart des travaux prospectifs indiquent que l'usage principal de l'hydrogène dans la mobilité routière sera la décarbonation des poids lourds.

Tous les véhicules à hydrogène sont constitués des quatre mêmes constituants principaux : un ou plusieurs réservoirs, une pile à combustible, une batterie et un moteur électrique. En ce sens, un véhicule à hydrogène est un véhicule électrique qui produit son électricité à bord avec de l'hydrogène.

- Le réservoir : l'hydrogène a une masse volumique bien moins importante par rapport aux carburants automobiles. Il doit donc être comprimé et le réservoir conçu pour supporter des pressions extrêmes. La dangerosité de l'hydrogène est à nuancer. Même s'il est extrêmement inflammable et explosif, la volatilité de la molécule rend difficile l'accumulation de nappes explosives.
- La pile à combustible combine l'hydrogène avec l'oxygène de l'air pour former de l'eau, ce processus produit un courant électrique ainsi que de la chaleur. C'est l'élément qui explique le coût élevé des véhicules à hydrogène, notamment à cause de matériaux sophistiqués ainsi que de faibles volumes de fabrication. Une réduction du prix est à prévoir dans les années à venir.
- La batterie : L'électricité produite est stockée dans une batterie de petite taille. Elle stocke transitoirement l'électricité entre la pile à combustible et le moteur électrique. Pour le cas spécifique d'un véhicule électrique à prolongateur d'autonomie à hydrogène, la batterie est grande. Une pile à combustible et un réservoir à hydrogène de petites tailles sont ajoutés pour augmenter l'autonomie du véhicule.
- Le moteur électrique est similaire au moteur d'un véhicule électrique classique.

Ces principaux composants sont représentés dans la Figure 74 ci-dessous.

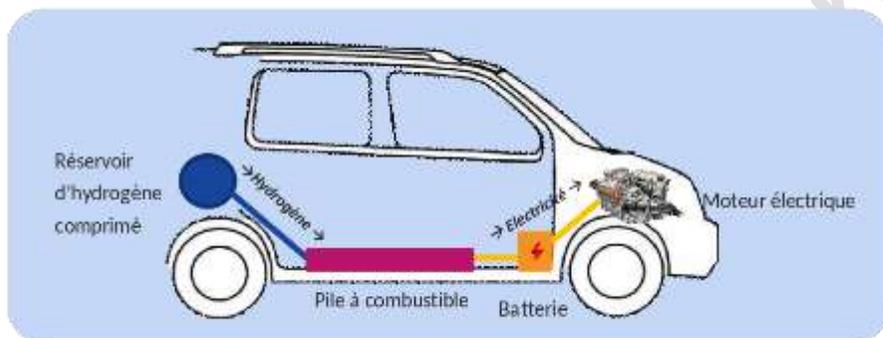


Figure 99: Schéma d'un véhicule hydrogène

### 5.9.1.3 CONTEXTE TERRITORIAL

La région Nouvelle-Aquitaine s'est dotée d'une feuille de route hydrogène en 2020, dans laquelle la région identifie 8 actions à mener :

- Réunir les conditions de marché dans les territoires pour développer les filières hydrogène
- Animer la filière pour faire émerger et soutenir des projets hydrogène
- Appropriation et implication des citoyens
- Développer la R&D, la formation et l'innovation
- Développer la filière économique hydrogène du territoire régional en soutenant des offres industrielles viables
- Développer des hubs et écosystèmes locaux hydrogènes
- Développer les usages (mobilité, injection dans les réseaux gaz, transport, écosystèmes énergétiques)
- Développer une production verte, biosourcée, locale pour contribuer à une indépendance énergétique durable de la Nouvelle-Aquitaine

Sur le territoire du Grand Angoulême, deux études ont été menées :

- Étude de faisabilité de production d'hydrogène renouvelable sur le territoire du Grand Angoulême, en 2021
- Étude du développement d'un écosystème territorial H2 sur le territoire du Grand Angoulême

L'étude sur la production d'hydrogène renouvelable retient la conclusion suivante : « Les résultats de l'étude montrent l'intérêt de développer un projet de grande taille afin de bénéficier d'économies d'échelle et de minimiser les coûts de production de l'hydrogène. Ainsi, il pourrait être bénéfique de lancer un projet de taille intermédiaire dans un premier temps, avec une augmentation de la capacité d'électrolyse au fur et à mesure du développement des usages autour du Grand Angoulême. »

L'étude sur un écosystème territorial hydrogène permet de comprendre que les usagers potentiels sont en réflexion sur le verdissement de leur flotte et que leur propension à passer à l'hydrogène est lié : aux évolutions de prix des carburants actuels, à leur attention vis-à-vis des constructeurs qui orientent leurs lignes de production en fonction des réglementations en vigueur, et des possibilités de production- distribution d'H2 sur le territoire.

L'étude d'écosystème H2 a permis d'identifier des axes particuliers à envisager : la formation avec un rôle à jouer particulier pour l'agglomération (présence d'acteurs de l'industrie automobile), la décarbonation des usages de mobilité des collectivités et des transporteurs locaux, et, par extension ceux qui circulent le long de la N10.

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

Pour participer à la création d'un écosystème hydrogène, il s'agit notamment pour le Grand Angoulême de :

- Capitaliser sur l'expérimentation Krysalide (bâtiment autonome en énergie, produisant son propre hydrogène)
- Identifier la question du foncier pour l'installation de zones d'avitaillement multi-énergies (dont Hydrogène)
- Étudier le remplacement du matériel roulant de l'agglomération (bus, BOM, ateliers techniques, contraintes d'exploitation, ...)
- Comme identifié dans la feuille de route régionale, rester à l'écoute de projets hydrogène, par de l'animation territoriale notamment.

À propos de remplacement du matériel roulant, il est intéressant de noter une des conclusions du rapport (CEA-DGEC, 2018) pour le gouvernement sur le plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique, à propos de la mobilité et des écosystèmes hydrogène dans les territoires : « *En raison d'un effet volume encore limité, le coût total de possession d'un véhicule hydrogène reste supérieur à celui des équivalents thermiques (entre 20% et 50%). Mais moyennant un soutien au démarrage, il est possible de couvrir le surcoût des véhicules à pile-à-combustible et d'avitailer des véhicules entre 7 et 9 €/kg, équivalent au coût de l'énergie pour un Diesel.* »

## 5.10 Synthèse des potentiels et enjeux croisés

Le **gisement de production d'électricité renouvelable** (notamment solaire et éolien) sur le territoire est très important. S'il est assez largement mobilisé, ce potentiel pourrait permettre de satisfaire la consommation d'électricité du territoire.

On attire l'attention du lecteur sur la **distinction entre gisement brut** (sans prise en compte de taux de mobilisation réalistes) et **potentiel effectivement mobilisable à des horizons temporels proches**. Dans le récapitulatif Figure 77, l'évaluation chiffrée recouvre des réalités différentes selon les filières et correspond à des gisements bruts, notamment pour le solaire, l'éolien et la chaleur sur réseaux. Les filières bois et méthanisation correspondent quant à elles plus à des potentiels mobilisables à horizon 2050 qu'à des gisements bruts, il est donc logique qu'ils apparaissent comme plus faibles, sans pour autant qu'il s'agisse de filières sans intérêt. Et ce d'autant plus que la production de chaleur en France est aujourd'hui très carbonée, tandis que l'électricité est plutôt décarbonée : **décarboner la production de chaleur a donc un plus fort impact climatique.**

Par ailleurs, il faut noter que la comparaison entre les potentiels, pour des horizons 2050, et la consommation actuelle présente un certain nombre de limites. En effet, dans le cadre de la transition énergétique, les usages énergétiques actuels sont amenés à être transformés radicalement. Par exemple, la consommation 2019 d'électricité du Grand Angoulême était de 950 GW ; dans un cadre prospectif, avec l'électrification de nombreux usages (chauffage, véhicule électrique, industrie ...) et le développement de gaz verts (notamment hydrogène) produits par électrolyse, la consommation électrique devrait nettement augmenter.

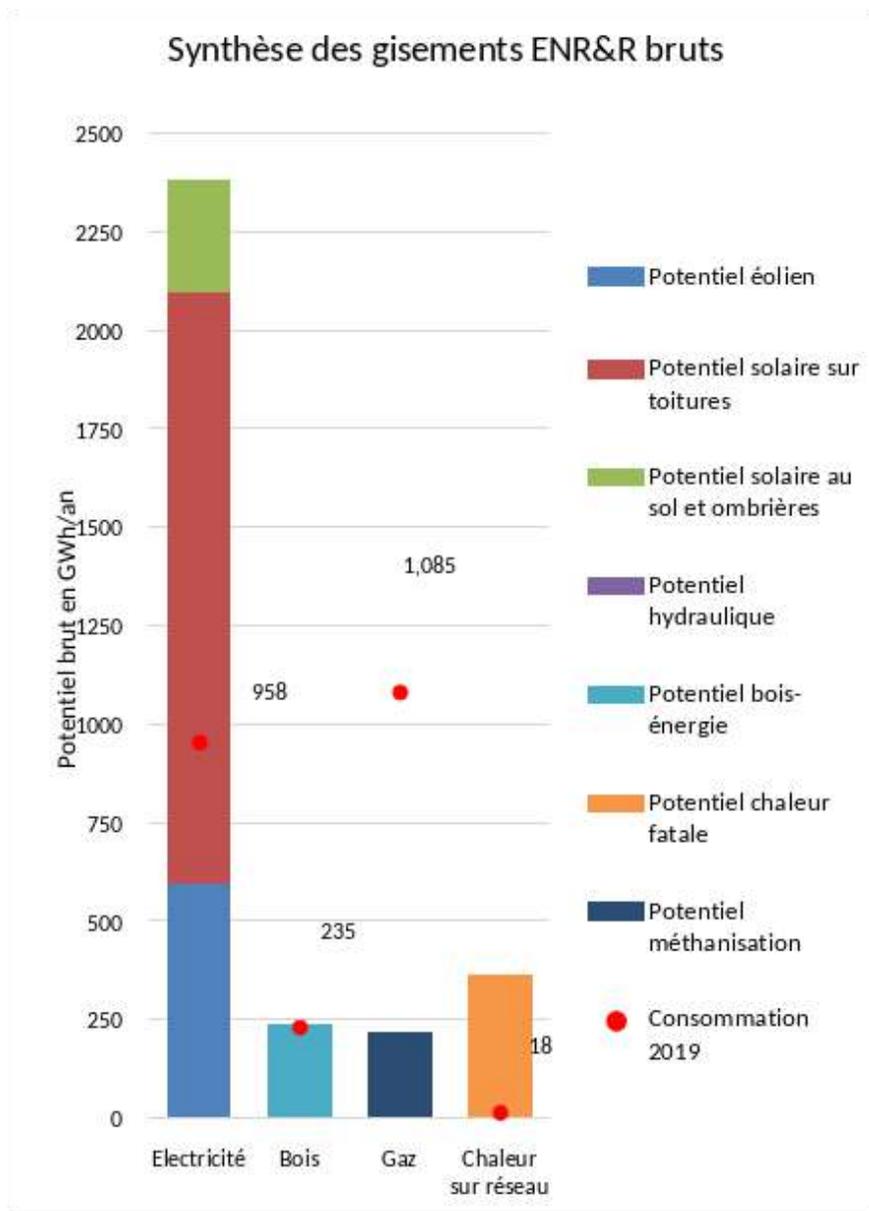


Figure 100: Synthèse des gisements ENR&R bruts du Grand Angoulême

#### EnR électriques

Le **gisement solaire** est très important à l'échelle du territoire (et valorisé à hauteur de 22 GWh en 2019), avec de forts enjeux de mobilisation. Le potentiel se décline selon 3 filières :

- **Solaire sur toitures** : 1500 GWh/an de gisement, mobilisables de manière réaliste à hauteur de **60 GWh en 2030, et jusqu'à 440 GWh en 2050**.
- **Solaire au sol** : **250 GWh en considérant les friches** actuelles du territoire, à additionner aux **projets actuels de 260 GWh**.
- **Solaire sur ombrières** de parkings : **37 GWh**, une production qui ne pose pas de problèmes de compétition d'usage des sols.

Au total, le **potentiel solaire à horizon 2050 (projets y compris) atteint 1000 GWh, soit un peu plus que la consommation électrique 2019 (958 GWh)**

Le **gisement éolien** est lui aussi très conséquent, avec un gisement brut total de 600 GWh (toutes contraintes comprises, estimation basse). Comme pour le solaire sur toiture, ce gisement brut présente de **forts enjeux de mobilisation** et nécessite de réaliser des études de faisabilité sur les sites identifiés, afin de vérifier si le potentiel est effectivement valorisable.

Dernier gisement de production d'électricité renouvelable étudié, l'hydraulique a un potentiel brut nettement plus faible (9 GWh pour une production actuelle de 2 GWh).

À titre indicatif, la **Programmation pluriannuelle de l'énergie attend qu'environ 35% de l'électricité consommée en France en 2028 soit d'origine renouvelable. Appliqué à l'échelle du Grand Angoulême ceci correspond à une production EnR d'environ 350 GWh.**

#### EnR thermiques

Les autres filières ENR&R sont celles liées à la **production de chaleur** et de gaz, lequel est notamment utilisé pour le chauffage ou dans l'industrie.

Le **bois** a été évalué selon une approche gisement, en étudiant différents périmètres d'approvisionnement. Selon les périmètres retenus, le **gisement est compris entre 140 et 270 GWh**. La **consommation actuelle** de bois est de **235 GWh** : le **bois est donc un gisement déjà fortement sollicité**. L'enjeu de la filière bois au sein du Grand Angoulême est donc de chercher à rendre plus durable la consommation actuelle : consommer moins en agissant sur la sobriété du bâtiment (rénovation thermique et efficacité énergétique des équipements de chauffage au bois), soutenir un approvisionnement de proximité en développant la production locale.

D'autres moyens de productions de chaleur décentralisée que le bois sont envisageables (**solaire thermique, pompes à chaleur, géothermie** couplée à des pompes à chaleur, ...), notamment pour les secteurs résidentiel et tertiaire. L'installation de pompes à chaleur est

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

aujourd'hui dynamique et représente un vecteur important de décarbonation du chauffage dans les scénarios prospectifs. Le solaire thermique et la géothermie sont également des filières intéressantes, même si elles apparaissent comme étant moins dynamiques dans le contexte français.

Le potentiel solaire sur toiture présenté pour la production d'électricité pourrait aussi être plutôt valorisé avec de la production solaire thermique (1500 GWh de gisement brut). Par ailleurs, les plus petites toitures n'étant pas adaptées pour des installations photovoltaïques, celles-ci pourraient être valorisées sous la forme de **solaire thermique** (ce potentiel additionnel représente de l'ordre de **100 GWh bruts**).

Le potentiel de production de **gaz vert** correspond aux gisements mobilisables sur le territoire du Grand Angoulême pour la **méthanisation**. À horizon **2030**, ce potentiel est de **73 GWh**, et il est de **220 GWh en 2050**. Ceci ne représente en 2050 que 20% de la consommation actuelle de gaz naturel (1085 GWh en 2019), mais cette consommation est appelée à baisser (électrification des usages...), et a un fort potentiel de décarbonation. Pour information, l'objectif 2030 de la PPE est que la production de biogaz soit de 7 à 10% de consommation ; le gisement à cet horizon est de 6,7% de la consommation.

La **chaleur fatale** est la dernière EnR&R étudiée. Le gisement brut identifié, de 365 GWh/an, n'est vraisemblablement pas mobilisable entièrement. Des **études complémentaires**, auprès des **industriels identifiés** et au regard des **réseaux de chaleur** existants et potentiels, sont nécessaires pour préciser le potentiel.

#### Enjeux croisés

[Cette section présente les enjeux croisés énergie / urbanisme identifiés dans le cadre de la mission plus globale d'élaboration du SCOT. La mobilisation des acteurs, pour toutes les filières, est également un facteur important \(propriétaires de toitures, industriels, agriculteurs pour les CIMSE, acteurs locaux ...\)](#)

#### **Développement de l'éolien**

- Un enjeu croisé consiste à déterminer le niveau de contrainte (notamment environnemental) à respecter, pour trouver l'équilibre entre protection des espaces naturels et production éolienne, d'autant plus que dans un cadre prospectif les contraintes réglementaires peuvent être amenées à évoluer.
- L'acceptabilité sociale est de plus un enjeu crucial pour le développement de l'éolien.

#### **Développement du PV au sol**

- Il y a des enjeux structurants pour le PV au sol avec les choix d'aménagement du territoire (conversion de friches en bâtiments, espaces naturels, ... ou centrale de production PV)

- Il y a également un enjeu en lien avec la protection patrimoniale, celle-ci faisant baisser le potentiel d'environ 20 GWh.
- Enfin, l'agrivoltaïsme n'est aujourd'hui que très peu développé en France, notamment pour des questions réglementaires (protection des terres agricoles). Une réflexion sur les enjeux réglementaires pourrait être intéressante.
- L'acceptabilité sociale est également un facteur important.

#### **Développement du PV sur parking**

- L'enjeu est ici de bien prévoir le développement d'ombrières sur les parkings dans le cadre de l'aménagement du territoire, il y a aussi un sujet avec l'obligation d'installer des ombrières sur les grands parkings dans le cadre de la loi d'accélération des EnR en cours de vote.

#### **Développement de la filière bois énergie**

- L'enjeu croisé est ici de gérer les espaces boisés du territoire de manière à pouvoir utiliser le bois local, et éventuellement de développer une filière de traitement
- Enjeu santé (qualité de l'air liée à la modernisation des équipements)
- Questions autour de la gestion durable et équilibrée de la forêt (préservation de la biodiversité, loisirs, paysage, séquestration carbone...)
- Enjeux de mobilisation des acteurs (propriétaires de forêts, industriels, consommateurs de bois ...)

#### **Méthanisation**

- L'aménagement du territoire (installation de méthaniseurs, environ 5 pour exploiter tout le potentiel à horizon 2030 et 10 à 15 en 2050), la mobilisation des acteurs, et l'évolution des pratiques agricoles sont des enjeux importants. Un enjeu croisé est sur le développement de zones économiques pouvant accueillir des méthaniseurs, en tenant compte de leur emprise au sol, et ce proche des réseaux de gaz pour l'injection.

#### **Hydrogène**

- Le développement de l'hydrogène nécessite une importante production électrique bas carbone, et le fait que des usages de proximité (pour éviter le transport d'hydrogène) soient développés en parallèle. À moyen-long terme, un usage potentiel central est la mobilité lourde.
- Il y a donc un important enjeu croisé entre mobilité et production EnR autour du développement d'écosystèmes hydrogène (bus, BOM, station d'avitaillement pour la RN10 ...)
- Une réflexion sur la disponibilité de foncier pour une station d'avitaillement multi-énergie est donc à prendre en compte

#### **Enjeux sur les réseaux électriques**

- La mobilité électrique, le développement des EnR, et l'électrification de divers usages doit être pensée en lien avec les réseaux électriques
- Un enjeu foncier autour de la construction d'éventuels nouveaux postes sources en milieu urbain est à prendre en compte



6

## La qualité de l'air du Grand Angoulême

## 6.1 Contexte général et impacts de l'air

### 6.1.1 CONTEXTE GENERAL

La pollution de l'air est aujourd'hui classée comme cancérigène certain pour l'homme par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), représentant ainsi, selon cet organisme, l'une des premières causes environnementales de décès par cancer dans le monde. De ce fait, la reconquête d'une bonne qualité de l'air est un enjeu majeur pour la santé et l'environnement.

