

Le Schéma Départemental des Énergies Renouvelables (SDENR)

LES RESSOURCES DU TERRITOIRE
GISEMENTS ET PERSPECTIVES EN GIRONDE

Mars 2010



Direction Générale Adjointe chargée du Développement
Direction de l'Aménagement du Territoire
Mission Energies Renouvelables

Aujourd'hui, nous le savons, face à la raréfaction des ressources fossiles, face aux dangers pour la planète que constitue leur seule utilisation, nous devons recourir le plus possible aux énergies renouvelables. Elles font partie des réponses au problème très aigu du réchauffement climatique et à la nécessité de donner du sens à la notion de développement durable. A cet égard, j'entends que le Conseil Général de la Gironde soit un département exemplaire. Pour définir notre politique d'essor des énergies renouvelables, nous avons d'abord étudié les filières prioritaires à soutenir et leur organisation.

Notre département dispose d'atouts considérables. Les filières bois-énergie pour le chauffage et le photovoltaïque pour la production d'électricité offrent des potentiels de développement très importants. A cela s'ajoutent sur notre vaste territoire, la géothermie, le solaire et la méthanisation, sans oublier l'hydraulique et l'éolien. Très vite, nous pouvons atteindre un objectif de 15 % de la consommation énergétique de la Gironde fournie par les énergies renouvelables. Le Schéma Départemental, mieux qu'un outil de travail, doit nous permettre de poser les bases d'ambitions fortes, d'accompagner les territoires et les porteurs de projets, en nous plaçant en première ligne des débats qu'ils soient règlementaires, institutionnels ou plus largement sociaux, économiques ou environnementaux.

Nous avons déjà accompli de grandes choses en matière de politique de développement durable, lancée en 1998. Notre Agenda 21, à maturité, vit à l'heure de son deuxième programme d'actions. Puisse ce schéma donner une nouvelle impulsion à cette dynamique !

Le Président du Conseil Général

SOMMAIRE

1 > LA SITUATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN GIRONDE

1.1 / Rappel des objectifs européens, nationaux et régionaux page 7

1.2 / Etat des lieux page 7

2 > LES GISEMENTS DU TERRITOIRE PAR FILIÈRE

2.1 / Approche méthodologique page 9



2.2 / **Les filières solaires thermique et photovoltaïque** page 13

Le solaire thermique p 13
Le photovoltaïque p 13
L'ensoleillement en Gironde p 15
Les gisements du solaire thermique p 17
Les gisements du photovoltaïque p 19



2.3 / **La filière bois énergie** page 23

Le bois énergie p 23
Les ressources forestières en Gironde p 25
Les gisements du bois énergie p 27



2.4 / **La Géothermie** page 31

La géothermie très basse énergie p 31
La géothermie basse énergie p 33
La géothermie haute énergie p 33
L'estimation du gisement net de géothermie p 33



2.5 / **L'hydroélectricité** page 37

Les ouvrages existants non équipés p 37
Les anciens moulins du XVIIIe siècle p 37



2.6 / **L'éolien** page 41

L'exposition au vent du territoire girondin p 41
L'estimation du potentiel éolien terrestre p 43



2.7 / **Le biogaz – méthanisation** page 45

Les gisements pour la méthanisation p 45



2.8 / **Les technologies innovantes** page 47

La récupération de chaleur sur les réseaux d'eaux usées p 47
L'énergie de la mer p 47
Les éoliennes urbaines p 49

3 > LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS DES ÉTUDES DE GISEMENTS

3.1 / Le bilan par filière page 51

3.2 / La Gironde à l'horizon 2020 page 53

4 > CONCLUSION

ANNEXES - GLOSSAIRE

Biodiversité
et protection
des espaces

Transports
alternatifs
à la route

Risque, Santé
et déchets

Amélioration
de la performance
énergétique
des bâtiments

Énergie et climat

- Réalisation de schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie incluant le schéma de raccordement au réseau des énergies renouvelables, et adoption d'un plan climat territorial (PCET), pour 2012, obligatoire, pour les communes de plus de 50 000 habitants.
- Obligation pour les bâtiments publics neufs de répondre aux exigences du label basse consommation à la fin 2010 et à celles de bâtiments à énergie positive à 2020. Pour les bâtiments existants, l'obligation vise à mener des travaux d'amélioration énergétique à partir de 2012 dans le but d'atteindre une réduction de 40% de la consommation d'énergie, et de 50% des émissions de gaz à effet de serre à l'échéance de 2020.
- Extension de la possibilité pour les départements et les régions d'aménager, d'exploiter, de faire aménager et de faire exploiter dans les conditions prévues par le code général des collectivités territoriales, des installations de production d'électricité sur leurs équipements.
- Modification des démarches concernant les éoliennes terrestres par l'assujettissement aux règles des installations classées (ICPE).

Figure 1 - Les énergies renouvelables au travers du projet dit grenelle 2

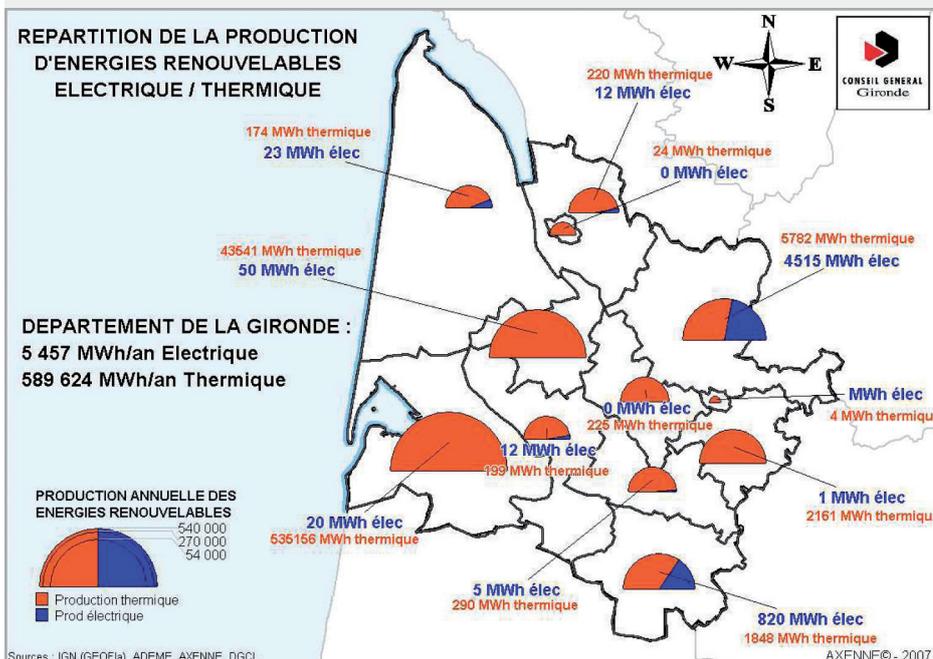
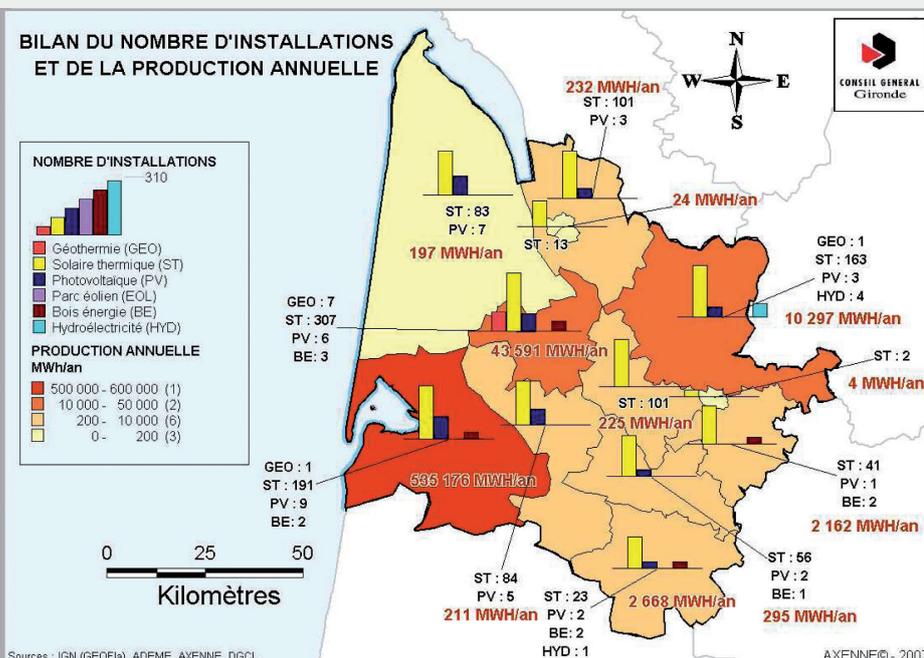


Figure 2 - Répartition de la production thermique et électrique par filière d'énergies renouvelables à 2006.

Figure 3 - Bilan du nombre d'installations recourant aux énergies renouvelables et de la production par pays



1 > LA SITUATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN GIRONDE

1.1 / Rappel des objectifs européens nationaux et régionaux

Adopté sous présidence française, en décembre 2008, le paquet énergie-climat européen a retenu les objectifs des «3 x 20» pour 2020 : 20% de réduction des émissions de gaz à effet de serre, 20% d'énergies renouvelables, 20% d'économies d'énergie. L'objectif de 20 % de part d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie s'inscrit dans le cadre global du bouquet énergétique européen (secteurs de l'électricité, du chauffage, du refroidissement et des transports). Il se décline ensuite de manière différenciée dans chaque pays en fonction des efforts déjà consentis par les Etats et du PIB/habitant.

Le Grenelle de l'environnement

Relayé par la loi n° 2009-967 du 3 août 2009, cet objectif s'est traduit pour la France par un minimum de 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation d'énergie finale d'ici à 2020. Le Grenelle 1 vise également la maîtrise des consommations d'énergies, l'amélioration des performances énergétiques et enfin, la réduction des gaz à effet de serre.

Le Grenelle 2 entend conforter la mise en œuvre des objectifs du Grenelle 1. Il renforce plusieurs axes en matière de développement d'énergies renouvelables dont les réseaux de chaleur et le soutien aux projets des collectivités. Il dessine les nouveaux contours du développement des énergies renouvelables. La figure 1 présente en synthèse les principaux apports envisagés par la loi dit grenelle 2 portant engagement pour l'environnement.

Le Plan Climat Aquitain : une réduction annuelle de 2.880 ktCO₂

En matière d'émission de gaz à effet de serre, la France se fixe comme objectif de les diviser par 4 à l'échéance 2050. Traduits dans la perspective régionale, ces objectifs se retrouvent déclinés dans le Plan Climat Aquitain qui propose, à l'horizon 2013, une réduction annuelle de 2.880 ktCO₂ sur les 32 000 ktCO₂ émis en 2000¹.

Ainsi, retenu comme valeurs de référence, l'ensemble de ces objectifs quantitatifs nationaux et régionaux définit les enjeux de développement pour le territoire en Gironde.

1.2 / État des lieux

En 2006, la production d'énergie thermique renouvelable représente seulement 4,7 % de la consommation du département de la Gironde et 19,6 % lorsque le bois de chauffage (poêles, inserts) est comptabilisé ; la production d'énergie électrique renouvelable représente, quant à elle, environ 0,75 % de la consommation du département.

La Gironde produit en conséquence beaucoup plus de chaleur que d'électricité d'origine renouvelable, avec presque 590 GWh par an² pour la production thermique contre 5,5 GWh par an pour la production électrique. Ce dernier chiffre s'explique par un potentiel faible et un nombre d'installations de production d'électricité réduit pour les ouvrages hydroélectriques et éoliens. De fait, la répartition sur le territoire des énergies renouvelables s'avère disparate selon les zones géographiques concernées, comme le montrent les figures 2 et 3.

