

**Plan Climat**  
Pays du Mans

## PLAN CLIMAT - AIR - ÉNERGIE TERRITORIAL (document approuvé le 20 décembre 2019)

### ÉTUDE DE POTENTIEL ET DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES (pièce 1.3) PAYS DU MANS

Vu pour être annexé à la délibération du Comité syndical du Pays du Mans du 20 décembre 2019



PRÉFECTURE DE LA SARTHE

21 JAN. 2020



DCL

**Table des matières :**

Introduction .....	3
Contexte de l'étude .....	3
Les filières étudiées.....	4
<b>Phase 1 : État des filières par ENR et recensement des freins / leviers .....</b>	<b>5</b>
1 Note méthodologique .....	6
2 Identification des acteurs locaux et des productions d'énergie renouvelable locales .....	7
3 Etat des lieux EnR&R .....	8
3.1 Production d'électricité .....	8
3.2 Production de chaleur .....	13
3.3 Autres .....	18
3.4 Conclusion .....	21
4 Identification des réseaux énergétiques .....	23
5 Identification des consommateurs importants .....	25
<b>Phase 2 : Scénarios énergétiques .....</b>	<b>26</b>
6 Potentiel de développement des EnR&R .....	27
6.1 Production d'électricité .....	27
6.2 Production de chaleur .....	32
6.3 Autres .....	35
6.4 Bilan .....	38
7 Stockage .....	39
7.1 Stockage d'électricité .....	39
7.2 Stockage de chaleur .....	43
8 Scénarisation énergétique globale.....	45
8.1 Projection des consommations d'énergie .....	45
8.2 Développement des énergies renouvelables .....	46
9 Eléments d'aide à la décision sur les différentes ENR.....	53
9.1 Eolien.....	53
9.2 Solaire photovoltaïque .....	56
9.3 L'hydro-électricité .....	59
9.4 Le solaire thermique.....	61
9.5 Les pompes à chaleur aérothermiques .....	63
9.6 Les pompes à chaleur géothermiques.....	65
9.7 Le bois énergie.....	68
9.8 La méthanisation .....	71
9.9 Bilan .....	73
<b>ANNEXES .....</b>	<b>74</b>
1 Etat des lieux .....	75
2 Potentiel de développement des énergies renouvelables.....	78
2.1 Production d'électricité.....	78
2.2 Production de chaleur .....	79
2.3 Autres .....	81
3 Scénarios par EPCI .....	85
3.1 Communauté de Communes du Gesnois Bilurien.....	85
3.2 Communauté de Communes Maine Cœur de Sarthe .....	88
3.3 Communauté de communes Orée de Bercé Belinois.....	92
3.4 Communauté de Communes du Sud-Est Pays Manceau .....	94
3.5 Le Mans Métropole .....	98

## Introduction

### Contexte de l'étude

Afin de compléter l'élaboration de son Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET), le Pays du Mans a souhaité approfondir sa réflexion sur le développement des énergies renouvelables par une étude de potentiel en énergies renouvelables et de récupération.

Le schéma suivant illustre le positionnement du PCAET dans la politique internationale et nationale de lutte contre le changement climatique.

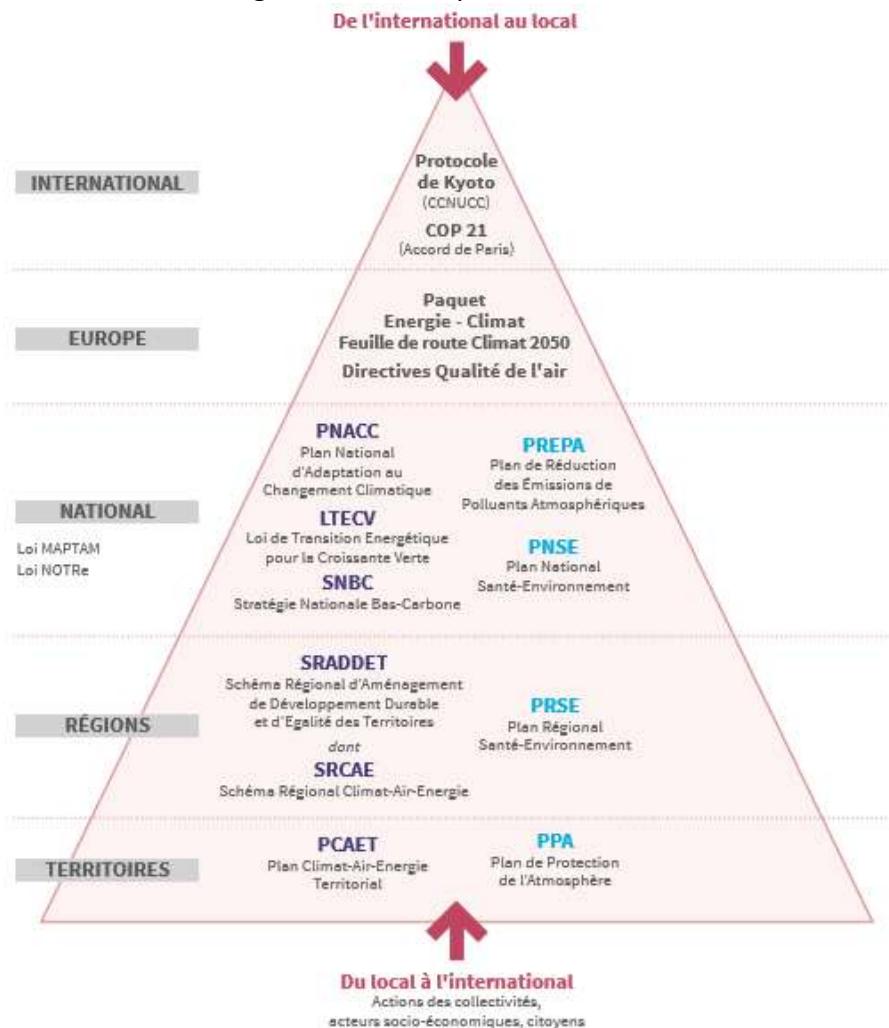


Figure 1 : Positionnement du PCAET dans les différentes politiques de lutte contre le changement climatique

Pour la région Pays de la Loire, le SRADDET est en cours d'élaboration après son SRCAE, validé en 2014, mais arrivant à expiration en fin d'année 2019.

Les enjeux climatiques et énergétiques ont déjà été soulevés dans la région, et continuent à l'être.

De plus, un observatoire du climat et de l'énergie, ainsi qu'une association de surveillance de la qualité de l'air, sont présents sur la région pour fournir des données aux intercommunalités pour dresser leurs profils énergétiques et de qualité de l'air.



En termes de documents concernant les énergies renouvelables sur le territoire, le SRCAE reste à ce jour le document structurant sur le sujet. Ses orientations étaient au développement des énergies renouvelables sur l'ensemble de la région, y compris le département de la Sarthe. Cette étude, couplée au PCAET, permettra au Pays du Mans de s'approprier le sujet au plus proche de son territoire et fixer ses propres orientations quant au développement des énergies renouvelables.

L'étude commencera par un état des lieux global des ENR sur le territoire, et, en étudiant le gisement disponible sur le territoire, cherchera à établir un plan d'actions de développement des ENR.

Cet équivalent d'un Schéma directeur des ENR va permettre au Pays du Mans de :

- Donner un cadre à la prise de décision.
- Se positionner vis-à-vis des porteurs de projets pour le développement par filière ENR, sur des zones favorables ou non favorables et à une échelle infra-communale,
- Aboutir à un plan d'action plus détaillé de ce volet.

## ***Les filières étudiées***

Les différentes filières d'énergies renouvelables et de récupération considérées dans cette étude sont :

- Filières de production d'électricité
  - Eolien terrestre,
  - Solaire photovoltaïque,
  - Hydraulique,
  - Biomasse solide,
  - Biogaz,
  - Géothermie,
- Filières de production de chaleur
  - Biomasse solide,
  - pompes à chaleur,
  - Géothermie,
  - Solaire thermique,
  - Biogaz,
- Filières de production de carburants
  - Biométhane
  - Biocarburants,
- Energies de récupération de chaleur fatale :
  - Des réseaux d'eaux usées et eaux grises
  - Data center
  - Unités d'incinération des ordures ménagères (UIOM)
  - Autres sources de chaleur fatale



## ***Phase 1 : État des filières par ENR et recensement des freins / leviers***



## 1 Note méthodologique

Les données présentées ci-après sont issues de plusieurs sources :

- Air Pays de la Loire
- DREAL Pays de la Loire
- OpenData Enedis
- Consultation locale (décrite dans le paragraphe suivant)

Cependant, ces différentes sources ne contiennent pas des données pour toutes les énergies renouvelables, comme le détaille le tableau suivant.

Dans la présente étude, leurs données seront utilisées quand elles sont disponibles. Dans le cas contraire, la méthodologie employée sera décrite.

L'état initial est réalisé en 2014.

Lorsque les données adéquates sont disponibles, il est indiqué une mise à jour des données plus récente.

FILIÈRES DE PRODUCTION DE CHALEUR	
Production de chaleur issue du bois énergie	Non disponible
Production géothermique (basse énergie et très basse énergie)	Non disponible
Pompe à chaleur aérothermique	Non disponible
Production solaire thermique (logements existants)	Disponible (données 2014)
Biogaz	Disponible (données 2014)
Valorisation chaleur issue des déchets	Disponible (données 2014)
Récupération de chaleur fatale (datacenter, eaux usées)	Non disponible
FILIÈRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ	
Eolien terrestre	Disponible (données 2014)
Solaire photovoltaïque	Disponible (données 2014)
Biogaz	Disponible (données 2014)
Biomasse solide	Non disponible
Hydraulique	Disponible (données 2014)
Valorisation électricité issue des déchets	Disponible (données 2014)



## 2 Identification des acteurs locaux et des productions d'énergie renouvelable locales

La phase de cadrage et de définition du contexte local concernant l'enjeu de la transition énergétique a fait l'objet de plusieurs étapes :

- Recensement des acteurs locaux (complété par le Pays du Mans car ces acteurs sont également mobilisés dans le cadre de l'élaboration du Plan Climat Air Energie Territorial du Pays du Mans) pour des données d'entrée, ainsi que leur participation aux ateliers de travail sur la stratégie prévus en phase 2
- Entretiens téléphoniques avec des personnes référentes dans chaque EPCI dans le but d'évaluer la situation et la prise en compte de la thématique énergie par les collectivités, éventuellement collecter des retours d'expérience sur certaines installations gérées par les collectivités.
- Diffusion d'un questionnaire en ligne pour les communes dans le but de recenser les installations d'ENR de taille moyenne existantes sur le territoire (retour d'expérience, type d'énergies renouvelables acceptées ou celles qui font l'objet d'opposition,...) ainsi que les projets d'installation d'ENR en cours pour affiner les perspectives 2030.

Les résultats de cette consultation dans sa globalité a permis de compléter l'état des lieux ENR et de réaliser une cartographie des installations de taille moyenne sur le territoire.

De plus, le cabinet d'étude Auxilia est intervenu en Conseil de Développement afin de présenter la démarche et ses premiers résultats, permettant ainsi d'ouvrir le champ de concertation.

Remarque : la liste des acteurs locaux est la suivante :

- Collectivités : élus, agents en charge de l'énergie dans les communes, responsables techniques, directeurs des services
- Partenaires institutionnels : ADEME, chambres consulaires (chambre d'agriculture, des métiers)
- Distributeurs d'énergies : ENEDIS et GRDF
- Etablissements publics consommateurs : hôpitaux, EHPAD, piscine
- Bailleurs sociaux
- Associations d'entreprises et les principaux industriels et centres commerciaux
- Industriels et entrepreneurs locaux
- Porteurs de projet
- Associations ENR citoyennes
- Conseil de développement

### 3 Etat des lieux EnR&R

#### 3.1 Production d'électricité

##### 3.1.1 L'éolien terrestre

###### **3.1.1.a Technologie**

Le principe de fonctionnement d'une éolienne est le même que celui d'un moulin à vent : elle transforme l'énergie du vent en énergie mécanique (avec les pâles de l'hélice). Un alternateur permet ensuite de convertir cette énergie en énergie électrique.

On distingue trois types d'éoliennes selon leurs tailles :

- Le grand éolien (hauteur : >50m, puissance : > 350 kW) : généralement installé dans des parcs industriels, les grandes éoliennes ont généralement des puissances de 1 à 4 MW (production de masse).
- Le moyen éolien (hauteur : 12 à 50 m, puissance : 36 à 350 kW) : utilisation par les PME/Industries
- Le petit éolien (hauteur : <12m, puissance <36 kW) : Ces éoliennes ne nécessitant pas de permis de construire peuvent être installées sur des mâts ou sur des bâtiments. Elles peuvent être à axe horizontal ou vertical (production agricole domestique).

###### **3.1.1.b Etat de la filière au niveau national**

La France est le deuxième gisement éolien en Europe derrière le Royaume-Uni mais n'est aujourd'hui que le 4<sup>eme</sup> parc éolien en Europe en termes de puissance. Fin 2015, l'énergie produite par les éoliennes en France représentait 3,9% de la production annuelle d'électricité (21,1 TWh). Les parcs éoliens du territoire ne sont pas répartis de façon égale sur le territoire. En effet, en 2015, les régions Grand-Est et Hauts-de-France ont, à elles deux, produit 48% de l'électricité éolienne produite cette année-là en France métropolitaine.

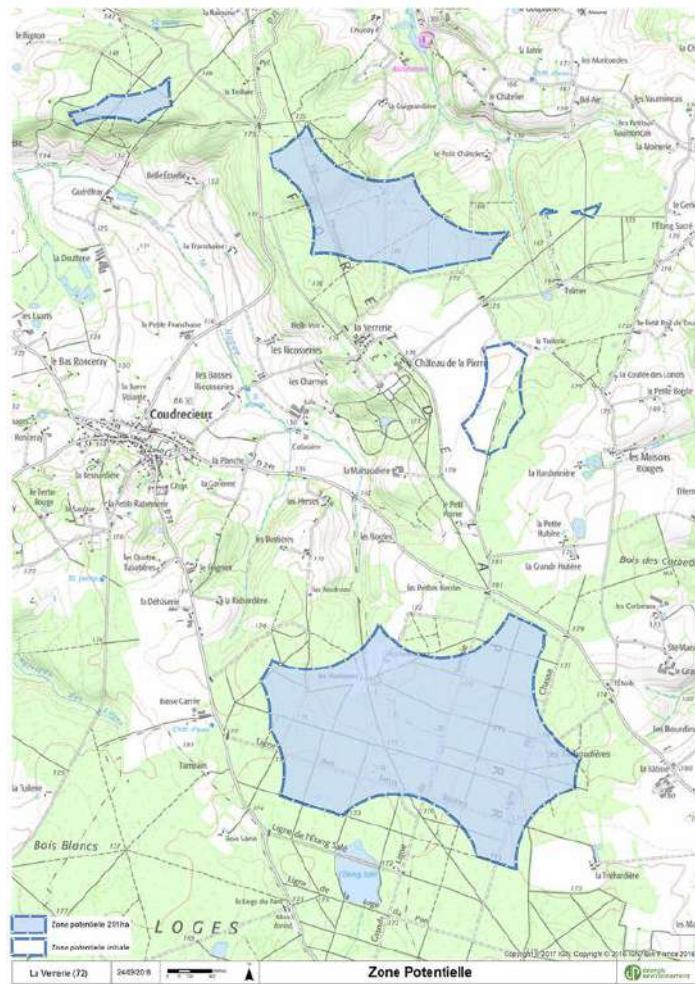
###### **3.1.1.c Etat des lieux sur le territoire**

Source : DREAL Pays de la Loire

Il n'existe pas d'éolien en fonctionnement recensé sur le territoire du Pays du Mans, même si le Schéma Régional Eolien (SRE) des Pays de la Loire affiche des zones favorables au développement éolien sur le territoire.

Sur la Communauté de Communes du Sud Est Pays Manceau, un parc était prévu à Parigné-L'Evêque mais celui-ci rencontre de nombreuses oppositions.

Sur la Communauté de Communes du Gesnois Bilurien, un parc éolien de 7 mâts est en étude sur un terrain privé de la commune de Coudrecieux.



**Figure 2 : Implantation envisagée des éoliennes du futur projet JPEE sur Coudrecieux**

Source : Projet éolien – La Verrerie

**Tableau 1 : Eolien - Etat des lieux**

Filière : Eolien		
Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
0	0 MW	0 MWh

### 3.1.2 L'hydro-électricité

#### 3.1.2.a Technologie

L'hydro-électricité est obtenue en se servant de l'énergie cinétique d'un courant de flux d'eau naturel. Cette énergie cinétique est transformée en énergie mécanique via une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur. Selon la source d'énergie, différentes technologies ont été mises en place : les hydroliennes, les usines marémotrices, les turbines hydro-électriques...

#### 3.1.2.b Etat de la filière au niveau national

L'hydro-électricité est la deuxième source de production électrique derrière le nucléaire et la première source d'électricité renouvelable en France. La production varie fortement

selon les années en fonction des conditions hydrologiques. Cette production représente en moyenne 12% de la production électrique en France.

### **3.1.2.c État des lieux sur le territoire**

Source : OpenData Enedis

Il existe une installation hydroélectrique en fonctionnement sur le territoire, sur le Mans Métropole.

Il existe aussi un projet de modernisation et de remise en fonctionnement de deux turbines sur la commune de Sainte-Jamme-sur-Sarthe, sur la Communauté de Communes Maine Cœur de Sarthe. La puissance installée serait de 474 kW, pour une production prévue d'environ 1 000 MWh/an.

**Tableau 2 : Hydroélectricité - Etat des lieux**

Filière : Hydraulique		
Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
1	NC	27 MWh

### **3.1.3 Le photovoltaïque**

#### **3.1.3.a Technologie**

Les panneaux photovoltaïques transforment l'énergie solaire en énergie électrique. Le principe de fonctionnement est simple : se servir de l'énergie des photons pour créer une tension électrique au sein de la cellule photovoltaïque.

Ce courant électrique est ensuite ondulé (via un onduleur), le transformant de continu en alternatif, avant de le redistribuer sur le réseau ou bien de l'utiliser sur place (autoconsommation).

Les panneaux peuvent être installés en toiture de bâtiments (existants ou neufs) mais également sur des ombrières de parking. Des centrales au sol peuvent également être construites afin de valoriser le foncier non exploité (centre d'enfouissement par exemple).

#### **3.1.3.b État de la filière au niveau national**

Le parc photovoltaïque en métropole atteignait en 2015 6,2 GW de puissance installée. Cela représentait la même année une production de 7,4 TWh soit 1,6% de la consommation d'électricité à l'échelle de la France Métropolitaine. La production est principalement située dans le sud de la France là où l'ensoleillement est le plus élevé.

#### **3.1.3.c État des lieux sur le territoire**

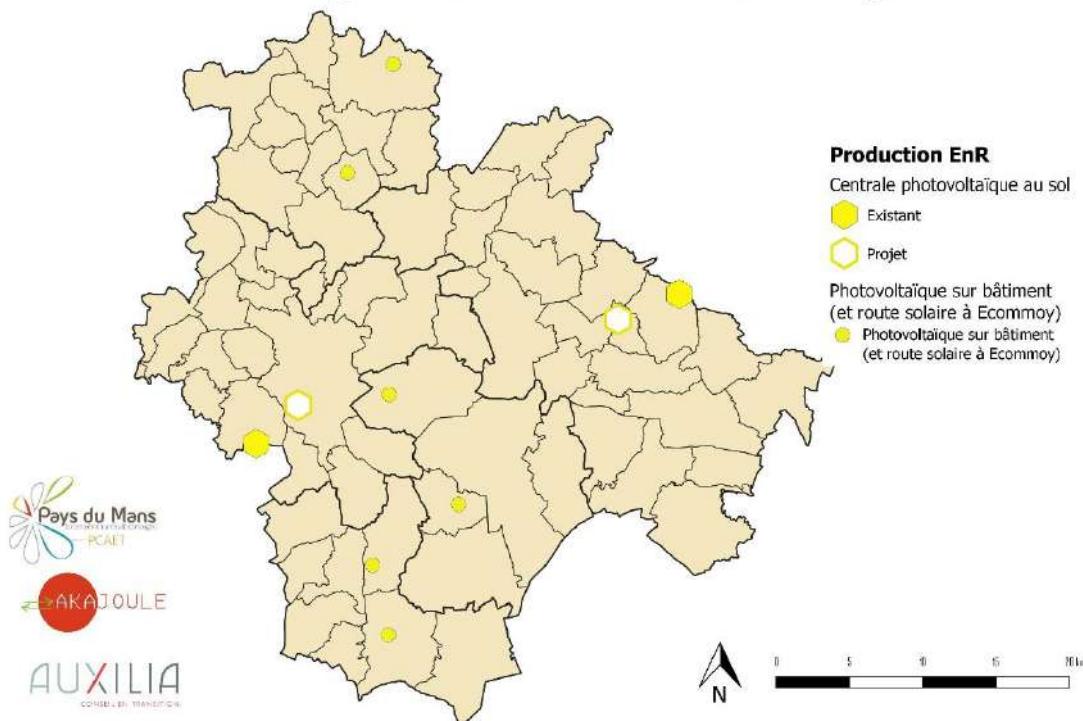
Source : OpenData Enedis

Plusieurs types d'installation de solaire photovoltaïque existent sur le territoire :

- Toitures de particuliers
- Toitures de bâtiments communaux (et chaussée solaire dans le cas d'Ecommoy)
- Centrales au sol

La carte ci-dessous représente la localisation des deux dernières catégories.

### Installations d'énergies renouvelables sur le territoire du Pays du Mans



**Figure 3 : Installations de solaire photovoltaïque remarquables**

Il existe deux centrales au sol :

- Un champ solaire à Allonnes sur la ZAC du Monné, raccordé depuis 2015 sur un site de 17 ha avec 7 MW<sub>C</sub> installés et une production annuelle de 8 GWh,
- Un champ solaire à Thorigné-sur-Dué sur un terrain inexploité, raccordé depuis novembre 2014, avec 2,6 MW<sub>C</sub> installés.

Deux autres centrales au sol sont en projet :

- Un champ solaire à Nuillé-le-Jalais, pour lequel la demande a été déposée par Armor Green en 2015,
- Un champ solaire à Arnage, sur la gare de triage de la SNCF, avec une puissance installée de 10 MW<sub>C</sub> et une production annuelle de 11,4 GWh.

La production totale de solaire photovoltaïque, en ajoutant la production des installations de particuliers, est de 23 000 MWh.

**Tableau 3 : Solaire photovoltaïque - Etat des lieux**

Filière : Solaire photovoltaïque			
Année	Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
2014	1 622	NC	10 162 MWh
2018	NC	NC	22 994 MWh



### 3.1.4 Electricité à partir de bioénergie

#### **3.1.4.a Technologie**

La biomasse est brûlée dans une chambre de combustion suivant plusieurs techniques de combustion suivant l'installation.

En brûlant, la biomasse dégage de la chaleur qui va chauffer de l'eau dans une chaudière. L'eau se transforme en vapeur, envoyée sous pression vers des turbines. La vapeur fait tourner une turbine qui fait à son tour fonctionner un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à moyenne et haute tension.

#### **3.1.4.b État de la filière au niveau national**

En 2014 il existait 24 sites de production électrique à partir de biomasse solide. Cela correspond à environ 304 MW<sub>e</sub> de capacité installée, soit 2 400 TWh de production d'électricité. Un potentiel complémentaire de 243 MW est estimé sur 8 sites en construction.

La majorité des sites fonctionnent en cogénération dans le secteur industriel du papier.

#### **3.1.4.c État des lieux sur le territoire**

Le territoire du Pays du Mans ne possède aucune production électrique issue de bioénergie (biomasse, ...) recensée.

**Tableau 4 : Récapitulatif de la production électrique à partir de bioénergie**

Filière : Electricité à partir de bioénergie		
Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
0	0 MW	0 MWh

## 3.2 Production de chaleur

### 3.2.1 Le solaire thermique

#### 3.2.1.a Technologie

L'énergie solaire thermique produit de la chaleur à partir des rayons du soleil (à la différence du photovoltaïque qui produit de l'électricité). Une plaque et des tubes métalliques noirs constituent l'absorbeur (corps noir). Ils reçoivent le rayonnement solaire et s'échauffent. La chaleur est restituée grâce à un échangeur thermique (le liquide circulant dans le circuit chauffé cède ses calories solaires à l'eau sanitaire par exemple).

Cette technologie est principalement utilisée pour produire de l'eau chaude sanitaire.

#### 3.2.1.b Etat de la filière au niveau national

Le parc de capteurs solaires thermiques européen s'élevait à 47 000 000 m<sup>2</sup> de capteurs en 2014, soit l'équivalent de 32,9 GWh à fin 2014. On observe toutefois une baisse du nombre de capteurs installés annuellement (-20% entre 2014 et 2013).

En France, le parc solaire thermique représentait en 2014 une surface de capteurs installés d'environ 2,8 millions de m<sup>2</sup> dont 74% sont situés en métropole pour une production de 1,8 TWh dont 62% en métropole.

#### 3.2.1.c Etat des lieux sur le territoire

Sources : DREAL Pays de la Loire ; INSEE

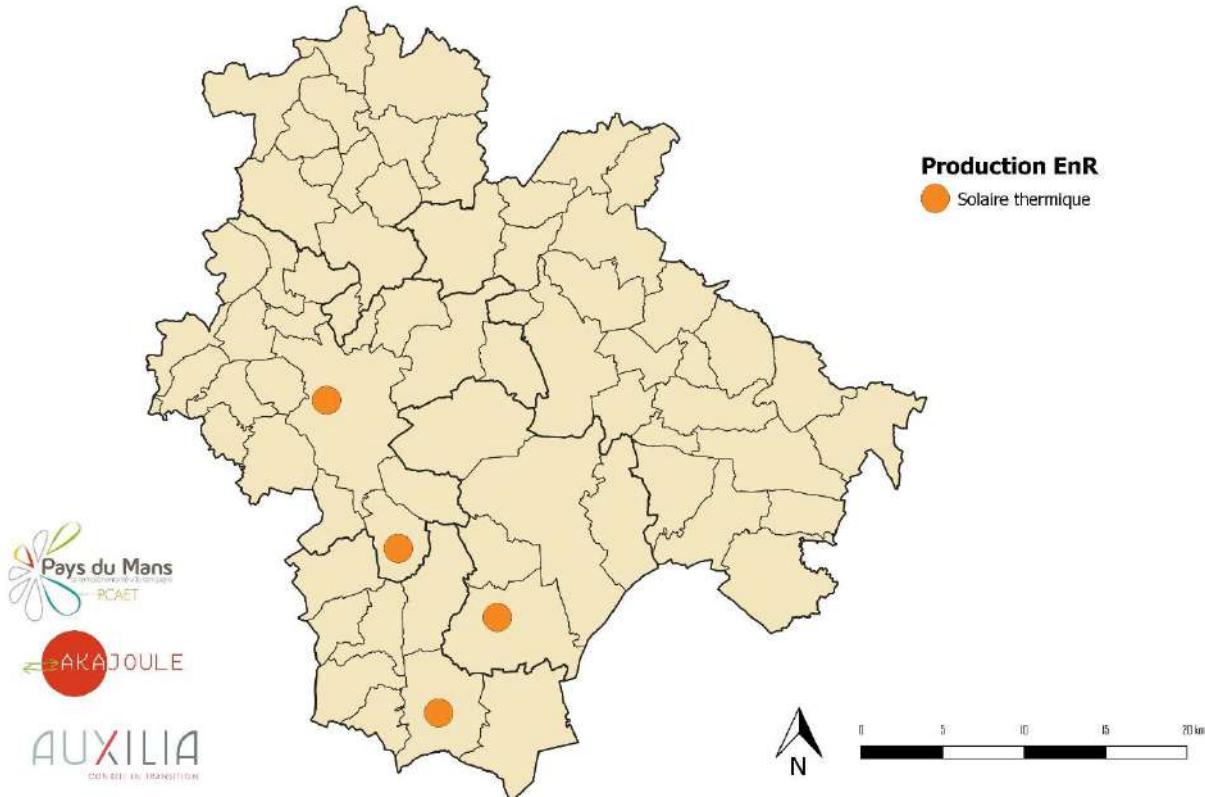
Tout comme le solaire photovoltaïque, il existe des installations de solaire thermique alimentant des bâtiments publics, et des installations de particuliers.

Sont installés 370 m<sup>2</sup> de capteur solaire thermique, tout consommateur confondu, sur le Mans Métropole.

Il existe 4 installations, de taille supérieure à l'installation de particulier, recensées sur le territoire :

- Sur une maison de retraite située dans la ville du Mans, depuis 2015 : 45 m<sup>2</sup> de capteurs produisant annuellement 23 MWh
- Pour alimenter les douches du gymnase de la ville d'Ecommoy
- Logements sociaux à Saint-Mars-d'Ouillé
- Une installation à Mulsanne

### Installations d'énergies renouvelables sur le territoire du Pays du Mans



La production recensée de chaleur issue du solaire thermique sur le Pays Mans Métropole est d'environ 200 MWh pour un total de 370 m<sup>2</sup> de panneaux installés<sup>1</sup>.

Afin d'intégrer les installations de solaire thermique de particulier, non recensées, un travail statistique est effectué par rapport à la situation régionale par la DREAL Pays de la Loire, et complété suivant la même méthodologie sur la Communauté de Communes du Gesnois Bilurien.

La production estimée de chaleur issue du solaire thermique sur le Pays du Mans est de 3,722 GWh en 2012.

Tableau 5 : Solaire thermique - Etat des lieux

Filière : Solaire thermique	Nombre d'installations	Surface totale	Production annuelle
	NC	7 100 m <sup>2</sup>	3 722 MWh

<sup>1</sup> Source : Le Mans Métropole



### 3.2.2 Le bois énergie

#### **3.2.2.a Technologie**

Les chaudières à biomasse brûlent différents biocombustibles et peuvent remplacer les systèmes de chauffage classiques utilisant des chaudières gaz, fioul ou propane.

Les chaudières bois peuvent faire toutes les tailles, depuis 5 kW pour une maison individuelle à plusieurs MW pour une chaufferie collective alimentant un réseau de chaleur.

