

Schéma Directeur des Energies

Phase 2 - Perspectives

GRAND POITIERS
Communauté urbaine

TERRITOIRE À ÉNERGIE POSITIVE POUR LA
CROISSANCE VERTE
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Création

Rôle	Nom	Société
Auteur	Bertrand Texier	Artelys
	Henrick Bauer-Cauneille	Bérin
Validation	Cliquez ici pour entrer du texte.	Artelys
Approbation	Cliquez ici pour entrer du texte.	Artelys

Diffusion

Nom	Société
Bertrand Texier	Artelys
Thomas Honoré	Grand Poitiers
Henrick Bauer-Cauneille	Bérin

Versions du document

Indice	Date	Auteur	Observations
v0	2018-02-12	Bertrand Texier	Création du document
V1	2018-09-30	Bertrand Texier	Intégration de la partie ENR thermiques (rédigée par Bérin)

Table des matières

INTRODUCTION.....	5
SYNTHESE.....	7
1 ANALYSE DES OBJECTIFS LOCAUX ET SUPRA-TERRITORIAUX.....	8
1.1 PAQUET CLIMAT-ENERGIE DE LA COMMISSION EUROPEENNE.....	8
1.2 LOI POPE.....	9
1.3 LOI SUR LA TRANSITION ENERGETIQUE.....	9
1.4 SRCAE POITOU-CHARENTES.....	10
1.5 PCET GRAND POITIERS.....	10
1.6 RESUME DE L'ENSEMBLE DES OBJECTIFS.....	11
2 EVALUATION DES POTENTIELS ENR THERMIQUES.....	13
2.1 CHALEUR FATALE.....	13
2.2 GEOTHERMIE.....	29
2.3 BIOMASSE.....	40
2.4 METHANISATION.....	52
2.5 CONCLUSION.....	60
3 EVALUATION DES POTENTIELS ENR ELECTRIQUES.....	61
3.1 EOLIEN.....	61
3.2 SOLAIRE.....	77
3.3 HYDROELECTRICITE.....	97
3.4 EVOLUTION DES COUTS.....	101
3.5 CONCLUSION.....	103
4 IMPACTS SUR LES RESEAUX D'ENERGIE.....	104
4.1 LE RESEAU ELECTRIQUE.....	104
4.2 LE RESEAU DE GAZ.....	107

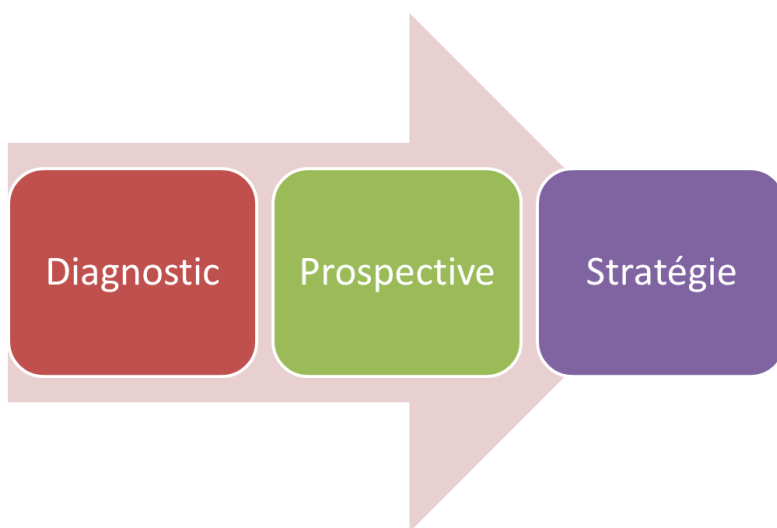
5	CONCLUSION	109
---	------------------	-----

Introduction

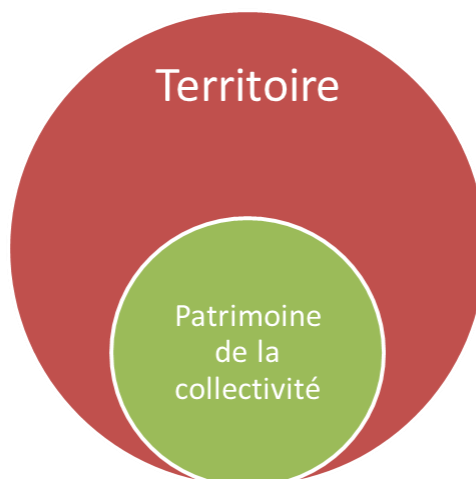
Le Schéma Directeur des Energies (SDE) de Grand Poitiers s'inscrit dans la politique énergétique engagée par la Communauté Urbaine et préfigure le nouveau Plan Climat Air Energie Territoire (PCAET) qui devra être adopté pour la fin de l'année 2018. A ce titre, le SDE est une démarche visant à :

- Renforcer la connaissance de la situation énergétique à l'échelon du nouveau territoire de Grand Poitiers ;
- Construire une vision partagée et une feuille de route commune à l'ensemble des acteurs ;
- Cibler les secteurs et les zones d'intervention prioritaires.

Le SDE est décomposé en trois phases. La première phase de diagnostic consiste à faire un **état des lieux** du territoire, aussi bien sur le sujet des consommations et productions énergétiques que sur des aspects économiques (emplois liés à l'énergie, facture énergétique, etc.) ou encore de gouvernance (acteurs engagés dans le domaine de l'énergie, liens avec les compétences de Grand Poitiers). La seconde phase s'intéresse quant à elle aux **potentiels** du territoire, tels que les déploiements possibles d'énergies renouvelables (éolien, photovoltaïque, hydroélectricité...) ou les opportunités de récupération d'énergies (sur eaux usées par exemple. Enfin, la dernière phase de **scénarisation**, va permettre de créer, en interagissant avec différents acteurs du territoire, différents scénarios d'évolution de Grand Poitiers. Ceux-ci serviront de base à un scénario final qui sera lui-même un socle à l'élaboration du PCAET. Cette phase de scénarisation doit aussi permettre l'émergence de projets concrets pouvant être lancés dans un horizon proche par les différents acteurs du territoire.



Pour chaque phase, les perspectives sont doubles puisque le travail porte aussi bien sur Grand Poitiers en tant que territoire, que sur Grand Poitiers en tant que « maître d'ouvrage » du territoire (c'est-à-dire le patrimoine de Grand Poitiers et des communes : bâtiments, éclairage public, flotte de véhicules) :



Le présent rapport constitue le rapport final de la phase 2 (Potentiels) pour l'ensemble du territoire. Il décrit les différents scénarios d'évolution possibles du territoire qui ont été construits, ainsi que les résultats énergétiques associés.

Après une courte synthèse reprenant les éléments principaux du rapport, le document est composé de la façon suivante : le rapport présente dans un premier temps les objectifs d'énergies renouvelables et de maîtrise de la demande en énergie fixés par les grands textes locaux, nationaux et supranationaux (section 1). Puis les potentiels d'énergies renouvelables (ENR) thermiques sont présentés, ainsi que les hypothèses qui les accompagnent (section 2). Puis la section 3 présente le même travail, mais cette fois-ci pour les ENR électriques. Enfin, l'impact des développements possibles sur les réseaux de distribution (électricité et gaz) est présenté en section 4.

Synthèse

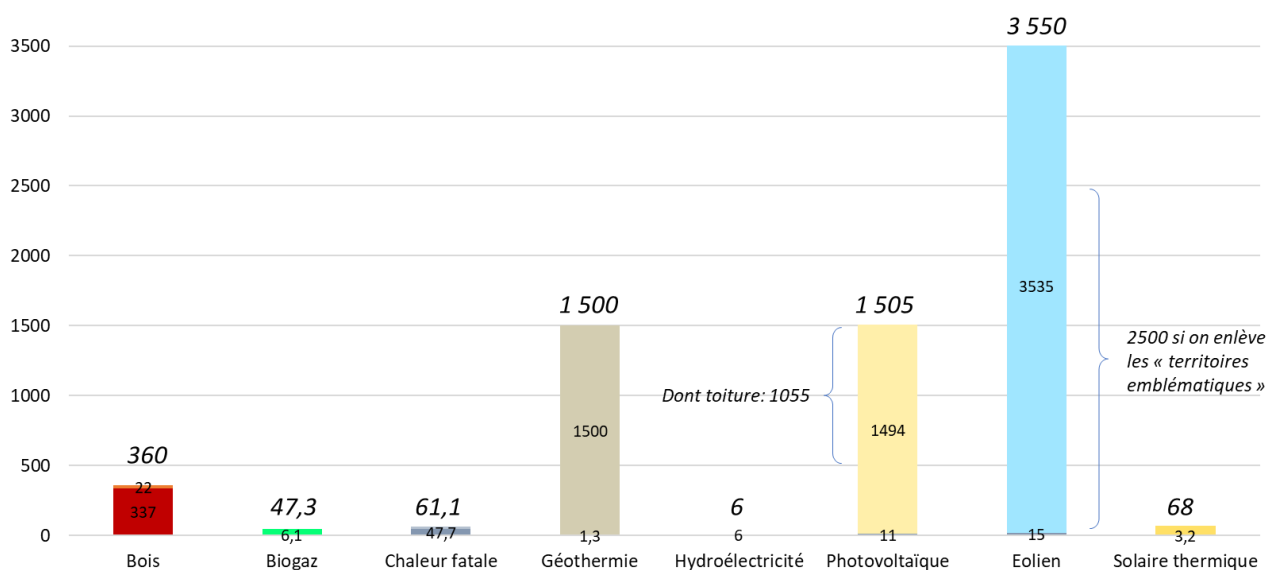
Le territoire de Grand Poitiers possède des potentiels importants d'énergies renouvelables, en particulier pour :

- L'éolien : de 2 900 à 3 500 GWh selon qu'on exclut ou non les territoires emblématiques sur le plan paysager. Ce potentiel est dû notamment au caractère rural de certaines communes de Grand Poitiers ;
- La géothermie très basse énergie : il s'agit d'une technologie qui peut être déployée a priori sur tout le territoire, donc qui possède un potentiel très important. En revanche, il faut bien considérer qu'il s'agit d'un potentiel technique théorique, et que les considérations pratiques viendront nécessairement le diminuer (ex : possibilité de creuser des sondes dans les rues de Poitiers) ;
- Le photovoltaïque en toiture et au sol : 1 055 et 450 GWh respectivement. En particulier, les projets de photovoltaïque au sol pourront voir le jour dans les zones en déprise (anciennes zones industrielles, anciennes carrières, décharges...).

En revanche, le bois énergie et l'hydroélectricité représentent un potentiel limité :

- Le bois-énergie : cela s'explique par la consommation déjà importante de cette ressource sur le territoire, qui ne peut donc pas être développée beaucoup plus (sauf à importer encore plus, mais ce qui ne semble pas « tenable » sur le long-terme vis-à-vis des autres territoires) ;
- L'hydroélectricité : il n'y a pas véritablement de hauteur de chute sur les cours d'eau du territoire, et les courants sont relativement peu puissants. En outre, le nombre de sites qui pourraient être équipés est limité.

En conclusion, le graphe ci-dessous indique la production ENR actuelle sur le territoire de Grand Poitiers, et les potentiels identifiés :



1 Analyse des objectifs locaux et supra-territoriaux

Le Schéma Directeur des Energies (SDE) initié par Grand Poitiers s'inscrit dans une démarche plus large de réduction des consommations d'énergie et des gaz à effet de serre (GES). La présente section vise à rappeler ces différentes ambitions et ainsi à replacer le SDE dans le contexte de la transition énergétique engagée au niveau européen.

1.1 Paquet Climat-Energie de la Commission Européenne

La Commission Européenne a adopté en 2008 un premier ensemble d'objectifs à l'horizon 2020. Souvent surnommé les « 3 x 20 », ce premier paquet Climat-énergie de la Commission Européenne fixait trois objectifs majeurs à atteindre pour l'année 2020, au niveau de l'Union Européenne :

- Baisser de 20% les émissions de gaz à effet de serre (par rapport au niveau de 1990) ;
- Faire passer la part des énergies renouvelables à 20% de la consommation en énergie finale ;
- Accroître l'efficacité énergétique de 20%¹.

Seuls les deux premiers objectifs sont aujourd'hui contraignants tandis que le troisième n'a aucune valeur juridique. Actant le fait que tous les Etats Membres n'ont pas des contextes énergétiques identiques, les objectifs ont été décomposés à l'échelon national. Ainsi, pour la France, les objectifs deviennent les suivants :

- Baisser de 14% les émissions de gaz à effet de serre (par rapport au niveau de 1990) ;
- Faire passer la part des énergies renouvelables à 23% de la consommation en énergie finale.

En 2014, la Commission Européenne a renouvelé ses ambitions, à l'horizon 2030 cette fois-ci. Le second paquet Climat-énergie fixe ainsi les objectifs suivants :

- Baisser de 40% les émissions de gaz à effet de serre (par rapport au niveau de 1990) ;
- Faire passer la part des énergies renouvelables à 27% de la consommation en énergie finale ;
- Accroître l'efficacité énergétique de 27%.

Seul le premier objectif est pour le moment contraignant. A nouveau différencié selon les Etats, cet objectif devient pour la France : baisser de 43% les émissions de gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990.

En juin 2018, la Commission Européenne, le Conseil et le Parlement Européen se sont mis d'accord pour rehausser l'objectif de la part des énergies renouvelables dans la consommation en énergie finale en 2030, qui est passé de 27% à 32%, avec une possibilité de revoir à nouveau cet objectif à la hausse en 2023 selon les progrès qui auront été observés d'ici-là.

¹ En 2007, la Commission Européenne a généré un scénario de référence d'évolution de la consommation en énergie primaire de l'ensemble des pays de l'Union Européenne à l'horizon 2030. L'amélioration de l'efficacité énergétique est donc exprimée par rapport au niveau théorique de 2030 prévu par la Commission, niveau qui ne prend pas en compte des améliorations conjoncturelles liées par exemple à des crises économiques comme celle de 2010...

1.2 Loi Pope

La Loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique (POPE) date du 13 juillet 2005. Cette loi fixe quatre grands objectifs qualitatifs :

- Contribuer à l'indépendance énergétique nationale et garantir la sécurité d'approvisionnement ;
- Assurer un prix compétitif de l'énergie ;
- Préserver la santé humaine et l'environnement ;
- Garantir la cohésion sociale et territoriale en assurant un accès à l'énergie pour tous.

En outre, la loi POPE fixe un objectif de réduction des émissions de GES de 75% en 2050 par rapport au niveau de 1990. Cet objectif est souvent appelé « facteur 4 » puisqu'il correspond effectivement à une division par 4 des émissions de GES entre 1990 et 2050.

1.3 Loi sur la Transition Energétique

La Loi relative à la Transition Energétique pour la Croissance Verte (LTECV) a été publiée au Journal Officiel le 18 août 2015. Cette loi fixe un ensemble d'objectifs, avec des horizons de temps différents selon les types d'ambition :

- Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 ;
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 75 % entre 1990 et 2030 (facteur 4 de la loi POPE) ;
- Réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à la référence 2012 en visant un objectif intermédiaire de 20 % en 2030 ;
- Réduire la consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à la référence 2012 ;
- Porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation en énergie finale en 2020 et à 32 % de la consommation en énergie finale en 2030 (ce qui correspond donc aux objectifs pris par les paquets Climat-énergie de la Commission Européenne, voir 1.1) ;
- Porter la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025 ;
- Atteindre un niveau de performance énergétique conforme aux normes « bâtiment basse consommation » pour l'ensemble du parc de logements à 2050 ;
- Lutter contre la précarité énergétique ;
- Affirmer un droit à l'accès de tous à l'énergie sans coût excessif au regard des ressources des ménages ;
- Réduire de 50 % la quantité de déchets mis en décharge à l'horizon 2025 et découpler progressivement la croissance économique et la consommation matières premières.

Enfin, elle ajoute un volet qualité de l'air aux Plan Climat Energie Territoire, qui devient donc un Plan Climat Air Energie Territoire (PCAET).

1.4 SRCAE Poitou-Charentes

Le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) est un document de référence définissant les grandes orientations et objectifs, à l'échelle de la Région, en matière de lutte contre le changement climatique, d'efficacité énergétique, de développement des énergies renouvelables terrestres et d'amélioration de la qualité de l'air. Il décline à une échelle régionale le « facteur 4 » de la loi POPE et repris dans la LTECV.

Le SRCAE Poitou-Charentes a été adopté en 2012. Il comporte un ensemble d'objectifs :

- Une réduction de 20%² à 30 % des émissions de GES à l'horizon 2020 (aligné avec les objectifs européens et nationaux) ;
- Une réduction de 75% (facteur 4) à 80 % des émissions de GES à l'horizon 2050 ;
- Atteindre une réduction des consommations d'énergies de 20 % à l'horizon 2020 et de 38 % à l'horizon 2050, tout secteur confondu ;
- Tripler à minima la part des énergies renouvelables dans la consommation régionale d'énergie finale d'ici 2020, soit un objectif plancher de 26% et une ambition de 30 %.

1.5 PCET Grand Poitiers

Le Plan Climat Energie Territoire de Grand Poitiers a été adopté en 2016. Il correspond donc à l'ancien territoire de la Communauté d'Agglomération (13 communes).

Le document comporte un ensemble de 131 mesures, elles-mêmes décomposées en 8 catégories, correspondant à des « enjeux » prioritaires :

- Déployer et promouvoir les transports collectifs et les modes doux
- Construire un territoire économe en énergie et en espace
- Réduire et valoriser les déchets (PPRD, Territoire Zéro gaspillage Zéro déchets)
- Développer les énergies renouvelables
- Adapter le territoire aux conséquences du changement climatique
- Sensibiliser et accompagner les acteurs du territoire
- Rechercher l'exemplarité de la collectivité
- Suivre et évaluer la transition énergétique

A travers ces actions, le PCET fixe aussi des objectifs pour les années 2020 et 2030 :

- Réduire la part modale de la voiture à 60% en 2020
- Construire 67% des logements en renouvellement urbain
- Réduire les déchets de 7 à 10% entre 2010 et 2020
- Atteindre 1 000 rénovations énergétiques de logements par an en 2020
- Transposer les objectifs nationaux sur le patrimoine de la collectivité
- Porter à 32% la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique du territoire en 2030

² L'année de référence n'est pas indiquée, mais pour être cohérent avec les objectifs européens et l'objectif français, il semble logique que la réduction soit exprimée par rapport à l'année 1990.

1.6 Résumé de l'ensemble des objectifs

Document	Date du document	Objectif baisse GES	Date des objectifs	Date de référence
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2008	20%	2020	1990
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2014	40%	2030	1990
Loi Pope	2005	75%	2050	1990
Loi sur la Transition Energétique	2015	40%	2030	1990
SRCAE Poitou-Charentes	2016	De 20% à 30%	2020	1990 (?)
		De 75% à 80%	2050	
PCET Grand Poitiers	2016	-	-	-

Tableau 1 – Objectifs d'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Document	Date du document	Objectif baisse de la consommation	Date des objectifs	Date de référence
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2008	-	-	-
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2014	-	-	-
Loi Pope	2005	-	-	-
Loi sur la Transition Energétique	2015	20%	2030	2012
		50%	2050	
SRCAE Poitou-Charentes	2016	20%	2020	1990 (?)
		38%	2050	
PCET Grand Poitiers	2016	-	-	-

Tableau 2 – Objectifs d'évolution de la consommation

Document	Date du document	Objectif efficacité énergétique	Date des objectifs
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2008	20%	2020
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2014	27%	2030
Loi Pope	2005	-	-
Loi sur la Transition Energétique	2015	-	-
SRCAE Poitou-Charentes	2016	-	-
PCET Grand Poitiers	2016	-	-

Tableau 3 – Objectifs d'évolution de l'efficacité énergétique

Document	Date du document	Objectif part ENR	Date des objectifs
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2008	20%	2020
Paquet climat-énergie de la Commission Européenne	2014	27% puis 32%	2030
Loi Pope	2005	-	-
Loi sur la Transition Energétique	2015	32%	2030
SRCAE Poitou-Charentes	2016	De 26% à 30%	2020
PCET Grand Poitiers	2016	32%	2030

Tableau 4 – Objectifs d'évolution de la part EnR

2 Evaluation des potentiels EnR thermiques

2.1 Chaleur fatale

L'ADEME définit la chaleur fatale comme suit :

“Chaleur fatale : Production de chaleur dérivée d'un site de production, qui n'en constitue pas l'objet premier, et qui, de ce fait, n'est pas nécessairement récupérée”.

C'est une énergie souvent perdue si elle n'est pas récupérée et/ou valorisée. Les énergies fatales sont de diverses natures (chaleur, froid, gaz, électricité). Elles sont issues de process, d'utilités ou de déchets : cogénération, fours, tours aéroréfrigérantes, compresseurs, fumées, incinération, biogaz, réacteurs, ventilation des locaux, des eaux usées...

En France, près d'un tiers (140 TWh) de la consommation énergétique industrielle française ressort sous forme d'énergie fatale chaque année (Source : EDF). La récupération et la valorisation d'énergie fatale contribuent aux objectifs sur les énergies renouvelables.

Dans notre étude, nous analysons les gisements de chaleur fatale selon la répartition suivante :

- UVE
- Data Center
- Eaux usées (STEP et collecteurs)
- Industries

2.1.1 Récupération de chaleur fatale sur Unité de Valorisation Energétique

D'après le site du Syndicat national du traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et assimilés (<https://www.incineration.org/> et <https://www.france-datacenter.fr/datacenter-ville-france-carte/toute-la-france/>), il n'y a pas d'autre Unité de Valorisation Energétique des déchets (UVE) sur le territoire de la CU de Grand Poitiers que celle déjà raccordée au réseau.

Conclusion concernant les UVE

Il n'y a pas de potentiel supplémentaire de récupération de chaleur à partir d'une UVE.

2.1.2 Récupération de chaleur fatale sur Data Center

L'étude ADEME sur les potentiels de production et de valorisation de chaleur fatale en Île-de-France – Septembre 2015 indique qu'il y a un potentiel de valorisation de chaleur de 440 GWh issu de data centers sur la région. La carte ci-dessous présente les data centers que nous avons identifiés.

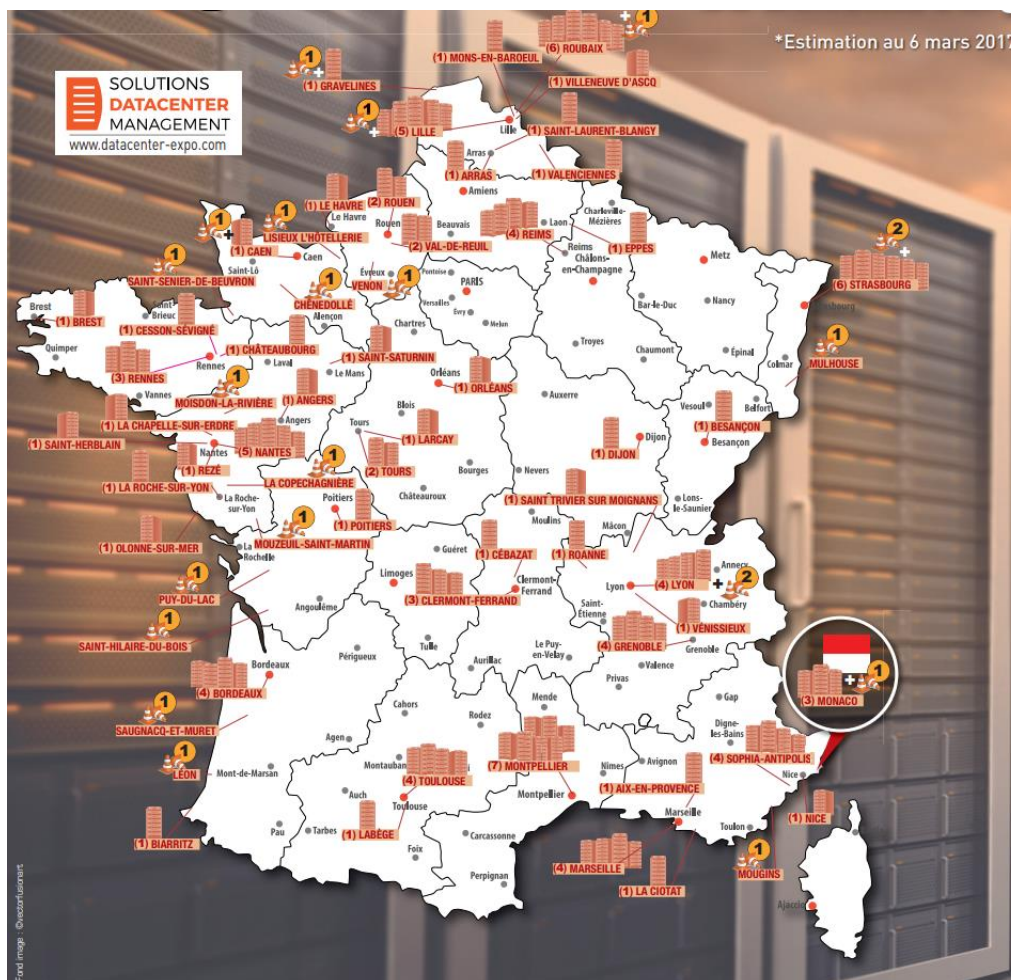


Figure 1 – Localisation des datas centers en France (Global Security Mag – estimation au 06 mars 2017)

Cette carte montre qu'il y un (et un seul data center sur le territoire de GPCU. Par ailleurs, il n'y a pas d'autres data center dans les alentours.

Le data center identifié est situé au 27 Avenue René Cassin sur la commune de Chasseneuil-du-Poitou et localisé sur la carte suivante. Il est situé aux alentours du Futuroscope et du Palais des Congrès de Poitiers.

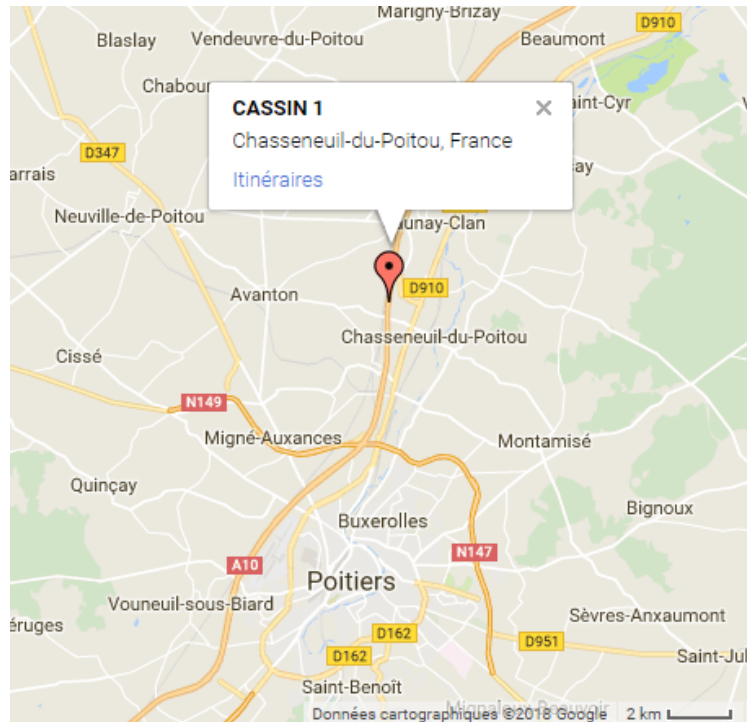


Figure 2 – Localisation du data center de Chasseneuil-du-Poitou



Figure 3 – Vue aérienne du data center de Chasseneuil-du-Poitou

Data center Cogent : la puissance de chaleur récupérable sur ce data center est estimée à environ 1 MW au vu des installations visible depuis google earth. Cet ordre de grandeur reste à préciser si ce data center présente un intérêt pour une valorisation de chaleur. Le potentiel de production d'énergie est estimé en première approche à 30% de la puissance 24h sur 24 soit 2,6 GWh.

La vue satellite des alentours du Futuroscope laisse penser que des synergies énergétiques pourraient être mise en place à cette échelle notamment avec ce data center, le centre commercial, les bureaux administratifs, le Palais des Congrès et le Futuroscope qui dispose déjà d'un réseau de chaleur interne.

Une étude spécifique pourrait étudier ce sujet de manière plus approfondie.

2.1.3 Récupération de chaleur fatale sur les eaux usées - généralités

Principes généraux

Les eaux usées urbaines produites et rejetées par les bâtiments à usage d'habitation ou du secteur tertiaire sont collectées et transportées vers les installations de traitement situées en aval d'une agglomération.

La collecte et le transport sont réalisés en systèmes unitaire ou séparatif. Sauf localisation géographique spécifique et épisodes climatiques importants (fonte de neige, pluies soutenues...), les eaux usées transitent dans les ouvrages à une température relativement stable comprise entre 10 et 15°C avec des pointes saisonnières ou ponctuelles.

Le principe est donc de récupérer la chaleur résiduelle des effluents au travers d'échangeurs de chaleur et d'en améliorer leur enthalpie (énergie calorifique) par l'utilisation d'une pompe à chaleur.

Les pompes à chaleur permettent, avec un apport d'énergie extérieure (électricité, gaz) de valoriser des fluides basses températures (l'eau usée en l'occurrence) en augmentant leur potentiel énergétique. La chaleur ainsi générée peut être livrée dans des bâtiments ou des réseaux de distribution ad hoc.

Ainsi un milieu est refroidi pendant que l'autre est réchauffé.

Une partie de la chaleur ainsi valorisée peut alors être considérée comme venant d'une source **d'Energie Renouvelable & Récupération** et à ce titre être éligible à des aides financières et contribuer à la réduction de l'empreinte carbone.

Certains systèmes peuvent être conçus réversibles et servir également à la production de froid (chauffage/climatisation) ce qui peut s'avérer très intéressant pour des zones tertiaires (bureaux, commerces).

Les différentes solutions de récupération

Il est possible de récupérer cette chaleur à plusieurs endroits du parcours des effluents :

- Soit au pied ou à proximité d'un groupe d'immeubles afin de réutiliser leur énergie pour leur propre usage (non considéré dans notre étude car relève de la compétence du constructeur du bâtiment).
- Soit sur le réseau de collecte ou de transport de ces effluents. Dans ce cas, le réseau doit être situé à proximité d'un utilisateur de cette chaleur qui est récupérée directement sur les collecteurs.
- Soit en fin de parcours sur l'installation de traitement (STEP) pour les propres besoins de la station ou un éventuel utilisateur situé à proximité.

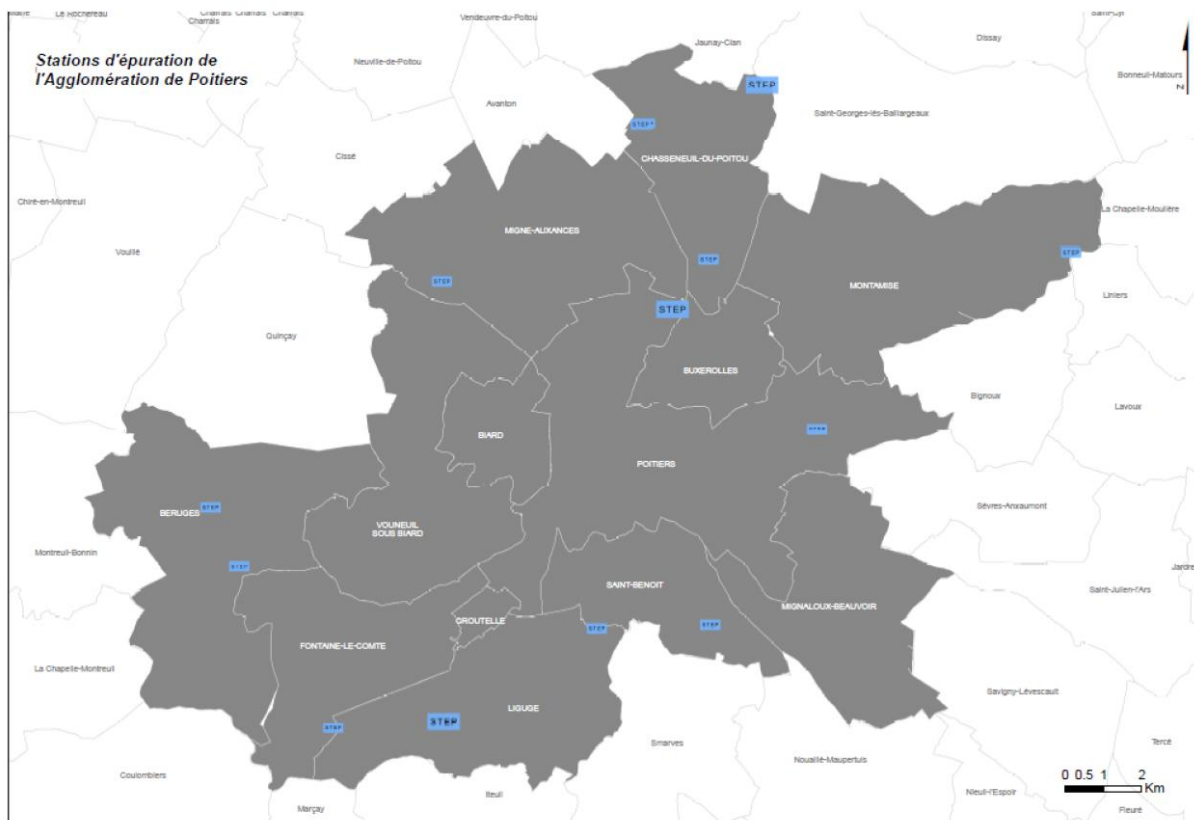
2.1.4 Récupération de chaleur sur station d'épuration

Le territoire du Grand Poitiers comprend plusieurs stations d'épuration (STEP) présentées dans la liste suivante.

Les STEP du territoire du GP13 sont gérées par le Grand Poitiers.

- STEP de Poitiers : 160 000 équivalent habitants
- STEP de Chasseneuil : 10 000 équivalent habitants ; cette STEP sera rénovée dans les années à venir, nous ne la considérons pas dans notre étude
- STEP de Ligugé : 9 000 équivalent habitants
- Quelques autres STEP de petite taille
- Lagunages de Péruges : 700 équivalent habitant
- Lagunages de Chasseneuil : <700 équivalent habitant
- Lagunage de Fontain-Le-Compte : <700 équivalent habitant

Les STEP gérées par Grand Poitiers sont présentées sur la carte ci-dessous.



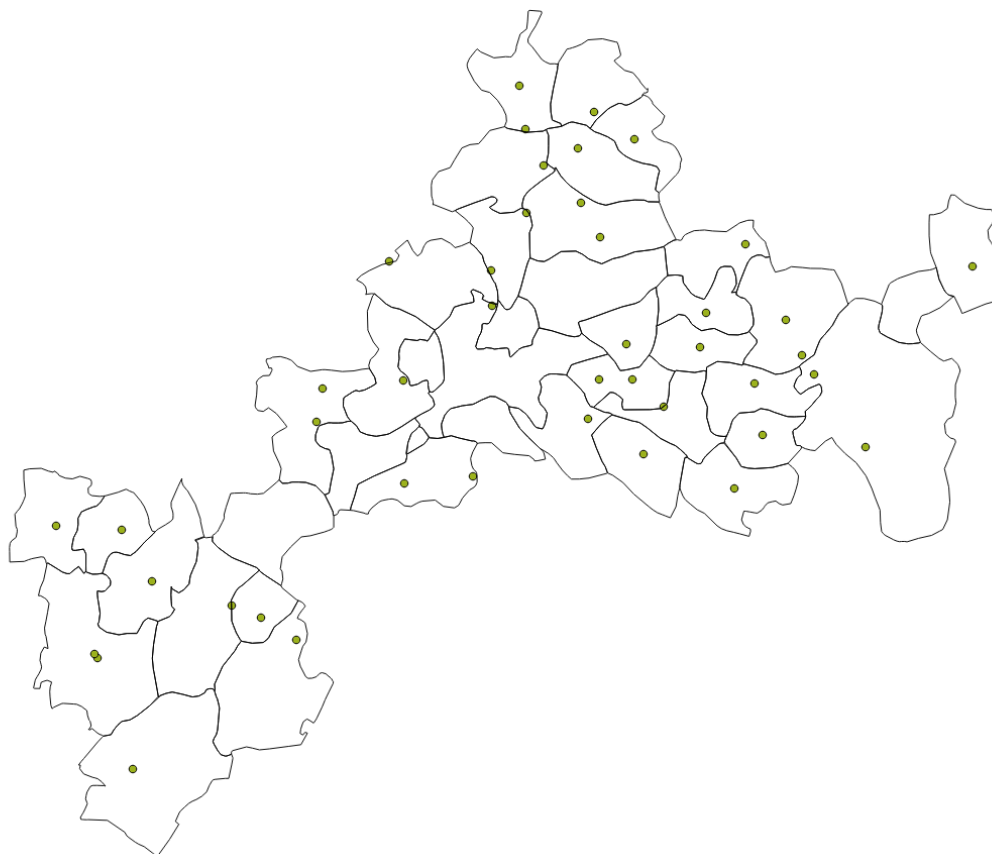


Figure 5 – Localisation des STEP gérées par Grand Poitiers (sur l'ensemble des 40 communes)

A partir des données publiques issues du site :

<http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/station.php?code> nous avons pu estimer les équivalents habitants de chaque STEU.