Avec une production annuelle de l'ordre de 535 GWh, le territoire du Bassin d'Arcachon et du Val de l'Eyre présente la production la plus importante d'énergies renouvelables des pays de la Gironde. Cette situation s'explique par la présence de la chaufferie bois de Biganos (SMURFIT Cellulose du Pin). Viennent ensuite, le Libournais et l'agglomération de Bordeaux. Le Médoc est le territoire qui produit le moins d'énergies d'origine renouvelable.

Les installations géothermiques connues se situent principalement autour de Bordeaux et les ouvrages hydroélectriques dans le Libournais. Actuellement, le solaire thermique est la seule énergie renouvelable présente sur l'ensemble du territoire.

¹ Cf. Appel à projets régional photovoltaïque connecté au réseau et intégré au bâti - www.europe-en-aquitaine.eu

² Glossaire : Unités de mesure de l'énergie et conversions

Energie thermique d'origine renouvelable

On entend par énergie thermique, la production de chaleur et de froid. Cependant les données concernant les besoins en froid, non disponibles, n'ont pas pu être recensées.

Pour la Gironde, les installations thermiques utilisant des énergies renouvelables sont constituées à 95 % par des équipements solaires thermiques (soit 1 165 installations de type capteurs solaires). Mais si le nombre d'installations solaires domine, en terme de contribution à la production d'énergie, le chauffage au bois individuel et les chaudières automatiques au bois sont prépondérants, comme le montre la figure 4.

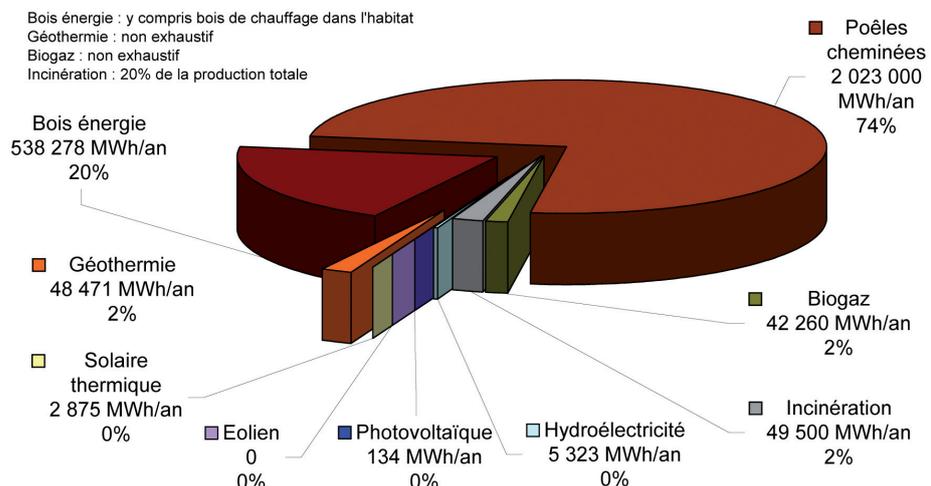
Energie électrique d'origine renouvelable

La production d'électricité en Aquitaine s'est élevée à 29 411 GWh en 2006, représentant 1,4 fois les besoins de la région. Cette énergie est à 90 % d'origine nucléaire, à 3 % hydraulique, le reste est produit par la cogénération, l'incinération et très minoritairement par des énergies renouvelables (0,05 %) ³. Le nucléaire représente à lui seul une puissance de 3 640 MW.

Ramenée à l'échelon départemental, la consommation d'électricité du département de la Gironde est évaluée en 2005, à 7 840 GWh ⁴.

Cette consommation se répartit de façon approximativement équivalente entre des consommateurs alimentés en basse tension et en haute tension. L'énergie électrique de basse tension dessert principalement les usages domestiques et agricoles (82 % en 2003), l'éclairage public et les usages professionnels (12 % pour cette même année), et les services publics et communaux (6 %). Ce qui représente une consommation moyenne ramenée au nombre d'habitants de l'ordre de 2,9 GWh par an. Les consommateurs alimentés en haute tension comptent, pour leur part, la chimie, les industries du papier et du carton, les commerces, les industries du pétrole et gaz, auxquels ils convient d'ajouter les grandes entités comme la SNCF non comptabilisées dans ces statistiques.

Figure 4- Répartition de la production des filières d'énergies renouvelables à 2006.



³ Source : EDF

⁴ «Production et distribution de l'énergie électrique en France et dans les régions en 2004/2005» - Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP), «Schéma de développement du réseau public de transport d'électricité 2003/2013 - Aquitaine», «Schéma des services collectifs de l'énergie en Aquitaine» www.drre.gouv.fr

2 > LES GISEMENTS DU TERRITOIRE PAR FILIÈRE

2.1- Approche méthodologique

Tout au long de cette étude, il sera présenté pour chacune des filières d'énergies renouvelables, les deux conditions à requérir pour définir le potentiel de développement des énergies renouvelables à savoir : les gisements "bruts", et les gisements "nets".

L'évaluation des gisements

Par "gisement brut", on entend l'étude des ressources pour chaque filière. Pour la ressource solaire, il s'agit par exemple de rechercher l'ensoleillement et les données de température, pour la filière biomasse, de connaître les ressources mobilisables pour une production d'énergie.

Si le gisement brut permet de rendre compte de l'état des ressources d'un territoire, l'évaluation des gisements nets s'attache à cerner les potentiels de valorisation de ces énergies renouvelables en fonction de l'ensemble des contraintes qui pèsent sur la faisabilité des projets. Pour chaque filière, les données utilisées pour estimer les gisements nets s'appuient sur :

- les données socio-économiques de l'habitat,
- les données réglementaires,
- les contraintes environnementales, patrimoniales, urbanistiques,
- les servitudes d'utilité publique,
- les données sur les capacités techniques d'accueil de ces installations (raccordement au réseau électrique...),
- les aides dont peuvent bénéficier les installations (crédit d'impôt, prêt bonifié...).

Les contraintes qui déterminent la faisabilité d'une installation sont liées au patrimoine culturel (sites classés, sites inscrits, secteurs sauvegardés, monuments historiques, etc.), à la typologie des bâtiments (bâtiments industriels ou collectifs ou maisons d'habitation), à leur positionnement (orientation, ombre portée d'un bâtiment sur l'autre, etc), au mode de chauffage des habitations, à l'énergie utilisée pour l'eau chaude sanitaire et à la date d'achèvement des constructions. **Les annexes 1 à 4** précisent la liste des contraintes patrimoniales et environnementales envisagées dans le cadre de l'étude, auxquelles les contraintes paysagères d'intégration pourront s'ajouter selon la nature et la localisation du projet.

Une démarche géostatistique

Chaque filière est considérée dans le cadre d'une grille d'analyse afin d'identifier les gisements potentiellement mobilisables. Cette grille d'analyse est construite à partir des données objectives interdisant ou contraignant fortement les potentiels valorisables des gisements bruts. Pour cette raison, les chapitres suivants présentent les principales installations retenues pour le calcul des gisements nets au regard des usages les plus courants.

Cette démarche ne peut prétendre à un recensement exhaustif des potentialités territoriales et des technologies qui pourraient être mises en œuvre. Les chiffres sont donc à considérer dans leur cadre méthodologique, le potentiel mobilisable traduisant avant tout une capacité de développement.

Par suite, les gisements sont évalués au regard de trois données : l'énergie mobilisable (Wh), la puissance des équipements lorsqu'elle peut être estimée (kW), et la quantité de dioxyde de carbone (CO₂) évitée par la substitution d'une énergie traditionnelle (gaz, fioul, électricité ...) par une énergie renouvelable (Kg/an).

Lors de l'élaboration d'un projet d'énergies renouvelables, des enjeux environnementaux et économiques sont à considérer de façon complémentaire.

Le soleil

Systèmes passifs (véranda, serre, mur trombe..), systèmes dynamiques pour le séchage de matières, le chauffage, la production d'eau chaude solaire, la climatisation, le refroidissement, Production d'électricité photovoltaïque.



L'énergie de la terre

Géothermie de la très basse à la très haute énergie pour des productions de chaleur et d'électricité.



Le vent

Micro-éolienne de moins de 1 kW Grand éolien de 300 W à 3 MW.



L'énergie hydraulique des rivières, des fleuves, des océans, ...

Moulins, Centrales hydrauliques, Marémotrice.



L'énergie des végétaux : biomasse, bois, algues,...

Biocombustible ou énergie bois (cheminées, poêles, chaudières à granulés, plaquettes, bois), cogénération, biocarburant deuxième génération.



Les déchets

Energies issues de la fermentation ou de l'incinération.



Energies de rejets et de process

Réseaux d'eaux usées des immeubles et des collecteurs généraux, récupération de chaleur sur rejet.



Encadré 1 - Les différentes sources d'énergie et filières de développement

L'économie des projets

Pour qu'une installation soit retenue au titre du calcul du gisement net, cette étude a fait le choix de sélectionner les projets dont le temps de retour de l'investissement est inférieur à la durée de vie de l'équipement envisagé (chaudière, ballon d'eau chaude...), le plus souvent de 20 ans au plus. En outre, lorsque l'investissement peut bénéficier de soutiens publics, ceux-ci sont intégrés au calcul de rentabilité économique. Il est à noter que ces soutiens publics diffèrent significativement selon plusieurs paramètres :

- la qualité du porteur de projet (particulier, collectivité, entreprise...),
- la singularité de sa situation (bénéficiaire de l'Anah ou non pour un particulier),
- le type d'énergie produite (électricité, thermique pour un réseau de chaleur...),
- les acteurs publics concernés (chaque collectivité ayant ses propres critères de soutien),
- l'usage de l'énergie produite (autoconsommation ou vente d'énergie),
- la technologie considérée (Fonds chaleur dédié à la biomasse et à la géothermie...) et ses caractéristiques (puissance des équipements),
- les caractéristiques de l'installation (le cas de l'intégré bâti bénéficie d'un tarif d'achat de l'électricité préférentiel par rapport au non intégré bâti; il concerne les toitures, les ardoises ou tuiles conçues industriellement avec ou sans support, les brise-soleil, les allèges, les verrières sans protection arrière, les garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse, les bardages, les murs-rideau).

Le cas particulier de la vente d'énergie

Energie électrique

Par la loi du 10 février 2000, la France dispose d'une obligation d'achat de l'électricité produite à partir des énergies renouvelables précisée par l'arrêté tarifaire du 26 juillet 2006 qui fixe le niveau du tarif et les conditions d'éligibilité.⁵ Les dispositions de l'arrêté s'appliquent automatiquement à toutes les installations mises en service à partir du 26 juillet 2006. Cette loi vise autant les installations qui valorisent des déchets ménagers ou assimilés que celles qui alimentent un réseau de chaleur ou qui mettent en œuvre des techniques performantes en terme d'efficacité énergétique, telles que la cogénération. Ses champs d'application recouvrent l'hydraulique, le biogaz et la méthanisation, l'énergie éolienne, l'énergie photovoltaïque⁶, la géothermie. Les tarifs d'achat ont été modifiés par arrêté du 28 décembre 2008 pour l'éolien et par arrêté du 12 janvier 2010, modifié par l'arrêté du 15 janvier 2010, pour l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil. De fait, chaque projet renvoie à des conditions économiques spécifiques.

Energie thermique et réseaux de chaleur

Une collectivité peut également être productrice d'énergie thermique (chaleur le plus souvent) et la vendre à des coûts liés à l'exploitation de la centrale. Dans ce cas, le coût n'est pas soumis à une tarification préétablie et l'équilibre économique du projet résulte de l'activité de production.