La chaufferie bois énergie est un local ou bâtiment dédié comportant une chaudière bois/biomasse ainsi parfois qu'une chaudière d'appoint fonctionnant avec une énergie fossile (gaz, fioul ou propane) et un silo de stockage du combustible bois (plaquettes, granulés).

Le combustible est constitué soit de granulés de bois (sciure de bois compressé), soit de plaquettes forestières, bocagères ou urbaines ainsi que de résidus de l'industrie du bois pour les installations les plus importantes. Sous ces formes particulières, le bois a la faculté d'être transporté jusqu'au foyer de la chaudière de façon automatique et régulée.

#### **3.2.2.b État de la filière au niveau national**

La biomasse énergie est la principale source d'énergie renouvelable en France. Elle représentait, en 2012, 45% de la production primaire d'énergie renouvelable en France, ce qui représente 7,4% de la production totale d'énergie primaire. En 2012, 116 TWh d'énergie primaire étaient issus du bois énergie.

#### **3.2.2.c État des lieux sur le territoire**

Source : Air Pays de la Loire

La production réelle de bois-énergie extrait des forêts, de l'entretien des haies et des abattages ponctuels sur le territoire du Pays du Mans n'est pas connue avec précision, étant donné la multitude de sources de bois et leur difficile traçabilité.

La chaleur issue de biomasse solide (bois énergie) se décompose en deux grandes catégories :

- La production centralisée : ces installations collectives de production de chaleur (communales ou industrielles) sont subventionnées et sont donc recensées
- La production décentralisée : le chauffage au bois est encore largement répandu chez les particuliers qui ont souvent une consommation importante de bois buche.

Ces deux types de production sont donc séparés dans le paragraphe ci-dessous.

#### **Production décentralisée**

Si la production réelle de bois-énergie extraite des forêts n'est pas connue, le bois-énergie est une ressource utilisée uniquement pour la production de chaleur dans les secteurs résidentiel et tertiaire, et la quantité de chaleur produite a pu être évaluée dans l'état des lieux des consommations du territoire.

Une production de 263 000 MWh de chaleur issue du bois est alors estimée sur le territoire, soit environ 60 700 m<sup>3</sup> équivalent bois rond.

Remarque : 99% du bois est consommé par le secteur résidentiel qui est majoritairement équipé d'appareils de combustion souvent anciens, ce qui peut nuire à la qualité de l'air sur le territoire.

## Production centralisée

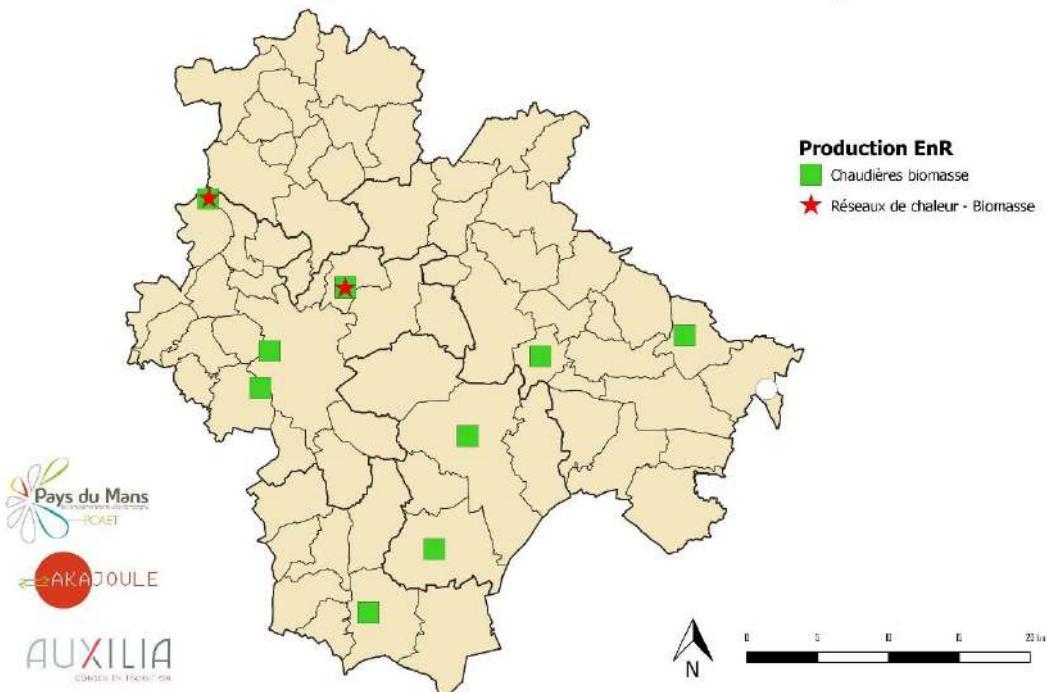
Il existe aussi des chaufferies bois collectives et industrielles sur le territoire. Celles-ci produisent au total 13 000 MWh.

Deux d'entre-elles sont connectées à un réseau de chaleur local :

- Réseau de chaleur Emmaüs à La Milesse
- Réseau de chaleur alimentant le restaurant scolaire, le groupe scolaire ainsi que l'espace Scélia de Sargé-lès-le-Mans

La carte ci-dessous précise leur localisation.

**Installations d'énergies renouvelables sur le territoire du Pays du Mans**



**Figure 4 : Installations de biomasse centralisées**

Source : DDT de la Sarthe & concertation locale

**Tableau 6 : Biomasse - Etat des lieux**

Filière : Chaleur issue de biomasse centralisée et décentralisée			
Type	Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
Centralisée	9	NC	13 000 MWh
Décentralisée	NC	NC	263 000 MWh
TOTAL			276 000 MWh

### 3.2.3 La géothermie

#### **3.2.3.a Technologie**

L'intérêt de la géothermie est de capter la chaleur que stocke la Terre. Le système fonctionne en récupérant les calories disponibles dans le sol et en les transportant jusqu'à la pompe à chaleur.

La production d'énergie géothermique en France comprend plusieurs types de production : assistée par pompe à chaleur (« très basse énergie »), pour un usage direct (« basse énergie ») et « haute énergie ».

#### **3.2.3.b État de la filière au niveau national**

La puissance installée pour la géothermie basse et très basse énergie était en 2011 de 2 240 MW<sub>th</sub>, majoritairement issue de la géothermie très basse énergie.

#### **3.2.3.c Etat des lieux sur le territoire**

Source : DREAL Pays de la Loire

Il n'existe pas d'installation de géothermie recensée sur le territoire.

Tableau 7 : Géothermie - Etat des lieux

Filière : Chaleur issue de la géothermie		
Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
0	0 MW	0 MWh

### 3.2.4 Pompe à chaleur aérothermique

#### **3.2.4.a Technologie**

La pompe chaleur aérothermique exploite l'air intérieur ou extérieur afin d'en extraire la chaleur pour la diffuser dans le logement, soit par ventilo-convection (PAC air-air), soit en chauffant l'eau du circuit de chauffage (PAC air-eau).

#### **3.2.4.b État de la filière au niveau national**

La puissance installée pour la géothermie basse et très basse énergie était en 2011 de 2 240 MW<sub>th</sub>, majoritairement issue de la géothermie très basse énergie.

Quelques chiffres clés illustrent le succès :

- 75 273 pompes à chaleur air-eau ont été achetées en 2015, soit 8 % de plus qu'en 2014. La grande majorité des modèles sont dotés d'une puissance comprise entre 2 et 10 kW ;
- 399 697 **pompes à chaleur aérothermiques** ont été vendues en France sur l'ensemble de l'année 2015, soit une augmentation de 16 % par rapport à 2014 ;
- 30 % : c'est le taux de réduction fiscale du CITE (crédit d'impôt pour la transition énergétique) dont bénéficient les ménages français lorsqu'ils décident d'installer une pompe à chaleur air-eau basse température dans leur foyer.

### **3.2.4.c Etat des lieux sur le territoire**

Méthodologie de calcul : calcul statistique détaillé en annexe.

Il est estimé, à l'aide des ratios nationaux, une quantité de logements équipés à l'échelle sur territoire, et la production d'énergie renouvelable résultante.

**Tableau 8 : PAC Aérothermiques - Etat des lieux**

Filière : Chaleur issue des PAC aérothermiques		
Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
13 150	NC	73 660 MWh

## **3.3 Autres**

### **3.3.1 Biogaz**

#### **3.3.1.a Technologie**

La méthanisation consiste en la production de biogaz à partir de matières organiques (déchets agricoles, industriels, des ménages...) grâce à des bactéries anaérobies (vivant en l'absence d'oxygène).

Le biogaz est composé en grande partie de méthane, équivalent à du gaz naturel. Ce biogaz peut alors être valorisé de plusieurs manières :

- Dans des chaudières pour produire de la chaleur,
- Dans des moteurs de cogénération produisant de l'électricité et de la chaleur,
- En injection dans le réseau de gaz naturel après épuration des composés autres que le méthane,
- En carburant pour véhicules adaptés (GNV) de la même manière que du gaz naturel.

Le résidu organique après digestion est appelé digestat et peut être valorisé comme fertilisant sur les terres agricoles.

#### **3.3.1.b État de la filière au niveau national**

Fin juin 2016, 463 installations produisent de l'électricité à partir du biogaz, ce qui correspond à une puissance installée de 379 MW. Au niveau de la valorisation par injection du gaz, ce type de valorisation est en constante progression.

Le gisement global mobilisable à 2030 pour la méthanisation a été évalué à 130 millions de tonnes de matière brute soit 56 GWh d'énergie primaire en production de biogaz (étude Solagro et Indiggo pour l'Ademe en 2013). Ce gisement est composé à 90% de matières agricoles.

#### **3.3.1.c État des lieux sur le territoire**

Source : OpenData Enedis

La carte ci-dessous représente l'emplacement des différentes installations de méthanisation présentes, ou prochainement présentes sur le territoire.

#### Installations d'énergies renouvelables sur le territoire du Pays du Mans

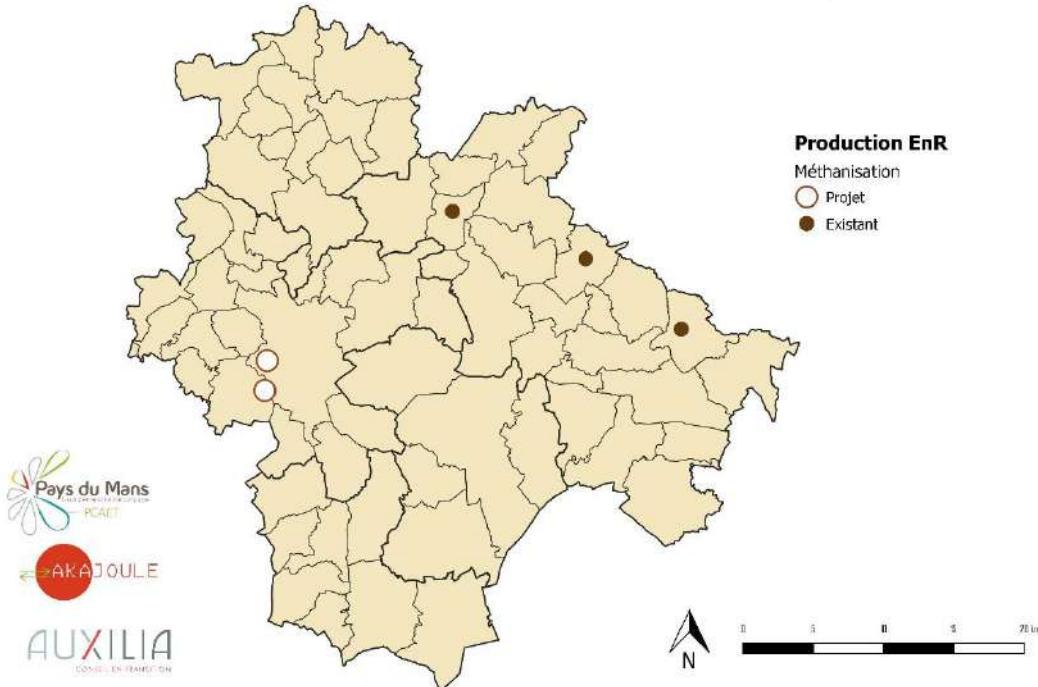


Figure 5 : Installation de méthanisation, existantes et en projet

Source : DDT de la Sarthe & concertation

Il existe deux installations en fonctionnement en 2014 :

- Une installation de cogénération agricole sur la commune de Saint-Michel-de-Chavaignes (CC du Gesnois Bilurien) : la puissance électrique du moteur est de 250 kW<sub>e</sub> et la puissance thermique de 172 kWh<sub>th</sub>. L'installation produit au total 1 600 MWh<sub>e</sub> d'électricité renouvelable. La chaleur produite valorisée pour chauffer les bâtiments agricoles sur site est de 400 MWh<sub>th</sub>.
- Une installation industrielle couplée à une chaudière sur la commune de Connerré (CC du Gesnois Bilurien). La puissance de la chaudière est de 240 kWh<sub>th</sub>. La chaleur produite n'est pas connue et dépend du process. Elle est estimée à 1 920 MWh<sub>th</sub>.

Deux installations sont en projet, et une a été construite en 2017 :

- Une installation sur la ville du Mans valorisant les boues de la station d'épuration de la Chauvinière, qui alimentera un réseau de chaleur desservant des bâtiments résidentiels. Elle produirait 19 600 MWh.
- Une installation sur la ville d'Allonnes valorisant des bio-déchets d'origine agricole (culture et élevage), industrielle, et des collectivités locales (cantines, pelouse,...). Elle injecterait la totalité du biogaz épuré sur le réseau de gaz naturel existant, pour alimenter ensuite les différents logements connectés au réseau de gaz naturel. La production d'énergie équivalente serait de 22 350 MWh.
- Une installation de cogénération agricole, construite en 2017, à Saint-Corneille avec un moteur de 75 kW<sub>e</sub>. La production est estimée à 480 MWh<sub>e</sub>.

	Étude de potentiel de développement des énergies renouvelables et de récupération sur le Pays du Mans
	Indice C – Juin 2019

Tableau 9 : Biogaz - Etat des lieux

Filière : Energie issue de la méthanisation			
Energie	Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
Electricité	1	250 kW <sub>e</sub>	1 600 MWh <sub>e</sub>
Chaleur	2	412 kW <sub>th</sub>	2 300 MWh <sub>th</sub>

#### Production de carburants :

Le territoire du Pays du Mans ne possède aucune production de biométhane ou biocarburant recensée.

### 3.3.2 Incinération des déchets

#### 3.3.2.a Technologie

Un incinérateur est une usine de traitement basée sur la combustion des déchets ménagers. Ces usines sont parfois couplées avec des dispositifs de récupération d'énergie

#### 3.3.2.b État de la filière au niveau national

En 2012, 113 usines sur les 126 sont équipées d'un dispositif de récupération d'énergie, représentant 98% des tonnages entrant.

L'énergie totale produite en France issue des UIOM est de : 4 214 GWh<sub>e</sub> et 8 494 GWh<sub>th</sub>

#### 3.3.2.c État des lieux sur le territoire

Source : Le Mans Métropole

Est recensée sur le territoire une installation de production d'électricité à partir de la combustion de déchets ménagers et assimilés. Elle est située sur la commune du Mans. La production d'énergie, électricité et chaleur confondues, est de 106 000 MWh, dont 48 500 MWh d'électricité injectée sur le réseau.

Avec les travaux d'optimisation réalisés en 2018-2019, à partir de 2020, l'unité de valorisation énergétique des déchets produira au total 220 000 MWh.

Tableau 10 : Incinération - Etat des lieux

Filière : Energie issue de l'incinération des déchets			
Energie	Nombre d'installations	Puissance totale	Production annuelle
Electricité	1	NC	48 500 MWh <sub>e</sub>
Chaleur	1	NC	57 500 MWh <sub>th</sub>

### 3.4 Conclusion

#### 3.4.1 Production d'ENR actuelle

La production d'énergie renouvelable actuelle se répartit ainsi :

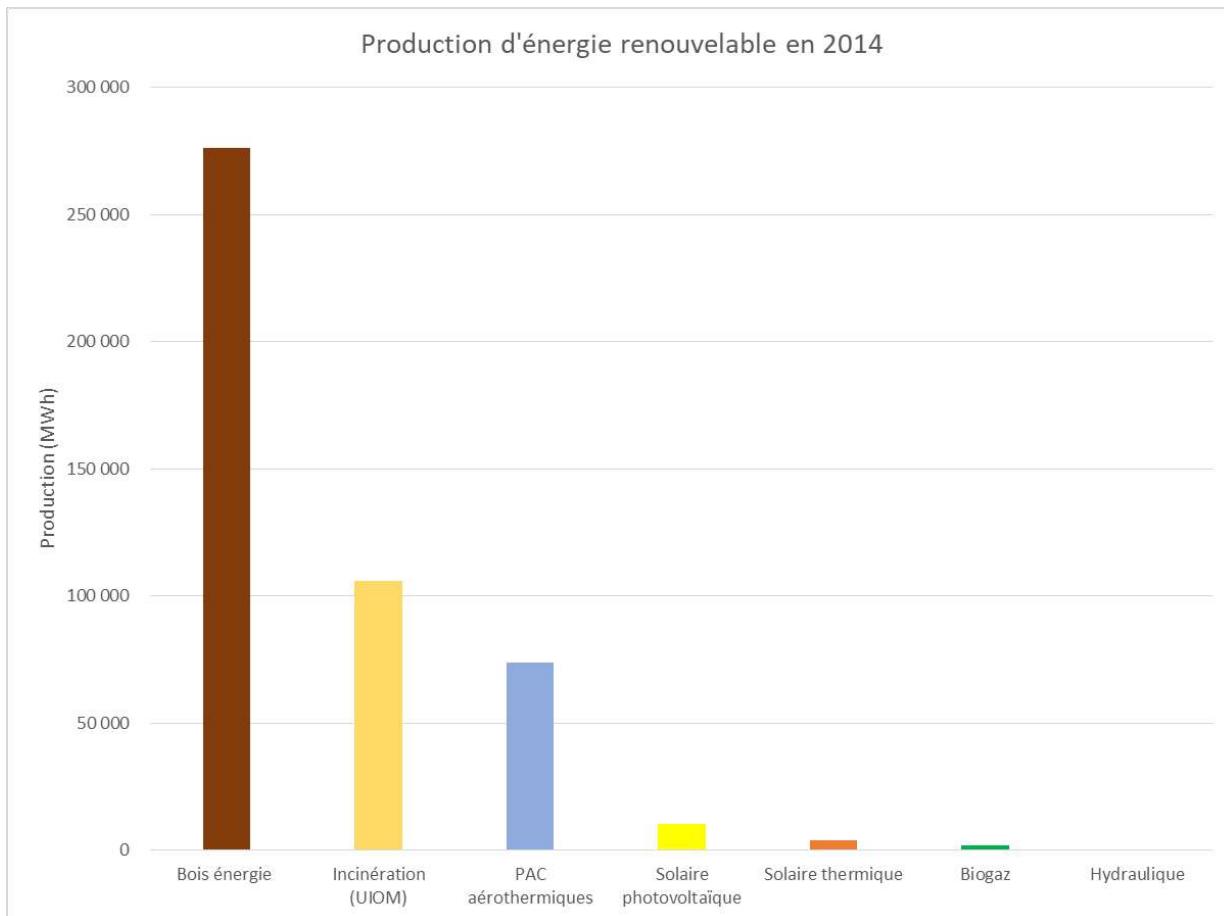


Figure 6 : Production ENR 2014

#### 3.4.2 Autonomie électrique

La consommation d'électricité sur le territoire est de 1 947 GWh.

La production d'électricité renouvelable sur le territoire est de 60,572 GWh.

Le territoire est donc actuellement autonome à 3% en électricité.

En se projetant à horizon 2020 étant donné les projets en cours, la production augmenterait à 76,414 GWh, et l'autonomie du territoire à 4%.

Malgré les plusieurs projets en cours entre 2014 et 2020, l'autonomie électrique reste très faible sur le territoire.

### 3.4.3 Autonomie en chaleur

La consommation de chaleur sur le territoire est de 2 369 GWh.

La production de chaleur renouvelable sur le territoire est de 410,882 GWh.

Le territoire est donc actuellement autonome à 17% en chaleur.

En se projetant à horizon 2020 étant donné les projets en cours, la production augmenterait à 569,645 GWh, et l'autonomie du territoire à 24%.

### 3.4.4 Autonomie globale

La consommation d'énergie, tout type confondu, sur le territoire est de 7 385 GWh.

La production d'énergie renouvelable sur le territoire est de 451,454 GWh.

Le territoire est donc actuellement autonome à 6% en énergie.

En se projetant à horizon 2020 étant donné les projets en cours, la production augmenterait à 646 GWh, et l'autonomie du territoire à 9%.

## Cartographie des installations existantes remarquables et des projets en cours

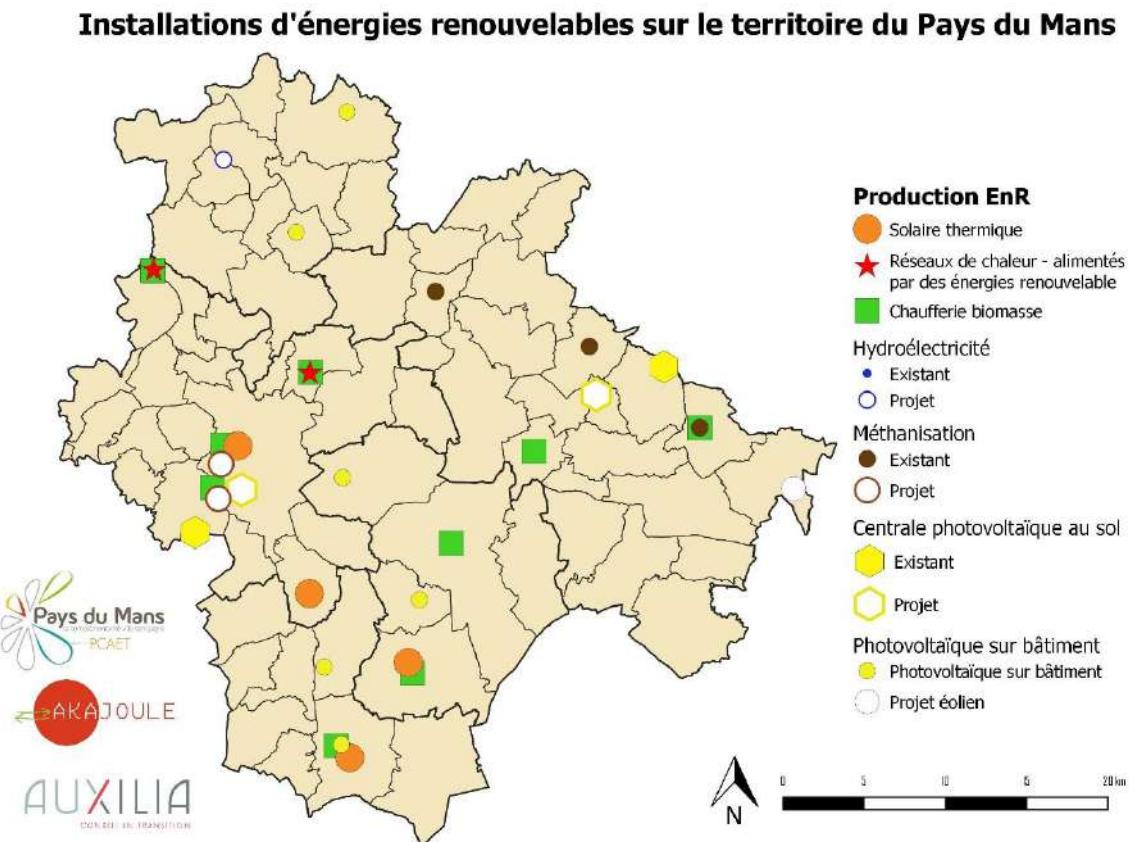


Figure 7 : Installation d'énergies renouvelables

## 4 Identification des réseaux énergétiques

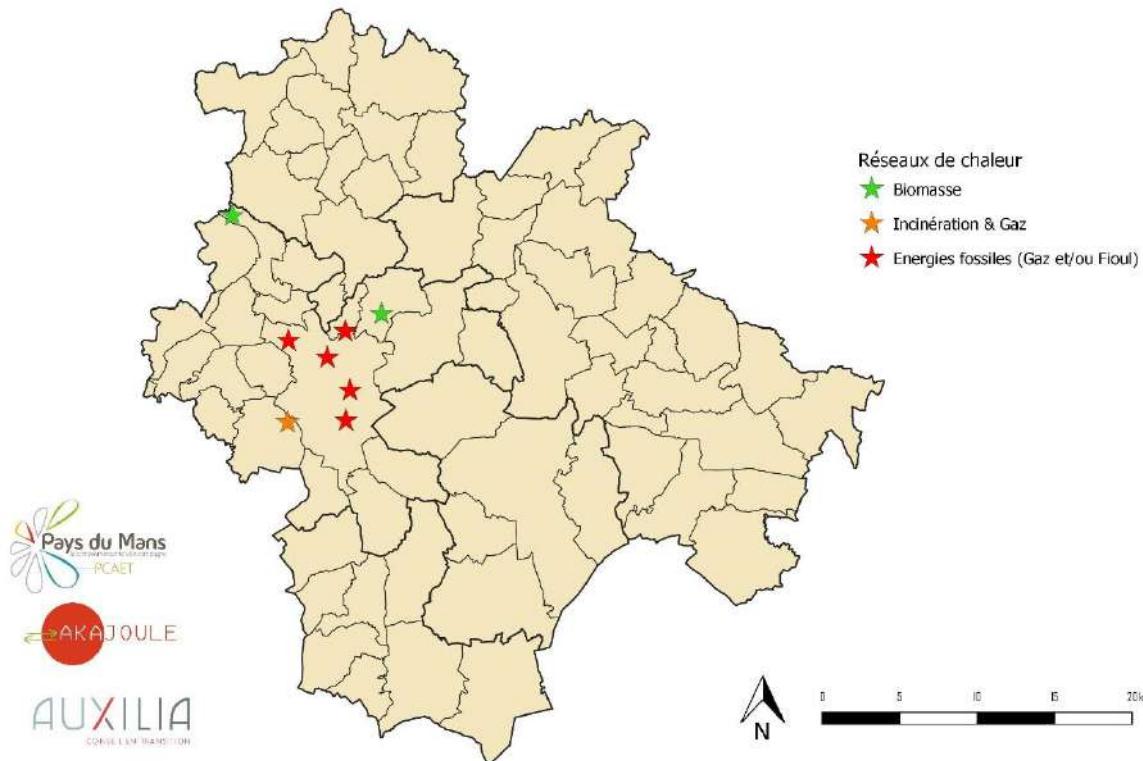
La cartographie des réseaux énergétiques, électricité et gaz, a été réalisée par le Pays du Mans dans le cadre de la réalisation de leur PCAET.

Il en ressort un territoire :

- Avec une capacité d'accueil des ENR encore importante sur son réseau électrique : le développement des ENR avec le réseau existant est possible
- Avec une capacité d'accueil de biogaz importante sur les canalisations existantes, encourageant la mise en place d'installation de méthanisation proche du réseau pour injection totale

Concernant les réseaux de chaleur, il en existe déjà plusieurs sur le territoire. Ceux-ci, par contre, ne sont pas nécessairement alimentés par des énergies renouvelables comme l'illustre la cartographie ci-dessous.

**Réseaux de chaleur sur le territoire du Pays du Mans**



**Figure 8 : Réseaux de chaleur**

Il serait intéressant dans un premier temps d'étudier le remplacement des énergies fossiles alimentant les réseaux de chaleur par un combustible renouvelable.

Dans un second temps, il serait possible de développer de nouveaux réseaux de chaleur sur d'autres communes du territoire.

## Potentiel de développement des réseaux de chaleur

L'étude de potentiel de réseau de chaleur sur le territoire est basée sur la carte nationale de chaleur du CEREMA.

La consommation de chaleur des secteurs résidentiel et tertiaire est localisée dans les centres-villes des communes comme le montre la carte ci-dessous.

### Consommation de chaleur des secteurs résidentiel et tertiaire sur le territoire du Pays du Mans

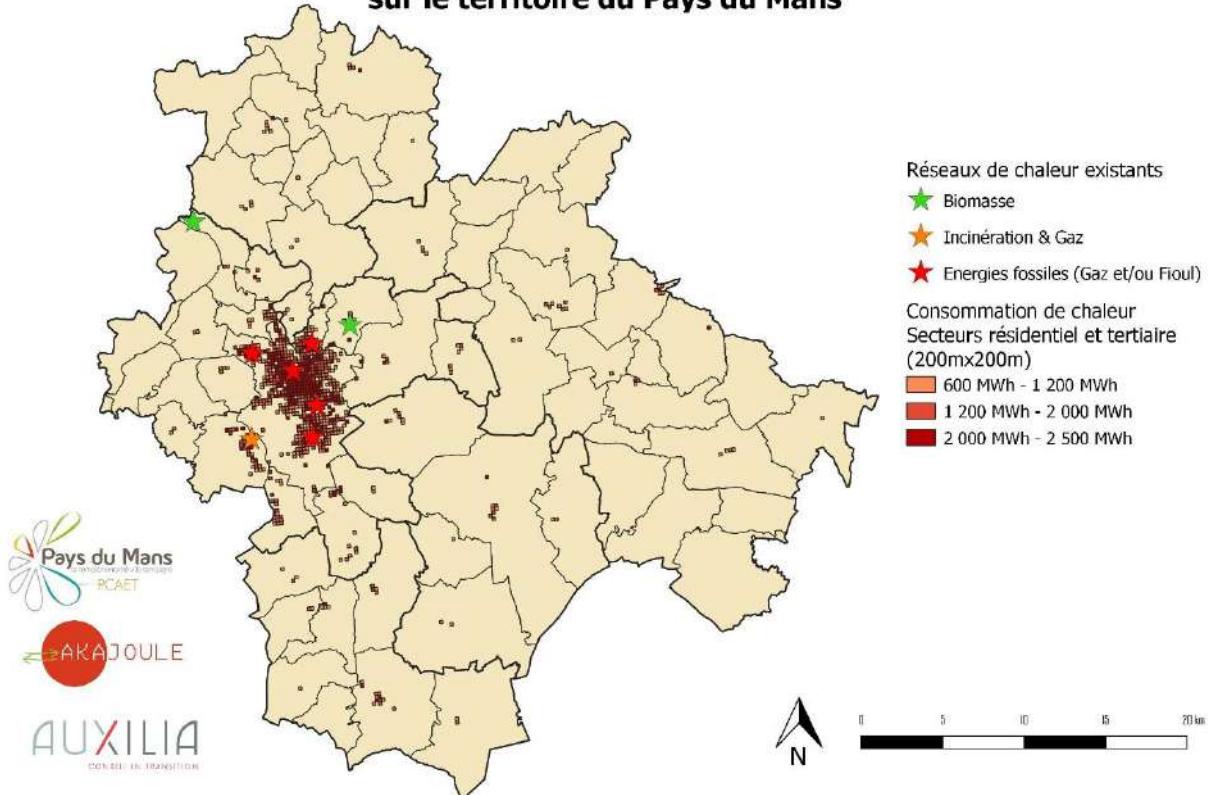


Figure 9 : Consommation de chaleur des secteurs résidentiel et tertiaire

Source : CEREMA – Carte nationale de chaleur

Ce sont ces centres-villes qu'il faut étudier de plus près pour le potentiel de mise en place d'un réseau de chaleur ; ainsi que les zones où des chaufferies bois existent déjà qui, si agrandies, pourraient alimenter un réseau de chaleur.