Nom STEU	Equivalent habitants	Nom STEU	Equivalent habitants
BEAUMONT - SAINT CYR Bourgs	3 500	ROUILLE RTE DE LA ROCHELLE	970
BERUGES LA TORCHAISE	250	SAINT-SAUVANT CHEMIN COUR MORAND	800
BERUGES BOURG	800	SANXAY DERRIERE L'ECOLE	930
CHAUVIGNY ARTIGE	9 000	TERCE BOURG	700
CHAUVIGNY VILLENEUVE	500	POITIERS LA FOLIE	152 500
CISSE PUYLONCHARD	900	POUILLE	300
CELLE-LEVESCAULT AVAL DU BOURG	400	LA PUYE LA MAISON BLANCHE	780
CHASSENEUIL-DU-POITOU	10 000	ROUILLE GRAND-BREUIL VENOURS	1 000
CHASSENEUIL DU POITOU PREUILLY	317	ST CYR BONDILLY VILAINE	500
CLOUE BOURG	360	ST GEORGES LES BAILLARGEAUX CHAMP DE GAI	650
CURZAY SUR VONNE BOURG	350	ST GEORGES LES BAILLARGEAUX LE PEU	600
JARDRES	600	ST JULIEN L'ARS	2 333
JAUNAY-CLAN	8 500	SAVIGNY LEVESCAULT	1 000
JAZENEUIL RTE DE POITIERS	400	SEVRES-ANXAUMONT SEVRES-ANXAUMONT	800
DISSAY BOURG	8 500	SEVRES ANXAUMONT CHANTELLE ANXAUMONT	1 000
LIGUGE VIOLET	300	BORDURE DE LA BOIV (Vouneuil)	4 000
LINIERS	300	BIGNOUX	800
LUSIGNAN LE PRE GUICHARD	4 667	BONNES RIVE DROITE	670
MARIGNY BRIZAY BOURG	250	BONNES LES BARBALLIERES	250
MARIGNY BRIZAY ST LEGER LA PALLU	300	LA CHAPELLE-MOULIERE CHAMPS GRELET	260
MIGNALOUX BEAUVOIR	300	LIGUGE BOURG	9 000
		LAVOUX	700

Tableau 5 – Nom des STEU de Grand Poitiers et nombre équivalent d'habitants

Seule la STEP de Poitiers présente un équivalent habitant supérieur à 10 000 qui permet d'envisager un projet de récupération de chaleur intéressant. Les autres STEU qui présentent un nombre d'équivalent habitant entre 5000 et 10000 pourront être étudiées au cas par cas dans une étude complémentaire.

La STEP La folie : potentiel de récupération de chaleur

La STEP la folie est située au Nord de Poitiers, la carte ci-dessous montre l'emplacement de cette station.



Figure 6 – Vue Google earth : localisation STEP La Folie

La STEP de Poitiers présente un potentiel de récupération intéressant que nous avons estimé à partir des données ci-dessous.

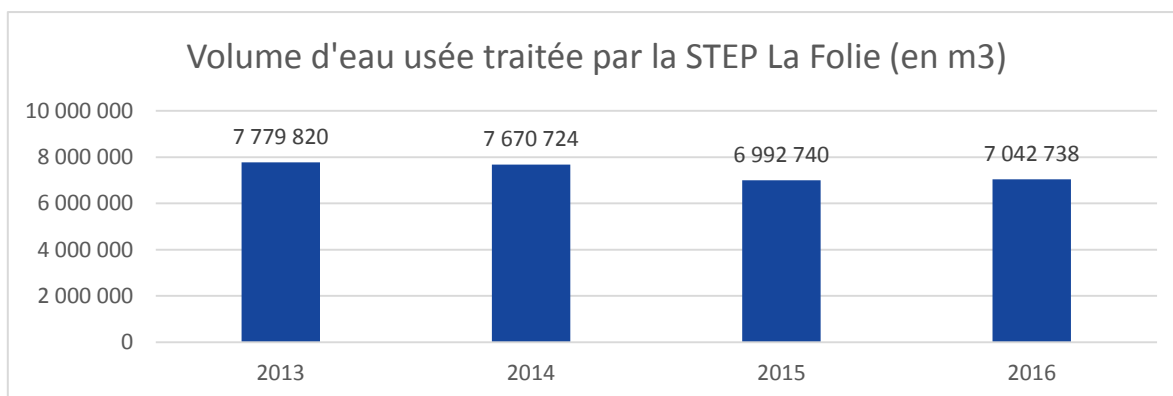


Figure 7 – Volume d'eau traité annuellement par la STEP La Folie (source Grand Poitiers)

Le volume d'eau traité annuellement est en moyenne de 7 millions de m³.

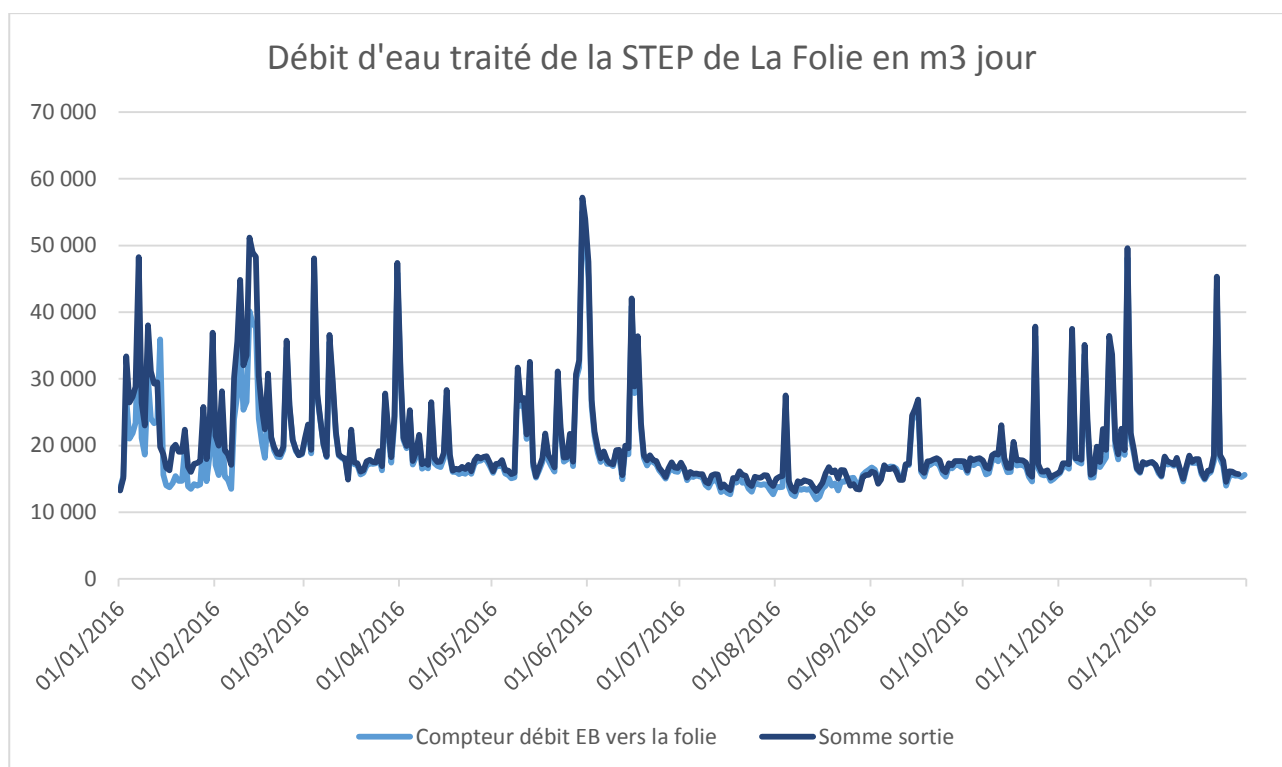


Figure 8 – Débit d'eau traité de la STEP de La Folie en m3 jour (source Grand Poitiers)

Le débit qui permet de dimensionner un équipement de récupération de chaleur est le débit minimum d'eau traitée. Dans le cas de la STEP La Folie, il s'élève à 14 000 m³/jour. A titre d'information, le graphique montre également que les pointes de débit atteignent 50 000 m³/jour.

Le tableau suivant présente les hypothèses et calculs réalisés afin d'estimer le potentiel énergétique récupérable sur la STEP de La Folie.

		Potentiel énergétique en sortie de STEP
Débit d'eau traitée ou à traiter	m3/j	14 000
	litre/s	162
	m3/h	583
Température d'eau	°C	entre 12°C en hiver et 22°C en été
Température d'eau considérée	°C	12
Delta température récupérable sur l'eau	°C	4
Puissance froid correspondante	kW	2 711
Température réseau côté chaud	°C	65
COP considéré	-	3,52
Puissance chaud disponible	kW	3 788
Nombre d'heure de fonctionnement (équivalent pleine puissance)	h	4 000
Energie thermique sortie PAC	MWh_{th}	15 150
Energie électrique consommée	MWh _{él}	4 305
Energie EnR (=Energie Thermique – Energie électrique)	MWh_{enr}	10 845

Tableau 6 – Hypothèses et calculs réalisés pour l'estimation du potentiel de la STEP de La Folie

Pour un profil de réseau de chaleur urbain, nous considérons un « fonctionnement équivalent à pleine puissance » de 4000 heures par an. Par ailleurs, nous avons considéré un abaissement de température des eaux usées de 4°C.

Le potentiel énergétique est alors évalué à :

- **3,8 MW et environ 4 GWh par an en sortie de STEP**

Ce potentiel est intéressant et mérite une analyse quant à sa valorisation pour chauffer des bâtiments ou alimenter un réseau de chaleur proche (cette analyse sera réalisée dans le chapitre schéma directeur chaleur). Il s'agit d'un gisement de chaleur non délocalisable de chaleur fatale, il convient de lui donner une forte priorité dans l'ordre de choix des projets.

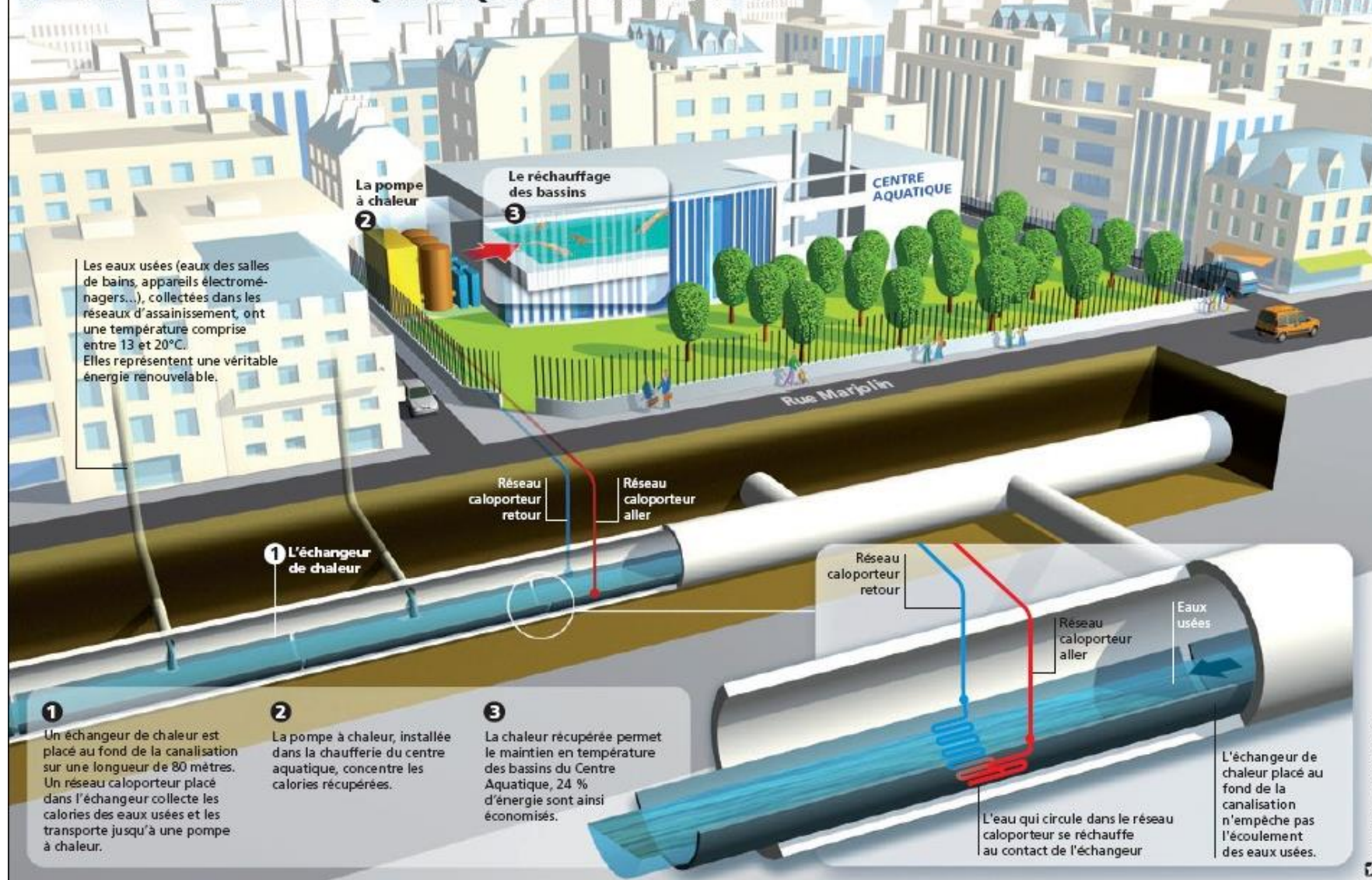
2.1.5 Récupération de chaleur sur collecteurs d'eaux usées

Dans cette configuration, la chaleur peut être récupérée selon deux principes :

- Soit par l'installation d'un échangeur thermique intégré au réseau d'assainissement (in-situ). Il peut être conçu avec l'ouvrage ou mis en place ultérieurement (procédé historiquement développé par Degré Bleu - Suez). La figure suivante présente le principe général de ce système.

Figure 9 (ci-après) – Schémas de principe d'une installation de PAC sur eaux usées en collecteur

DEGRÉS BLEUS, UNE ÉNERGIE VERTE POUR LE CENTRE AQUATIQUE DE LEVALLOIS



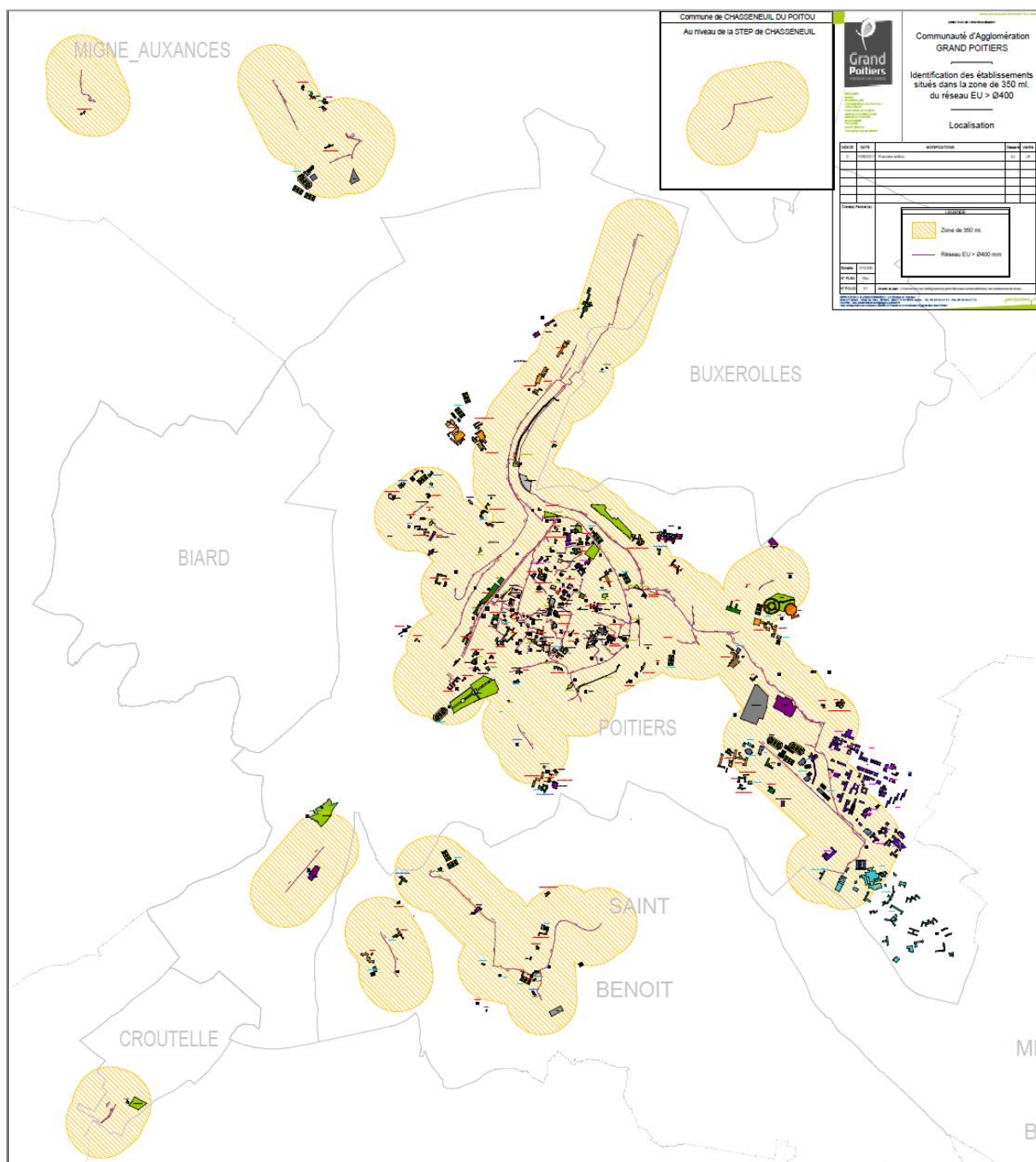


Figure 11 – Localisation collecteurs d'eaux usées de diamètre supérieurs à 400mm

Le potentiel sera inférieur ou équivalent au potentiel récupérable en sortie de STEP et non cumulable car la température ne peut être abaissée fortement pour des raisons de sécurité des processus biologique. Le calcul n'a pas été approfondi à ce stade, en effet, ce calcul s'avère plus intéressant à réaliser lorsqu'un potentiel de besoin de chaleur a été clairement ciblé. C'est d'ailleurs le travail qu'avait démarré la Lyonnaise des Eaux en 2012 en réalisant une étude de faisabilité sur la piscine Bellejouanne à partir de la chaleur des eaux usées en collecteurs.

Suite au travail de la Lyonnaise des eaux, deux zones se sont avérées potentiellement intéressantes, la piscine de Bellejouanne et la cité judiciaire. Seule la piscine a été étudiée en détail.

Les résultats de cette étude d'opportunité sont les suivants :

- Besoins de chaleur : 714 MWh/an
- Pompe à chaleur : 50 kW avec un taux de couverture EnR de 38%
- Temps de retour sur investissement : 13 ans (données 2011, avec subvention, avec augmentation du prix du gaz et de l'électricité).
- Cette étude présentait une opportunité intéressante qu'il pourrait être pertinent de mettre à jour.

Ces études et zone d'intérêts sont restées sans suite jusqu'à présent.

2.1.6 Récupération de chaleur fatale sur industries

Aucune étude n'a été réalisée à une maille assez fine pour en déduire le gisement sur le territoire de GPCU. A titre d'information, les schéma et tableau ci-dessous présentent les résultats de l'étude ADEME sur le périmètre national (publié en mars 2015).

Répartition des 51 TWh de gisement de chaleur fatale (> 100°C) par région

Régions	Gisement de chaleur fatale en GWh selon la gamme de température					Total
	100-199°C	200-299°C	300-399°C	400-499°C	> 500°C	
Nord-Pas de Calais	2 400	3 030	580	210	1 000	7 220
Provence-Alpes-Côte d'Azur	2 690	2 100	720	350	470	6 330
Haute-Normandie	2 660	1 330	640	320	160	5 110
Rhône-Alpes	1 910	1 100	590	210	150	3 960
Lorraine	2 340	860	300	100	80	3 680
Aquitaine	1 920	710	80	40	30	2 780
Champagne-Ardenne	2 140	340	150	60	60	2 750
Pays de la Loire	1 250	680	230	130	10	2 300
Picardie	1 590	350	160	50	70	2 220
Alsace	1 300	500	230	80	50	2 160
Île-de-France	1 080	540	180	70	50	1 920
Centre	1 110	430	130	60	30	1 760
Bretagne	1 080	270	30	30	10	1 420
Poitou-Charentes	740	360	190	40	30	1 360
Midi-Pyrénées	710	240	120	40	20	1 130
Bourgogne	610	160	100	50	50	970
Franche-Comté	650	190	80	30	10	960
Auvergne	420	170	120	40	30	780
Basse-Normandie	490	180	40	20	10	740
Limousin	490	160	50	20	10	730
Languedoc-Roussillon	310	210	120	40	30	710
Corse	< 10	0	0	0	0	< 10
Toutes régions métropolitaines	27 900	13 910	4 840	1 990	2 360	51 000

Tableau 7 – Répartition des 51 TWh de gisement de chaleur fatale identifiés en France, par région
(Source : ADEME)

Répartition de la chaleur fatale industrielle (> 100°C) par région et par secteur industriel

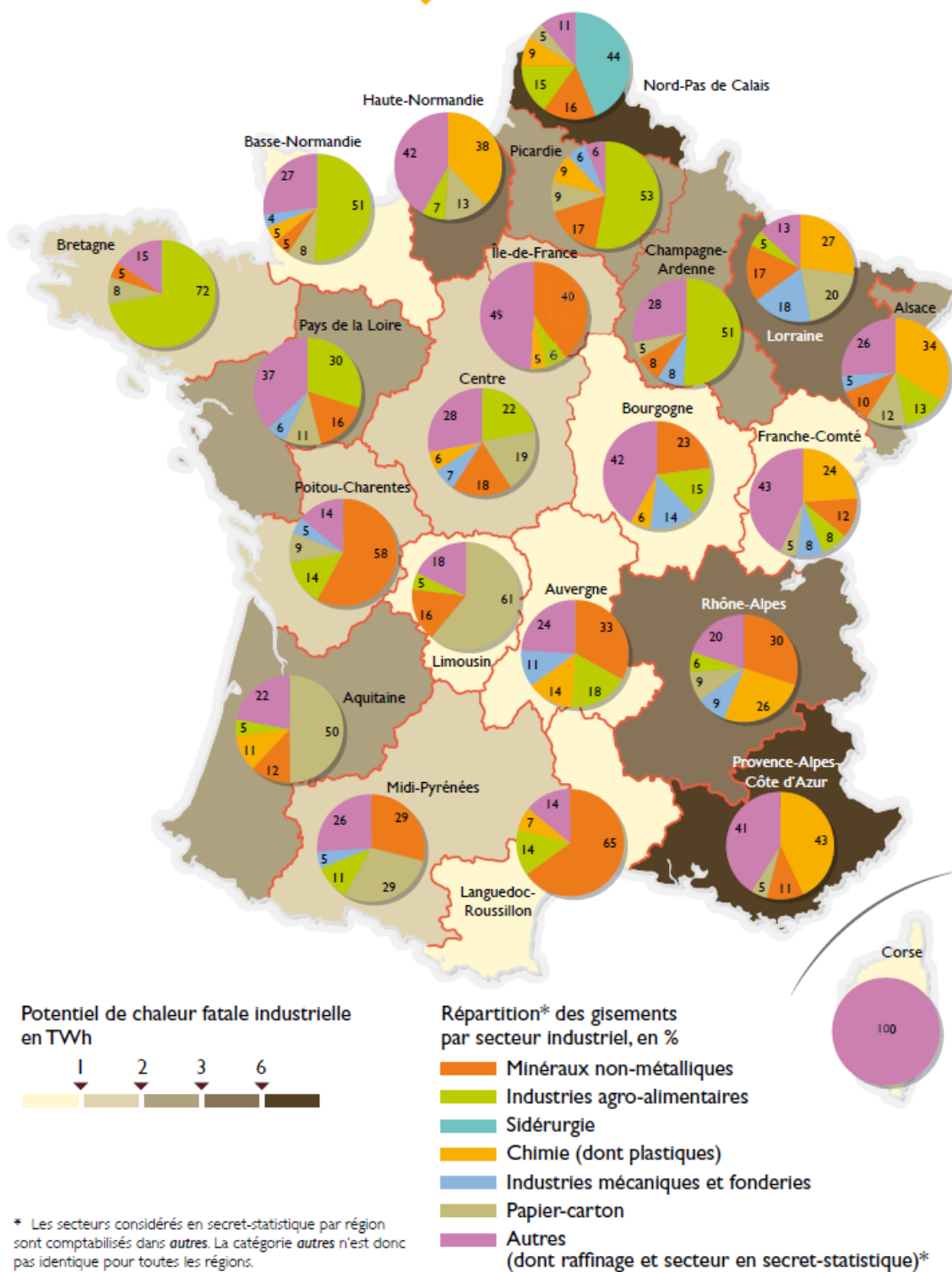


Figure 12 – Répartition de la chaleur fatale industrielle en France, par région et par secteur industriel (Source : ADEME)

Le tissu industriel est peu développé sur la CU de Grand Poitiers, les principaux industriels sont :

- Bonilait
- ITRON
- SAFT
- SAFRAN
- Dassault

Par ailleurs, les industriels ou les entreprises de grande distribution ont en général un potentiel de chaleur fatale qu'il pourrait utiliser en interne la plupart des mois de l'année.

L'AREC est en cours d'étude du potentiel de chaleur fatale, le potentiel géolocalisé devrait être mieux connu et permettre d'analyser le potentiel de valorisation sur GPCU dans une étude spécifique.

2.2 Géothermie

Il existe différents types de géothermie :

- La **géothermie haute énergie** qui peut notamment être utilisée pour la production d'électricité ;
- La **géothermie basse énergie** qui utilise directement la chaleur provenant du sous-sol ;
- La **géothermie dite de minime importance** qui nécessite l'utilisation d'une pompe à chaleur pour élever le niveau de température du sous-sol.

2.2.1 Géothermie haute énergie

La géothermie « haute énergie » est définie par une température du gisement de chaleur supérieure à 150°C. Les forages atteignent plusieurs milliers de mètres de profondeur. Elle est généralement utilisée pour générer de l'électricité et/ou de la vapeur d'eau ou de l'eau surchauffée, par exemple pour des applications industrielles qui nécessitent de hautes températures. Le coût de telles installations est de plusieurs dizaines de millions d'euros.

Le sous-sol de la région ne permet pas d'envisager aujourd'hui ce type de géothermie à des coûts acceptables (profondeur trop élevée pour atteindre une température suffisante). A ce jour, seule la région Alsace semble présenter un intérêt. Après avoir développé une unité pilote à Soultz-Sous-Forêts, cette technologie est en cours de développement sur cette région (voir aussi la réalisation du projet Roquette).

2.2.2 Géothermie basse énergie

La géothermie « basse énergie » est également une géothermie profonde, utilisée par exemple pour alimenter des réseaux de chaleur urbains : tout forage de plus de 200 m entre officiellement dans cette catégorie. Typiquement, des forages de 1 000 à 2 000 m peuvent fournir une eau entre 50

et 80°C, utilisée directement ou à l'aide de pompes à chaleur. Les investissements représentent plusieurs millions voire dizaines de millions d'euros.

Le sous-sol du territoire de Grand Poitiers ne permet pas d'envisager ce type de géothermie. En effet, en France métropolitaine, les seules régions avec un gisements sont le bassin parisien et le bassin aquitain comme le montre la carte suivante.

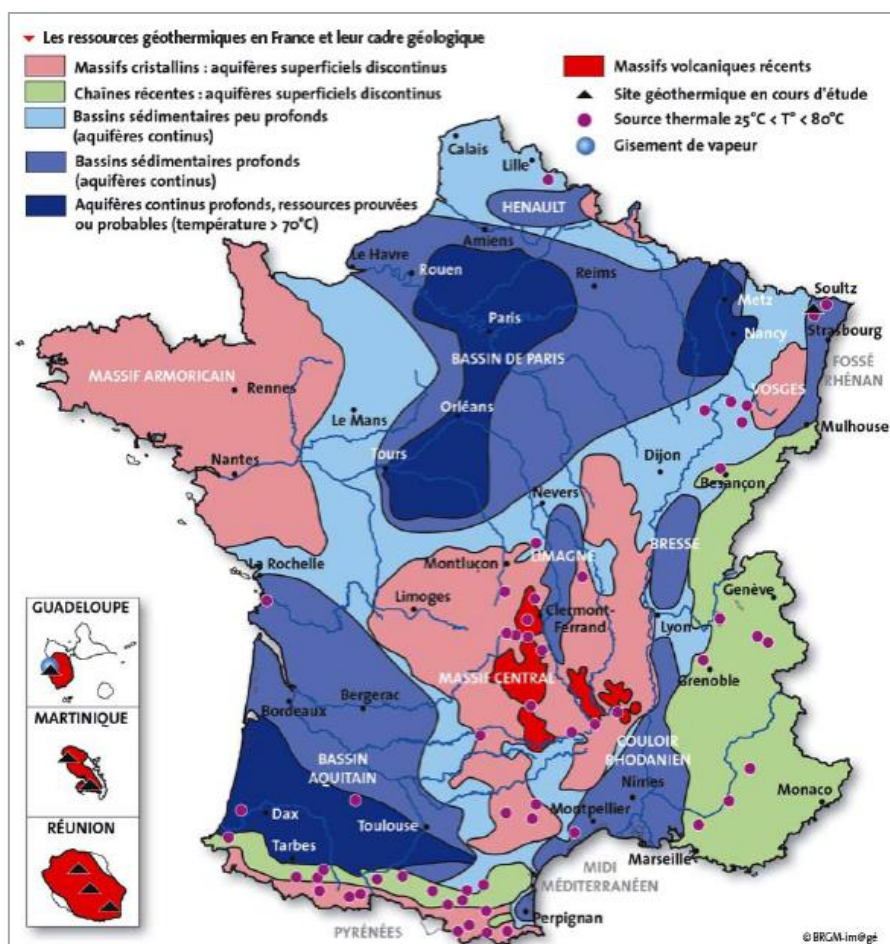


Figure 13 – Ressources géothermiques en France, et leur cadre géologique

2.2.3 Géothermie « très basse énergie » - généralités

La géothermie « très basse énergie », dite de « minime importance » dans le Code minier, dont les forages sont profonds de **moins de 200 m** et dont chaque installation fournit une puissance thermique inférieure à 500 kW, permet de chauffer et climatiser des bâtiments ou des réseaux de chaleur. Les deux principales solutions techniques sont :

- géothermie sur aquifère (« échangeur ouvert ») : la chaleur est extraite d'une nappe d'eau souterraine, prélevée et réinjectée dans son milieu d'origine par un doublet de forages. Cette solution dépend de l'existence et de la qualité de la ressource en eau ;

- géothermie sur sondes (« échangeur fermé ») : la chaleur est extraite directement du sol par un champ de sondes étanches, sans échange de matière. Cette solution peut être mise en œuvre presque partout, sauf contrainte géologique ou réglementaire locale particulière.

L'extrait de la cartographie nationale sur la région Poitou-Charentes est présenté ci-après et montre le type de régimes en fonction de la zone concernée pour chaque type de géothermie très basse énergie.

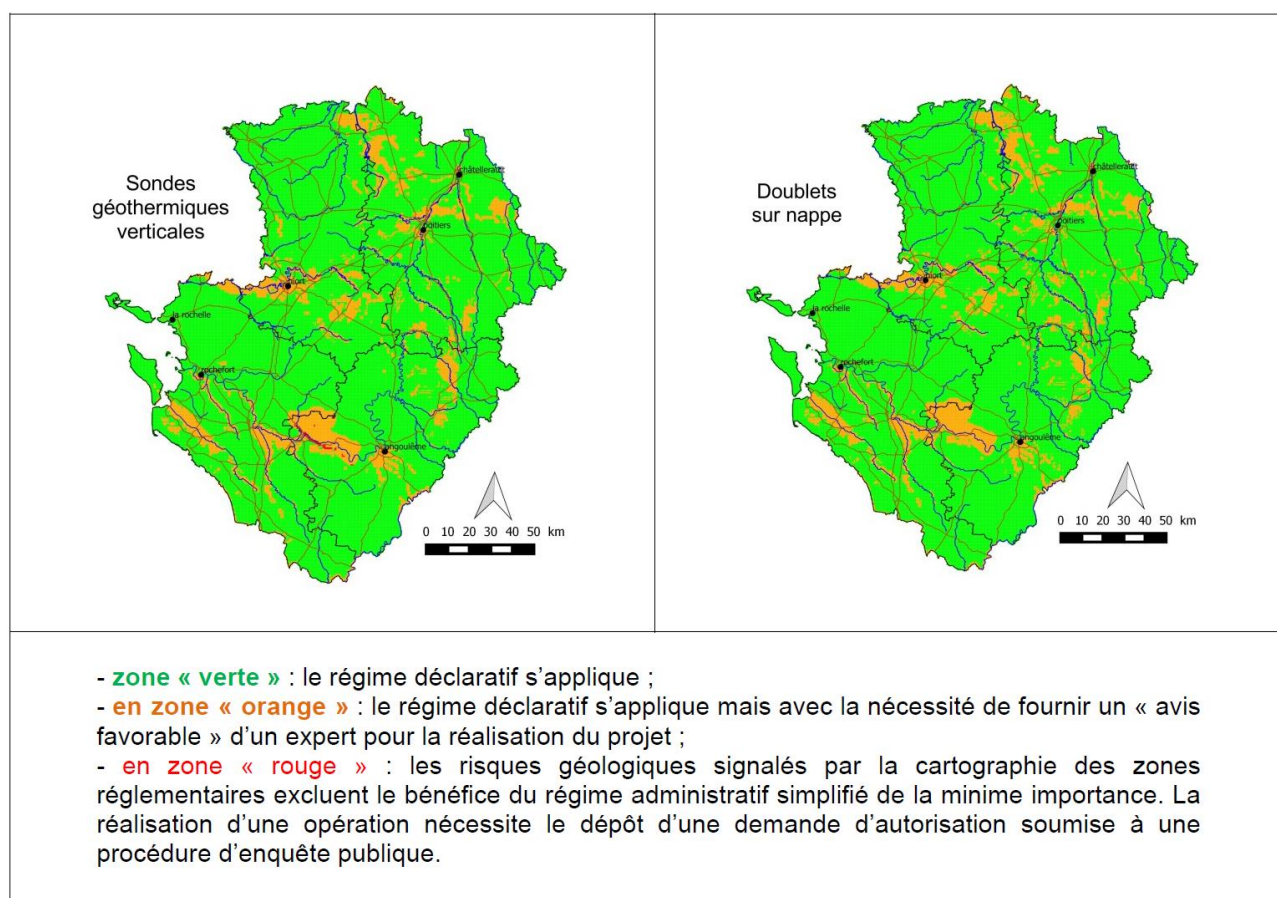


Figure 14 – Type de régime de déclaration, en fonction du type de géothermie très basse énergie

L'atlas du potentiel géothermique sur la région est en cours de réalisation et permettra de connaître le potentiel de manière géolocalisé, sa parution est prévue pour la fin du 1^{er} semestre 2018.

Dans tous les cas, pour tous les types de géothermie, **il est nécessaire de faire une étude géologique ou hydrogéologique au cas par cas** afin de valider la nature du sous-sol et donc le potentiel géothermique à l'endroit précis du projet. La parution de l'atlas géothermique étant réalisé à une maille de 500 mètres par 500 mètres ne permettra pas d'être dispensé d'une étude spécifique au droit du projet.

2.2.4 Géothermie « très basse énergie » sur aquifère

2.2.4.1 Etat des lieux

Aucune donnée ne nous a permis de recenser les installations de géothermie sur aquifère (c'est-à-dire sur nappe) existantes sur le territoire de GPCU.

Un projet sur le CHU a néanmoins été identifié, ses caractéristiques (estimées) sont présentées dans le tableau suivant.