En France, le coût estimé de la pollution atmosphérique approche les 100 milliards d'euros par an selon un rapport remis par la commission d'enquête du Sénat en 2015. Par ailleurs, Santé Publique France a évalué en 2021 son impact sanitaire à 48 000 décès prématurés par an, ce qui correspond à 7 % de la mortalité en France et à une perte d'espérance de vie à 30 ans pouvant dépasser 8 mois.

La politique en faveur de la qualité de l'air nécessite des actions ambitieuses et coordonnées au niveau national, régional, mais aussi au niveau local, dans tous les grands secteurs d'activité qui impactent la qualité de l'air : transport, résidentiel-tertiaire, industrie, agriculture.

### 6.1.2 IMPACTS SUR LA SANTE

La pollution de l'air est classée cancérigène par l'OMS, et est l'une des principales causes environnementales de décès dans le monde. Les polluants plus particulièrement incriminés sont les particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et l'ozone troposphérique (O<sub>3</sub>).

Les effets sur la santé d'une pollution chronique sont : l'apparition ou l'aggravation de cancers, pathologies cardiovasculaires et respiratoires, troubles neurologiques, du développement...

La pollution chronique est plus impactante sur la santé publique que l'exposition ponctuelle lors des pics de pollution.

### 6.1.3 IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Les impacts de la pollution atmosphériques sont nombreux. En synthèse :

- L'Ozone (O<sub>3</sub>) affecte le métabolisme et la croissance de certains végétaux, et peut influencer sur la rentabilité agricole.
- Les émissions d'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>) et de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), via les pluies acides, perturbent la photosynthèse (par décomposition de la chlorophylle) et l'absorption de sels minéraux (acidification et perte de fertilité des sols). Ce phénomène dépasse largement les zones d'émissions des polluants incriminés.
- Les dépôts azotés acidifient et génèrent une eutrophisation des milieux. Ceci favorise le développement des espèces nitrophiles (espèce qui préfère ou exige des teneurs en azote très importantes) et la disparition des autres espèces vulnérables à un excès d'azote. Elle menace donc la biodiversité, notamment dans le Sud-Ouest de la France et certaines zones de montagne.

## 6.2 Obligations réglementaires et recommandations

La politique en faveur de la qualité de l'air est définie par deux typologies d'indicateurs faisant chacun l'objet d'exigences réglementaires :

- La concentration en polluants atmosphériques,
- Les émissions de polluants atmosphériques.

**Pour chacun de ces indicateurs, il existe une réglementation, soit des directives européennes, soit une loi française, qui fixe les seuils à respecter.**

**Par ailleurs, d'autres seuils, non réglementaires sont proposés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour fixer des lignes directrices plus contraignantes, afin d'aider à réduire l'exposition à la pollution atmosphérique. Mais il est important de rappeler que les valeurs guides de l'OMS n'ont pas de caractère prescriptif.**

## 6.2.1 LES SEUILS DE CONCENTRATIONS EN POLLUANTS

### ATMOSPHERIQUES

Les seuils réglementaires nationaux, d'origine européenne, définissent l'état de la qualité de l'air ambiant qui doit être respecté pour protéger la santé humaine et l'environnement dans son ensemble.

Les concentrations de polluants atmosphériques représentent la pollution que respirent les personnes. Elles sont exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et se réfèrent à des seuils, valeurs limite, valeurs cibles réglementaires.

Polluant et nature des normes	Mode de calcul (décret n° 2010-1250 du 21/10/10)	Référence Atmo NA
<b>OZONE (O<sub>3</sub>)</b>		
Seuil d'alerte	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne sur 1 heure	SA O <sub>3</sub> 3H 240 SA O <sub>3</sub> 3H 300 SA O <sub>3</sub> H 360
Seuil d'information et de recommandations	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne sur 1 heure	SIR O <sub>3</sub> H 180
Objectif de qualité (protection de la santé)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne sur 8 heures	OQ O <sub>3</sub> 8H 120
Valeur cible (protection de la santé)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne sur 8 heures en moyenne sur 3 ans à ne pas dépasser plus de 25 fois	VC O <sub>3</sub> 8H 120
Objectif de qualité (protection de la végétation)	AOT 40 de mai à juillet de 8h à 20h : 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par heure	OQ O <sub>3</sub> AOT40 6000
Valeur cible (protection de la végétation)	AOT 40 de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par heure en moyenne sur 5 ans	VC O <sub>3</sub> AOT40 18000
<b>DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>) et OXYDES D'AZOTE (NO<sub>x</sub>)</b>		
Seuil d'alerte	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives (ou 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ si « SIR » déclenché la veille et le jour même et si risque de dépassement pour le lendemain)	SA NO <sub>2</sub> 3H 400
Seuil d'information et de recommandations	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne sur 1 heure	SIR NO <sub>2</sub> H 200
Valeurs limites	99,8 % des moyennes horaires doivent être inférieures à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 dépassements autorisés) 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	VL NO <sub>2</sub> 18HMAX > 200 VL NO <sub>2</sub> A 40
Niveau critique (NO <sub>x</sub> )	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle (protection de la végétation)	NC NO <sub>x</sub> A 30
<b>DIOXYDE DE SOUFRE (SO<sub>2</sub>)</b>		
Seuil d'alerte	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur horaire sur 3 heures consécutives	SA SO <sub>2</sub> 3H 500
Seuil d'information et de recommandations	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la valeur moyenne sur 1 heure	SIR SO <sub>2</sub> H 300
Valeur limite	99,7 % des moyennes horaires doivent être inférieures à 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 dépassements autorisés)	VL SO <sub>2</sub> 24HMAX > 350
Valeur limite	99,2 % des moyennes journalières doivent être inférieures à 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3 jours de dépassements autorisés)	VL SO <sub>2</sub> 3JMAX > 125
Niveau critique	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle (protection des écosystèmes)	NC SO <sub>2</sub> A 20
Niveau critique	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne hivernale (du 1/10 au 31/03) (protection des écosystèmes)	NC SO <sub>2</sub> Hiv. 20
Objectif de qualité	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	OQ SO <sub>2</sub> A 50
<b>PARTICULES EN SUSPENSION (PM10)</b>		
Seuil d'alerte	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière	SA PM10 24H 80
Seuil d'information et de recommandations	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière	SIR PM10 24H 50
Valeur limite	90,4 % des moyennes journalières doivent être inférieures à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (35 jours de dépassements autorisés)	VL PM10 35JMAX > 50
Valeur limite	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	VL PM10 A 40
Objectif de qualité	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	OQ PM10 A 30
<b>PARTICULES FINES (PM2.5)</b>		
Valeur limite	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	VL PM2.5 A 25
Valeur cible	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	VC PM2.5 A 20
Objectif de qualité	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	OQ PM2.5 A 10
<b>BENZÈNE (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b>		
Valeur limite	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	VL C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> A 5
Objectif de qualité	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne annuelle	OQ C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> A 2

Figure 101 - Normes UE concentration de polluants atmosphériques -Sources; Atmo Nouvelle-Aquitaine

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

Cette politique est encadrée au niveau européen par les directives 2004/107/CE et 2008/50/CE qui fixent les normes de qualité de l'air en termes de concentration.

C'est au titre du non-respect de ses obligations en matière de pollution au dioxyde d'azote (NO<sub>x</sub>) que l'Etat français a été condamné par la Cour de Justice de l'Union Européenne le 24 octobre 2019 pour « dépassement systématique » de la valeur limite en dioxyde d'azote (NO<sub>x</sub>), depuis 2010.

Cette condamnation s'est suivie de deux autres, par le Conseil d'Etat, pour des nouveaux dépassements en NO<sub>x</sub>, en Août 2021 et en octobre 2022.

## 6.2.2 LES EMISSIONS EN POLLUANTS ATMOSPHERIQUES

Les émissions de polluants atmosphériques représentent la pollution qui est émise par les différentes activités humaines. Elles sont exprimées en µg/m<sup>3</sup>

Le Plan national de Réduction des Emissions de Polluants (PREPA) fixe des objectifs chiffrés de réduction des émissions des principaux polluants à horizons 2020, 2025 et 2030. Les objectifs chiffrés sont calculés en matière de réductions d'émissions, et l'année de référence est 2005.

Polluants	PREPA	
	Objectifs (base 2005)	
	2020	2030
PM2.5	-27%	-57%
NOx	-50%	-69%
SO <sub>2</sub>	-55%	-77%
COVNM	-43%	-52%
NH <sub>3</sub>	-4%	-13%

Figure 102 Objectifs du PREPA en matière d'émissions de polluants atmosphériques

## 6.2.3 LES VALEURS GUIDE DE L'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé publie périodiquement depuis 1987 des lignes directrices relatives à la qualité de l'air pour la protection de la santé. Bien que non réglementaires (c'est-à-dire sans contraintes juridiques), ces **lignes directrices, fondées sur des données scientifiques**, éclairent les autorités du monde entier dans leurs actions visant à **réduire l'exposition humaine à la pollution** atmosphérique et ses effets néfastes.

La dernière publication de ces lignes directrices, en septembre 2021, présente des données montrant les **effets néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé**, à des concentrations encore plus faibles qu'on ne le croyait auparavant. De **nouveaux seuils de qualité de l'air** y sont recommandés pour protéger la santé des populations. La plupart des seuils de référence de concentrations des principaux polluants atmosphériques (particules (PM), ozone (O<sub>3</sub>), dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), et monoxyde de carbone (CO) sont en baisse sauf pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) dont le seuil augmente. **Si ces nouvelles valeurs guides étaient respectées, près de 80% des décès liés au PM2,5 pourrait être évités.**

Polluant	Unité	Durée retenue pour le calcul des moyenne	Lignes directrices 2005	Lignes directrices 2021
PM2,5	µg/m <sup>3</sup>	année	10	5
		1 jour*	25	15
PM10	µg/m <sup>3</sup>	année	20	15
		1 jour*	50	45
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	pic saisonnier	-	60
		8 heures	100	100*
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	année	40	10
		1 jour*	-	25
		1 heure	200	200
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	1 jour*	20	40
Pb	µg/m <sup>3</sup>	année	0,5	0,5
CO	mg/m <sup>3</sup>	1 jour*	-	4
		8 heures	10	10
		1 heure	35	35

Figure 103 t nouvelles Valeurs Guide de l'OMS de 2021 - sources : Atmo Nouvelle Aquitaine

## 6.2.4 LES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES OBSERVES DANS LE CADRE DU PCAET

Les polluants inventoriés dans le cadre du PCAET, selon le décret n°2016-849 et l'arrêté du 4 août 2016 relatif au Plan Climat-Air-Energie Territorial sont les suivants :

- Les substances relatives à l'acidification, l'eutrophisation et à la pollution photochimique :
  - Les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ),
  - Les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques ( $\text{COV}_{\text{NM}}$ ),
  - Le dioxyde de Soufre ( $\text{SO}_2$ ),
  - Le monoxyde de carbone (CO),
  - L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ),
- Les particules fines en suspension ( $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2.5}$ )

## 6.3 L'indice ATMO

### 6.3.1 DEFINITION DE L'INDICE

Depuis plus de 20 ans, Atmo Nouvelle-Aquitaine, comme les autres observatoires régionaux de la qualité de l'air, calcule et publie chaque jour un indice de la qualité de l'air appelé indice ATMO. Ce dernier est défini conformément à l'arrêté ministériel du 10 juillet 2020, qui a désormais intégré les particules fines  $\text{PM}_{2.5}$  dans son périmètre.

L'indice ATMO intègre 5 polluants réglementés, aux effets sanitaires et environnementaux avérés :

- **Le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ )**, qui est traceur des transports routiers,
- **Les particules en suspension ( $\text{PM}_{10}$ )**, traceur des systèmes de combustion et de chauffage,
- **Les particules fines ( $\text{PM}_{2.5}$ )**, traceur des systèmes de combustion et de chauffage,
- **L'ozone ( $\text{O}_3$ )**, polluant secondaire issu principalement des transports et de l'utilisation des solvants et des hydrocarbures,
- **Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ )** traceurs de l'activité industrielle.

L'indice de qualité de l'air est un chiffre allant de 1 à 10, associé à un qualificatif (de très bon à très mauvais). Cet indice est déterminé à partir des concentrations de pollution mesurés au cours de la journée par les stations de fond, caractéristiques de la pollution générale de l'agglomération. En revanche, il ne prend pas en compte les stations de mesure le long du trafic.

Pour chaque polluant un sous-indice est calculé. C'est le sous-indice le plus fort qui est choisi comme indice final caractérisant la qualité de l'air globale de la journée considérée.

		BON	MOYEN	DÉGRADÉ	MAUVAIS	TRÈS MAUVAIS	EXTRÊMEMENT MAUVAIS
Moyenne journalière	$\text{PM}_{2.5}$	0-10	11-20	21-25	26-50	51-75	> 75
Moyenne journalière	$\text{PM}_{10}$	0-20	21-40	41-50	51-100	101-150	> 150
Max horaire journalier	$\text{NO}_2$	0-40	41-90	91-120	121-230	231-340	> 340
Max horaire journalier	$\text{O}_3$	0-50	51-100	101-130	131-240	241-380	> 380
Max horaire journalier	$\text{SO}_2$	0-100	101-200	201-350	351-500	501-750	> 750

\*Concentrations  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  © Atmo Auvergne Rhône-Alpes

Figure 104 – grille de fonctionnement de l'Indice ATMO

### 6.3.2 SITUATION POUR LE GRAND ANGOULEME

Sur la base du nouvel Indice ATMO, pour le Grand Angoulême en 2019 (dernier bilan annuel disponible), il a été enregistré : 297 jours de bonne qualité (contre 337 en 2018).

## Nouvel indice ATMO

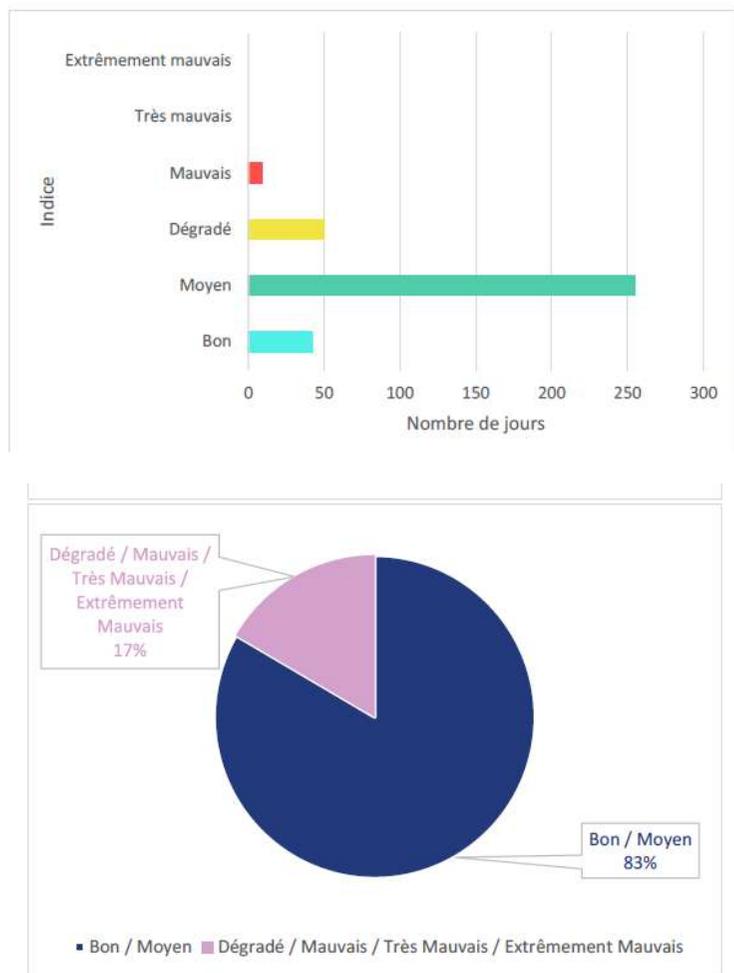


Figure 105- Indice ATMO pour Grand Angoulême pour l'année 2019  
Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine (2021)

## 6.4 Carte Stratégique de l' Air

### 6.4.1 PRINCIPE

Elaborée sur la base des cartographies annuelles de la qualité de l'air, la *Carte Stratégique de l'Air*, s'appuie sur un ensemble de cartographies issues des outils de modélisation urbaine à fine échelle qui retranscrivent, heure par heure, les processus physiques et chimiques de l'atmosphère en prenant en compte les paramètres suivants :

- Les émissions en polluants et la pollution de fond sur la zone modélisée (source : Atmo Nouvelle-Aquitaine)
- Les conditions météorologiques (source : Météo France)
- Le relief (source : IGN)

Elle permet d'évaluer le niveau d'exposition des zones d'habitations de la population de l'agglomération d'Angoulême où les principaux polluants atmosphériques réglementés sont émis.

L'échelle de couleurs sur 4 niveaux est associée aux quatre « classes » de la manière suivante :

<b>Classe 1</b>	zone non touchée par un dépassement réglementaire où il n'existe qu'un faible enjeu de qualité de l'air
<b>Classe 2</b>	zone « fragilisée » en dépassement réglementaire potentiel où figure une, voire plusieurs, VL susceptibles de se situer en dépassement
<b>Classe 3</b>	zone en dépassement réglementaire où figure au moins une VL en dépassement réglementaire
<b>Classe 4</b>	zone « air » prioritaire pour identifier les zones les plus exposées à la pollution et devant être considérées de manière prioritaire par les acteurs de l'urbanisme

### 6.4.2 RESULTATS

Malgré des zones en dépassements (classe 3 et classe 4) majoritairement situées au niveau des axes majeurs de l'Agglomération, comme la Nationale, l'Agglomération du Grand Angoulême ne présente pas d'enjeux majeurs pour la qualité de l'air. La carte ci-contre montre le centre d'Angoulême et ses environs permettant de visualiser plus précisément la pollution de l'air à la fois pour les classes 3 (rouge) et 4 (rouge ocre) de la CSA mais également pour la classe 2 (orange) où figurent les zones « fragilisées ».

## La CSA sur l'Agglomération du Grand Angoulême – représentation & analyse

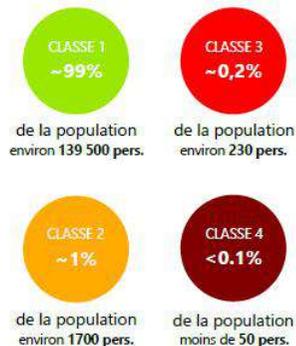


Figure 106 - Carte Stratégie Air de Grand Angoulême - Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine (2021)

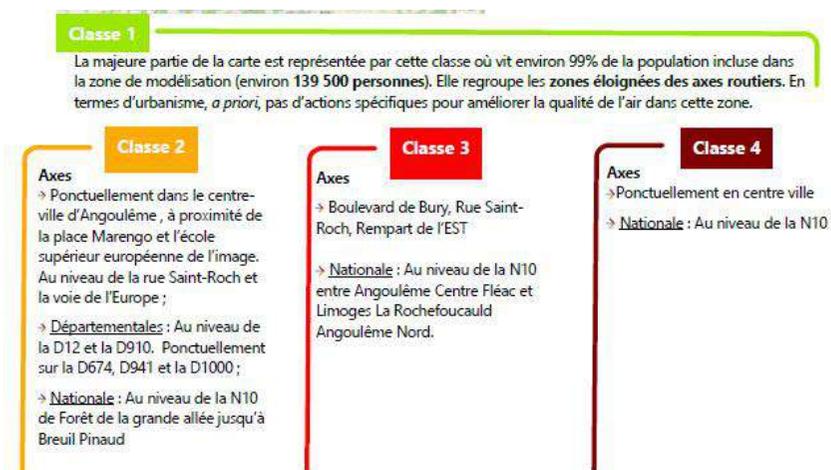


Figure 107 - Analyse Carte Stratégie Air de Grand Angoulême - Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine (2021)

## 6.5 Emissions de polluants atmosphériques

### 6.5.1 METHODOLOGIE

Les données disponibles sur le site d'Atmo Nouvelle Aquitaine, dans son diagnostic PCAET de la qualité de l'Air sur le territoire du Grand Angoulême (12/12/2019), **présente des données de 2014** pour les émissions de polluants (cf. § 5.1, p. 32).