La carte ci-dessus présente ces différentes zones en considérant une consommation minimale de 600 MWh/maille, soit une densité de réseau minimum de 3 MWh/ml/an.

Lorsque la densité du réseau est comprise entre 3 et 6 MWh/ml/an (consommation de maille comprise entre 600 et 1 200 MWh), le potentiel de création est favorable.

Lorsque la densité du réseau est supérieure à 6 MWh/ml/an (consommation de maille supérieure à 1 200 MWh), le potentiel de création est très favorable.

**Les centres-villes de plusieurs communes présentent un potentiel de création très favorable.**

## 5 Identification des consommateurs importants

Un travail de recensement des consommateurs de chaleur importants a été réalisé dans cette première phase. Ce sont des établissements, pour certains publics, sur lesquels il serait particulièrement intéressant d'étudier la mise en place d'une production d'énergie renouvelable pour ses besoins de chaleur.

Ces consommateurs seront à cibler dans la phase de plan d'action.

### Gros consommateurs de chaleur sur le Pays du Mans

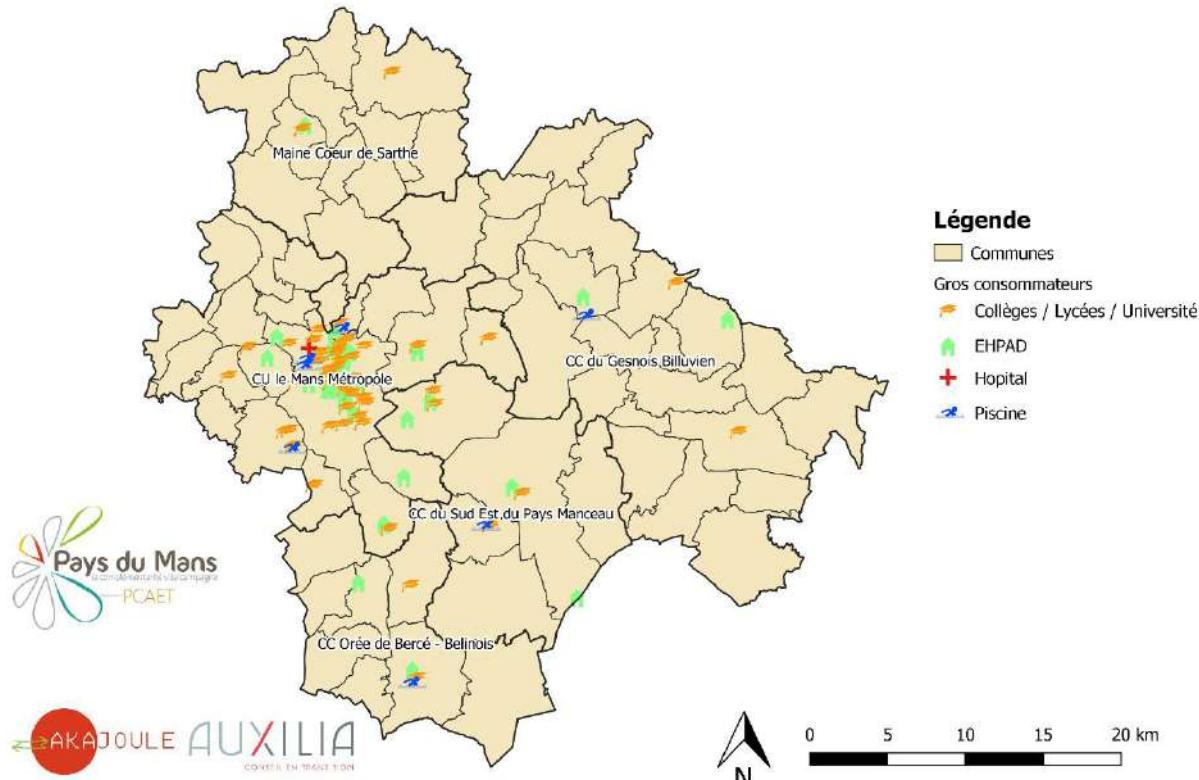


Figure 10 : Consommateurs importants de chaleur



AKAJOULE

Étude de potentiel de développement des énergies renouvelables et  
de récupération sur le Pays du Mans

Indice C – Juin 2019

## **Phase 2 : Scénarios énergétiques**

## 6 Potentiel de développement des EnR&R

Pour chacune des énergies listées dans le paragraphe ci-dessus, il a été estimé un potentiel global de production sans considérer de rupture technologique et en l'état actuel de la réglementation.

Plusieurs niveaux de potentiel sont calculés :

- Potentiel brut : ensemble de la ressource primaire sur le territoire (vent, rayonnement solaire,...)
- Potentiel net : potentiel disponible lorsque l'on prend en compte des contraintes réglementaires spécifiques au territoire
- Potentiel net mobilisable : potentiel disponible lorsque l'on ajoute les contraintes techniques de certaines énergies quant aux spécificités du territoire -> il sera précisé dans la partie scénarisation, où des hypothèses de déploiement des ENR&R seront prises.

Les paragraphes ci-dessous présentent les résultats des potentiels nets obtenus à l'échelle du Pays du Mans, ainsi que les hypothèses utilisées pour arriver à ces résultats.

Le détail par EPCI est donné en annexe.

### 6.1 Production d'électricité

#### 6.1.1 Eolien

##### Petit éolien

Concernant l'éolien de toiture, l'ADEME<sup>1</sup> indique que pour le milieu urbain et semi-urbain, l'éolien de toiture n'est pas à privilégier. En effet, le vent y est généralement trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable ; et le risque de modification du paysage urbain est élevé, impactant la ressource en vent. Le potentiel de production d'énergie renouvelable issu du petit éolien est donc considéré nul sur le Pays du Mans.

##### Grand et moyen éolien

Le potentiel éolien est calculé en prenant en compte les contraintes réglementaires liées à l'implantation d'éolien, croisées avec les données environnementales.

En effet, la réglementation impose :

- Une contrainte d'exclusion de 500 mètres autour des habitations
- Une contrainte d'exclusion de 500 mètres autour d'un monument classé (patrimoine protégé)

L'information concernant l'usage précis d'un bâtiment n'étant pas disponible, il est considéré dans un premier temps une zone d'exclusion de 500 mètres autour des centres-villes (présence garantie d'habitation) et des monuments classés (patrimoine protégé).

<sup>1</sup> Fiche technique : Le Petit Eolien – Février 2015

Sont prises en compte comme des zones à contraintes fortes les grandes forêts et zones environnementales protégées telles que :

- ZNIEFF 1 : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique
- ZNIEFF 2 : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes (moins contraignantes que les ZNIEFF 1)
- Natura 2000 : réseau comprenant les zones de protection spéciales (conservation des espèces d'oiseaux sauvages) et les zones spéciales de conservation (conservation des habitats)

La carte suivante représente ces différentes contraintes sur le territoire.

#### Contraintes vis à vis de l'implantation d'éolien sur le territoire du Pays du Mans - périmètre PCAET

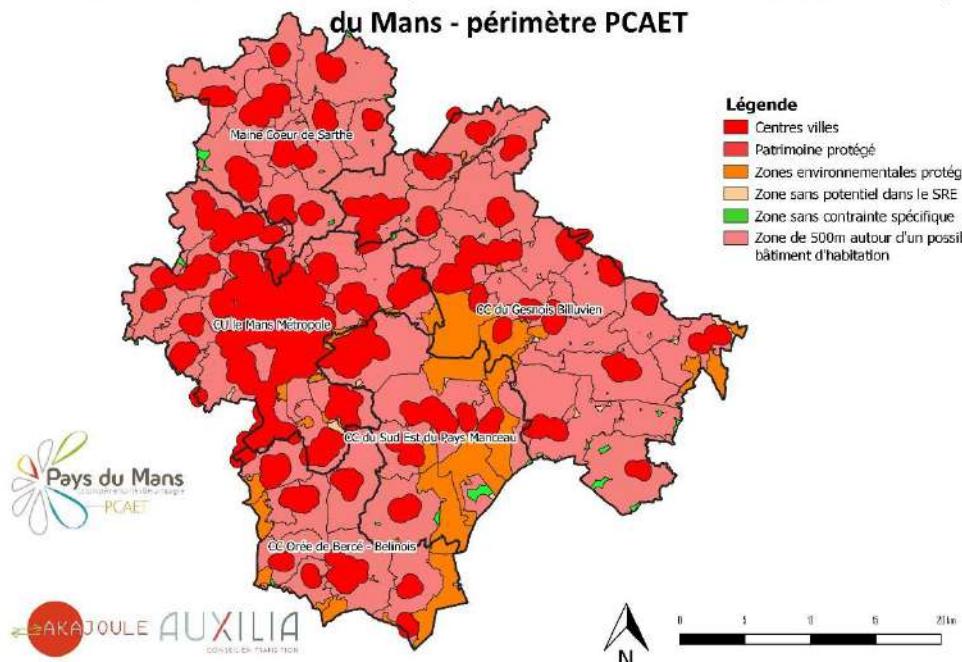


Figure 11 : Contraintes vis à vis de l'implantation d'éolien

Pour établir le potentiel maximal éolien du territoire, il est considéré l'installation d'éolien sur l'ensemble des zones sans contrainte spécifique sur le territoire, déduites une fois qu'ont été éliminées les zones à incompatibilité réglementaire (500m autour des centres-villes et patrimoine protégé) et celles aux contraintes environnementales fortes.

Celui-ci s'élève alors à 3 498 000 MWh.

Pour établir le potentiel net disponible éolien, il est considéré 500m autour des bâtiments indifférenciés (résidentiel et tertiaire). Cela crée une zone où il peut possiblement se trouver une habitation, et donc un risque quant à la possibilité d'implanter un mât éolien.

Les hypothèses des caractéristiques des mats éoliens ont détaillées en annexe.

## Potentiel global

Ainsi, le potentiel total de production d'électricité issue de l'éolien est estimé : **288 000 MWh.**

### 6.1.2 Solaire photovoltaïque

Il a été pris en compte deux types d'installations photovoltaïques :

- En toiture et en ombrières de parking
- Centrales au sol sur les zones non utilisées

#### Installations en toiture

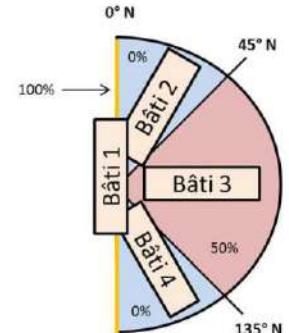
Les bâtiments considérés sont les suivants issus de la BD Topo de l'IGN :

- Bâti remarquable : bâtiments possédant une fonction particulière autre que industriel (administratif, sportif, religieux ou relatif au transport)
- Bâti industriel : bâtiments à fonction industrielle, commerciale ou agricole
- Bâti indifférencié : bâtiments ne possédant pas de fonction particulière (habitation, école)

Lorsque le bâti remarquable est un bâtiment classé, historique ou religieux, la mise en place de panneaux photovoltaïques est considérée comme impossible.

Afin de prendre en compte les éventuels masques qui pourraient faire de l'ombre aux panneaux, il n'a pas été pris en compte les surfaces de bâtiments se trouvant en partie ou entièrement dans une zone de végétation. Ensuite, afin d'éliminer les toitures mal orientées ne permettant pas la mise en œuvre du solaire photovoltaïque de manière rentable, les bâtiments ont été sélectionnés d'après les hypothèses suivantes :

- Pour les toitures orientées est-ouest comme le bâti 1 ci-contre, 100% de la toiture est considérée pouvant être couverte de panneaux.
- Pour celles orientées au sud comme le bâti 3 (fourchette rose), 50% de la toiture est considérée pouvant être couverte.



Les autres toitures ne sont pas prises en compte dans le potentiel photovoltaïque.

La surface de toiture de bâtiments disponibles non masquées et correctement orientées est alors de 566 ha sur le territoire.

On considère aussi l'installation de panneaux photovoltaïques sur les parkings extérieurs, sous la forme d'ombrières orientées au sud. Ceci représente une surface de panneaux de 212 ha.

Afin d'estimer la production d'électricité possible sur cette surface, il a été supposé la mise en place de panneaux selon les hypothèses de puissance suivantes :

Surface disponible	Inférieure à 50 m <sup>2</sup>	Entre 50 et 100 m <sup>2</sup>	Supérieure à 100 m <sup>2</sup>
Ratio de puissance	125 W <sub>c</sub> /m <sup>2</sup>	135 W <sub>c</sub> /m <sup>2</sup>	140 W <sub>c</sub> /m <sup>2</sup>

Les hypothèses de productivité des panneaux suivant l'orientation du bâti sont les suivantes :

Orientation du bâti	Orienté au sud	Orienté est-ouest
Productivité	1180 kWh/kW <sub>c</sub>	881 kWh/kW <sub>c</sub>

A noter que les ombrières de parking seront considérées comme toujours orientées au Sud.

Ainsi, il serait possible de mettre en place 767 MW<sub>c</sub> de panneaux photovoltaïques, en toiture ou en ombrière de parking, qui pourraient produire 896 780 MWh/an.

## Centrales au sol

Il a été pris en compte la possibilité d'implantation d'une centrale photovoltaïque sur

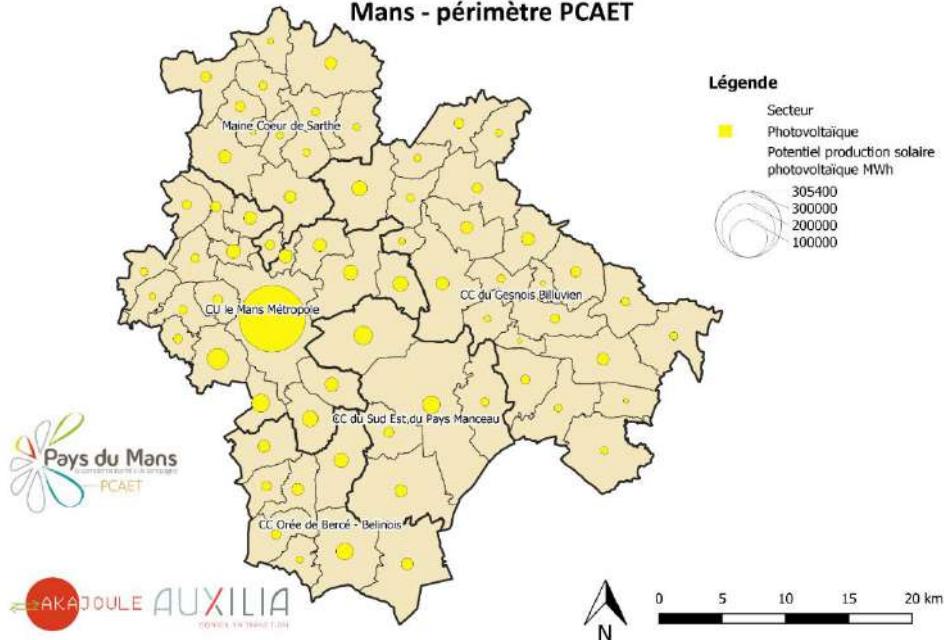
- Le site d'aiguillage de la gare de triage SNCF à Arnage
- Le site abritant déjà une centrale au sol à Allonnes
- Un dépôt SNCF à Saint-Mars-la-Brière
- Un terrain communal à Thorigné-sur-Dué

Il a été pris en compte un ratio de puissance de 1 MW<sub>c</sub>/ha de surface au sol disponible et une productivité de 1150 MWh/MW<sub>c</sub>. Ainsi, il serait possible de mettre en place 30 MW<sub>c</sub> de panneaux photovoltaïques qui pourraient produire 34 450 MWh/an.

## Potentiel global

Finalement, le potentiel total de production d'électricité photovoltaïque est estimé à **931 230 MWh/an**.

**Potentiel de production de solaire photovoltaïque sur le territoire du Pays du Mans - périmètre PCAET**



**Figure 12 : Potentiel photovoltaïque**

### 6.1.3 Hydroélectricité

D'après une étude réalisée par le Somival sur le bassin Loire-Bretagne, la Sarthe est le seul cours d'eau sur le territoire dont le potentiel de production d'hydroélectricité est considéré comme mobilisable sous conditions strictes.

Les deux turbines à Sainte-Jamme-sur-Sarthe, et l'installation à la Maison de l'Eau au Mans seront les seules installations actuellement valorisant ce potentiel.

Le potentiel sur les installations existantes est donc considéré comme égal à l'énergie qui sera valorisée par ces deux moulins.

L'installation de Sainte-Jamme-sur-Sarthe pourra valoriser 1 000 MWh/an.

L'installation du Mans peut produire 430 MWh/an.

Aucune étude n'étant disponible sur le potentiel de création de nouvelles installations, il est considéré que le potentiel est égal au potentiel de production d'électricité sur l'existant.

Le potentiel de production d'hydroélectricité est donc évalué à **1 430 MWh/an**.

**Potentiel hydroélectrique mobilisable sur le territoire du Pays du Mans**

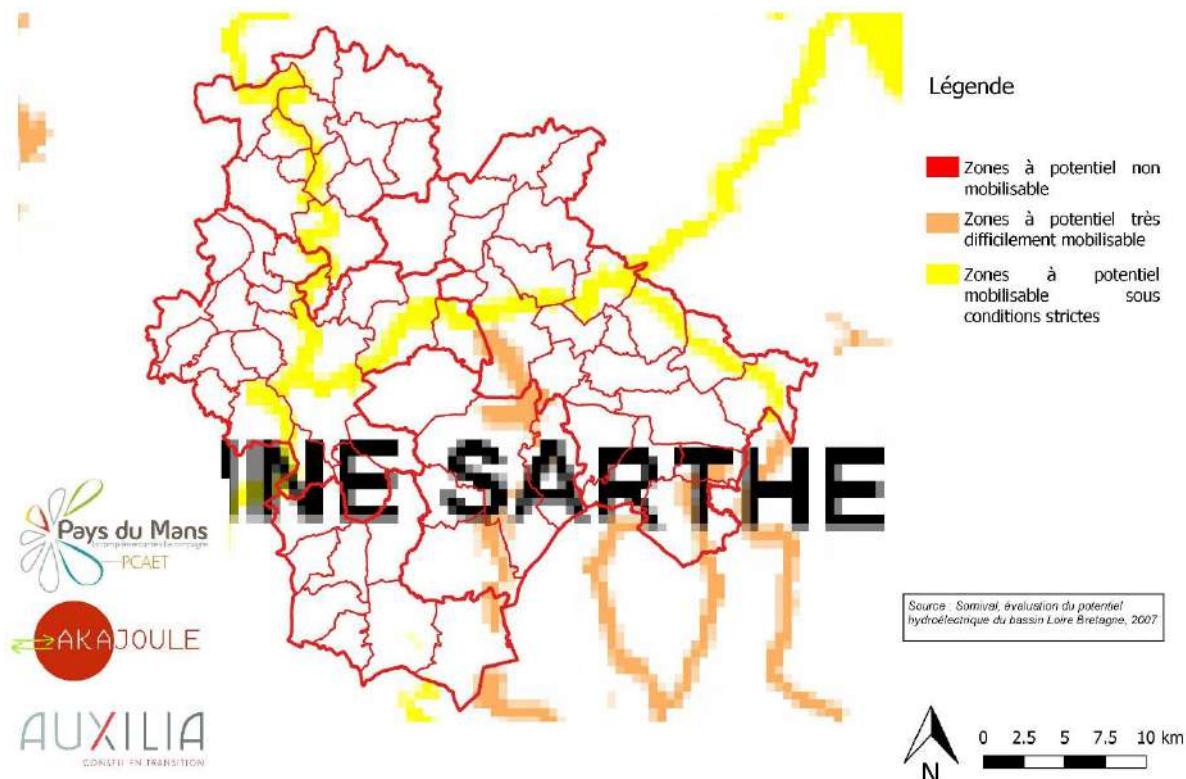


Figure 13 : Potentiel hydraulique

## 6.2 Production de chaleur

### 6.2.1 Solaire thermique

Le solaire thermique est utilisé principalement pour satisfaire les besoins en eau chaude sanitaire. Le potentiel de production du solaire thermique est donc estimé à partir de la part de besoin en eau chaude sanitaire qu'il pourrait couvrir.

Il a été pris en compte les importantes consommations en eau chaude sanitaire :

- Des hôpitaux,
- Des EHPAD
- Des piscines
- Des campings
- Des particuliers (habitat collectif et individuel)

La méthode d'évaluation des consommations et de la production est disponible en annexe. Le potentiel de production de chaleur à partir de solaire thermique est estimé à 119 900 MWh/an, soit un besoin de 346 600 m<sup>2</sup> de panneaux positionnés en toiture.

Les surfaces disponibles sont les toitures orientées sud déjà déterminées dans la partie concernant le solaire photovoltaïque, soit 4 237 800 m<sup>2</sup> pour les bâtiments indifférenciés.

La surface disponible en toiture est largement supérieure à la surface nécessaire pour répondre aux besoins de consommation d'eau chaude sanitaire exposés ci-dessus.

Ainsi, le potentiel total de production d'énergie issue du solaire thermique est estimé à **119 900 MWh/an**.

**Potentiel de production de solaire thermique sur le territoire du Pays du Mans - périmètre PCAET**

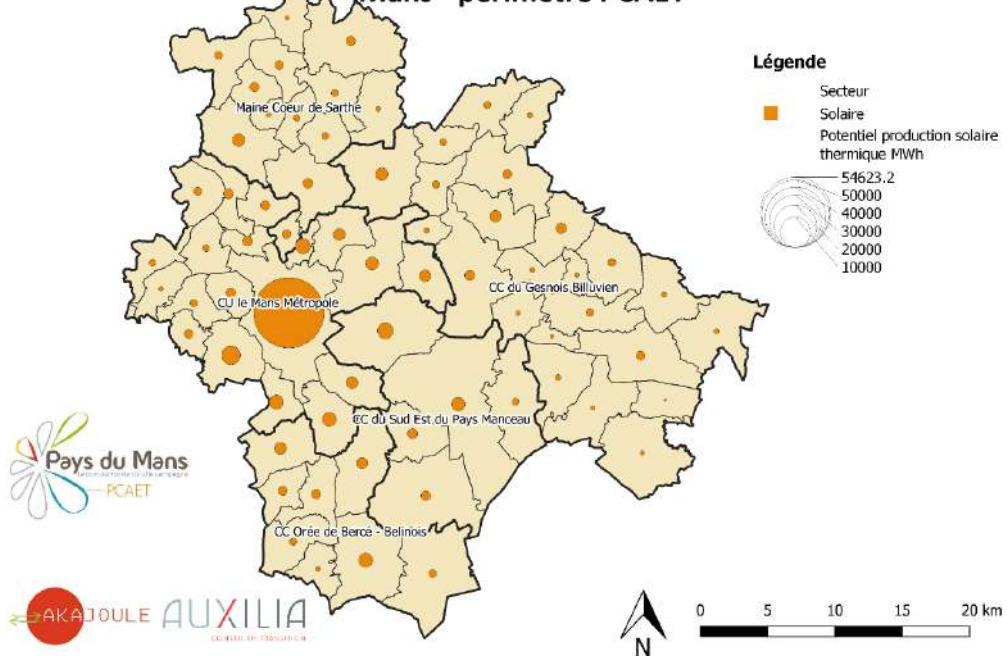


Figure 14 : Potentiel de production d'énergie issue du solaire thermique



## 6.2.2 Bois énergie

Le potentiel en bois énergie est estimé comme étant la quantité d'énergie potentiellement produite à partir du bois pouvant être prélevé sur le territoire.

Les surfaces de forêts du territoire sont obtenues à partir des données de l'Occupation des Sols de 2012. La surface totale est de 33 049 ha.

Il est pris l'hypothèse que le potentiel de production de bois énergie du territoire correspond au prélèvement de 100% de l'accroissement naturel des forêts du territoire pour être utilisé en tant que bois énergie, ce qui ne diminue pas la quantité de bois présente dans la forêt actuelle.

Remarque : cette hypothèse donne un potentiel maximal de production de bois énergie. En effet, on suppose que 100% du bois prélevé est dirigé vers la filière bois énergie, alors qu'une part du bois prélevé est orientée vers les filières du bois d'œuvre et du bois industrie.

Les hypothèses d'accroissement de la forêt sont détaillées en annexe.

Le potentiel net en biomasse est estimé à un volume de bois extrait et produit de 231 340 m<sup>3</sup>.

Il est pris en compte les contraintes liées aux pertes d'exploitation et aux autres critères technico-économiques (pente du terrain rendant l'extraction plus compliquée, propriété publique ou privée de la forêt...)

On considère que seul 85% du gisement net sera exploitable.

Le potentiel mobilisable en biomasse est estimé à un volume de bois extrait et produit de **196 639 m<sup>3</sup>**, soit une énergie de **455 776 MWh/an**.

## 6.2.3 La géothermie

Le potentiel de géothermie superficiel est estimé sur la base de la technologie des sondes géothermiques : des sondes en U dans lesquelles circule un fluide caloporteur qui sont posées dans des forages de maximum 200 m de profondeur (cette profondeur est la limite avant la nécessité de demander une autorisation de forage selon le code minier).

D'après le BRGM, le département de la Sarthe se situe sur le « Bassin Parisien » qui est une zone potentielle pour la mise en place de géothermie.



Figure 15 : Potentiel géothermique des Pays de la Loire

A partir des bâtiments identifiés dans la BD TOPO, il a été considéré la possibilité d'implanter des sondes géothermiques espacées de 10 m dans un rayon de 20 m autour des bâtiments. De ce périmètre ont été ôtées les zones de végétation et une zone de 3 m autour des bâtiments (pour limiter les risques pour les fondations).

Le détail des hypothèses de calcul et des résultats par commune est disponible en annexe.

La géothermie superficielle ne permet de satisfaire que les besoins de chaleur locaux du territoire. La consommation de chaleur, chauffage et eau chaude sanitaire, des secteurs résidentiel et tertiaire, est de 2 369 000 MWh.

Le potentiel brut peut potentiellement couvrir 100% des besoins de chaleur du territoire.

Ainsi, il sera pris en compte un potentiel net de production de chaleur issue de la géothermie de **2 369 000 MWh/an**.

Remarque : sans étude complémentaire réalisée par le BRGM sur le territoire, ce potentiel ne peut être affiné. Dans la phase de scénarisation, celui-ci sera mis en relation avec les besoins en chaleur du territoire afin de déterminer un taux de mobilisation réaliste.

## 6.3 Autres

### 6.3.1 Méthanisation

Pour estimer le potentiel d'énergie issue du biogaz, il a été pris en compte les bio-déchets issus :

- Des cultures
- Des hôpitaux et des EHPAD (bio-déchets et huiles alimentaires usagées)
- De la restauration des écoles, des collèges et des lycées (bio-déchets et huiles alimentaires usagées)
- Des industries agro-alimentaires (IAA)
- Des déchets verts
- Des ménages (FFOM : Fraction Fermentescibles des Ordures Ménagères)
- Des stations d'épuration des eaux usées (STEU)

Les hypothèses prises dans chaque cas sont détaillées en annexe.

Il faut noter qu'une partie des déchets du territoire est déjà valorisée par l'unité d'incinération des déchets. On considère cependant qu'il serait possible, dans le cas échéant, de trier les bio-déchets en amont, et les rediriger vers la méthanisation.

Le potentiel net en production de biogaz issu de la méthanisation est estimé à 550 000 MWh<sub>PCI</sub>.

En prenant en compte les contraintes techniques complémentaires (gestion de la collecte, taux de participation, taux d'accessibilité des déchets,...), le potentiel mobilisable de production de biogaz issus des déchets du territoire s'élève à **382 400 MWh<sub>PCI</sub> par an**.

Les résidus de culture, disponibles actuellement, représentent **354 870 MWh<sub>PCI</sub> par an**, soit 93% du potentiel.