Projets identifiés		
Indicateur	Unité	CHU - bâtiment neuf
Nombre de logements équivalents	-	143
Surface correspondante	m ²	10 000
Besoin de chaleur	MWh/an	900
Profondeur du forage	m	100
Température de l'eau	°C	14
Débit d'eau de forage	m ³ /h	60
Caractéristiques		forage artésien
		Nappe du Dogger (à l'affleurement sur certaines parties du territoire)
Puissance fournie par le doublet géothermique (entrée PAC)	kW	279
COP machine	-	4,2
Puissance fournie au bâtiment (sortie PAC)	kW	345
Nombre d'heure de fonctionnement (équivalent pleine puissance)	h	2 000
Energie produite par la PAC	GWh	691

en gris, données du projet

Tableau 8 – Caractéristiques techniques du projet de géothermie sur aquifère du CHU

Nous considérons que la production actuelle de chaleur par géothermie sur nappe est de 0,7 GWh/an.

2.2.4.2 Chiffres clés

Projets types en géothermie sur aquifère superficiel			
Indicateur	Unité	Bâtiment de 20 logements	Quartier ancien
Nombre de logements équivalents	-	20	500
Surface correspondante	m²	1 400	35 000
Besoin de chaleur	MWh/an	240	6 000
Nombre d'heure de fonctionnement (équivalent pleine puissance)	h	2 000	2 000
Puissance nécessaire (sortie PAC)	kW	120	3000
COP machine	-	4,2	4,2
COP installation	-	3,4	3,4
Puissance fournie par le doublet géothermique (entrée PAC)	kW	91	2286
Débit d'eau de forage nécessaire	-	20	492
Nombre de forage nécessaire (1 forage fournit au maximum 120 m³/h)	-	1	5
Coût de l'installation (très variable en fonction de la profondeur du forage) (hors RCU pour le quartier)	€ HT	102 000	2 100 000
Emprise au sol	m²	40	200

Tableau 9 – Détail des chiffres clés d'un projet de géothermie sur nappe

2.2.4.3 Potentiel géothermique sur nappe

Le potentiel est par ailleurs difficile à estimer avant les résultats de l'atlas en cours de réalisation par le BRGM. En effet, le potentiel dépend de la profondeur de l'aquifère, du débit utilisable et de la température (qui peut varier entre 12 °C à 6m de profondeur et 30°C à 200 m de profondeur).

Afin de donner tout de même un ordre de grandeur du potentiel, nous avons réalisé une estimation très approchée en présentant un scénario minimal et maximal. Le tableau suivant présente les hypothèses et résultats de cette estimation.

Géothermie sur nappe aquifère supercielle			
Indicateur	Unité	Scénario maximal	Scénario minimal
Surface GPCU	km ²	1 064	1 064
Débit d'eau d'exhaure	m ³ /h	60	60
Température de l'eau	°C	14	14
Delta T sur l'eau géothermique	°C	4	4
Espacement de chaque forage (doublet)	m	500	1 000
Nombre d'installation sur le territoire avant prise en compte des contraintes	doublet	4 256	1 064
<i>Abattement lié aux contraintes réglementaires</i>	%	7%	15%
<i>Abattement lié aux contraintes naturelles (dénivelé trop important, etc.)</i>	%	3%	7%
<i>Abattement lié aux contraintes d'urbanisation (difficultés de forage en centre ville)</i>	%	5%	10%
<i>Abattement lié à l'impossibilité de réinjection</i>	%	7%	20%
<i>Abattement lié à la présence d'un sous-sol inadapté (débit insuffisant, absence de nappe)</i>	%	5%	15%
<i>Abattement lié à la densité de forage et donc à l'épuisement de la ressource</i>	%	20%	20%
<i>Minoration de l'abattement lié au recoupement des différentes zones de contraintes</i>	%	20%	20%
Abattement total	%	27%	67%
Nombre d'installation sur le territoire après prise en compte des contraintes	doublet	3 107	351
Puissance correspondante (entrée PAC)	MW	866	98
COP considéré	-	4,2	4,2
Puissance disponible pour chauffage et ECS (sortie PAC)	MW	1 073	121
Nombre d'heure de fonctionnement (équivalent pleine puissance)	h	2 000	2 000
Energie correspondante sortie PAC	GWh	2 145	242
Emprise au sol d'une installation (après travaux et PAC et chaudière d'appoint comprise)	m ²	40	40
Emprise au sol (implantation en champ)	km ²	0,12	0,01
% d'emprise au sol / surface du territoire	%	0,012%	0,001%

Tableau 10 – Hypothèses et résultats de l'estimation du potentiel de géothermie sur aquifère du territoire de Grand Poitiers

Le potentiel est très conséquent et dépasse de loin les besoins de l'ensemble du territoire. Ce potentiel est un potentiel technique ne tenant pas compte du coût des installations.

Nous proposons de retenir un chiffre moyen entre les deux scénarios pour l'objet de cette présente étude, soit 1 200 GWh pour la géothermie sur aquifère.

La différence entre le scénario maximal et minimal est de l'ordre d'un facteur 10 ce qui montre le niveau de précision de cette approche. Encore une fois, il est nécessaire de réaliser une étude hydrogéologique au cas par cas car la nature des éventuelles nappes souterraines est très variable et est déterminante pour la rentabilité d'un projet.

2.2.5 Géothermie « très basse énergie » sur sondes

2.2.5.1 Etat des lieux et chiffres clés

Aucune donnée ne nous a permis de recenser les installations de géothermie sur sonde (ie sur nappe) existantes sur le territoire de GPCU.

Un projet sur une entreprise privée a néanmoins été identifié, ses caractéristiques (estimées) sont présentées dans le tableau suivant.

Indicateur	Unité	Société privée à Poitiers
Hypothèses spécifiques à la géothermie		
Profondeur d'une sonde	m	98
Conductivité considérée	W/m	63
COP machine	-	4,27
Hypothèses pour chaque scénarios		
Nombre de logements équivalents	-	123
Surface correspondante	m ²	10 985
Besoin de chaleur	MWh/an	1 480
Résultats pour chaque scénarios		
Nombre de sonde	-	37
Energie correspondante (sortie PAC)	MWh	903
Puissance PAC	kW	200
en gris, données du projet		

Tableau 11 - Caractéristiques techniques du projet de géothermie sur sonde d'une entreprise privée du territoire de Grand Poitiers

Nous considérons que la production actuelle de chaleur par géothermie sur sonde est de 0,9 GWh/an.

A titre d'exemple et d'illustration, la figure suivante présente un projet de sondes géothermiques verticales (SGV)

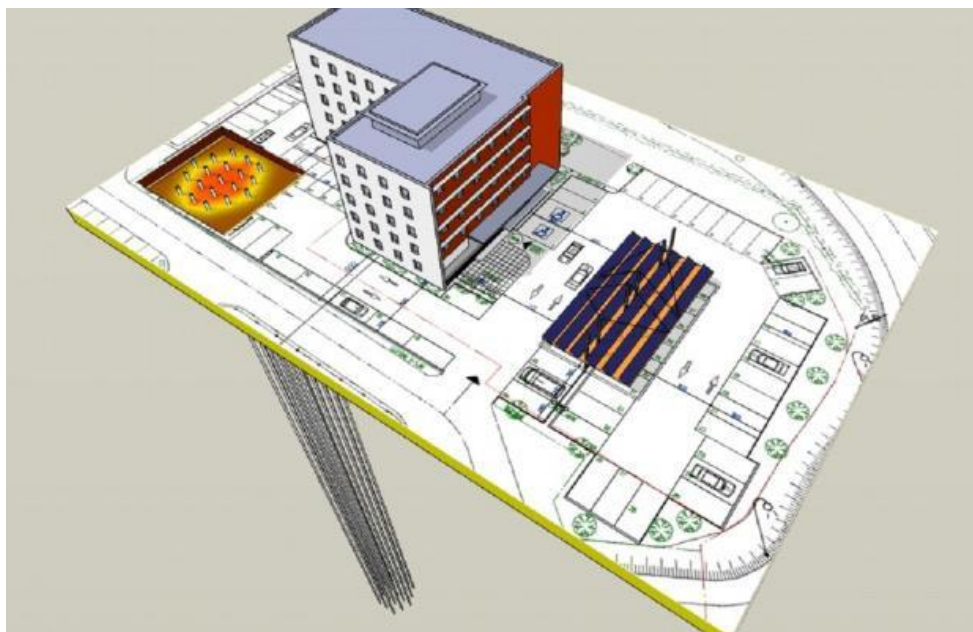


Figure 15 – Exemple de projet de sondes géothermiques verticales (SGV)

2.2.5.2 Chiffres clés

Afin de donner les ordres de grandeur d'un projet géothermique, le tableau suivant présente les caractéristiques principales d'un projet pour les deux scénario types pris en compte dans cette étude.

Indicateur	Unité	Bâtiment de 20 logements	Quartier ancien
Hypothèses spécifiques à la géothermie			
Profondeur d'une sonde	m	200	
Conductivité considérée	W/m	50	
Nombre d'heure de fonctionnement (équivalent pleine puissance)	h	2 000	
COP machine	-	4,27	
COP installation	-	3,47	
Hypothèses pour chaque scénarios			
Nombre de logements équivalents	-	20	500
Surface correspondante	m ²	1 400	35 000
Besoin de chaleur	MWh/an	240	6 000
Résultats pour chaque scénarios			
Nombre de sonde	-	9	243
Energie correspondante (entrée PAC)	MWh	180	4 860
Energie correspondante (sortie PAC)	MWh	222	5 998
Puissance PAC	kW	111	2 999
Emprise au sol maximale (implantation en champ)	m ²	900	24 300
Emprise au sol minimale (implantation en ligne)	m ²	90	2 430
Coût investissement total	€ HT	142 800	2 688 000
Subvention FONDS CHALEUR (50% du coût des forages, soit 25% du coût total)	€ HT	35 700	672 000
Coût d'investissement subvention déduite	€ HT	107 100	2 016 000

Tableau 12 – Chiffres clés d'un projet de géothermie sur sonde

Note : l'implantation des sondes géothermiques verticales (SGV) peut être réalisé de deux manières différentes :

- Une implantation en champ telle que ci-dessous, où un espacement de 20 m est à respecter entre chaque sonde (mais peut être très proche du bâtiment) :

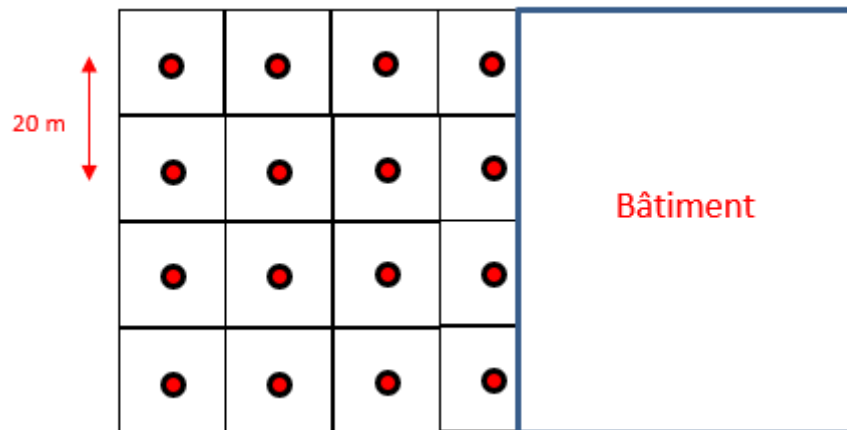


Figure 16 – Représentation schématique d’une implantation en champ pour un projet SGV

Note : le forage (en rouge) n’est pas représenté à l’échelle, il fait en général un DN 25 à 35 et peut être réalisé assez proche des bâtiments (en fonction du type de fondation)

- Une implantation en ligne telle que sur le schéma ci-dessous, qui permet d’occuper moins de surface, car seule la distance entre sonde est importante (10m):

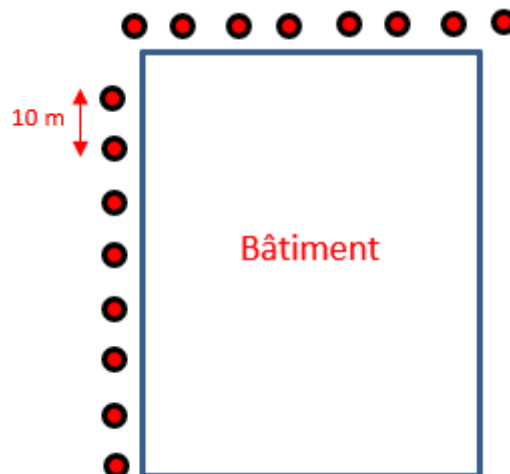


Figure 17 – Représentation schématique d’une implantation en ligne pour un projet SGV

L’emprise au sol générée est donc bien plus faible en ligne mais parfois ne permet pas de mettre suffisamment de SGV.

2.2.5.3 Potentiel géothermique sur sondes

Le potentiel du territoire est difficile à estimer avant les résultats de l’atlas en cours de réalisation par le BRGM, bien que plus simple que pour la géothermie sur nappe superficielle. En effet, le potentiel

de géothermie sur sonde dépend de la nature du sous-sol et de conductivité thermique qui peut varier entre 25 W/m et 80 W/m.

Nous avons réalisé une approche très macroscopique afin de montrer que le potentiel de ce type de technologie est important du fait de sa quasi omniprésence. Le tableau suivant montre deux scénarios :

- L'un qui est maximal et qui correspond au potentiel technique maximal théorique (sauf contre argument du BRGM à la fin de la réalisation de l'atlas en mai 2018), c'est-à-dire que dans ce scénario la nature du sous-sol est favorable à la géothermie sur sonde.
- L'autre qui correspond au potentiel technique minimal théorique, c'est-à-dire que dans ce scénario la nature du sous-sol est favorable à la géothermie sur sonde uniquement sur une partie du territoire (% que nous avons arrêté de manière arbitraire).

Géothermie sur sondes géothermique verticale (SGV)			
Indicateur	Unité	Scénario maximal	Scénario minimal
Surface GPCU	km ²	1 064	1 064
Surface terres agricoles	km ²	755	755
Surface en eau	km ²	4	4
Surface GPCU (hors surface agricole et rivières)	m ²	305 390 000	305 390 000
Espacement de chaque sonde	m	20	20
Nombre de sondes	sondes	763 475	763 475
<i>Abattement lié aux contraintes réglementaires</i>	%	10%	15%
<i>Abattement lié aux contraintes naturelles (présence de rivière, lac, dénivelé trop important)</i>	%	10%	15%
<i>Abattement lié aux contraintes d'urbanisation (difficultés de forage en centre ville)</i>	%	10%	20%
<i>Abattement lié à la présence d'un sous-sol inadapté (peu conducteur ou sous-sol karstique)</i>	%	5%	30%
<i>Minoration de l'abattement lié au recoupement des différentes zones de contraintes</i>	%	10%	10%
Abattement total	%	25%	70%
Nombre de sondes net	sonde	572 606	229 043
Profondeur d'une sonde	m	200	200
Conductivité considérée pour les zones avec un gisement suffisant	W/m	50	50
Puissance correspondante (entrée PAC)	MW	5 726	2 290
COP considéré	-	4,2	4
Puissance disponible pour chauffage et ECS (sortie PAC)	MW	7 089	2 836
Nombre d'heure de fonctionnement (équivalent pleine puissance)	h	2 000	2 000
Energie correspondante	GWh	14 179	5 672
Emprise au sol (implantation en champ)	km ²	229	92
% d'emprise au sol / surface du territoire	%	22%	9%

Tableau 13 - Hypothèses et résultats de l'estimation du potentiel de géothermie sur sondes du territoire de Grand Poitiers

On y voit d'importantes zones forestières sur le territoire de Beruges et en son nord, ainsi qu'à l'est de Saint-Georges-les-Baillargeaux.

La carte ci-dessous montre les disponibilités supplémentaires prévisionnelles selon deux scénarios de gestion des forêts. Cette étude réalisée par l'ADEME, l'IGN et la FCBA analyse un horizon temporel à 2031-35.

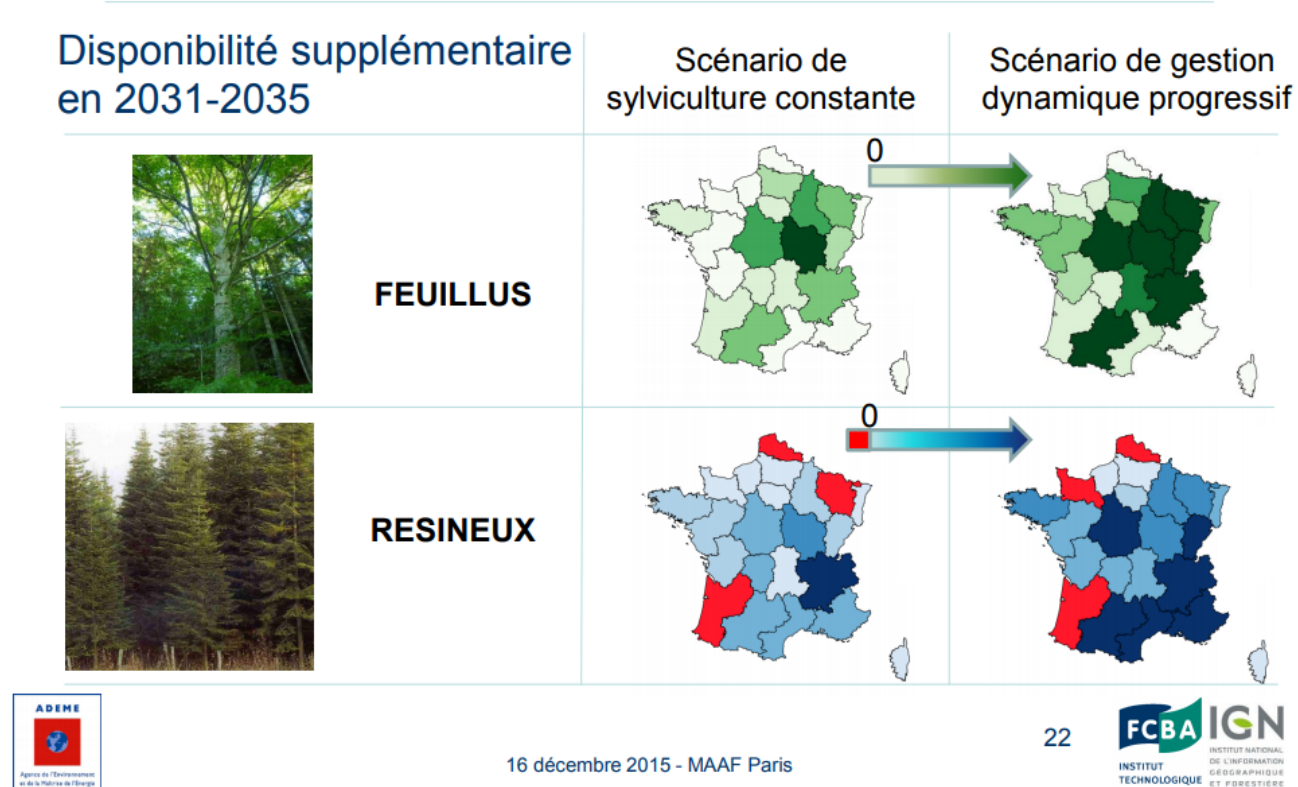
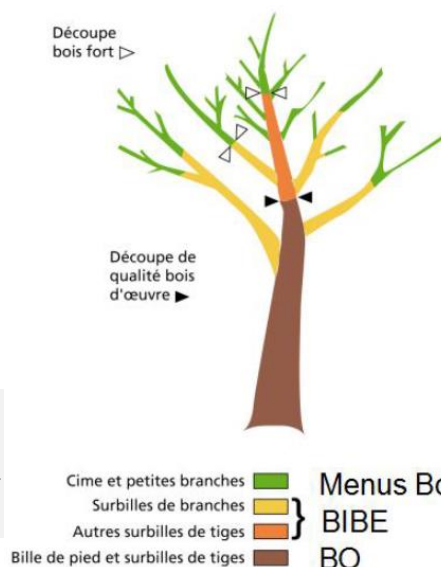


Figure 19 – Disponibilité supplémentaire prévisionnelle en feuillus et résineux, par région, selon deux scénarios de gestion des forêts
(Source : DISPONIBILITES FORESTIERES POUR L'ENERGIE ET LES MATERIAUX A L'HORIZON 2035 TOME 1 : RAPPORT Février 2016)

Ces cartes montrent que la disponibilité est meilleure en ex-région Centre. Ce réservoir de bois risque cependant d'être visé également par les autres régions voisines dont l'Ile-de-France.

Le bois de forêts se décompose en trois catégories en fonction de la découpe dans l'arbre et du diamètre. Ci-contre un schéma montrant le bois d'œuvre (BO) au niveau du tronc, le bois industrie bois énergie (BIBE) au niveau de la cime et des branches, et enfin le menu bois



au niveau des petites branches. Seules les deux premières catégories seront comptabilisées dans cette étude, et seul le BIBE sera considéré pour la combustion.

Ci-dessous deux graphiques montrant l'évolution du diamètre et du pourcentage volumique pour les trois catégories de bois, donnés pour les essences feuillus et résineux.

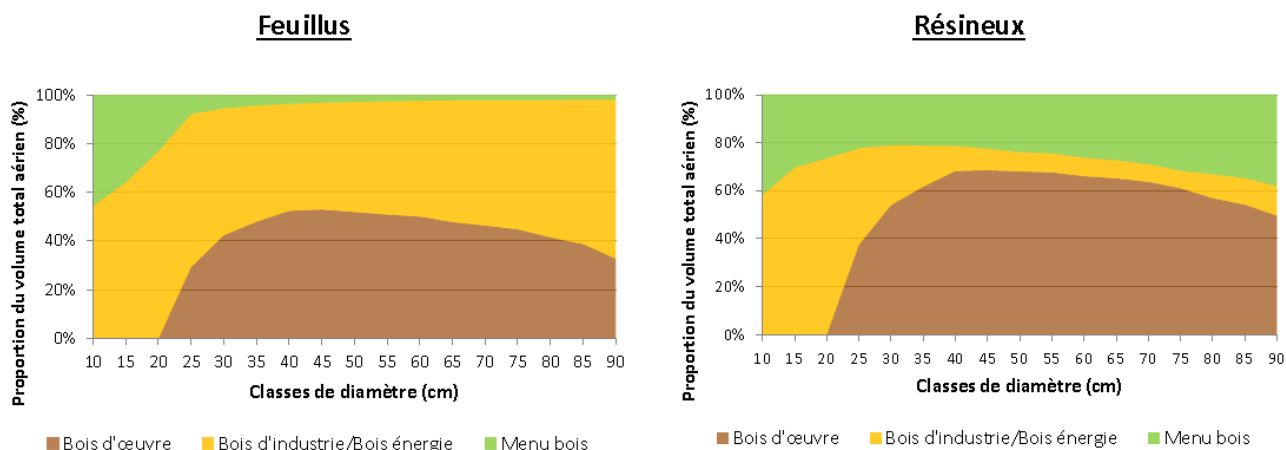


Figure 20 – Evolution du diamètre et du pourcentage volumique pour les trois catégories de bois

Ci-dessous les gisements de bois mobilisables, c'est-à-dire le total du bois produit par les forêts dans une zone géographique chaque année, avant toute utilisation. Les données sont séparées en bois d'œuvre (BO) pour la construction et l'équipement et bois industrie et bois énergie (BIBE) pour les industriels et les particuliers. La zone géographique prise en compte correspond à la CU Grand Poitiers à 40 communes et en plus la CC du Pays Chauvinois. Ces données ont été établies par l'AREC.

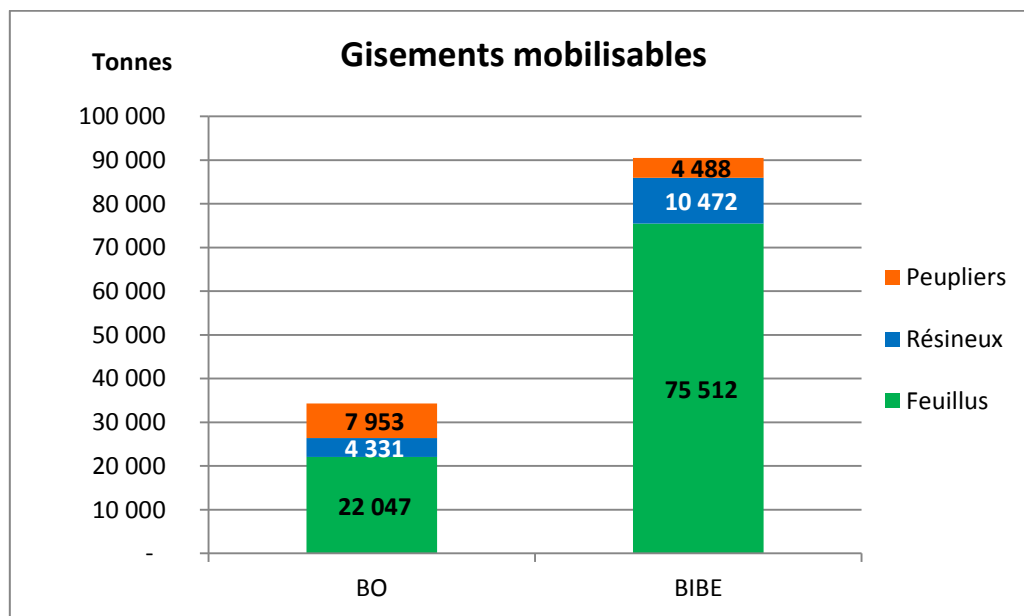


Figure 21 – Gisements mobilisables en bois d’œuvre et en bois industrie et bois énergie sur le territoire de Grand Poitiers
(Source : AREC)

Le bois d’œuvre représente 28% du bois total mobilisable, soit un petit gisement. Quant au bois énergie, il est dominé par le feuillu à 83%.

Le bois industrie sert à l’industrie papetière et ameublement (panneautiers), il s’agit d’un bois qui n’est pas utilisé sous forme d’énergie mais sous forme de matière.

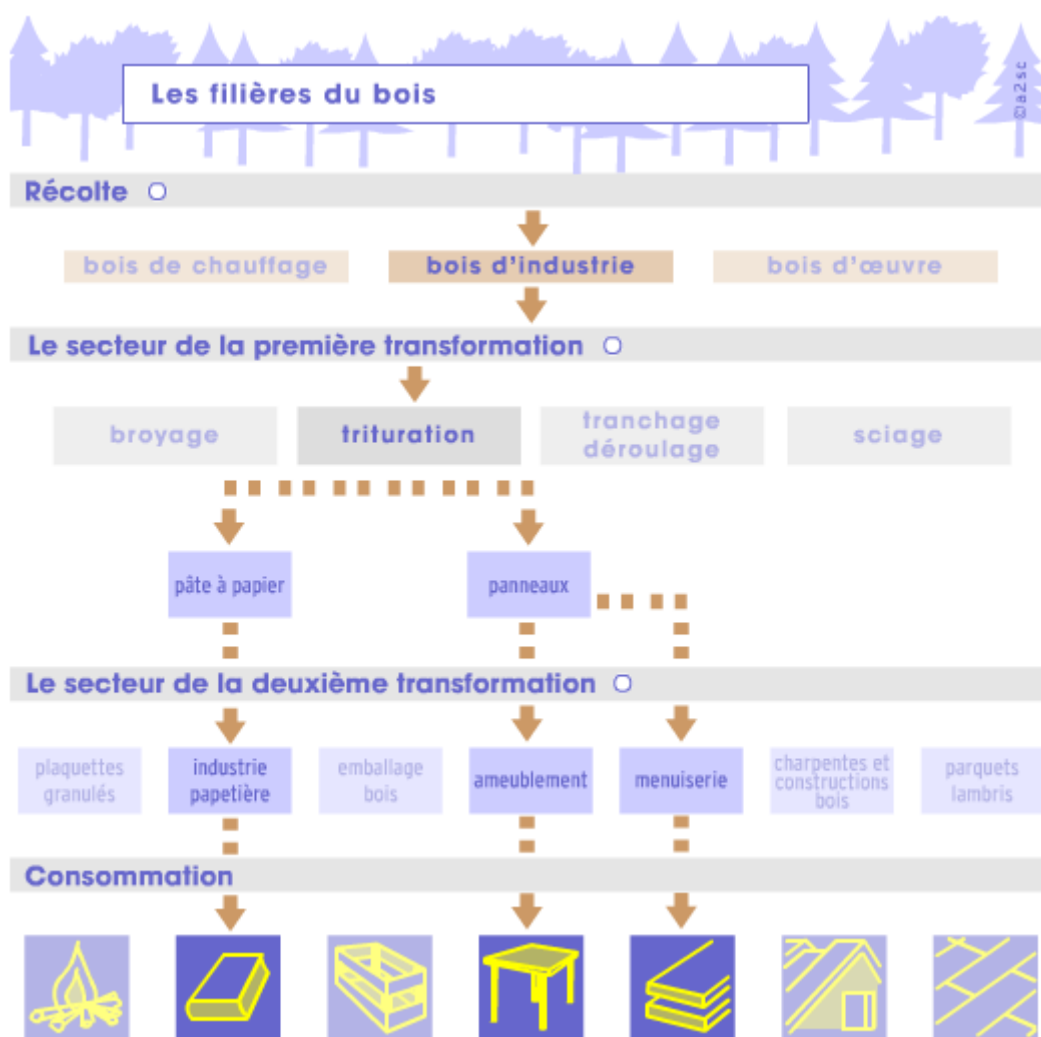


Figure 22 – Représentation schématique des différentes filières du bois
(Source : Comité National Du Bois http://www.cndb.org/?p=utilisations_du_bois)

Pour ce qui est de la conversion en énergie, contrairement aux idées reçues, le type d’essence de bois (feuillu, résineux, peuplier) n’a qu’un faible impact sur le PCI, c’est-à-dire la quantité de chaleur

sensible libérée par chaque par kg de bois lors de sa combustion. Une étude ADEME Critt Bois montre que l'écart s'élève au maximum à 8% sur bois sec.

C'est le taux d'humidité qui est le principal paramètre de variation du PCI du bois. Le graphique suivant présente l'évolution du PCI en fonction de l'humidité pour les feuillus et les résineux.

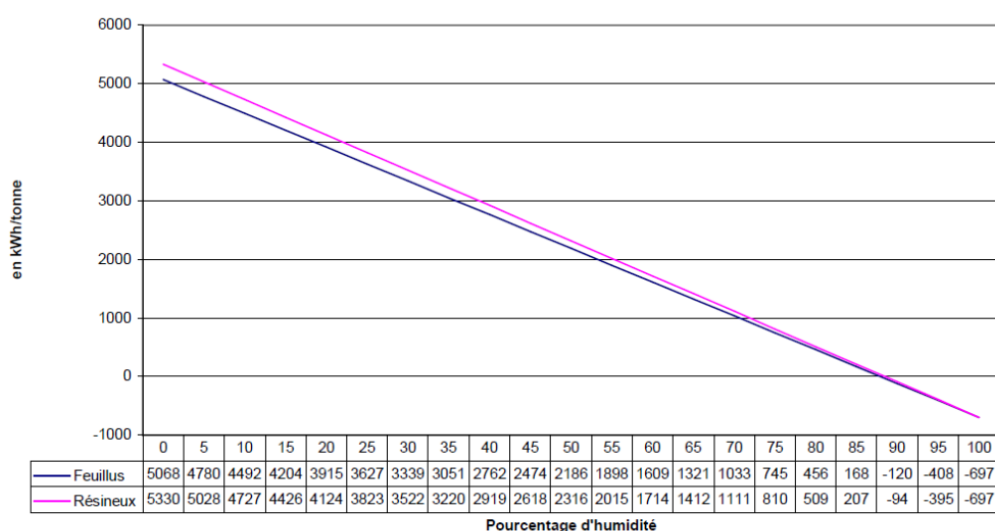


Figure 23 – Evolution du PCI en fonction de l'humidité pour les feuillus et les résineux

Ci-dessous le détail de l'utilisation du BIBE sur le territoire, et la quantité restante mobilisable pouvant être utilisée pour la production de chaleur. On y voit que la consommation de bois bûche feuillue à des fins essentiellement de chauffage domestique prédomine largement.

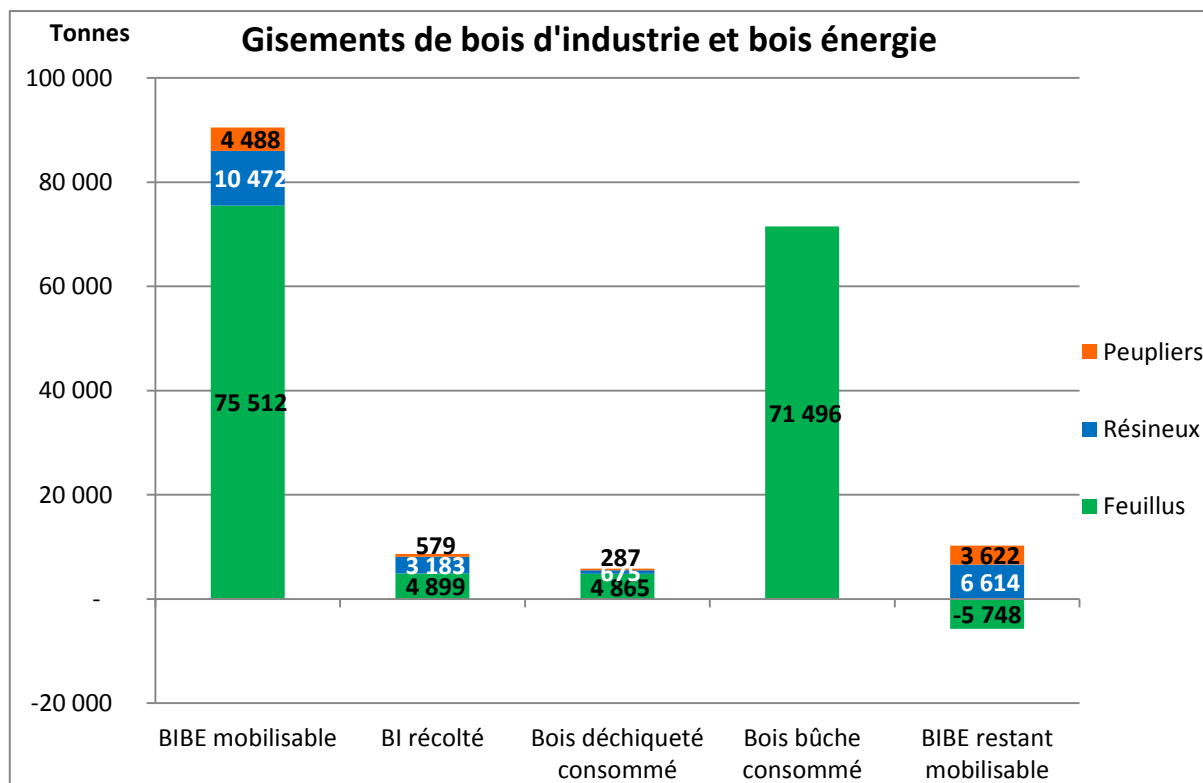


Figure 24 – Gisements de bois d'industrie et bois énergie (BIBE) sur le territoire de Grand Poitiers
(Source : AREC)

2.3.2 Chiffres clés

Nous travaillons avec des hypothèses standardisées en accord avec les préconisations de l'ADEME et le profil des bâtiments concernés. Le besoin en chauffage de 6 kW par logement équivalent correspond à un besoin de 85 W par mètre carré, soit des bâtiments anciens et semi-anciens, construits jusque dans les années 70.

Hypothèses générales	
Surface d'un logement équivalent (m²)	70
Nombre de logements par bâtiment	20
Besoin chauffage (kW/LE)	6,0
Besoin eau chaude (kW/LE)	1
Temps de fonctionnement équivalent à pleine puissance (h)	2000

Pour le coût d'investissement d'une chaudière à bois, nous considérerons les ratios suivants issus du retour d'expérience du BERIM.

Plage de puissance (kW)	Coût (€HT/kW)
0 – 1000	1 350
1000 - 3000	1 175
> 3000	770

Ces ratios comprennent :

- Le poste bâtiment : génie civil, VRD et le second œuvre,
- Le poste production de chaleur : chaudière(s) biomasse, traitement des fumées, cheminée
- Le poste hydraulique, électricité, régulation
- Le poste ingénierie

Ces hypothèses de travail nous amènent à calculer des valeurs types concrètes données à titre d'exemple pour un bâtiment ou un quartier.