Nous préférons à ce stade ne pas indiquer ces données trop anciennes pour être pertinentes ici (> 8 ans) et ferons le point avec Atmo Nouvelle Aquitaine pour obtenir des données plus récentes.

A titre conservatoire, nous indiquons les éléments de synthèses du rapport d'Atmo sur la base des données de 2014, présentées sans tenir compte de la Cimenterie Lafarge qui a fermé en 2016 :

« Les différents polluants sont pour la plupart des polluants primaires (NOx, PM10, PM2,5 et SO2) ou des précurseurs de polluants secondaires (COVNM et NH3). Les COV incluent le CH4 (méthane). Le méthane n'étant pas un polluant atmosphérique mais un gaz à effet de serre, les valeurs fournies concernent uniquement les émissions de COV non méthaniques (COVNM).

Les oxydes d'azote (NOx) proviennent essentiellement du trafic routier. L'ammoniac (NH3) est exclusivement lié aux activités agricoles. Les particules (PM10 et PM2,5) et les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM) sont multi-sources et sont originaires des secteurs résidentiel, routier, et industriel. Le dioxyde de soufre (SO2) est quant à lui émis majoritairement par les secteurs résidentiel, tertiaire et industriel. »

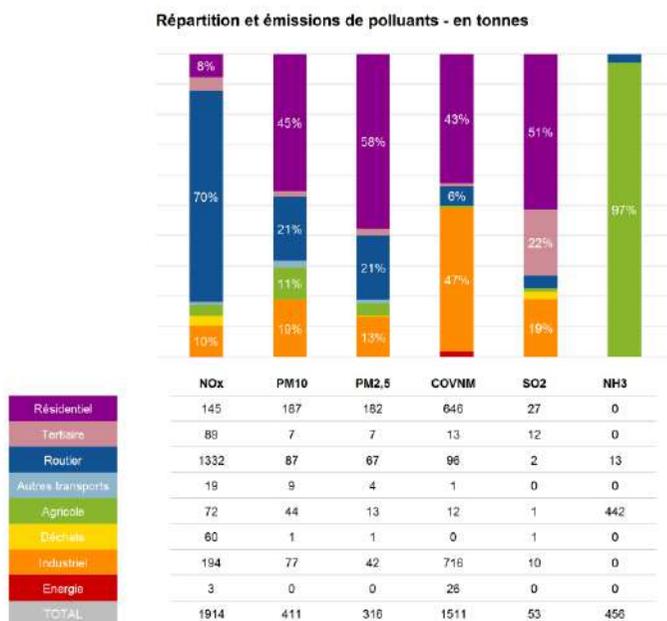


Figure 108 - inventaire des émissions de polluants pour Grand Angoulême (2014)  
sources : Atmo Nouvelle Aquitaine

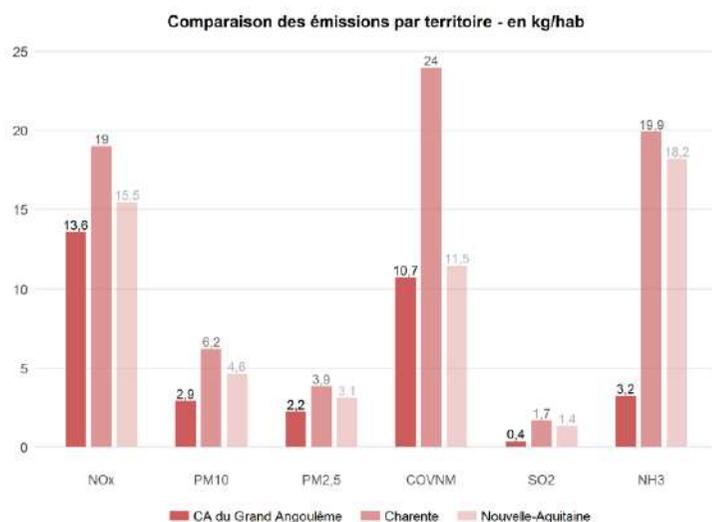


Figure 109 - Comparaison des émissions de polluants par territoire (2014)  
sources : Atmo Nouvelle Aquitaine

## 6.5.2 SECTEURS A ENJEUX

### • Résidentiel :

Les principaux polluants produits et rejetés par le secteur résidentiel sont en premier lieu les particules fines (PM2,5) puisqu'elles représentent 58 % des émissions. Les particules en suspension (PM10) détiennent 45 % des émissions. Les rejets de ces deux polluants par le secteur résidentiel proviennent du chauffage des logements par la combustion du bois : cette dernière est responsable d'un quart des émissions (24 %). En second lieu, les émissions de dioxyde de soufre (SO2) sont issues pour moitié (51 %) de la combustion de produits pétroliers, et tout particulièrement de fioul domestique pour chauffer les logements.

Les consommations énergétiques de ce secteur sont à l'origine de la majeure partie des émissions de ces polluants, dont il convient d'ajouter les Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM). Les COVNM et les particules sont essentiellement émis par l'utilisation d'équipements de chauffage peu performants du point de vue énergétique de type insert et foyers ouverts. De plus, il est important de préciser que les particules fines pénètrent plus profondément dans l'appareil respiratoire.

➤ **Leviers d'action :** un des axes de progrès majeurs est représenté par la maîtrise et l'utilisation rationnelle de l'énergie. La diminution des consommations énergétiques dédiées au chauffage va de pair avec la rénovation des habitats (isolation du bâti privé et du parc social) et le renouvellement des équipements de chauffage non performants, notamment pour le chauffage au bois (insert et foyers ouverts). Les émissions de COVNM peuvent en outre être diminuées par la réduction de l'utilisation domestique de solvants et de peintures.

### • Routier :

Le transport routier émet des proportions variables de polluants sur le territoire de Grand Angoulême. Deux polluants sont principalement générés par le transport routier : les NOx (70 %) et les particules (21 % pour les particules fines PM2,5 et les PM10). Les émissions de NOx proviennent des phénomènes de combustion de carburants, essentiellement par les véhicules à moteur diesel. Les particules fines sont issues en majorité de la partie moteur (combustion carburant). Une part non négligeable de particules, en particulier des PM10, provient également de la *partie mécanique*, à savoir l'usure, l'abrasion des pneus, des freins et des routes. Par ailleurs, le transport routier est responsable de rejets de COVNM dont sont responsables les véhicules essence.

➤ **Leviers d'action :** la diminution des émissions du secteur routier (combustion, usure mécanique) peut être engagée par la réduction du nombre de véhicules présents sur le réseau routier. Le renouvellement du parc automobile (parc privé et flotte publique) et la mise en circulation de véhicules technologiquement plus performants (véhicules électriques et hybrides notamment) constituent des pistes de réduction des émissions du secteur. En parallèle, il convient de diminuer le nombre de kilomètres parcourus par les usagers en privilégiant l'usage des

transports en communs, en facilitant les transports combinés (déplacement des personnes et des marchandises) et en sensibilisant à des modes de transport plus doux.

- **Industrie**

Ce secteur est identifié comme secteur à enjeu par rapport à son poids sur le territoire Grand Angoulême au sein des émissions de COVNM tout particulièrement (47 %), mais également de SO<sub>2</sub> (19 %), de PM<sub>10</sub> (19%), de PM<sub>2,5</sub> (13%) et de NO<sub>x</sub> (10 %). Les chaudières industrielles fonctionnant au gaz naturel sont responsables des émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) en grande partie, et les procédés mis en jeu au sein des stations d'enrobage expliquent les émissions de SO<sub>2</sub> du territoire. Diverses branches industrielles expliquent les rejets en particules en suspension (PM<sub>10</sub> et/ou PM<sub>2,5</sub>). De plus, la manipulation de solvants et de peintures dans diverses branches industrielles, contribue fortement aux rejets de COVNM.

**Leviers d'action** : les meilleures techniques disponibles pour réduire et prévenir les émissions des installations industrielles sont listées dans la directive relative aux émissions industrielles (IED) et mise en œuvre via les documents de référence BEST (*best available techniques reference document*) qui encadrent les conditions d'exploitation. De plus, les PGS (Plans de Gestion des Solvants) et les SME (Systèmes de Maîtrise des Émissions) sont des pistes d'action pour réduire les rejets de COVNM du secteur.

- **Agriculture :**

Ce secteur est identifié comme secteur à enjeu par rapport à son poids sur le territoire de la communauté d'agglomération Grand Angoulême au sein des émissions de NH<sub>3</sub> (97 %). L'épandage d'engrais azotés ainsi que les composés azotés issus des déjections animales participent largement aux émissions d'ammoniac et de particules. En outre, le NH<sub>3</sub> est un gaz précurseur dans la formation des particules secondaires justifiant davantage sa place dans les secteurs à enjeux.

➤ **Leviers d'action** : une sensibilisation du monde agricole pour une utilisation raisonnée d'engrais et l'utilisation de techniques d'épandages qui diminuent les quantités émises sur les champs (enfouissement rapide des engrais après épandage, engrais azoté moins émissifs), constituent un axe de progrès potentiel pour la réduction des émissions d'ammoniac issues des cultures. De plus, la maîtrise augmentée du brûlage des résidus de culture aux champs et l'amélioration technologique des moteurs d'engins agricoles permettrait une diminution non négligeable des émissions associées (particules, COVNM, NO<sub>x</sub>). Un autre levier de réduction des émissions de particules et d'ammoniac est la couverture des fosses de stockage de lisiers.

## 6.6 Concentration de polluants atmosphériques

Pour les concentrations de polluants atmosphériques, les données du diagnostic PCAET d'Atmo sont datées de 2018, et basées sur les données issues des 3 stations de mesures, à Angoulême et La Couronne. Par ailleurs ces données sont complétées par celles issues du Bilan annuel 2021 de la Qualité de l'Air en Nouvelle-Aquitaine.

### 6.6.1 LES VALEURS REGLEMENTAIRES

En 2021, à l'échelle du département de la Charente, **aucune valeur limite n'est dépassée sur les exposition chronique annuelle** (ou non-respect d'au moins 1 valeur limite). Les recommandations OMS ne sont pas respectées pour le NO<sub>2</sub>, les particules PM<sub>10</sub>, les particules fines PM<sub>2,5</sub> et l'ozone. L'objectif de qualité (végétation) est dépassé pour l'ozone.

Pour l'exposition ponctuelle (horaire et journalière), **les polluants PM<sub>10</sub> et SO<sub>2</sub> dépassent ponctuellement le seuil d'information-recommandations**. Le seuil d'alerte est également dépassé ponctuellement pour les PM<sub>10</sub>. Les recommandations OMS sont dépassées ponctuellement pour le dioxyde d'azote, l'ozone, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et le SO<sub>2</sub>. L'objectif de qualité (protection santé) est dépassé pour l'ozone (O<sub>3</sub>).

#### Situation par rapport aux seuils réglementaires



Figure 110 - Bilan vis-à-vis des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS sur la Charente

Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine (2021)

## 6.6.2 EVOLUTION PLURIANNUELLE

Une évolution qui se confirme pour la majorité des polluants depuis 10 ans

- **Ozone O<sub>3</sub> +9%** la hausse est visible également au niveau régional ; l'évolution est plutôt stable au fil du temps
- **Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> -40%** la baisse est visible également au niveau régional (-37%)
- **Dioxyde de soufre SO<sub>2</sub> pas d'évolution** les concentrations annuelles sont si faibles (moins de 2,5 µg/m<sup>3</sup> entre 2010 et 2018) que l'évolution est lissée afin d'éviter une représentation illisible
- **Particules en suspension PM<sub>10</sub> -25%** baisse significative de même ordre de grandeur que la baisse régionale (-27%)
- **Particules fines PM<sub>2,5</sub> -40%** baisse significative plus franche que la baisse régionale (-31%)

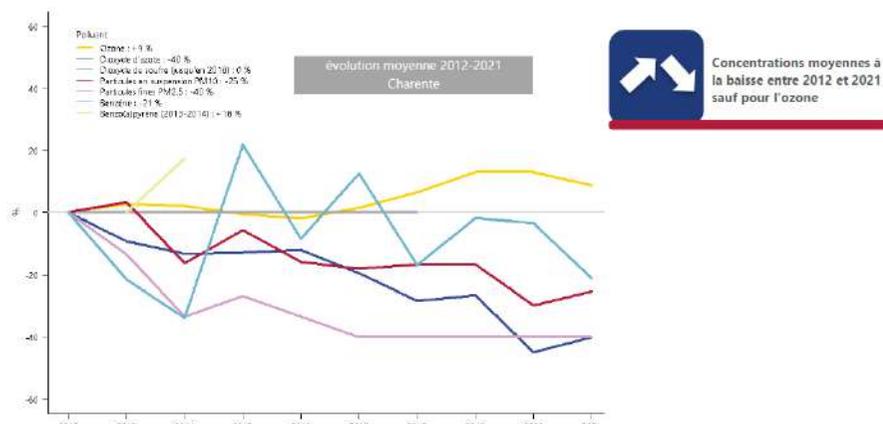


Figure 111 - Evolutions pluriannuelles moyennes des principaux polluants 2012-2021 en Charente  
Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine

## 6.6.3 EPISODES DE POLLUTION

Les épisodes de pollution sont caractérisés lorsque **plusieurs critères spécifiques sont réunis**. Il faut qu'un dépassement de seuil réglementaire (SIR seuil d'information-recommandations ou SAL seuil d'alerte) soit prévu (ou effectif) et qu'il affecte une certaine surface du territoire et/ou un certain nombre d'habitants. Le dépassement est identifié à l'aide de simulations numériques représentant la qualité de l'air au jour le jour.

En 2021, le département de la Charente n'a enregistré aucun épisode de pollution.

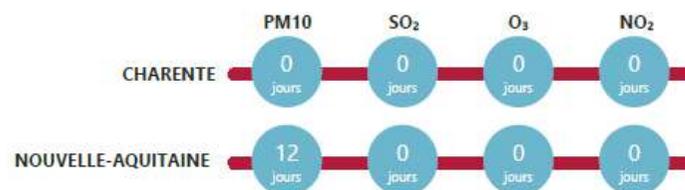


Figure 112 - Nombre de jours d'épisodes de pollution en Charente et Nouvelle-Aquitaine  
sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine

## 6.6.4 DIOXYDE D'AZOTE – NO<sub>2</sub>

### • Présentation :

Les « oxydes d'azote » désignent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Toute combustion d'énergie produit du NO et du NO<sub>2</sub>, mais au contact de l'air, le monoxyde d'azote est rapidement oxydé en dioxyde d'azote.

Le monoxyde d'azote est formé lors des combustions à haute température : moteurs thermiques des véhicules ou chaudières des installations de combustion.

Le NO<sub>2</sub> est un gaz irritant pour les yeux et les voies respiratoires. Il augmente la fréquence et la gravité des crises d'asthme. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires. A forte concentration, le NO<sub>2</sub> est un gaz toxique.

Les oxydes d'azote ont un rôle de précurseurs dans la formation de l'ozone en basse atmosphère. Ils contribuent aux pluies acides, affectant les sols et les végétaux, et à l'augmentation de la concentration des nitrates dans le sol

• **Etat des lieux :**

Le dioxyde d'azote est très majoritairement issu du transport routier, notamment en zones urbaines. Les concentrations les plus élevées sont donc rencontrées le long des axes à fort trafic : sur et au bord de la N10 et des boulevards périphériques ainsi qu'au niveau des axes principaux du centre-ville.

Sur ces axes de circulation, la valeur limite réglementaire fixée à 40 µg/m<sup>3</sup> est dépassée en 2021. Pour rappel, en 2020, du fait des mesures prises faces à la situation sanitaire (confinements et couvre-feux), les niveaux simulés sur l'ensemble du Grand Angoulême étaient inférieurs à cette valeur limite.

Comme en 2019, les concentrations simulées au niveau de ces axes en 2021, année post-COVID, étaient supérieures à la valeur limite réglementaire. Bien que les concentrations le long des axes majeurs de l'agglomération soient supérieures à la valeur limite réglementaire, la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> sur l'ensemble de l'agglomération diminue par rapport à 2020 et surtout par rapport à 2019 qui est une année plus proche de celle simulée en 2021 en matière de trafic et de sources d'émissions. En 2021, la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> diminue donc de 14% par rapport à 2020 et de 38% par rapport à 2019.

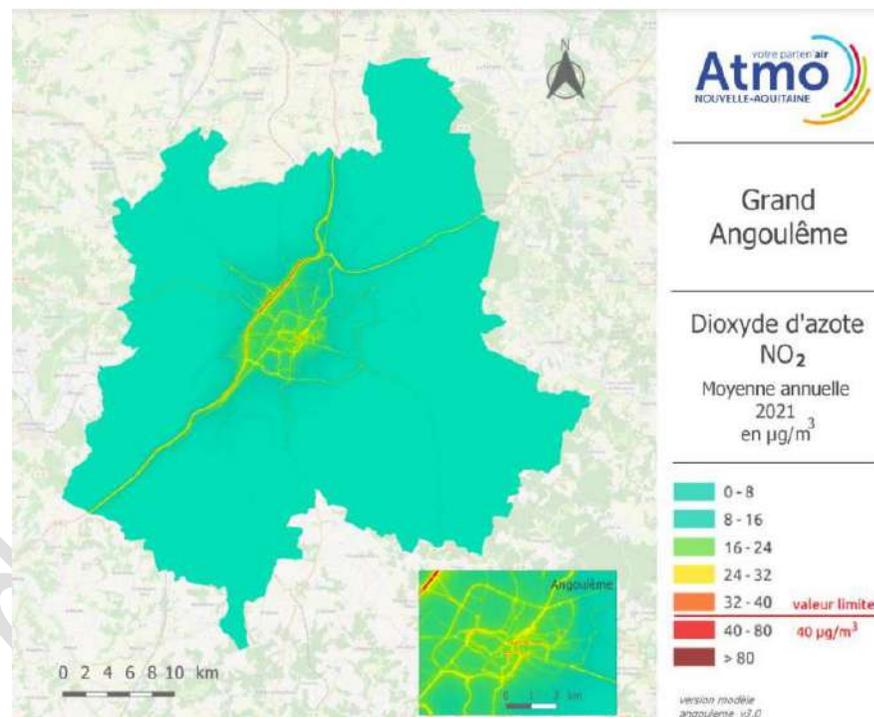


Figure 113 - concentration en NO<sub>2</sub> en 2021 - source : Atmo Nouvelle-Aquitaine

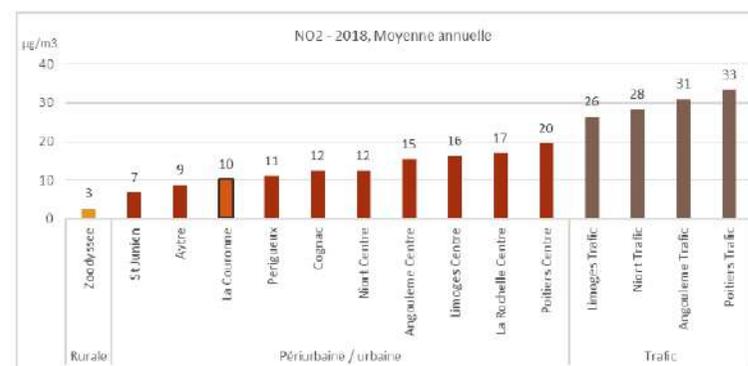


Figure 114 - Comparaison entre différentes stations de mesures pour le NO<sub>2</sub> en Nouvelle Aquitaine- sources ; Atmo Nouvelle-Aquitaine

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

Le graphique ci-dessus présente les concentrations annuelles en NO<sub>2</sub>, pour l'année 2018, sur les stations les plus proches géographiquement d'Angoulême. Trois groupements de stations ressortent, correspondant aux différentes typologies de stations :

- Rurale : la concentration moyenne est inférieure à 5 µg/m<sup>3</sup>
- Périurbaine / urbaine : les concentrations moyennes sont comprises entre 7 et 20 µg/m<sup>3</sup>
- Trafic : les concentrations moyennes sont supérieures à 25 µg/m<sup>3</sup>

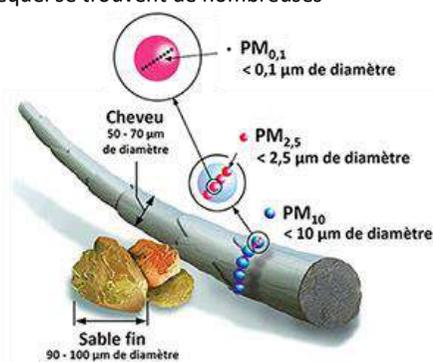
## 6.6.5 PARTICULE (PM<sub>10</sub> ET PM<sub>2,5</sub>)

### • **Présentation :**

L'air est un milieu essentiellement gazeux dans lequel se trouvent de nombreuses particules solides ou liquides de tailles et de composition chimique variées. Aujourd'hui, les particules, appelées plus communément poussières, sont reconnues pour avoir des impacts sur la santé humaine et sur le climat.