### Potentiel de production de biogaz sur le territoire du Pays du Mans - périmètre PCAET

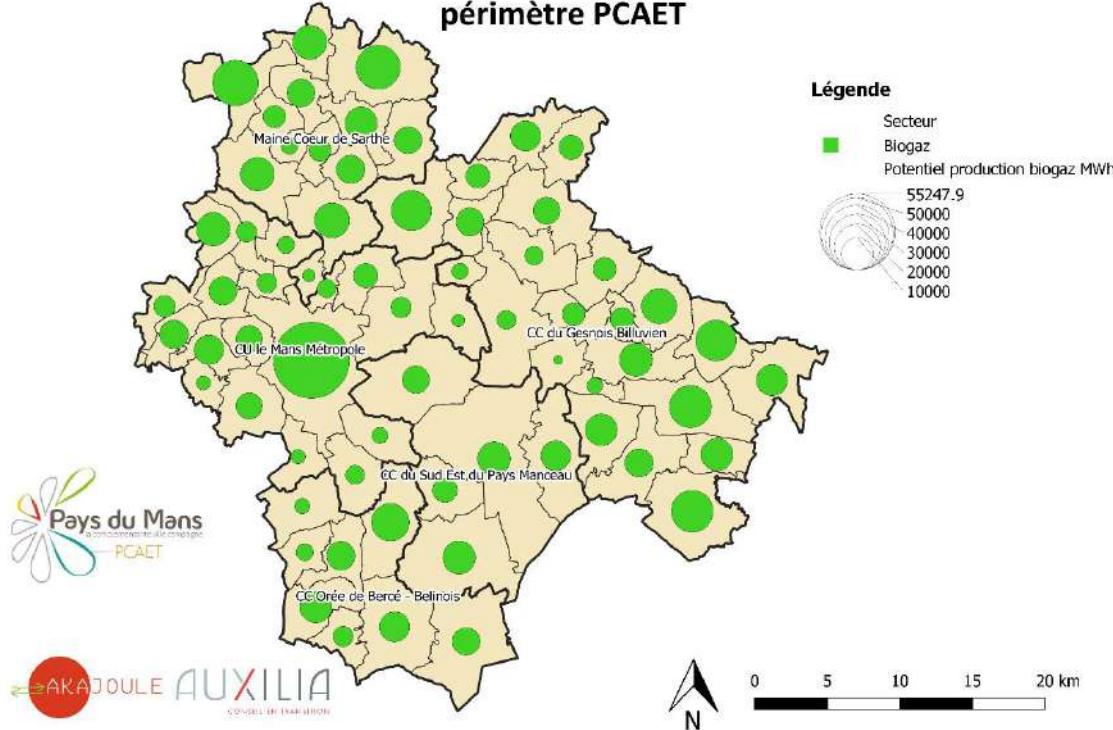


Figure 16 : Potentiel de production d'énergie issue du biogaz

#### 6.3.1.a Production de chaleur à partir du biogaz

En ne produisant que de la chaleur avec des unités de méthanisation par combustion directe et prenant un rendement de 100% (chaudière à condensation), le potentiel de production de chaleur issu des bio-déchets est de **382 400 MWh<sub>th</sub>** par an.

#### 6.3.1.b Production d'électricité à partir du biogaz

Avec un moteur de cogénération, il est possible de produire de l'électricité et de la chaleur à partir du biogaz. Les rendements sont en moyenne de 40% pour l'électricité et 40% pour la chaleur. Si 100% de la ressource en biogaz est dirigée vers des moteurs de cogénération, la production annuelle d'électricité sera de **152 960 MWh<sub>e</sub>** et la production de chaleur de **152 960 MWh<sub>th</sub>**.

#### 6.3.1.c Production de carburant à partir du biogaz

En utilisant 100% de la ressource de biogaz pour produire du bio-méthane, avec un rendement moyen de 99%, le potentiel de production de bio-méthane sur le territoire de la CASQY est de **378 575 MWh<sub>PCS</sub>**.



### 6.3.2 Incinération

Une fois les travaux d'optimisation effectués, l'Unité de Valorisation Énergétique des Déchets fonctionnera au maximum de sa capacité. Elle aura donc atteint son potentiel maximal de production d'énergie renouvelable à partir de l'incinération des déchets.

Le potentiel de production d'énergie est donc de **220 000 MWh**.

### 6.3.3 Chaleur fatale

Aucune étude n'existe sur le potentiel de récupération de chaleur fatale chez les industriels de la région.

Le potentiel de production de chaleur ne peut donc pas être estimé sur le territoire.

Remarque : il s'agit d'une piste qu'il serait intéressant d'exploiter, en partenariat avec l'ADEME et la Chambre d'Industrie et de Commerce par exemple.

## 6.4 Bilan

Le potentiel de production d'énergies renouvelables se répartit de la manière suivante :

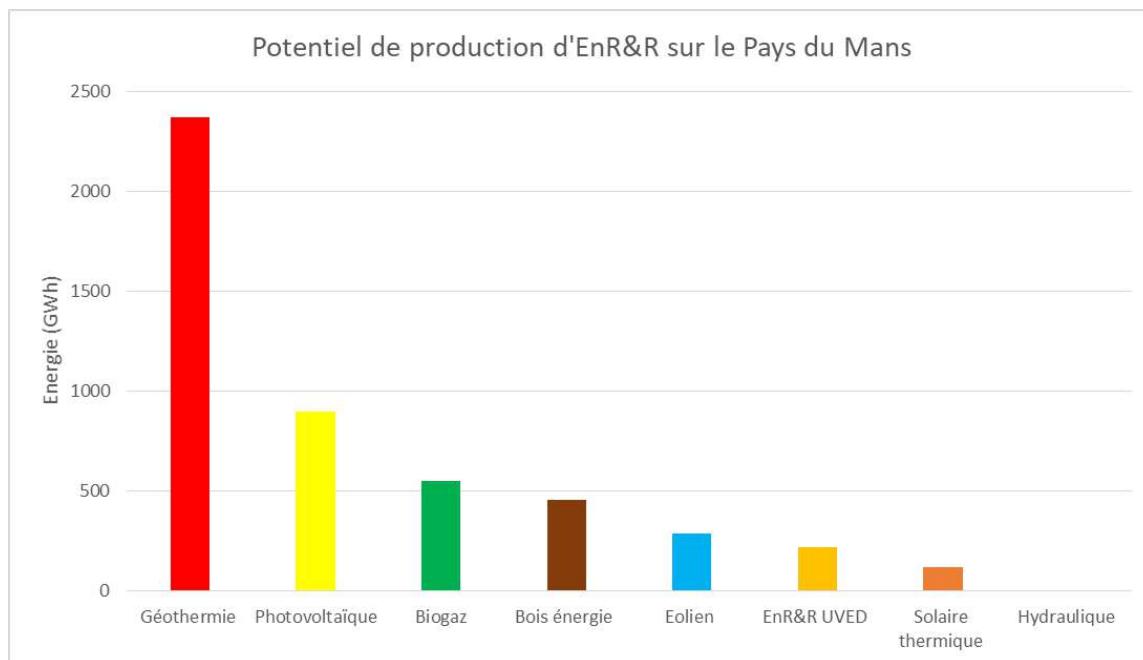


Figure 17 : Potentiel de production d'EnR&R

En cumulant les potentiels de chaque énergie, le potentiel de production d'énergie renouvelable du territoire est de **4 901 600 MWh**, soit environ 65% de la consommation d'énergie actuelle du territoire<sup>1</sup> couverte par les énergies renouvelables.

**Point d'attention :**

Le total estimé ci-dessus est purement théorique. En effet, certaines sources d'énergie utilisent les mêmes espaces (solaire thermique et solaire photovoltaïque utilisent les mêmes toitures) ou fournissent le même type d'énergie (bois et géothermie fournissent de la chaleur aux bâtiments) et leurs potentiels ne peuvent être cumulés.

Lors de l'étape de scénarisation, un arbitrage sera réalisé quant au taux de déploiement des différentes ENR et leur possible chevauchement.

<sup>1</sup> Consommation d'énergie du territoire du Pays du Mans 7 385 000 MWh

## 7 Stockage

Il existe différents types de technologies de stockage d'énergie, à usages (électricité, chaleur, carburant...) et échéances (horaire, journalier, inter-saisonnier...) différents.

Ces technologies se séparent alors en deux catégories, le stockage d'électricité et le stockage de chaleur.

### 7.1 Stockage d'électricité

Il existe plusieurs types de technologies de stockage d'électricité à niveaux de maturité différents. Ci-dessous un classement datant de 2012 des technologies les plus courantes d'après le cabinet d'étude Enea.

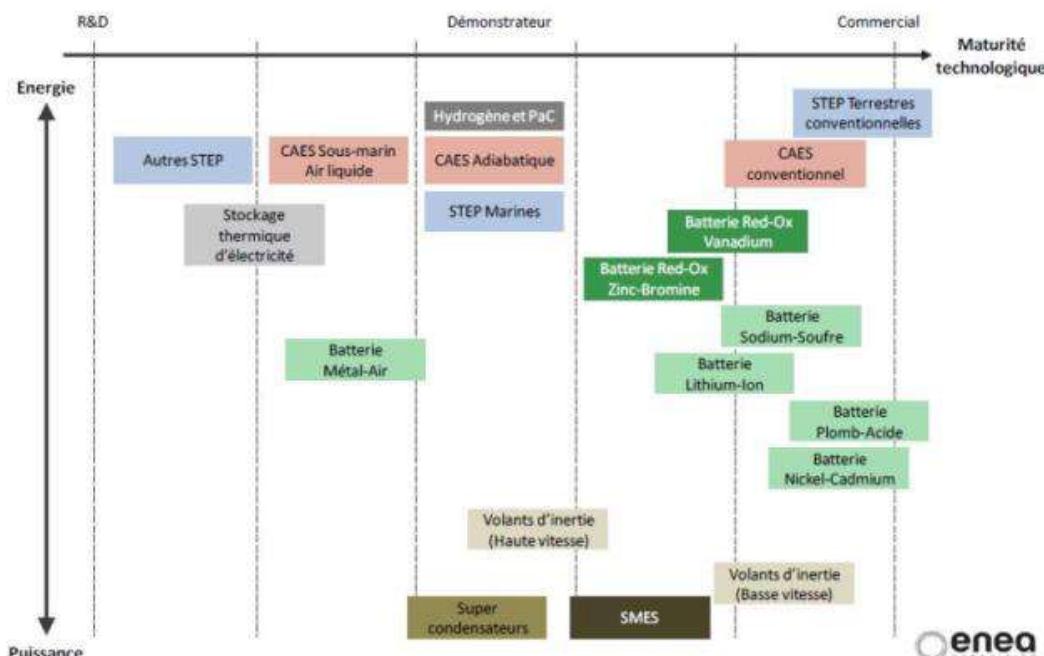
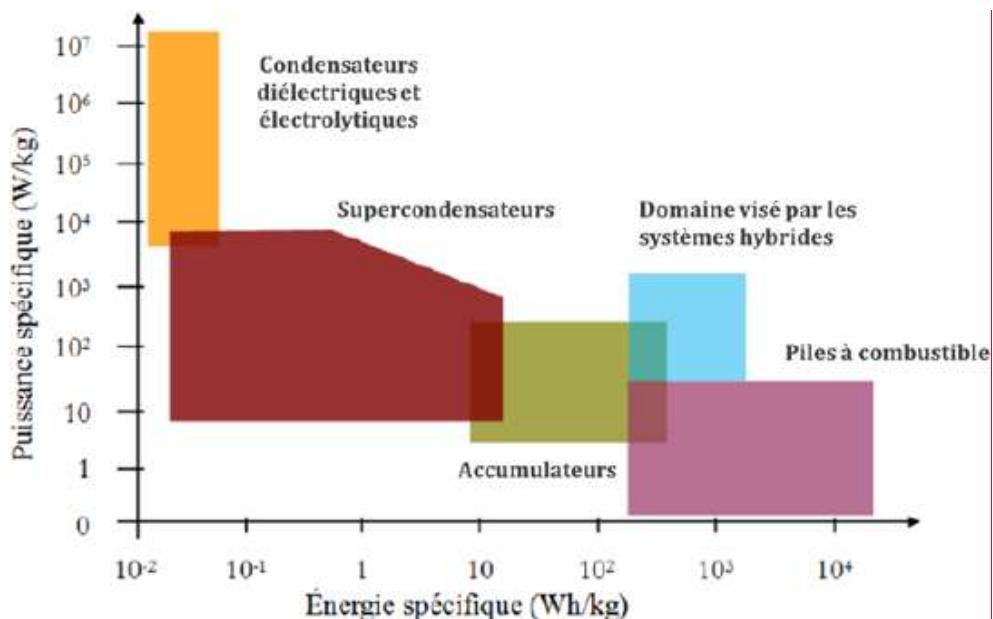


Figure 4 : Niveau de maturité technologique des différents moyens de stockage d'électricité

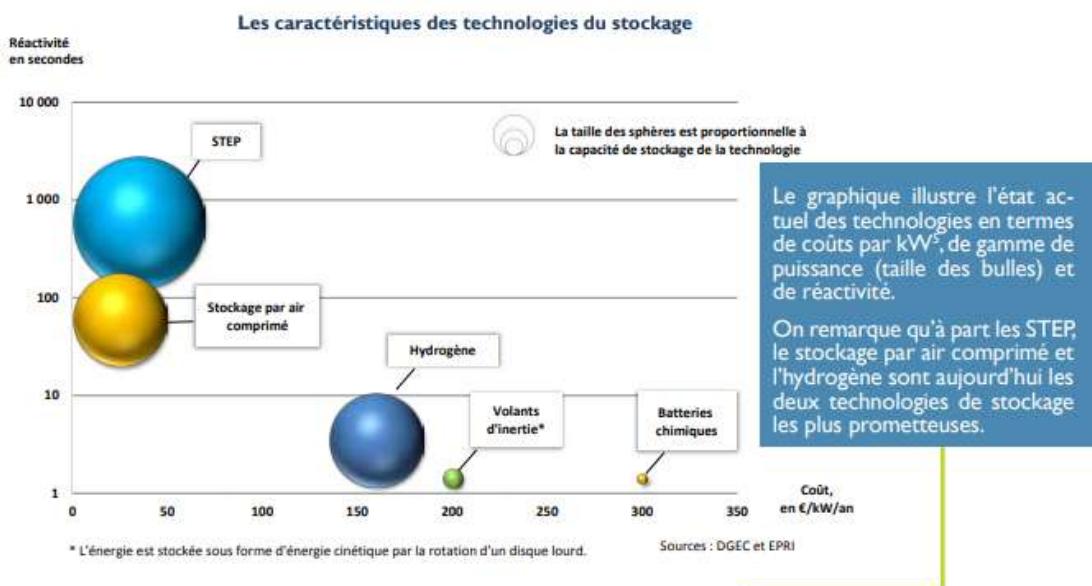
Typologie des moyens de stockage d'électricité

Stockage gravitaire	Stockage chimique	Stockage inertiel
Stockage à air comprimé	Stockage électrochimique	Stockage électrostatique
Stockage thermique	Stockage électrochimique à circulation	Stockage électromagnétique

Ne seront présentées dans la suite que les technologies de stockage à partir du niveau de maturité de démonstrateur.



Ce graphe montre les différentes technologies de stockage selon leur puissance et leur énergie spécifique.



### STEP (stockage gravitaire)

Une station de transfert d'énergie par pompage (STEP) est une technologie utilisant l'énergie potentielle de l'eau. Le principe est de pomper de l'eau pour la stocker dans des bassins d'accumulation en hauteur lorsque la demande d'énergie est faible (c'est le pompage) ; et plus tard de turbiner cette eau en la laissant redescendre pour produire de l'électricité lorsque la demande est forte.

Les STEP nécessitent donc un certain dénivelé pour fonctionner, (ce qui n'est pas une des caractéristiques du territoire de... . Cette technologie de stockage n'est donc pas adaptée ici.).

La puissance de ce type de stockage varie de 0,1 à 2GW. En France, on compte 5020 MW installés.

### **Reconditionnement de batteries de voiture électrique (exemple de stockage électrochimique)**

Lorsqu'une batterie atteint 70 % de sa capacité, elle n'est plus considérée comme utilisable dans une voiture électrique. Par contre, elle peut être utilisée pour le stockage d'énergie.

Pour une batterie de Zoé Renault actuelle, sa capacité est comprise entre 22 kWh pour les premiers modèles, et atteint maintenant 41 kWh.

On peut donc estimer à au moins 15 kWh (premiers modèles Zoé) la capacité de stockage d'une batterie de voiture actuelle.

Cette ressource de stockage est peu volumineuse et va continuer d'augmenter étant donné la diffusion importante des véhicules électriques et donc du nombre de batteries à « recycler ». Elle est particulièrement adaptée pour optimiser une installation photovoltaïque en autoconsommation afin d'absorber la production non consommée durant la journée et la restituer le soir et la nuit.

Le groupe Renault va lancer en 2019 un projet appelé « Advanced Battery Storage » qui sera le plus grand dispositif de stockage d'énergie d'Europe, avec une capacité d'au moins 60 MWh.

### **Volants d'inertie (stockage inertiel)**

Les volants d'inertie classiques ont des temps de stockage très courts (environ 15 minutes) et entrent dans la catégorie des stockages horaires utilisés par exemple dans les tramways afin de récupérer l'énergie au freinage.

Cependant, il existe une technologie plus récente : les volants d'inertie en béton fibré. Elle vise environ 24h de stockage pour lisser la production de panneaux solaires sur une journée. Le volant est de forme cylindrique et sa taille varie entre 0,8 m de diamètre pour 1,5 m de hauteur, et 1,6 m de diamètre pour 3,3 m de hauteur. Suivant sa taille, il peut stocker de 5 kWh à 50 kWh. De plus son coût est compétitif : 2 centimes d'euros le kWh, contre 10 en moyenne pour une batterie.

### **Stockage d'électricité sous forme d'hydrogène (stockage chimique)**

Le principe de fonctionnement est basé sur une réaction électrochimique. Lorsque l'électricité produite par une énergie renouvelable (solaire photovoltaïque, éolien...) n'est pas consommée directement, elle est utilisée pour effectuer une réaction d'électrolyse de l'eau pour la transformer en hydrogène et oxygène. Ces gaz sont alors stockés, et lors des pics de consommation, ils sont recombinés en effectuant la réaction électrochimique inverse pour produire de l'électricité : l'électrolyse dont le rendement se situe autour de 70%.

L'hydrogène présente l'avantage d'avoir une très forte densité énergétique. En effet, on peut stocker 33 000 Wh/kg d'hydrogène, contre 200 Wh/kg de batterie électrique classique. Ce gaz est cependant assez instable, et donc plus difficile à stocker ; mais de plus en plus d'entreprises proposent des solutions innovantes et prometteuses.

La puissance de charge peut varier entre 1 kW et 1 GW suivant les modèles. L'encombrement pour une unité de 100 kW est défini par une empreinte au sol de 15 m<sup>2</sup> (6,1 m x 2,4 m x 2,6 m), sans compter le ballon de stockage du gaz produit.

### Stockage d'électricité sous forme d'air comprimé (CAES – stockage à air comprimé)

Le principe est d'utiliser le surplus d'électricité pour alimenter un compresseur qui comprime l'air ; l'air comprimé est stocké dans une cavité ou un réservoir en sous-sol, et lors des pics de consommation, le réservoir est rouvert et l'air passe par une turbine qui va produire de l'électricité.

Les installations existantes ont une puissance de 15 à 200 MW et produisent annuellement de 10 MWh à 10 GWh.

### Centrale à sel et antigel

Cette technologie est au stade d'expérimentation mais promet un stockage plus efficace et moins coûteux que les batteries Lithium-ION. Dans le détail ce système serait applicable à l'échelle d'une centrale électrique composée de quatre réservoirs reliés à une pompe à chaleur. Deux réservoirs étanches contiennent du sel, les deux autres de l'antigel ou un hydrocarbure liquide. La pompe à chaleur convertit l'électricité produite par une éolienne ou un panneau photovoltaïque en deux flux d'air, un chaud et un froid. Le premier va chauffer le sel ; le second va refroidir l'antigel. L'isolation des réservoirs permet de stocker cette chaleur et ce froid pour une durée allant de quelques heures à quelques jours.



Pour restituer l'énergie, le processus est inversé : les flux d'air emprisonnés dans les réservoirs sont libérés dans une turbine, qui la convertit en électricité. Siemens travaille sur un prototype de ce type, mais il semble que les ingénieurs d'Alphabet aient trouvé une technique permettant de travailler à des températures moins extrêmes, évitant d'avoir recours à des matériaux d'isolation trop coûteux. Reste à nouer des partenariats avec des industriels pour mettre sur pied un prototype viable.

### Sphères sous-marines (prototype)

Ce prototype repose sur l'énergie liée à la pression sous-marine. L'énergie est captée à l'aide de sphères immergées en profondeur. Elles seraient remplies d'eau, et équipées de pompes reliées à une source d'énergie renouvelable – cette technique serait particulièrement judicieuse pour des fermes offshore. Si, pour le prototype, la sphère ne fait que 3 mètres, un développement industriel utiliserait des sphères de 30 mètres.



Quand de l'électricité est produite en surplus et ne peut être absorbée par le réseau, cette énergie active les pompes, qui vident les sphères de l'eau de mer qu'elles contiennent. Quand les besoins en électricité dépassent la production de la ferme éolienne ou photovoltaïque, les sphères laissent l'eau rentrer à l'intérieur, entraînant une turbine produisant de l'électricité.



Un fort rendement mais une maintenance ardue.

Cette technologie présente de nombreux avantages, notamment un rendement très fort, une durée de stockage illimitée, une proximité naturelle des fermes offshore.

## 7.2 Stockage de chaleur

Le stockage de chaleur horaire et journalier est simple, il est couramment utilisé sous la forme d'un ballon d'eau chaude isolé dont le volume varie de quelques dizaines de litres à quelques mètres cubes permettant d'absorber les pics de consommation de chaleur et donc de limiter les puissances installées. Ce principe est très appliqué à l'eau chaude sanitaire, qu'elle soit produite par une source fissile, fossile ou renouvelable comme le solaire thermique.

Le stockage intersaisonnier de chaleur est plus rare et est appelé STES pour Seasonal Thermal Energy Storage (stockage thermique saisonnier).

Il s'agit de stocker de la chaleur grâce à différentes technologies en chauffant un média lorsque l'énergie thermique produite serait normalement perdue (par des panneaux solaires thermiques en été par exemple), puis en stockant cette eau chauffée dans des contenants adéquats pour conserver la chaleur et la délivrer en période de chauffage des bâtiments par exemple.

Il existe 4 grandes catégories de technologies :

- TTES : Tank thermal energy storage (stockage dans un réservoir)
- PTES : Pit thermal energy storage (stockage dans un puit)
- BTES : Borehole thermal energy storage (stockage avec forage pour des sondes)
- ATES : Aquifer thermal energy storage (stockage dans un aquifère)

### Stockage thermique dans un réservoir (TTES)

La capacité de stockage dépend du volume du réservoir et des niveaux de température recherché mais



est en moyenne de 60 à 80 kWh/m<sup>3</sup>. La photo<sup>1</sup> ci-contre représente un réservoir aérien de 5 700 m<sup>3</sup> construit à Munich en 2007 pour participer en hiver au chauffage des bâtiments du lotissement voisin. La capacité de stockage est d'environ 400MWh, soit les besoins de chauffage de 4 300 m<sup>2</sup> de logements.

### Stockage thermique dans un puit (PTES)

Le principe et les ordres de grandeur sont les mêmes que le stockage précédent, 60 à 80 kWh/m<sup>3</sup> de puit. La seule différence est que l'eau est stockée dans un puit peu profond rempli d'eau (et éventuellement de gravier), et recouvert d'un isolant et de terre.

Le plus grand puits se trouve au Danemark avec une capacité de 200 000 m<sup>3</sup>. Il est couplé à une installation de 5 ha de panneaux de solaire thermique qui alimente 2 000 logements. Sans le stockage thermique, l'installation couvre 20 à 25% des besoins des logements, et avec le stockage elle passe à 55-60% de couverture des besoins de chaleur<sup>2</sup>.

### Stockage thermique avec sondes géothermiques (BTES)

Ces systèmes de stockage peuvent être construits partout où des sondes géothermiques peuvent être implantées, sous l'emprise d'un bâtiment par exemple. Ce sont plusieurs centaines de sondes verticales de 155 mm de diamètre qui sont généralement implantées en cercle à des profondeurs qui peuvent aller jusqu'à 100 mètres (maximum fixé par la réglementation française et non par la technologie).



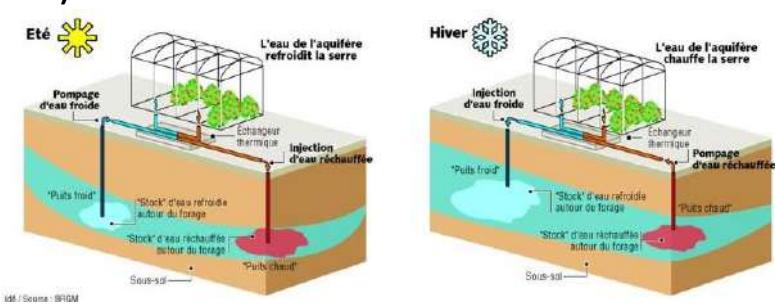
Le fluide, chauffé en été par l'excédent d'énergie thermique produite, par des panneaux solaires thermiques par exemple, circule dans les sondes, chauffe le sol et ressort froid. En hiver, la demande de chaleur est importante donc le fluide est injecté froid, se réchauffe en circulant dans les sondes entourées de terre chaude et ressort préchauffé.

Les puissances de ce type de système peuvent aller de 50 kW à 4 MW selon le diamètre et la profondeur de l'installation. Par exemple, une installation de 32m de rayon (3 200 m<sup>2</sup>) à 30m de profondeur pourra stocker environ 3 000 MWh et restituer 2MW soit les besoins de chauffage de 32 000 m<sup>2</sup> de logements.<sup>3</sup>

### Stockage thermique en aquifère (ATES)

Le principe de fonctionnement est relativement le même que celui des BTES, la différence étant qu'au lieu de stocker la chaleur dans le sol, on la stocke dans l'eau de nappes souterraines.

La capacité de stockage varie entre 30 et 40 kWh/m<sup>3</sup>.



<sup>1</sup> Source : SOLITES Steinbeis Research Institute for Solar and Sustainable Thermal Energy Systems

<sup>2</sup> Source : State of Green –site du gouvernement danois décrivant toutes ses innovations et installations d'énergie renouvelable

<sup>3</sup> Source : Géothermie Perspectives

## 8 Scénarisation énergétique globale

Les trois scénarios énergétiques présentés dans cette partie avaient pour objectif d'orienter la future stratégie du territoire à horizon 2030 et 2050 en présentant des bornes représentatives de mobilisation des énergies renouvelables par rapport au potentiel global.

Le premier scénario est le scénario dit tendanciel. Les situations de consommation et de production d'énergie suivent la tendance actuelle, il n'y a pas d'efforts singuliers effectués.

Le second scénario est dit intermédiaire. Il s'agit d'effectuer des efforts médians en termes de maîtrise de l'énergie et de développement des EnR.

Le dernier scénario est dit ambitieux. Dans la mesure du possible, le territoire vise 100% des consommations d'énergie couvertes par des énergies renouvelables locales d'ici 2050 par des efforts importants sur sa consommation et sa production d'énergies renouvelables.

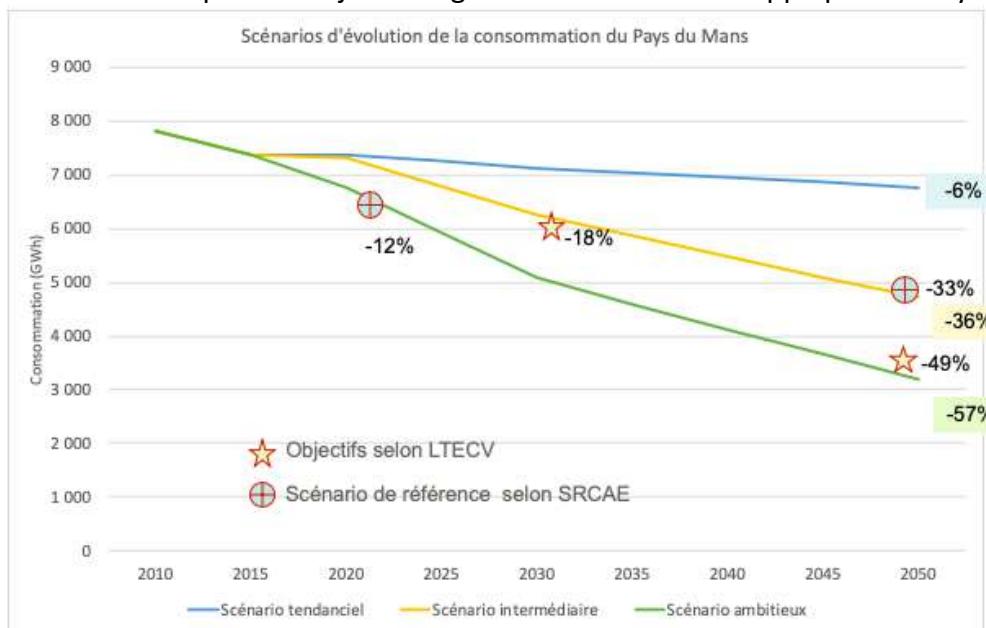
Dans ces trois scénarios, on suppose qu'il n'y a pas de rupture technologique, ni de modification de la réglementation actuelle. Les potentiels en EnR évalués dans la partie précédente sont donc repris et y sont appliqués des ratios de mobilisation suivant les énergies.

### 8.1 Projection des consommations d'énergie

La définition d'un scénario énergétique passe d'abord par la réduction des consommations du territoire.

Les scénarios tendanciel et ambitieux reprennent les hypothèses de l'institut NégaWatt sur le scénario tendanciel et NégaWatt national, en les appliquant à l'état des lieux énergétique du territoire.

Sont aussi indiqués les objectifs réglementaires existants appliqués au Pays du Mans.



## 8.2 Développement des énergies renouvelables

Les EPCI du Pays du Mans ont sélectionné les énergies renouvelables qu'elles souhaitaient développer sur leurs territoires lors d'ateliers de travail sur le sujet. A partir de ces choix, ont été définis leurs propres scénarios énergétiques.

Les synthèses des contributions des ateliers de chaque EPCI se trouvent en annexe.

Le scénario du Pays du Mans est issu de la combinaison des scénarios de chaque EPCI.

### 8.2.1 Synthèse du positionnement des différentes EPCI par EnR

#### 8.2.1.a Éolien

L'éolien ne fait pas l'unanimité sur les territoires. Même si certains territoires souhaitent le développer, il reste un sujet problématique auprès des citoyens.