Ce qu'il faut retenir

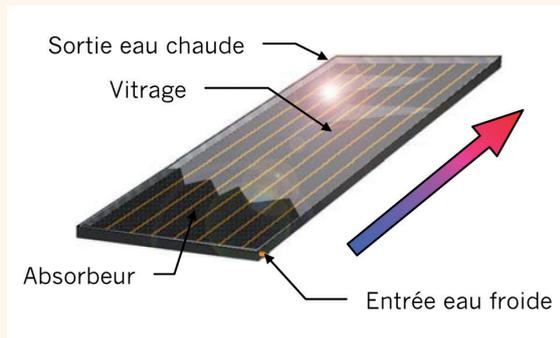
Biomasse, éolien, solaire thermique, photovoltaïque, bois énergie, géothermie. Au delà de la technique, l'équilibre d'un projet reste à examiner au cas par cas, pour en définir les conditions de faisabilité et statuer sur son opportunité.
Cf. Encadré 1

⁵ Tableau récapitulatif des nouvelles conditions d'achat de l'électricité produite à partir de certaines sources d'énergies renouvelables. (www.developpement-durable.gouv.fr)

⁶ Arrêté du 12 janvier 2010 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000.

Production d'eau chaude

Les capteurs plans sont utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire pour des habitations ou des installations collectives. Un premier ballon de stockage solaire est généralement placé en amont d'un deuxième ballon d'appoint (au gaz, fioul ou électrique) ; celui-ci assure le maintien en température de consigne de l'eau chaude. Dans le cas d'une habitation neuve, il est possible d'installer un seul ballon qui intègre un deuxième échangeur ou une résistance électrique. En collectif, le concept de Garantie de Résultats Solaires (GRS) avec une garantie de performance au maître d'ouvrage permet d'obtenir une excellente pérennité des installations.



Chauffage solaire de l'air des bâtiments

Encore peu utilisé en Europe, le chauffage solaire de l'air des bâtiments est couramment utilisé notamment au Canada. Le capteur le plus communément retenu pour le chauffage de l'air de ventilation est le capteur solaire à plaques perforées sans vitrage, et cela, pour son faible coût, son efficacité et sa facilité d'installation. Le principe de ce type de capteur est un recouvrement mural extérieur perforé de nombreux petits trous espacés de 2 à 4 cm. L'air traverse les trous dans le capteur avant d'être envoyé à l'intérieur du bâtiment afin de fournir un nouvel air de ventilation préchauffé.



Système de chauffage solaire de l'air de l'usine Canadair (Canada)



Capteurs solaires à air

Cette technique est particulièrement adaptée aux grands volumes (hangars, entrepôts). Elle peut également être envisagée pour des bâtiments tertiaires. Le Département de la Gironde a eu recours à cette technique pour le chauffage de l'air du gymnase de Saint-Loubés.

Séchage solaire



L'air venant de l'extérieur circule sous la toiture qui fait office de capteur. Il y est réchauffé puis emmené par une gaine de collecte jusqu'à un ventilateur qui le pulse sous un caillebotis pour sécher par exemple des cultures entreposées dans un séchoir. L'investissement est plus coûteux par rapport à un système de réchauffage basé sur des énergies fossiles (gaz ou fuel), mais s'avère plus rentable sur le long terme (les temps de retour sur investissement étant souvent inférieurs à 5 ans). Les autres coûts d'investissement liés à l'installation de séchage proprement dite (griffe, ventilateur et aménagements des aires de séchage) sont identiques quelle que soit la source d'énergie retenue.

L'air chaud est utile à de multiples applications :

- › Séchage de fumier et de textile,
- › Séchage des récoltes telles que le thé, le café, les légumineuses, le tabac,
- › Déshydratation d'aliments en vue de leur transformation ou de leur conservation,
- › Réduction de l'utilisation de combustibles fossiles ou de bois dans les procédés agricoles de séchage.

Les systèmes de séchage solaire vont des déshydrateurs d'une capacité inférieure à 1 m³, aux granges à vocation commerciale dont la surface du toit au complet ou d'un mur orienté vers le soleil est recouverte de capteurs solaires.

Production de froid

La production de froid à partir de capteurs solaires est réalisée grâce à un système de réfrigération par absorption. Ce dernier produit du froid à partir de l'eau chaude fournie par des capteurs solaires thermiques sous vide. Ces capteurs sont constitués d'une série de tubes de verre sous vide à l'intérieur desquels se trouve un absorbeur avec un circuit hydraulique, qui capte l'énergie

solaire et la transfère au fluide caloporteur. Le vide créé à l'intérieur des tubes permet de réduire conséquemment les déperditions en chaleur. Ainsi, on peut obtenir des gains de température de 100°C et plus. Le système de réfrigération à absorption fonctionne dans une plage de température de 80 à 120 °C.



2.2- Les filières solaires thermique et photovoltaïque

Le rayonnement solaire est à l'origine de l'essentiel des énergies terrestres (vent, cycle de l'eau, des marées, de la croissance des végétaux, de la température issue des sols ...). Il existe trois façons d'utiliser "directement" l'énergie solaire : la thermodynamique, la thermique et le photovoltaïque.

La filière thermodynamique consiste à concentrer les rayons du soleil afin d'obtenir de hautes températures (250 à 1 000°C). L'énergie ainsi captée produit de la vapeur d'eau, qui entraîne un turbo alternateur, comme dans les centrales thermiques conventionnelles. Cette filière appelle des conditions climatiques spécifiques (faible nébulosité, ensoleillement de 2 000 kWh/m².an) et fait l'objet de recherches en France et à l'étranger.

Les deux autres filières présentées ci-après utilisent le rayonnement visible pour produire de l'électricité par le biais des cellules photovoltaïques et de la chaleur par la captation du rayonnement infra-rouge par un capteur thermique. Il s'agit de deux technologies de captation à distinguer.

Le solaire thermique

Le principe du solaire thermique consiste à capter le rayonnement solaire et à le stocker dans des systèmes passifs (véranda, serre, façade vitrée) ou, s'il s'agit de systèmes actifs, à redistribuer cette énergie par le biais d'un circulateur et d'un fluide caloporteur qui pourra être selon les cas, de l'eau, un liquide antigel ou même de l'air. La surface exposée au soleil capte une partie du rayonnement, se réchauffe et réfléchit l'autre partie. Un capteur solaire thermique convertit ainsi le rayonnement en chaleur. L'efficacité du système est liée tant aux caractéristiques d'implantation de l'installation qu'à la technologie utilisée pour valoriser l'énergie thermique captée (fluide de transfert).

L'énergie solaire thermique peut être utilisée efficacement pour cinq catégories d'usage :

- la production d'eau chaude,
- le chauffage de bâtiments,
- le séchage,
- la haute température,
- le refroidissement.

L'encadré 2 présente quelques une des applications les plus courantes.

Dans le domaine de l'habitat, le chauffe-eau solaire individuel est appelé CESI, dans le secteur collectif, le chauffe-eau solaire collectif est appelé CESC. Lorsque le système solaire couvre les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire, on parle de système solaire combiné (SSC).

Le photovoltaïque

A contrario, les modules photovoltaïques produisent de l'électricité à partir de l'ensoleillement (les photons de la lumière du soleil). Les panneaux solaires photovoltaïques convertissent directement le rayonnement solaire en électricité par le biais de semi-conducteurs, les cellules. Les panneaux produisent de l'énergie en courant continu. Un onduleur la convertit en courant alternatif. L'énergie est alors vendue ou utilisée pour être consommée directement.

L'essentiel des cellules solaires utilise du silicium. On distingue deux familles : le silicium monocristallin et le silicium polycristallin. Ces deux techniques diffèrent par leur coût d'acquisition et leur rendement. Le monocristallin avec un rendement plus élevé par comparaison au polycristallin est aussi onéreux. Les cellules à couches minces ont pour leur part un rendement plus faible, mais sont d'un moindre coût.

Le photovoltaïque trouve trois grands types d'applications :

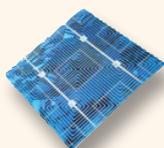
- les systèmes de production autonomes pour l'alimentation de sites ou d'équipements isolés et non raccordés au réseau électrique,
- les systèmes de pompage pour l'adduction d'eau,
- les systèmes de production raccordés au réseau de distribution d'électricité.

Modules polycristallins ou monocristallins

La cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en courant électrique. Le principe de fonctionnement de cette cellule fait appel aux propriétés du rayonnement et à celles des semi-conducteurs. Lorsqu'une cellule est exposée au rayonnement électromagnétique solaire, les photons de la lumière viennent frapper la face avant de la cellule. Cette énergie est suffisante pour permettre aux électrons (présents en abondance sur cette face) de se déplacer sur la face arrière de la cellule (qui présente un manque d'électrons).

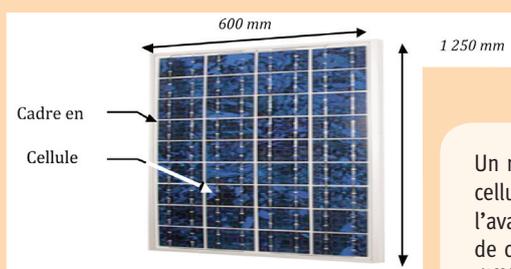
Les cellules des modules photovoltaïques polycristallins sont bleues d'un aspect mosaïque.

- avantages : bon rendement (entre 11 et 15 %), moins cher que le monocristallin.
- inconvénients : rendement faible sous un faible éclairement. Rendement inférieur au monocristallin.



Les cellules des modules photovoltaïques monocristallins sont de couleur gris bleuté ou noir d'un aspect uniforme.

- Avantage : très bon rendement (entre 13 et 19%).
- Inconvénients : le coût reste élevé, pour un rendement faible sous un faible éclairement.



Un module photovoltaïque se compose généralement d'un circuit de 36 jusqu'à 60 cellules en série encapsulées entre deux plaques de verre ou une plaque de verre à l'avant et un matériau composite à l'arrière. Un cadre en aluminium permet la fixation de ce module sur différents types de supports. Des modèles sans cadre permettent différentes variantes pour l'intégration architecturale. Un module polycristallin 0,72 m² correspond à une puissance de l'ordre de 82 Wc. Un panneau solaire photovoltaïque est appelé «module» (le terme capteur quant à lui, est réservé pour l'énergie solaire thermique). La mise en série de plusieurs modules est appelée «une branche»

tandis que l'ensemble des branches connectées entre elles est appelé «champ photovoltaïque». La puissance d'un module photovoltaïque est exprimée en Wattcrête (Wc) ; c'est une valeur donnée pour un ensoleillement de 1 000 W par m² et une température ambiante de 25°.

Les puissances mises en jeu en fonction des différentes technologies, polycristallin ou monocristallin, s'étendent respectivement de 110 Wc à 150 Wc par mètre carré (soit un rendement entre 11 et 15 %). Le module produit un courant continu et une tension d'environ 20 Volt. Les fabricants garantissent de l'ordre de 80 % de la puissance après 25 ans de fonctionnement.

Les modules amorphes à couches minces

Le silicium est déposé sur un support généralement flexible, le rendement est d'environ 5%. Cette technologie permet de produire de l'énergie électrique même avec un temps nuageux (ceci n'est pas le cas avec les modules poly ou monocristallins). Les bandes flexibles sont de longueur très variables (moins d'un mètre jusqu'à plus de 5m).

Avantages : Les modules fonctionnent avec un éclairage faible (même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment).
Inconvénients : Le rendement reste faible en plein soleil, les performances diminuent sensiblement avec le temps.