3 types de particules peuvent être distinguées :

- **Les particules en suspension : PM<sub>10</sub>** (diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm),
- **Les particules fines : PM<sub>2,5</sub>** (diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm),
- **Les particules ultrafines : PM<sub>0,1</sub>** (diamètre aérodynamique inférieur à 0,1 µm). Ces dernières ne font pas partie des polluants observés sur Grand Angoulême.



Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine

En Nouvelle-Aquitaine, 2 secteurs d'activité dominant dans l'émissions des PM<sub>10</sub> et des PM<sub>2,5</sub> : l'agriculture et le secteur résidentiel.

### • **Etat des lieux Particules en suspension PM<sub>10</sub> :**

Différentes sources participent aux émissions de PM<sub>10</sub> sur une zone urbaine : Le chauffage des logements, le trafic routier et les industries sont les principales.

De ce fait, les différences de concentrations entre les axes routiers et les zones d'habitation sont moins marquées que pour le NO<sub>2</sub> (émis majoritairement par le trafic routier).

La valeur limite annuelle (40 µg/m<sup>3</sup>) n'est pas dépassée par les données simulées sur le Grand Angoulême, comme en 2020 et 2019. L'objectif de qualité établi à 30 µg/m<sup>3</sup> est respecté également. La concentration moyenne sur l'ensemble de l'agglomération diminue de 6% par rapport à 2020. Les concentrations de 2021 sont comparables à 2019.

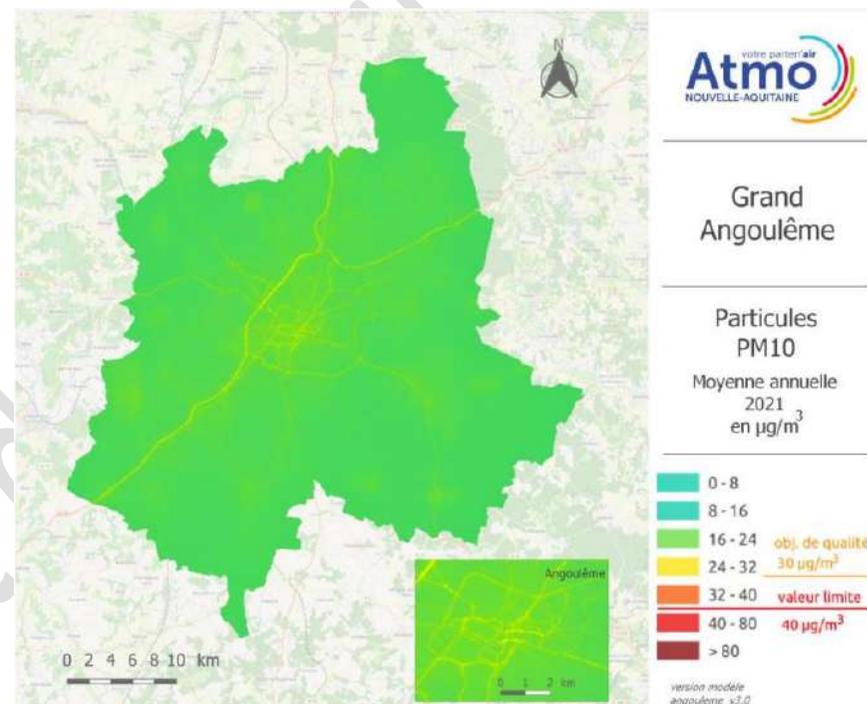


Figure 115 - concentration en PM<sub>10</sub> en 2021 -source : Atmo Nouvelle-Aquitaine

### • **Etat des lieux Particules fines PM<sub>2,5</sub> :**

Les origines des PM<sub>2,5</sub> sont globalement les mêmes que les PM<sub>10</sub>. La carte ci-dessous présente des niveaux de PM<sub>2,5</sub> sur le Grand Angoulême plus importants le long de la route nationale. La valeur limite annuelle (25 µg/m<sup>3</sup>) et la valeur cible (20 µg/m<sup>3</sup>) ne sont cependant pas dépassées.

L'objectif de qualité (10 µg/m<sup>3</sup>) en revanche est dépassé au niveau des axes majeurs : axes entrant dans l'agglomération comme N10, D910, D674, D1000, D939, N141 et D941.

L'objectif de qualité est également dépassé dans les principales rues du centre-ville mais également au niveau de la D939 (Dignac et Le Boisseau). La concentration moyenne en PM<sub>2,5</sub> sur l'ensemble de l'agglomération augmente de 6% en 2021 par rapport à 2020. Elle diminue par contre de 5% par rapport à l'année 2019 (post-COVID).

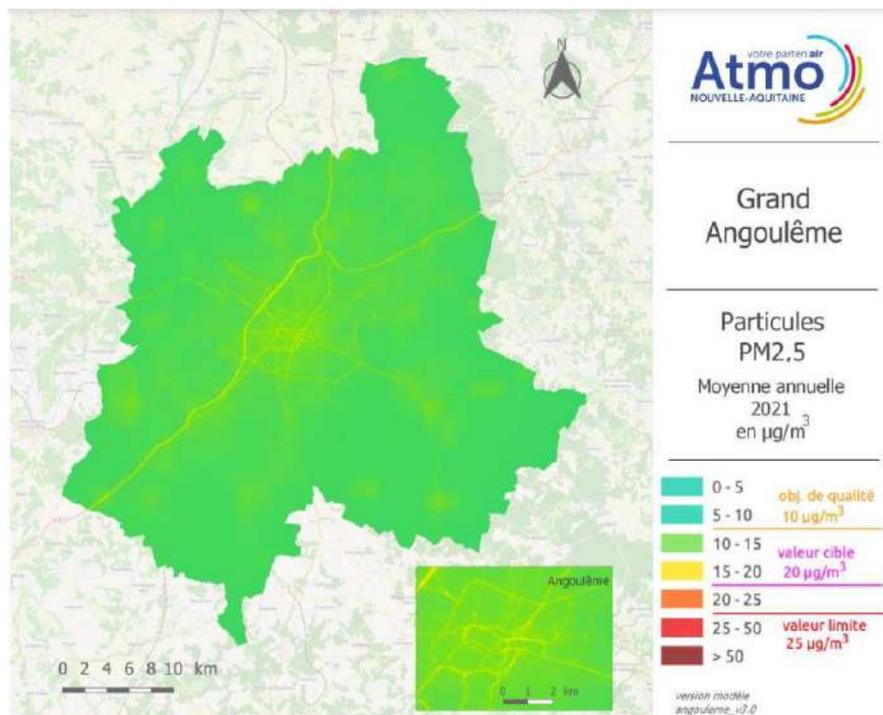


Figure 116 - concentration en PM<sub>2,5</sub> en 2021  
source : Atmo Nouvelle-Aquitaine

## 6.6.6 DIOXYDE DE SOUFRE – SO<sub>2</sub>

- **Présentation :**

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore fortement irritant pour les yeux et les voies respiratoires. Il est un bon traceur des activités industrielles d'un territoire.

Les principaux émetteurs de dioxyde de soufre sont notamment les industries de la chimie, de fabrication de matériaux de construction et les industries d'extraction de pétrole. La combustion de matières fossiles lors de certains procédés industriels étant fortement émettrice de dioxyde de soufre. Dans les secteurs résidentiel et tertiaire, la combustion de produits pétroliers et de bois pour le chauffage des logements et des locaux est également responsable des émissions de dioxyde de soufre.

- **Etat des lieux :**

Les différents rapports d'Atmo Nouvelle Aquitaine, ne font pas remonter de données spécifiques sur la pollution au SO<sub>2</sub> sur le territoire de Grand Angoulême ni même pour le département de la Charente.

Dans le Bilan Annuel 2021, pour le focus départemental sur la Charente, il est indiqué qu'il n'y a « pas d'évolution, les concentrations annuelles sont si faibles (moins de 2,5 µg/m<sup>3</sup> entre 2010 et

2018) que l'évolution est lissée afin d'éviter une représentation illisible ».

## 6.6.7 AMMONIAC NH<sub>3</sub>

- **Présentation :**

L'ammoniac (NH<sub>3</sub>) joue un rôle majeur dans la formation des particules fines ; la compréhension des phénomènes de formation de ces particules secondaires et la participation de l'ammoniac à ces réactions chimiques est un enjeu majeur pour mettre en place des actions visant à limiter les concentrations de particules PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> dans l'air. L'excès d'ammoniac dans l'environnement contribue également à l'acidification et à l'eutrophisation des milieux.

Jusqu'à aujourd'hui, la mesure de l'ammoniac par Atmo sur la région Nouvelle-Aquitaine n'a concerné que des études ponctuelles réalisées autour d'activités industrielles ou de traitements des déchets. Or les principales sources d'ammoniac sur le territoire sont les activités agricoles, qui représentent 95 % des émissions de la région.

Une nouvelle étude présente des mesures satellitaires, réalisées entre 2019 et 2021, pour établir un bilan de la présence de l'ammoniac dans l'air sur l'ensemble du territoire régional.

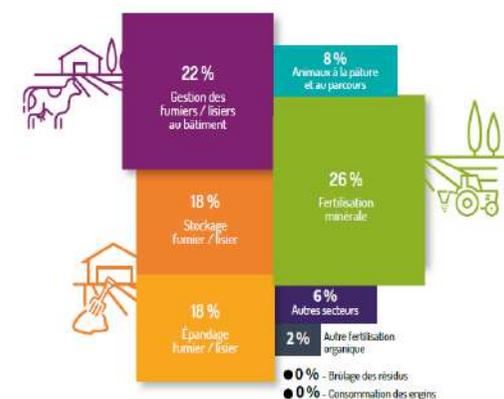


Figure 117- Répartition des émissions nationales de NH<sub>3</sub> - sources CITEPA (2018)

- **Etat des lieux :**

Sur le territoire de Grand Angoulême, il est constaté qu'en dépit d'une variabilité interannuelle parfois importante (en raison des pratiques saisonnière agricole), la tendance est à la hausse des concentrations d'ammoniac ce qui est en contradiction avec les tendance nationale issues des inventaires d'émission.

Cette hausse est liée à l'utilisation d'engrais agricoles pour les grandes cultures (maïs, blé, orge, colza) et l'élevage.

### 6.6.8 OZONE O<sub>3</sub>

- **Présentation :**

Il ne faut pas confondre l'ozone stratosphérique (couche d'ozone) dans la haute atmosphère (12 à 50 km au-dessus du sol) permettant de nous protéger des rayonnements solaires ultraviolets, de l'ozone troposphérique (entre 0 et 15 km au-dessus du sol) que l'on respire. Ce dernier est nocif pour la santé et les écosystèmes à cause de son caractère oxydant. C'est celui-ci que nous surveillons quotidiennement.

L'ozone (O<sub>3</sub>) est un polluant « secondaire », c'est-à-dire qu'il n'est pas rejeté directement par une source de pollution, mais qu'il résulte de la transformation chimique de certains polluants « primaires » présents dans l'atmosphère (en particulier NO, NO<sub>2</sub> et COV) sous l'action des rayonnements solaires.

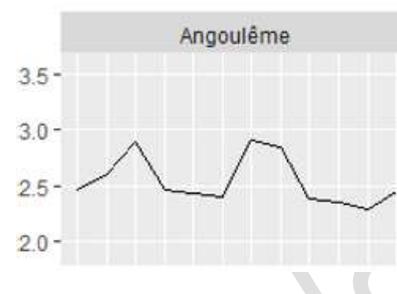


Figure 119- Concentration moyennes mensuelles moyennes (2014 – 2019) -Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine

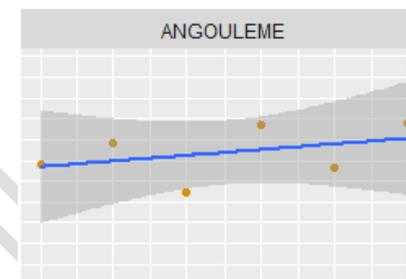
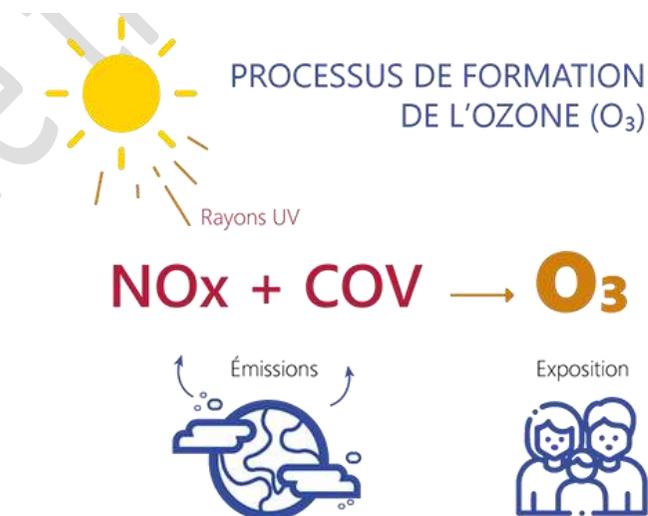


Figure 119 Moyenne annuelle et tendance des concentration d'ammoniac (2014 – 2019) - Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine



Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine

• **Etat des lieux (régional) :**

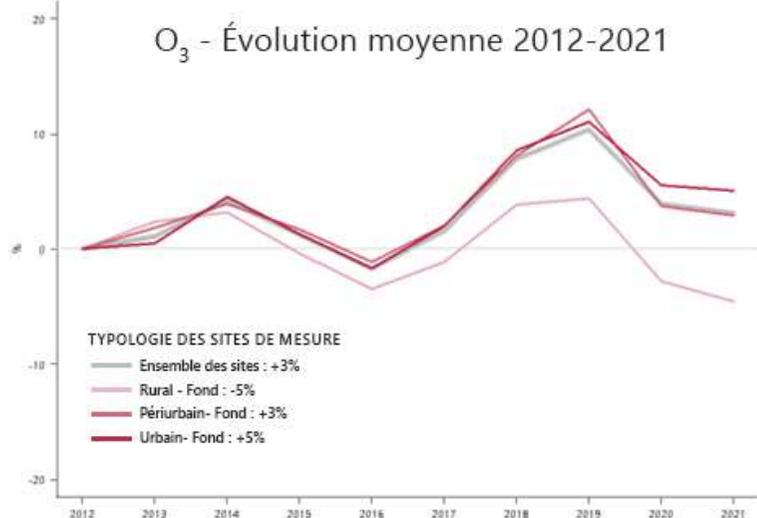


Figure 120 - Evolution moyenne O<sub>3</sub> - 2012 – 2021 sur la Région Nouvelle Aquitaine  
Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine

Les concentrations moyennes annuelles d’ozone varient selon les conditions météorologiques estivales. Les années avec de longues périodes de canicule ont des concentrations plus élevées que les étés plus pluvieux. C’est pourquoi l’évolution annuelle des concentrations moyennes d’ozone varie d’une année à l’autre, bien que les concentrations semblent avoir une tendance à la hausse depuis plusieurs années.

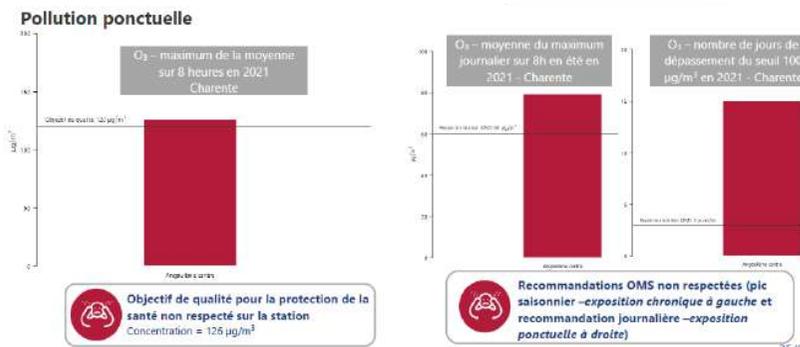


Figure 121 - concentration en O<sub>3</sub> en 2021  
source : Atmo Nouvelle-Aquitaine

**Pollution chronique**



**Pollution ponctuelle**



## 6.7 Les communes sensibles à la Qualité de l'Air

Les zones sensibles sont des zones où les actions en faveur de la qualité de l'air doivent être jugées préférables à d'éventuelles actions portant sur le climat.

Le diagnostic PCAET d'ATMO Nouvelle-Aquitaine de 2018 indique que « les dépassements des valeurs limites réglementaires relatives au NO<sub>2</sub> concernent presque exclusivement les sites de proximité (routière, industrielle ou hyper centre urbain) ». Deux des trois catégories de communes sensibles identifiées concernent Grand Angoulême :

- Sous influence des grands axes de circulation, la N10 et la N141,
- Appartenant à des zones de fortes densités de population.