Biomasse : chiffres clés		
Potentiel thermique biomasse	Valeurs types	
	1 bâtiment	1 quartier*
Nombre de logements équivalents	20	432
Surface correspondante (m²)	1 400	30 216
Nombre de bâtiment de 20 logements	1	22
Conso chaleur annuelle (MWh/an)	278	6 000
Biomasse (BIBE) utilisée (t/an)	93	2 017
Capacité installée (kW)	164	2 550
Investissement (€)	220 765 €	2 996 250 €
Subvention Fonds Chaleur	44 153 €	599 250 €
Investissement net (€)	176 612 €	2 397 000 €
Emprise au sol (m²)	50	1 000

Tableau 14 – Chiffres clés d'un projet de chauffage par biomasse

2.3.3 Potentiels restants

Le bois utilisé dans nos hypothèses pour la production de chaleur est du bois industrie ou bois énergie (BIBE), et non du bois d'œuvre. Selon l'AREC, le territoire du Grand Poitiers CU dispose de 4500 tonnes par an de BIBE non mobilisés. Nous considérons que 100% de cette ressource sera utilisée pour la production de chaleur. Le PCI de 3,5 MWh par tonne correspond à une moyenne sur les 3 essences de bois pour une humidité relative de l'ordre de 27%.

BIBE restant mobilisable (t/an)	4500
% utilisé du BIBE restant	100%

PCI (MWh/t)	3,5
Rendement chaudière bois	85%
Taux Fonds Chaleur	20%

	BIBE mobilisable	BI récolté	Bois déchiqueté consommé	Bois bûche consommé	BIBE restant mobilisable
Feuillus	75 512	4 899	4 865	71 496	-5 748
Résineux	10 472	3 183	675	0	6 614
Peupliers	4 488	579	287	0	3 622
total	90 472	8 661	5 827	71 496	4 488
MWh/t		3,5			
Rendement		85%			
GWh/an	257	26	17	200*	13

Tableau 15 – Potentiels restants mobilisables sur le territoire de Grand Poitiers

Source : données AREC sur le territoire de GPCU à 40 communes

* Le rendement pour les chaudières bois bûche actuelles a été pris à 80% au lieu de 85%.

Le « BIBE restant mobilisable » feuillu consommé excède le gisement du territoire, ce qui signifie qu'il est importé. Cependant, le bois énergie de résineux et peupliers restants permet d'atteindre un « BIBE restant mobilisable » total de **4500 tonnes par an, soit 13 GWh**.

Avec le potentiel de chaleur restant de 13 GWh, il serait par exemple possible de couvrir un peu plus de 2 quartiers ou environ 48 bâtiments.

Le tableau ci-après résume la consommation énergétique du BIBE (bois industrie - bois énergie) du territoire de GPCU ainsi que le potentiel maximum sur ce même périmètre (valeur indiquée dans la colonne « potentiel maximal en 2030 » afin d'être homogène avec l'approche des autres EnR.

La consommation de « bois déchiqueté consommé » correspond au combustible utilisé par les chaudières collectives et industrielles soit 17 GWh. Les chaudières automatiques installées sur le territoire de GPCU cumulent 130,7 GWh de production de chaleur (données AREC). Cette production dépasse la consommation des chaudières automatiques (assimilées à des chaudières collectives) qui doivent donc importer une bonne partie de leur combustible en dehors du territoire de GPCU.

Par ailleurs, les données du territoire montrent que le potentiel restant en BIBE mobilisable n'est que de 13 GWh, ainsi le potentiel maximal du territoire en bois énergie s'élève à 30 GWh.

Consommation finale de chaleur d'origine renouvelable		Consommation actuelle des ressources du territoire (en GWh/an)	Potentiel maximal en 2030 des ressources du territoire (incluant état des lieux - en GWh/an)
Bois énergie (consommation)			
	<i>chauffage domestique au bois</i>	200	200
	<i>chauffage automatique au bois</i>	17 (130,7 consommé, donc avec beaucoup d'importation)	30

Les chiffres sont donnés en énergie finale, après affectation des rendements.

Tableau 16 – Détail du potentiel de bois énergie du territoire de Grand Poitiers (sans considérer les imports)

Par ailleurs, il est tout à fait envisageable d'approvisionner les chaufferies biomasses avec une ressource provenant des territoires voisins (départements, régions).

Une étude conjointe de l'IGN et de l'ADEME de début 2016 sur les anciennes régions administratives donne le gisement mobilisable (disponibilité technico-économique) et le gisement restant (disponibilités supplémentaires) pour le BO et le BIBE à l'horizon 2035. Deux scénarios sont utilisés : sylviculture constante et gestion dynamique progressive.

Sylviculture constante

Annexe 2 : disponibilités en bois par régions administratives pour le scénario de sylviculture constante en 2031-2035

Scénario sylviculture constante période 2031-2035 en milliers de m ³ /an	Disponibilités technico-économiques						Disponibilités supplémentaires					
	BO potentiel			BIBE potentiel			BO potentiel			BIBE potentiel		
	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences
Alsace	531	706	1 237	710	239	948	38	18	56	93	8	101
Aquitaine	779	2 622	3 401	1 762	1 911	3 673	51	-423	-372	169	235	404
Auvergne	553	1 666	2 219	898	530	1 428	106	194	301	129	-145	-16
Basse Normandie	239	158	397	329	62	392	40	13	53	64	-5	59
Bourgogne	1 402	872	2 274	2 160	294	2 455	253	180	433	420	-9	411
Bretagne	467	482	949	611	198	810	198	69	266	158	15	173
Centre	1 224	554	1 778	1 798	273	2 071	252	127	379	345	22	366
Champagne Ardenne	1 347	370	1 716	1 781	181	1 962	337	62	399	388	5	393
Corse	5	100	105	72	17	88	1	1	1	33	1	34
Franche Comté	1 075	1 168	2 243	1 547	313	1 860	145	95	240	235	-14	221
Haute Normandie	442	111	553	645	44	689	23	13	36	74	-5	68
Ile de France	397	42	439	582	30	611	101	11	112	143	7	150
Languedoc Roussillon	136	625	761	355	228	582	34	147	182	79	-5	75
Limousin	368	846	1 214	780	252	1 031	114	154	267	183	-38	145
Lorraine	1 351	1 187	2 538	1 962	415	2 377	128	5	133	280	-36	244
Midi Pyrénées	498	662	1 160	1 066	249	1 316	151	122	273	279	-16	263
Nord Pas de Calais	254	25	279	291	25	316	26	-3	22	56	-3	53
Pays de Loire	420	390	810	574	175	750	51	76	128	103	6	109
Picardie	671	75	746	911	60	971	143	5	149	211	10	220
Poitou Charente	284	195	479	543	112	655	-49	51	1	55	12	68
PACA	45	404	448	191	174	365	10	88	97	41	26	67
Rhône Alpes	764	2 103	2 866	1 211	564	1 776	203	362	565	244	-24	219
France	13 250	15 364	28 614	20 779	6 346	27 124	2 356	1 367	3 722	3 781	46	3 828

Tableau 17 – Disponibilité en bois par région, à l'horizon 2035, dans le scénario « Sylviculture constante »
(Source : ADEME)

Le détail pour les trois régions dans le périmètre d'approvisionnement de Grand Poitiers CU (environ 100 km) est présenté ci-après pour ce scénario.

Quantité de BIBE (Tonnes)	BIBE mobilisable	BIBE récolté	BIBE restant
Poitou-Charentes	515 748	462 205	53 543
Centre	1 630 709	1 342 520	288 189
Limousin	811 811	697 638	114 173

Potentiel thermique (GWh) à sylviculture constante	Potentiel mobilisable	Potentiel mobilisé	Potentiel restant
Poitou-Charentes	1 534	1 375	159
Centre	4 851	3 994	857
Limousin	2 415	2 075	340
Total	8 801	7 445	1 356

Gestion dynamique progressive

Annexe 3 : disponibilités en bois par régions administratives selon le scénario de gestion dynamique progressif en 2031-2035

Scénario de gestion dynamique progressif période 2031-2035 en milliers de m³/an	Disponibilités technico-économiques						Disponibilités supplémentaires					
	BO potentiel			BIBE potentiel			BO potentiel			BIBE potentiel		
	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences	Tous feuillus	Résineux	Toutes essences
Alsace	641	790	1 431	892	277	1 169	148	102	250	276	46	322
Aquitaine	791	2 545	3 336	1 763	1 941	3 704	63	-500	-436	170	265	435
Auvergne	697	1 754	2 451	1 167	500	1 668	251	282	533	398	-175	224
Basse Normandie	286	114	400	403	56	458	87	-31	56	137	-12	126
Bourgogne	1 823	845	2 668	2 787	347	3 134	674	153	827	1 046	44	1 091
Bretagne	760	539	1 298	867	249	1 116	491	125	616	414	66	480
Centre	1 506	628	2 134	2 190	317	2 507	534	201	735	737	66	802
Champagne Ardenne	2 020	377	2 397	2 390	263	2 653	1 010	70	1 079	997	87	1 084
Corse	5	100	105	72	17	88	1	1	1	33	1	34
Franche Comté	1 370	1 327	2 697	2 006	404	2 410	440	254	694	694	77	771
Haute Normandie	506	127	633	707	46	753	87	28	115	136	-3	133
Ile de France	561	53	615	720	56	776	266	22	287	281	33	315
Languedoc Roussillon	176	730	906	477	250	727	74	253	327	202	18	219
Limousin	466	835	1 301	669	279	948	212	142	354	72	-10	62
Lorraine	1 800	1 310	3 110	2 673	490	3 162	577	128	705	991	39	1 030
Midi Pyrénées	723	833	1 556	1 753	275	2 028	376	293	668	966	9	975
Nord Pas de Calais	293	28	321	352	22	374	65	-1	64	117	-7	111
Pays de Loire	563	430	993	736	192	928	194	116	310	265	23	287
Picardie	740	81	821	1 023	49	1 072	212	12	223	323	-1	322
Poitou Charente	363	228	591	698	142	841	29	84	113	211	43	254
PACA	59	533	592	270	241	511	24	217	241	121	93	213
Rhône Alpes	1 094	2 916	4 011	1 803	785	2 588	534	1 176	1 710	835	196	1 032
France	17 243	17 123	34 365	26 418	7 198	33 616	6 348	3 125	9 473	9 421	898	10 319

Tableau 18 – Disponibilité en bois par région, à l'horizon 2035, dans le scénario « Gestion dynamique progressive »
(Source : ADEME)

Le détail pour les trois régions dans le périmètre d'approvisionnement du Grand Poitiers CU dans ce scénario ci-après.

Quantité de BIBE (Tonnes)	BIBE mobilisable	BIBE récolté	BIBE restant
Poitou-Charentes	662 205	462 205	200 000
Centre	1 974 016	1 342 520	631 496
Limousin	746 457	697 638	48 819

Potentiel thermique (GWh) à sylviculture dynamique	Potentiel mobilisable	Potentiel mobilisé	Potentiel restant
Poitou-Charentes	1 970	1 375	595
Centre	5 873	3 994	1 879
Limousin	2 221	2 075	145
Total	10 063	7 445	2 619

Ainsi, en retenant un scénario avec une gestion sylvicole dynamique et progressive, nous pouvons considérer les gisements présentés dans le tableau ci-dessous. Lorsque la biomasse provient d'un territoire plus étendu que GPCU, par exemple l'ancienne région Poitou Charente, nous retenons le gisement régional proportionnellement à la part de population que représente GPCU sur la population de la région considérée afin de ne pas « prendre » toute la ressource de la région pour approvisionner uniquement GPCU. Ainsi, GPCU consomme aujourd'hui 330,7 GWh de bois énergie mais n'en produit que 217 GWh. 113,7 GWh de bois sont donc importés. Le potentiel de production supplémentaire qui pourrait être mobilisé sur une zone élargie n'étant que de 98 GWh, les imports resteront tout de même de 32,7 GWh/an. Les remplacements des générateurs individuels et collectifs permettront d'améliorer le rendement global des installations et donc de produire plus d'énergie avec la même quantité de bois. Cet effet permettrait de supprimer les importations de bois (voir chapitre dédié dans les scénarios prospectifs).

Consommation finale de chaleur d'origine renouvelable		Consommation actuelle des ressources du périmètre considéré (en GWh/an)	Potentiel restant mobilisable du périmètre considéré (en GWh/an)	Part de la population de Poitiers par rapport au périmètre considéré	Potentiel restant mobilisable du périmètre considéré affectable à GPCU (en GWh/an)	Potentiel maximal en 2050 des ressources du périmètre considéré affectable à GPCU (incluant état des lieux - en GWh/an)
Bois énergie (consommation)						
Chauffage domestique au bois et chauffage automatique au bois	Territoire de GPCU	217	13	100%	13	225
	Ancienne région Poitou Charente	1 375	595	11%	64	276
	Anciennes régions Poitou-Charente, Centre et Limousin	7 445	2 619	4%	98	310

Tableau 19 – Détail du potentiel de bois énergie du territoire de Grand Poitiers (en prenant en compte les imports)

Pour l'évaluation des potentiels nous proposons de retenir un gisement restant de 98 GWh soit un potentiel maximal en 2030 de 298 GWh (installations domestiques et collectives confondues).

Note : La ressource en biomasse agricole combustible n'a pas pu être évaluée par manque de données mais il peut y avoir un potentiel à identifier (rafle de maïs, paille, autres coproduits agricoles ou industriels, etc.).

2.4 Méthanisation

2.4.1 Etat des lieux

L'observatoire national SINOE Déchets permet de visualiser la carte de France avec les installations de méthanisation en fonctionnement, ci-dessous.

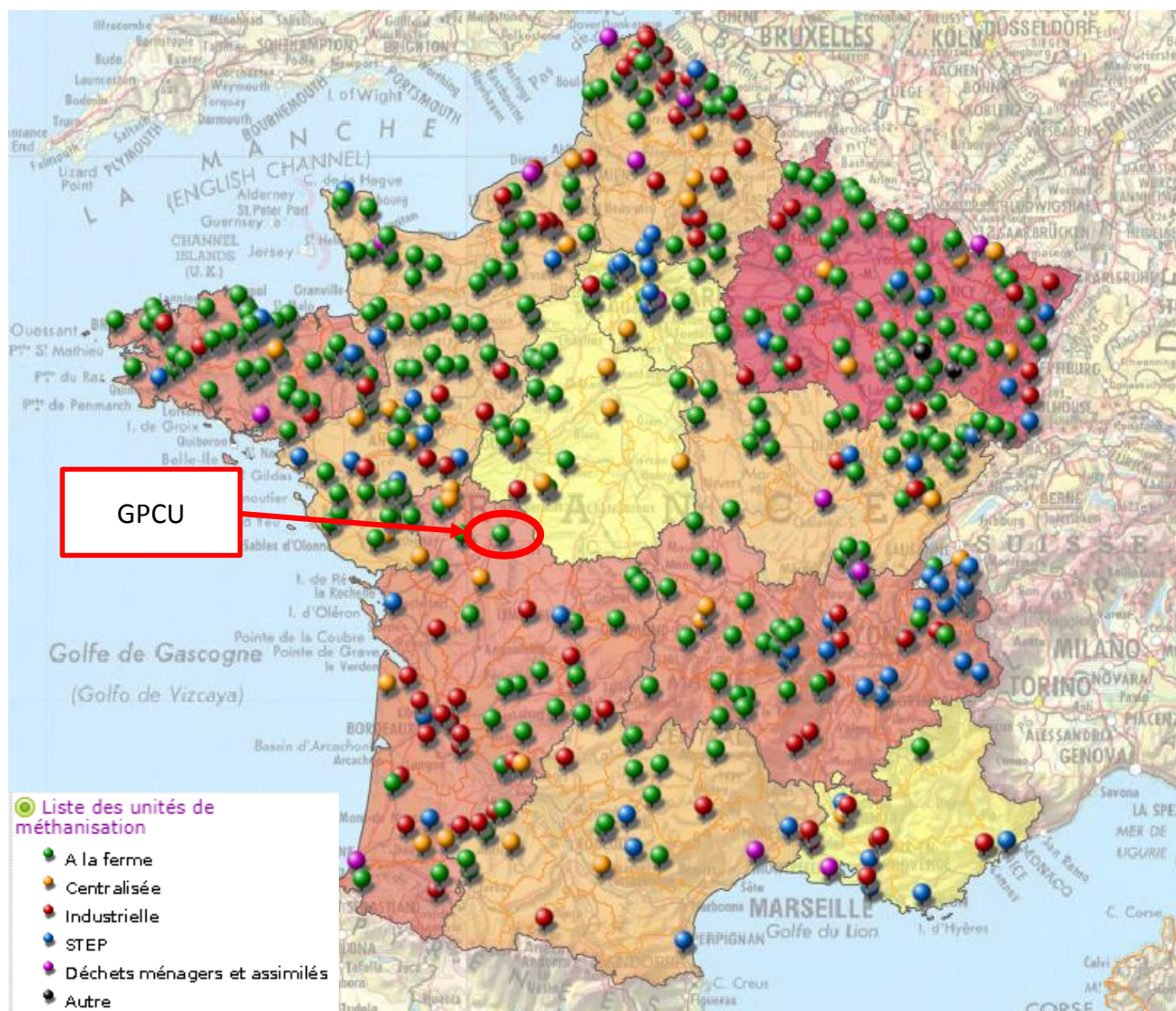


Figure 25 – Localisation des installations de méthanisation en fonctionnement en France
(Source : <http://carto.sinoe.org/carto/methanisation/flash/>)

Une unité de méthanisation a été inaugurée en octobre 2016 à Sèvres-Anxaumont (86) dans une exploitation agricole. Elle valorise près de 12 000 tonnes de biomasse par an, dont 53% proviennent d'effluents et biomasses agricoles et 47% de sous-produits agro-alimentaires, dont 545 à 605 tonnes de déchets de la restauration et de la distribution. Le méthaniseur est relié à un système de cogénération de 250 kW électrique et délivre **1844 MWh d'énergie électrique** par an (soit environ **6000 MWh en énergie primaire biogaz**). L'énergie disponible sous forme de chaleur en sortie de

cogénération est consommée sur place à la ferme pour chauffer les bâtiments d'élevage porcin, une serre maraîchère, les habitations et le magasin de vente liés à la ferme (3200 MWh). Les 10 000 tonnes de digestat liquide servent de fertilisant naturel et couvrent 57% des besoins d'azote des plantes cultivées.



Figure 26 – Unité de méthanisation de Sèvres-Anxaumont

(Source : <https://www.bioenergie-promotion.fr/47439/nouvelle-unite-de-methanisation-a-sevres-anxaumont-dans-la-vienne>)

Ainsi, la production actuelle de biogaz sur le territoire de GPCU se résume de la manière suivante :

- Effluents et biomasse agricole : 1,9 GWh (biogaz sortie méthaniseur ; 12000 t/an x 53% x PCI (0,36 MWh/t) x 85% de rendement)
- Biodéchets : 4,9 GWh (12000 t/an x 47% x PCI (0,88 MWh/t) x 85% de rendement)

D'autres méthaniseurs sont présents dans l'ancienne région Poitou-Charentes, au nombre de 9 en 2014, dont 8 ont répondu à l'AREC pour une étude sur l'année 2015. Tous les méthaniseurs sont couplés à un système de cogénération produisant au total 30 050 MWh d'électricité et 21 400 MWh de chaleur par an, pour près de 500 000 tonnes de biomasse méthanisable. Le biogaz produit contient en moyenne 55% de méthane, ce qui est insuffisant pour une injection sur le réseau, autorisée depuis fin 2011 au seuil réglementaire de 97%.

2.4.2 Chiffres clés

Les installations de méthanisation sont en général de grande taille. Les chiffres clés pour ce type d'EnR correspondent à l'installation de Sèvres-Anxaumont.

Les autres chiffres qu'il est nécessaire de prendre en compte pour la méthanisation est le pouvoir méthanogène des intrants qui varie grandement en fonction du type de biomasse. Le tableau ci-dessous présente ces valeurs.

Potentiels méthanogènes de différents substrats (source : ADEME – Solagro)

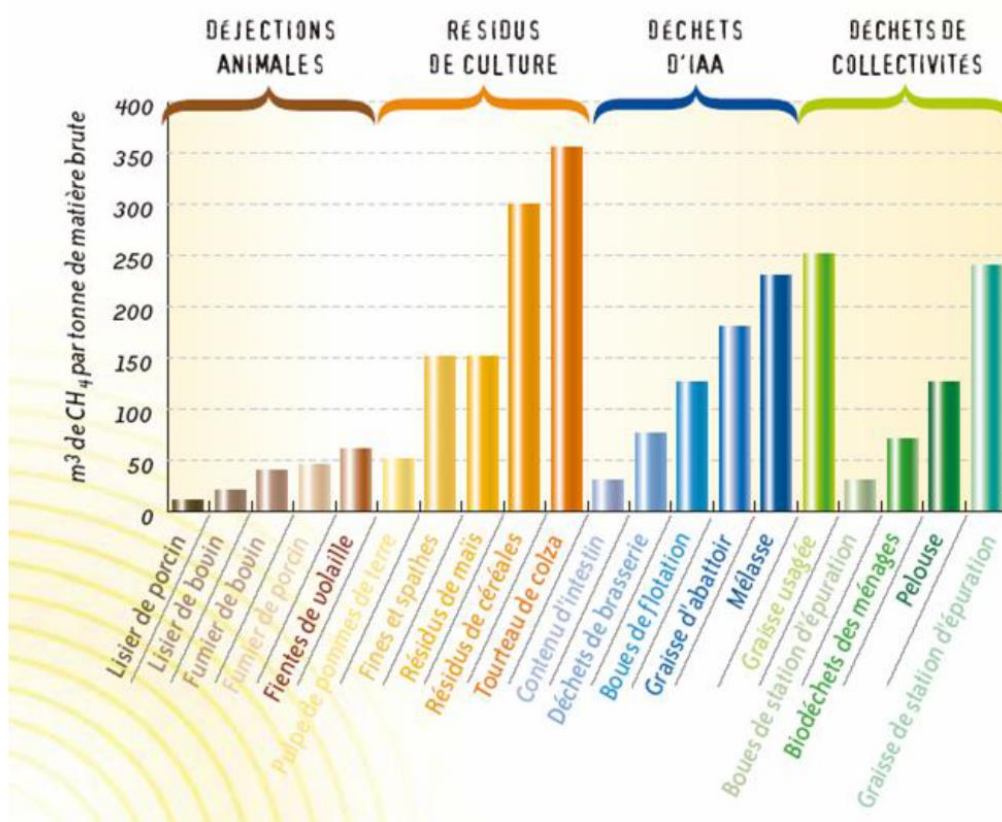


Figure 27 – Potentiels méthanogènes de différents substrats
(Source : Ademe – Solagro)

2.4.3 Potentiels restants (biomasse hors STEP)

Selon l'AREC, le potentiel énergétique brut des biomasses méthanisables s'élève à 43 760 MWh par an sur le territoire du Grand Poitiers CU. Il s'agit d'un potentiel énergétique des biomasses elles-mêmes **avant méthanisation**. Il est décomposé comme suit.

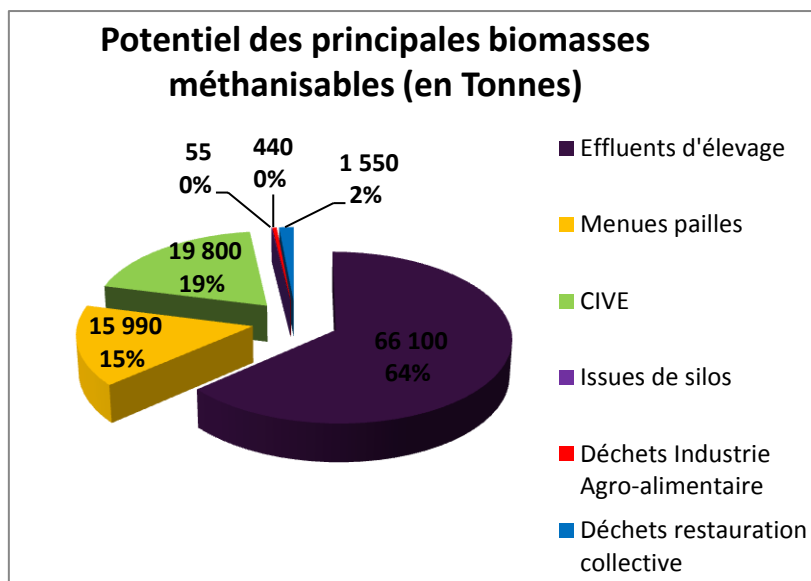


Figure 28 – Potentiel des principales biomasses méthanisables sur le territoire de Grand Poitiers (en tonne)
(Source : AREC)

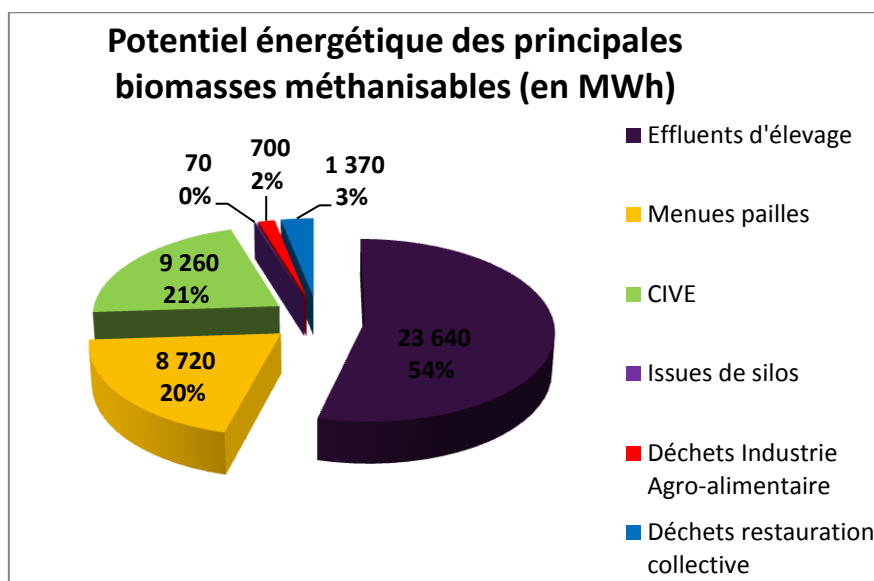


Figure 29 – Potentiel énergétique des principales biomasses méthanisables sur le territoire de Grand Poitiers (en MWh)
(Source : AREC)

Notes :

1. CIVE = Culture Intermédiaire à Vocation Energétique

Par exemple, les effluents d'élevage représentent 64% du tonnage, mais 54% de **l'énergie primaire entrante** du fait de leur faible contenu énergétique.

Le rendement d'un méthaniseur, c'est-à-dire « énergie biogaz sortant / énergie biomasse entrante » est pris à 85% pour tenir compte des pertes dans le méthaniseur sous la forme de flux thermique sortant, d'énergie résiduelle du digestat, ainsi que de la chaleur nécessaire au process, générée par la combustion d'une fraction du biogaz sortant.

Pour le potentiel restant, avec les chiffres de l'AREC, nous retenons un potentiel complémentaire de production de biogaz sur le territoire de 35 GWh pour la biomasse agricole et 1,8 GWh pour les biodéchets (sortie méthaniseur).

Ce potentiel correspond à environ 5-6 installations de taille équivalente à celle de Sèvres-Anxaumont.

Note :

Une étude ADEME (estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation d'avril 2013) donnait un potentiel régional de 3500 GWh/an. Ramené à la population de GPCU, ce potentiel serait de 375 GWh soit 9 fois plus que la valeur que nous proposons. Notre valeur semble être une meilleure approche étant donné qu'elle est issue d'une étude précise sur le territoire spécifique du Grand Poitiers réalisé par l'AREC.

Note sur l'emprise au sol nécessaire :

L'emprise d'une installation de méthanisation de la taille de Sèvres-Anxaumont nécessite environ 40 000 m² de terrain, soit pour 37 GWh, environ 24 ha

Ci-dessous la répartition du gisement de biomasse méthanisable en MWh brut avant méthanisation sur les 4 territoires du Grand Poitiers CU.

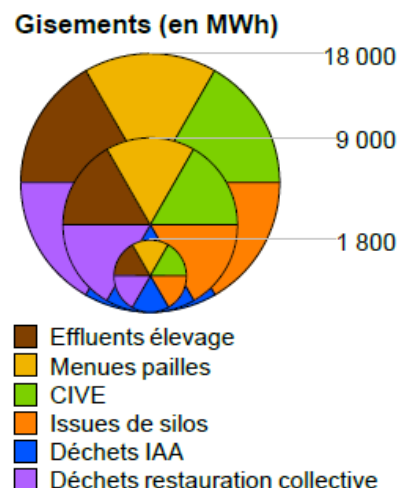
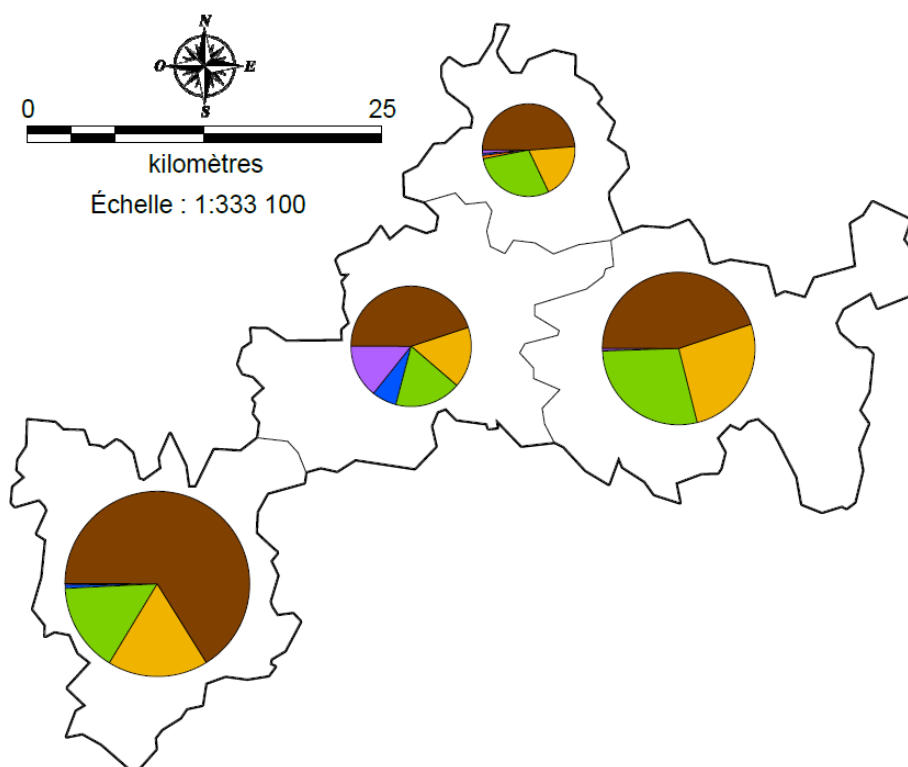


Figure 30 – Répartition du gisement de biomasse méthanisable sur le territoire de Grand Poitiers (en MWh)
(Source : AREC)

2.4.4 Production de biogaz à partir des STEU

Il n'y a pas de STEU (Station de Traitement des Eaux Usées) sur le territoire qui produise du biogaz.

A partir des données publiques (voir chapitre chaleur fatale sur eaux usées), nous avons pu identifier les quantités de boues en tonnes de matières sèches produites afin d'estimer le potentiel de production de biogaz.

Les installations de moins de 5000 équivalents habitants ne sont pas retenues dès le départ car elles ne permettent pas d'atteindre une rentabilité minimale pour un tel projet (dans les conditions économiques et techniques actuelles tout au moins).

Situation au 31/12/2016 des stations de traitement des eaux usées (mise à jour le 07/12/2017)

A propos de la conformité | Aide utilisateur

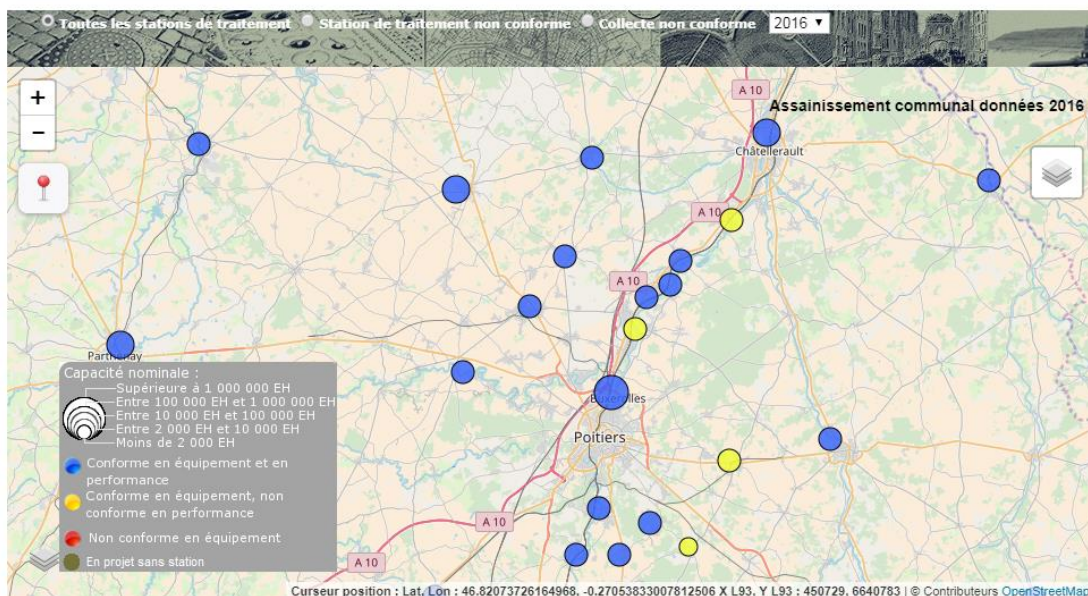


Figure 31 – Localisation des stations de traitement en eaux usées sur le territoire de Grand Poitiers

Nom STEU	Capacité en équivalent habitants	Equivalent habitants > 5000	Commentaire	Production de boue (tMS/an)	Potentiel biogaz (MWh/an)
BEAUMONT - SAINT CYR Bourgs	3 500				
BERUGES LA TORCHAISE	250				
BERUGES BOURG	800				
CHAUVIGNY ARTIGE	9 000	9000	habitant raccordé : environ 3920, STEU non retenue		
CHAUVIGNY VILLENEUVE	500				
CISSE PUYLONCHARD	900				
CELLE-LEVESCAULT AVAL DU BOURG	400				
CHASSENEUIL-DU-POITOU	10 000	10000	habitant raccordé : environ 3900, STEU non retenue	124,6	282
CHASSENEUIL DU POITOU PREUILLY	317				
CLOUE BOURG	360				
CURZAY SUR VONNE BOURG	350				
JARDRES	600				
JAUNAY-CLAN	8 500	8500	quantités boues trop faibles, STEU non retenue	81	184
JAZENEUIL RTE DE POITIERS	400				
DISSAY BOURG	8 500	8500	quantités boues trop faibles, STEU non retenue	124	281
LIGUGE VIOLET	300				
LINIERS	300				
LUSIGNAN LE PRE GUICHARD	4 667		quantités boues trop faibles, STEU non retenue	63	143
MARIGNY BRIZAY BOURG	250				
MARIGNY BRIZAY ST LEGER LA PALLU	300				
MIGNALOUX BEAUVOIR	300				
ROUILLE RTE DE LA ROCHELLE	970				
SAINT-SAUVANT CHEMIN COUR MORAND	800				
SANXAY DERRIERE L'ECOLE	930				
TERCE BOURG	700				
POITIERS LA FOLIE	152 500	152500	Retenue	1899	4303
POUILLE	300				
LA PUYE LA MAISON BLANCHE	780				
ROUILLE GRAND-BREUIL VENOURS	1 000				
ST CYR BONDILLY VILAINE	500				
ST GEORGES LES BAILLARGEAUX CHAMP DE GAI	650				
ST GEORGES LES BAILLARGEAUX LE PEU	600				
ST JULIEN L'ARS	2 333				
SAVIGNY LEVESCAULT	1 000				
SEVRES-ANXAUMONT SEVRES-ANXAUMONT	800				
SEVRES ANXAUMONT CHANTELLE ANXAUMONT	1 000				
BORDURE DE LA BOIV (Vouneuil)	4 000				
BIGNOUX	800				
BONNES RIVE DROITE	670				
BONNES LES BARBALLIERES	250				
LA CHAPELLE-MOULIERE CHAMPS GRELET	260				
LIGUGE BOURG	9 000	9000	habitant raccordé : environ 3900, STEU non retenue	111	252
LAVOUX	700				

Tableau 20 – Détail des STEU du territoire de Grand Poitiers, et potentiel de biogaz associé (seules les STEU avec une capacité > 5 000 équivalents habitants ont été retenues)

Ce tableau montre que la seule STEU qui permet d'envisager une production de biogaz intéressante est la STEP de La Folie. Nous estimons en première approche un potentiel biogaz équivalent à 4,3 GWh/an (approche conservative).