Néanmoins, deux orientations sont partagées dans le développement de cette ENR :

- **Affiner le potentiel** autour des zones sans contraintes réglementaires, afin de sélectionner une ou plusieurs parcelles avec un minimum de contraintes
- **Impliquer la population** dans les futurs projets : développer et soutenir un projet porté par des citoyens

	Tendanciel	Intermédiaire	Ambitieux	
Orée Bercé Bélinois			✗	
Gesnois Bilurien		✗		
Maine Cœur de Sarthe	✗			
Sud Est du Pays Manceau			Positionnement non consensuel	
Le Mans Métropole	✗			

#### 8.2.1.b Photovoltaïque

Le photovoltaïque est une énergie que les 5 territoires souhaitent développer, en privilégiant les bâtiments commerciaux/agricoles/industriels à grande surface. L'objectif fixé varie suivant le critère de mobilisation plus ou moins optimiste des particuliers des territoires.

Un point de vigilance porte sur la levée des obstacles existants à l'intégration de panneaux en toiture, notamment certaines contraintes réglementaires ou issues des institutions comme les Architectes des Bâtiments de France.

Plusieurs orientations sont partagées pour dynamiser le développement de cette énergie renouvelable :

- **Communiquer sur le cadastre solaire** disponible à partir d'Avril 2019
- **Favoriser l'installation de panneaux PV** sur les bâtiments publics, agricoles et industriels
- **Inscrire des obligations réglementaires** dans les PLUi, charte de lotissement, etc.

	Tendanciel	Intermédiaire	Ambitieux
Orée Bercé Bélinois			✗
Gesnois Bilurien		✗	
Maine Coeur de Sarthe	✗		
Sud Est du Pays Manceau	✗		
Le Mans Métropole		✗	

### **8.2.1.c Méthanisation**

La méthanisation est aussi une énergie que les 5 territoires souhaiteraient développer, tout en notant la dépendance des premiers projets avec la structuration du réseau de gaz naturel actuel.

Plusieurs orientations sont partagées pour un développement réussi de ce procédé :

- **Communiquer et sensibiliser** les agriculteurs sur ce sujet
- **Fédérer les agriculteurs** autour d'un projet exemplaire
- **Développer une filière** d'approvisionnement du gisement local

	Tendanciel	Intermédiaire	Ambitieux
Orée Bercé Bélinois			✗
Gesnois Bilurien		✗	
Maine Coeur de Sarthe		✗	
Sud Est du Pays Manceau	✗		
Le Mans Métropole		✗	

### **8.2.1.d Bois énergie**

Le positionnement sur cette énergie est partagé par rapport à l'impact que pourrait avoir le développement de système de chauffage bois massif sur la qualité de l'air des territoires.

Cependant, deux perspectives d'action font l'unanimité :

- **Création d'une filière bois locale** et mettre en place un **plan de gestion de la ressource**
- **Lancer une étude à l'échelle du Pays du Mans** pour équilibrer les ressources à la demande locale

	Tendanciel	Intermédiaire	Ambitieux
Orée Bercé Bélinois			✗
Gesnois Bilurien			✗
Maine Cœur de Sarthe		✗	
Sud Est du Pays Manceau		✗	
Le Mans Métropole	✗		

### **8.2.1.e Solaire thermique**

Le solaire thermique est une énergie que les 5 territoires souhaiteraient développer, en particulier chez les gros consommateurs d'eau chaude sanitaire (immeubles collectifs, EHPAD, hôpital, piscine, camping).

Un levier pour son développement serait de **communiquer par l'exemple en installant des panneaux solaires thermiques sur les bâtiments publics** consommateurs d'eau chaude (EHPAD, camping, piscine).

	Tendanciel	Intermédiaire	Ambitieux
Orée Bercé Bélinois			✗
Gesnois Bilurien		✗	
Maine Cœur de Sarthe		✗	
Sud Est du Pays Manceau		✗	
Le Mans Métropole		✗	

### **8.2.1.f Géothermie**

La géothermie est une énergie renouvelable encore peu connue du public et des métiers du bâtiment. Son développement n'est donc pas une priorité sur les différents territoires, en particulier comme le gisement potentiel exact n'est pas connu.

Un point d'attention est porté sur la géothermie horizontale : les surfaces des parcelles seront de plus en plus faibles et donc peu adaptées à ce type de système.

Afin de faire connaître cette énergie, les territoires partagent les orientations suivantes :

- **Mener une étude** plus fine du potentiel géothermique sur le territoire
- **Favoriser le développement d'un système de chauffage collectif géothermique** à l'échelle d'un éco-quartier ou d'un lotissement

	Tendanciel	Intermédiaire	Ambitieux
Orée Bercé Bélinois		Données manquantes pour se positionner	
Gesnois Bilurien	X		
Maine Coeur de Sarthe		X	
Sud Est du Pays Manceau	X		
Le Mans Métropole		Données manquantes pour se positionner	

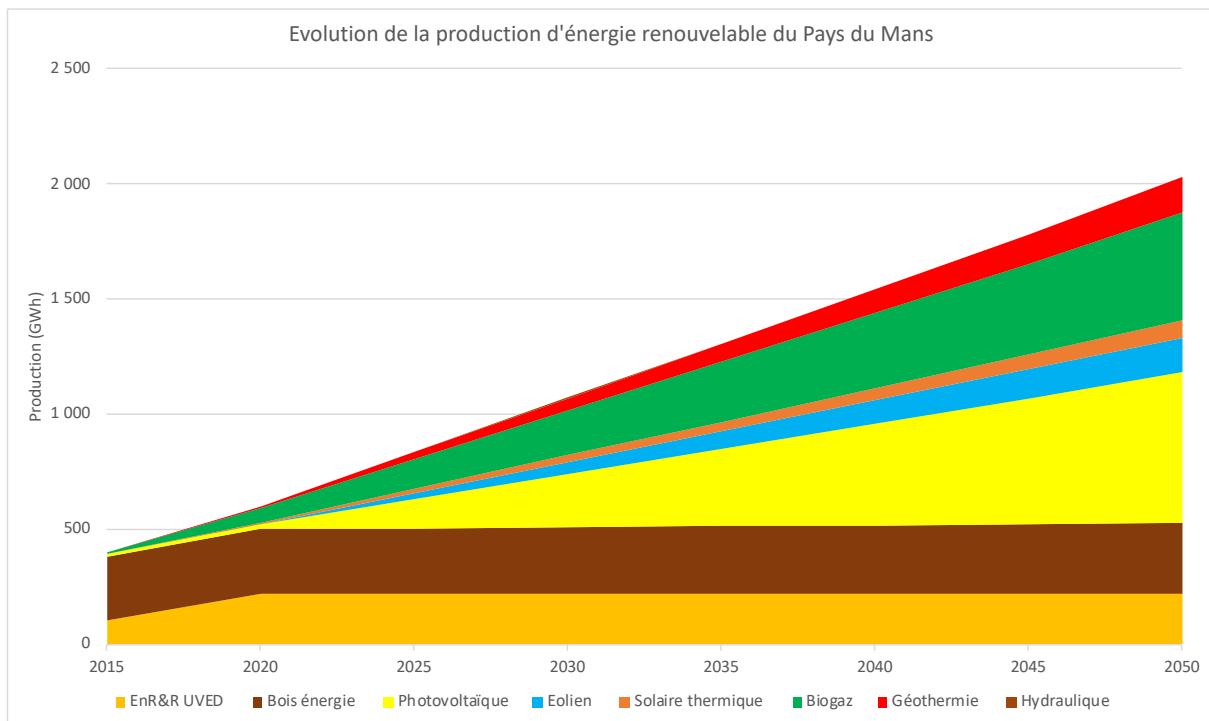
### **8.2.2 Scénario – résultat de la concertation**

Ce scénario est établi pour le Pays du Mans en reprenant les orientations définies par les différentes EPCI par énergie renouvelable.

L'énergie produite par l'Unité de Valorisation Énergétique des Déchets est considérée comme constante une fois sa capacité maximale atteinte d'ici 2020.

Même si la production de chaleur renouvelable issue du bois reste plus ou moins constante d'ici 2050, il est supposé un développement de la filière biomasse. En effet, le remplacement des appareils de combustion existant par des appareils plus performants libérera de la ressource bois pour que de nouveaux logements s'équipent en poêle à granulés, ou en créant des chaufferies collectives à granulés ou plaquette de bois.

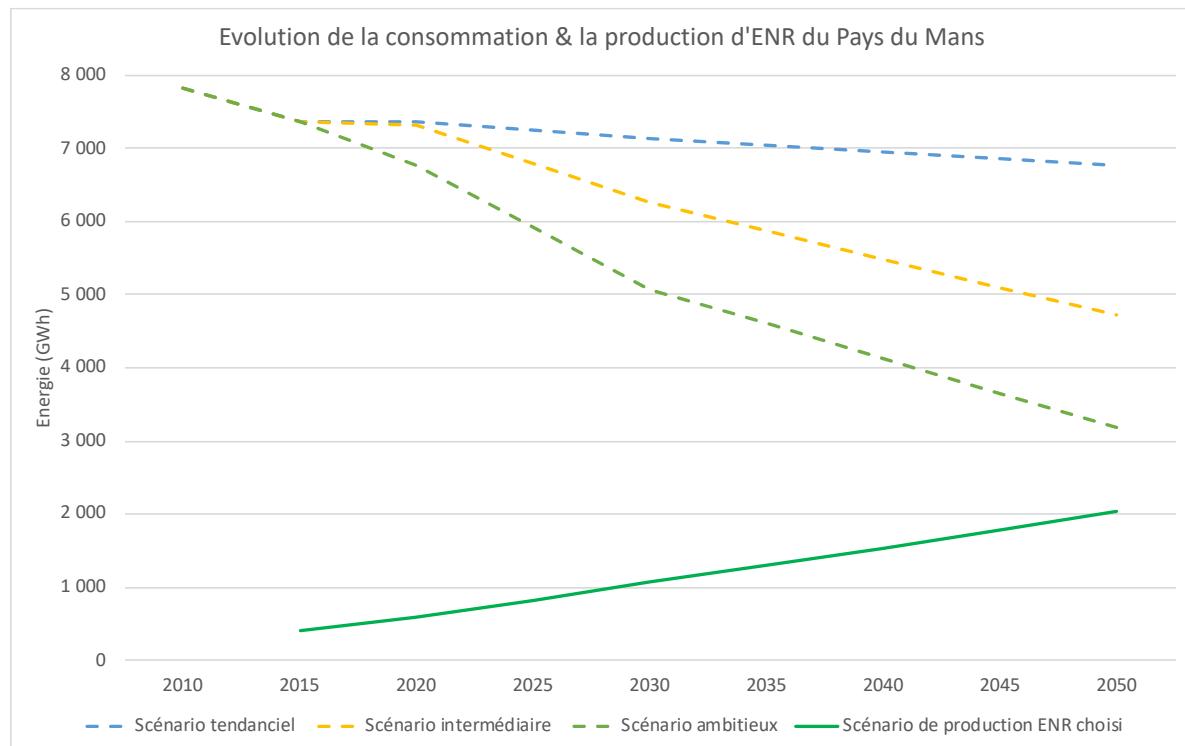
Pour les autres énergies renouvelables, il est considéré un développement continu jusqu'à l'atteinte des objectifs fixés par les ateliers pour 2050.



Une déclinaison de cette trajectoire en nombre d'installations d'ici 2050 serait la suivante :

Energie	Installations
Solaire photovoltaïque	547 parkings couverts par des ombrières de parking
	& 92 mairies, gymnases, tribunes et gares
	& 3 025 bâtiments commerciaux, industriels et agricoles
	& 289 ha de panneaux sur des bâtiments résidentiels et tertiaires (environ 55 500 bâtiments, soit 35% du total sur le territoire)
	& 3 centrales au sol
Eolien	6 parcs de 3 éoliennes de 3 MW & 4 parcs de 2 éoliennes de 3 MW
Solaire thermique	27 établissements publics équipés & 60% des logements collectifs & 50% des logements individuels
Bois énergie	27% des logements chauffés au bois & 48 petites installations collectives (200 kW)
Biogaz	38 moteurs de cogénération de 300 kW & 16 installations en injection totale
Géothermie	9% des logements chauffés par une installation de géothermie & 1 390 bureaux équipés
Hydraulique	2 installations
EnR&R UVED	1 installation (déjà en fonctionnement)

En croisant avec les différentes perspectives de réduction des consommations d'ici 2050, le Pays du Mans pourrait atteindre entre 30% et 65% de consommation couverte par la production d'énergie renouvelable suivant la maîtrise de l'énergie réalisée.



### 8.2.3 Scénario du Pays du Mans – Stratégie politique

Le territoire a décidé de se positionner sur une trajectoire TEPOS d'ici 2050, en respectant la réglementation concernant les objectifs de réduction de la consommation (-50% d'ici 2050). La production d'énergie renouvelable devra donc augmenter fortement d'ici 2050 pour atteindre l'autonomie énergétique en 2050.

Une déclinaison de cette trajectoire en nombre d'installations d'ici 2050 serait la suivante :

Energie	Installations
Solaire photovoltaïque	823 parkings couverts par des ombrières de parking
	& 126 mairies, gymnases, tribunes et gares
	& 4 323 bâtiments commerciaux, industriels et agricoles
	& 417 ha de panneaux sur des bâtiments résidentiels et tertiaires (environ 80 100 bâtiments, soit 51% du total sur le territoire)
	& 5 centrales au sol (60 ha)
Eolien	48 éoliennes
Solaire thermique	27 établissements publics équipés & 80% des logements collectifs

	& 80% des logements individuels
Bois énergie	35% des logements chauffés au bois & 30% des locaux tertiaires chauffés au bois Installation d'un moteur de cogénération de 10 MW pour alimenter des sites industriels en chaleur et électricité
Biogaz	50 moteurs de cogénération de 300 kW & 25 installations en injection totale
Géothermie	55% des logements chauffés par une installation de géothermie & 70% des locaux tertiaires chauffés par une installation de géothermie
Hydraulique	2 installations
PAC aérothermique	Même quantité de PAC aérothermiques qu'en 2015 (10% des logements équipés)
EnR&R UVED	1 installation (déjà en fonctionnement)

En croissant avec le scénario de réduction des consommations réglementaire d'ici 2050, le Pays du Mans pourrait atteindre entre 100% de consommation couverte par de la production d'énergie renouvelable.

Remarque : les efforts en maîtrise de l'énergie nécessaires pour atteindre les objectifs réglementaires représentent une baisse de la consommation de l'ordre de 56% des secteurs résidentiel et tertiaire étant donné la hausse de la population attendue (supérieure à la moyenne nationale).

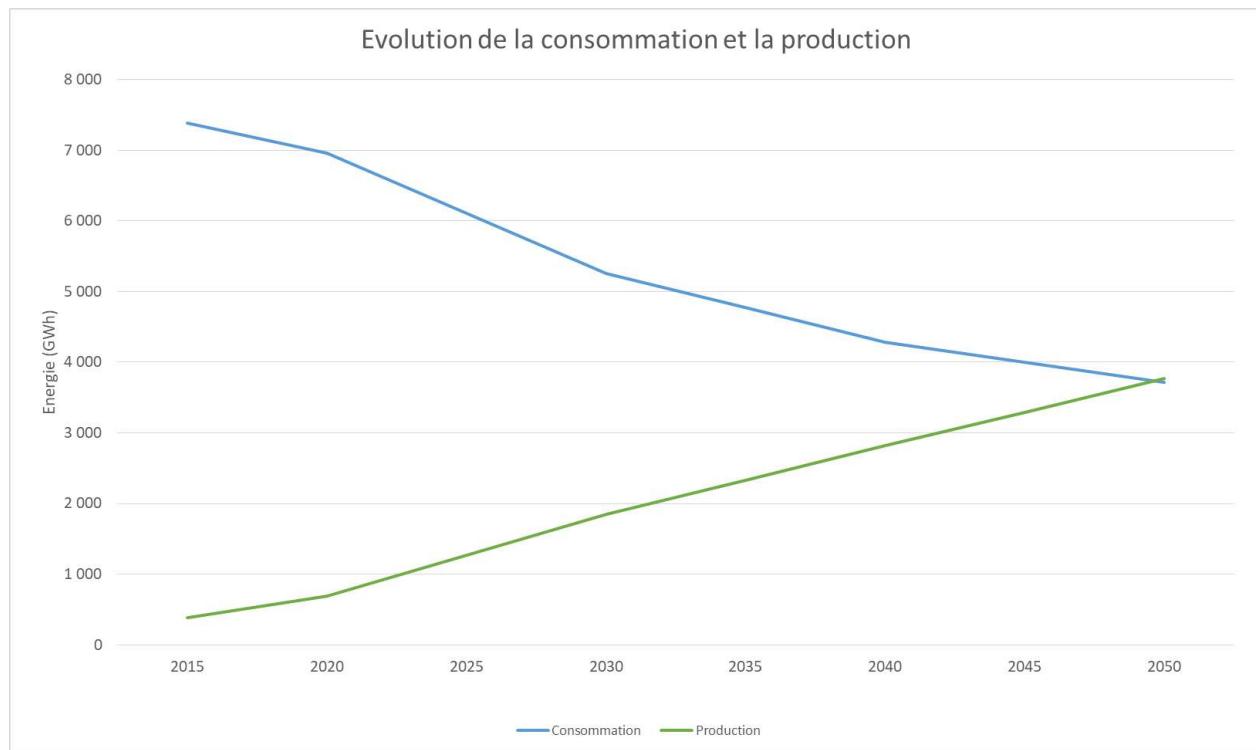


Figure 18 : Scénario Pays du Mans

## 9 Eléments d'aide à la décision sur les différentes ENR

L'objectif est de présenter les différentes caractéristiques des énergies renouvelables qui seront développées dans le scénario du Pays du Mans afin de guider dans l'élaboration du plan d'action.

### 9.1 Eolien

#### 9.1.1 Description de la technologie

Le principe de fonctionnement d'une éolienne est le même que celui d'un moulin à vent : elle transforme l'énergie du vent en énergie mécanique (avec les pâles de l'hélice). Un alternateur permet ensuite de convertir cette énergie en énergie électrique.

On distingue trois types d'éoliennes selon leurs tailles :

- Le grand éolien (hauteur : >50m, puissance : > 350 kW) : généralement installé dans des parcs industriels, les grandes éoliennes ont généralement des puissances de 1 à 4 MW (production de masse).
- Le moyen éolien (hauteur : 12 à 50 m, puissance : 36 à 350 kW) : utilisation par les PME/Industries
- Le petit éolien (hauteur : <12m, puissance <36 kW) : Ces éoliennes peuvent être installées sur des mâts ou sur des bâtiments. Elles peuvent être à axe horizontal ou vertical (production agricole domestique).

#### 9.1.2 Usages

Froid	Basse température <150°C	Moyenne température 150 - 750 °C	Très haute température >750°C	Electricité
-------	-----------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------

Une éolienne permet la production d'électricité.

#### 9.1.3 Coûts

Deux types d'éoliennes sont à détailler ici : les éoliennes terrestres et les éoliennes en mer. Les éoliennes terrestres sont présentes sur le territoire depuis de nombreuses années. La filière éolienne terrestre est aujourd'hui en phase de croissance en France avec une augmentation du nombre de site mais avec la présence importante de gisements actuellement encore inexploités. A l'inverse, les premiers sites d'éoliennes en mer devraient être mis en opération à partir de 2020.

##### 9.1.3.a Investissement

Eoliennes terrestres



Les coûts d'investissements pour les éoliennes terrestres varient entre 1 300 et 1 700 €/kW.



### **9.1.3.b Coûts de fonctionnement**

Eoliennes terrestres



Les coûts de fonctionnement pour les éoliennes terrestres varient entre 57 et 91 €/MWh.

### **9.1.4 Aides possibles**



Cette énergie ne bénéficie pas d'aide à l'investissement

### **9.1.5 Acceptabilité sociale**



L'acceptabilité sociale des éoliennes est complexe. En effet, les riverains reprochent les impacts visuels, la pollution sonore... engendrés par la présence d'un parc éolien sur la commune.

### **9.1.6 Contraintes d'intégration**



La construction de parc éolien est soumise à des contraintes réglementaires importantes : éloignement des routes et des habitations, le respect des zones naturelles protégées et des sites classés, des zones de rader et des couloirs aériens... Les éoliennes sont également soumises à autorisation environnementale. Enfin, une éolienne nécessite une surface disponible élevée. En effet, une éolienne d'une puissance nominale de 1 à 3 MW présente une densité au sol entre 12 et 19 ha/MW.

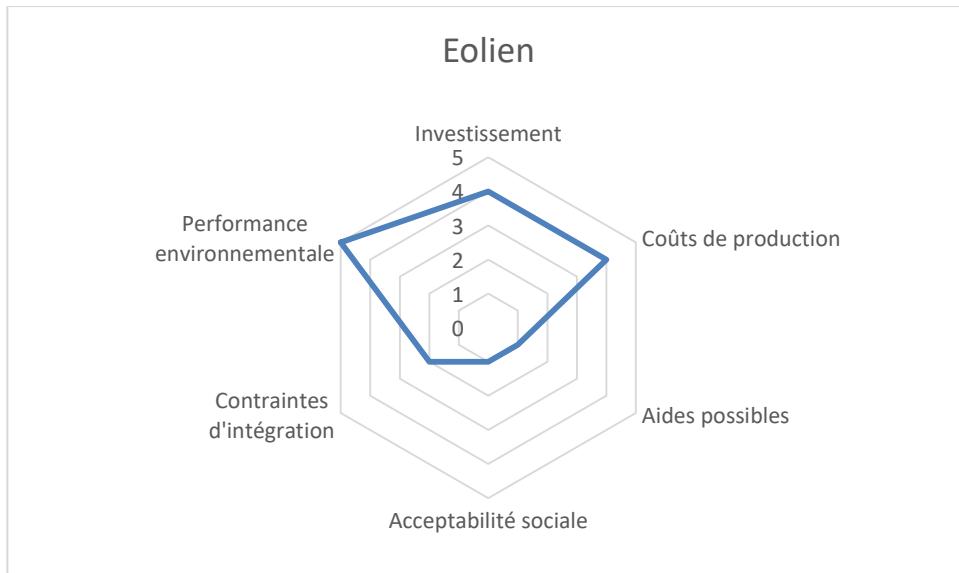
### **9.1.7 Performance environnementale**

Eoliennes terrestres



L'électricité produite par une éolienne terrestre émet (estimation de l'ADEME) 12,7 gCO<sub>2eq</sub>/kWh contre 57,1 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le mix électrique français en 2018.

### 9.1.8 En résumé

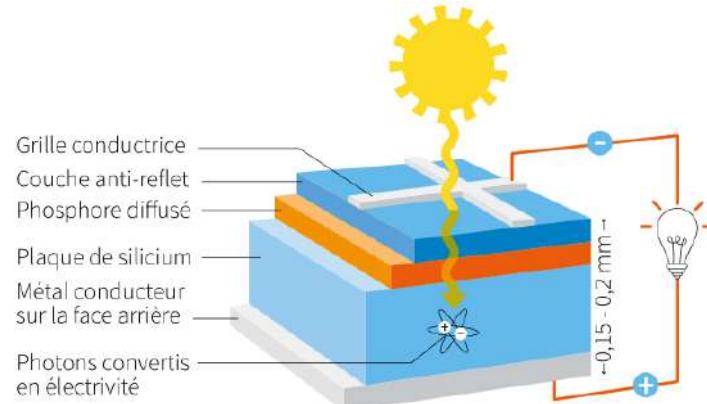


## 9.2 Solaire photovoltaïque

### 9.2.1 Description de la technologie

Les panneaux photovoltaïques transforment l'énergie solaire en énergie électrique. Le principe de fonctionnement est simple : se servir de l'énergie des photons pour créer une tension électrique au sein de la cellule photovoltaïque.

Ce courant électrique est ensuite ondulé (via un onduleur), le transformant de continu en alternatif, avant de le redistribuer sur le réseau ou bien de l'utiliser sur place (autoconsommation).



Exemple de cellule photovoltaïque (au silicium cristallin).

Les panneaux peuvent être installés en toiture de bâtiments (existants ou neufs) mais également sur des ombrières de parking. Des centrales au sol peuvent également être construites afin de valoriser le foncier non exploité (centre d'enfouissement par exemple).

### 9.2.2 Usages

Froid	Basse température <150°C	Moyenne température 150 - 750 °C	Très haute température >750°C
-------	-----------------------------	-------------------------------------	----------------------------------



Des panneaux solaires photovoltaïques permettent de produire de l'électricité.

### 9.2.3 Coûts

Trois types de panneaux solaires sont à détailler ici : les panneaux solaires photovoltaïques au sol, ceux installés en toiture sur des bâtiments résidentiel et ceux installés en toiture sur des bâtiments commerciaux. Pour les panneaux installés en toiture, les différentes installations (intégrées au bâtiment ou surimposées) ne seront pas détaillées ici. Un prix moyen sera pris en compte. De même, il ne sera pas fait la différence selon la localisation du projet bien que la productivité moyenne est plus élevée dans le sud de la France, que dans le Nord.

#### 9.2.3.a Investissement

##### PV au sol



Les coûts d'investissements pour le PV au sol varient entre 1 092 et 1 349 €/kW.

##### PV en toiture - résidentiel



Les coûts d'investissements pour le PV en toiture sur des bâtiments

résidentiel varient entre 2 630 et 3 380 €/kW.

#### PV en toiture - commercial



Les coûts d'investissements pour le PV en toiture sur des bâtiments commerciaux varient entre 1 590 et 1 970 €/kW.

#### 9.2.3.b Coûts de fonctionnement

##### PV au sol



Les coûts de fonctionnement pour le PV au sol varient entre 74 et 135 €/MWh.

##### PV en toiture - résidentiel



Les coûts de fonctionnement pour le PV en toiture sur des bâtiments résidentiel varient entre 181 et 326 €/MWh.

##### PV en toiture - commercial



Les coûts de fonctionnement pour le PV en toiture sur des bâtiments commerciaux varient entre 114 et 199 €/MWh.

#### 9.2.4 Aides possibles



Cette énergie ne bénéficie pas d'aide à l'investissement.

#### 9.2.5 Acceptabilité sociale



La technologie du solaire photovoltaïque est connue et acceptée par les riverains. Il peut toutefois substituer une crainte concernant le recyclage des panneaux ainsi que leur provenance.

#### 9.2.6 Contraintes d'intégration



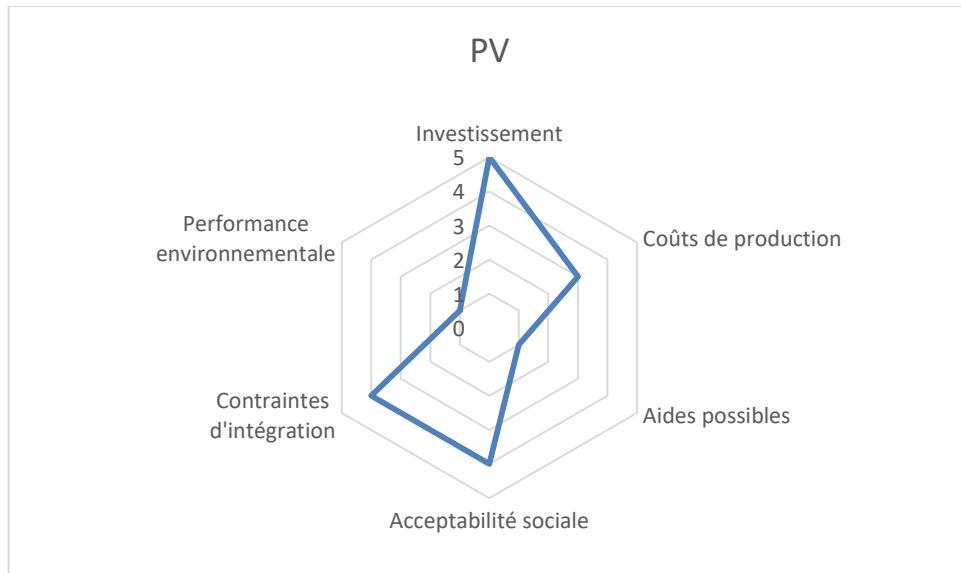
La mise en place de panneaux solaire photovoltaïque peut présenter quelques contraintes. En effet, pour les centrales au sol entraîne un risque de problématique d'emprise au sol mais également de potentiels conflits d'usage. Pour les panneaux solaires photovoltaïques installés sur les toitures, il peut y avoir des problématiques avec la structure du bâtiment su fait du poids des panneaux.

#### 9.2.7 Performance environnementale



L'électricité produite par du photovoltaïque émet (estimation de l'ADEME) 55 gCO<sub>2eq</sub>/kWh contre 57,1 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le mix électrique français en 2018.

### 9.2.8 En résumé

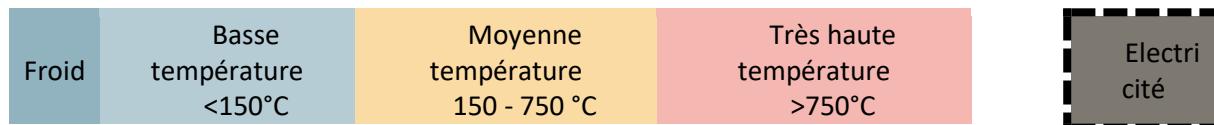


## 9.3 L'hydro-électricité

### 9.3.1 Description de la technologie

L'hydro-électricité est obtenue en se servant de l'énergie cinétique d'un courant de flux d'eau naturel. Cette énergie cinétique est transformée en énergie mécanique via une turbine, puis en énergie électrique par un alternateur. Selon la source d'énergie, différentes technologies ont été mises en place : les hydroliennes, les usines marémotrices, les turbines hydro-électriques...

### 9.3.2 Usages



L'hydro-électricité permet de produire de l'électricité.

### 9.3.3 Coûts

#### 9.3.3.a Investissement



Les coûts d'investissements pour l'hydro-électricité sont estimés à environ 4 500 €/kW.

#### 9.3.3.b Coûts de fonctionnement



Les coûts de fonctionnement pour l'hydro-électricité sont estimés à environ 75 €/MWh.

### 9.3.4 Aides possibles



Cette énergie ne bénéficie pas d'aide à l'investissement.