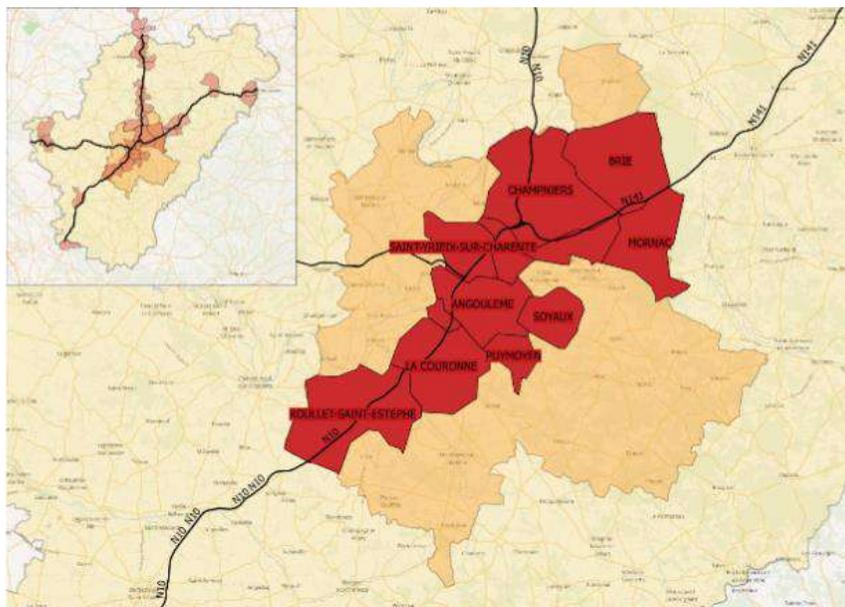


Figure 122 - Carte des communes sensibles à la pollution atmosphérique du Grand Angoulême (2018) - sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine

Douze communes sensibles du département de la Charente se situent sur le territoire du Grand Angoulême, toutes situées, à proximité des axes routiers importants : N10 et N141 :

- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| • Angoulême,      | • Puymoyen,                 |
| • Brie,           | • Roullet Saint Estèphe,    |
| • Champniers,     | • Ruelle sur Touvre,        |
| • Gond-Pontouvre, | • Saint Michel,             |
| • La Couronne,    | • Saint Yreix sur Charente, |
| • Mornac,         | • Soyaux.                   |

## 6.8 AUTRES POLLUANTS OBSERVES

Il s'agit de polluants atmosphériques non réglementaires dans le cadre des PCAET, mais qui présentent néanmoins un intérêt sanitaire important et qui sont par ailleurs suivis par Atmo Nouvelle-Aquitaine :

- Les pollens (dont l'ambroisie),
- Les pesticides.

### 6.8.1 LES POLLENS

- **Présentation :**

Les pollens sont des petits grains microscopiques provenant des fleurs, des arbres et des herbes. Transportés par le vent, on les retrouve dans l'air que nous respirons. Ils provoquent des allergies chez environ 20% des enfants et 30% des adultes (ANSES). Cela se manifeste par un nez qui coule, des yeux qui piquent, des crises d'asthme ou le rhume des foins. C'est pourquoi, il est important de savoir quels pollens on peut retrouver dans l'air afin pour mieux comprendre et maîtriser ses allergies.

Les pollens allergisants constituent, au sens du Code de l'Environnement, une pollution de l'air. En France, 20% de la population serait concernée par ces pollinoses (allergies aux pollens) ou rhumes des foins (allergie aux pollens de graminées), notamment la rhinite allergique qui constitue un facteur de risque important de l'asthme. Les pollens sont donc surveillés dans l'air de la région, une station de mesure de pollens d'Atmo est située en centre-ville d'Angoulême.

- **Etat des lieux :**

Les principaux pollens dans l'air observés sur le capteur d'Angoulême sont variés. La présence de l'ambroisie est une spécificité en Charente, problématique car cette plante est hautement allergisante.

Trois périodes importantes de pollinisation sont identifiables.

- Février et mars noisetier, cyprès, aulne et frêne
- Printemps chêne et bouleau
- Mai à juillet graminées, châtaigner et urticacées.

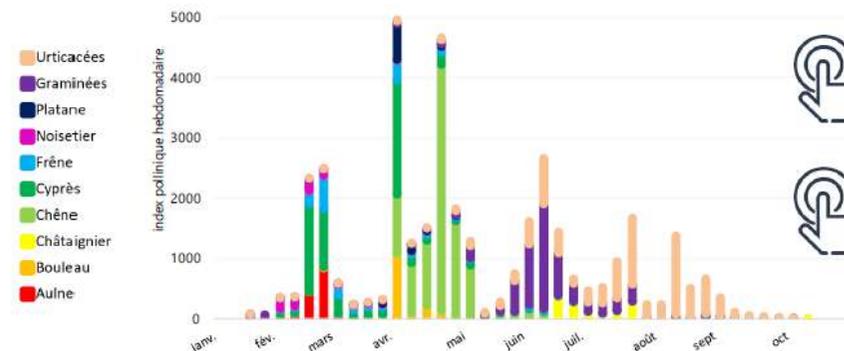
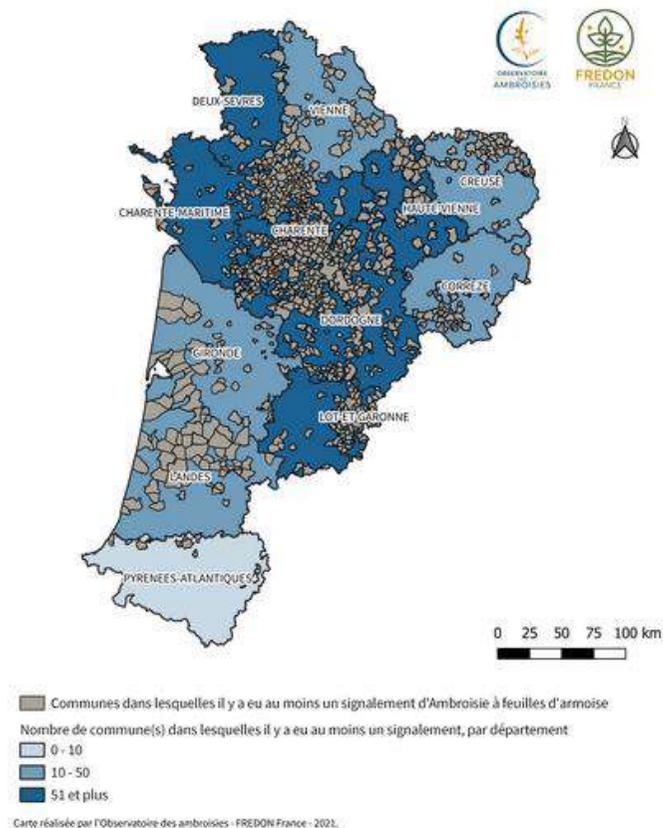


Figure 123 - Cumul hebdomadaire moyen du nombre de grains de pollens à Angoulême - en 2021 - Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine

Le développement de l'Ambroisie à feuilles d'armoise, dont le pollen est fortement allergène, sur le territoire de Grand Angoulême et de la Charente fait l'objet d'une vigilance particulière. Les référents ambroisie présents sur les communes ont pour rôle de répertorier la présence d'ambroisie sur le terrain et d'assurer la remontée d'informations via la plateforme de signalement.

La cartographie des communes concernées en 2021 par l'ambroisie est présentée ci-dessous.

### Etat des connaissances sur la répartition de l'Amброisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.) en Nouvelle aquitaine entre 2001 et 2021



- Les fongicides : contre les organismes responsables de maladies tels que les champignons ou les bactéries

Mais il en existe beaucoup d'autres : nématicides (contre les vers), acaricides (contre les acariens), rodenticides (contre les rongeurs), molluscicides (contre les limaces), algicides (contre les algues), corvicides (contre les oiseaux ravageurs), ...

D'un point de vue réglementaire, on distingue les produits phytopharmaceutiques ou phytosanitaires (essentiellement destinés à protéger les végétaux), des produits biocides (pour éliminer les organismes nuisibles ou en protéger les matériaux) et des produits antiparasitaires humains ou vétérinaires.

- **Etat des lieux :**

Les mesures de pesticides dans l'air sont effectuées dans le périmètre de l'agglomération du Grand Angoulême. La station de mesure est une station rurale de référence pour la mesure de pesticides en Nouvelle-Aquitaine depuis 2015. Son environnement est composé de grandes cultures et de vignes.

## 6.8.2 LES PESTICIDES

- **Présentation :**

Les pesticides sont des substances chimiques utilisées pour prévenir, contrôler ou lutter contre les organismes jugés indésirables ou nuisibles par l'homme (plantes, champignons, bactéries, animaux). Ils sont classés selon la nature de l'espèce nuisible. Les plus fréquemment utilisés sont :

- Les herbicides: contre les « mauvaises » herbes
- Les insecticides : contre les insectes ravageurs

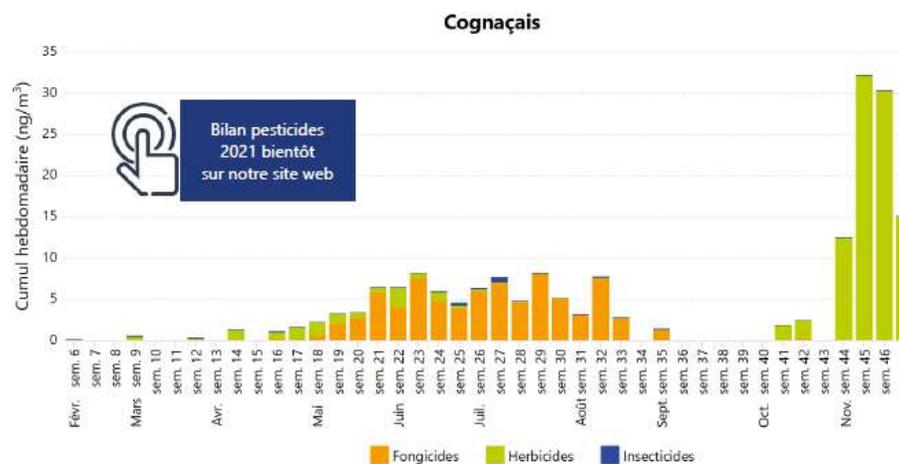


Figure 124 - Evolution annuelle des concentration en pesticides pour 2021 - Station de Saint Saturnin  
Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine

Les traitements fongicides sur les vignes sont perçus à travers les concentrations mesurées au printemps et au cours de l’été. L’influence des grandes cultures est visible sur les traitements herbicides sur les céréales en fin d’année.

Les **concentrations en herbicides sont stables par rapport à 2020** mais sont les plus élevées depuis 2015. Celles des **fongicides sont légèrement en baisse** par rapport à l’année 2020, ce qui en fait la 3<sup>ème</sup> année la moins concentrée en fongicides depuis 2015. En 2021, le **folpel** (fongicide de la vigne) diminue légèrement par rapport à 2020 tandis que le **prosulfoarbe** (herbicide principalement utilisé sur les céréales d’hiver) augmente.

A close-up photograph of a map with a pushpin. The pushpin has a light brown, spherical head and a silver stem. The map is partially visible, showing roads and geographical features. The number '7' is printed on the map to the right of the pushpin. A thick black horizontal bar is positioned below the number '7'.

7

ANNEXES

## 7.1 Consommation d'électricité et de gaz –maille IRIS

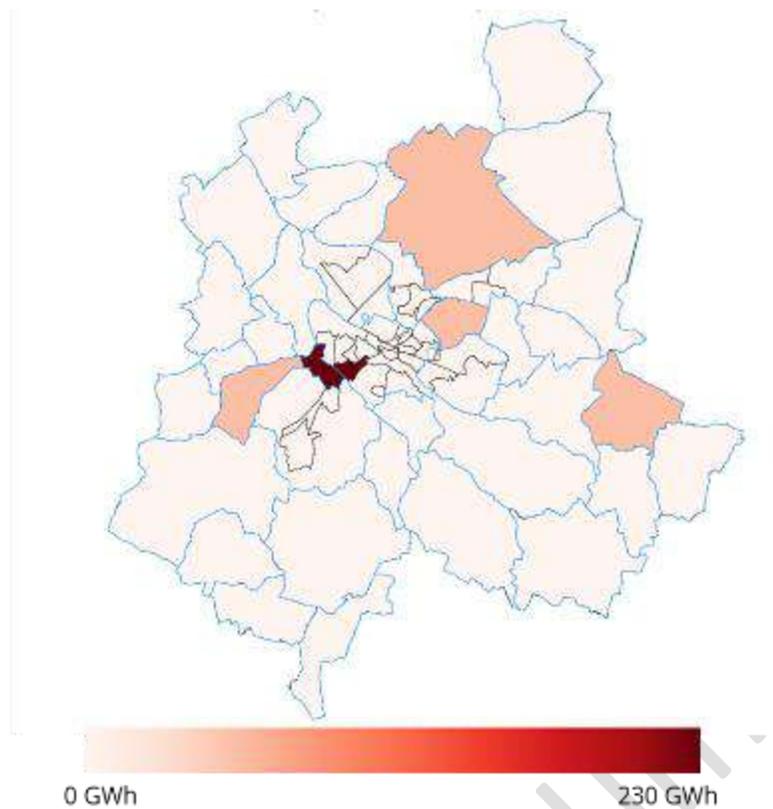


Figure 125 Cartographie de la consommation **totale d'électricité et de gaz** (2,04 TWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

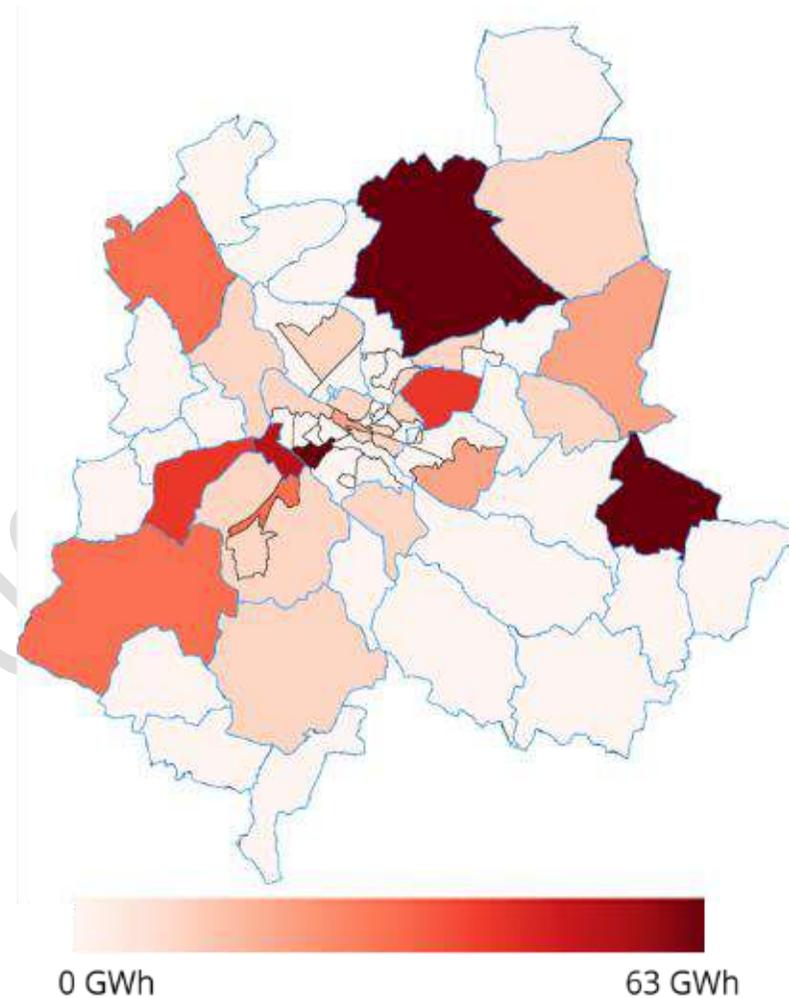


Figure 126 Cartographie de la **consommation totale d'électricité** (958 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

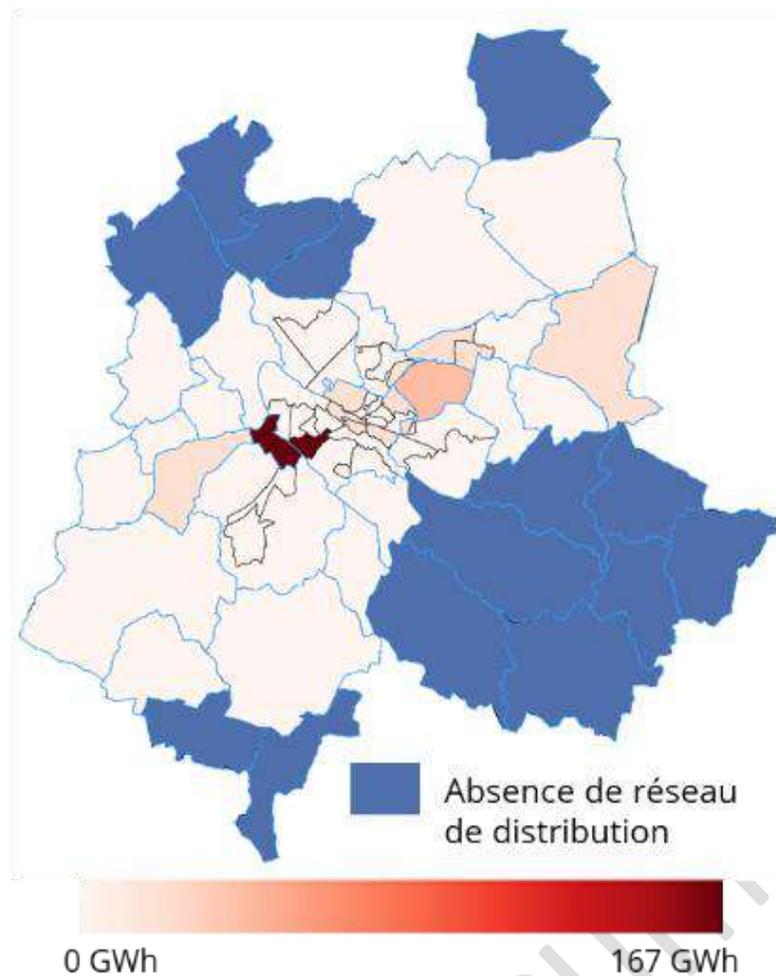


Figure 127 Cartographie de la consommation **totale de gaz** (1085 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

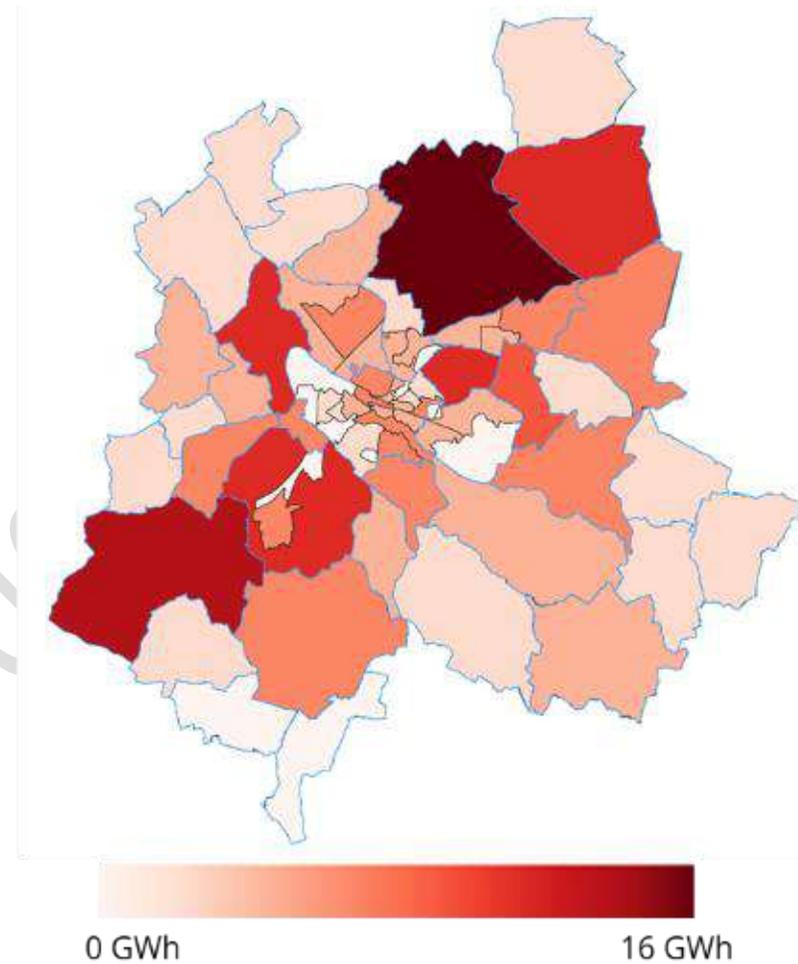


Figure 128 Cartographie de la consommation d'électricité résidentielle (338 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