Le potentiel de production de biogaz sur le territoire est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

EnR		Production actuelle (en GWh/an sortie méthaniseur)	Potentiel maximal à 2030 (incluant état des lieux - en GWh/an)
Biogaz			
	Agriculture	1,9	37,2 (1,9 + 35,3)
	Biodéchets	4,2	6 (4,2 + 1,8)
	STEP	0	4,3

Tableau 21 – Potentiel de biogaz du territoire de Grand Poitiers

Il doit être noté qu'il existe des difficultés pour mutualiser les boues de STEP :

- Le transport des boues vers un méthaniseur délocalisé
- L'impossibilité réglementaire des rebours de digestats liquides, issus de digestion exogène, en tête de méthaniseur, notamment de boues provenant d'autres STEP (la réglementation pourrait évoluer sur sujet dans les années à venir).

Il faut également étudier si la capacité du réseau de distribution de gaz (GRDF ou autre) permet d'absorber le biométhane injecté. Si ce n'est pas le cas, on doit faire appel au stockage du gaz, ou à un rebours de gaz, du réseau de distribution vers le réseau de transport GRT gaz, avec les contraintes de compression associées. La question du rebours est en cours d'étude par GRDF/GRT.

2.5 Conclusion

Le potentiel EnR identifié est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

A noter que pour la géothermie, il est systématiquement nécessaire de réaliser une étude au cas par cas afin de s'assurer de la nature du sous-sol et donc du potentiel géothermique.

Notre méthodologie est adaptée à chaque type d'EnR en fonction des données disponibles en ligne ou transmises par Grands Poitiers et les acteurs spécifiques concernés.

EnR		Production actuelle (en GWh/an)	Potentiel maximal à 2030 (incluant état des lieux - en GWh/an)
Chaleur fatale			
	Unité de Valorisation Energétique	47,7	47,7
	Data Center	0	2,6
	Eaux usées (STEP)	0	10,8
	Industrie	Non connu	Non connu
Bois énergie (consommation)			
	Chauffage domestique au bois	200	200
	Chauffage automatique au bois	17 (Territoire GPCU) 130 (Consommé)	30 (territoire GPCU) 98 (territoire élargi)
Biogaz			
	A partir de déchet agricole	1,9	37
	A partir de biodéchets	4,2	6
	STEP	0	4,3
Géothermie			
	Chaleur : forage profond sur nappe à 60°C	0	0
	Chaleur : PAC sur aquifère	0,7	1 200
	Chaleur : PAC sur sondes verticales	0,9	1 500
	Electricité	0	0

Tableau 22 – Récapitulatif du potentiel en ENR thermiques du territoire de Grand Poitiers

3 Evaluation des potentiels EnR électriques

Le territoire de Grand Poitiers est composé à la fois de zones urbaines où la densité de bâtiments est importante (et donc propice au déploiement de solaire photovoltaïque en toiture) et de zones plus rurales où le développement de champs éoliens ou de solaire photovoltaïque est plus intéressant.

Les paragraphes suivants décrivent les potentiels « nets » de déploiement des énergies renouvelables (EnR) électriques (c'est-à-dire en prenant en compte les différentes contraintes réglementaires), calculés à partir des potentiels « bruts », qui correspond aux potentiels purement physiques. Ces potentiels ne préjugent en revanche pas des niveaux de déploiement EnR effectivement atteints, correspondant aux ambitions retenues par Grand Poitiers et décrites dans le livrable de la phase 3 du SDE.

3.1 Eolien

Les éoliennes sont aujourd'hui une technologie mature, qui permet de produire de l'électricité à des coûts de plus en plus compétitifs. Si son déploiement en France reste limité, cela est en partie dû à la complexité de trouver des zones où l'implantation d'éoliennes est possible. En effet, de nombreuses contraintes sur l'occupation de l'espace existent, avec par exemple des distances minimales à respecter avec les habitations, des zones naturelles à préserver ou encore des servitudes militaires à prendre en compte lors du design d'un projet.

L'objectif de cette analyse est de déterminer à l'échelle du territoire du Grand Poitiers les zones d'implantation possible d'éoliennes, afin d'en déduire un potentiel chiffré prenant en compte les contraintes techniques liées à l'implantation des éoliennes, et la vitesse du vent des zones sélectionnées.

3.1.1 Détermination des zones d'exclusion

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

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

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

3.1.1.1 Servitudes techniques

Zones rédhibitoires

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

Une zone tampon de 500m autour des autres émetteurs radioélectriques (opérateurs téléphonie, télédiffusion...) est aussi prise en compte, où la construction d'éolienne est impossible afin de ne pas gêner la diffusion des signaux émis.

Les zones militaires constituent aussi des servitudes pour lesquelles l'implantation d'éoliennes est impossible. La principale zone concernée est incluse dans la zone de dégagement de l'aéroport de Poitiers-Biard.

Zones sensibles :

Les éoliennes peuvent avoir un impact sur le fonctionnement des radars de météo-France. En deçà d'une certaine distance de protection, un accord écrit de Météo-France est requis pour installer un parc éolien. Un radar météo se situe à proximité du territoire du Grand Poitiers : le radar météo de Cherves. Possédant une bande de fréquence de type C, un accord écrit est requis pour l'implantation d'éoliennes à moins de 20km du radar.

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

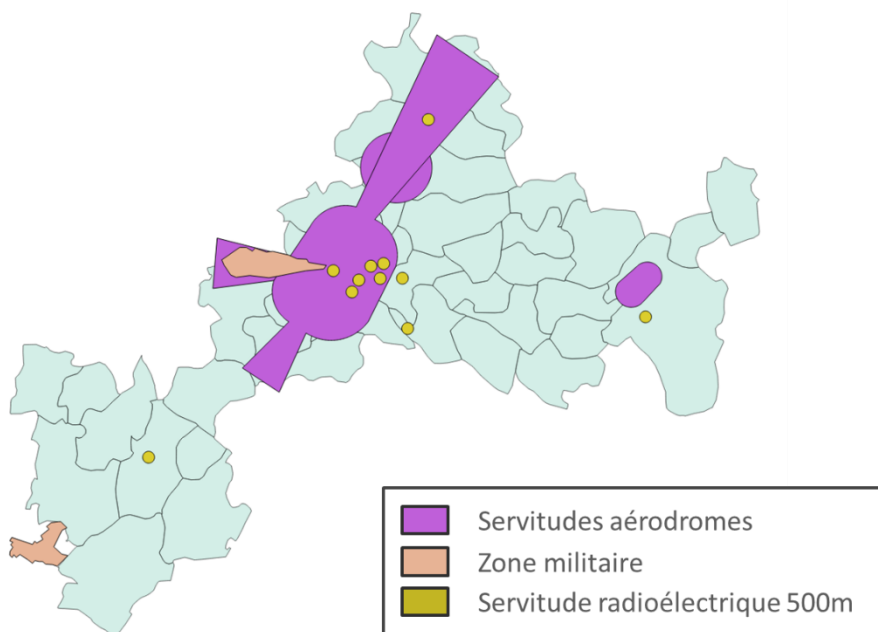


Figure 32 - Servitudes techniques, zones rédhibitoires

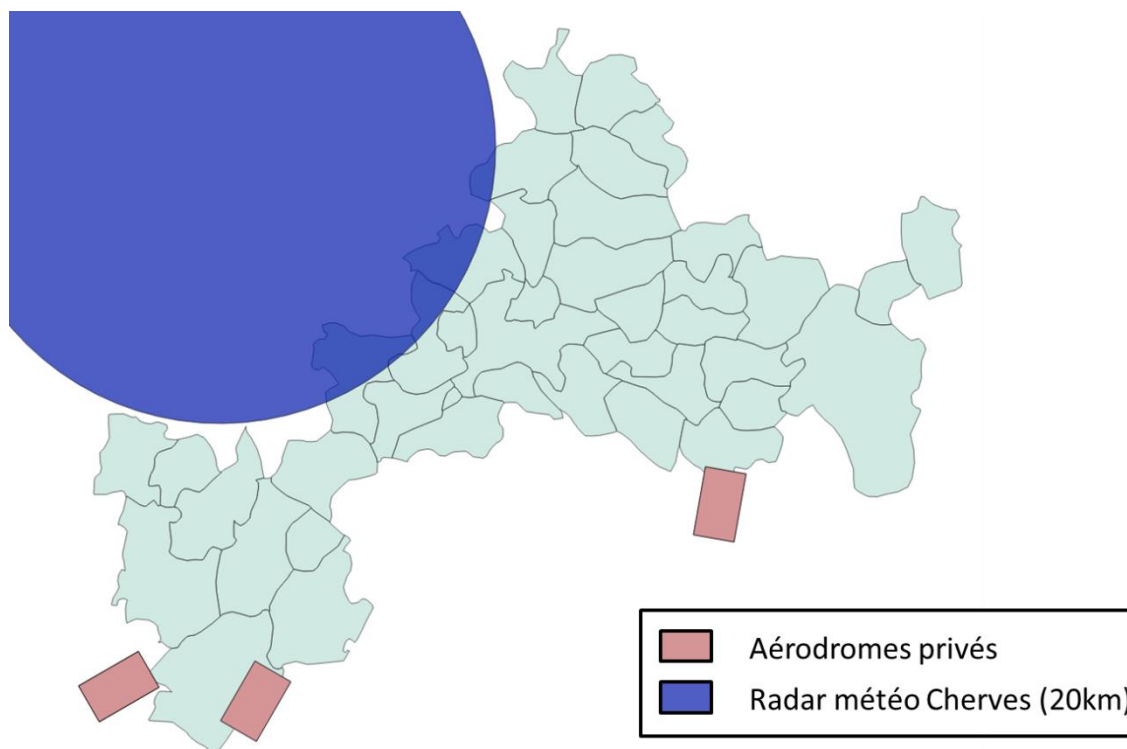


Figure 33 - Servitudes techniques, zones sensibles

3.1.1.2 Patrimoine architectural et paysager

Afin de préserver l'intégrité visuelle de tous les monuments historiques, toute demande d'accord de travaux dans un rayon de 500 mètres d'un bâtiment historique devra recevoir l'aval de l'Architecte

des Bâtiment de France (ABF). Par conséquent, au vu du type de projet que représente une éolienne (dont la hauteur dépasse la plupart du temps les 100 mètres), il est considéré que cette zone tampon de 500m autour des bâtiments historiques est rédhibitoire pour l'implantation d'éolienne.

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

Les zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP), sont un dispositif de protection des lieux présentant un caractère d'ordre esthétique ou historique. Ils visent à créer un périmètre intelligent autour de ces lieux, à la place d'un périmètre type de 500m autour des monuments historiques. Ces sites sont incompatibles avec le développement éolien.

La DRAC a effectué un inventaire de territoires emblématiques dont le lien avec l'histoire de la région ou leur organisation spécifique présentent une valeur particulière. Dans le schéma régional éolien de l'ex région Poitou-Charentes, ces territoires étaient considérés comme fortement contraints pour l'implantation d'éolienne. Cependant depuis son invalidation en 2017 par la cour administrative d'appel de Bordeaux, il n'est plus opposable, ce qui laisse ouverte la question de la prise en compte des contraintes de ces territoires emblématiques. C'est pourquoi nous avons décidé de les traiter séparément dans notre étude, dans une synthèse distincte. Ces territoires couvrent une large partie du secteur est du Grand Poitiers, tout autour de la cité médiévale de Chauvigny.

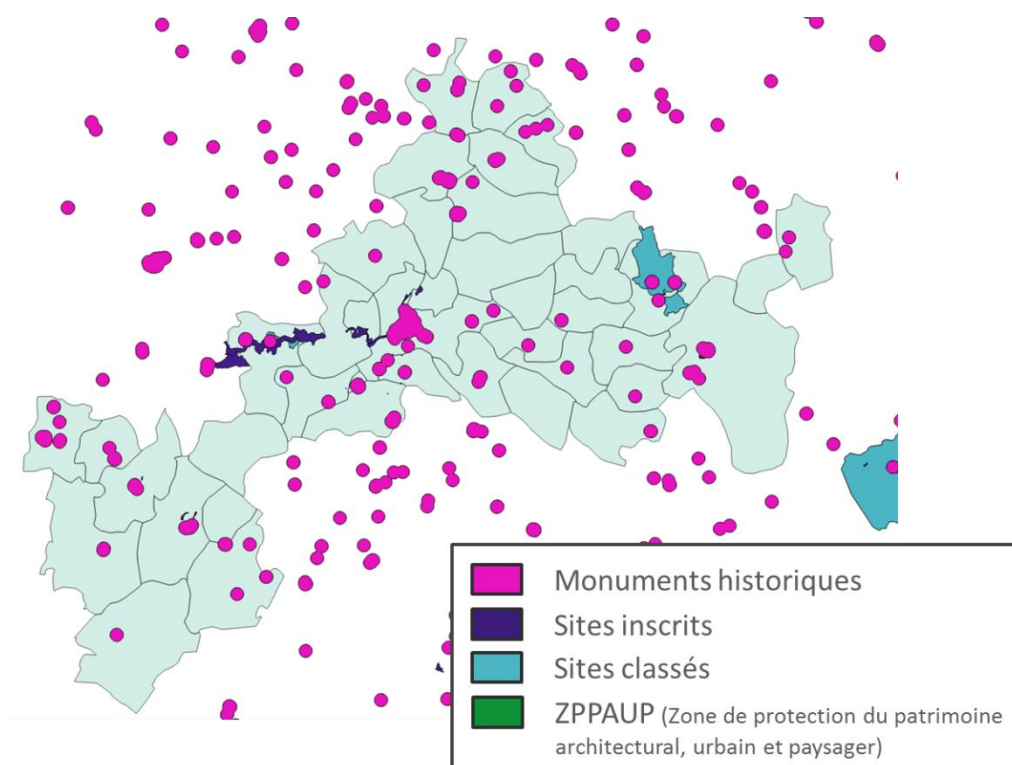


Figure 34 - Patrimoine architectural et paysager, zones rédhibitoires

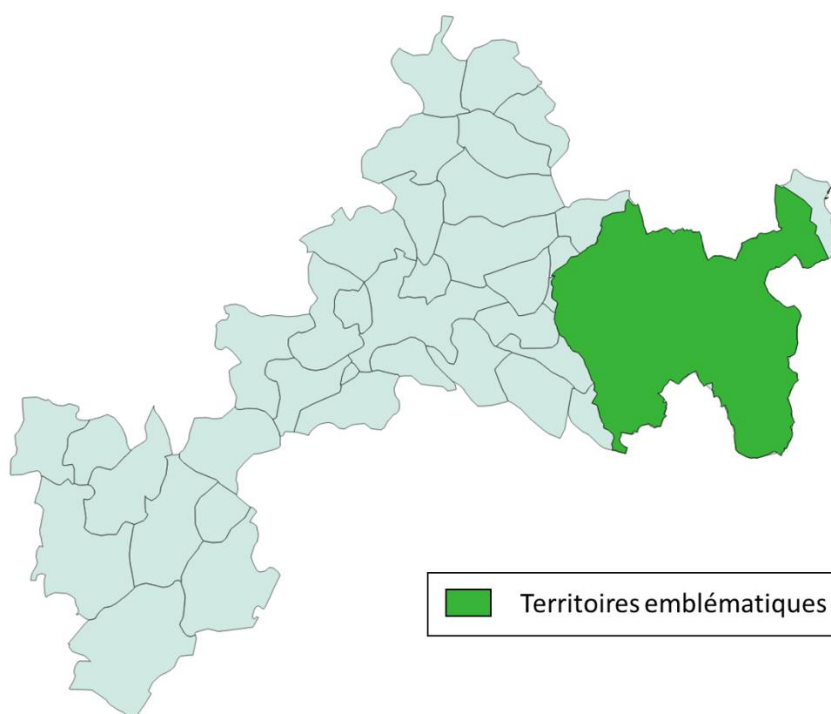


Figure 35 - Territoires emblématiques

3.1.1.3 Zones urbanisées

Les éoliennes sont à l'origine de différentes nuisances (principalement sonores) qui peuvent gêner les riverains habitant à proximité. La loi prévoit ainsi une distance minimale de 500 mètres entre une éoliennes et des habitations. Il est cependant important de noter que cette interdiction est un minimum, et peut évoluer lors de l'analyse d'impact de chaque projet éolien, selon la disposition géographique de la zone.

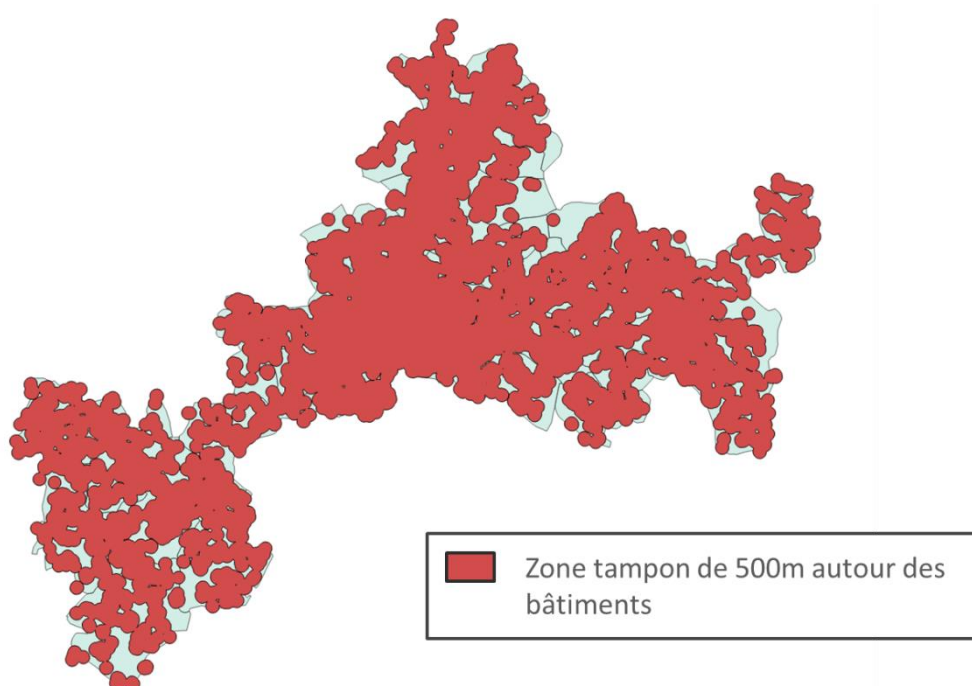


Figure 36 - Zones urbanisées, zones rédhibitoires

3.1.1.4 Milieux naturels

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

Zones rédhibitoires :

Une faible partie de ces milieux naturels constitue des espaces dont les contraintes réglementaires empêchent de façon certaine la construction d'éoliennes. Cela concerne les réserves naturelles (nationales ou régionales) ainsi que les Arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB).

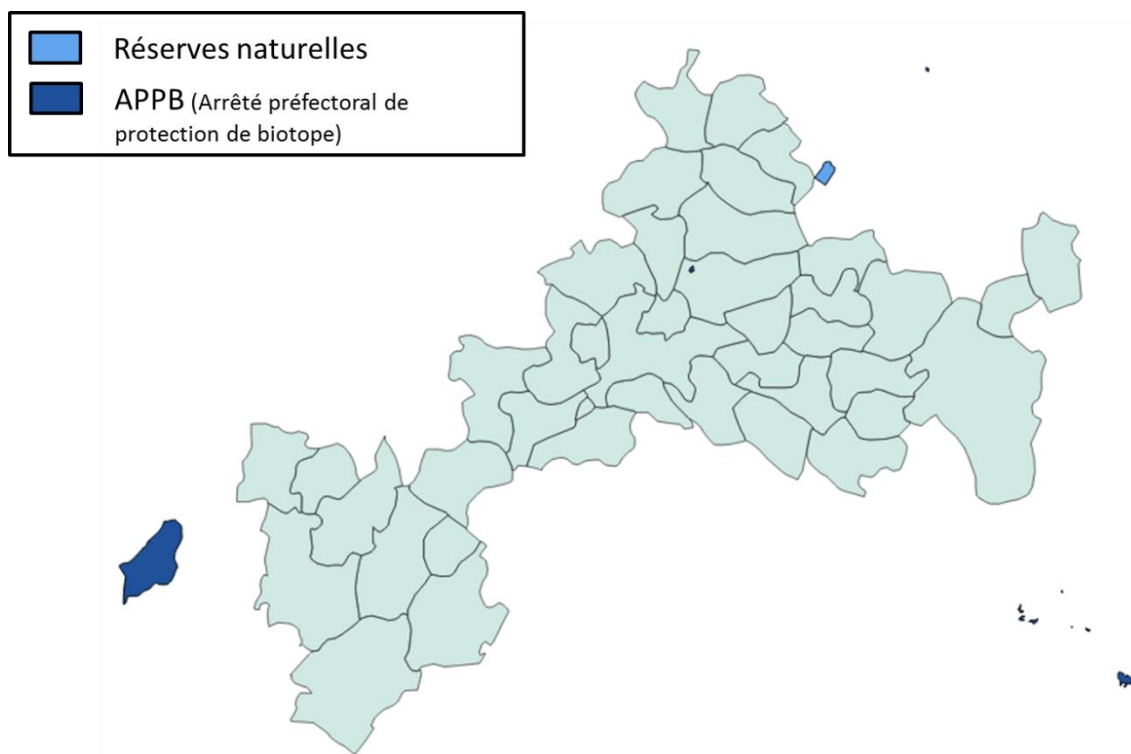


Figure 37 - Milieux naturels, zones rédhibitoires

Zones très sensibles :

Une partie bien plus importante des milieux naturels est classée dans la catégorie très sensible, où les enjeux environnementaux rendent très complexe l'implantation d'éoliennes. Une partie des zones vise la protection des oiseaux et chiroptères : les zones de protection spéciales (ZPS) et les sites d'intérêt communautaires (ZIC), faisant partie du réseau européen Natura 2000. Les espaces naturels sensibles (ENS) et les Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) sont plus génériques, et visent à inventorier et protéger des zones dont la biodiversité est remarquable. Enfin les espaces gérés par le conservatoire d'espace naturel de Poitou-Charentes (CREN) constituent aussi des zones très sensibles, où la préservation des sites reste une priorité.

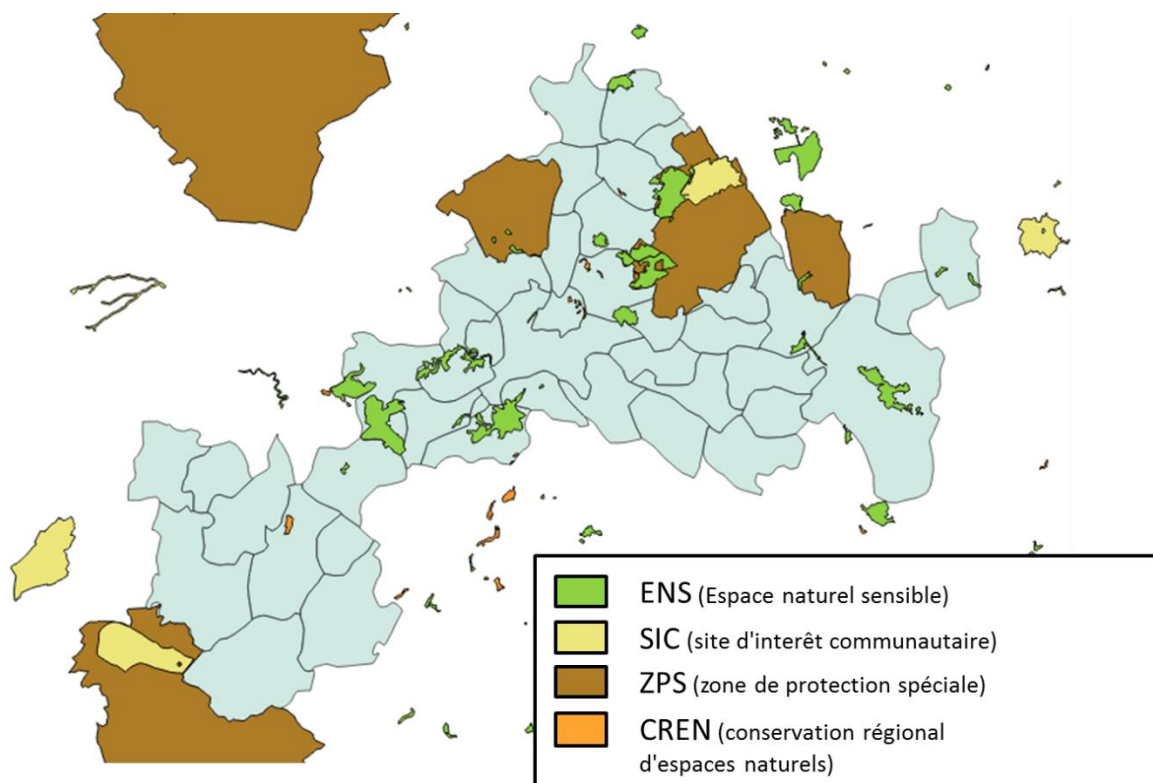


Figure 38 -- Milieux naturels, zones très sensibles

Les zones d'importance communautaire pour les oiseaux ainsi que les ZNIEFF de niveau 2 ont été classées comme des zones sensibles. Ces zones sont aussi des zones contraintes pour l'implantation d'éoliennes, mais avec des protections moins strictes que les zones très sensibles et rédhibitoires. Par exemple, les ZNIEFF 2 sont des ensembles cohérents qui incluent souvent plusieurs ZNIEFF 1. Ce sont les ZNIEFF 1 qui concentrent les enjeux les plus forts, et qui sont ensuite liés dans une ZNIEFF 2 afin de former de grandes unités écologiques.

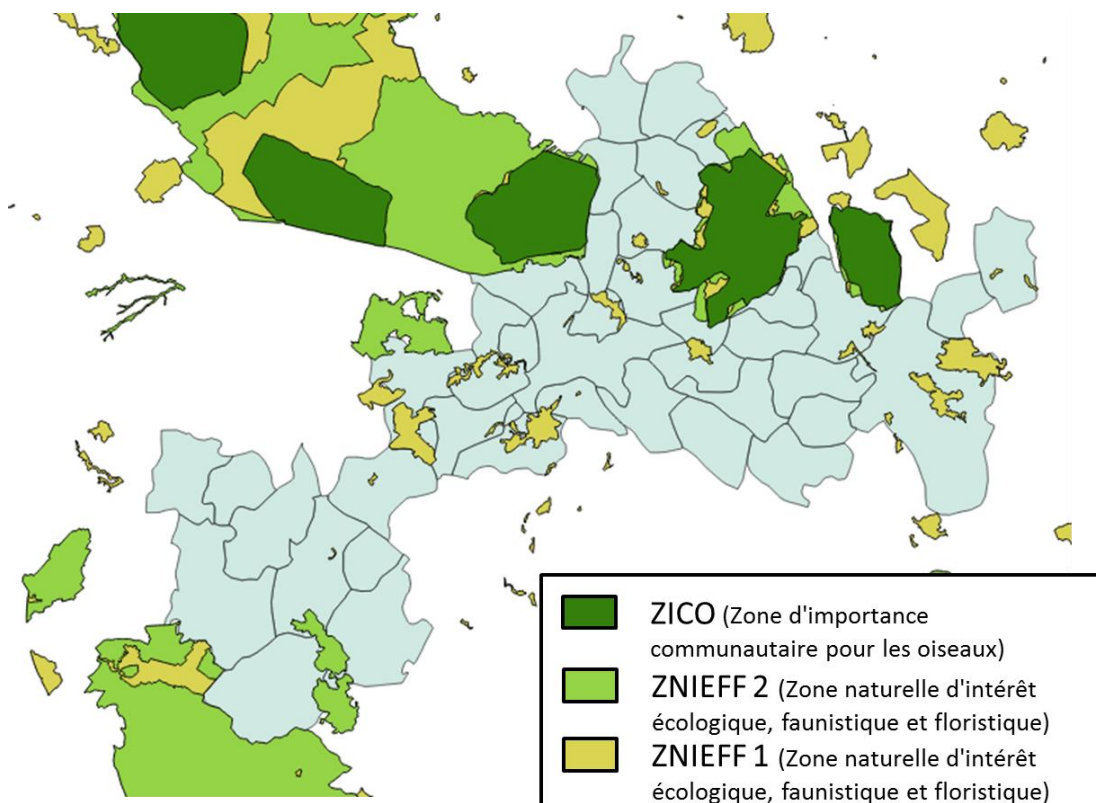


Figure 39 - Milieux naturels, zones sensibles

Les zones forestières ont aussi été intégrées dans l'analyse des zones contraintes pour l'implantation d'éoliennes. Dans le périmètre du Grand Poitiers, la majeure partie de leur superficie est incluse dans les différentes contraintes de milieux naturels. Cependant, une petite partie, qui reste non protégée, a quand même été incluse dans cette analyse car ces zones présentent des contraintes pouvant limiter le développement éolien (les forêts présentent par exemple un enjeu important concernant les espèces de chiroptères).

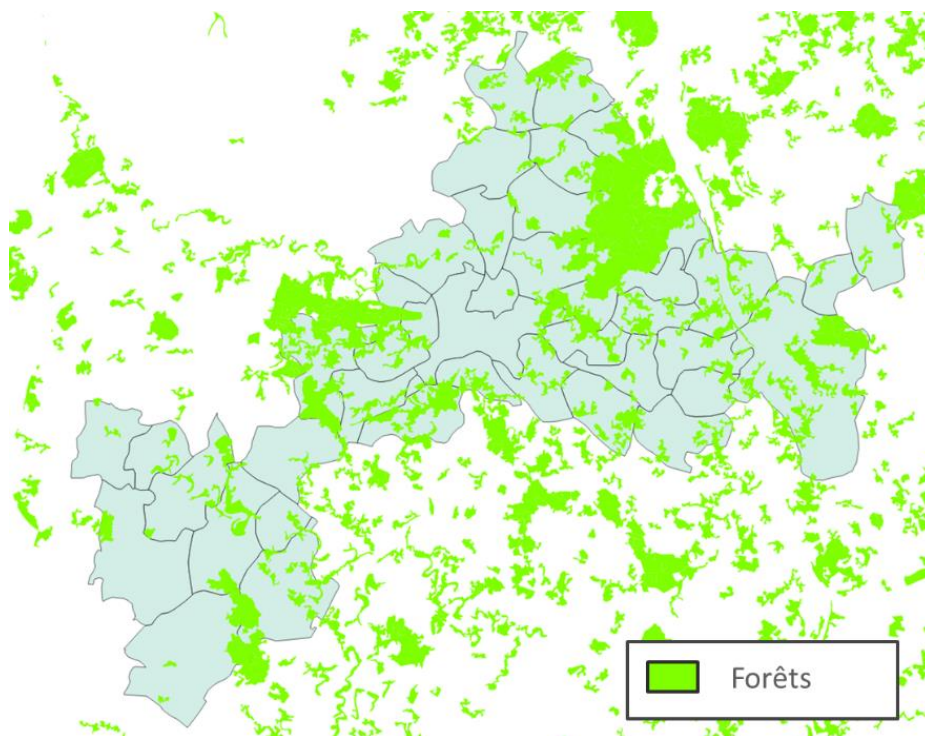


Figure 40 - Milieux naturels, forêts

3.1.1.5 Synthèse

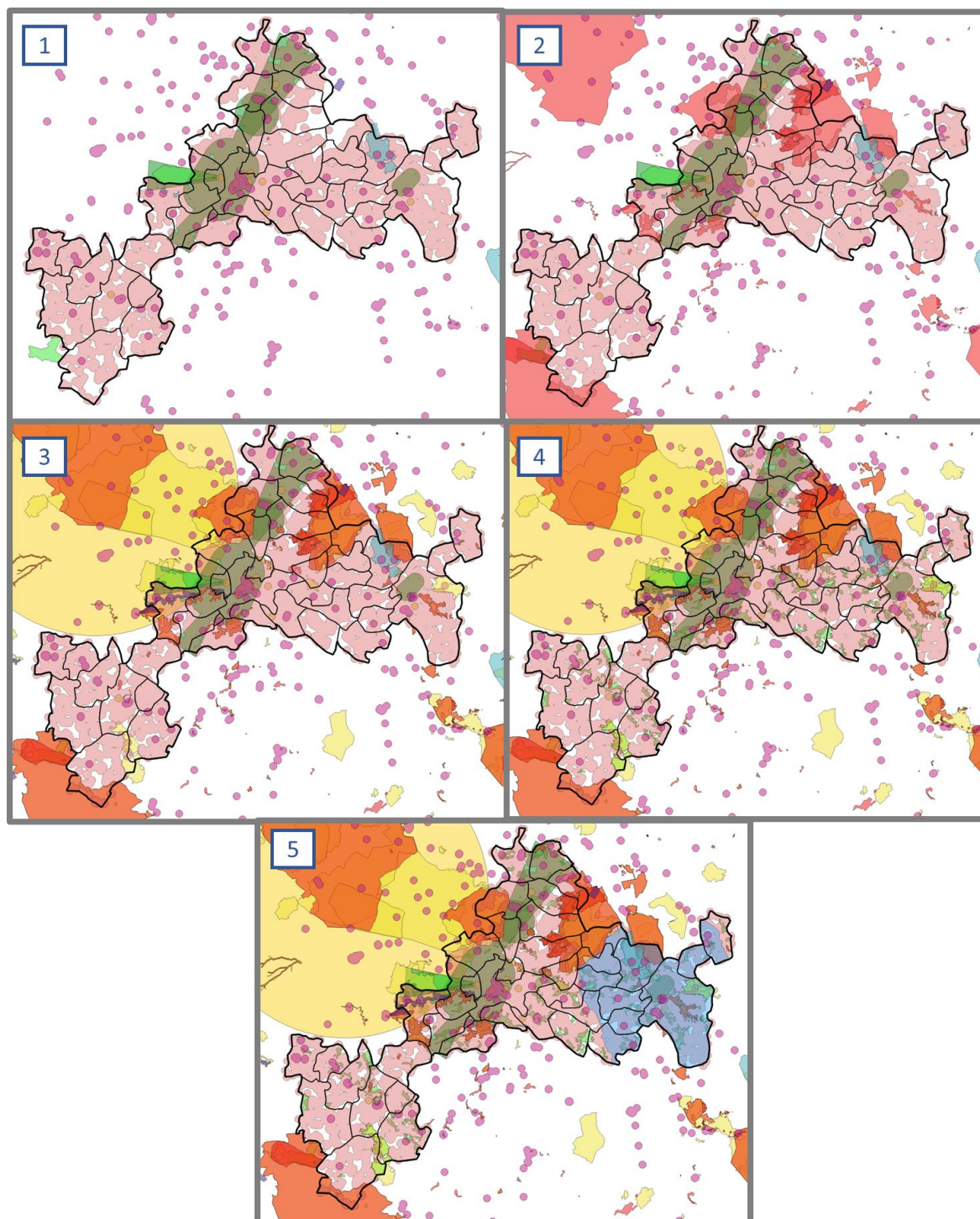


Figure 41 - Synthèse des zones d'exclusion :

1. Zones rédhibitoires
2. Zones rédhibitoires et très sensibles
3. Zones rédhibitoires, très sensibles et sensibles
4. Zones rédhibitoires, très sensibles, sensibles et forêts
5. Hors zones rédhibitoires, très sensibles, sensibles, forêts et territoires emblématiques

Un zoom sur les cartes 4 et 5 permet de repérer précisément les zones d'implantation possibles des éoliennes :