### 9.3.5 Acceptabilité sociale



La technologie de l'hydro-électricité fait partie du paysage français. Il peut toutefois substituer une réserve quant à la libre circulation des poissons sur les fleuves équipés de barrages.

### 9.3.6 Contraintes d'intégration



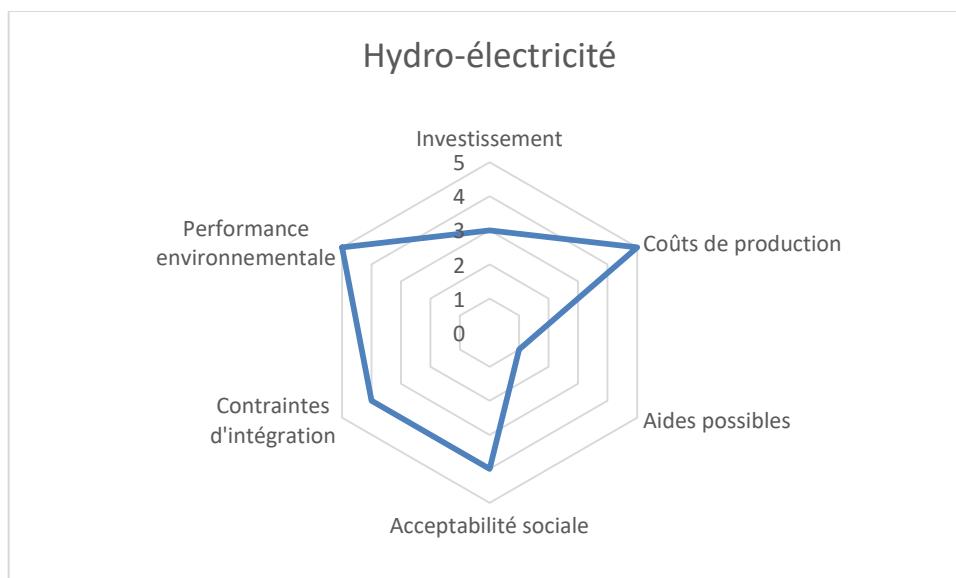
Cette énergie étant développée depuis de nombreuses années, le potentiel hydro-électrique est déjà fortement exploité. La principale contrainte est donc de trouver des cours d'eau avec des caractéristiques pertinentes pour cette énergie et qui ne sont pas déjà en exploitation.

### 9.3.7 Performance environnementale



L'électricité produite par l'hydro-électricité émet (estimation de l'ADEME) 6 gCO<sub>2eq</sub>/kWh contre 57,1 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le mix électrique français en 2018.

### 9.3.8 En résumé



## 9.4 Le solaire thermique

### 9.4.1 Description de la technologie

L'énergie solaire thermique produit de la chaleur à partir des rayons du soleil (à la différence du photovoltaïque qui produit de l'électricité). Une plaque et des tubes métalliques noirs constituent l'absorbeur (corps noir). Ils reçoivent le rayonnement solaire et s'échauffent. La chaleur est restituée grâce à un échangeur thermique (le liquide circulant dans le circuit chauffé cède ses calories solaires à l'eau sanitaire par exemple).

Cette technologie est principalement utilisée pour produire de l'eau chaude sanitaire.

### 9.4.2 Usages



Le solaire thermique permet de produire de la chaleur (principalement utilisée pour de l'eau chaude sanitaire).

### 9.4.3 Coûts

Il est nécessaire de différencier les chauffe-eau solaires individuels (CESI) et les chauffe-eau solaires collectifs.

De même que pour le solaire photovoltaïque, il ne sera pas fait la différence selon la localisation du projet bien que la productivité moyenne est plus élevée dans le sud de la France, que dans le Nord, une moyenne sera prise.

#### **9.4.3.a Investissement**

Chauffe-eau solaire individuel



Les coûts d'investissements pour le solaire thermique individuel varient entre 940 et 1 180 €/m<sup>2</sup>.

Chauffe-eau solaire collectif



Les coûts d'investissements pour le solaire thermique collectif varient entre 650 et 1 050 €/m<sup>2</sup>.

#### **9.4.3.b Coûts de fonctionnement**

Chauffe-eau solaire individuel



Les coûts de fonctionnement pour le solaire thermique individuel varient entre 181 et 366 €/MWh.

Chauffe-eau solaire collectif



Les coûts de fonctionnement pour le solaire thermique collectif varient entre 104 et 209 €/MWh.

#### 9.4.4 Aides possibles



L'installation de cette énergie permet de bénéficier du fonds chaleur : entre 45 et 55 €/MWh selon la zone pour les valeurs 2019.

#### 9.4.5 Acceptabilité sociale



On retrouve les mêmes critères d'acceptation sociale que pour le solaire photovoltaïque. En revanche, cette technologie est moins connue que le solaire photovoltaïque.

#### 9.4.6 Contraintes d'intégration



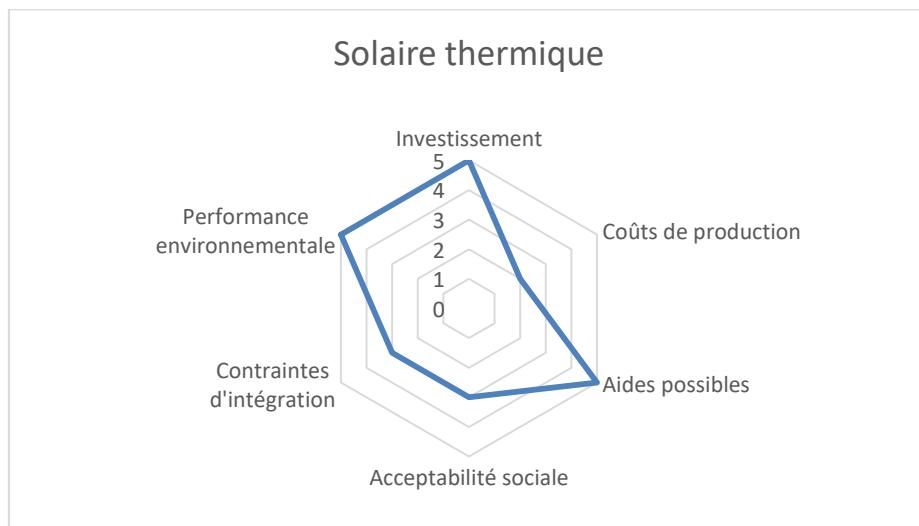
De même que pour l'acceptabilité sociale, on retrouve les mêmes contraintes que pour le solaire photovoltaïque. Cependant, cette technologie présente en plus une problématique de dimensionnement. En effet, il est nécessaire d'installer des panneaux solaires thermiques là où se trouvent des consommateurs de chaleur important en été. Par exemple, un restaurant scolaire qui est pourtant un fort consommateur d'eau chaude sanitaire lorsqu'il est en fonctionnement, est fermé en été. Le solaire thermique ne conviendra donc pas. Une piscine, par contre, a des consommations d'eau chaude importantes toute l'année et une installation de solaire thermique y serait donc appropriée.

#### 9.4.7 Performance environnementale



L'électricité produite par le solaire thermie émet (d'après une étude publiée dans Energy Policy qui dresse un bilan des études ACV existantes sur la filière nucléaire) 13 gCO<sub>2eq</sub>/kWh contre 57,1 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le mix électrique français en 2018.

#### 9.4.8 En résumé



## 9.5 Les pompes à chaleur aérothermiques

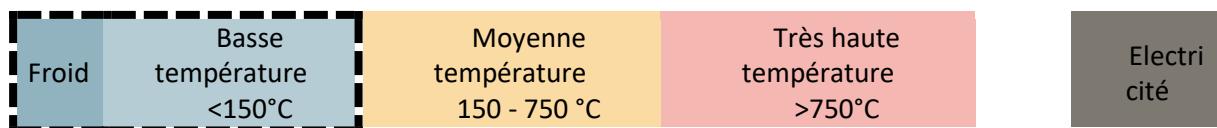
### 9.5.1 Description de la technologie

Le principe général est de capter l'énergie de l'air extérieur pour chauffer l'air intérieur. Pour cela, un évaporateur récupère les calories dans l'air extérieur et les transfère à l'air intérieur via un circuit frigorigène.

On peut distinguer deux systèmes :

- PAC air/air : l'unité extérieure capte les calories. Le ventilateur/convector (unité intérieure) les restitue. Le fluide frigorigène circule dans les unités intérieures et extérieures ;
- PAC air/eau : l'unité extérieure capte les calories et le circuit frigorigène les restitue à un réseau d'eau chaude qui circulera alors dans les radiateurs intérieurs.

### 9.5.2 Usages



L'aérothermie permet de produire de la chaleur à basse température mais également du froid.

### 9.5.3 Coûts

#### 9.5.3.a Investissement



Les coûts d'investissements pour l'aérothermie varient entre 1 100 et 1 400 €/kW.

#### 9.5.3.b Coûts de fonctionnement



Les coûts de fonctionnement pour l'aérothermie varient entre 116 et 137 €/MWh.

### 9.5.4 Aides possibles



Cette énergie ne bénéficie pas d'aide à l'investissement.

### 9.5.5 Acceptabilité sociale



Cette énergie possède comme défaut d'être peu esthétique, notamment avec l'unité extérieure. De plus, le bruit de ces appareils (après quelques années de fonctionnement) peut poser des soucis d'acceptabilité vis-à-vis du voisinage.

### 9.5.6 Contraintes d'intégration



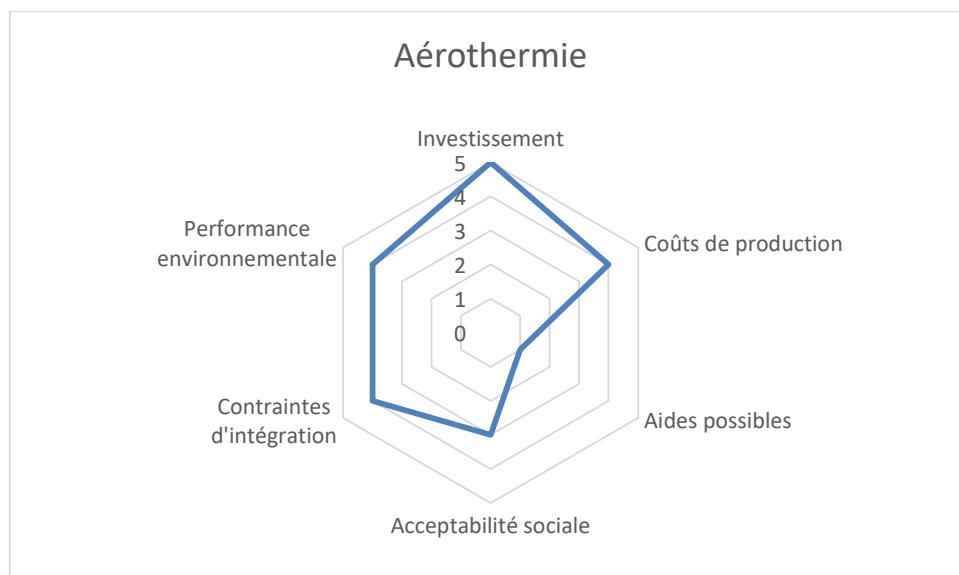
Les unités extérieures peuvent entraîner des contraintes d'intégration. En effet, installées en toiture (bâtiment collectif), elles peuvent gêner pour la mise en place de panneaux solaires.

### 9.5.7 Performance environnementale



Une pompe à chaleur géothermique fonctionne à l'électricité mais avec un rendement moyen de 2,5 à l'inverse d'un chauffage électrique traditionnel ayant un rendement de 1. Ainsi, l'aérothermie émet 2,5 fois moins de CO<sub>2</sub> que le mix électrique français soit 22,8 gCO<sub>2eq</sub>/kWh contre 57,1 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le mix électrique français en 2018.

### 9.5.8 En résumé



## 9.6 Les pompes à chaleur géothermiques

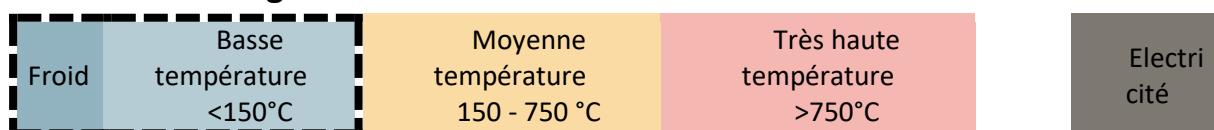
### 9.6.1 Description de la technologie

L'intérêt de la géothermie est de capter la chaleur que stocke la Terre. Cette chaleur est essentiellement produite dans le noyau terrestre, c'est pourquoi la température du sol augmente avec la profondeur.

La production d'énergie géothermique en France comprend plusieurs types de production : assistée par pompe à chaleur (« très basse énergie »), pour un usage direct (« basse énergie ») et « haute énergie ».

Le système le plus répandu fonctionne en récupérant les calories disponibles dans le sol et en les transportant jusqu'à la pompe à chaleur : à 15 m de profondeur, il fait toujours 10°C, ce qui permet de capter des calories l'hiver et de capter du froid l'été avec la même installation. En été, un échange direct (free-cooling) permet de rafraîchir les bâtiments avec une consommation minimale d'énergie.

### 9.6.2 Usages



La géothermie permet de produire de la chaleur à basse température mais également du froid.

### 9.6.3 Coûts

Quatre types de géothermie sont présentés pour cette analyse des coûts : la géothermie individuelle (PAC eau/eau), la géothermie collective sur champs de sondes la géothermie collective sur aquifère et la géothermie profonde.

#### ***9.6.3.a Investissement***

##### Géothermie individuelle



Les coûts d'investissements pour la géothermie individuelle varient entre 1 200 et 1 600 €/kW.

##### Géothermie collective sur champ de sondes



Les coûts d'investissements pour la géothermie sur champ de sondes varient entre 30 et 300 €/kW.

##### Géothermie collective sur aquifère



Les coûts d'investissements pour la géothermie sur aquifère varient entre 100 et 1 000 €/kW.

##### Géothermie profonde



Les coûts d'investissements pour la géothermie profonde varient entre 2 400 et 3 600 €/kW.

### 9.6.3.b Couûts de fonctionnement

Géothermie individuelle



Les coûts de fonctionnement pour la géothermie individuelle varient entre 118 et 145 €/MWh.

Géothermie collective sur champ de sondes



Les coûts de fonctionnement pour la géothermie sur champ de sondes varient entre 78 et 114 €/MWh.

Géothermie collective sur aquifère



Les coûts de fonctionnement pour la géothermie sur aquifère varient entre 56 et 112 €/MWh.

Géothermie profonde



Les coûts de fonctionnement pour la géothermie profonde varient entre 74 et 99 €/MWh.

### 9.6.4 Aides possibles



La géothermie permet de bénéficier du Fonds Chaleur. Le montant d'aide varie selon le type de géothermie.

### 9.6.5 Acceptabilité sociale



Cette énergie est bien acceptée par les riverains. Il peut cependant y avoir une crainte concernant la pérennité des nappes phréatiques, dans le cas où cette énergie était fortement développée.

### 9.6.6 Contraintes d'intégration



Cette énergie peut présenter des problématiques de surfaces, notamment pour la géothermie individuelle qui doit être à proximité du point de consommation. De plus, certains territoires possédant des champs ou plaines protégés, la mise en place de la géothermie est rendue plus complexe. Enfin, dans le cas d'un remplacement d'un système de chauffage électrique, la géothermie nécessite à créer tout le réseau secondaire fonctionnant à eau chaude, ce qui peut entraîner une augmentation du coût de cette solution.

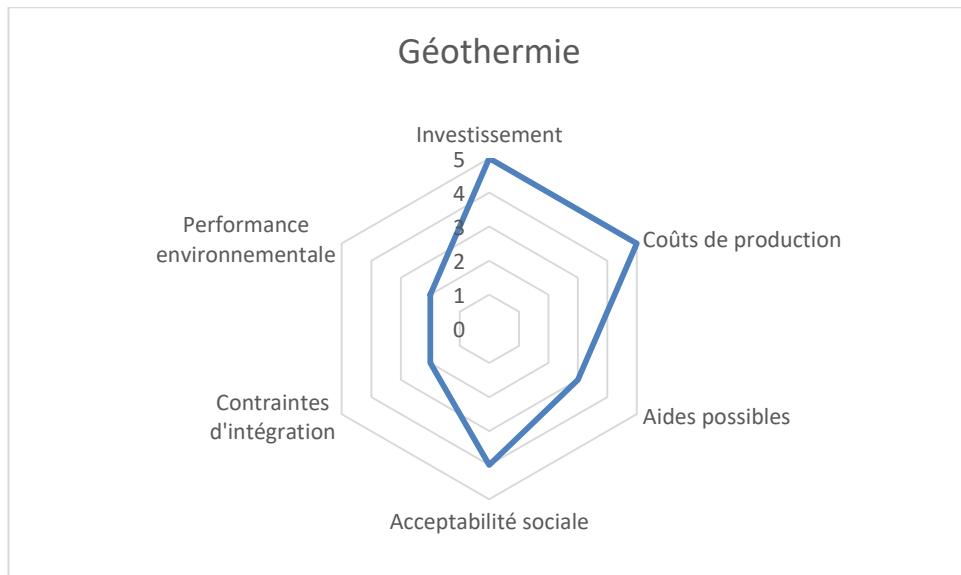
### 9.6.7 Performance environnementale



La géothermie émet (estimation de l'ADEME) 45 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. L'empreinte carbone de cette énergie n'est donc pas la plus optimale par rapport à d'autres énergies renouvelables. Cependant, la géothermie est principalement installée en remplacement de systèmes utilisant du gaz ou des produits pétroliers qui sont donc beaucoup plus émissifs : 227 gCO<sub>2</sub>eq/kWh pour le gaz naturel et 324

gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le fioul domestique.

### 9.6.8 En résumé



## 9.7 Le bois énergie

### 9.7.1 Description de la technologie

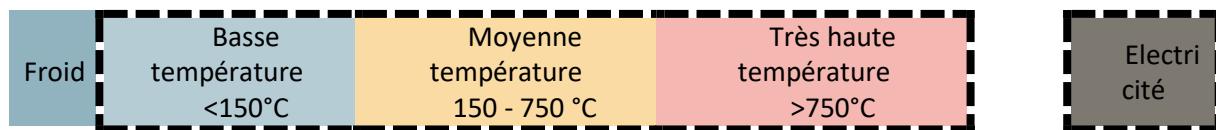
Les chaudières à biomasse brûlent différents biocombustibles et peuvent remplacer les systèmes de chauffage classiques utilisant des chaudières gaz, fioul ou propane.

Les chaudières bois peuvent faire toutes les tailles, depuis 5 kW pour une maison individuelle à plusieurs MW pour une chaufferie collective alimentant un réseau de chaleur.

La chaufferie bois énergie est un local ou bâtiment dédié comportant une chaudière bois/biomasse ainsi parfois qu'une chaudière d'appoint fonctionnant avec une énergie fossile (gaz, fioul ou propane) et un silo de stockage du combustible bois (plaquettes, granulés).

Le combustible est constitué soit de granulés de bois (sciure de bois compressé), soit de plaquettes forestières, bocagères ou urbaines ainsi que de résidus de l'industrie du bois pour les installations les plus importantes. Sous ces formes particulières, le bois a la faculté d'être transporté jusqu'au foyer de la chaudière de façon automatique et régulée.

### 9.7.2 Usages



La biomasse présente l'avantage de pouvoir produire de la chaleur à différentes températures mais également de l'électricité dans le cas d'une utilisation en cogénération.

### 9.7.3 Coûts

Quatre tailles de chaufferie biomasse sont présentés pour cette analyse des coûts : une chaufferie individuelle centrale utilisant des granulés, des chaufferies collectives : avec une puissance inférieure à 1 MW, comprise entre 1 et 3 MW et supérieure à 3 MW.

#### 9.7.3.a Investissement

##### Bois granulé central



Les coûts d'investissements pour les chaudières bois granulés individuelles varient entre 350 et 950 €/kW.

##### Bois collectif <1MW



Les coûts d'investissements pour les chaudières bois collectives d'une puissance inférieure à 1 MW varient entre 1 100 et 1 330 €/kW.

##### Bois collectif entre 1 et 3 MW



Les coûts d'investissements pour les chaudières bois collectives d'une puissance comprise entre 1 et 3 MW varient entre 940 et 1 290 €/kW.



### Bois collectif >3 MW



Les coûts d'investissements pour les chaudières bois collectives d'une puissance supérieure à 3 MW varient entre 2 400 et 3 600 €/kW.

#### **9.7.3.b Coûts de fonctionnement**

##### Bois granulé central



Les coûts de fonctionnement pour les chaudières bois granulés individuelles varient entre 80 et 100 €/MWh.

##### Bois collectif <1MW



Les coûts de fonctionnement pour les chaudières bois collectives d'une puissance inférieure à 1 MW varient entre 96 et 110 €/MWh.

##### Bois collectif entre 1 et 3 MW



Les coûts de fonctionnement pour les chaudières bois collectives d'une puissance comprise entre 1 et 3 MW varient entre 77 et 92 €/MWh.

##### Bois collectif >3 MW



Les coûts de fonctionnement pour les chaudières bois collectives d'une puissance supérieure à 3 MW varient entre 64 et 78 €/MWh.

#### **9.7.4 Aides possibles**



Le bois énergie permet de bénéficier du Fonds Chaleur. Le montant d'aide varie selon la taille de la chaufferie.

#### **9.7.5 Acceptabilité sociale**



Les chaufferies bois font parfois peur aux riverains quant à la qualité de l'air, malgré les nombreux filtres à particules et la combustion efficace de ces installations. De plus, l'éventualité d'un silo extérieur et de livraisons fréquentes (pour les chaufferies collectives) peuvent poser problème pour les riverains, notamment sur l'augmentation de la circulation.

#### **9.7.6 Contraintes d'intégration**



Comme présentée pour l'acceptabilité sociale, cette énergie nécessite une surface disponible non négligeable (pour les chaufferies collectives). Cette surface est nécessaire pour le local de chaufferie, le silo mais également du fait de l'emprise des unités de traitements des fumées et de gestion des cendres. A cela s'ajoutent des contraintes

logistiques liées à l'approvisionnement du combustible.

### 9.7.7 Performance environnementale

#### Chaufferie individuelle



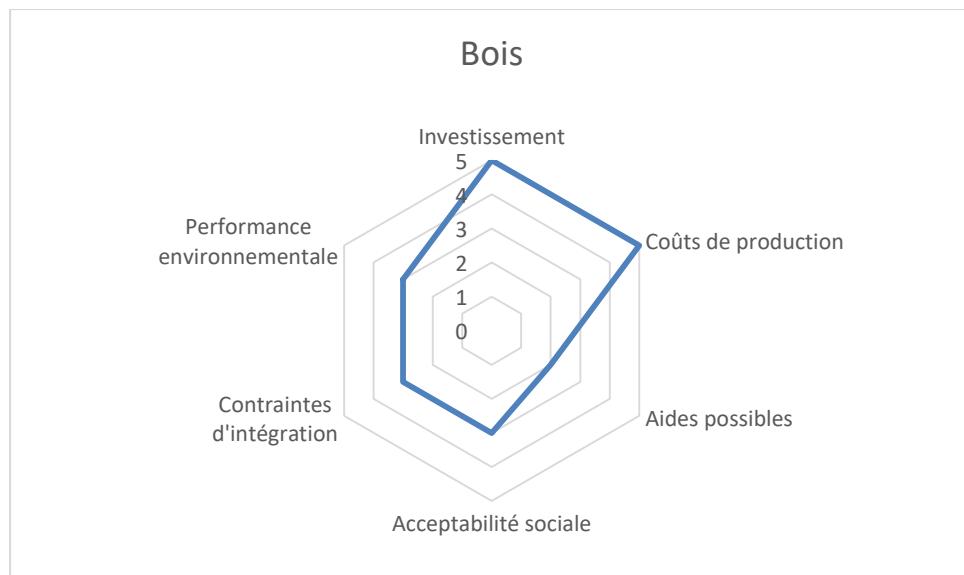
Les chaufferies individuelles au granulé émettent (estimation de l'ADEME) 30,4 gCO<sub>2eq</sub>/kWh. L'empreinte carbone de cette énergie n'est donc pas la plus optimale par rapport à d'autres énergies renouvelables. Cependant, le bois énergie est principalement installé en remplacement de systèmes utilisant du gaz ou des produits pétroliers qui sont donc beaucoup plus émissifs : 227 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le gaz naturel et 324 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le fioul domestique.

#### Chaufferie collective



Les chaufferies collectives au bois émettent (estimation de l'ADEME) 24,4 gCO<sub>2eq</sub>/kWh. Le bois énergie est principalement installé en remplacement de systèmes utilisant du gaz ou des produits pétroliers qui sont donc beaucoup plus émissifs : 227 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le gaz naturel et 324 gCO<sub>2eq</sub>/kWh pour le fioul domestique.

### 9.7.8 En résumé



## 9.8 La méthanisation

### 9.8.1 Description de la technologie

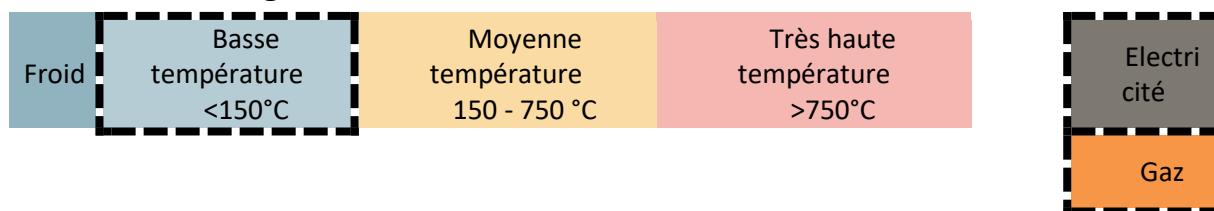
La méthanisation consiste en la production de biogaz à partir de matières organiques (déchets agricoles, industriels, des ménages...) grâce à des bactéries anaérobies (vivant en l'absence d'oxygène).

Le biogaz est composé en grande partie de méthane, équivalent à du gaz naturel. Ce biogaz peut alors être valorisé de plusieurs manières :

- Dans des chaudières pour produire de la chaleur,
- Dans des moteurs de cogénération produisant de l'électricité et de la chaleur,
- En injection dans le réseau de gaz naturel après épuration des composés autres que le méthane,
- En carburant pour véhicules adaptés (GNV) de la même manière que du gaz naturel.

Le résidu organique après digestion est appelé digestat et peut être valorisé comme fertilisant sur les terres agricoles.

### 9.8.2 Usages



La méthanisation permet soit de produire de la chaleur à basse température et de l'électricité via une cogénération, soit du gaz dans le cas d'une unité en injection.

### 9.8.3 Coûts

Seule la valorisation en cogénération est présentée ci-dessous. Cependant, deux tailles d'unités sont présentées : une unité de petite taille (environ 200 kW<sub>e</sub>) dite « à la ferme » et une unité de grande taille (environ 1 100 kW<sub>e</sub>) dite « centralisée ».

#### 9.8.3.a Investissement

A la ferme



Les coûts d'investissements pour les unités de méthanisation à la ferme sont d'environ 7 500 €/kW<sub>e</sub>.

Centralisée



Les coûts d'investissements pour les unités de méthanisation centralisée sont d'environ 8 000 €/kW<sub>e</sub>.

#### 9.8.3.b Coûts de fonctionnement

A la ferme



Les coûts de fonctionnement pour les unités de méthanisation à la ferme varient entre 96 et 106 €/MWh<sub>utile</sub>.

#### Centralisée



Les coûts de fonctionnement pour les unités de méthanisation centralisée varient entre 95 et 140 €/MWh<sub>utile</sub>.

#### 9.8.4 Aides possibles

La valorisation du biogaz par injection est actuellement valorisée via le Fonds Chaleur de l'Ademe à hauteur de 20 000 €/Nm<sup>3</sup>/h pour les débits jusqu'à 150 Nm<sup>3</sup>/h et 12 000 €/Nm<sup>3</sup>/h pour les débits supérieurs à 150 Nm<sup>3</sup>/h. La valorisation par cogénération est quant à elle soumise à un appel à projet quand l'efficacité énergétique de l'unité : énergie valorisée / énergie primaire du biogaz produit, est supérieure à 75%.



Au cas par cas selon la valorisation

#### 9.8.5 Acceptabilité sociale



L'acceptabilité sociale de cette énergie est complexe.

#### 9.8.6 Contraintes d'intégration



La mise en place d'une collecte sélective des déchets organiques demande une organisation et une pédagogie importante.