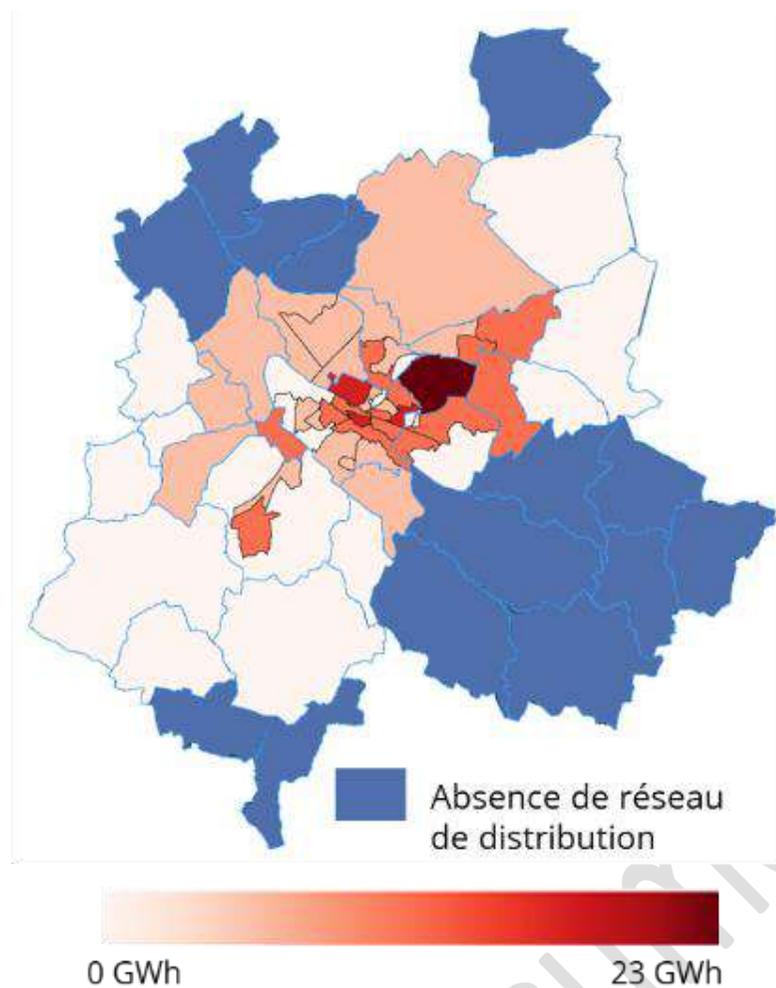


Figure 129 Cartographie de la **consommation de gaz résidentielle** (431 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

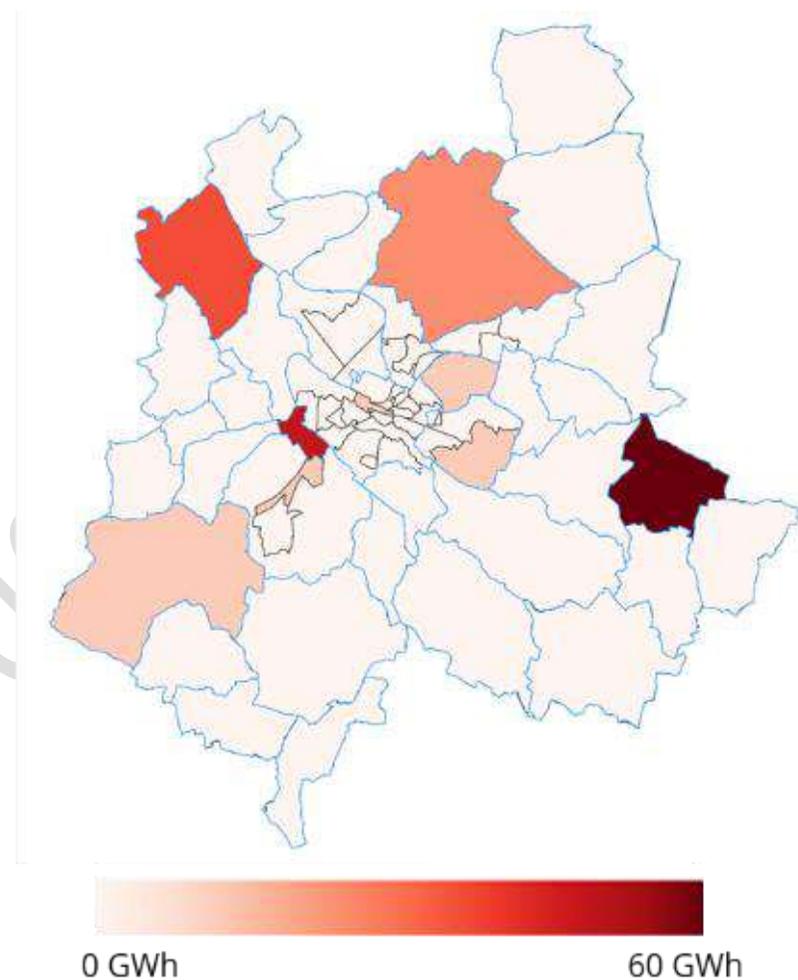


Figure 130 Cartographie de la **consommation d'électricité tertiaire** (404 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

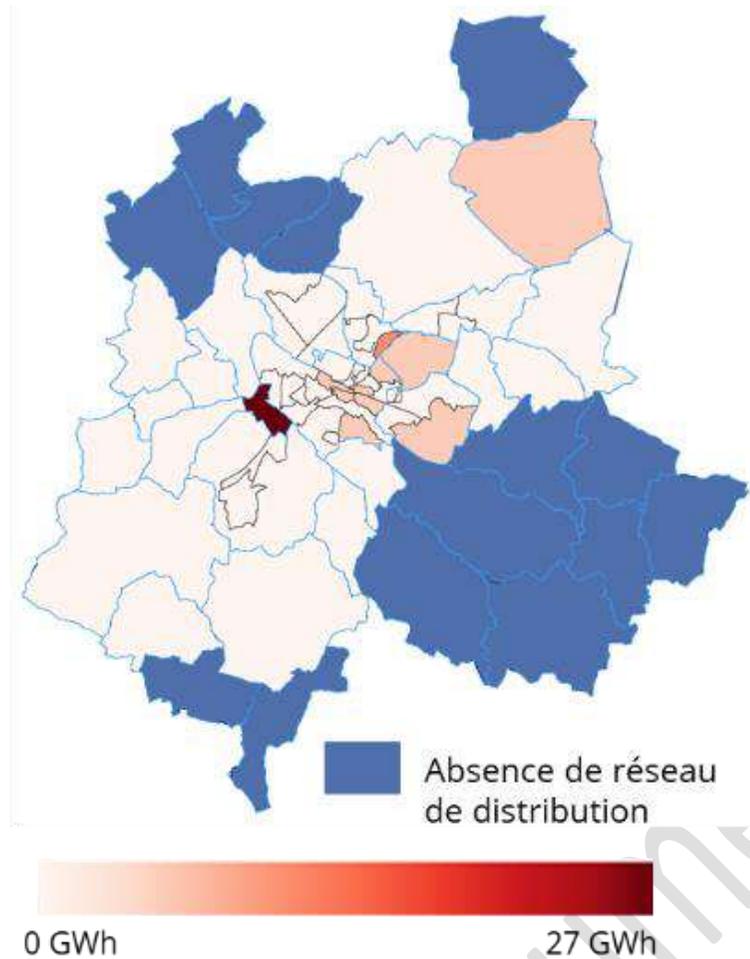


Figure 131 Cartographie de la **consommation de gaz tertiaire** (189 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

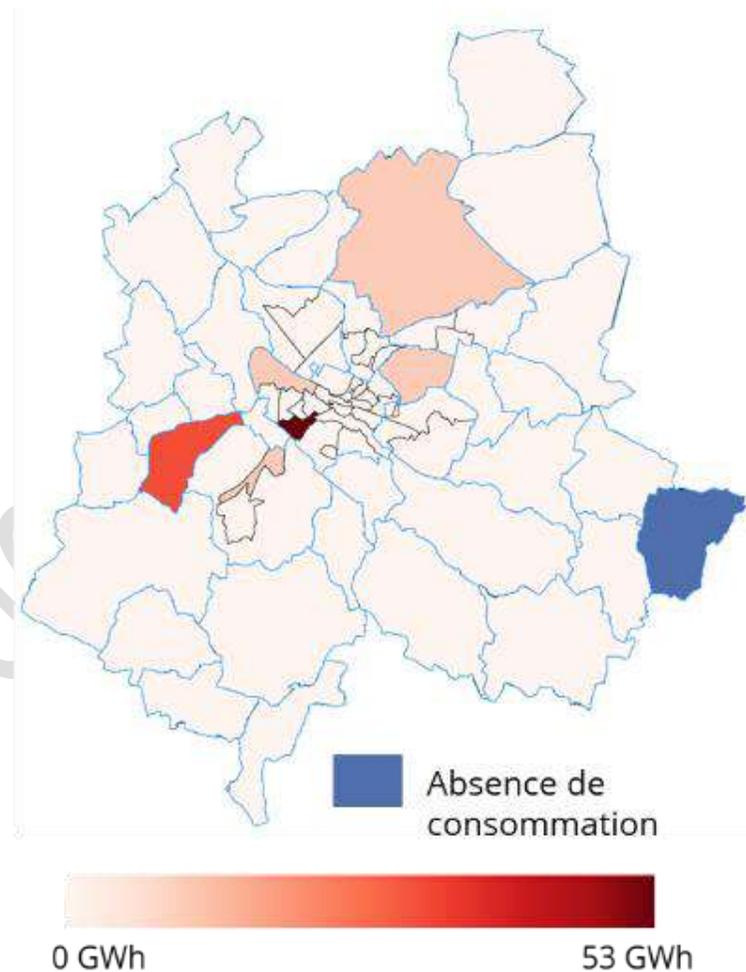


Figure 132 Cartographie de la **consommation d'électricité industrielle** (211 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

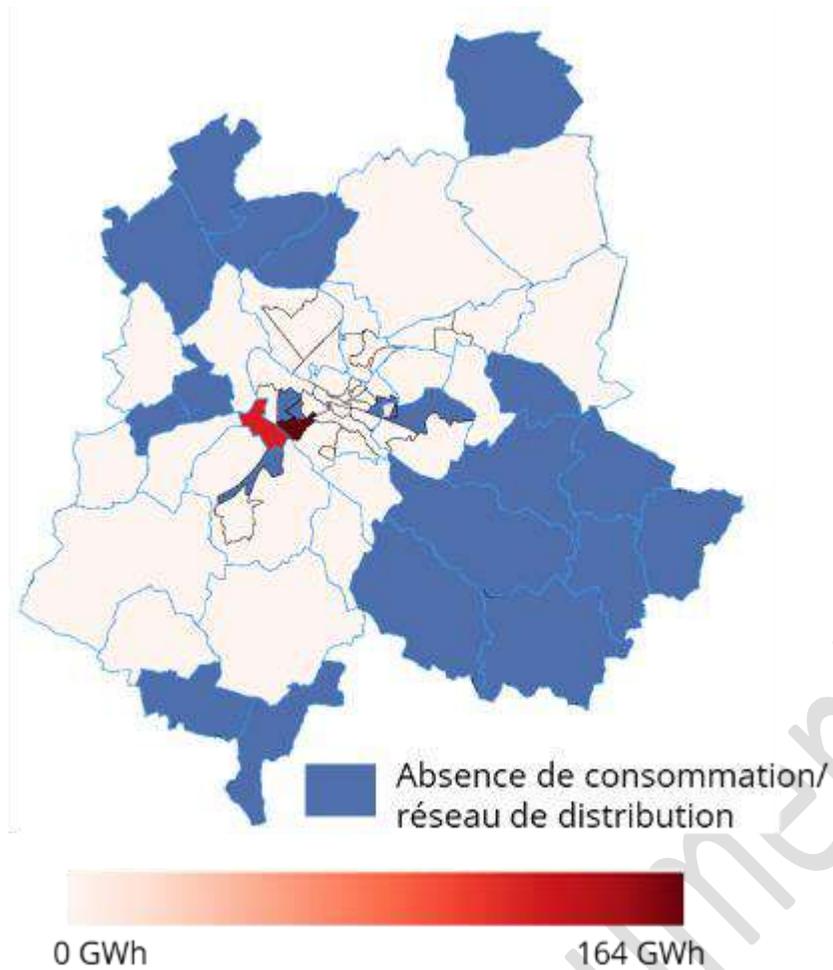


Figure 133 Cartographie de la **consommation de gaz industrielle** (461 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême

## 7.2 Consommation d'électricité et de gaz – maille communes

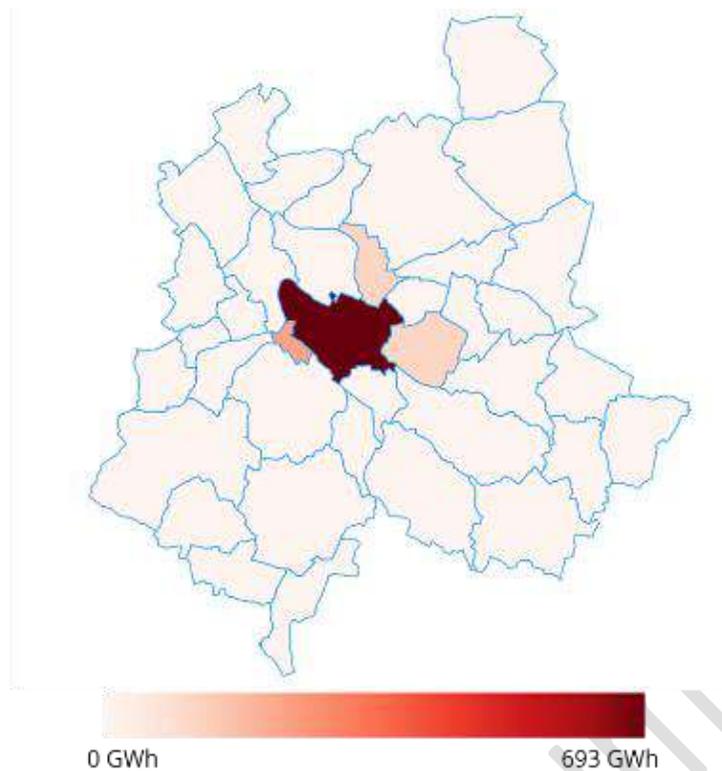


Figure 134 Cartographie de la **consommation totale d'électricité et de gaz** (2,04 TWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême

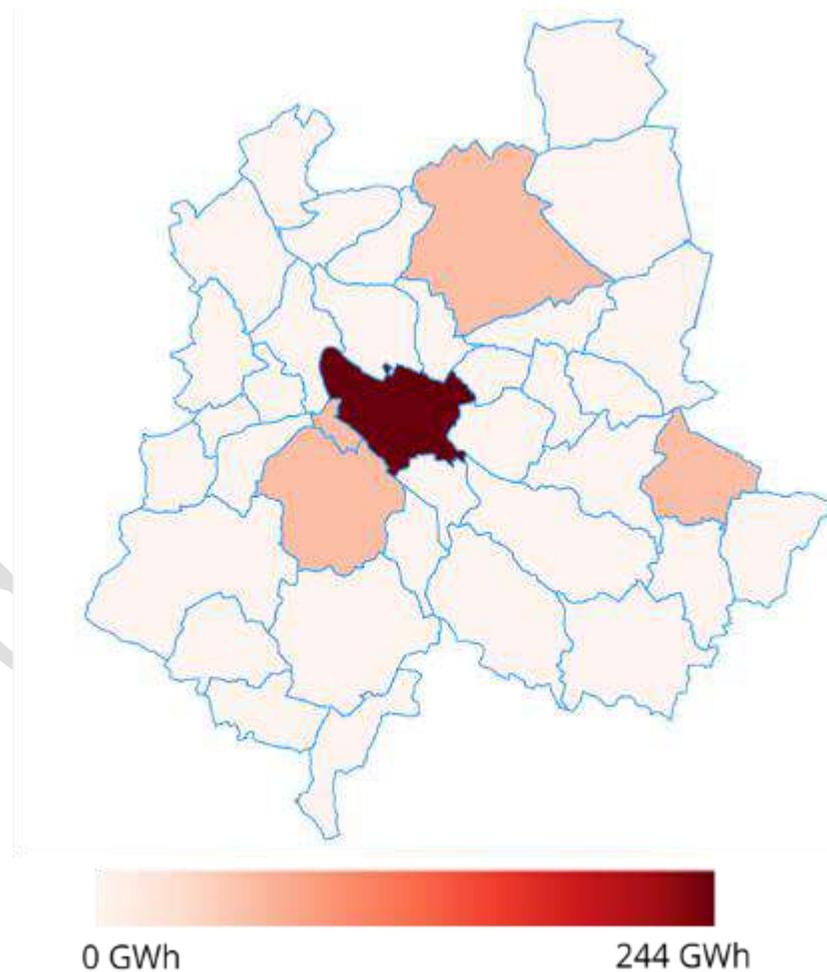


Figure 135 Cartographie de la **consommation totale d'électricité** (958 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême

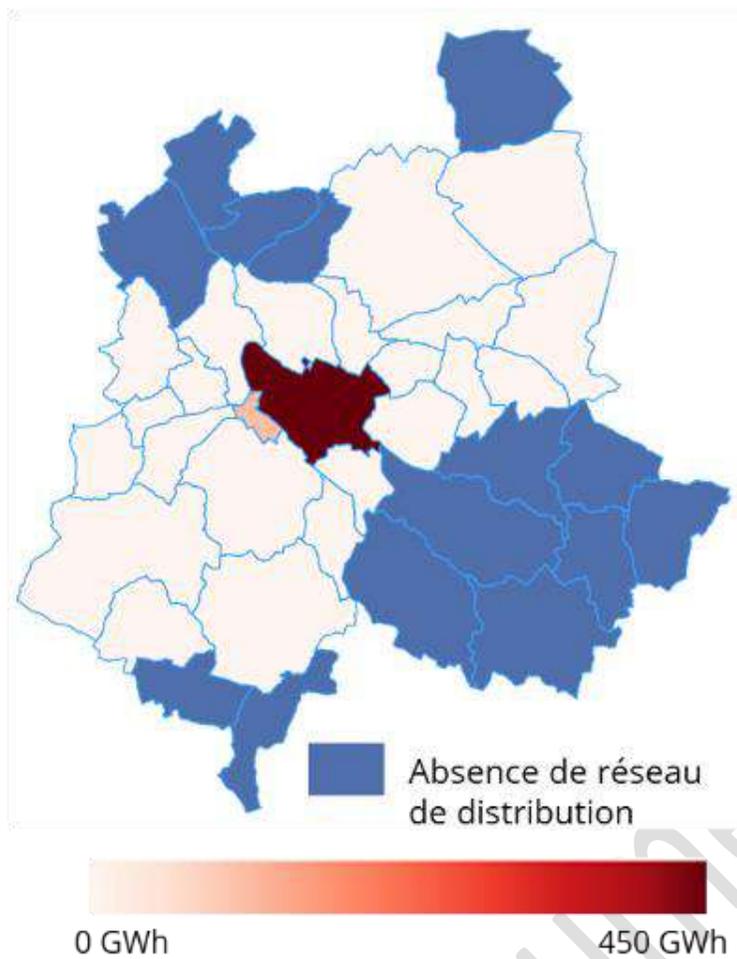


Figure 136 Cartographie de la **consommation totale de gaz** (1085 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême

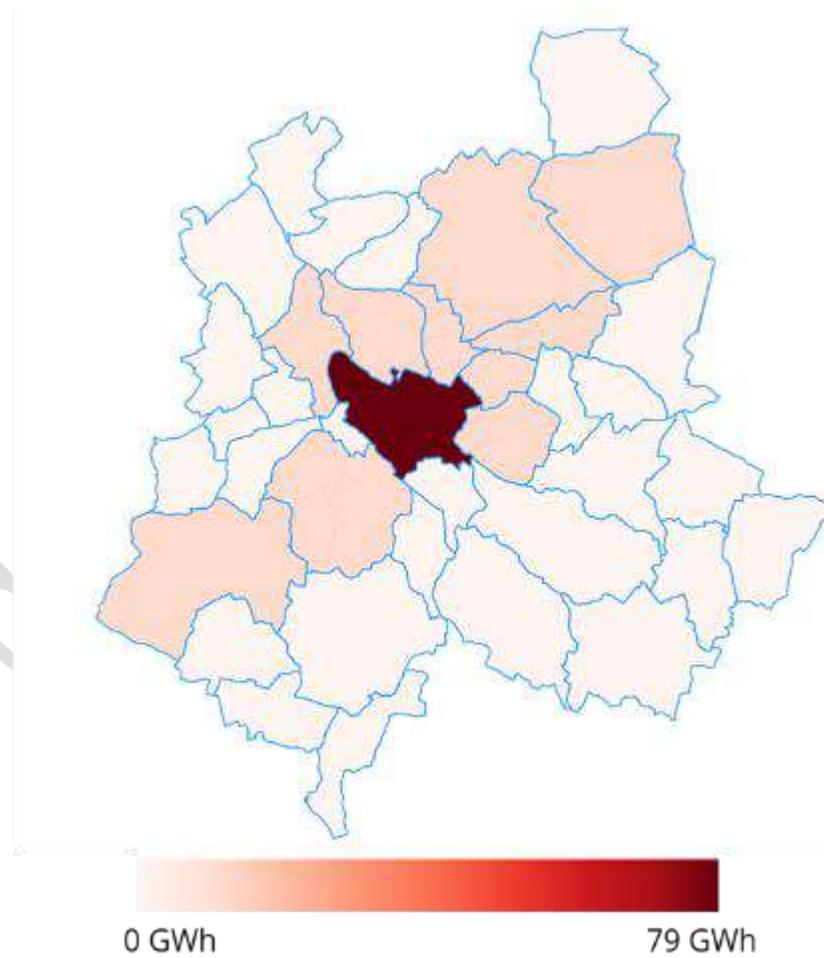


Figure 137 Cartographie de la **consommation d'électricité résidentielle** (338 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême

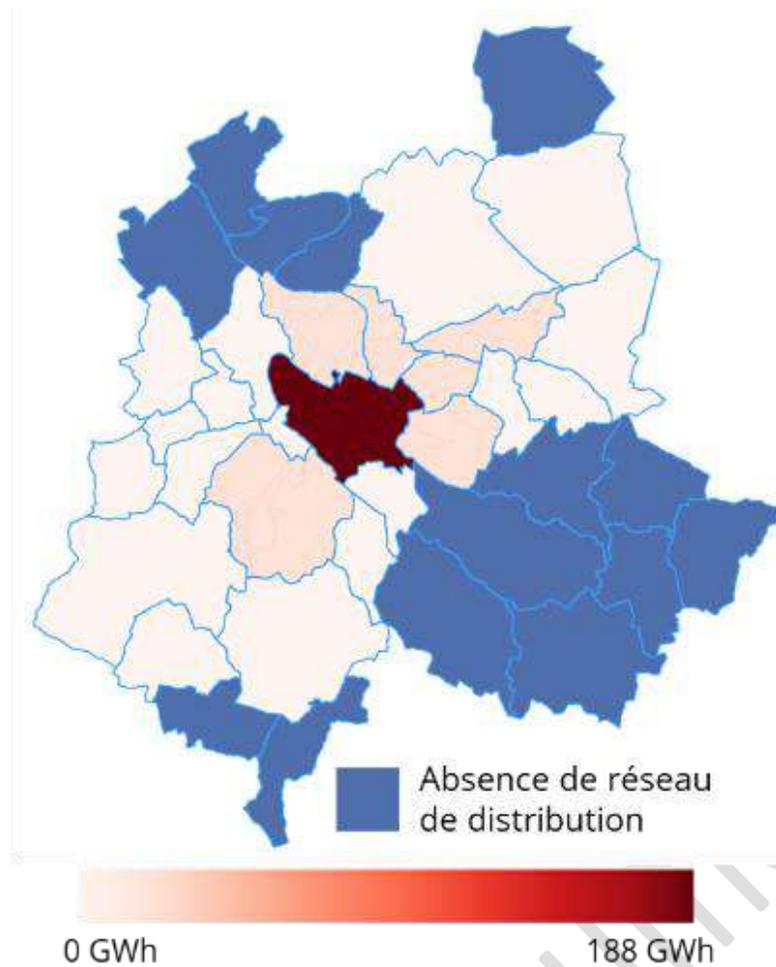


Figure 138 Cartographie de la **consommation de gaz résidentielle** (431 GWh) à la maille communales sur le territoire du Grand Angoulême

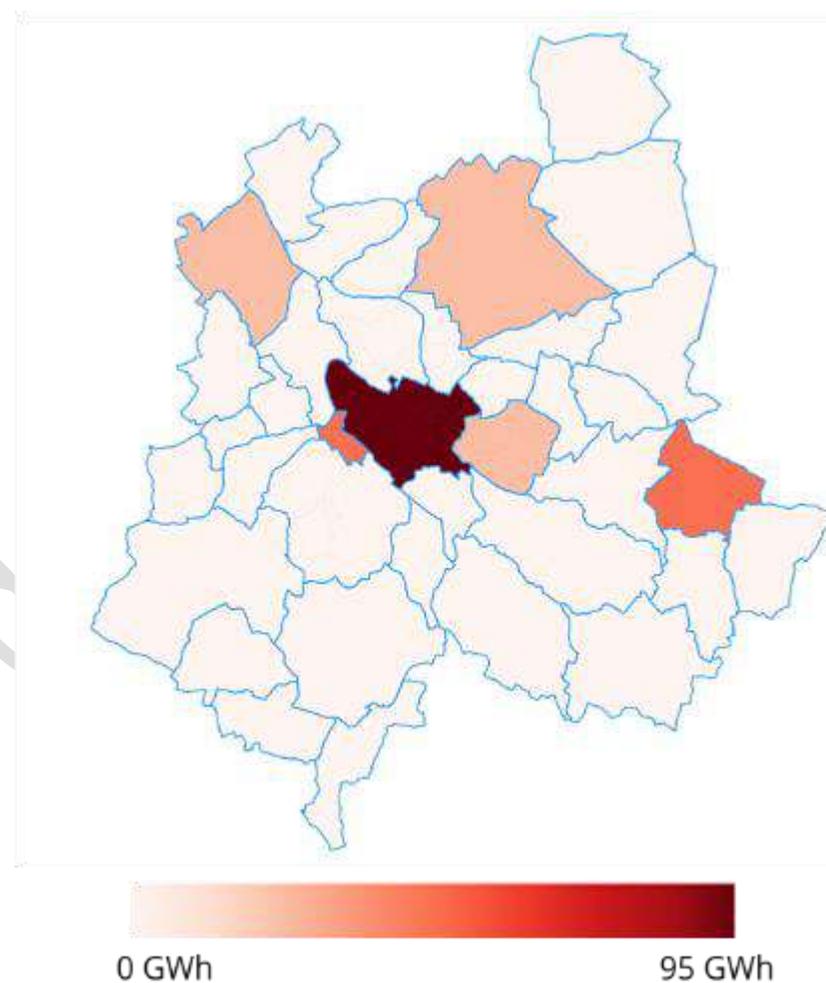


Figure 139 Cartographie de la **consommation d'électricité tertiaire** (404 GWh) à la maille communales sur le territoire du Grand Angoulême

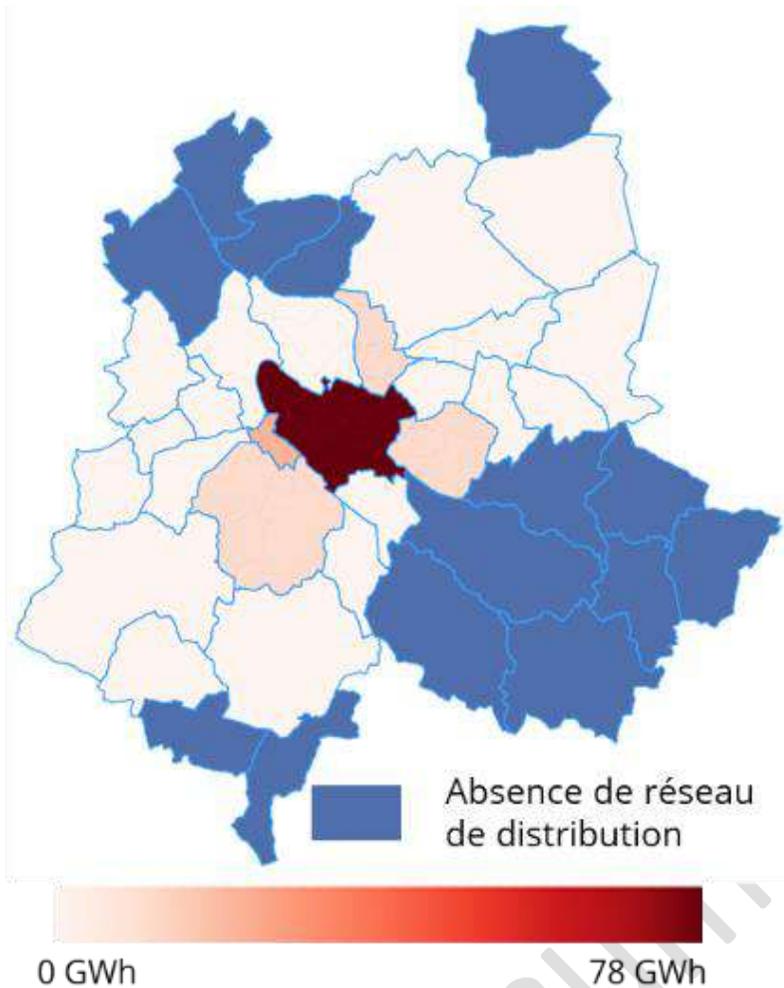


Figure 140 Cartographie de la **consommation de gaz tertiaire** (189 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême

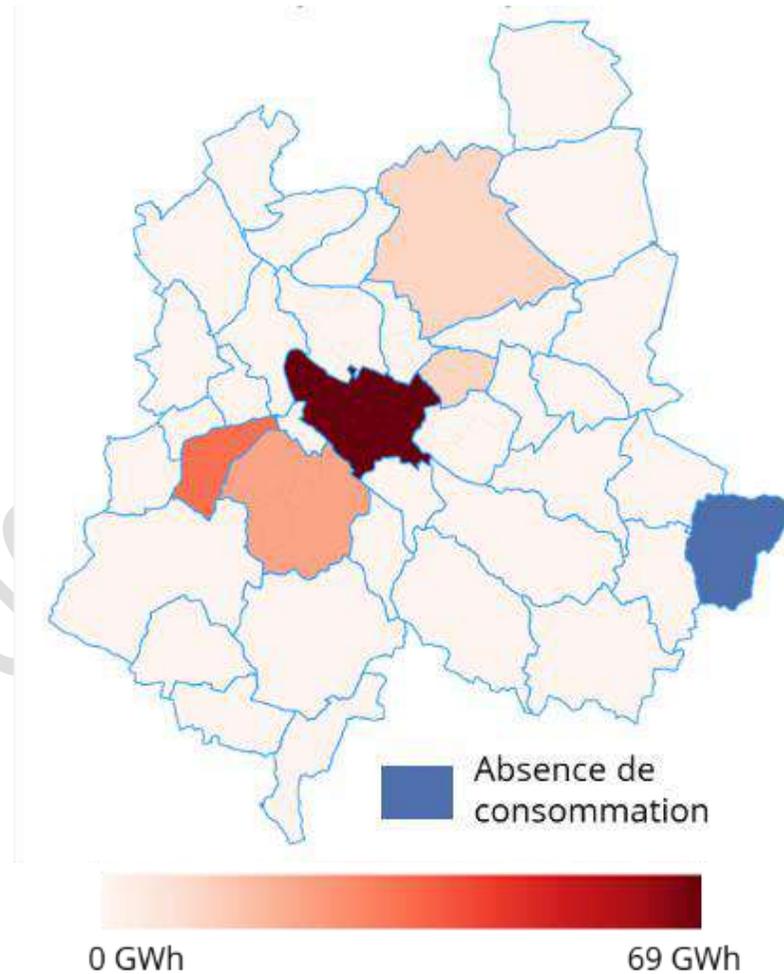


Figure 141 Cartographie de la **consommation d'électricité industrielle** (211 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême

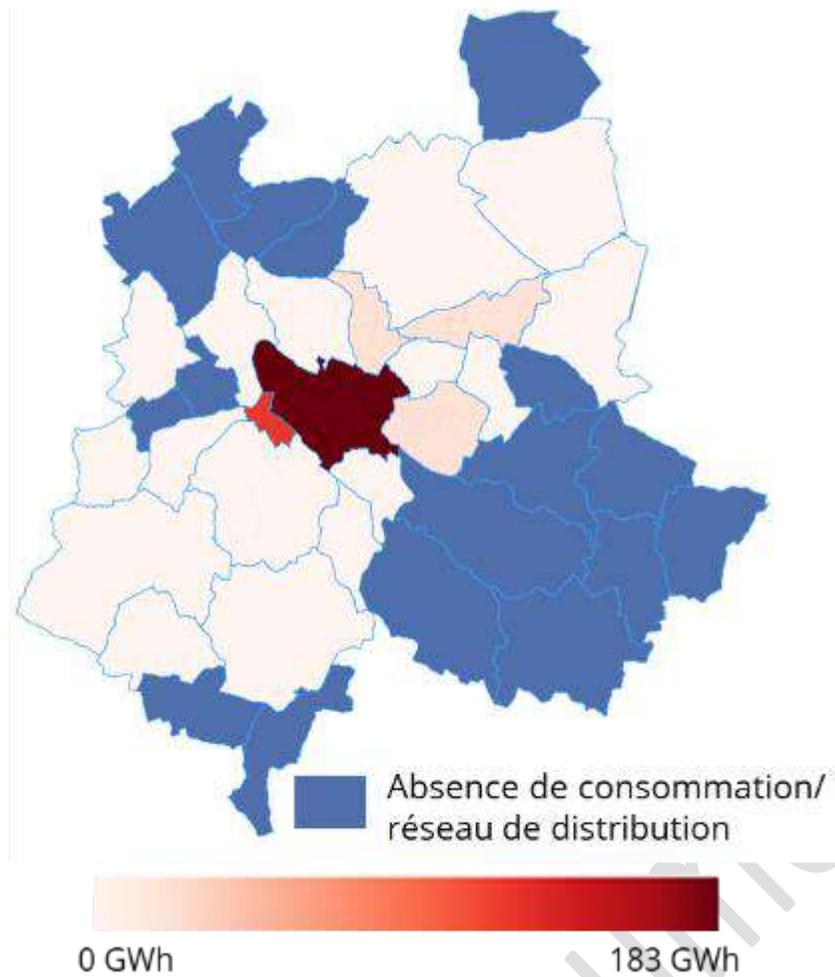


Figure 142 Cartographie de la **consommation de gaz industrielle** (461 GWh) à la maille communale sur le territoire du Grand Angoulême