Module photovoltaïque amorphe de 190 Wc (0,68 m²)

Une autre voie de développement concerne les cellules organiques à couches minces dites Tellure de cadmium (CdTe). Elles représentent les nouvelles générations de panneaux pour des usages tels que les vitrages, les toitures de hangar ... L'encadré 3 présente quelques une des technologies du photovoltaïque.

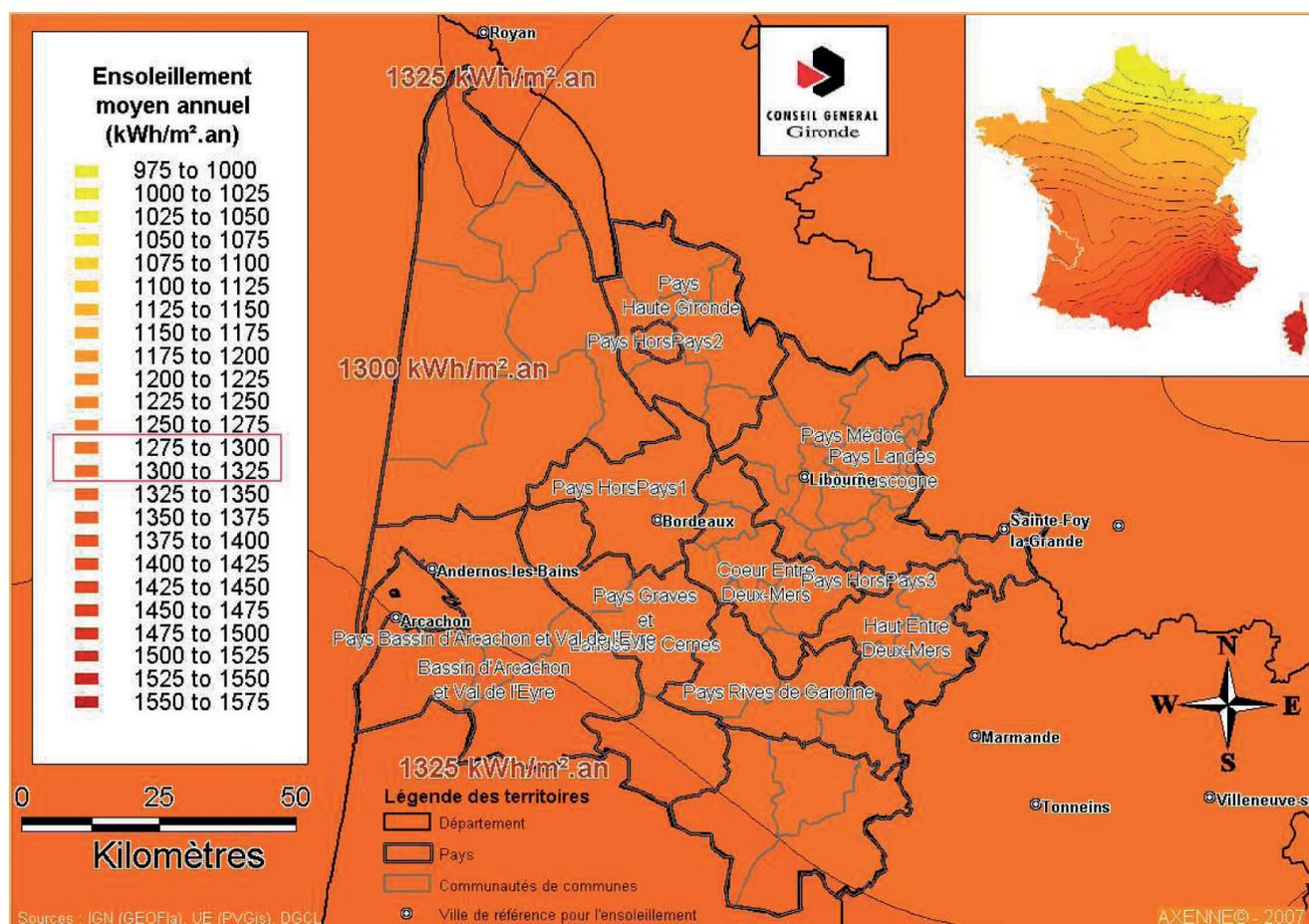
La production d'électricité à partir de l'énergie radiative du soleil par l'intermédiaire de modules photovoltaïques présente plusieurs intérêts :

- la ressource d'énergie utilisée est renouvelable et gratuite, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- la production d'électricité est réalisée sans pièce en mouvement, ce qui entraîne des frais de maintenance excessivement faibles et une exploitation aisée (les modules sont auto-nettoyés avec la pluie),
- lorsque la production est consommée sur place, les pertes dans les câbles sont très faibles, contrairement à un mode de production décentralisé tel que celui des centrales thermiques.

L'ensoleillement en Gironde

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques constituent le gisement brut des filières solaires. Ces données servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques. Pour la Gironde, l'ensoleillement moyen annuel s'échelonne de 1 275 à 1 300 kWh/m² par an (Encadré 4).

L'encadré 5 de la page suivante présente le bilan énergétique de trois types d'installation solaire (chauffe-eau solaire individuel, chauffe-eau solaire semi-collectif et photovoltaïque).

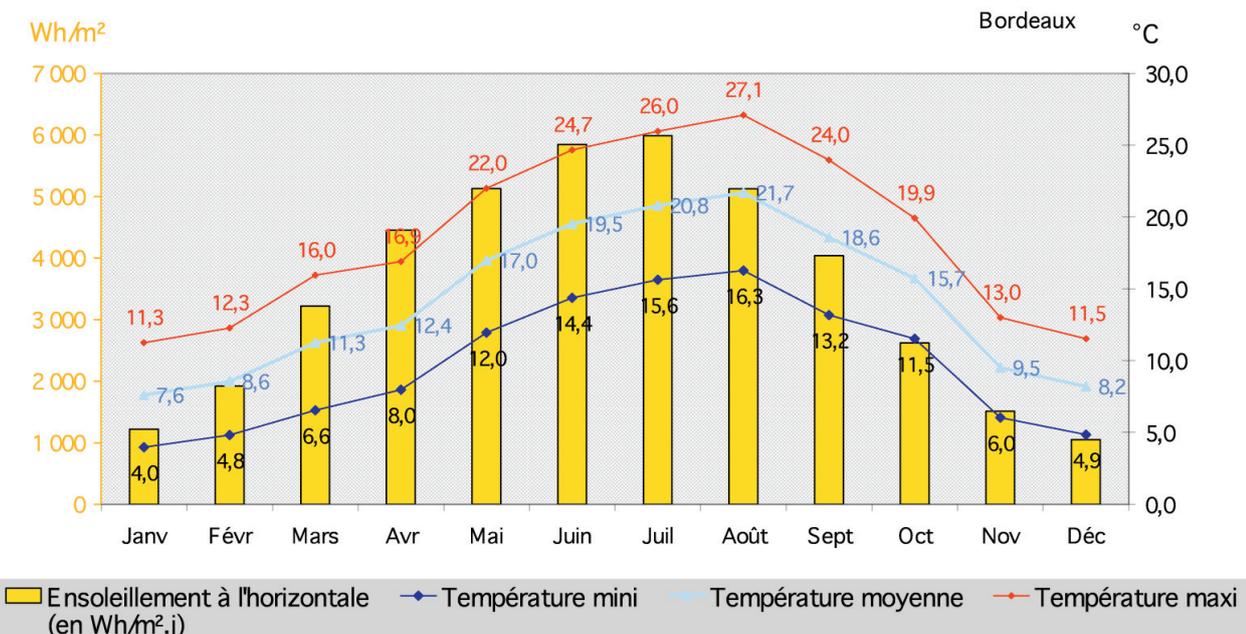


Encadré 4 - L'ensoleillement en Gironde

Calcul de productible pour trois installations implantées à Bordeaux

Solaire thermique pour un besoin de chaleur		Photovoltaïque pour une production d'électricité
Chauffe-eau solaire individuel	Chauffe-eau solaire collectif	
<p><i>Caractéristiques de l'installation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Situation géographique : Bordeaux - 3,6 m² de capteurs - Capteurs orientés sud avec une inclinaison à 40° - Ballon de stockage de 200 litres - Consommation de référence de 160 litres/jour 	<p><i>Caractéristiques de l'installation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Situation géographique : Bordeaux - 30 m² de capteurs orientés sud avec une inclinaison à 40° - Ballon de stockage de 2 000 litres - Consommation de référence de 2 000 litres/jour 	<p><i>Caractéristiques de l'installation</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Situation géographique : Bordeaux - Ensoleillement moyen annuel de 1300 kWh/m².an - Une installation de 10 m² de modules photovoltaïques environ ou 1 kWc, inclinée à 35° et orientée plein sud. <p>Cette installation fournira 1 066 kWh/an.</p>
<p><i>Economies réalisables</i></p> <p>1 520 kWh/an seront produits par cette installation, ce qui représente 53 % des besoins en eau chaude sanitaire d'une famille de 4 personnes. La productivité des capteurs sera de 426 kWh/m². Le chauffe-eau solaire sera donc une solution adaptée en fonction de la quantité et de la régularité des besoins en eau chaude.</p>	<p><i>Economies réalisables</i></p> <p>L'installation produira 16 000 kWh/an, soit 45 % des besoins en eau chaude sanitaire considérés. La productivité des capteurs sera de 515 kWh/m².</p>	<p><i>Des gains variables selon l'ensoleillement</i></p> <p>Compte tenu de la variabilité de l'ensoleillement cette même production variera de 36 kWh (Mois de décembre, 1 050 Wh/m²) à 126 kWh (Mois de juillet, 6000 Wh/m²)</p>

Données météorologiques de la ville Bordeaux prises en référence pour le calcul des productibles



Encadré 5 - SOLAIRE - La figure et le tableau présentent le bilan de trois installations

Les gisements du solaire thermique

Une ressource : le soleil ... Des usages : des productions de chaleur et de froid

L'ensoleillement produit tout au long de l'année trouve sa valorisation dans de nombreuses installations individuelles, collectives et tertiaires, nécessitant l'apport de chaleur ou de refroidissement. Production d'eau chaude, chauffage de bâtiments, séchage de récoltes, de bois, de boues..., haute température et refroidissement (climatisation de bâtiment) sont autant d'applications qui donnent l'occasion de bénéficier de cette énergie renouvelable. Le gisement net résulte du potentiel de valorisation de chacune de ces applications. Une installation solaire thermique est retenue dans le calcul du gisement net si elle s'avère pertinente d'un point de vue économique et environnemental par rapport à une installation reposant exclusivement sur une énergie fossile. Deux situations sont tour à tour examinées : le renouvellement des équipements sur l'existant et l'investissement pour les constructions neuves.

Production d'eau chaude solaire sanitaire individuelle (CESI) et systèmes solaires combinés (SSC) pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire de l'habitat individuel

En 2006, 1 089 chauffe-eau solaires individuels étaient en fonctionnement en Gironde et 35 installations s'agissant du système solaire combiné (SSC).

Pour les maisons existantes utilisant une énergie électrique, du fioul ou du propane pour chauffer l'eau chaude sanitaire, le remplacement d'une installation en fin de vie par un chauffe-eau solaire thermique est envisageable et peut être complété par un appoint. Pour l'utilisateur, cette installation pourra constituer une source d'économie sur la durée de vie des équipements calculée par rapport à une solution utilisant uniquement une énergie fossile. En revanche, le recours à un système solaire combiné pour le chauffage d'une habitation existante nécessite un examen d'opportunité par rapport à l'étendue des travaux.

L'habitat neuf quant à lui se prête aisément aux installations CESI et SSC.