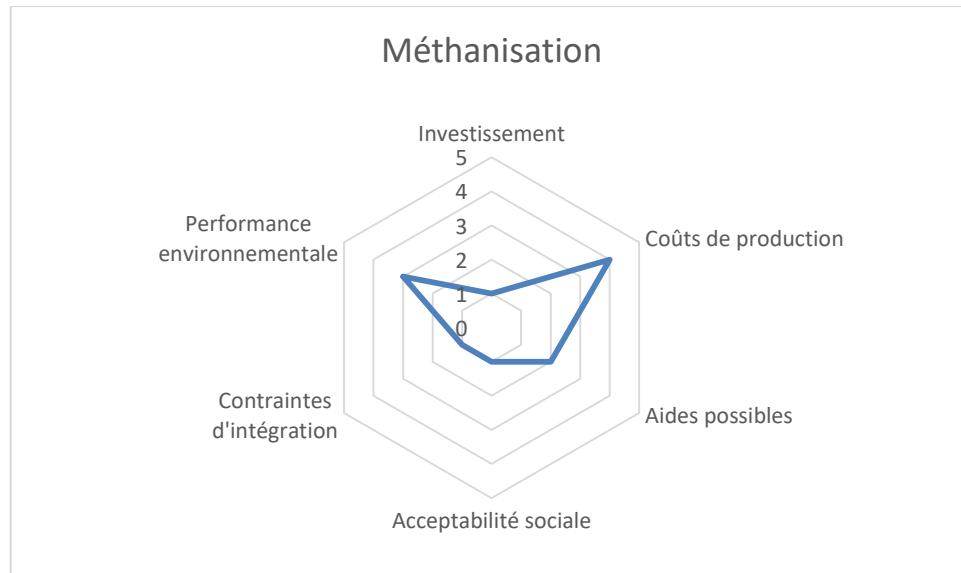
#### 9.8.7 Performance environnementale



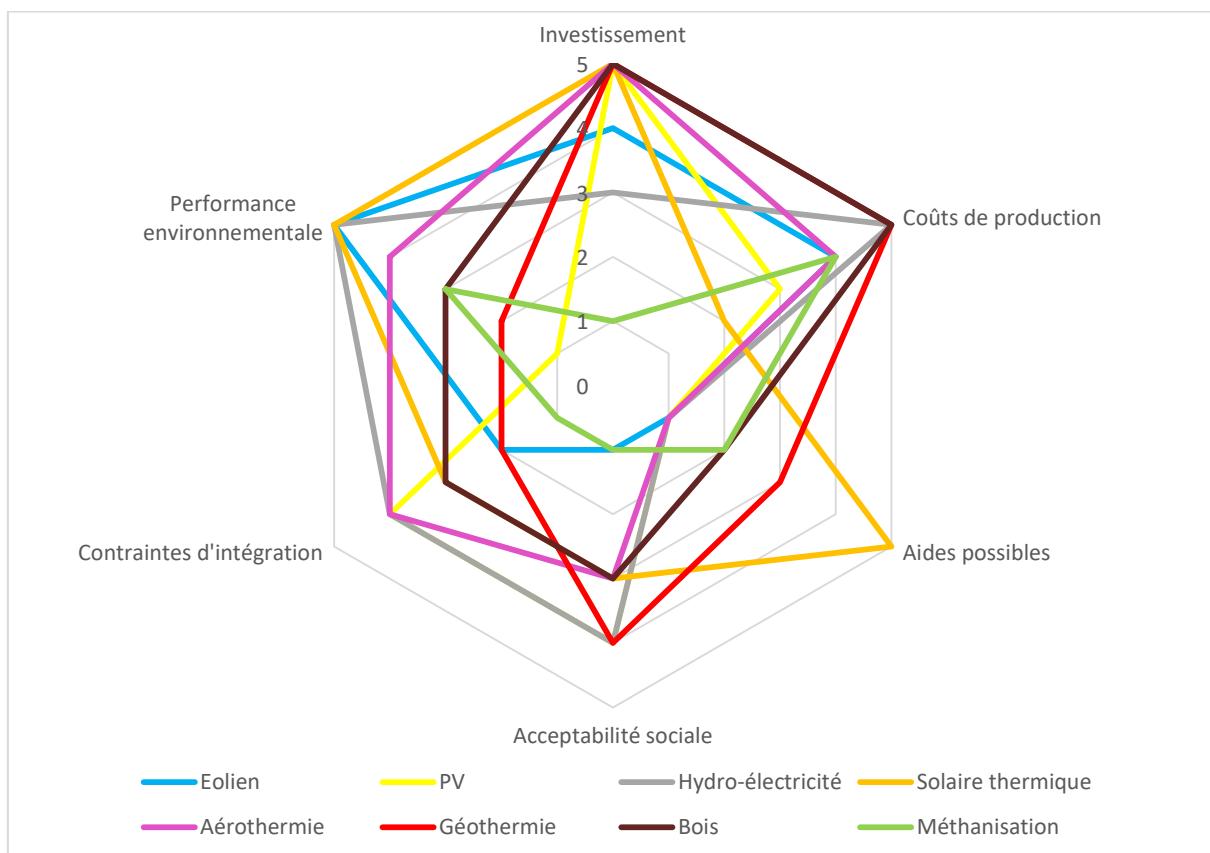
La performance environnementale de la chaleur et de l'électricité ou du biogaz produit par les unités de méthanisation est dépendante de la provenance des déchets utilisés.

Elle est toutefois estimée à 35 gCO<sub>2eq</sub>/kWh (source : proposition GRDF dans la base carbone Ademe).

### 9.8.8 En résumé



### 9.9 Bilan





Étude de potentiel de développement des énergies renouvelables et  
de récupération sur le Pays du Mans

Indice C – Juin 2019

## ANNEXES



## 1 Etat des lieux

Entretiens réalisés

Collectivité	Interlocuteur	Fonction
Gesnois Bilurien	Cécile Levilain	Directrice Générale des Services
Sud Est Pays Manceau	Karine Leroy	Responsable Environnement
Maine Cœur de Sarthe	Pascal Boedec	Directeur technique

Pour Le Mans Métropole et Orée de Bercé Belinois, les réponses du questionnaire en ligne, très complète, se sont substituées à un entretien téléphonique.

**Entretien téléphonique avec Mme Karine LEROY  
Responsable Environnement – Communauté de Communes du Sud-Est Manceau  
18/09/2018**

- Etat des ENR sur le territoire : installations existantes, projets en cours ou avortés :*
- La CC n'a que peu travaillé sur ce sujet et n'a pas mené de projet ENR, **à part une chaudière bois sans réseau de chaleur sur une nouvelle école de musique**
  - Deux projets éoliens sur le territoire ces dernières années :
    - o Brette-les-Pins : projet abandonné suites à l'opposition d'associations locales et de réticences vis-à-vis de l'implantation d'éoliennes sur une zone forestière,
    - o Parigné l'Evêque : elle ne savait pas où en était le projet
  - Elle ne pouvait pas dire si des installations ou si des projets d'installations ENR existaient sur le territoire, au niveau des communes
  - Sur le sujet énergie, la CC travaille plutôt sur la précarité énergétique : mission aux côtés du Pays du Mans auprès des ménages à faibles revenus

*Freins et leviers au développement des ENR sur le territoire :*

- Parmi les freins : opposition d'associations locales aux projets éoliens
- Coût d'investissement des projets ENR considéré comme trop important, **sans forcément prendre en compte les économies de fonctionnement générées sur le long terme,**
- Temps de retour sur investissement des projets souvent considéré comme trop long
- Manque d'engouement de la part des élus locaux vis-à-vis du sujet ENR
- Absence d'un CEP, malgré la réalisation d'études de faisabilité ou d'opportunité dans le cadre d'accords-cadres passés par le Pays du Mans

*Pistes d'action pour favoriser le développement des ENR sur le territoire :*

- Travailler davantage avec les bailleurs pour cibler le gisement de projets potentiels dans les logements sociaux,
- Développer une plus grande **animation** à l'échelle du Pays pour donner une information plus précise, des retours d'expériences, d'information sur les aides existantes pour donner des exemples locaux et observables,
- Transmettre ces informations à tous les élus, et pas uniquement aux convaincus, pour leur donner des pistes de réflexion,



- Encourager une meilleure **mise en réseau** des acteurs du territoires, et ce à différentes échelles (communes, CC, Pays, etc) pour mieux connaître les projets existants sur le territoire.

**Entretien téléphonique avec M. Pascal BOEDEC**

**Directeur Technique – Communauté de Communes Maine Cœur de Sarthe**

**18/09/2018**

**Etat des ENR sur le territoire : installations existantes, projets en cours ou avortés :**

- A également mentionné le projet éolien de Brette-les-Pins et les débats qu'il a suscité,
- Un projet privé d'hydroélectricité avait été mené à Saint Jamme sur Sarthe sur une ancienne fonderie, mais le site ne leur appartenait pas. Il ne sait pas où en est le projet,
- La CC a porté plusieurs PV sur plusieurs de leurs bâtiments : la gendarmerie à Ballon, un bâtiment pépinière sur la zone d'activité de Joué l'Abbé, etc,
- Indique qu'il n'est pas au courant de tous les projets existants,
- Le territoire n'est pas entièrement couvert par le réseau de gaz,
- Dans leur domaine de compétence (ex. économie), essaient de porter les sujets énergie. La CC ayant la compétence Développement Economique, ils essaient notamment d'utiliser les zones délaissées pour développer de petits champs de panneaux photovoltaïques : les élus y sont favorables, même si ces projets n'ont pas encore abouti

**Freins et leviers au développement des ENR sur le territoire :**

- Le sujet ENR passe globalement bien au niveau des élus comme des administrés, même si l'éolien a suscité plus de difficultés d'adhésion,
- La CC organise des visites techniques avec le Pays du Mans sur des chaufferies bois, même si elles n'ont pas abouti à de nouveaux projets,
- Pas d'échanges particuliers avec les communes sur ces sujets,
- Principal frein : coût d'investissement, même s'ils arrivent bien à mettre en rapport coût d'investissement immédiat et retour sur investissements,
- Ils ne disposent pas d'éléments chiffrés sur le potentiel ENR existant sur leur territoire,
- Ils arrivent à créer des échanges sur des projets existants et des retours d'expérience → c'est favorable pour entretenir la réflexion car ça permet d'observer du concret

**Pistes d'action pour favoriser le développement des ENR sur le territoire :**

- Un travail d'animation ou de CEP pourrait être intéressant pour favoriser l'identification et l'émergence de projets,
- Les élus ont besoin d'éléments concrets pour prendre des décisions, le seul fait d'identifier ne suffit pas, même si c'est utile. Le fait de pouvoir porter des notes d'opportunités pourrait aider,



**Entretien téléphonique avec Mme Cécile LEVILAIN  
Directeur Technique – Communauté de Communes Gesnois Billurien  
20/09/2018**

**Etat des ENR sur le territoire : installations existantes, projets en cours ou avortés :**

- Elle dit qu'elle ne connaît pas très bien le sujet
- Le seul projet dont elle a connaissance est le projet éolien sur la commune de Coudrecieux. C'est un projet qui est actuellement à l'étude, porté par un privé. Une association de riverains s'est montée pour lutter contre le projet. Ils sont venus s'exprimer lors des réunions publiques sur l'élaboration du PLUI. Il s'agit d'un projet en zone forestière, et supposerait d'abattre une grande partie des arbres pour mettre en place le projet,
- Pas d'autres projets en place ou avortés, en tout cas au niveau de la communauté de communes. Elle ne sait pas ce qu'il en est du côté des communes. Il leur arrive seulement de recenser les projets (pas uniquement les projets ENR) dans le cadre de démarche de subvention (contrat de ruralité ou contrats régionaux),
- La CC n'a pas les moyens humains et la technicité pour proposer des aides sur ce sujet. Ils n'ont pas les compétences en interne sur ces thématiques,
- Ils travaillent avec le Pays du Mans dans le cadre du PCAET.

**Freins et leviers au développement des ENR sur le territoire :**

- Les difficultés budgétaires n'aident pas à prendre en compte ces thématiques. Ils se concentrent sur d'autres compétences (numérique, jeunesse, etc). En revanche, ils vont commencer à travailler sur la réhabilitation de bâtiments, mais les pistes ENR ne sont pas prioritaires dans ces projets qui se concentrent davantage sur la maîtrise des coûts,
- Le principal frein est le manque de moyens et de technicité en interne, plutôt qu'un manque d'intérêt pour ces sujets,
- Par le biais de leur nouvelle adhésion SCOT-PCAET au Pays du Mans, il sera peut-être plus facile de développer la réflexion sur le sujet en bénéficiant d'un appui technique externe,
- Il y a eu un peu d'information et de formation avec le Pays Perche Sarthois sur les chaufferies bois, il y a quelques visites sur d'autres territoires mais ce n'est pas suffisant pour convertir ça en nouveaux projets.

**Pistes d'action pour favoriser le développement des ENR sur le territoire :**

- Le fait d'avoir des compétences techniques, de l'information et de l'animation au niveau du Pays serait probablement le moyen le plus simple de faire avancer la réflexion, par exemple par le biais d'un CEP,
- Le fait de bénéficier d'un potentiel précis et détaillé énergie par énergie sur leur territoire pourrait les aider.



## 2 Potentiel de développement des énergies renouvelables

### 2.1 Production d'électricité

#### 2.1.1 Eolien

##### *Méthodologie*

- 1) Vérification de la disponibilité du vent
- 2) Élimination des zones de contrainte (Centres-villes, patrimoine protégé, ZNIEFF Type 1 et 2)
- 3) Calcul des surfaces des zones sans contrainte spécifique identifiée

##### ➔ Potentiel net

- 4) Prise en compte des zones de 500m autour des bâtiments dit « indifférenciés », qui comprennent les bâtiments résidentiels et tertiaires : ce sont des zones où il est possible que se trouve une habitation, et donc une zone à risque quant à la possibilité d'implanter un mât éolien.
- 5) Élimination des surfaces trop faibles pour un projet éolien :
  - On compte 1,6 éoliennes pour 100 ha de surface disponible (source : ratio moyen des installations existantes françaises)
- 6) Estimation de la production d'énergie issue de l'éolien :
  - Puissance de 3MW par éolienne
  - Temps de fonctionnement : 2 000 heures par an à sa puissance nominale

##### ➔ Potentiel net mobilisable

#### 2.1.2 Solaire photovoltaïque

##### *Méthodologie*

- 1) Les surfaces prises en compte dans le calcul sont issues de la BD-TOPO de l'IGN.  
Bâtiments considérés :
  - Bâti remarquable : bâtiments possédant une fonction particulière autre qu'industriel (administratif, sportif, religieux ou relatif au transport)
  - Bâti industriel : bâtiments à fonction industrielle, commerciale ou agricole
  - Bâti indifférencié : bâtiments ne possédant pas de fonction particulière (habitation, école)

Lorsque le bâti remarquable est un bâtiment historique ou religieux, la mise en place de panneaux photovoltaïques est considérée comme impossible.

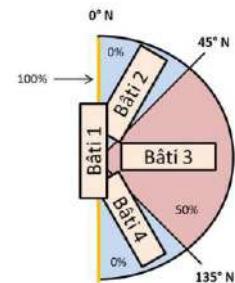
Lorsque le bâti est une serre ou un silo, la mise en place de panneaux photovoltaïques est considérée comme impossible.

## 2) Élimination des bâtiments ombragés par de la végétation

Afin de prendre en compte les éventuels masques qui pourraient faire de l'ombre aux panneaux, il n'a pas été pris en compte les surfaces de bâtiments se trouvant en partie ou entièrement dans une zone de végétation

### 3) Élimination des toitures mal orientées avec les hypothèses suivantes :

- Bâti du type 1 : 100% de la toiture couverte
- Bâti du type 3 : 50% de la toiture couverte
- Bâti des types 2 ou 4 : pas de photovoltaïque



### 4) Hypothèses de puissance :

Surface disponible	Inférieure à 50 m <sup>2</sup>	Entre 50 et 100 m <sup>2</sup>	Supérieure à 100 m <sup>2</sup>
Ratio de puissance	125 W <sub>c</sub> /m <sup>2</sup>	135 W <sub>c</sub> /m <sup>2</sup>	140 W <sub>c</sub> /m <sup>2</sup>

### 5) Hypothèses de productivité :

Orientation du bâti	Orienté au sud	Orienté est-ouest
Productivité	1 180 kWh/kW <sub>c</sub>	881 kWh/kW <sub>c</sub>

### 6) Ombrières de parking :

- Surface totale du parking prise en compte
- Panneaux orientés au sud
- 600 kW<sub>c</sub>/100ha installés

## 2.2 Production de chaleur

### 2.2.1 Solaire thermique

#### Méthodologie

##### Évaluation des besoins en eau chaude sanitaire :

- Des hôpitaux, en fonction du nombre de lits, en considérant 11%<sup>1</sup> de la consommation totale due à l'eau chaude sanitaire, avec les hypothèses suivantes :

<sup>1</sup> Source : Agence Régionale de la Santé (ARS Vendée – Pays-de-Loire)



Capacité d'hébergement	Consommation totale par lit
25	11,6 MWh/an
50	11,6 MWh/an
75	10,5 MWh/an
100	10,4 MWh/an

- Des EHPAD, en fonction du nombre de lits (même hypothèses de consommation que les hôpitaux)

- Des piscines, en fonction de la surface de bassin et du temps d'ouverture :

Ratio de consommation d'énergie d'un bassin de piscine	2,86 kWh/m <sup>2</sup> /jour
--	-------------------------------

- Des campings, en fonction du nombre d'emplacement nu, en considérant 120 jours de fonctionnement (4 mois par an, de juin à septembre)

Ratio de consommation	45 L/emplacement/jour
-----------------------	-----------------------

- Des particuliers, en fonction du nombre de personnes par ménage, d'après la base de données INSEE

Ratio de consommation	36 L/personne/jour
-----------------------	--------------------

Il est donc considéré comme potentiel en solaire thermique le total des consommations d'énergie pour produire de l'eau chaude sanitaire, modulé par les hypothèses<sup>1</sup> suivantes :

Type de bâtiment	Productivité	Pourcentage de la consommation annuelle d'eau chaude sanitaire couverte par le solaire
Solaire thermique collectif (piscines, hôpitaux, EHPAD, camping, particuliers habitant dans des immeubles)	600 kWh/m <sup>2</sup>	40 %
Solaire thermique individuel (particuliers habitant dans des maisons individuelles)	300 kWh/m <sup>2</sup>	60 %

## 2.2.2 Bois énergie

### Méthodologie

Les surfaces de forêts du territoire sont obtenues à partir des données de Corine Land Cover de 2012.

L'accroissement biologique des forêts de la région Pays de la Loire est de 7 m<sup>3</sup>/ha/an<sup>2</sup>, feuillus et résineux confondus.

<sup>1</sup> Source : constructeur de panneaux de solaire thermique Viessmann

<sup>2</sup> Source : Rapport Inventaire Forestier 2016

Il est pris l'hypothèse que les forêts du territoire Estuaire et Sillon suivent ce même taux d'accroissement.

Il est supposé que 85% de cet accroissement naturel est prélevé sur le territoire, et que la totalité du bois collecté est dirigé vers l'usage bois énergie.

Afin d'estimer la quantité d'énergie selon le type de bois, il a également été pris les hypothèses suivantes :

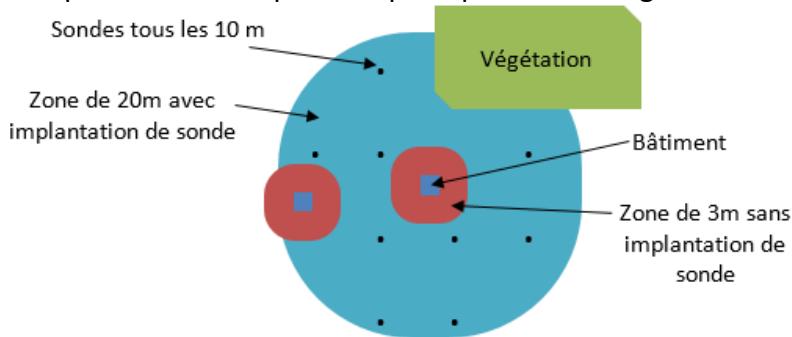
<b>PCI feuillus</b>	<b>2,43 MWh/m<sup>3</sup></b>
<b>PCI résineux</b>	<b>2,13 MWh/m<sup>3</sup></b>

## 2.2.3 Géothermie

### Méthodologie

A partir des bâtiments identifiés dans la BD TOPO, il a été considéré la possibilité d'implanter des sondes géothermiques espacées de 10 m dans un rayon de 20 m autour des bâtiments. De ce périmètre ont été ôtées les zones de végétation et une zone de 3 m autour des bâtiments (pour limiter les risques pour les fondations).

Le schéma de principe ci-dessous reprend le principe de ce zonage.



Il a ensuite été pris une hypothèse de production de 6 kW par sonde (capacité thermique du sol supposé à 30 W/ml sur des sondes de 200 m) et une production durant 2 000 h/an, soit une production moyenne de 12 000 kWh/an/sonde.

Ceci permet d'obtenir un potentiel brut.

Celui-ci étant suffisant pour couvrir les consommations de chaleur du territoire, le potentiel total est considéré comme égal à la consommation de chaleur totale des secteurs résidentiel et tertiaire du territoire.

## 2.3 Autres

### 2.3.1 Méthanisation

#### Méthodologie

Pour estimer le potentiel d'énergie issu du biogaz, il a été pris en compte les déchets suivants :

- Hôpitaux / EHPAD,
- Ménages (FFOM : fraction fermentescible des ordures ménagères),



- Ecoles, collèges, lycées,
- Déchets verts,
- Cheptels,
- Culture,
- Boues de STEP.

Il a également été pris en compte les huiles alimentaires usagées pour les catégories suivantes :

- Hôpitaux / EHPAD,
- Ecoles, collèges, lycées.

La méthodologie utilisée pour estimer le potentiel d'énergie issu du biogaz repose sur celle décrite dans l'étude « Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation » réalisée en avril 2013 par Solagro et Indigo pour le compte de l'Ademe.

A partir des données sources structurelles, plusieurs ratios sont utilisés afin d'estimer le gisement. Ces ratios et les différents gisements seront détaillés par la suite pour chaque catégorie. Il a été considéré ici le gisement brut produit comme étant la totalité du potentiel en biogaz.

#### Hôpitaux / EHPAD

La quantité de déchets produits par ces établissements dépend du nombre de lit par établissement. Il a été supposé une production de déchets organiques de 185 g/repas et une production d'huile alimentaire usagée de 8 mL/repas.

#### FFOM – Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères

La quantité de déchets produits par les ménages dépend du nombre d'habitants en habitat individuel et en habitat collectif par communes.

Le nombre de résidences principales de type maison et de type appartement ainsi que le nombre d'habitant dans la commune sont tirés du recensement de la population de 2014 réalisé par l'INSEE.

Afin de récupérer la fraction fermentescible des ordures ménagères, deux types de collecte sont envisagées : une collecte en mélange avec les ordures ménagères en habitat collectif et une collecte sélective en habitat individuel.

Les ratios utilisés pour les quantités totales de déchets récupérés, tirés de l'étude de l'ADEME, sont les suivants :

- 246 kg/hab.an pour l'habitat collectif et
- 38 kg/hab.an pour l'habitat individuel.

#### Ecoles

La quantité de déchets produits par ces établissements dépend du nombre de repas par an. Cette donnée est obtenue à partir du nombre d'élèves dans l'établissement. Les ratios utilisés, tirés de l'étude de l'ADEME, sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Type d'établissement	% de repas pris	Nombre de jours de service par an	Quantité de déchets par repas
----------------------	-----------------	-----------------------------------	-------------------------------



Ecole primaire	59 %	144	185 g DO <sup>1</sup> / repas
Enseignement secondaire	63 %	180	280 g DO / repas
Enseignement supérieur	27,7 %	152	315 g DO / repas

**Tableau 11 : Ratios tirés de l'étude de gisement de l'ADEME – Restauration collective**

Il a été supposé une production d'huile alimentaire usagée de 8 mL/repas.

### Déchets verts

Les déchets verts comprennent quatre types de déchets :

- Les déchets verts provenant des ménages disposant d'un jardin,
- Ceux provenant des services techniques des communes réalisant l'entretien des espaces verts en régie,
- Les déchets verts des entreprises d'entretien et d'aménagement paysager qui interviennent pour le compte des services techniques espaces verts ou des privés,
- Ceux des services d'entretien des routes.

La donnée source structurelle pour les déchets verts est le nombre d'habitant par commune. La quantité de déchets verts produits est ensuite obtenue en utilisant les ratios, détaillés dans le tableau ci-dessous, qui varient en fonction de la zone d'habitation.

Type d'habitation	Quantité de déchets
Océanique	161 kg/hab.an
Océanique dégradé	109 kg/hab.an
Méditerranéen	96 kg/hab.an
Continental	52 kg/hab.an
Montagnard	45 kg/hab.an
DOM-TOM	123 kg/hab.an

**Tableau 12 : Ratios ADEME – Quantité de déchets verts par habitants**

Le nombre d'habitants par communes est issu des données de l'INSEE mises à jour en 2009. Le territoire ayant un climat océanique, la quantité de déchets produits par habitants est de 161 kg/an.

### Cheptels

Pour estimer le gisement potentiel en méthanisation produit par les effluents d'élevage, il est nécessaire de connaître le nombre d'animaux dans chaque commune et leur type. Cette donnée est obtenue à l'aide du recensement agricole de 2010 (RGA 2010).

Dans le fichier, si une commune ne comprend que 1 ou 2 exploitations ou si une exploitation représente à elle seule 85% ou plus de la totalité, par soucis de confidentialité, le nombre de bêtes n'est pas renseigné. Pour de nombreuses communes, ce problème de la confidentialité a été rencontré et les données de la commune n'ont pas pu être traitées. Le gisement estimé ici est donc sous-évalué.

La production d'excréments par an et par animal, issue des ratios de l'ADEME, est détaillée dans le tableau ci-dessous.

<sup>1</sup> DO : déchet organique

	<b>Excrétion en kg MS/an/animal</b>
Vaches laitières	1 948
Vaches nourrices	1 612
Veaux de boucherie	873
Equidés	631
Caprins	336
Ovins	148
Truies mères	277
Jeunes truies de 50 kg et plus destinées à la reproduction	89
Porcelets	54
Autres porcs	76
Volailles	12

Tableau 13 : Quantité d'excréments selon les animaux

L'étude de l'ADEME suppose que 71% des déjections sont récupérées sous forme de fumier solides et pelletables et les 29% restants se présentent sous forme de lisiers et fientes liquides ou pâteux.

#### Culture

Afin d'estimer le gisement potentiel en méthanisation produit par les cultures, il est nécessaire de connaître les surfaces utilisées. Cette donnée est issue de la Corine Land Cover de 2012.

Les ratios de production utilisés par la suite sont détaillés dans le tableau suivant et sont tirés de l'étude de l'ADEME.

	<b>Surfaces prises en compte</b>	<b>tMB/ha</b>
<b>Pailles de céréales</b>	Assolement	3,9
<b>Pailles de maïs</b>	Assolement	3,3
<b>Pailles de colza</b>	Assolement	2,1
<b>Pailles de tournesol</b>	Assolement	2,9
<b>CIVE</b>	Cultures de printemps hors monoculture de maïs grain et autres incompatibilité	11,3
<b>Issues de silos</b>	Céréales + tournesol + colza	0,04
<b>Fanes de betteraves</b>	Assolement	30
<b>Menues pailles</b>	Céréales à paille + Paille de colza	1,6

### 3 Scénarios par EPCI

#### 3.1 Communauté de Communes du Gesnois Bilurien

##### 3.1.1.a Eolien

Le scénario retenu quant au développement de l'éolien sur le territoire est compris entre un positionnement intermédiaire et ambitieux.

Justification	Vigilance
3 parcs de 3 éoliennes de 3MW semblent envisageables car il y a jusqu'à 7 éoliennes prévues sur la commune de Coudrecieux	Faut-il vraiment se battre pour développer 3 éoliennes ?
Filière éolienne à développer car c'est une source de production efficace et rentable.	Les projets ne se feront pas s'il n'y a qu'une éolienne par parcelle
Avantage financier pour les agriculteurs	

Plusieurs objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- Impliquer la population dans les projets éoliens pour faciliter l'acceptabilité : projet En citoyen par exemple
- Etudier d'avantage les possibilités d'implantation : ZAC, zone militaire de Saint-Mars-la-Brière, zones agricoles

##### 3.1.1.b Solaire photovoltaïque

Le scénario retenu quant au développement du solaire photovoltaïque sur le territoire est compris lui aussi entre un positionnement intermédiaire et ambitieux.

Justification	Vigilance
Arrivée du cadastre solaire en avril 2019 → Avoir une étude précise sur le potentiel par commune	Il y a des blocages par les ABF même lorsque l'intégration du PV est inscrite dans les PLUi. Comment travailler avec les ABF pour permettre le développement du PV ?
Cibler les bâtiments publics/agricoles et commerciaux	Comment sensibiliser les bâtiments résidentiels et tertiaires ?

Plusieurs objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- Favoriser l'implantation de panneaux photovoltaïque sur les bâtiments publics, commerciaux et agricoles



- Lever les obstacles à l'intégration du photovoltaïque (contraintes réglementaires et architecturales, et contraintes financières)

### **3.1.1.c Solaire thermique**

Le scénario retenu quant au développement du solaire thermique sur le territoire est compris lui aussi entre un positionnement intermédiaire et ambitieux.

Justification	Vigilance
Encourager tous les bailleurs sociaux à proposer cette technique	Problème de l'intégration paysagère
Travailler sur les préconisations avec les aménageurs pour les futurs projets d'aménagement	Sensibiliser sur le fait que l'ECS est une part importante de notre consommation de chaleur (et le sera davantage avec les logements moins énergivores en chauffage) → faire de la pédagogie auprès du public
Excellent énergie car sans circuit et est consommée au plus près	

Plusieurs objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- Développer le solaire thermique sur les bâtiments consommateurs d'eau chaude sanitaire (EHPAD, campings, piscines, etc...)
- Sensibiliser à l'intérêt de cette énergie et valoriser les projets exemplaires et installateurs compétents

### **3.1.1.d Bois énergie**

Le scénario retenu quant au développement du bois énergie sur le territoire est ambitieux.

Justification	Vigilance
Création de l'emploi non délocalisables	Vigilance sur la taille des infrastructures nécessaires pour faire des projets rentables
Entretien des bois et des forêts à encourager économiquement (création de filières, entretien des accès) : bénéfique pour la qualité des bois (biodiversité)	
Ressource locale à valoriser en circuit court Filière structurée existante (Le Luait ?)	



L'objectif stratégique ressorti de cet atelier concerne la mise en place d'une filière bois locale sur le territoire du Gesnois Bilurien, mais aussi en concertant les territoires voisins.

### **3.1.1.e Géothermie**

Le scénario retenu quant au développement de la géothermie sur le territoire est un positionnement intermédiaire.

Justification	Vigilance
Moins une solution d'avenir pour les nouveaux logements car forte volonté de réduire les surfaces des parcelles à urbaniser dans le cadre des PLUi	Contraintes techniques et financières de l'installation
Moins rentable que le bois	
Évolution technique des pompes à chaleur d'ici à 2050	

L'objectif stratégique ressorti de cet atelier concerne la volonté d'une sensibilisation générale sur la géothermie et ses possibilités de mise en œuvre, car il s'agit d'un système peu connu. Un biais pourrait être l'Espace Info Énergie.