## 7.3 Cartographies des réseaux électriques

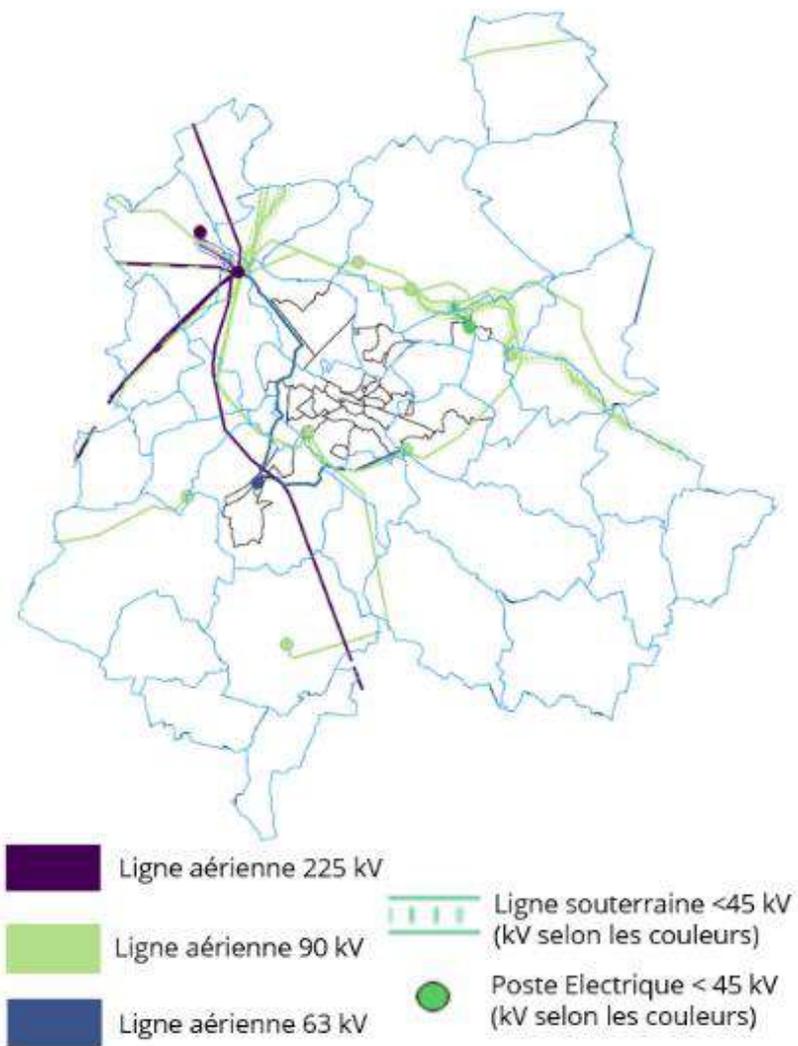


Figure 143 : Cartographie du réseau de transport électrique

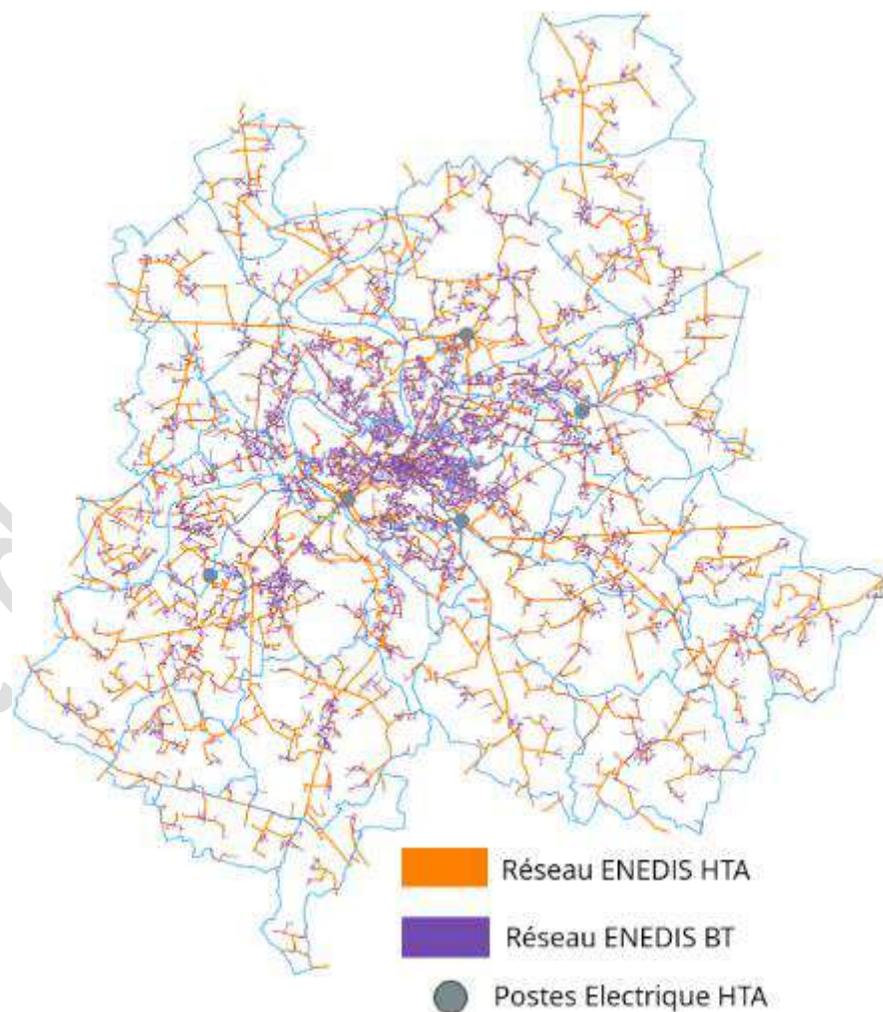


Figure 144 Cartographie du réseau de distribution d'électricité

## 7.4 Table des figures

Figure 1 - objectifs réglementaires Climat - Energie .....	7
Figure 2 - Objectifs du PREPA – source Ministère de la Transition Écologique .....	8
Figure 3 - la SNBC de la France, révisée en 2020 - Source : Ministère de l'Ecologie.....	9
Figure 4 - Principaux objectifs de réduction des émissions de GES de la SNBC .....	9
Figure 5 - Évolution des températures moyennes automnales – station météo de La Couronne – sources : Météo France .....	11
Figure 6 - Évolution des températures moyennes hivernales – station météo de La Couronne – sources : Météo France .....	11
Figure 7 - - Évolution des températures moyennes printanières – station météo de La Couronne – sources : Météo France .....	12
Figure 8 - - Évolution des températures moyennes estivales – station météo de La Couronne – sources : Météo France .....	12
Figure 9 - Évolution des jour chaudFrance.....	12
Figure 10 - Évolution du nombre de gel - Station météo de Cognac - Couronne - Sources : Météo France.....	13
Figure 11 - Évolution des précipitations annuelles - Station d'Angoulême / La Couronne - Sources : Météo France .....	13
Figure 12 - Évolution de l'évapotranspiration potentielle en Charente - Sources : Météo France.....	14
Figure 13 : évolution de l'humidité moyenne des sols (SWI) en Charente - sources : Météo France .....	15
Figure 14 - Etat des lieux de l'ambrosie en Charente - sources : AEI (données récoltées entre 2000 et 2018).....	16
Figure 15 - Schéma de construction de l'inventaire énergétique – sources : ATMOSUD.....	18

Figure 16 – Consommation énergétique finale par vecteur (2019) - sources : AREC / Artelys .....	19
Figure 17 : Répartition sectorielle des consommations énergétiques (2019) - sources : AREC / Artelys.....	19
Figure 18 : Comparaison de la consommation sectorielle avec la France et la Nouvelle-Aquitaine - sources : AREC / Gouvernement / Artelys .....	20
Figure 19 : Consommations et mix énergétiques finaux des secteurs d'activités - sources : AREC .....	20
Figure 20 – Consommations et mix énergétiques finaux par secteur d'activités - sources : AREC / Artelys.....	21
Figure 21 - évolution de la consommation énergétique par secteur - sources : AREC / Artelys .....	21
Figure 22 : Cartographie IRIS de la consommation <b>électrique</b> 2019 (total : 958 GWh) .....	21
Figure 23 : Cartographie IRIS de la consommation <b>gaz</b> 2019 (total : 1085 GWh) .....	22
Figure 24 – Mix renouvelable du Grand Angoulême en 2019 .....	23
Figure 25 : Cartographie de la production d'électricité 2021 (maille IRIS)	23
Figure 26 : Comparaison de la production EnR à la France et à la Nouvelle- Aquitaine 2019 .....	24
Figure 27- Evolution de la production EnR locales du Grand Angoulême - Sources : AREC- Algoé .....	24
Figure 28-Les inventaires territoriaux Air-Climat-Energie – Sources : ATMO Sud.....	25
Figure 29 – Répartition en % des émissions de GES pour la France, la Région Nouvelle-Aquitaine et le Grand Angoulême (2019) - sources : AREC / Gouvernement - Artelys .....	26
Figure 30–Répartition des émissions de GES énergétiques (violet) et non énergétiques (rose) par secteur (en ktCO2) pour Grand Angoulême (2019) - sources : AREC - Artelys .....	26
Figure 31- évolution des émissions GES de Grand Angoulême - sources : AREC - Algoé.....	27

Figure 32 : État des capacités d'accueil selon le S3REnR (MW) - Caparéseau en 2022 .....	29
Figure 33: Cartographie des réseaux électriques (source).....	29
Figure 34: Cartographie des réseaux de gaz .....	30
Figure 35– Consommations et dépenses énergétiques du Grand Angoulême (2019).....	31
Figure 36– Décomposition de la facture énergétique du Grand Angoulême (2019) .....	31
Figure 37: Cartographie de la précarité énergétique (2019) .....	33
Figure 38 : Indicateurs d'effort énergétique sur le logement et les carburants (2019).....	33
Figure 39: Seuil de pauvreté et logements anciens (avant 1991) (2019)..	33
Figure 40: Pourcentage de locataires et demandeurs d'emploi (2019)....	34
Figure 41: Pourcentage d'actifs et de retraités (2019).....	34
Figure 42: différence entre flux de séquestration et flux d'émission de carbone.....	36
Figure 43: Stocks de référence par occupation du sol, source : outil ALDO .....	37
Figure 44 : Répartition des stocks de carbone tous réservoirs confondus .....	38
Figure 45: Répartition des stocks de carbone par réservoir. ....	39
Figure 46: représentation simplifiée des flux de carbone.....	40
Figure 47 : bilan <i>des flux annuels sur le territoire</i> .....	42
Figure 48 : Comparaison des flux de carbone territoriaux en 2020 et potentiels d'évolution .....	46
Figure 49: Zones de <i>contrainte liées aux habitations</i> .....	49
Figure 50: Zones de contraintes <i>liées aux servitudes techniques</i> .....	49
Figure 51 Zones de <i>contraintes patrimoniales</i> .....	50
Figure 52: Zones de contraintes <i>environnementales rédhitoires et très sensibles</i> .....	50
Figure 53 Zones de <i>contraintes environnementales sensibles</i> .....	51
Figure 54 Cartographie <i>des niveaux de contraintes</i> .....	51

Figure 55: Cartographie <i>de l'estimation du nombre d'éoliennes</i> .....	52
Figure 56: Vitesse des vents à 100m et zones <i>d'implantations d'éoliennes</i> .....	53
Figure 57: Zones de contraintes considérées par la DREAL pour le potentiel éolien (DREAL) .....	54
Figure 58 : Cartographie provisoire des zones d'implantation d'éoliennes (DREAL).....	54
Figure 59 : Zones d'implantation potentielle d'éoliennes (hors zones soumises à contraintes rédhitoires + très sensibles + sensibles), estimations basse (gauche) et haute (droite) – production Artelys .....	55
Figure 60 : Zones d'implantation potentielle d'éoliennes (hors zones soumises à contraintes rédhitoires + très sensibles), estimations basse (gauche) et haute (droite) – production Artelys .....	55
Figure 61: Extrait du cadastre <i>solaire, centré sur Angoulême</i> .....	58
Figure 62 : Schéma <i>pour déterminer l'orientation des toits</i> .....	58
Figure 63: Facteur de correction <i>de production des panneaux photovoltaïques (source HEPSUL)</i> .....	59
Figure 64: Cartographie à maille IRIS du potentiel PV sur toiture (kWh par m <sup>2</sup> de l'IRIS) .....	60
Figure 65: Potentiel <i>maximal de production hors contraintes et petites toitures en GWh (Total : 1500 GWh)</i> .....	61
Figure 66: Potentiel <i>de production maximal hors protection (Total : 1600 GWh)</i> .....	61
Figure 67 : Extrait du cadastre solaire, centré sur Angoulême (sans les bâtiments situés dans des zones de protection) .....	62
Figure 68: Cartographie des <i>contraintes pour le solaire au sol</i> .....	64
Figure 69: Nombre de site <i>potentiel pour le PV au sol selon leur puissance</i> .....	65
Figure 70: Potentiel <i>PV au sol en MW selon la puissance installable sur les sites</i> .....	65
Figure 71: Cartographie <i>des sites potentiels pour le PV au sol</i> .....	66
Figure 72: Zoom sur les <i>sites potentiels autour d'Angoulême</i> .....	66

Figure 73: Cartographie des cours d'eau du GA et des centrales hydroélectriques actuelles (rouge) .....	67
Figure 74: Exemple des étapes de réparation d'un ouvrage.....	68
Figure 75: Cartographie des sites potentiels pour l'hydroélectricité et des contraintes.....	69
Figure 76 Cartographie des installations retenues et des stations de mesure du débit.....	69
Figure 77: Cartographie du potentiel hydroélectrique (installation où le potentiel est facilement mobilisable entourée en rouge).....	70
Figure 78: Cartographie des stations d'épuration existantes sur le territoire Angoumois.....	71
Figure 79: Cartographie des ressources en bois et périmètres d'approvisionnement de 50, 100 et 150 km autour du territoire .....	73
Figure 80: Schéma des types de bois.....	73
Figure 81: Modèle de gisement de bois-énergie (source : ADEME) .....	74
Figure 82: Gisement bois-énergie selon les périmètres et scénarios .....	75
Figure 83: Production de chaleur sur GA (EnR thermiques 2019) à partir de bois particulier et biomasse thermique (GWh) – source AREC-Artelys. 75	75
Figure 84: Origine régionale du potentiel de bois énergie (100 km) .....	76
Figure 85: Potentiel bois par type d'origine .....	76
Figure 86 Répartition de la chaleur fatale en Nouvelle-Aquitaine par température (haut) et par filière (bas), année 2017 .....	78
Figure 87 : Cartographie des sites industriels produisant 99,4% des déchets industriels du territoire, des STEP, des data centers, des RC existants et de la consommation de gaz résidentielle sur le territoire du Grand Angoulême .....	81
Figure 88 : Cartographie des sites industriels produisant 99,4% des déchets industriels du territoire, des STEP, des data centers, des RC existants et de la consommation de gaz tertiaire sur le territoire du Grand Angoulême . 82	82
Figure 89 : Illustration du fonctionnement de la géothermie sur sonde (BRGM) .....	83

Figure 90 : Illustration de la production réversible de chaleur par géothermie (BRGM) .....	84
Figure 91 : Zones réglementaires GMI sur échangeurs fermés (sur échangeurs ouverts la quasi intégralité des zones rouges sont oranges et le reste de la carte est identique) .....	84
Figure 92 : Conductivité moyennée du sol (0-50m) pour géothermie sur sonde.....	85
Figure 93 : Potentiel géothermique sur aquifères .....	85
Figure 94: Installations liées à la méthanisation en Charente .....	87
Figure 95 : Répartition du potentiel de méthanisation en 2030 (Total : 73 GWh) .....	88
Figure 96: Cartographie du potentiel de méthanisation à horizon 2050 ...	89
Figure 97: Cartographie des cantons .....	89
Figure 98: Schéma de la production d'hydrogène.....	90
Figure 99: Schéma d'un véhicule hydrogène.....	91
Figure 100: Synthèse des gisements EnR&R bruts du Grand Angoulême ..	93
Figure 101 - Normes UE concentration de polluants atmosphériques - Sources; Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	97
Figure 102 Objectifs du PREPA en matière d'émissions de polluants atmosphériques .....	98
Figure 103 t nouvelles Valeurs Guide de l'OMS de 2021 - sources : Atmo Nouvelle Aquitaine.....	98
Figure 104 – grille de fonctionnement de l'Indice ATMO .....	99
Figure 105- Indice ATMO pour Grand Angoulême pour l'année 2019 Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine (2021).....	100
Figure 106 - Carte Stratégie Air de Grand Angoulême - Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine (2021).....	101
Figure 107 - Analyse Carte Stratégie Air de Grand Angoulême - Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine (2021) .....	101
Figure 108 - inventaire des émissions de polluants pour Grand Angoulême (2014) sources : Atmo Nouvelle Aquitaine .....	102

Figure 109 -Comparaison des émissions de polluants par territoire (2014) sources : Atmo Nouvelle Aquitaine.....	102
Figure 110 - Bilan vis-à-vis des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS sur la Charente Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine (2021).....	103
Figure 111 - Evolutions pluriannuelles moyennes des principaux polluants 2012-2021 en Charente Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	104
Figure 112 - Nombre de jours d'épisodes de pollution en Charente et Nouvelle-Aquitaine sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	104
Figure 113 - concentration en NO <sub>2</sub> en 2021 - source : Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	105
Figure 114 - Comparaison entre différentes stations de mesures pour le NO <sub>2</sub> en Nouvelle Aquitaine- sources ; Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	105
Figure 115 - concentration en PM <sub>10</sub> en 2021 -source : Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	106
Figure 116 - concentration en PM <sub>2,5</sub> en 2021 source : Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	107
Figure 117- Répartition des émissions nationales de NH <sub>3</sub> - sources CITEPA (2018) .....	107
Figure 119- Concentration moyennes mensuelles moyens (2014 – 2019) - Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine.....	108
Figure 119 Moyenne annuelle et tendance des concentration d'ammoniac (2014 – 2019) -Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine .....	108
Figure 120 - Evolution moyenne O <sub>3</sub> - 2012 – 2021 sur la Région Nouvelle Aquitaine Sources : Atmo Nouvelle Aquitaine .....	109
Figure 121 - concentration en O <sub>3</sub> en 2021 source : Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	109
Figure 122 - Carte des communes sensibles à la pollution atmosphérique du Grand Angoulême (2018) - sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine.....	110
Figure 123 - Cumul hebdomadaire moyen du nombre de grains de pollens à Angoulême -en 2021 - Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine.....	111

Figure 124 - Evolution annuelle des concentration en pesticides pour 2021 - Station de Saint Saturnin Sources : Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	113
Figure 125 Cartographie de la consommation <b>totale d'électricité et de gaz</b> (2,04 TWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême .....	115
Figure 126 Cartographie de la <b>consommation totale d'électricité</b> (958 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême.....	115
Figure 127 Cartographie de la consommation <b>totale de gaz</b> (1085 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême .....	116
Figure 128 Cartographie de la consommation d'électricité résidentielle (338 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême .....	116
Figure 129 Cartographie de la <b>consommation de gaz résidentielle</b> (431 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême.....	117
Figure 130 Cartographie de la <b>consommation d'électricité tertiaire</b> (404 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême.....	117
Figure 131 Cartographie de la <b>consommation de gaz tertiaire</b> (189 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême .....	118
Figure 132 Cartographie de la <b>consommation d'électricité industrielle</b> (211 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême.....	118
Figure 133 Cartographie de la <b>consommation de gaz industrielle</b> (461 GWh) à la maille IRIS sur le territoire du Grand Angoulême.....	119
Figure 134 Cartographie de la <b>consommation totale d'électricité et de gaz</b> (2,04 TWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême.....	120
Figure 135 Cartographie de la <b>consommation totale d'électricité</b> (958 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême .....	120
Figure 136 Cartographie de la <b>consommation totale de gaz</b> (1085 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême .....	121
Figure 137 Cartographie de la <b>consommation d'électricité résidentielle</b> (338 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême.....	121
Figure 138 Cartographie de la <b>consommation de gaz résidentielle</b> (431 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême .....	122
Figure 139 Cartographie de la <b>consommation d'électricité tertiaire</b> (404 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême .....	122

Révision du SCoT valant PCAET et Elaboration du PLUi valant Plan de Mobilité

Figure 140 Cartographie de la <b>consommation de gaz tertiaire (189 GWh)</b> à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême.....	123
Figure 141 Cartographie de la <b>consommation d'électricité industrielle</b> (211 GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême	123
Figure 142 Cartographie de la <b>consommation de gaz industrielle (461</b> GWh) à la maille communes sur le territoire du Grand Angoulême .....	124
Figure 143 : Cartographie du réseau de transport électrique .....	125
Figure 144 Cartographie du réseau de distribution d'électricité .....	125

Document de travail

## 7.5 Table des tableaux

Tableau 1 : Données 2020 OCS2D .....	37
Tableau 2 : Stocks équivalents CO2, 2012, Outil ALDO .....	38
Tableau 3 : Stocks équivalents CO2 par type de sols .....	38
Tableau 4 : estimation du stock de carbone dans les matériaux .....	39
Tableau 5 : Évolution de l'occupation du sol du territoire entre 2012 et 2018, données Corine Land Cover (CLC) via l'outil ALDO, Ademe .....	40
Tableau 6 : Données issues de l'observatoire national de l'artificialisation .....	41
Tableau 7 Données de changements d'affectation des sols OCS2D .....	41
Tableau 8 : Évaluation de l'impact des changements de pratiques agricoles sur la séquestration carbone, Outil ALDO, Données OCS2D .....	44
Tableau 9 : Illustration du potentiel de séquestration carbone matériaux .....	45
Tableau 10 : Récapitulatif des contraintes .....	48
Tableau 11 : Potentiel éolien en MW selon les contraintes et estimations .....	52
Tableau 12 : Répartition du potentiel PV et thermique sur toitures selon les contraintes .....	61
Tableau 13 : Récapitulatif du potentiel PV au sol et sur ombrières, et des projets .....	65
Tableau 14 Effets des contraintes sur le PV au sol, hors projets actuels ..	65
Tableau 15 : Récapitulatif du potentiel hydroélectrique selon les contraintes .....	71

# **Cartéclima !**

*J'écris mon territoire de demain*

[www.grandangouleme.fr](http://www.grandangouleme.fr)