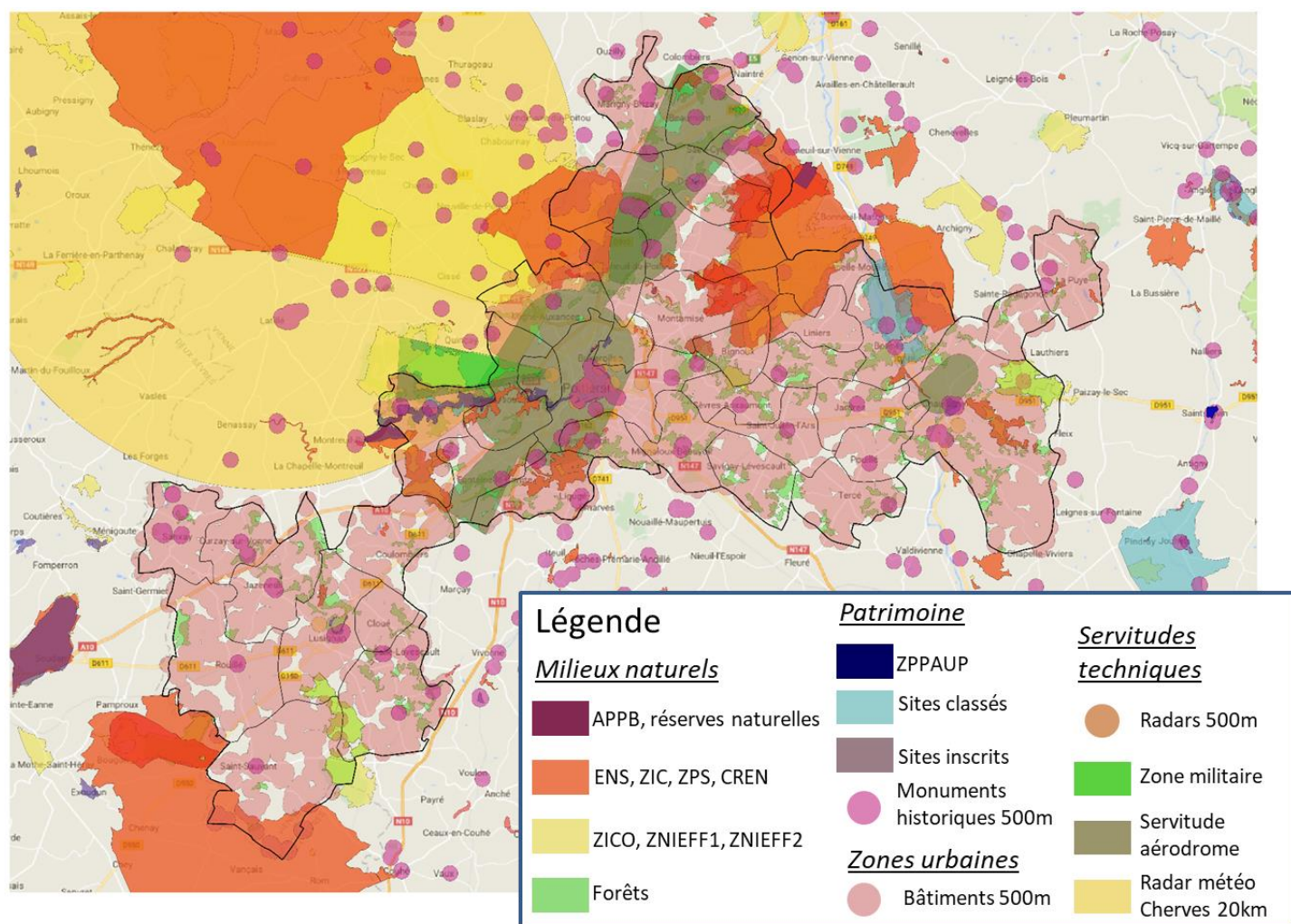


Figure 42 - Synthèse des zones d'exclusion (réduites, très sensibles, sensibles et forêts)

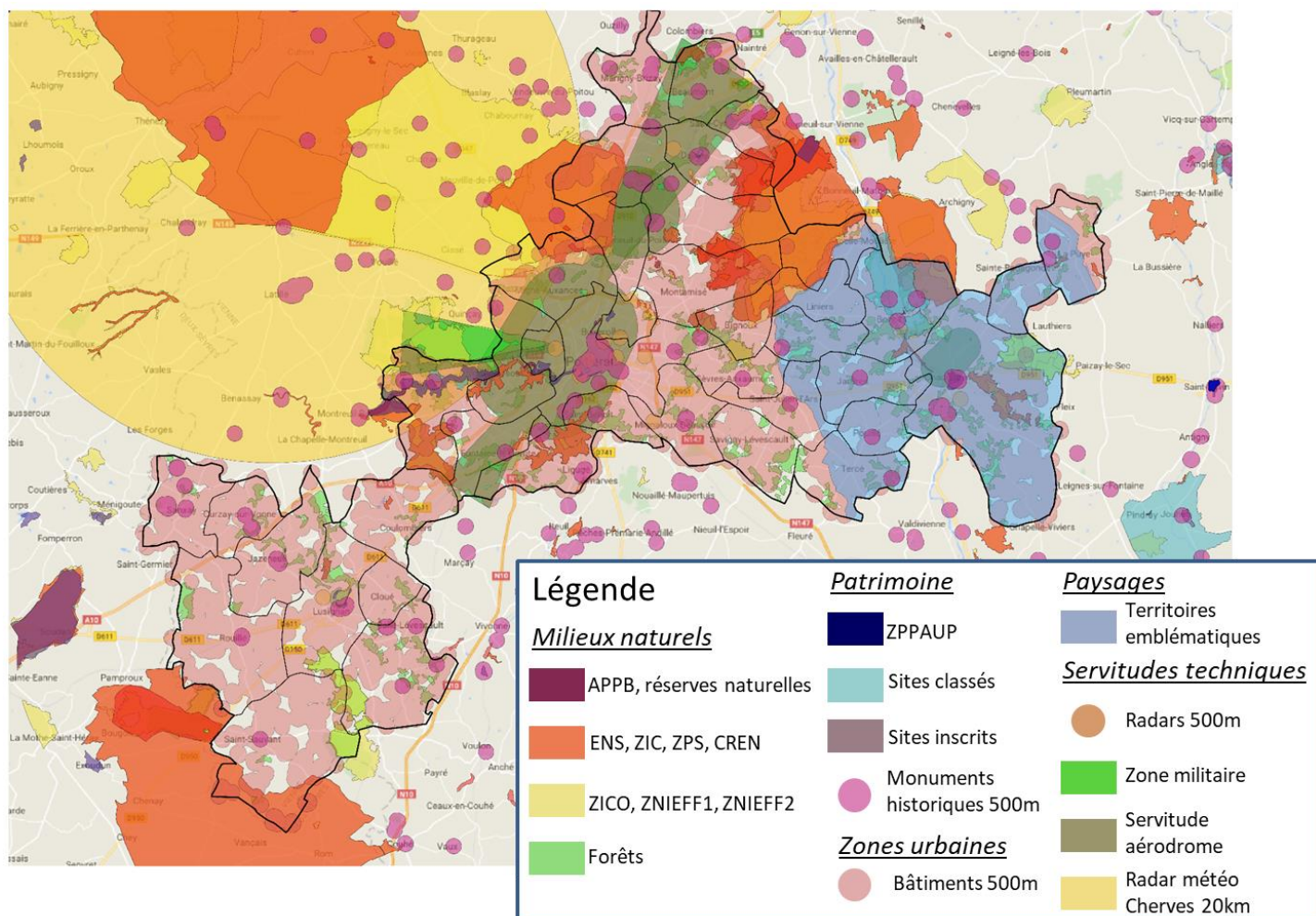


Figure 43 - Synthèse des zones d'exclusion (réduites, très sensibles, sensibles, forêts et territoires emblématiques)

3.1.2 Placement potentiel des éoliennes

Après avoir déterminé les zones favorables à l'implantation d'éolienne, il est nécessaire d'évaluer une répartition des éoliennes possibles sur ces zones. Plusieurs hypothèses ont été retenues pour déterminer leur localisation :

- Distance minimale de 400m entre les éoliennes : Cette distance correspond à environ 4 fois la longueur du diamètre du rotor, afin d'éviter des interférences pouvant diminuer le rendement des éoliennes. Ces effets de sillages ne sont en pratique pas isotropes et dépendent de l'orientation des éoliennes : par conséquent l'espace peut être plus ou moins important en fonction de la disposition des éoliennes. Afin de simplifier l'estimation de l'implantation, une distance moyenne a été retenue.
- Minimum de 5 éoliennes par projet (ce qui correspond à la majorité des projets construits en France)

Un algorithme a ensuite été utilisé pour maximiser le nombre d'éoliennes placées respectant ces contraintes.

3.1.2.1 Vitesse moyenne des vents

Pour dimensionner au mieux les éoliennes à installer, mais aussi pour déterminer le potentiel de production d'électricité, il est nécessaire de considérer la vitesse des vents sur le territoire du Grand Poitiers. La vitesse moyenne des vents à 50 m d'altitude est relativement élevée dans la Vienne par rapport à la moyenne nationale. La vitesse des vents est comprise entre 4,5m/s et 6.5m/s, avec les vitesses les plus élevées qui coïncident globalement avec les zones favorables pour le développement éolien.

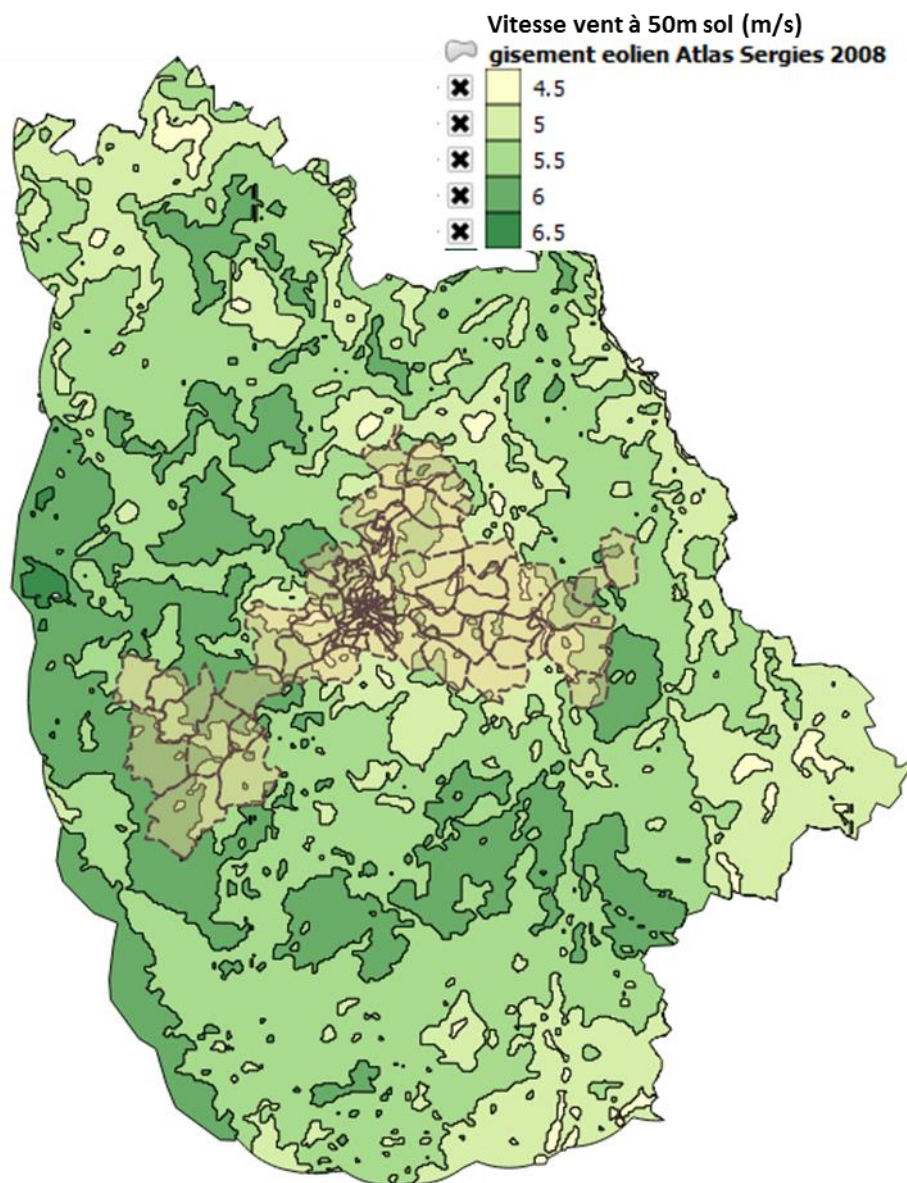


Figure 44 - Vitesse vent à 50m pour le département de la Vienne (m/s)

3.1.2.2 Détermination du productible

Pour déterminer la puissance installée ainsi que le productible, il a été nécessaire de faire un choix sur le type d'éolienne à installer. D'après les vitesses de vents du Grand Poitiers, le choix s'est porté sur des éoliennes d'une puissance de 3MW. Cette puissance est en accord avec les technologies récentes d'éoliennes mises sur le marché par les constructeurs.

Le productible espéré a été évalué d'après des tests réalisés sur différentes fermes éoliennes en Europe, en fonction de la vitesse moyenne des vents et des caractéristiques des éoliennes. Ces abaques permettent d'identifier un nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance par an en fonction de la vitesse moyenne du vent, et ainsi de déterminer la production annuelle potentielle.

$$Productible = PuissanceEolienne * nombreHeuresFonctionnementPleinePuissance$$

3.1.3 Résultats

Zones d'exclusion considérées	Rédhibitoire	Rédhibitoire + très sensible	Rédhibitoire + très sensible + sensible	Tout + forêts	Tout + forêts + territoires emblématiques
Nombre d'éoliennes installées	750	600	500	450	300
Puissance installée (MW)	2250	1750	1500	1350	950
Potentiel de production annuel (GWh/an)	5850	4500	3900	3550	2500
% de la consommation du territoire	99%	76%	66%	60%	42%
Emprise au sol (ha)	75	58	50	45	32

3.1.4 Projets déjà à l'étude

Un certain nombre de projets éoliens sont d'ores et déjà à l'étude sur le territoire de Grand Poitiers, notamment sur le périmètre de l'ex-Pays Mélusin (sud-ouest du territoire de la Communauté Urbaine). Cette sur cette zone-ci d'ailleurs que plusieurs Zones de développement de l'éolien (ZDE) ont été proposées en 2012 :

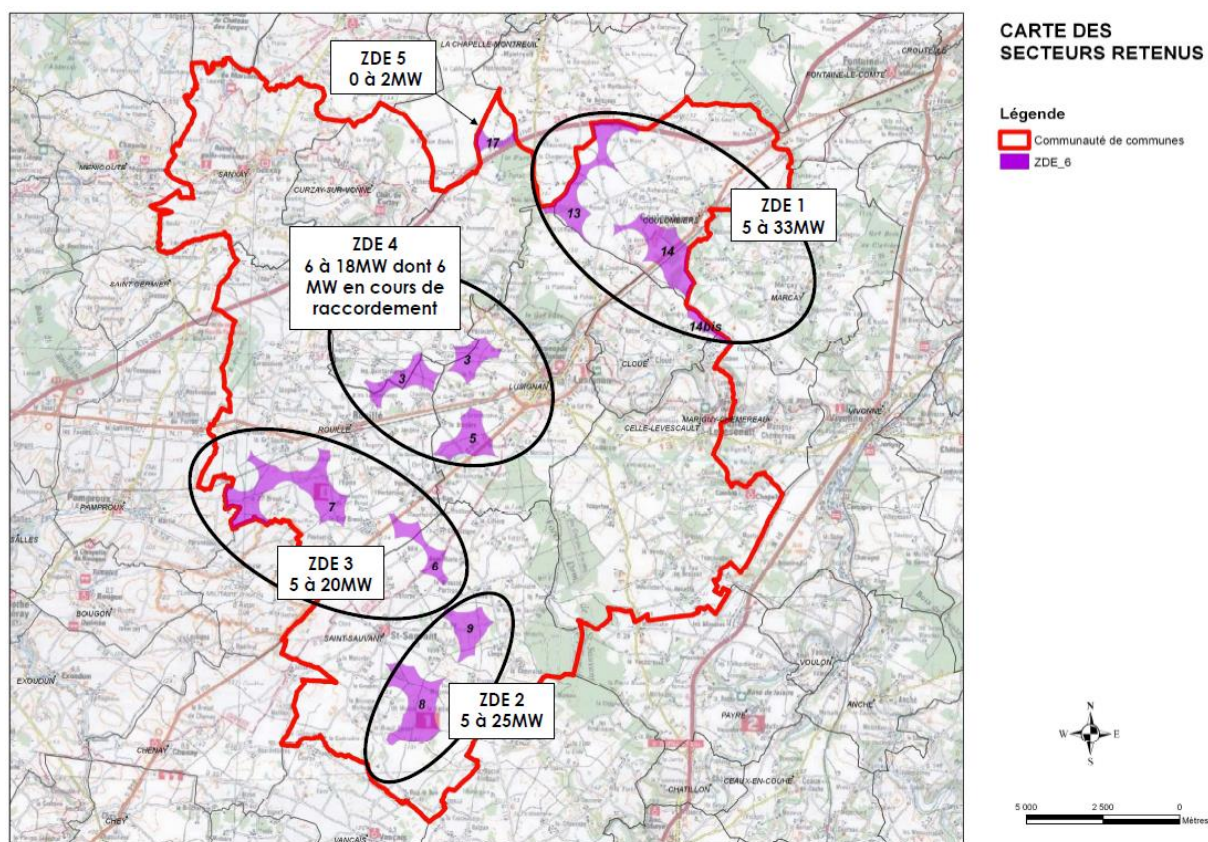


Figure 45 - Zones de développement éolien (ZDE) proposées sur le territoire de l'ex-Pays Mélusin (2012)

Depuis, plusieurs projets ont été proposés sur le territoire, certains ayant été acceptés comme on peut le voir sur la carte ci-dessous, qui recense les projets éoliens sur le territoire de Grand Poitiers en date du 1^{er} avril 2018³ :

³ http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/eolien86_avr18_cle53eb5a.pdf



Figure 46 - Zones de développement éolien (ZDE) proposées sur le territoire de l'ex-Pays Mélois (2012)

On peut noter qu'un projet proposé sur la commune de Saint-Julien-l'Ars a été refusé, probablement en raison de la proximité géographique avec l'abbaye de Chauvigny.

3.2 Solaire

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

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

- **La production d'électricité** se faisant à partir de **panneaux solaires photovoltaïques**, qui transforme le rayonnement solaire en électricité

- **La production thermique** vise à convertir le rayonnement solaire en chaleur, et sert principalement à produire de l'eau chaude sanitaire (ECS), même si des installations couvrant aussi une partie de la demande de chauffage se développent.

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

- Le **solaire toiture** correspond à l'intégration de panneaux photovoltaïques à une toiture. Cela permet de produire localement de l'électricité qui pourra être utilisée par le bâtiment. En revanche les contraintes d'intégration empêchent souvent une orientation optimale des panneaux, conduisant à des rendements plus faibles que le solaire au sol.
- Le **solaire au sol** permet de créer des fermes solaires de plus grande capacité (de quelques mégawatts à plusieurs centaines de mégawatts, comme la centrale de Cestas en Gironde). Avec des panneaux solaires mieux orientés, incluant parfois des trackers pour orienter le panneau en fonction de la course du soleil, ces centrales possèdent des rendements plus élevés que les panneaux directement posés sur toiture. Combiné avec des coûts plus faibles d'installation, le solaire au sol présente un coût par mégawattheure produit plus faible que le solaire toiture. En revanche la surface nécessaire est importante, posant la question de la concurrence d'occupation des sols avec d'autres usages et milieux (agriculture, bois, ...)

Dans le paragraphe qui suit, la méthodologie ainsi que les résultats associés au calcul du potentiel photovoltaïque *sur toiture* sont présentés. Le solaire photovoltaïque *au sol* est traité plus tard, en section 3.2.3.

3.2.1 Solaire photovoltaïque sur toiture

Le calcul du potentiel de solaire photovoltaïque en toiture est réalisé en plusieurs étapes :

- Dans un premier temps, les bâtiments pouvant accueillir des panneaux solaires sont identifiés. Les contraintes patrimoniales sont prises en compte afin d'exclure les toits qui sont situés à proximité de bâtiments historiques ou dans des zones classées, par exemple. Les toits trop petits sont aussi exclus.
- Puis l'orientation du toit (sud-est, sud-ouest, etc.) est déterminée à partir de considérations géométriques simples.
- Puis, un modèle d'élévation de terrain permet de connaître l'inclinaison du toit, et donc la perte de productible correspondant à une inclinaison non optimale.
- Enfin, tous ces éléments permettent de calculer la surface de toit pouvant accueillir des panneaux photovoltaïques. Cela permet de calculer pour chaque toit une puissance potentiellement installable ainsi qu'un productible associé. La somme sur tous les toits donne accès au potentiel total du territoire.

3.2.1.1 Localisation des bâtiments potentiellement recouvrables

La liste des bâtiments du Grand Poitiers utilisée est celle du cadastre. Cette dernière permet de localiser chaque bâtiment, et de définir précisément leur emprise au sol. Elle ne contient en revanche aucune information sur la forme du toit et l'orientation du bâtiment.

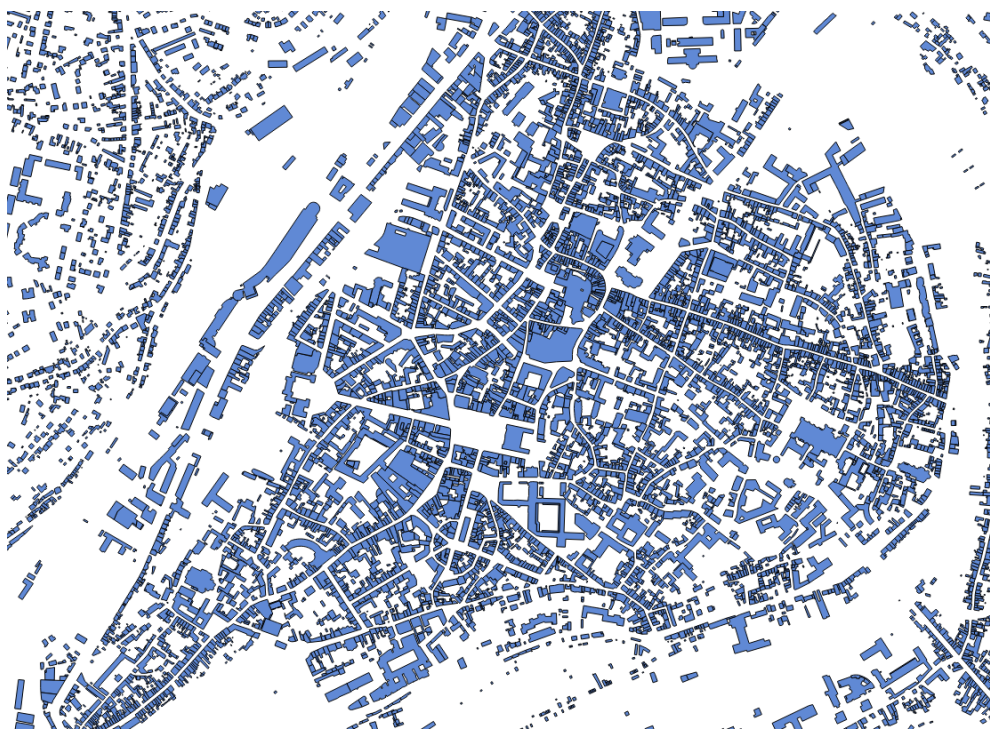


Figure 47 - Vue du cadastre du centre-ville de Poitiers

Zones rédhitoires pour l'intégration de panneaux photovoltaïques aux toitures

Comme les panneaux photovoltaïques vont s'intégrer dans des zones déjà artificialisées, il n'y a pas de contraintes spécifiques liés à la préservation des milieux naturels avec le solaire toiture. En revanche, la modification structurelle des toitures rentre en conflit avec la préservation du patrimoine, et peut aussi entraîner des problèmes de co-visibilité avec certains monuments historiques aux alentours.

Par conséquent, les zones suivantes sont considérées comme rédhitoire pour le solaire toiture :

- Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP)
- Sites classés et inscrits
- Périmètre de 500m autour des bâtiments historiques

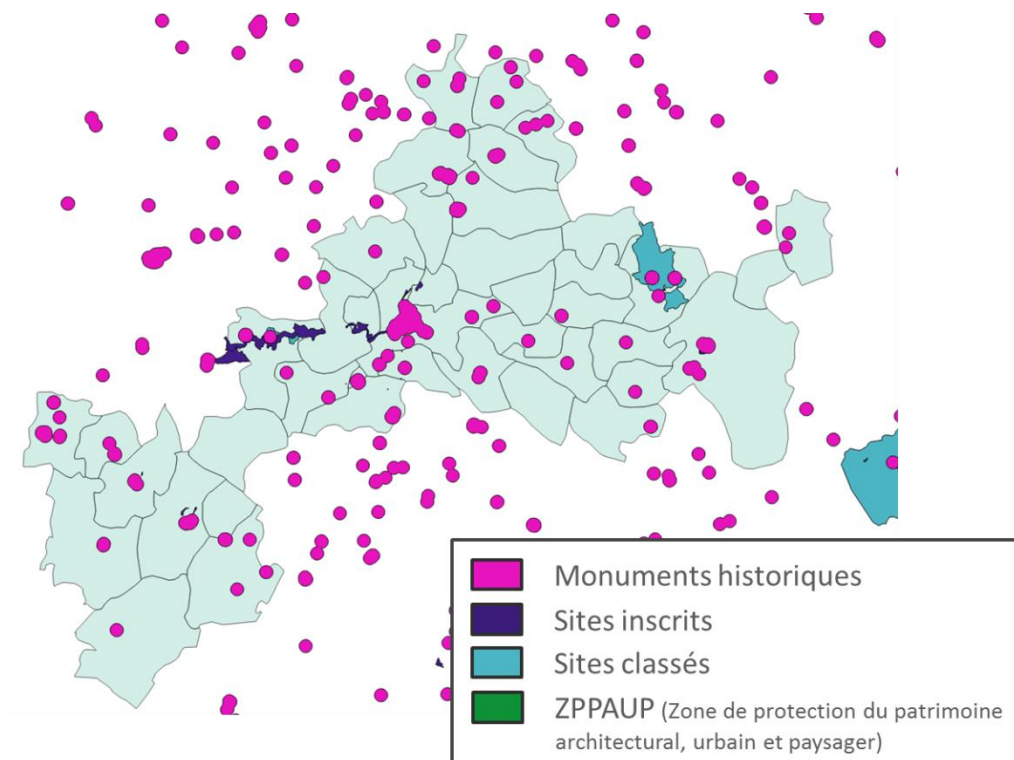


Figure 48 - Zones réhibitoires pour le solaire toiture

Le centre historique de Poitiers apparait ainsi comme fortement contraint.

3.2.1.2 Méthodologie de détermination du potentiel

Le cadastre fournit pour chaque bâtiment l'emprise au sol de ce dernier, mais il ne donne aucune information sur la forme du toit ainsi que l'exposition du bâtiment. Pour compléter ces éléments, nous avons utilisé le modèle d'élévation de terrain du Grand Poitiers (modèle MNE/MNT) afin d'obtenir une estimation de l'inclinaison du toit ainsi que son orientation.

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

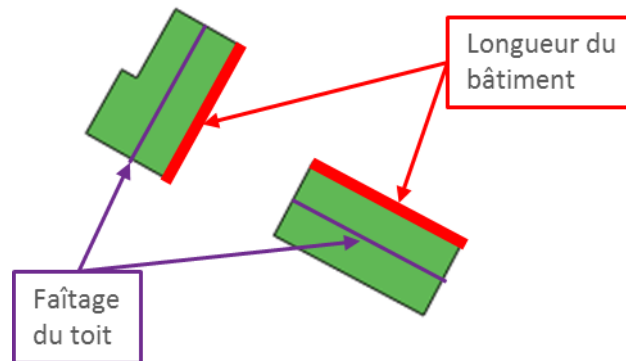


Figure 49 - Détermination du faîtage du toit

L'inclinaison du toit est ensuite estimée (calculs de trigonométrie) grâce au modèle d'élévation de terrain pour le bâtiment en question, qui donne l'élévation de tout point du bâtiment avec une précision de 1m.

Occupation du toit

Pour les bâtiments avec toit incliné, nous supposons que **seul le côté le mieux exposé du toit est recouvert de panneaux solaires** (c'est-à-dire celui le mieux orienté par rapport au sud). Sur les toits, des éléments comme les cheminées et les velux empêchent d'exploiter à 100% la surface la mieux exposée. Des échanges avec le CRER ont permis de poser l'hypothèse suivante : 20% de la surface la mieux exposée n'est pas mobilisable. Ainsi au total pour chaque bâtiment, **40% de la surface est mobilisable**.

Pour les bâtiments avec un toit plat, nous considérons que les panneaux sont placés sur des supports permettant d'optimiser l'orientation (panneaux orientés sud avec une inclinaison de 30 degrés), mais que l'espace nécessaire entre les panneaux solaires pour éviter les ombres projetées et laisser un passage pour l'entretien des panneaux amène à une **occupation des toits de 45%**.

Puissance installée

Après détermination de la surface disponible pour installer des panneaux photovoltaïques, la puissance installée est simplement fonction de la puissance au m² des panneaux. Une hypothèse du CRER a été retenue pour cette étude : **165 Wc/m²**.

Productible

Le productible est principalement fonction de l'ensoleillement de zone où est installé le panneau photovoltaïque. D'après des données d'historique de production sur la région nouvelle-Aquitaine (source : RTE-éco2Mix), il est possible de déterminer un nombre d'heure de fonctionnement à équivalent pleine puissance, c'est-à-dire le nombre d'heure équivalent qu'il serait nécessaire pour obtenir la même production annuelle avec un panneau qui produirait quelle que soit l'heure à sa puissance maximale. Le chiffre retenu est de **1050h**.

Si la puissance installée ne dépend pas de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux, ces deux paramètres ont une réelle influence sur le productible final. Par conséquent, il est nécessaire de corriger la production si les panneaux ne sont pas parfaitement orientés vers le sud, et si l'inclinaison des panneaux n'est pas de 30°. Les facteurs de correction pris en compte pour cette étude sont résumés dans la Figure 50 - Facteur de correction de production des panneaux photovoltaïques.

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

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

Figure 50 - Facteur de correction de production des panneaux photovoltaïques
(Source : HESPUL)

3.2.1.3 Résultats

Potentiels Grand Poitiers

Surface installée (millions de m²)	Puissance installée (MWc)	Potentiel de production (GWh)
8,4	1065	1055

Potentiels par Communes

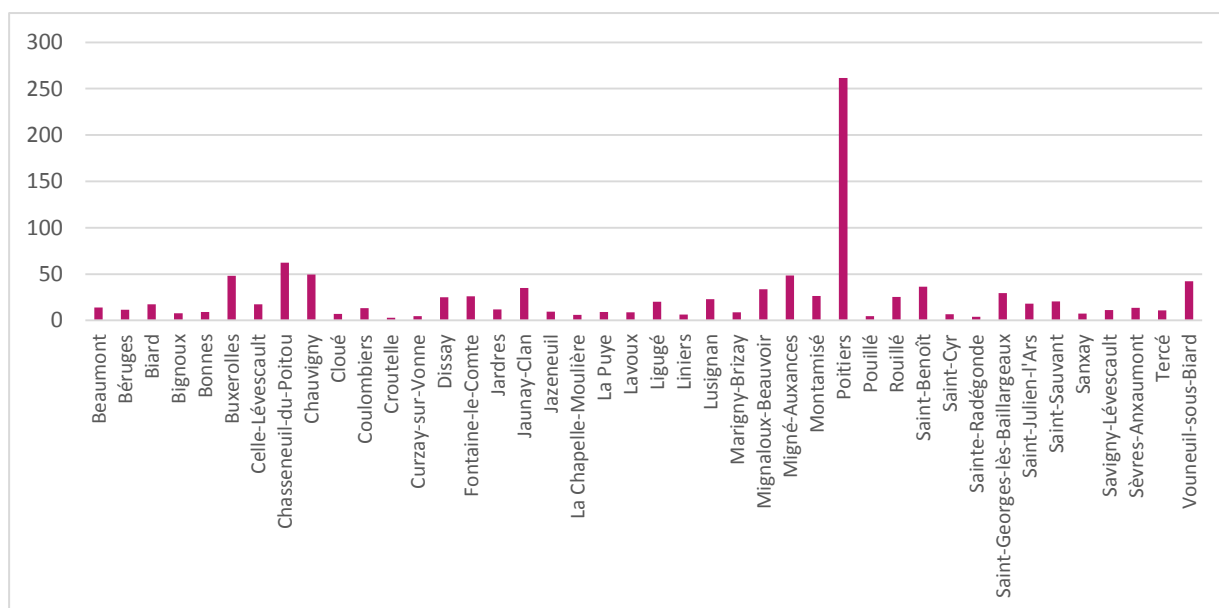


Figure 51 - Potentiel de production des panneaux photovoltaïques sur toiture par communes (GWh)

Sans grande surprise, les communes ayant la plus grande surface de toits sont celles qui présentent le plus fort potentiel.

Potentiels par IRIS

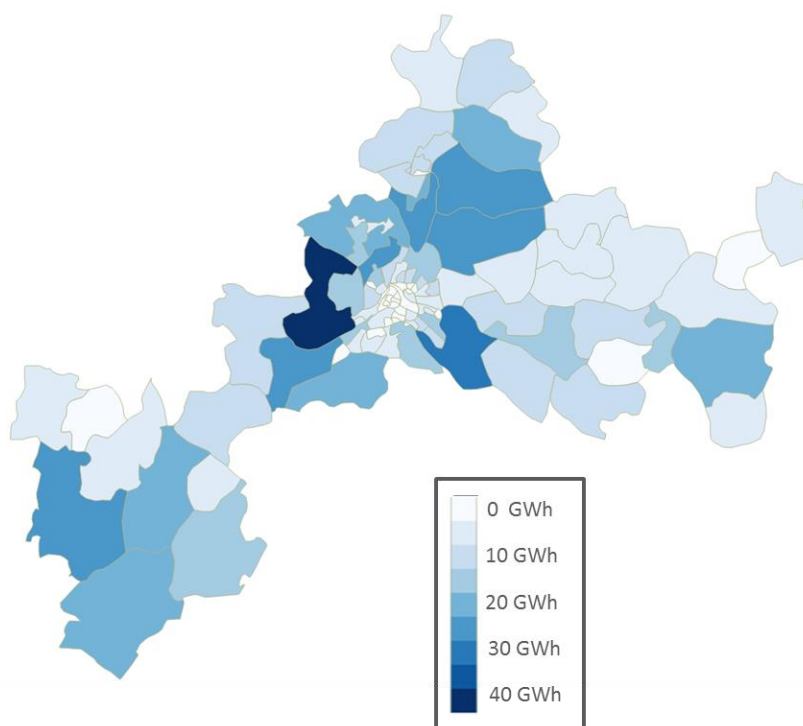


Figure 52 - Potentiel de production des panneaux photovoltaïques sur toiture par zone IRIS (GWh)

3.2.2 Solaire thermique sur toiture

3.2.2.1 Présentation

Le solaire thermique vise à capter l'énergie solaire pour la transformer en énergie thermique, utilisable pour différents usages. Le système est composé de panneaux en verre permettant par effet de serre de chauffer un fluide caloporteur, qui achemine l'énergie thermique vers un ballon d'eau chaude. L'eau ainsi chauffée peut ensuite être distribuée vers les différents points de consommation.

La production d'énergie thermique grâce au soleil est très faible actuellement en France : 0,4% de la production totale d'énergie renouvelable en énergie primaire en 2015 en France (Ministère de la Transition écologique, 2015). Cependant, les exigences de la RT2020 pour les bâtiments neufs devraient amener une certaine croissance, en obligeant chaque bâtiment à avoir au moins une source d'énergie renouvelable.

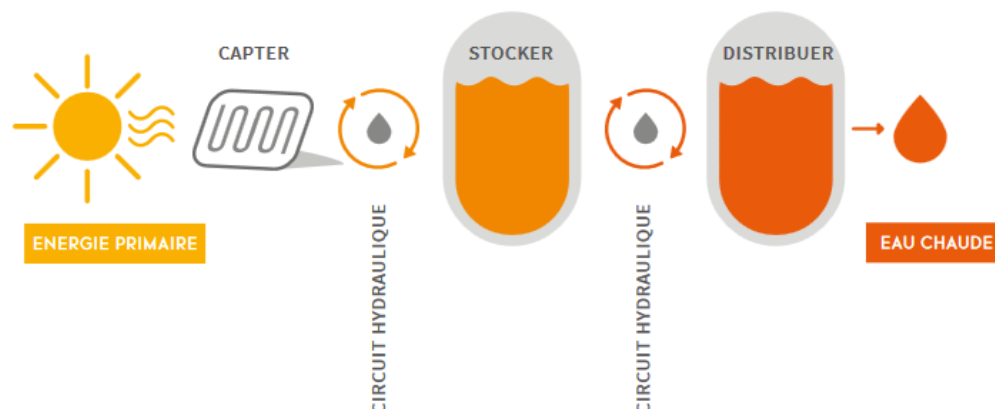


Figure 53 - Fonctionnement simplifié d'un circuit d'eau chauffé par l'énergie solaire (ADEME - Pays de la Loire, 2016)

Usage du solaire thermique

Production d'ECS

Le solaire thermique est principalement utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire (ECS), dans ce cas le système est appelé chauffe-eau solaire (CES). Comme la demande en eau-chaude sanitaire est à peu près constante pendant l'année, les CES sont souvent dimensionnés pour couvrir l'intégralité des besoins en eau-chaude sanitaire pendant l'été, là où le soleil est le plus fort, et un appoint permet de compléter l'apport en énergie pour les moments où l'énergie solaire n'est pas suffisante. Cet appoint peut se faire avec différents systèmes, souvent en accord avec le vecteur de chauffage du bâtiment.