Production d'eau chaude sanitaire solaire à destination de l'habitat collectif, des bâtiments publics (ou bâtiments tertiaires) et des bâtiments industriels

Immeubles d'habitation

Pour les bâtiments existants, sont visés préférentiellement les logements chauffés de manière collective au fioul (le propane a été éliminé en raison du nombre inférieur à 50 de logements concernés). Pour les immeubles neufs, la cible privilégiée est l'eau chaude sanitaire chauffée avec le gaz naturel ou l'électricité (pompe à chaleur, cumulus électrique, etc). Elle représente la majeure partie des choix énergétiques actuels, le fioul et le propane ayant été écartés en raison du faible nombre de constructions nouvelles utilisant ces énergies.

Bâtiments publics

En 2006, 36 chauffe-eau solaires collectifs étaient en fonctionnement en Gironde.

Certains bâtiments publics sont tout à fait adaptés à l'installation de capteurs solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire. Ainsi, les établissements de santé, d'action sociale, d'hébergement, et les bâtiments accueillant des activités culturelles et de loisirs sont des cibles appropriées qui se caractérisent par une régularité des besoins.

Les besoins en eau chaude sanitaire de ces bâtiments ont été calculés grâce aux données du CEREN (consommations unitaires par branche à climat normal). Ils sont donc retenus au titre du calcul des gisements nets.

Bâtiments industriels

Les activités qui se prêtent le mieux à l'installation d'un chauffe-eau solaire sont les activités annuelles pour lesquelles la consommation d'eau chaude est importante (papeterie, industrie agro-alimentaire telle que laiterie, abattoir, cave vinicole). Sur la base des données de construction SITADEL sur les bâtiments industriels hors stockage, il est possible d'estimer un gisement net : en effet, il est plus facile de prévoir une installation de ce type dès la conception d'un bâtiment plutôt que d'intervenir sur l'existant.

L'étude des conditions de rentabilité économique d'une installation solaire thermique de préchauffage de l'air de ventilation est réalisée pour une installation de capteurs muraux à plaques perforées.

Caractéristiques de l'installation

- Volume à chauffer : 4 000 m³
- Débit de ventilation : 2 000 m³/h
- Température de consigne : 20°C
- 100 m² de capteurs, orientés au sud, inclinés à la verticale
- Puissance supplémentaire de ventilation requise : 300 W
- Absence de masque de nature à limiter la captation solaire.

Bilan de production

Énergie renouvelable captée : 19,6 MWh
Récupération des pertes de chaleur du bâtiment : 2,2 MWh par la centrale double-flux

Rejet de CO₂ évités

Les rejets de CO₂ évité sont calculés sur la base de l'énergie substituée :

Chauffage électrique : 180 gCO₂/kWh évités

Gaz naturel : 205 gCO₂/kWh évités

Propane : 231 gCO₂/kWh évités

Fioul : 271 gCO₂/kWh évités

Ces chiffres prennent en compte les rendements des équipements dont le rendement de chaudière, les pertes des cumulus.

Énergie renouvelable fournie : 21,8 MWh

Production annuelle d'énergie par unité de surface : 218 kWh/m²

Rendement du capteur solaire : 33 %

Énergie supplémentaire de ventilation : 1,6 MWh

En première approche, les besoins en chauffage du bâtiment étudié sont d'environ 250 MWh/an ; l'installation couvre donc environ 9 % des besoins soit 514 kWh par m².

Coût de l'installation

Le coût d'investissement d'une telle installation est d'environ 18 200 €, montant ramené en fait à 15 200 € car la mise en place de l'installation permet des économies sur l'achat et la pose des matériaux de parement.

	Matériel	Installation
Capteur solaire	4 700	7 000
Crédit matériau de parement	- 2 000	- 1 000
Ventilateur et gaine	2 400	2 000
Etude, ingénierie et divers	2 100	

Les frais d'électricité pour le fonctionnement du ventilateur dédié sont estimés à environ 120 € par an. Il n'y a aucun frais de maintenance particulier.

Rentabilité économique - Rejet de gaz à effet de serre (CO₂ évité) par comparaison avec des installations traditionnelles

Energies substituées	Gaz Naturel	Fioul	Propane	Electricité
Temps de retour sur investissement (an)	15	11	0	7
TRI sur 30 ans (hors VR)	11%	21%	-	33%
Rejet de CO ₂ évité (Kg/an)	4 966	6 950	5 924	3 924

Remarque : Les calculs prennent en compte une aide financière de 20 % du montant total. Les économies réalisées dépendent du prix de l'énergie substituée et de son évolution future, ainsi que du rendement de l'appareil correspondant.

Il est à noter que la durée de vie d'une installation solaire de préchauffage de l'air de ventilation est très longue (pas de composants en mouvement) ; seules les installations de ventilation seront à renouveler régulièrement.

En conséquence, le recours à cette installation sera dans tout les cas de figure rentabilisé par rapport à une installation utilisant d'autres sources d'énergie.

Encadré 6 - SOLAIRE THERMIQUE - Etude comparative entre la filière solaire thermique et les filières traditionnelles pour le chauffage d'un bâtiment de stockage

Chauffage de l'air des bâtiments de stockage

Les capteurs solaires thermiques peuvent également être utilisés pour le préchauffage de l'air de ventilation. Dans ce cas, l'installation prévoit des capteurs muraux à plaques perforées. Etant donné le faible coût d'investissement et les coûts évités des matériaux de parement, de tels moyens constructifs trouvent un intérêt réel. Ce type d'installation est surtout adapté aux bâtiments tels que des entrepôts ou des hangars qui bénéficient de grandes surfaces de parois murales et sont relativement espacés les uns des autres. Cette technique peut être également envisagée pour des bâtiments du tertiaire.

L'encadré 6 présente à titre d'exemple une étude comparative pour le chauffage d'un bâtiment de stockage.

Chauffage de piscines

Les piscines pour lesquelles une installation solaire est avantageuse sont celles utilisant actuellement une énergie de chauffage relativement onéreuse (comme l'électricité, le fioul ou le gaz). Si une collectivité souhaite substituer des capteurs solaires, la principale contrainte est de disposer d'une surface suffisante, au sol ou en toiture. Cette solution est particulièrement pertinente pour des piscines d'une surface supérieure à 200 m², celles-ci ayant a priori une utilisation continue.

Autres usages : la production de froid

La production de froid issue de capteurs solaires est réalisée à partir d'un système de réfrigération par absorption. La climatisation est une des applications solaires les plus évidentes. Bien que peu répandue, cette technique recèle un potentiel de développement important.

Le potentiel de développement du solaire thermique

Compte tenu des considérations exposées dans ce chapitre, le gisement net mobilisable du solaire thermique peut être estimé à 67 GWh par an pour la Gironde. Ce qui représente un potentiel d'équipement de près de 22 400 installations (capteurs solaires...) pour l'ensemble du patrimoine existant et neuf de la Gironde (habitats, bâtiments tertiaires, industries...).

Les gisements du photovoltaïque

Une ressource : le soleil ... Des usages : des productions électriques

Les modules photovoltaïques produisent de l'électricité à partir de l'ensoleillement (les photons de la lumière du soleil). Le gisement net repose sur la capacité des capteurs à se saisir de l'ensoleillement en fonction de ses performances propres, de ses conditions d'installation et de son environnement.

Comme pour le solaire thermique, les gisements nets de photovoltaïque permettent plusieurs usages au regard de leurs pertinences économiques et environnementales.

Installation solaire photovoltaïque pour l'habitat individuel

L'étude des conditions de rentabilité économique d'une installation solaire photovoltaïque pour un particulier est réalisée dans le cas d'une installation raccordée au réseau dont l'électricité produite est vendue dans son intégralité. Dans ce cas, l'installation ne participe pas directement à la couverture des besoins en électricité de la résidence ; les besoins et la production sont complètement découplés.

L'installation est alors considérée comme un projet à part, pour lequel il est possible de calculer un temps de retour sur investissement.

Deux cas de figure sont différenciés : une installation intégrée au bâti ou non. Bien qu'un peu plus chères à l'investissement, seules les installations intégrées au bâti sont retenues pour l'évaluation des gisements mobilisables au regard de leur temps de retour plus favorable.

Etude d'investissement pour un bâtiment collectif

Sauf à nécessiter d'une production partielle ou totale d'électricité, une collectivité ou une entreprise a plutôt intérêt économiquement à vendre l'électricité produite par son installation photovoltaïque qu'à la consommer pour ses propres besoins.

Caractéristiques de l'Installation

Installation de 15 kWc (soit environ 150 m²)
 Modules orientés au sud, inclinés à 40°
 Pas de masque de nature à limiter la captation solaire

Bilan de production

Production de l'installation solaire : 16 000 kWh soit 514 kWh par m²

Coût de l'installation

L'installation étudiée ici demande donc un investissement de l'ordre de 93 000 € HT si elle est intégrée au bâti et de l'ordre de 90 000 € HT dans le cas contraire. Les coûts de maintenance sont estimés à 500 €/an.

Rentabilité économique

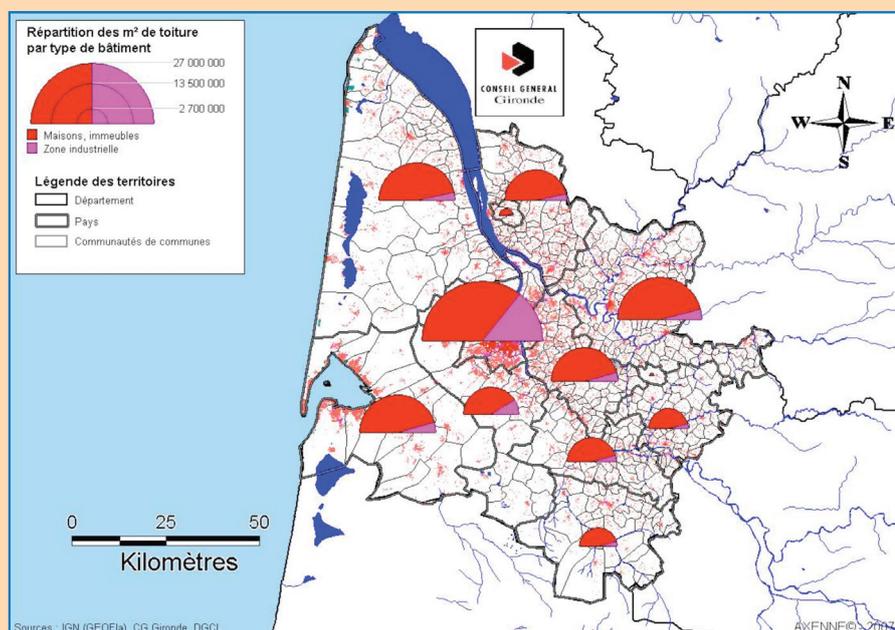
L'intégralité de la production est vendue. La rentabilité économique est aussi fonction du type de maître d'ouvrage (aides financières et comptabilités différentes). Dans les deux cas, le temps de retour sur investissement est bien inférieur à la durée des vie des équipements, reste que

l'intégré bâti présente la plus forte rentabilité à investissement initial équivalent au moment de la construction. Au-delà d'un objectif de production d'électricité, le maître d'ouvrage pourra mettre en valeur son engagement pour une réduction de CO₂ et sa démarche.

Collectivité		
Energie substituée	Installation intégrée au bâti	Installation non intégrée au bâti
Temps de retour investisseur (ans)	6	16
TRI sur 20 ans (hors VR)	16,7%	2,3%
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	959	959

Les calculs ont été réalisés dans le cas où l'installation bénéficie des aides accordées dans le cadre du Programme régional Aquitaine Environnement PRAE.