### **3.1.1.f Biogaz**

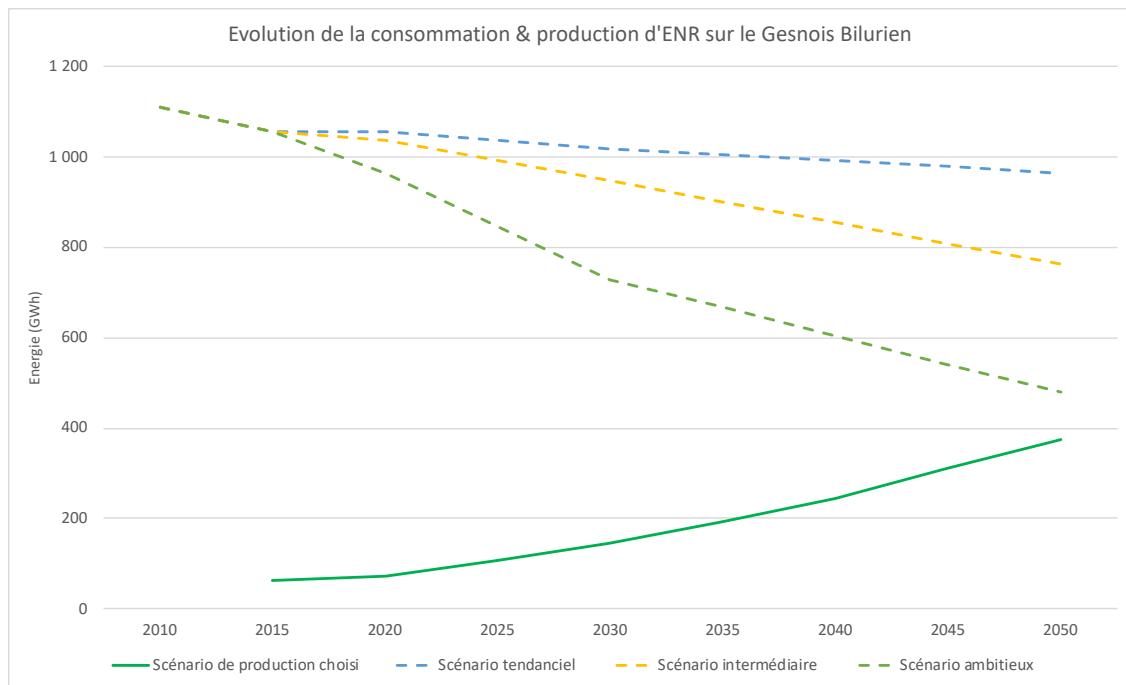
Le scénario retenu quant au développement de la méthanisation sur le territoire est compris entre un positionnement intermédiaire et ambitieux.

Justification	Vigilance
Filière à créer à partir des stations d'épuration du territoire + les exploitations agricoles + les industries agro-alimentaires	Attention à la structure du réseau de gaz. L'installation doit être à proximité du réseau

L'objectif stratégique ressorti de cet atelier concerne le développement d'une filière d'approvisionnement du gisement local.

### **3.1.1.g Scénario retenu**

Le scénario retenu par la Communauté de Communes du Gesnois Bilurien correspond à la trajectoire suivante :



Combiné avec une stratégie ambitieuse de maîtrise de l'énergie, le territoire pourrait cibler l'autonomie énergétique d'ici 2060.

### 3.2 Communauté de Communes Maine Cœur de Sarthe

#### 3.2.1.a Éolien

Le scénario retenu quant au développement de l'éolien sur le territoire est celui intermédiaire.

Justification	Vigilance
Un seul parc pour optimiser sa rentabilité	
Envisager un financement participatif ou un projet éolien citoyen pour travailler l'acceptabilité du projet	
L'éolien peut être intéressant dans le bois de La Bazoge car c'est assez isolé	

Un objectif stratégique majeur est ressorti de cet atelier :

- Impliquer la population dans un projet éolien pour faciliter l'acceptabilité : projet porté par des citoyens par exemple



### **3.2.1.b Solaire photovoltaïque**

Le scénario retenu quant au développement du solaire photovoltaïque sur le territoire est lui aussi intermédiaire.

Justification	Vigilance
Envisageable avec 8 logements par commune et par an	
Envisager les ombrières uniquement sur les parkings existants car il n'est pas souhaité de faire davantage de parkings	
Possibilité de louer des toitures (Cenovia...) Il faut faire un projet de contribution sur le projet de Le Mans Box	

Un objectif stratégique majeur est ressorti de cet atelier :

- Favoriser l'installation de panneaux PV sur les bâtiments publics, tertiaires et résidentiels

### **3.2.1.c Solaire thermique**

Le scénario retenu quant au développement du solaire thermique sur le territoire est un positionnement ambitieux.

Justification	Vigilance
L'installation de panneaux solaires thermiques sur les bâtiments forts consommateurs (EHPAD, camping, équipements sportifs)	Vigilance sur la qualification des professionnels car nombreuses malfaçons d'installations (surtout sur le PV). S'assurer de la crédibilité des entreprises : avoir une charte qualité ?
	Comment inciter les particuliers à opter pour cette énergie ?

Plusieurs objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- Sensibiliser aux équipements solaires thermiques, via l'Espace Info Énergie par exemple
- Installer des panneaux solaires thermiques sur les équipements publics consommateurs d'ECS

### **3.2.1.d Bois énergie**



Le scénario retenu quant au développement du bois énergie sur le territoire est celui intermédiaire.

Justification	Vigilance
Rénover les équipements de chauffage existants pour des appareils plus performants afin de libérer de la ressource pour le développement d'autres chaufferies	Le potentiel bois ne va pas se développer davantage qu'aujourd'hui
Possibilité d'équiper un établissement consommateur de chauffage (EHPAD, collège, gymnase...) par une chaufferie bois	

L'objectif stratégique ressorti de cet atelier concerne la mise en place d'une filière bois locale avec les territoires voisins qui ont plus de ressource disponible.

### **3.2.1.e Géothermie**

Le scénario retenu quant au développement de la géothermie sur le territoire est un positionnement tendanciel.

Justification	Vigilance
Territoire qui ne semble pas approprié pour développer la géothermie car beaucoup de mitages	Coût très important
Etudier la possibilité pour des potentiels ponctuels : EHPAD, lotissements pour un réseau de chaleur très court	

L'objectif stratégique ressorti de cet atelier concerne la volonté mener des études ponctuelles en fonction de projets immobiliers de petits collectifs ou de zones d'aménagement potentiellement adaptées.

### **3.2.1.f Biogaz**

Le scénario retenu quant au développement de la méthanisation sur le territoire est compris entre un positionnement intermédiaire et ambitieux.

Justification	Vigilance
Envisager 10 installations, ce qui	Cela demande beaucoup de motivation

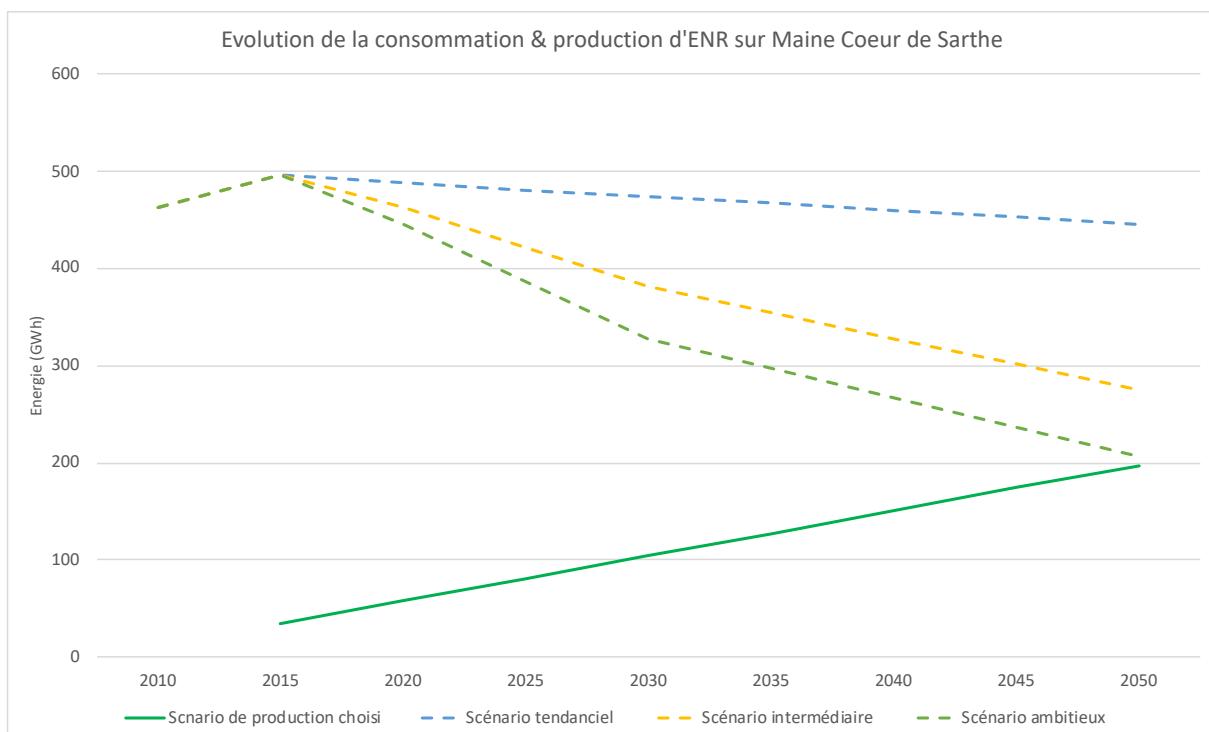
représenterait environ 1 installation par commune → réalisable	pour les agriculteurs
Encourager davantage l'injection (plus propre, plus sain)	Adapter les réseaux
Il y a un gros potentiel en termes d'élevage et de culture sur le territoire. C'est le plus gros potentiel en GWh du territoire, donc il faut l'exploiter au maximum	Être vigilant pour trouver le bon équilibre entre le transport et la rentabilité du projet

Les objectifs stratégiques ressortis de cet atelier sont :

- **Organisation de réunions d'informations** et de sensibilisation sur cette énergie avec des visites de projets exemplaires voisins
- **Financement d'une étude de faisabilité** pour des porteurs de projets de méthanisation

### **3.2.1.g Scénario retenu**

Le scénario retenu par la Communauté de Communes de Maine Coeur de Sarthe correspond à la trajectoire suivante :



Combiné avec une stratégie ambitieuse de maîtrise de l'énergie, le territoire pourrait cibler l'autonomie énergétique d'ici 2050.



### 3.3 Communauté de communes Orée de Bercé Belinois

#### 3.3.1.a Éolien

Le scénario retenu quant au développement de l'éolien sur le territoire est celui ambitieux.

Justification	Vigilance
Obligation morale et il faut aussi anticiper les obligations réglementaires plus fortes	Faut-il vraiment se battre pour développer 3 éoliennes ?
	Les projets ne se feront pas s'il n'y a qu'une éolienne par parcelle

Un objectif stratégique majeur est ressorti de cet atelier :

- Étudier de plus près les surfaces de parcelles sans contraintes établies pour maximiser le nombre d'éoliennes

#### 3.3.1.b Solaire photovoltaïque

Le scénario retenu quant au développement du solaire photovoltaïque sur le territoire est lui aussi ambitieux.

Justification	Vigilance
Prochain outil mobilisable : le cadastre solaire	
On a la maîtrise de beaucoup de bâtiments publics pour y faire installer du PV	

Un objectif stratégique majeur est ressorti de cet atelier :

- Favoriser l'installation de panneaux PV sur les bâtiments publics

#### 3.3.1.c Solaire thermique

Le scénario retenu quant au développement du solaire thermique sur le territoire est un positionnement ambitieux.

#### 3.3.1.d Bois énergie

Le scénario retenu quant au développement du bois énergie sur le territoire est lui aussi ambitieux.

Justification	Vigilance



Donner une cohérence et un sens aux forêts : permettrait une bonne gestion de la forêt	
Outil mobilisable : Charte forestière	
Création de ressources supplémentaires pour les agriculteurs	

L'objectif stratégique ressorti de cet atelier concerne la mise en place d'une filière bois locale.

### **3.3.1.e Géothermie**

Le territoire n'a pas réussi à se positionner sur cette énergie, le gisement existant n'étant pas estimé avec suffisamment de précision et manquant de retour d'expérience.

Il a donc été supposé l'application d'un scénario tendanciel

Justification	Vigilance
	Coût très important
	Intéressant si on développe des installations collectives (à l'échelle d'un éco-quartier)

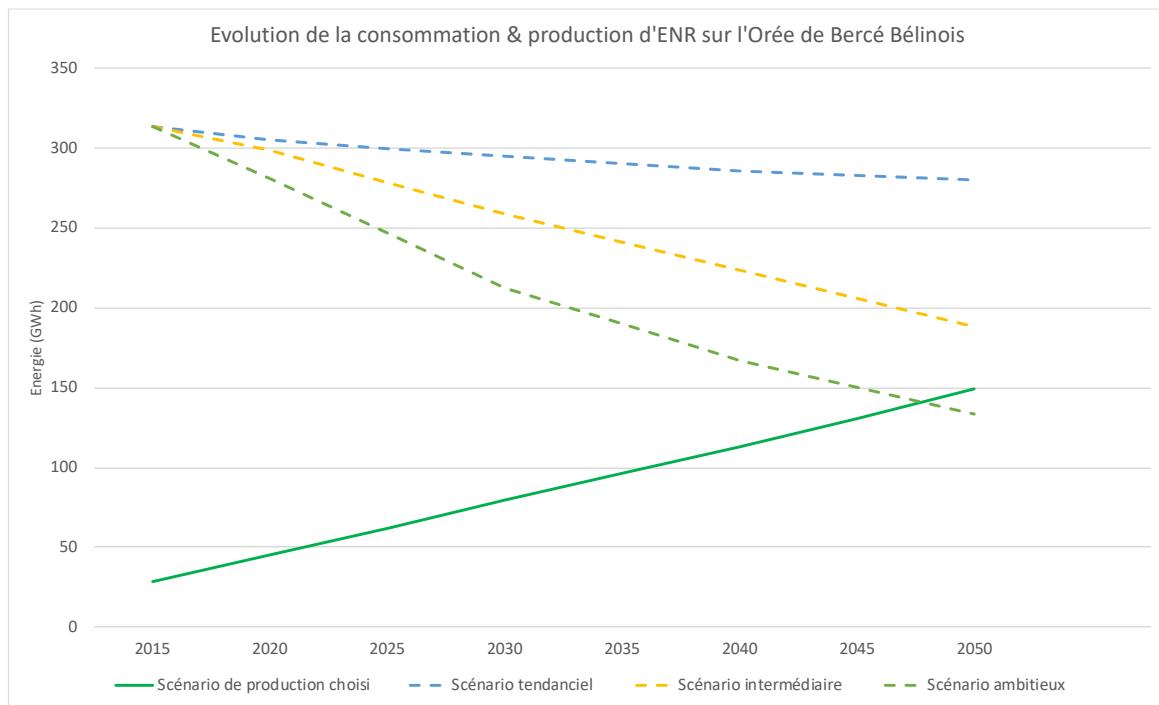
### **3.3.1.f Biogaz**

Le scénario retenu quant au développement de la méthanisation sur le territoire est un positionnement ambitieux.

Justification	Vigilance
Gestion des déchets verts pour les EPCI et gestion des déchets des stations d'épuration	Pour l'injection : attention à la structure du réseau de gaz. L'installation doit être à proximité du réseau
Création de ressources supplémentaires pour les agriculteurs	

### **3.3.1.g Scénario retenu**

Le scénario retenu par la Communauté de Communes de l'Orée de Bercé Belinois correspond à la trajectoire suivante :



Combiné avec une stratégie ambitieuse de maîtrise de l'énergie, le territoire pourrait cibler l'autonomie énergétique et alimenter les territoires voisins d'ici 2050.

### 3.4 Communauté de Communes du Sud-Est Pays Manceau

#### 3.4.1.a Éolien

Les deux groupes de travail étaient en opposition : un groupe a opté pour le scénario tendanciel et l'autre souhaitait atteindre le scénario ambitieux.

Justification	Vigilance
Faire un choix objectif des zones potentielles avant de lancer les études dans le détail	Exclure les bois et les zones boisées
Préférer les zones industrielles, les zones aux abords d'autoroutes, les plaines	Prendre en compte les associations environnementales présentes sur le territoire
Avoir un projet partagé (appropriation par tous, acceptabilité du projet à travailler, financement participatif et/ou gouvernance citoyenne)	

Un objectif stratégique majeur est ressorti de cet atelier :

- Affiner au maximum le potentiel éolien pour définir un projet partagé par tous



### **3.4.1.b Solaire photovoltaïque**

Le scénario retenu quant au développement du solaire photovoltaïque sur le territoire est intermédiaire.

Justification	Vigilance
Potentiel important sur le territoire à exploiter	Comment la collectivité peut-elle pallier le manque d'incitation de l'Etat ?
Inscrire dans les PLUi et/ou charte de lotissements une obligation d'équiper les futurs logements Obliger sur tous les nouveaux hangars agricoles ou bâtiments industriels (à fournir au moment du PC)	
Favoriser l'implantation sur les bâtiments sociaux via une incitation financière auprès des bailleurs sociaux	

Deux objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- **Communiquer et faire vivre le cadastre solaire** auprès des acteurs du territoire
- **Inscrire une obligation réglementaire** dans les PLUi pour favoriser le photovoltaïque sur toutes les nouvelles constructions

### **3.4.1.c Solaire thermique**

Le scénario retenu quant au développement du solaire thermique sur le territoire est un positionnement ambitieux.

Justification	Vigilance
Constructions neuves : Incrire dans les PLUi et/ou charte de lotissements une obligation d'équiper les futurs logements	
Constructions existantes : communiquer sur le cadastre solaire et les structures pouvant accompagner les particuliers	
Modèle économique à réfléchir en réunissant les banques (acteurs financiers) pour que « l'habitant soit gagnant et pas la banque » S'inspirer des emprunts obligataires	

Deux objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- **Convaincre par l'exemple** en réalisant des projets exemplaires de solaire thermique sur des bâtiments communaux (maison intergénérationnelle, EHPAD)
- **Lancer une communication auprès des particuliers**

### **3.4.1.d Bois énergie**

Le scénario retenu quant au développement du bois énergie sur le territoire est intermédiaire.

Justification	Vigilance
Lancer une étude pour une meilleure gestion et développement d'une filière locale → Plan de gestion	Être TRES vigilant sur la qualité de l'air
Création de réseau de chaleur sur zones d'activité (valorisation des chutes de bois des entreprises)	L'approvisionnement des combustibles peut créer des nuisances sonores (camions desservant les chaufferies des centres bourg)
Création d'emplois locaux et ressources financières supplémentaires pour les agriculteurs et petits propriétaires forestiers	Fermeture de la scierie locale

Deux objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- **Création d'une filière bois à l'échelle de l'EPCI** respectueuse de l'environnement
- **Valorisation du projet du lycée agricole de Brette-les-Pins** pour initier de futurs projets

### **3.4.1.e Géothermie**

Le scénario retenu quant au développement de la géothermie sur le territoire est un positionnement entre tendanciel et intermédiaire.

Justification	Vigilance
Énergie peu chère à l'usage	Coût très important à l'investissement
Intéressant si on développe des installations collectives (à l'échelle d'un éco-quartier)	Géothermie horizontale : peu adaptée à cause de la densification (surfaces de parcelles de plus en plus petites)
Étudier le potentiel de captage sur nappes phréatiques	Attention à l'impact sur l'environnement si nombreux forages sur un périmètre restreint : à étudier

Un objectif stratégique en est ressorti : **mener une étude pour un système de chauffage collectif** sur un lotissement / éco-quartier comme projet exemplaire

### **3.4.1.f Biogaz**

Le scénario retenu quant au développement de la méthanisation sur le territoire est un positionnement intermédiaire.

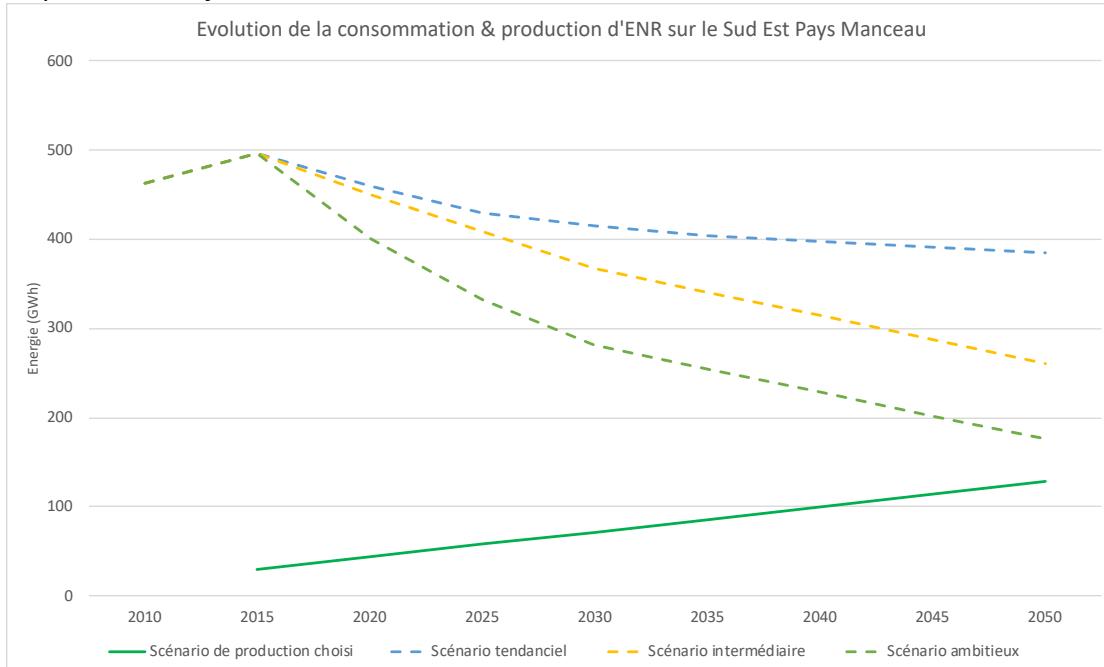
Justification	Vigilance
Fédérer les agriculteurs	Attention aux cultures énergétiques
S'adapter au réseau existant pour les 1ers projets (préférer l'injection près des centres bourg raccordés) et préparer les futurs réseaux	Difficultés de mobilisation de la matière dû aux transports car éloignement des exploitations
En milieu plus rural, favoriser la cogénération à proximité des zones de maraîchage pour le chauffage des serres ou les plateformes de séchage du bois...	

Deux objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- **Parigné-l'Évêque et Challes : mener une réflexion sur ces 2 communes** pour des unités agricoles (env. 100kW/petite unité)
- **Fédérer les agriculteurs** sur le sujet

### **3.4.1.g Scénario retenu**

Le scénario retenu par la Communauté de Communes du Sud Est Pays Manceau correspond à la trajectoire suivante :



Combiné avec une stratégie ambitieuse de maîtrise de l'énergie, le territoire pourrait cibler l'autonomie énergétique d'ici 2060.

### 3.5 Le Mans Métropole

#### 3.5.1.a Éolien

Le scénario retenu quant au développement de l'éolien sur le territoire est tendanciel.

Justification	Vigilance
Disponibilité du foncier compliquée en zone urbaine	<p>Travailler sur les conditions d'acceptabilité auprès de la population :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dépend du porteur de projet</li> <li>- Bénéfice pour la population si possibilité d'investissement</li> <li>- Portage politique fort (maire, conseil municipal, conseil communautaire)</li> <li>- Associer la population sur le choix du site. Faire preuve de pédagogie</li> </ul>

Deux objectifs stratégiques majeurs sont ressortis de cet atelier :

- Impliquer la population dans les projets éoliens pour faciliter l'acceptabilité (projet ENR citoyen ?)
- Etudier davantage les possibilités d'implantation en milieu urbain

#### 3.5.1.b Solaire photovoltaïque

Le scénario retenu quant au développement du solaire photovoltaïque sur le territoire est entre intermédiaire et ambitieux.

Justification	Vigilance
Communiquer sur le cadastre solaire auprès des particuliers	Attention au recyclage des panneaux
Développement d'un partenariat public / privé à approfondir	Attention à l'enjeu esthétique en ville
Pas le choix car peu d'autres possibilités de production d'énergie électrique en secteur urbain	Tenir compte des évolutions technologiques

Deux objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- **Lever les obstacles à l'intégration du PV** (contraintes réglementaires et architecturales, contraintes financières)
- **Lancer une campagne de communication** et de sensibilisation auprès de la population



### **3.5.1.c Solaire thermique**

Le scénario retenu quant au développement du solaire thermique sur le territoire est entre intermédiaire et ambitieux.

Justification	Vigilance
Peut être intéressant pour les gymnases, EHPAD, campings et cibler les hôtels ?	Concurrence avec le réseau de chaleur (valorisation de l'eau chaude)

Deux objectifs stratégiques sont ressortis de cet atelier :

- **Développer le solaire thermique sur les bâtiments consommateurs d'eau chaude sanitaire (EHPAD, campings, etc.)**
- **Sensibiliser à l'intérêt de cette énergie et valoriser les projets exemplaires et installateurs compétents (EIE ?)**

### **3.5.1.d Bois énergie**

Le scénario retenu quant au développement du bois énergie sur le territoire est tendanciel.

Justification	Vigilance
Chaufferie bois pour l'Hôpital et Université avec gaz pour les pics	Crainte d'épuisement de la ressource : Rassurer sur la déforestation
Installations actuelles très efficaces (foyers fermés)	Encourager le collectif car ce sont des systèmes optimisés
Intéressant d'utiliser le bois à éclaircir pour le valoriser	A développer en parallèle d'un programme d'informations et de sensibilisation sur la qualité de l'air

Un objectif stratégique est ressorti de cet atelier :

- **Création d'une filière bois locale à l'échelle du Pays du Mans accompagnée d'une campagne de sensibilisation**

### **3.5.1.e Géothermie**

Le scénario retenu quant au développement de la géothermie sur le territoire est un positionnement entre tendanciel et intermédiaire.

Justification	Vigilance
Besoin d'étudier le potentiel plus précisément	Secteurs urbanisés : les espaces non urbanisés sont déjà sollicités
	Pas assez d'information pour se positionner

Un objectif stratégique en est ressorti : **réaliser une étude en partenariat avec le BRGM** pour connaître plus précisément le potentiel géothermique sur le territoire

### ***3.5.1.f Biogaz***

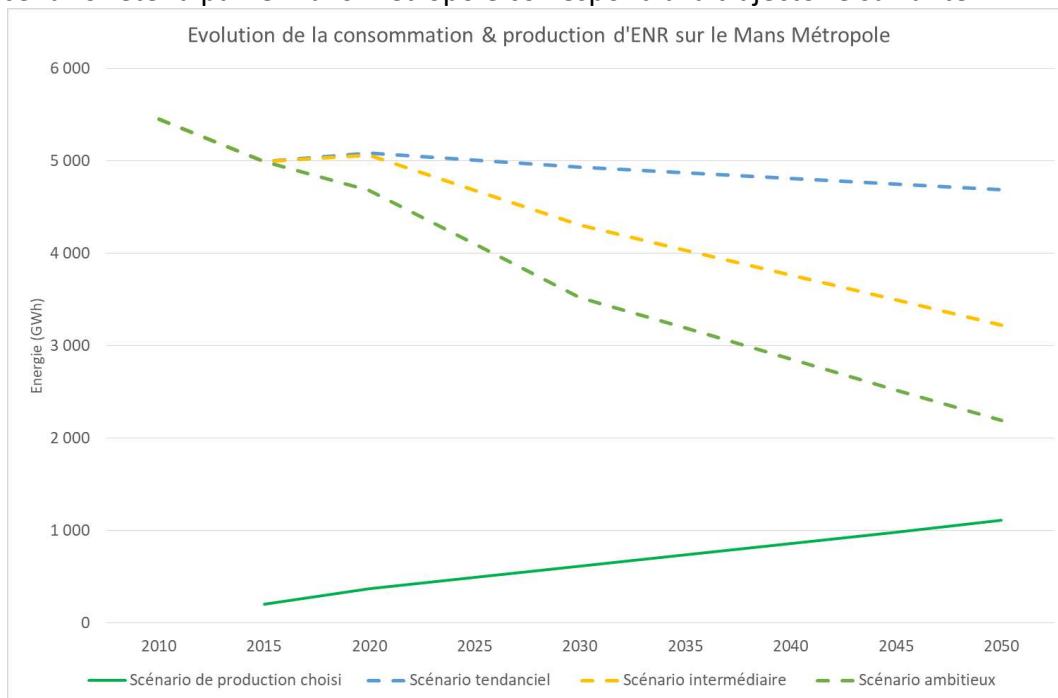
Le scénario retenu quant au développement de la méthanisation sur le territoire est un positionnement ambitieux.

Justification	Vigilance
Travail en cours avec la Chambre d'Agriculture 72 pour organiser la filière	Eviter trop de transport des déchets agricoles
Dynamique déjà lancée, le scénario tendanciel sera atteint d'ici 2020	Appréhension des habitants
Participe à une économie circulaire	

Un objectif stratégique est ressorti de cet atelier : **poursuivre et renforcer la dynamique lancée avec la chambre d'agriculture.**

### ***3.5.1.g Scénario retenu***

Le scénario retenu par le Mans Métropole correspond à la trajectoire suivante :



Même combiné avec une stratégie ambitieuse de maîtrise de l'énergie, le territoire reste loin de l'autonomie énergétique d'ici 2050. Ceci est une caractéristique assez courante des territoires urbanisés, où peu de foncier est disponible pour développer d'importantes installations de production d'énergies renouvelables.



Étude de potentiel de développement des énergies renouvelables et de récupération sur le Pays du Mans

Indice C – Juin 2019

Cette étude a été financée dans le cadre de l'élaboration du Plan Climat Air Énergie Territorial du Pays du Mans :

**A D E M E**



avec le soutien technique et financé de l'ADEME des Pays de la Loire

Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie



avec le soutien de la Région des Pays de la Loire