Au total, le CES permet de couvrir entre 40% et 70% des besoins en eau chaude sanitaire en fonction du dimensionnement du système.

Production d'ECS et de chauffage

Le solaire thermique peut aussi servir à produire de la chaleur pour alimenter un chauffage central, formant avec la production d'ECS un système mixte appelé système solaire combiné (SEC). Le système est plus complexe et moins répandu que le CES, car les deux usages n'ont pas exactement les mêmes contraintes (températures de fonctionnement différentes, usage continu pour le chauffage et ponctuel pour l'ECS ...). La principale difficulté réside dans le dimensionnement du système : si la consommation d'ECS est relativement constante au cours de l'année, ce n'est pas le cas du chauffage. La forte demande en chaleur en hiver correspond de plus au moment où la production solaire est la plus basse, rendant encore plus complexe un dimensionnement adapté.

Au total, un SEC couvre en moyenne entre 20% et 40% des besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire. Même dans ce type de dimensionnement, la surcapacité en été conduit à une surchauffe du système qu'il est nécessaire de bien prendre en compte pour éviter d'abimer les composants.

3.2.2.2 Méthodologie de détermination du potentiel

Détermination de la demande couverte par le solaire thermique

Comme expliqué précédemment, le solaire thermique peut couvrir la production d'ECS mais aussi le chauffage avec un système combiné. Cependant, au vu de la faible pénétration de ce type de système et de leur coût plus élevé, notre étude de potentiel se base sur la couverture du besoin en ECS uniquement. Cette hypothèse sous-estime le potentiel total, mais est plus en accord avec les pratiques actuelles et prévues dans les années à venir, où la majorité des systèmes solaires thermiques sont des CES.

Deux hypothèses sont prises concernant la production d'ECS par les chauffe-eaux solaires :

- | Le solaire thermique couvre 40% des besoins d'ECS
- | Production moyenne de 0,5 MWh/m²/an

Ces deux chiffres correspondent aux hypothèses basses de l'ADEME (ADEME - Pays de la Loire, 2016)

Détermination du potentiel par zone et par typologie

Dans le cadre du diagnostic énergétique du Grand Poitiers, un modèle de consommation a été construit pour le territoire, permettant de connaître pour chaque commune (et même plus précisément pour chaque zone IRIS) la consommation pour chaque usage, mais aussi sa décomposition en fonction du type de consommateur (résidentiel et tertiaire). Grâce à cette décomposition, la consommation d'eau chaude sanitaire par zone IRIS et par type de consommateur est connue. En la croisant avec des hypothèses de production d'ECS par les chauffe-eaux solaires (ci-dessous), le potentiel de solaire thermique peut être déterminé par zone et par typologie.

Des hypothèses sur les « installations types » en fonction de la typologie du bâtiment ont ainsi été prises en comptes pour représenter comment s'intègrent ces panneaux solaires sur les bâtiments :

- | Pour le résidentiel :
 - Maisons individuelles : une installation minimum de 3 m² est nécessaire
 - Immeubles : une installation minimum de 40 m² est nécessaire
- | Pour le tertiaire :
 - Commerces : une installation minimum de 40 m² est nécessaire
 - Santé/social : une installation minimum de 60 m² est nécessaire
 - Scolaire : une installation minimum de 60 m² est nécessaire

Prise en compte des zones rédhitoires pour l'intégration de panneaux aux toitures

Comme pour le solaire photovoltaïque, la modification structurelle des toitures rentre en conflit avec la préservation du patrimoine, et peut aussi entraîner des problèmes de co-visibilité avec certains monuments historiques aux alentours. Par conséquent les mêmes zones rédhitoires sont prises en compte pour le potentiel de solaire thermique sur toiture :

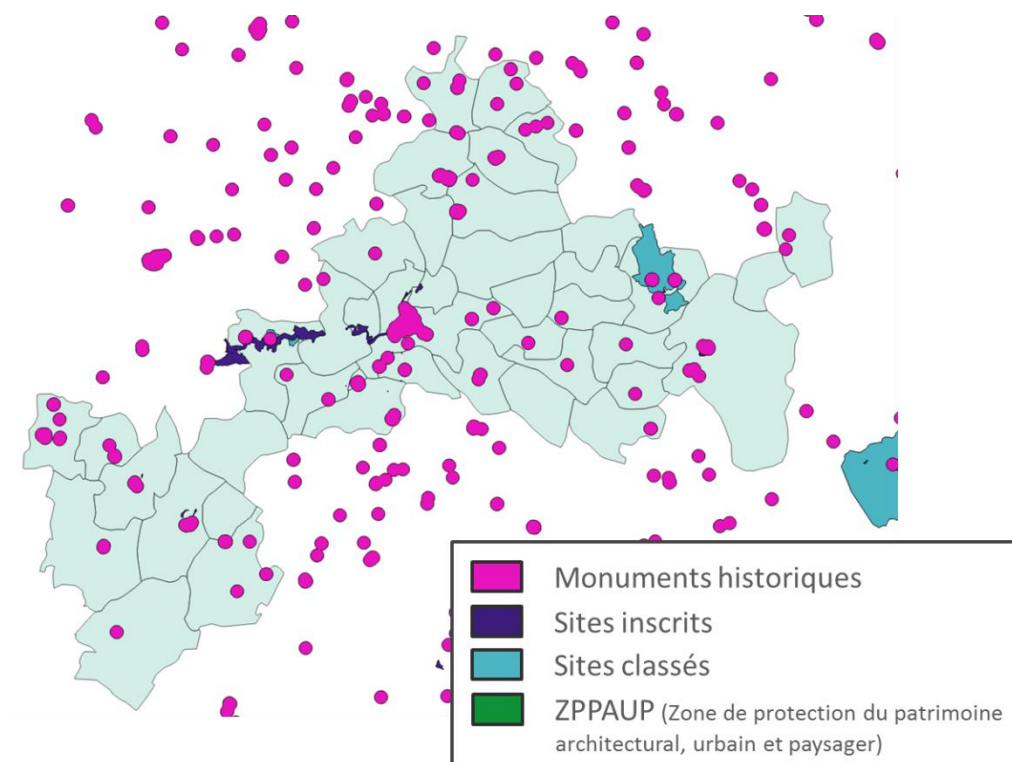


Figure 54 - Zones réhibitoires pour le solaire thermique

3.2.2.3 Résultats

Potentiels Grand Poitiers

	Surface installée (milliers de m ²)	Potentiel de production annuel (GWh)
Bâtiments résidentiels	90	44
Bâtiments tertiaires	57	24
Total	145	68

Potentiels par Communes

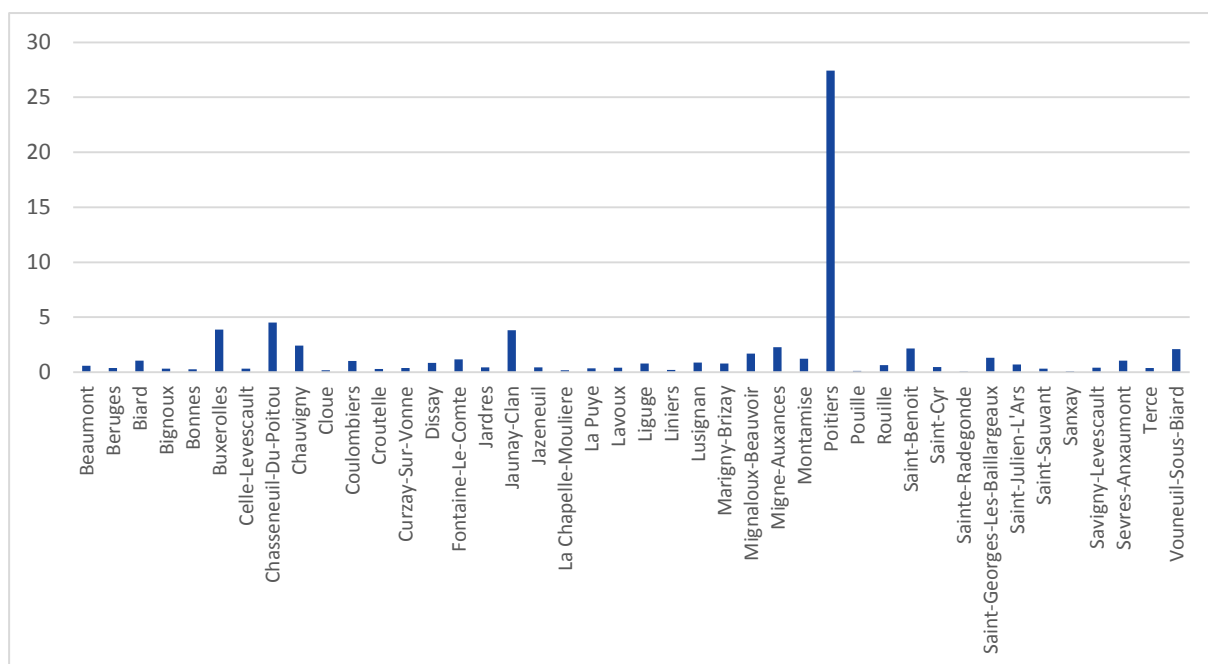


Figure 55 - Potentiel de production des chauffe-eaux solaires par communes (GWh)

Potentiels par zone IRIS

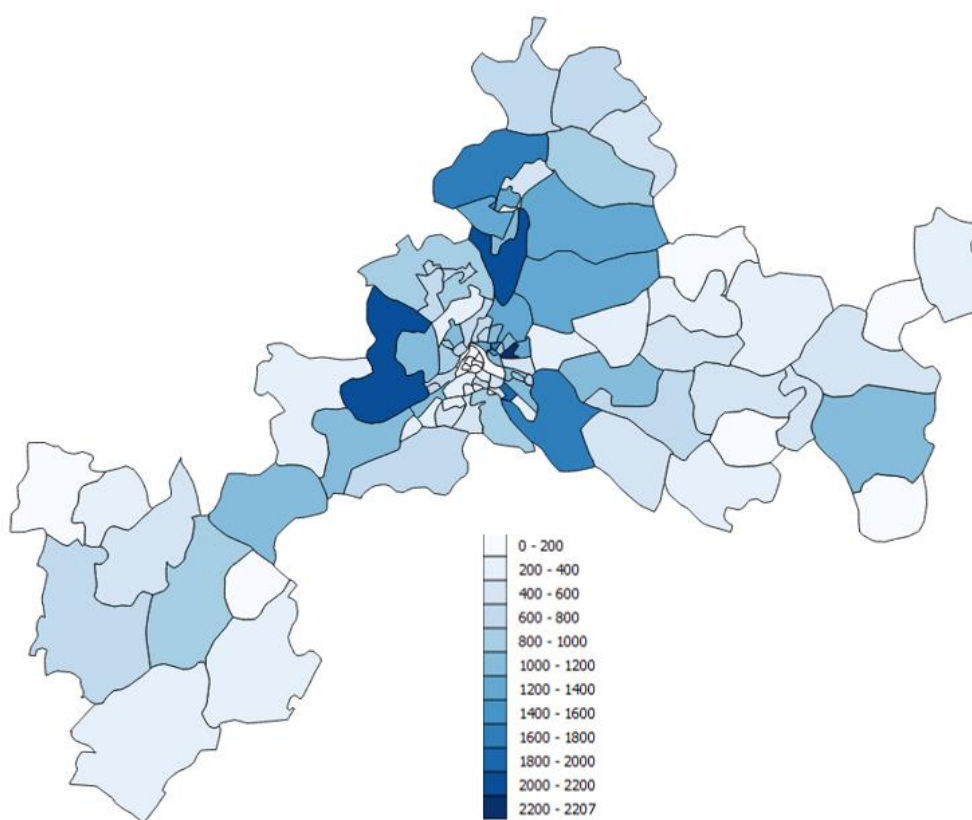


Figure 56 - Potentiel de production des chauffe-eaux solaires par zone IRIS (MWh)

3.2.3 Solaire photovoltaïque au sol

3.2.3.1 Méthodologie de détermination du potentiel

Comme pour l'éolien, la principale difficulté pour déterminer le potentiel sur le territoire réside dans le choix des zones disponibles pour installer les panneaux (ou éoliennes dans le cas de l'éolien). Même si les enjeux sont proches entre l'éolien et le photovoltaïque au sol, il existe des différences notables et structurantes qui obligent à avoir deux méthodologies distinctes de détermination des zones potentielles d'installation.

Les contraintes de sensibilité du territoire sont légèrement différentes entre les deux systèmes, mais c'est surtout l'emprise au sol qui est le plus impactant : si des éoliennes peuvent facilement être intégrées dans des zones agricoles au vu de la très faible emprise au sol, ce n'est pas le cas du photovoltaïque (PV). Pour le PV au sol, la concurrence d'occupation des sols est un critère déterminant, et le choix des zones potentielles doit se faire en accord avec ce changement d'usage.

Sensibilité territoriale

Comme pour le potentiel éolien, trois niveaux de sensibilité ont été retenus :

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

De la même façon que pour l'éolien, la détermination de ces zones sensibles ne remplace en aucun cas les études d'impact devant être faites dans le cadre de la conception d'un projet, devant prendre en compte l'intégralité des enjeux locaux.

Relief – Identification des pentes

En théorie, il est possible d'installer des panneaux photovoltaïques sur une surface en pente, d'autant plus que les panneaux doivent être inclinés pour capter au mieux l'énergie solaire. Cependant, la complexité de telles installations et leur coût amènent tous les constructeurs à privilégier des terrains relativement plats.

Sur le territoire du Grand Poitiers, les pentes sont au maximum de 10°, sur certaines zones très localisées (proches des cours d'eau). Par conséquent, le relief est considéré comme non restrictif dans la suite de l'étude.

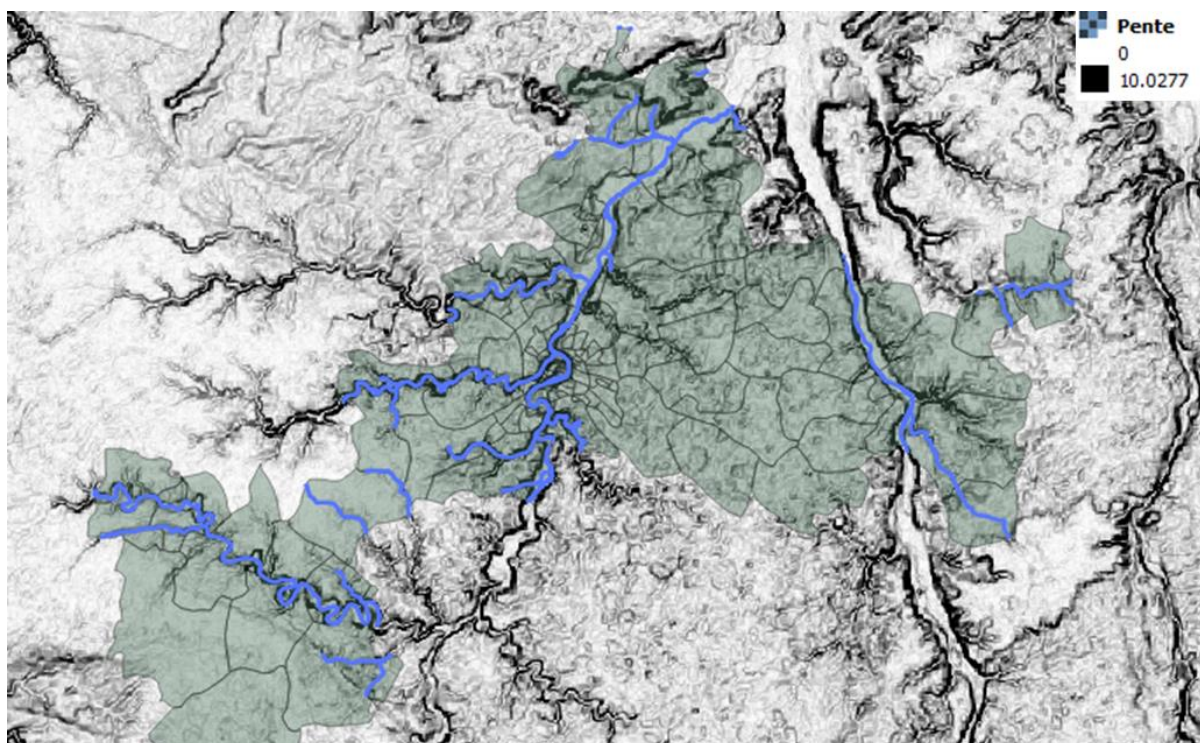


Figure 57 - Cartographie des pentes sur le périmètre du Grand Poitiers

Critères hydrologiques et géologiques – zones inondables

La base nationale des Atlas des Zones Inondables (AZI) fournit un ensemble d'informations sur la crue de référence, à savoir la plus forte crue connue, ou la crue centennale si celle-ci est supérieure. Peuvent ainsi être définis :

- | les zones inondables (aucune dans le cas de Poitiers)
- | la cartographie des différentes hauteurs d'eau de référence atteignables
- | les zones aux aléas faibles, moyens et forts

Dans une démarche conservative, l'ensemble de zones définies ainsi ont été exclues et sont considérées comme des zones réhabilitaires pour l'installation de photovoltaïque au sol.

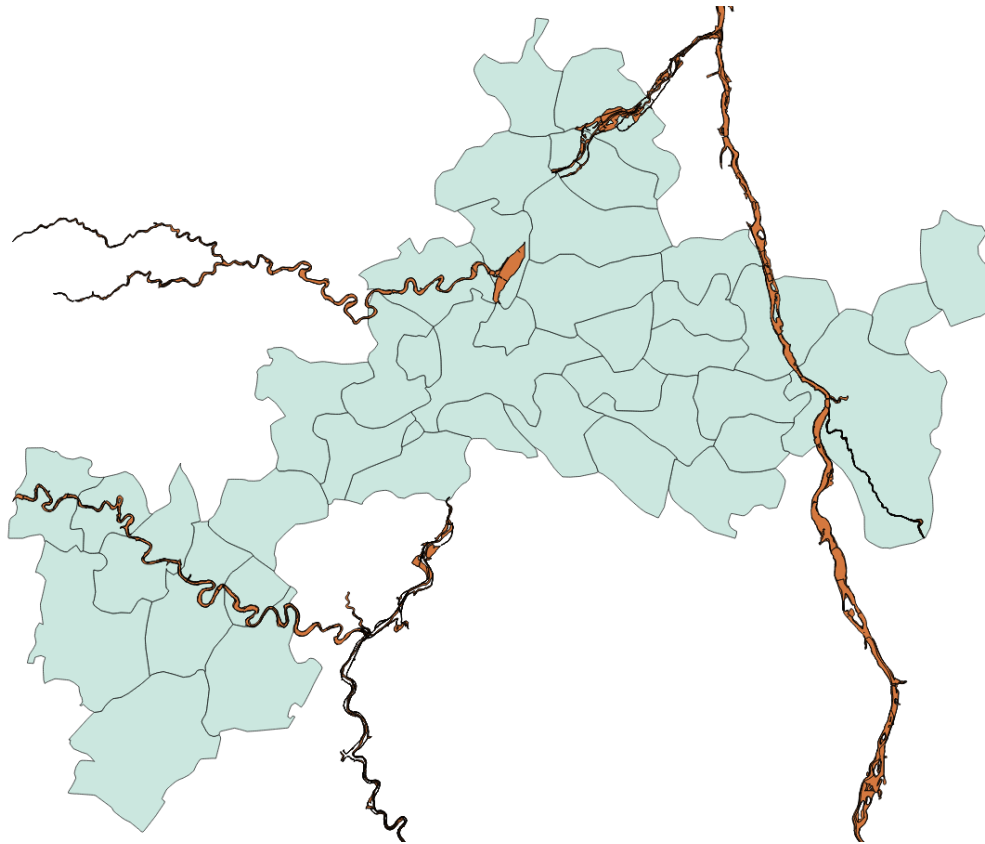


Figure 58 - Synthèse des zones inondables

Milieux naturels

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

Les différentes sensibilités sont identiques à celles de l'éolien (se référer à 3.1.1.4 pour plus d'informations sur ces différentes zones)

Patrimoine architectural et paysager

Les panneaux photovoltaïques au sol, surtout ceux occupant une grande superficie, altèrent profondément l'aspect d'un paysage. Par conséquent, les phénomènes de co-visibilité avec les éléments remarquables du territoire (monuments historiques, sites inscrits et classés...) doivent être pris en compte pour conserver une cohérence sur le territoire.

Les différentes sensibilités sont identiques à celle de l'éolien (se référer à 3.1.1.2 pour plus d'informations sur ces différentes zones).

Il est important de souligner que mêmes si les contraintes sont en théorie identiques entre l'éolien et le photovoltaïque au sol, les phénomènes de co-visibilité sont en général bien moindres dans le cadre d'une centrale photovoltaïque. En effet, les projets de parc éolien avec des hauteurs dépassant

souvent les 100m sont bien plus visibles que des centrales au sol ne dépassant pas les quelques mètres de hauteur.

Occupation des sols

Comme précisé auparavant, les centrales photovoltaïques au sol rentrent en concurrence directe avec les autres milieux dont ils occupent l'espace. Il est donc nécessaire d'avoir une idée précise de l'occupation du sol sur le territoire du Grand Poitiers, et d'identifier les zones où le PV au sol pourrait s'intégrer.

Base CORINE Land Cover

La base CORINE Land est une base de données européenne d'occupation biophysique des sols. Elle s'articule sur 3 niveaux de détail, avec 5 catégories au premier niveau, 15 au niveau 2 et 44 au niveau 3.

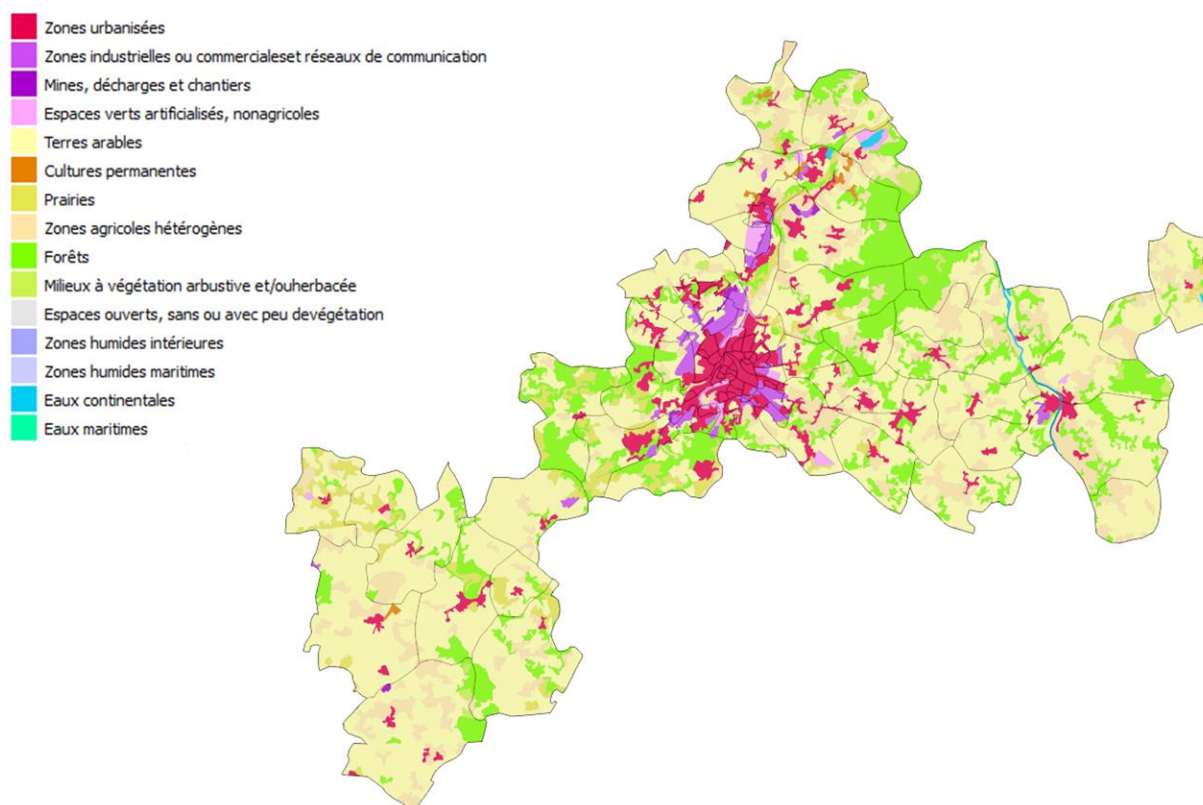


Figure 59 - Base CORINE Land cover (niveau 2) sur le territoire du Grand Poitiers

Le premier niveau de la base CORINE land cover se décompose comme suit :

- | Territoires artificialisés
- | Territoires agricoles
- | Forêts et milieux semi-naturels
- | Zones humides
- | Surfaces en eau

Les trois dernières catégories sont incompatibles avec le développement de solaire photovoltaïque. Pour les territoires agricoles la question de la concurrence de l'usage du sol se pose pleinement. Dans notre étude de potentiel, une **contrainte forte de non utilisation des territoires agricoles** a été retenue. Elle est le fruit de discussions avec les acteurs du Grand Poitiers (énergéticiens, gestionnaires de réseau, politiques...). Ainsi seuls les territoires artificialisés non agricoles constituent des zones possibles pour le solaire photovoltaïque.

La base CORINE Land cover sépare ces territoires artificialisés en sous-catégories (niveaux 2 et 3) :

- | Zones urbanisées
 - Tissu urbain continu
 - Tissu urbain discontinu
- | Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication
 - Zones industrielles ou commerciales et installations publiques
 - Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
 - Zones portuaires
 - Aéroports
- | Mines, décharges et chantiers
 - Extraction de matériaux
 - Décharges
 - Chantiers
- | Espaces verts artificialisés, non agricoles
 - Espaces verts urbains
 - Equipements sportifs et de loisirs

Les zones majoritairement couvertes par des bâtiments sont concernées par l'installation de panneaux photovoltaïques sur toiture mais pas au sol, ce qui inclut les zones urbanisées, les zones industrielles ainsi que les équipements sportifs et de loisirs (La question des parkings est traitée séparément dans la section 0). Les réseaux routiers et ferroviaires sont aussi considérés comme non mobilisables. Les espaces verts urbains sont considérés comme mobilisables, même si leur utilisation conduirait à une réduction importante de la végétation en zone urbaine, en particulier aux abords du Clain en bordure sud et nord de la commune de Poitiers.

Les zones restantes sont ainsi considérées comme mobilisables pour le développement de panneaux photovoltaïques au sol :

- | Aéroports
- | Extraction de matériaux
- | Décharges
- | Chantiers

| Espaces verts urbains

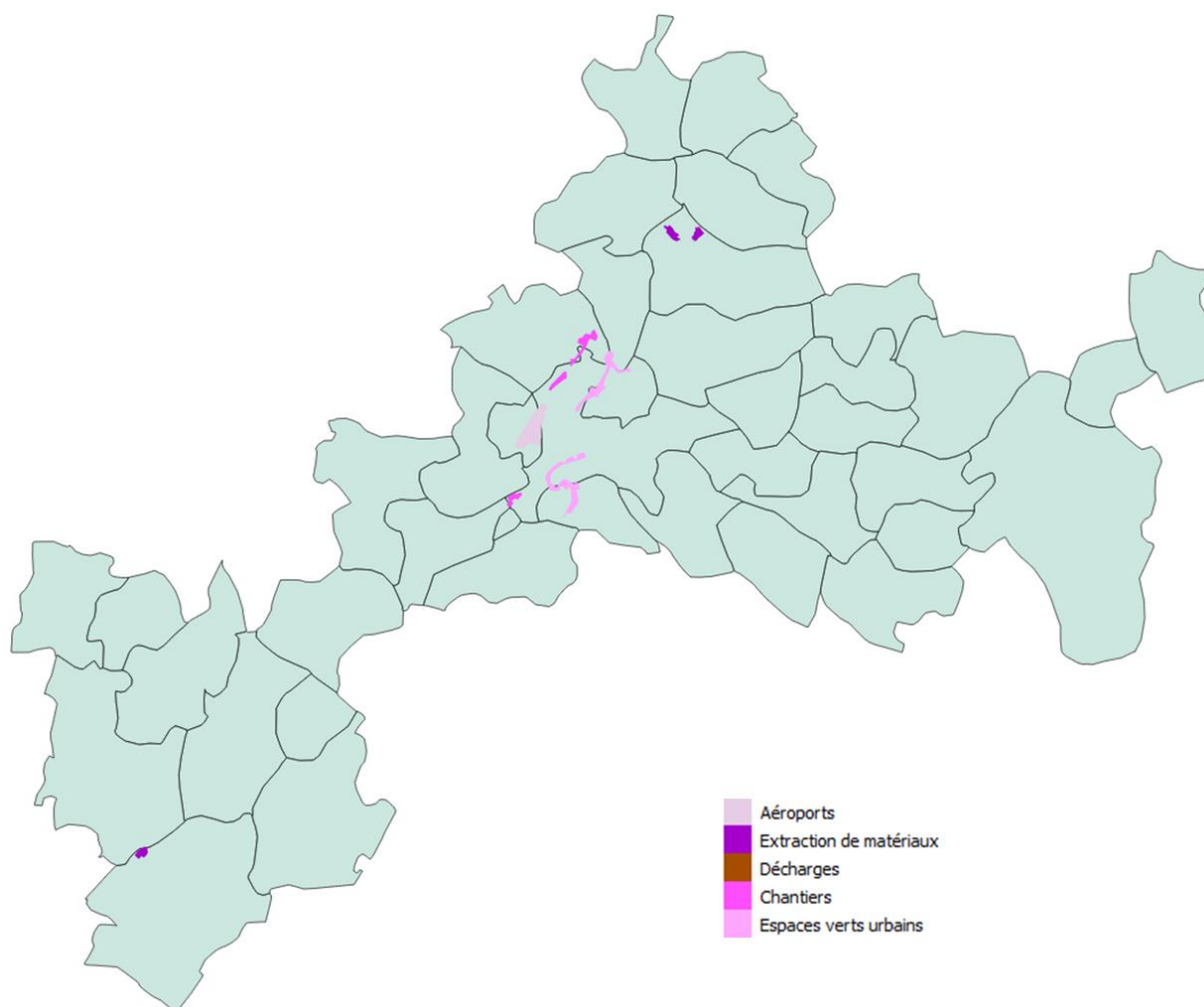


Figure 60 - Occupation des sols : zones favorables pour le photovoltaïque au sol d'après la base CORINE Land cover

Utilisation de la base BD TOPO pour la localisation des parkings

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

Cette réappropriation de l'espace dédié aux voitures pour des usages plus verts est déjà en marche sur le territoire du Grand Poitiers, avec par exemple la construction en 2017 d'ombrières photovoltaïques sur les parkings du parc des expositions de Poitiers, ou encore sur le parking du gymnase Saint-Eloi.

Un recensement des parkings sur le territoire du Grand Poitiers a été réalisé à l'aide de la base de données BD TOPO, afin de mettre en évidence les potentiels de déploiement d'ombrières solaires sur ces différentes zones.

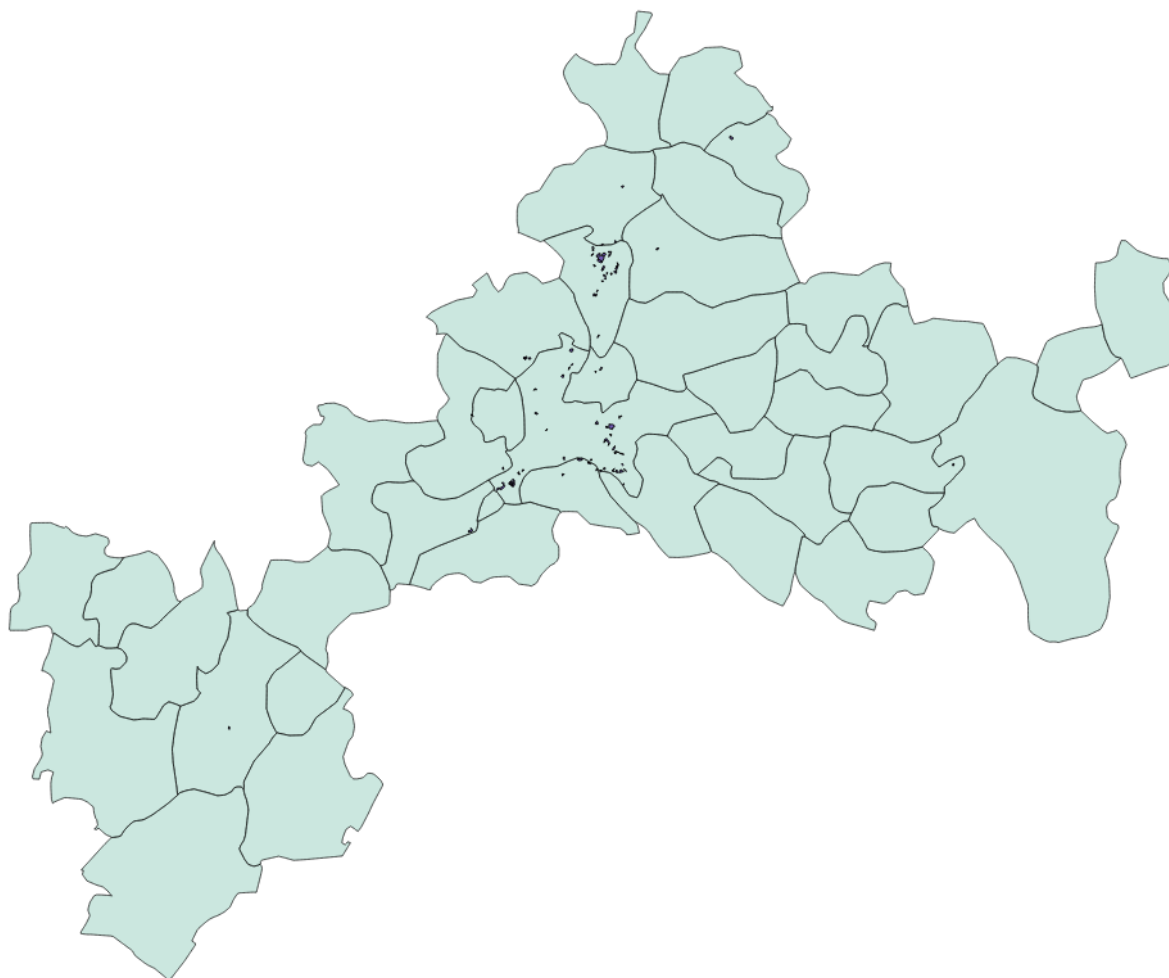


Figure 61 - Parkings de plus d'un demi-hectare sur le territoire du Grand Poitiers

Comme on peut le voir sur la Figure 61, les parkings sont regroupés dans les zones urbaines, en particulier dans les communes de Poitiers et de Chasseneuil-du-Poitou (parkings du parc de Futuroscope).

Croisement de la sensibilité territoriale et de l'occupation des sols

Au vu de l'hypothèse très restrictive prise sur la non utilisation des surfaces agricoles, les zones potentielles pour le photovoltaïque au sol sont réduites. Elles correspondent uniquement à des surfaces artificialisées non agricoles. Par conséquent les zones de sensibilité territoriale listées précédemment sont souvent hors périmètre (quasi absence de milieux naturels).

Les contraintes liées au patrimoine architectural et paysager impactent quelques zones avec des parkings, ainsi que quelques espaces verts urbains au sud de Poitiers, très proches de certains monuments historiques. Les zones inondables du Clain peuvent aussi impacter certaines espaces verts urbains qui lui sont proches. L'ensemble de ces contraintes reste limité, impactant principalement les espaces verts urbains.

Détermination de la puissance installée et du productible

Puissance installée

Un rendement moyen de **0,6 MW par hectare** a été retenu pour la puissance installée sur les surfaces favorables. Ce chiffre provient de discussions avec les acteurs du territoire du Grand Poitiers, et est en accord avec les projets qui se font actuellement dans la région.

Productible

Le même nombre d'heure de fonctionnement à équivalent pleine puissance que le photovoltaïque sur toiture a été retenu pour le photovoltaïque au sol. Le chiffre retenu est de **1050h**.

3.2.3.2 Résultats

Potentiels Grand Poitiers

	Surface installée (ha)	Puissance installée (MWc)	Potentiel de production (GWh)
Parkings	96	58	60
Aéroports	183	110	115
Extraction de matériaux	85	51	54
Décharges	0	0	0
Chantiers	120	72	76
Espaces verts urbains	286	172	180
Total	770	462	485
Total (hors réhabilitaire, très sensible et sensible)	720	430	451

3.3 Hydroélectricité

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

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

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

3.3.1 Détermination des localisations potentielles de centrales

3.3.1.1 Identification des cours d'eau

Le territoire du Grand Poitiers est traversé par de nombreux cours d'eau, qui constituent tous des affluents de la Loire. Le principal est **la Vienne** qui traverse les communes de Chauvigny, Bonnes et la Chapelle-Moulière. **Le Clain** est le deuxième cours d'eau en termes de débit moyen, traversant sur un axe Nord-Sud la communauté urbaine, en particulier la commune de Poitiers. 4 affluents du Clain avec des débits plus faibles maillent aussi la partie ouest du territoire : **la Vonne, l'Auxance, la Boivre et la Palu**.