Encadré 7 - PHOTOVOLTAÏQUE - Exemple d'étude d'investissement d'une installation photovoltaïque sur bâtiment collectif raccordé au réseau électrique



Encadré 8 - Surfaces indicatives de toitures susceptibles d'accueillir une installation solaire thermique ou photovoltaïque en Gironde

Les camemberts représentent la répartition des surfaces de toiture par type de bâtiment ; leur taille est fonction de la surface totale de toiture. Le fond de carte montre l'occupation du sol pour les zones urbaines, les zones urbaines denses et les zones d'activité.

Immeubles / Bâtiments collectifs tertiaires et industriels raccordés au réseau

Dans l'habitat collectif, comme pour les autres types de bâtiments, le gisement net est considéré essentiellement sur les nouvelles constructions, de manière à s'assurer de la possibilité d'intégration au bâti et d'une rentabilité économique suffisante.

Pour un immeuble collectif neuf, le promoteur est à même d'intégrer un générateur photovoltaïque sur son bâtiment et de le remettre en exploitation à la copropriété. Le financement se fait alors en côte part des appartements vendus et les revenus de la vente de l'électricité viennent en déduction des charges de copropriété. Cette approche favorise les solutions d'utilisation rationnelle de l'énergie pour les usages des communs (éclairage, VMC, ascenseurs, etc).

Parmi les bâtiments industriels neufs, ceux ayant une surface supérieure à 1 000 m² sont retenus, pondérés des contraintes patrimoniales et des contraintes de masques.

Pour les bâtiments existants, la surface de modules photovoltaïques est évaluée à partir des surfaces construites auxquelles a été appliqué un coefficient de réduction pour ne considérer, sur les pans de toitures exposés au sud et sur les toitures terrasse, que la surface déduite de celle occupée par les divers équipements : ventilation, centrale de climatisation ...

A titre d'illustration, l'**encadré 7** présente une étude économique pour un investissement de ce type.

Production en site isolé

En 2006, il existait 14 installations photovoltaïques non raccordées au réseau en fonctionnement en Gironde (puissance de 29 kWc, surface de 290 m²). Cependant, les installations en site isolé peuvent avoir un intérêt dans des cas bien particuliers de bâtiments non raccordés au réseau de distribution d'électricité et trop loin de celui-ci, pour que le coût de raccordement soit inférieur au coût d'une installation solaire.

Compte tenu des tarifs d'achat de l'électricité produite à partir de l'énergie solaire, ce type d'installations n'est pas comptabilisé dans le potentiel mobilisable car il est jugé comme trop marginal.

Système de pompage solaire photovoltaïque

La différence entre un système de pompage solaire et un système de pompage classique repose sur l'utilisation de panneaux photovoltaïques, du convertisseur et de sa pompe.

Le rendement hydraulique des meilleures pompes solaires est de l'ordre de 55 % à 70 %. Le recours aux services d'hydrologie chargés de tester les forages est conseillé pour une bonne évaluation de la hauteur manométrique.

Pour le pompage de l'eau, les batteries ne sont pas toujours utiles. Le stockage peut s'effectuer en recourant à un réservoir de stockage, qui assure par la suite la hauteur manométrique nécessaire adaptée à l'usage.

Les autres applications du photovoltaïque

D'autres applications ont été développées pour assurer une autonomie des équipements. Citons quelques uns des domaines concernés : les télétransmissions, l'éclairage public, la signalisation, le traitement de l'eau. Cependant, ces applications ne peuvent pas être comptabilisées a priori.

Le potentiel de développement du photovoltaïque

En conséquence, hors parcs photovoltaïques non comptabilisés dans cette étude, le gisement net pour de la filière photovoltaïque est estimé à 634 GWh par an pour un nombre d'installations de l'ordre de 264 000 pour l'ensemble du patrimoine existant et neuf de la Gironde (habitats, bâtiments tertiaires, industries...).

Pour l'ensemble des filières solaires, les gisements nets identifiés sont à rapprocher des surfaces de toitures et des terrasses exploitables présentées dans l'**encadré 8**.

Selon les données fournies par l'Inventaire Forestier National (IFN), l'utilisation du bois constitue une excellente alternative aux énergies fossiles. Elle permettrait l'économie de 4,5 Mtep/an en France. Avec du matériel adapté et performant, le bois énergie émet douze fois moins de gaz à effet de serre - GES- en équivalent carbone que la filière charbon, huit fois moins que la filière fuel domestique, sept fois moins que la filière gaz naturel et deux fois moins que la filière électricité.

Il présente de plus l'avantage d'être neutre puisqu'il absorbe autant de carbone qu'il en émet, contrairement aux autres énergies.

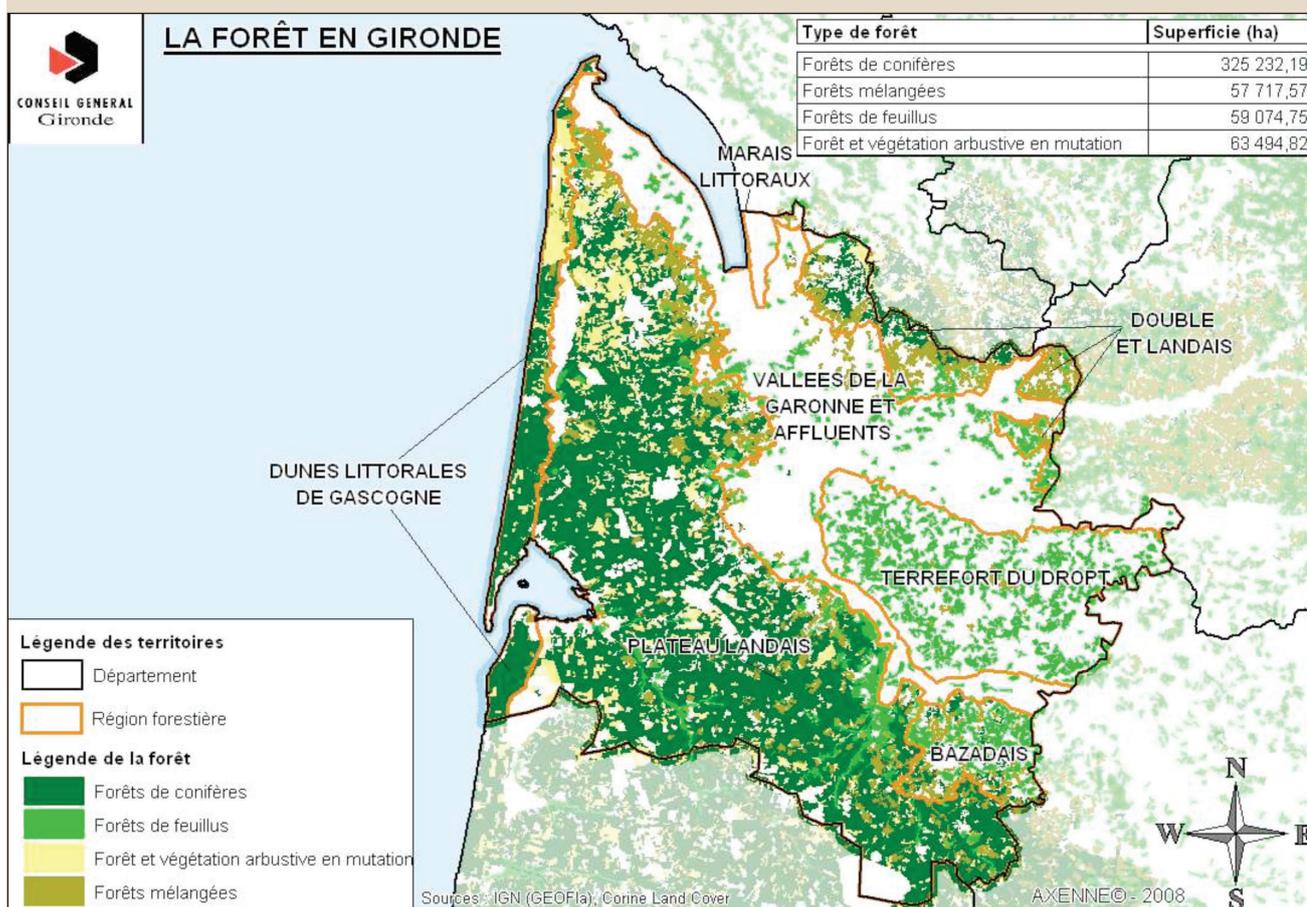
Dans son article intitulé « Stocker le carbone sur pied en forêt », l'IFN propose deux stratégies pour permettre aux forêts d'augmenter leur capacité de lutte contre le changement climatique :

- l'augmentation de la surface forestière par un accroissement pérenne des stocks de carbone dans la biomasse et dans les sols,
- l'augmentation de l'âge d'exploitabilité des forêts pour accroître le niveau de stock (tC/ha) dans la biomasse ligneuse.

Toutefois, la mise en oeuvre de cette stratégie doit être considérée au cas par cas. Il apparaît plus efficace de stocker le carbone sur pied dans les forêts situées sur les stations les moins productives ou qui capitalisent déjà des stocks importants (forêts matures). et valoriser le carbone fixé par les forêts les plus productives par l'usage des produits bois.

Source : Extrait de la publication de «La forêt française : Un puits de carbone ? Son rôle dans la limitation des changements climatiques» - Article de mars 2005 (www.ifn.fr)

Encadré 9 - La contribution favorable à la limitation de gaz à effet de serre



Encadré 10



2.3 - La filière bois énergie

Le bois énergie

Le terme « bois énergie » désigne l'énergie produite à partir de la dégradation du bois. Cette énergie est au départ celle du soleil, transformée par les arbres lors de la photosynthèse. Elle est libérée sous forme de chaleur lors de la combustion du bois et est utilisée directement pour produire de la chaleur. Le bois énergie est utilisé comme un mode de chauffage ancestral, qui, sous l'effet d'importantes évolutions technologiques, connaît un développement prometteur.

Ses améliorations sont multiples : automatisation de l'alimentation, décendrage et régulation pour les chaudières et certains poêles, amélioration des performances techniques et du rendement. Les produits développés apportent un grand confort sur le plan thermique et sont de plus en plus souples d'utilisation. En outre, les niveaux de pollution ont été réduits de manière importante par rapport aux anciens modèles grâce notamment à la double combustion.

Enfin, le bois énergie est une énergie renouvelable qui ne court pas de risque de pénurie, à court ou à long terme. Bien qu'il soit néfaste pour une forêt de prélever une quantité trop importante de son bois, il est bénéfique de réaliser des prélèvements judicieux pour la faire croître dans les meilleures conditions possibles : la filière bois énergie peut ainsi bénéficier d'une gestion raisonnée de la forêt, en cohérence avec des filières préexistantes de valorisation du bois (bois d'œuvre et d'industrie).

Les sous-produits forestiers (branchages, petits bois) et industriels (écorces, sciures, copeaux) sont valorisés pour les puissances d'installations les plus faibles, sous différentes formes :

- les bûches : de 33 ou 50 cm de long le plus généralement, les bûches sont le combustible des appareils à alimentation manuelle (particuliers uniquement).
- les granulés de bois sont produits par compression et agglomération de sciure (pas d'agent de liaison). Ce sont de petits cylindres de 6 à 10 mm de diamètre et de 2 cm de long. Ils sont utilisés dans les poêles et les chaudières à alimentation automatique de petite puissance. Leur coût est plus élevé que celui des autres combustibles bois mais leur pouvoir calorifique est meilleur du fait de leur grande densité et de leur hygrométrie plus faible.
- les plaquettes (ou bois déchiqueté) sont obtenues notamment par déchiquetage d'arbres, de branches, de sous-produits de l'industrie du bois. Elles sont utilisées dans les chaudières automatiques.

En 2008, selon le CRPF Aquitaine, la consommation de bois énergie représente 765 000 m³ dont une grande part est utilisée par les individuelles (76 %), les industries (22 %) et le reste par le collectif (2 %).

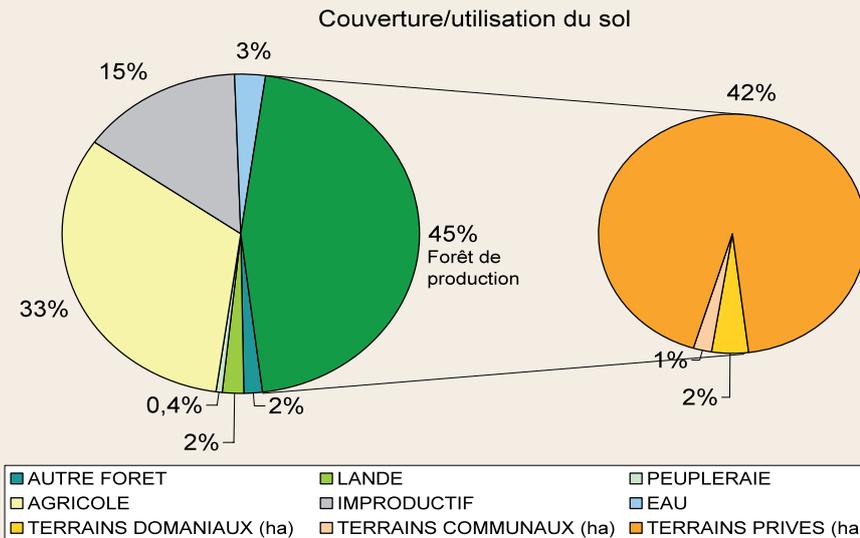
Rôle des forêts dans le captage et l'évitement de CO₂ dans la lutte contre le réchauffement climatique

Le concept de puits de carbone s'est diffusé avec le Protocole de Kyoto dans le but de réduire les concentrations atmosphériques élevées et croissantes de CO₂ et ainsi de lutter contre le réchauffement climatique. Diverses voies sont explorées pour améliorer la séquestration naturelle du carbone et développer des techniques (naturelles ou artificielles) de capture et stockage de ce carbone. Les arbres, avec le plancton océanique et les tourbières, constituent les principaux puits de carbone naturels. Ils accumulent d'énormes quantités de carbone dans leur bois et dans l'écosystème via la photosynthèse.

Notons qu'un puit de carbone ne vise pas à réduire les émissions de CO₂, mais à les piéger. Les arbres absorbent le CO₂ de l'atmosphère, stockent une partie du carbone prélevé, et rejettent l'oxygène dans l'atmosphère. Les essences pionnières, à croissance rapide (peuplier, saule ou bouleau en zone tempérée), n'absorbent généralement que peu de carbone et le relarguent vite et facilement.

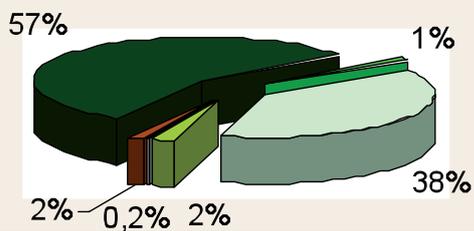
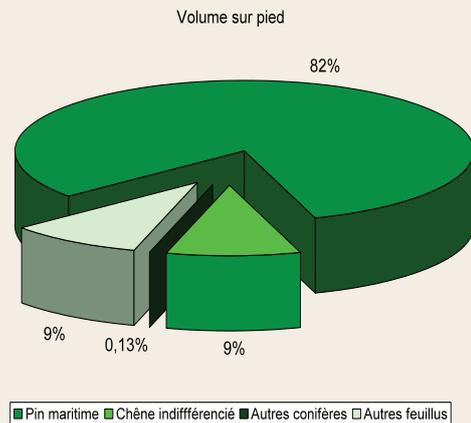
On comprend dès lors que l'exploitation forestière appelle un développement maîtrisé pour établir une stratégie entre deux impératifs : fournir du bois énergie pour contribuer à réduire les gaz à effet de serre par substitution des énergies renouvelables aux énergies fossiles et améliorer la séquestration naturelle du dioxyde de carbone. L'inventaire forestier national propose plusieurs pistes pour traiter de la question. Parallèlement, l'afforestation fait l'objet de valorisation économique sur la bourse carbone (Cf. Encadré 9). Le lecteur pourra se reporter aux publications de l'ONF qui apportent à ce sujet plusieurs textes éclairant cette problématique.

Utilisation des sols forestiers



Les principales essences de la forêt en Gironde (exprimé en volume sur pied)

(Source : IFN)



Destination des prélèvements en forêt en Gironde

(Source : DRAF Aquitaine)

Les ressources forestières en Gironde

La forêt

Le département de la Gironde est le deuxième département métropolitain le plus boisé en superficie après les Landes, avec une surface de 483 222 hectares de forêts. Son taux de boisement (47,6 %) est le quatrième en France après les Landes, le Var et les Vosges (taux de boisement moyen en France : 27,1 %, et en Aquitaine : 42,2 %). Les forêts boisées de production couvrent quasiment la totalité des formations boisées ; elles relèvent pour seulement 3,7 % du régime forestier (essentiellement forêts domaniales, certaines forêts communales et assimilées) et pour 93,3 % de forêts privées.

Le type de peuplement largement représenté est la futaie de pin maritime (76,3 % de la surface), puis le mélange de futaies de pin maritime et taillis (11,3 %) et le mélange de futaies de feuillus et taillis (7 %). Le pin maritime, très largement majoritaire, occupe près de 371 000 hectares comme essence principale et 79,6 % des formations boisées de production. Les essences feuillues sont prépondérantes sur 16,4 % de la surface ; le chêne pédonculé est présent comme essence principale sur 9,7 % de la forêt de production.

Sept régions forestières⁷ composent la forêt en Gironde :

- les dunes littorales,
- le plateau landais (décomposé en 3 sous régions forestières),
- les marais littoraux,
- le Double et landais,
- la Vallée de la Garonne et affluents,
- le terrefort du Dropt,
- le bazadais.

Les Dunes littorales de Gascogne et le Plateau landais sont très boisés et sont composés majoritairement de pins maritimes. Le Bazadais, le Double et landais sont assez boisés et relativement mélangés bien que composés majoritairement de conifères. Le Terrefort du Dropt, relativement peu boisé, est composé presque uniquement de feuillus.

La Vallée de la Garonne et ses affluents, très peu boisée (feuillus surtout), est par contre fortement recouverte de vignes. Les Marais littoraux ne sont pas boisés (territoires agricoles, zones humides) (Cf. Encadré 10).

Le potentiel brut forestier

L'inventaire forestier de la Gironde en 1998 (+ résultats après tempête de 1999), estime les chiffres de production nette annuelle et de prélèvements de la ressource forestière : production annuelle nette : 4 011 545 m³, prélèvements : 3 658 500 m³.

Le chiffre des prélèvements est confirmé par les Enquêtes Annuelles de Branches (EAB) qui l'estiment à 3 017 651 m³ pour 1999. On peut en déduire que la production biologique des forêts de Gironde était prélevée à plus de 90 % en 1999, ce qui est très important comparativement au taux national (taux moyen national la même année : 63 %).

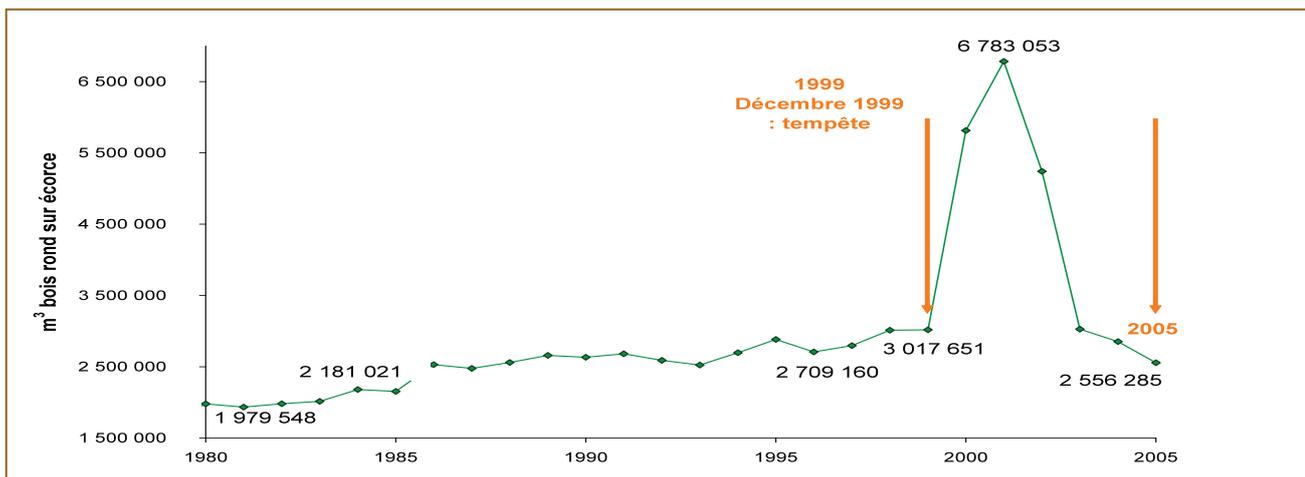
Il reste très difficile d'actualiser ces chiffres pour obtenir un taux de prélèvement actuel de la ressource. En effet, si les enquêtes annuelles de branches permettent de connaître les quantités de bois prélevées en forêts en 2005, il n'existe pas de chiffre de production nette annuelle de la forêt girondine plus récent que celui de 1999. L'IFN ayant changé sa méthode d'inventaire, les résultats seront disponibles en 2010 à l'échelle de la région, mais il ne sera plus fait de publication de résultats à l'échelle départementale. Sans inventaire, il est impossible de connaître la production annuelle de la forêt ; le chiffre de 1999 a certainement évolué, en raison des dégâts provoqués par les tempêtes de décembre 1999 et de janvier 2010.

Evolution des prélèvements

Les prélèvements de bois en forêt dans le département de la Gironde ont augmenté de manière relative-ment constante jusqu'en 1999, année à partir de laquelle ils ont très fortement augmenté (récolte des chablis de la tempête 1999) puis fortement diminué entre 2001 et 2003 (la majorité des chablis⁸ ayant été récoltés) et légèrement diminué jusqu'en 2005 pour retrouver en 2005, un niveau de prélèvements un peu inférieur à celui de 1999. Le niveau de prélèvement en 1999 est donc a priori un peu supérieur au taux actuel.

⁷ La région forestière telle que définie par l'IFN est une unité territoriale naturelle qui présente globalement pour la végétation forestière des conditions de sol et de climat similaires et qui comporte des types de forêt ou de paysage comparables.

⁸ Un chablis (ou chable) est un arbre déraciné sous l'action de différents agents naturels (vent, foudre, neige, chute d'un autre arbre) ou pour des raisons qui lui sont propres (vieillesse, pourriture, mauvais enracinement), sans intervention de l'homme.



Encadré 12 - Évolution des récoltes de bois depuis 1980 en Gironde (source : EAB)

Le pourcentage prélèvement/ressource peut être décliné par essence principale :

- pin maritime : 83,9 %,
- autres conifères : 55 %,
- feuillus : 20,6 %.

La différence entre ressource et prélèvements permet de déterminer un gisement non capté d'environ 350 000 m³ en 1999. Le prélèvement de 10 % de ce gisement pour le bois énergie, soit environ 35 000 m³ permettrait déjà de développer une filière bois énergie significative. Ce point sera tout particulièrement traité dans le chapitre suivant qui aborde le gisement net⁹.