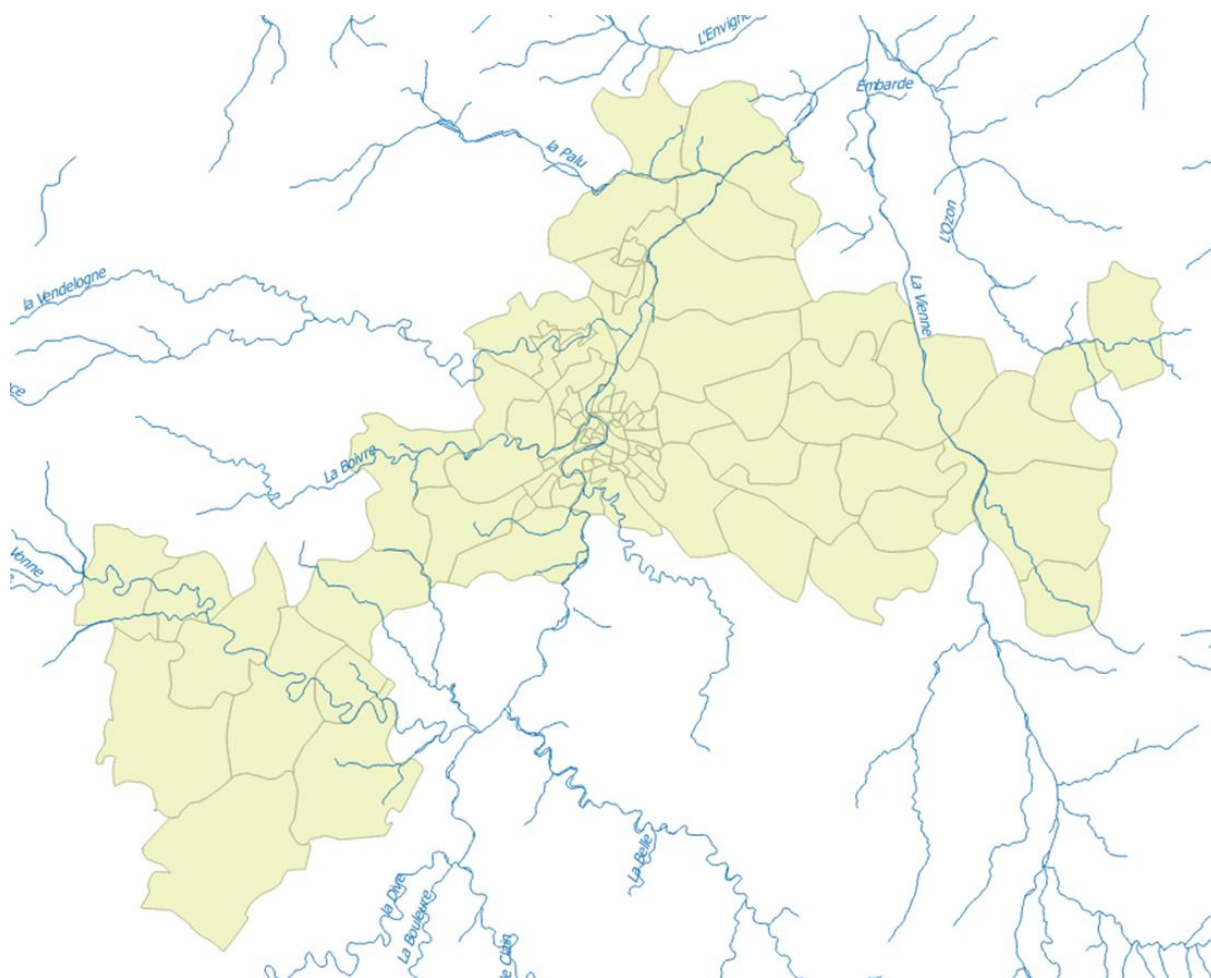


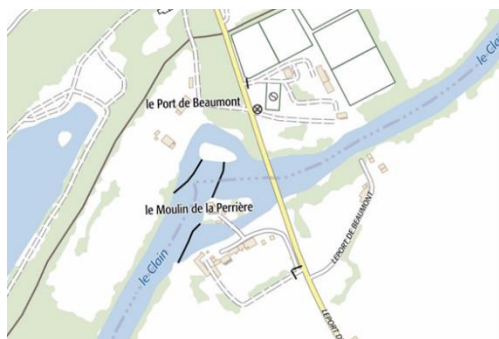
Figure 62 - Les cours d'eau traversant le Grand Poitiers

3.3.1.2 Localisation des sites

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

Au vu de la complexité d'obtenir une autorisation pour créer une centrale, cette étude des potentiels s'est concentrée sur la recherche de lieux bénéficiant d'un droit fondé en titre. La détermination de

ces lieux s'est faite grâce à l'exploitation des cartes de Cassini, datant du XVIIIème siècle, et constituant encore un des outils de référence pour déterminer ces droits.

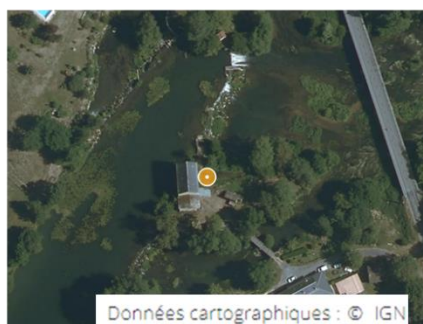


Données cartographiques : © EHESS, CNRS, BNF, IGN

1. Repérage des seuils sur les cartes de l'IGN



2. Validation du droit fondé en titre sur les cartes de Cassini



Données cartographiques : © IGN

3. Analyse de l'état des seuils, arrivée et échappée de l'ouvrage

Figure 63 - Exemple des étapes de repérage d'un ouvrage: Moulin de la Perrière

Avec cette méthode, 37 ouvrages avec un droit fondé en titre ont été recensés sur le périmètre du Grand Poitiers :

- | 4 sur la Vienne
- | 13 recensés sur le Clain
- | 13 recensés sur la Vonne
- | 3 sur l'Auxance
- | 3 sur la Palu
- | 1 sur la Boivre

3.3.2 Détermination des potentiels

Un des points importants de la détermination d'un potentiel hydraulique est l'évaluation du débit de la rivière. Pour cela, les données des différentes stations de mesure présentes sur le périmètre de Grand Poitiers ont été analysées, afin d'obtenir, pour chaque rivière, une estimation du débit. Grâce aux historiques, un **débit modulaire** est calculé, qui correspond à une moyenne du débit sur une longue période (plusieurs années), permettant de s'affranchir des écarts saisonniers mais aussi des années avec de plus forts débits (fortes pluies ...).

Le **débit d'équipement** de la centrale est ensuite pris à 60% du débit modulaire (ADEME, 1999), ce qui correspond à la fraction du débit qui sera utilisé par la turbine pour générer de l'électricité. Il est ensuite possible de déterminer la puissance P de la centrale selon la formule suivante :

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

Avec :

- | P la puissance en W
- | Q_e le débit en m³/s
- | H la hauteur de chute en m
- | g l'accélération de pesanteur 9,81 m/s²
- | η le rendement global de l'installation, pris à 70% (ADEME, 1999)
- | ρ la masse volumique de l'eau 1000 kg/m³

Le productible espéré est ensuite évalué en considérant un nombre d'heures équivalent de fonctionnement à pleine puissance. Ce nombre d'heure représente le fait que la centrale ne fonctionne pas toujours à pleine puissance, à cause de la variation du débit d'eau au cours du temps. Un nombre de **3500h équivalent pleine puissance** a été retenu, en accord avec une étude sur l'évaluation du potentiel hydroélectrique du bassin Loire Bretagne (SOMIVAL, 2007).

3.3.3 Etudes de faisabilité existantes

Quatre études de faisabilité de rénovation d'ancien moulin pour les convertir en centrale hydroélectrique ont été réalisées. Toutes portent sur des sites sur le Clain :

- | Moulin de Chasseigne (Etude de SCIC PCER, juin 2014)
- | Moulin des Cours et Scierie de Tison (Etude de SCIC PCER, juin 2014)
- | Ancienne usine hydro électrique de Lessart (Etude de SCIC PCER, juin 2014)
- | Moulin d Aguitard Chasseneuil (Etude de Beteru, avril 2016)

En prenant en compte les contraintes locales de ces sites (turbines déjà en place, réévaluation des hauteurs de chute...), ces études sont plus précises que l'approche globale qui a été utilisée dans notre évaluation des potentiels. Par conséquent, les résultats de ces études ont été privilégiés par rapport à ceux obtenus par notre approche.

3.3.4 Résultats

Le potentiel total est évalué à **6 GWh de production par an**. Cela correspond à environ **un millième de la consommation totale d'énergie** du Grand Poitiers, mais aussi à la **production annuelle d'une éolienne de 3 MW**.

Le potentiel hydraulique est par conséquent très faible en regard de la consommation du territoire. Les sites sur la Vienne ainsi que certains sites sur le Clain pourraient cependant être mobilisés et

apporter une contribution, certes modeste, à la production d'électricité renouvelable du Grand Poitiers.

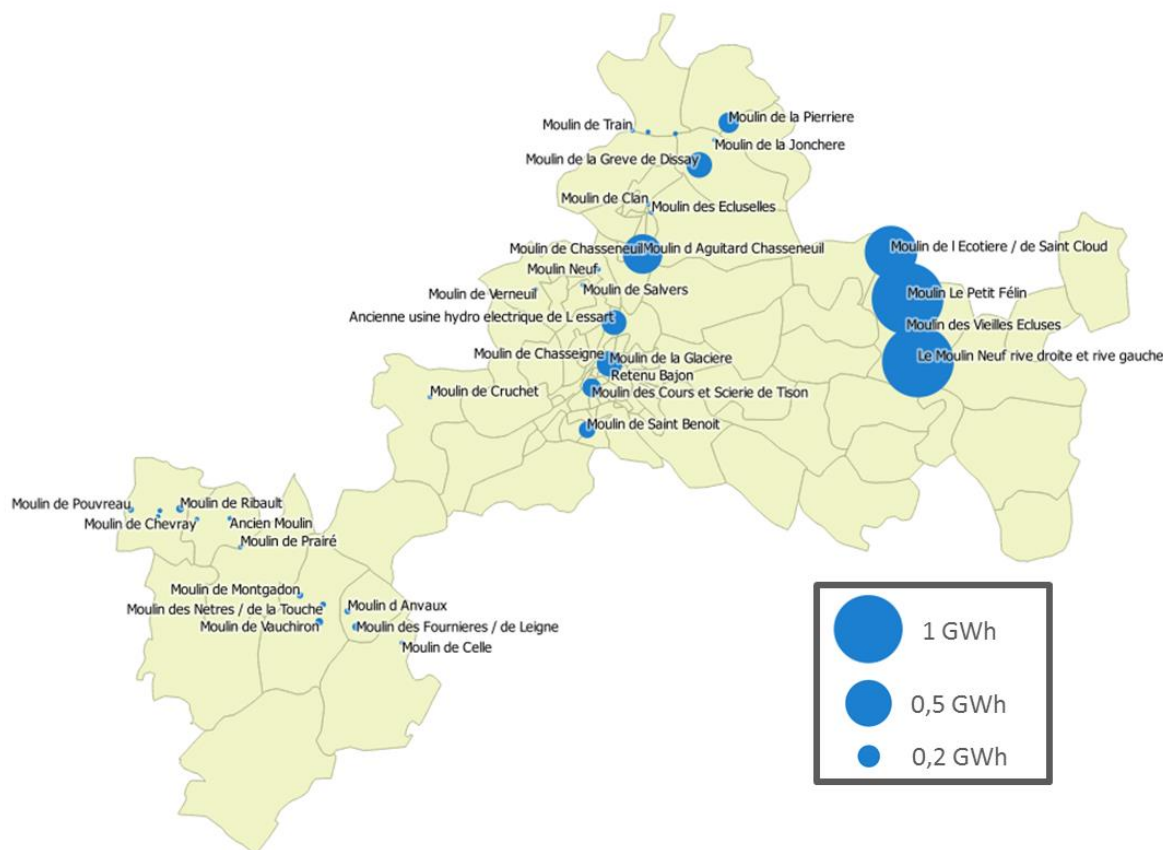


Figure 64 - Potentiel de production hydraulique (en GWh)

3.4 Evolution des coûts

Les coûts des moyens de production renouvelables (en particulier éolien et solaire) ont fortement baissé ces dernières années, et les projections font état de baisses encore importante dans les années à venir. Le tableau et le graphique ci-dessous indique l'évolution des coûts (CAPEX et OPEX) estimés par le Joint Research Center de la Commission Européenne⁴, de 2015 à 2050 :

Technologie	CAPEX/OPEX (€/kW)	2015	2020	2030	2040	2050
Eolien	CAPEX	1350	1290	1210	1170	1130

⁴ Etude "Cost development of low carbon energy technologies - Scenario-based cost trajectories to 2050" de Tsiropoulos I, Tarvydas, D, Zucker (2017)

	OPEX	40,5	38,7	36,3	35,1	33,9
PV toiture - résidentiel	CAPEX	1360	1050	800	600	490
	OPEX	27,2	21	16	12	9,8
PV toiture - commercial	CAPEX	1140	880	670	510	410
	OPEX	28,5	22	16,75	12,75	10,25
PV au sol	CAPEX	1020	790	600	450	370
	OPEX	17,34	13,43	10,2	7,65	6,29

Tableau 23 - Evolution des CAPEX et OPEX de plusieurs technologies EnR

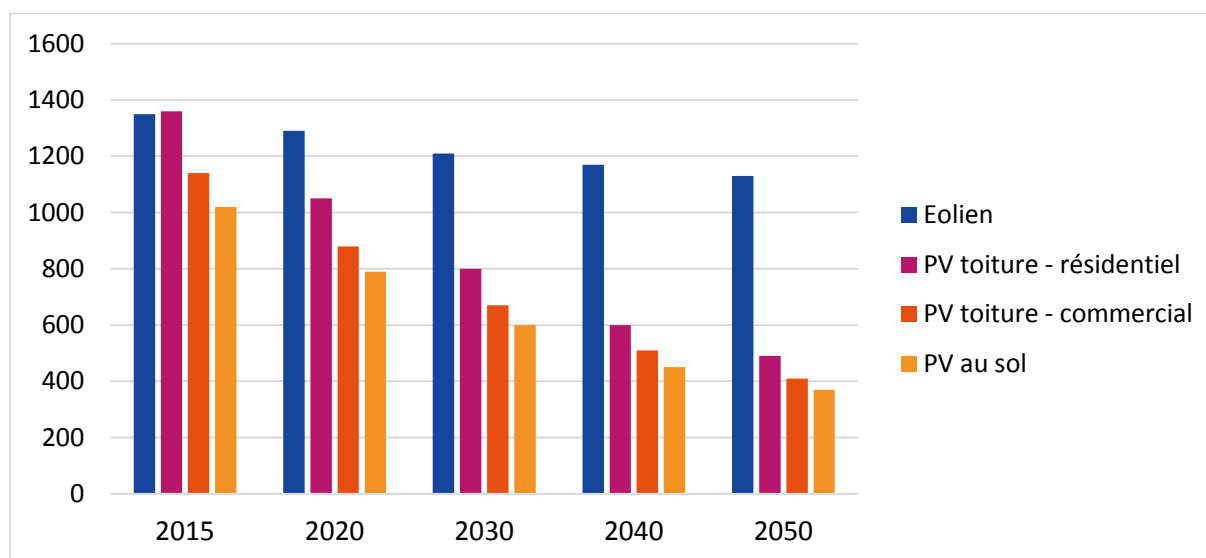


Figure 65 - Evolution des CAPEX et OPEX de plusieurs technologies EnR

En prenant en compte le taux de charge de chaque technologie (c'est-à-dire l'énergie produite par puissance installée), on peut calculer le coût actualisé complet ou « Levelized Cost of Technology » (LCEO) de chaque technologie. On obtient le graphique suivant :

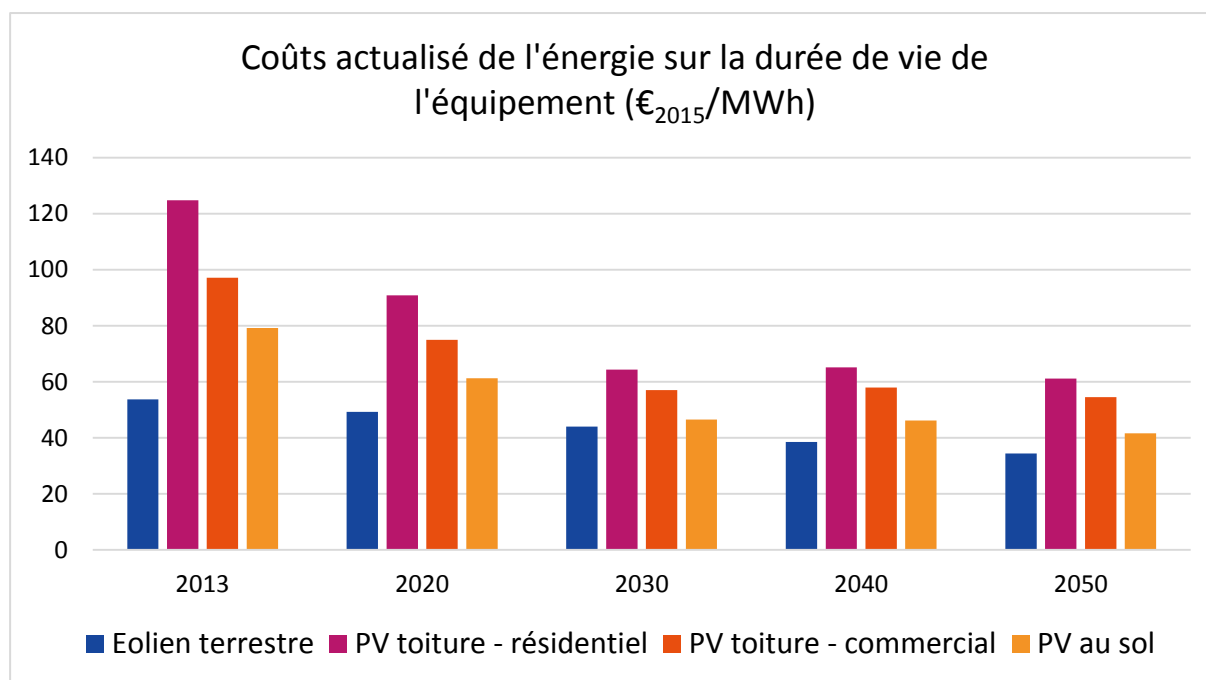


Figure 66 - Evolution du LCOE de plusieurs technologies EnR

On s'aperçoit dès lors que dans le territoire de Grand Poitiers, le coût actualisé de l'éolien est plus faible que le solaire ; en effet, les vents sont assez soutenus tandis que l'ensoleillement n'est pas optimal. Cependant, le développement de projets de solaire photovoltaïque au sol ou en toiture sera certainement plus aisé que des projets éoliens, dans la mesure où l'insertion de projets PV au paysage est plus aisée que pour l'éolien.

3.5 Conclusion

EnR	Production actuelle (en GWh/an)	Potentiel de production à l'horizon 2030 (en GWh/an)
Eolien (en incluant les territoires paysagers emblématiques)	15	3 550
Eolien (en excluant les territoires paysagers emblématiques)		2 500
Solaire photovoltaïque au sol	0	450
Solaire photovoltaïque en toiture	11	1 055
Solaire thermique	3,2	68
Hydroélectricité	0	6

4 Impacts sur les réseaux d'énergie

4.1 Le réseau électrique

Les réseaux d'énergie, et en particulier les réseaux de distribution (voir XX pour une description de ce que sont les réseaux de distribution) subissent des évolutions profondes depuis plusieurs années, majoritairement causées par deux tendances qui progressent en parallèle :

- Développement de la production renouvelable décentralisée : ces moyens de production sont localisés en des endroits où le réseau est aujourd'hui potentiellement peu développé et pas assez dimensionné pour absorber d'importants flux de puissance ;
- Développement des bornes de recharges de véhicules propres : que ce soit pour des véhicules électriques ou des véhicules roulant au GNV, les bornes de recharges sont raccordées à un réseau qui doit être en mesure de répondre à des besoins en puissance parfois très élevés (par exemple : borne de recharge rapide pour véhicule électrique).

Les échanges qui ont eu lieu avec les gestionnaires de réseau de distribution de Grand Poitiers (Enedis et SRD pour l'électricité, GrDF et Sorégies pour le gaz) ont mis en avant le fait que le raccordement des énergies renouvelables allait être le défi le plus compliqué à relever, tandis que les bornes de recharge ne devraient pas constituer un enjeu majeur dans les années à venir. Le présent paragraphe va par conséquent se concentrer sur la question du raccordement des EnR, et en particulier des EnR électriques (éolien et photovoltaïque).

La principale problématique liée au raccordement des EnR tient en l'évolution du sens du flux de puissance. Historiquement, l'énergie électrique est produite dans de grandes centrales, - nucléaire, hydraulique, thermique -, raccordées au réseau haute tension (réseau de transport). L'énergie transite ensuite du réseau de transport au réseau de distribution avant d'être fournie à une tension plus faible au consommateur final. La production EnR raccordée directement au réseau de distribution inverse ce flux, puisque de l'énergie produite sur le réseau de distribution peut « remonter » sur le réseau de transport. Cet inversement du sens des flux, ainsi que l'apparition de puissances importantes localisées dans un périmètre restreint (ex : un champ éolien) constituent les principaux défis auxquels les gestionnaires de réseau sont confrontés. Afin d'y répondre, la solution la plus utilisée consiste en un renforcement du réseau électrique, que ce soient les lignes/câbles ou bien directement au niveau du transformateur. Mais ces renforcements peuvent avoir un coût élevé, qui doivent être portés par les développeurs de projets EnR.

Afin de répartir au mieux les coûts de renforcement entre les différents développeurs de projets EnR au niveau de la région, un document de planification existe : il s'agit du Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3RENR). Ce document, élaboré par RTE en collaboration avec les entreprises de distribution d'électricité, vise à détailler les travaux de développement nécessaires à l'atteinte des SRCAE, en distinguant la création de nouveaux ouvrages et le renforcement des ouvrages existants. Le S3RENR fixe aussi une capacité d'accueil globale des énergies renouvelables pour chaque région (qui peut donc aller au-delà des objectifs du SRCAE), en détaillant la capacité réservée par poste. Cet exercice permet enfin de prévoir le coût prévisionnel des ouvrages à créer, anticipant ainsi sur la quote-part que devront payer les développeurs de projets EnR lorsqu'ils voudront raccorder leur production au réseau. Le S3RENR a une durée de 5 ans.

Le S3ENR de l'ancienne région Poitou-Charentes a été adopté par le préfet en mai 2015. Comme indiqué précédemment, il détaille les capacités d'accueil des EnR poste par poste, à l'horizon 2020. La capacité totale d'accueil pour l'ensemble de l'ancienne région, calculé dans le S3RENR, était de 3 364 MW, chiffre qui va au-delà des objectifs du SRCAE (pour rappel, le SRCAE visait un objectif de 3 292 MW à l'horizon 2020, voir **XX**). En 2015, à la publication du document, 1 430 MW étaient déjà en file d'attente pour être raccordés. La carte ci-dessous détaille les capacités restantes pour les postes situés sur ou à proximité de Grand Poitiers, au titre du S3RENR (les données sont issues du site caparéseau.fr maintenu par RTE). Pour certains postes, le chiffre est inconnu (ces postes ne sont pas non plus détaillés dans le document S3RENR) ; ils sont alors marqués d'un « ? » :

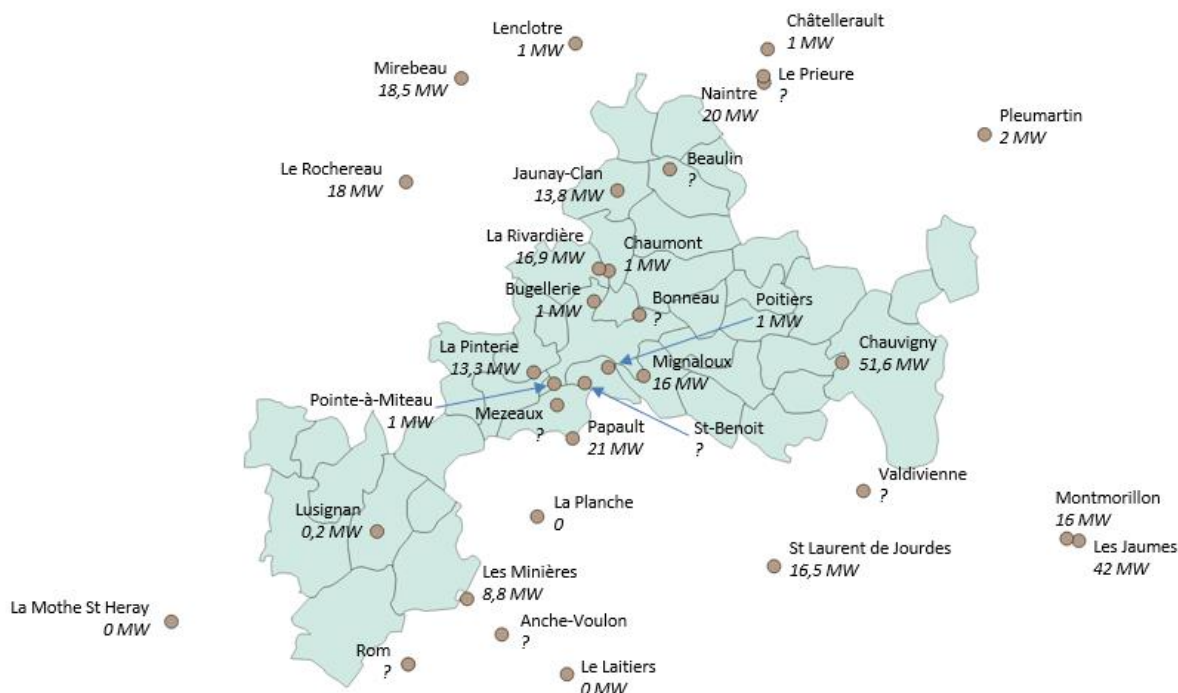


Figure 67 – Localisation des postes sources RTE (HTB/HTA) et capacité réservée pour le raccordement des EnR dans le cadre du S3RENR

 5 km
 10 km

106/110

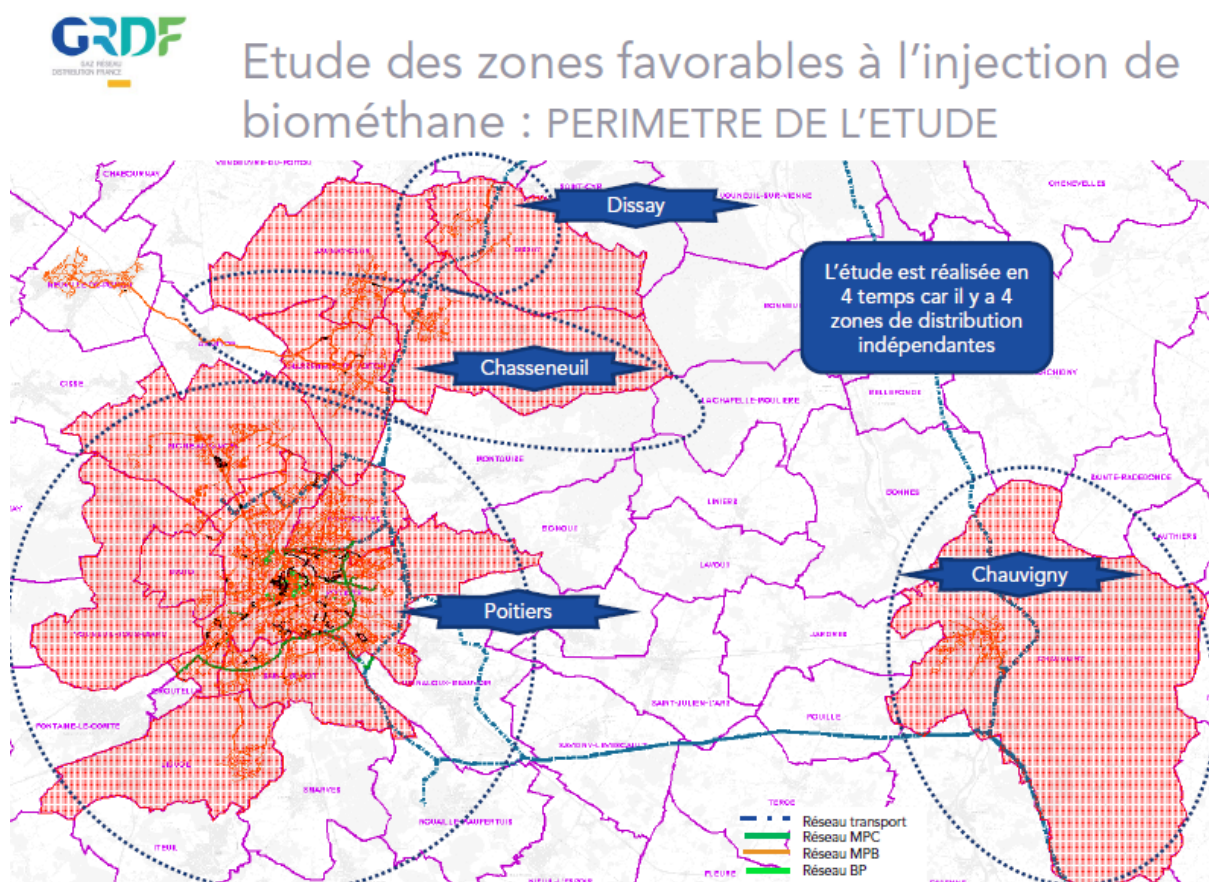
4.2 Le réseau de gaz

Pour les besoins du Schéma Directeur des Energies, l'entreprise de distribution GrDF a effectué une étude du potentiel d'injection de biométhane sur le réseau de gaz.

Sur le territoire de Grand Poitiers, le réseau de GrDF est décomposé en 4 zones :

- Poitiers
- Chasseneuil
- Dissay
- Chauvigny

Sachant qu'un maillage est prévu dans les zones de consommation de Poitiers et Chasseneuil-Neuville, l'étude a été réalisée dans l'hypothèse d'un regroupement de ces deux zones dans la même zone d'injection potentielle. En outre, la zone de consommation de Poitiers possédant deux niveaux de pression (MPC à 20 bars et MBP à 4 bars), elle a fait l'objet de deux analyses indépendantes.



En outre, une partie de la capacité du réseau (753 Nm³/h) a déjà été réservée pour des projets d'injection de biométhane. La capacité totale d'accueil du réseau doit donc prendre en compte ces capacités réservées et les déduire du potentiel total afin d'obtenir le potentiel restant.

Les résultats des calculs menés par GrDF sont les suivants :

Zone	Capacité d'injection (Nm ³ /h)	Remarques
Poitiers MPB + Chasseneuil	450	En tenant compte du maillage entre Poitiers et Chasseneuil, et en intégrant les réservations de capacité (750 Nm ³ /h) dans le calcul
Chauvigny	40	Pour augmenter ce résultat de capacité d'accueil, un maillage de 18 km serait nécessaire pour atteindre la zone de consommation de Poitiers
Dissay	0	Réseau exploité en 2 bar, un projet biométhane dans cette zone devra se raccorder au réseau de Chasseneuil
Poitiers MPC + Chasseneuil	800	En tenant compte du maillage entre Poitiers et Chasseneuil, et en intégrant les réservations de capacité dans le calcul

Tableau 24 – Capacité d'injection de biométhane sur le réseau de GRDF

Dès lors on s'aperçoit que le réseau de gaz géré par GrDF peut accueillir une quantité importante de biométhane. Le facteur limitant serait plutôt la ressource pour générer le biométhane (intrants agricoles, déchets...)

5 Conclusion

Le territoire de Grand Poitiers possède des potentiels importants d'énergies renouvelables, en particulier pour :

- L'éolien : de 2 900 à 3 500 GWh selon qu'on exclut ou non les territoires emblématiques sur le plan paysager. Ce potentiel est dû notamment au caractère rural de certaines communes de Grand Poitiers ;
- La géothermie très basse énergie : il s'agit d'une technologie qui peut être déployée a priori sur tout le territoire, donc qui possède un potentiel très important. En revanche, il faut bien considérer qu'il s'agit d'un potentiel technique théorique, et que les considérations pratiques viendront nécessairement le diminuer (ex : possibilité de creuser des sondes dans les rues de Poitiers) ;
- Le photovoltaïque en toiture et au sol : 1 055 et 450 GWh respectivement. En particulier, les projets de photovoltaïque au sol pourront voir le jour dans les zones en déprise (anciennes zones industrielles, anciennes carrières, décharges...).

En revanche, le bois énergie et l'hydroélectricité représentent un potentiel limité :

- Le bois-énergie : cela s'explique par la consommation déjà importante de cette ressource sur le territoire, qui ne peut donc pas être développée beaucoup plus (sauf à importer encore plus, mais ce qui ne semble pas « tenable » sur le long-terme vis-à-vis des autres territoires) ;
- L'hydroélectricité : il n'y a pas véritablement de hauteur de chute sur les cours d'eau du territoire, et les courants sont relativement peu puissants. En outre, le nombre de sites qui pourraient être équipés est limité.

En conclusion, le graphe ci-dessous indique la production ENR actuelle sur le territoire de Grand Poitiers, et les potentiels identifiés :

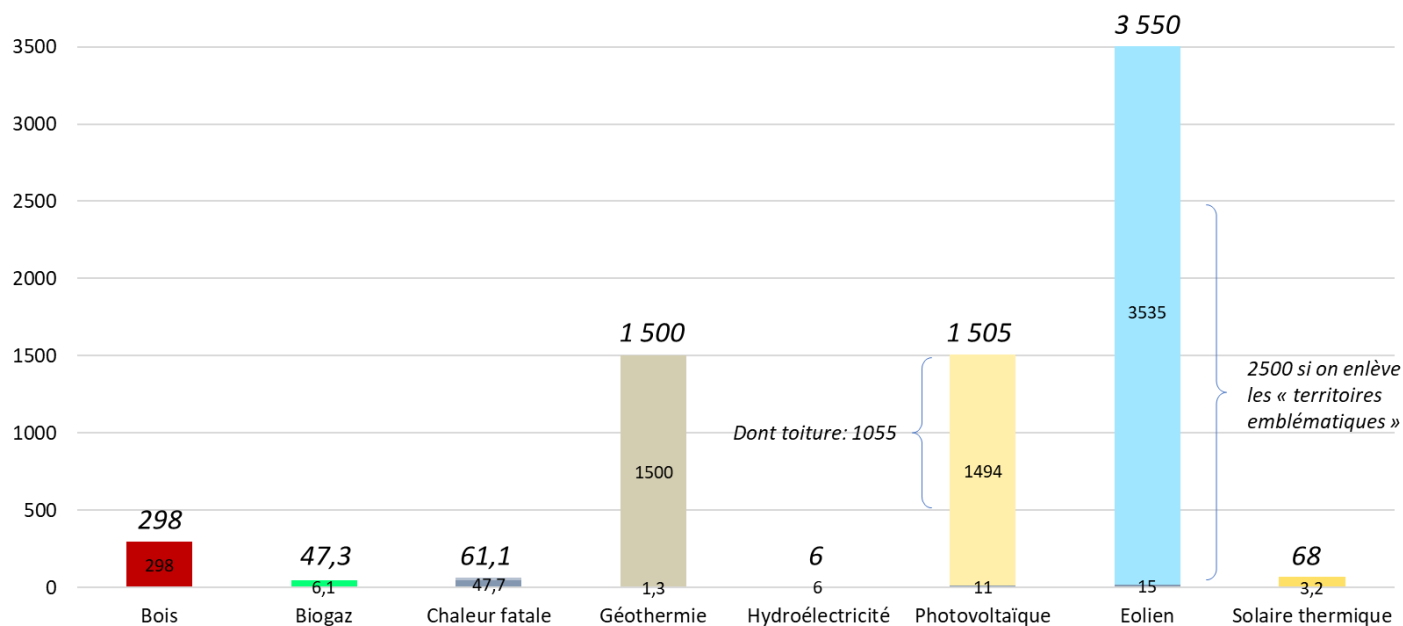


Figure 69 – Potentiel d'énergies renouvelables sur le territoire de Grand Poitiers, et production actuelle