Les sous-produits de la transformation du bois

Issus des entreprises

Les entreprises de la filière bois présentent un double intérêt du point de vue du développement du bois énergie :

- les sous-produits bois de certaines de ces entreprises (palettes, caquettes, sciure, etc.) peuvent être réutilisés comme combustible ;
- de part leur activité, elles sont plus naturellement intéressées par l'utilisation de bois énergie.

A l'inverse, certaines de ces entreprises (papeteries notamment) utilisent pour leur process le même type de ressource que celle qui peut être utilisée pour la filière bois énergie ; cela peut induire des conflits d'usage. De ce fait, un examen systématique des opportunités et de la faisabilité propre à chacun des projets est nécessaire.

Le fichier SIRENE de l'INSEE permet de recenser :

- 373 entreprises de la filière bois en Gironde, entreprises de fabrication de pâte à papier,
- 6 entreprises de papier et de carton,
- 8 entreprises de fabrication de panneaux de bois,
- 75 entreprises de sciage et rabotage,
- 164 entreprises de fabrication de charpentes et de menuiseries,
- 50 entreprises de fabrication d'emballages en bois,
- 56 entreprises de fabrication d'objets divers en bois,
- 14 entreprises de fabrication de cartonnage,

Les entreprises de la filière bois regroupent les activités de travail et la fabrication d'articles en bois (sciage et rabotage, imprégnation du bois, fabrication de panneaux, de charpentes et de menuiseries, d'emballages, d'objets en liège, vannerie ou sparterie). L'encadré 13 présente la localisation des entreprises de la filière bois en Gironde.

⁹ Les destinations des prélèvements Cf. DRAF Aquitaine, Mémento 2007.

Une étude est en cours, menée dans le cadre du Pôle de compétitivité « Industries et Pin Maritime du Futur », pour déterminer les modalités techniques et économiques de la récupération des souches de pin maritime après coupe rase.

Issus de la première transformation, les produits connexes de scierie sont les sous-produits de l'activité de sciage : écorces, sciures, dosses et délignures, chutes de tronçonnage. En Gironde, les connexes de scierie sont déjà bien utilisés, notamment par la trituration.

Les Enquête Annuelle de Branche 2005 (AGRESTE - EAB) indiquent une production de 675 505 m³ de sciage en 2005 et de 622 723 tonnes de connexes de scieries (environ 660 000 m³, suivant l'humidité des connexes) issues pour :

- 29 % de plaquettes de conifères,
- 27 % de sciures,
- 18 % d'écorces,
- 18 % de chutes brutes de conifères.

Les plaquettes, chutes brutes et autres déchets non commercialisés s'élèvent à 17 274 tonnes en 2005 (3 % des connexes produits), cette quantité pourrait être valorisée pour le bois énergie sans conflit d'usage. Actuellement, 6 500 tonnes sont consommées par les scieries elles-mêmes.

Une étude relative à la disponibilité en bois-énergie pour la période 2006-2020 complète utilement ces données et apporte une évaluation des volumes de bois mobilisables sur la base des données publiées par l'IFN (www.agriculture.gouv.fr).

Les autres origines ...

Le bois de rebut

Le gisement de bois présent dans les déchetteries est parfois difficile à valoriser pour le bois énergie en raison de la nécessité de bois non souillés (non traités, non peints), triés, de qualité et de tenue de bois adaptés. Cependant, il reste intéressant de chercher à valoriser le bois présent dans les déchetteries, car plus une chaudière a une puissance importante, plus elle sera apte à brûler des bois de rebut de qualité et de constance dans ses caractéristiques moindres. Actuellement, il existe 74 déchetteries en Gironde, qui récupèrent presque tous les déchets de bois sans nécessairement les valoriser.

Issus de l'élagage et de la sylviculture

Les déchets verts d'élagage peuvent être valorisés pour le bois énergie à condition de les conditionner et de les sécher de manière appropriée. Ce gisement non négligeable est intéressant du fait de la marge de manœuvre des collectivités quant à leur collecte, lorsqu'il s'agit de déchets produits par l'entretien des parcs, jardins, bords de routes, etc.

De plus des gisements complémentaires issus de la sylviculture traditionnelle peuvent être trouvés en forêt : rémanents d'exploitation (dont souches de pin maritime), arbres issus du dépressage, résidus d'éclaircies, cultures dédiées (taillis), sylviculture mixte, etc.

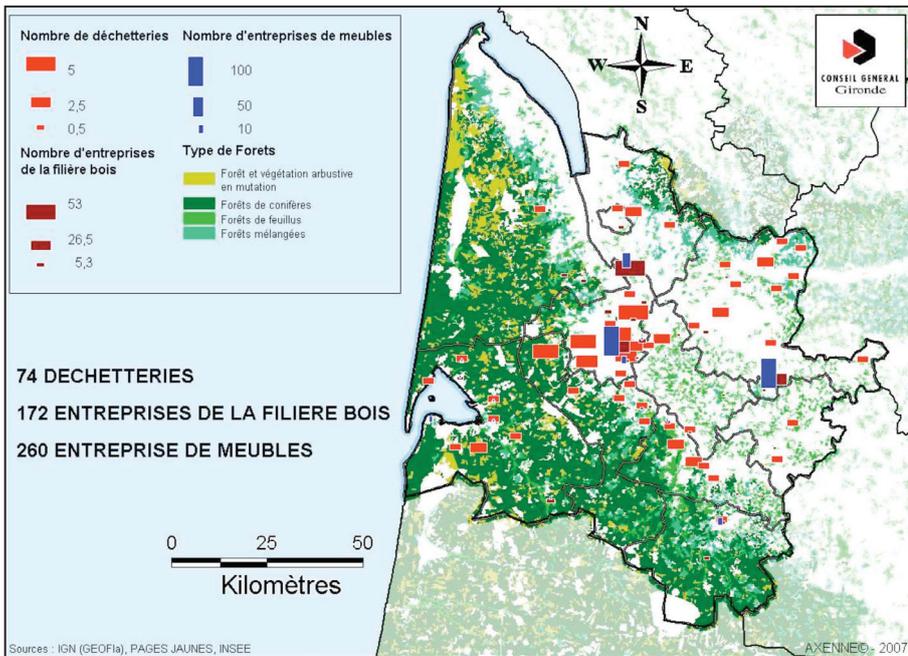
Les gisements du bois énergie

Une ressource : le bois... Des usages : des productions thermiques et électriques

De la même façon que pour le solaire thermique, les filières bois trouvent des applications pour la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage, avec des technologies et des puissances adaptées selon qu'elles s'adressent aux particuliers, aux collectifs ou à des productions issues des secteurs industriel, agricole et tertiaire. Le particulier a recours à la traditionnelle cheminée à foyer ouvert, au foyer fermé, à la chaudière à bûches, à l'insert, au poêle voire à la chaudière automatique.

Le poêle permet principalement le chauffage d'une pièce s'il est peu puissant, mais peut aller jusqu'à alimenter un circuit de chauffage et produire l'eau chaude sanitaire pour les plus puissants.

Pour les usages collectifs et de production de chaleur, les chaudières automatiques et les réseaux de chaleur sont préférentiellement retenus. Par exemple, une commune ou un site composé de plusieurs bâtiments a un intérêt particulier à mettre en place un réseau de chaleur entre des bâtiments suffisamment proches tels que une mairie, une école, une maison de retraite, une piscine, une caserne de pompiers, voire un immeuble d'habitations ; la commune devient alors leur fournisseur d'énergie. L'essentiel du gisement se concentrera sur ces applications.



Encadré 13 - La localisation des entreprises de la filière bois en Gironde

Etude des conditions de rentabilité économique d'une chaudière collective automatique au bois

L'étude est réalisée ici pour un exemple : un bâtiment de 4 000 m², nécessitant une puissance de chauffage totale de 420 kW (besoin en chauffage de 750 MWh/an).

Hypothèses de calcul

- bâtiment de collectivité de 4 000 m²,
 - besoin en chauffage de 750 MWh/an,
 - puissance totale de chauffage de 420 kW,
 - la chaudière bois couvre 80% des besoins, soit 600 MWh ; sa puissance est de 200 kW,
 - la chaudière d'appoint couvre le reste des besoins (150 MWh) ; sa puissance est de 420 kW,
 - le combustible bois : plaquettes, d'une humidité de 35 %, à 70 €/t HT.
- A noter que l'usage du granulé est plus adapté à des besoins thermiques de plus faible puissance de l'ordre de 100 à 150 kW.

Coût estimé de l'installation

- L'investissement de cette installation s'élève environ à 320 000 € au total :
- Chaudière bois : 55 000 €
- Equipement chaufferie bois (dont dessileur) : 63 000 €
- Chaudière appoint : 48 000 €
- Equipement chaufferie (appoint) : 42 000 €
- Génie Civil (chaufferie + silo) : 61 000 €
- Maîtrise d'œuvre, contrôle, sécurité : 27 000 €
- Equipements de diffusion intérieure (radiateurs) : 20 000 €

Rentabilité économique - Rejet de gaz à effet de serre (Co₂ évité) par comparaison avec des solutions dites de référence

Energie utilisée	Gaz nat.	Fioul	Propane	Electricité
Temps de retour sur investissement (ans)	14	6	1	6
TRI sur 20 ans (hors VR)	5,7%	21%	103,4%	18,7%
Rejet de CO ₂ évité (kg/an)	123 000	162 600	138 600	108 000

Remarque : Les calculs tiennent compte des aides financières possibles (PRAE 2007). Les économies réalisées dépendent du prix de l'énergie substituée et de son évolution future, ainsi que du rendement de l'appareil correspondant.

Il en résulte que pour cette installation, la solution bois énergie plus un appoint est intéressante financièrement comparativement à toutes les autres solutions, bien qu'un peu limitée par rapport au gaz naturel, le temps de retour sur investissement étant de 14 ans pour une durée de vie des équipements estimée à au plus 20 ans. Le temps de retour est presque immédiat par rapport à une installation alimentée au propane.

Encadré 14 - FILIERE BOIS ENERGIE - Exemple d'étude comparative entre la filière bois énergie et les filières traditionnelles pour le chauffage d'un bâtiment collectif

Un gisement substantiel de bois énergie ...

L'estimation à minima du gisement brut du bois énergie s'élève à 217 000 tonnes issues des ressources forestières et connexes des scieries, auxquelles s'ajoute le potentiel représenté par les bois de rebut et d'élagage.

Les gisements nets

Pour les besoins de l'évaluation des gisements nets, l'étude a retenu l'habitat, les bâtiments tertiaires, les bâtiments publics, auxquels peuvent s'adjoindre les autres bâtiments à usage de commerces, de production industrielle non comptabilisés a priori en raison de la faiblesse des données. Notons cependant que les projets retenus au titre de l'appel à projet CRE 1,2 et 3 ont vocation à être intégrés au bilan Enr de la Gironde.

Les poêles, inserts et chaudières automatiques au bois pour particulier

Les cibles retenues concernent les maisons de taille suffisamment significative pour accueillir des stockages de bois en substitution aux installations à base de fioul ou de propane. Les propriétaires équipés d'un chauffage électrique s'orientent plus difficilement sur le bois énergie, une telle installation supposant de faire des travaux pour les émetteurs de chaleur et le réseau hydraulique (ils s'orienteront plutôt sur un poêle ou un insert).

Dans l'habitat neuf, 60 % des maisons construites chaque année sont retenues car c'est la part estimée des maisons de plus de 150 m², susceptibles d'accueillir une chaudière automatique au bois.

Chaudières automatiques au bois pour les collectifs et les bâtiments publics / tertiaires

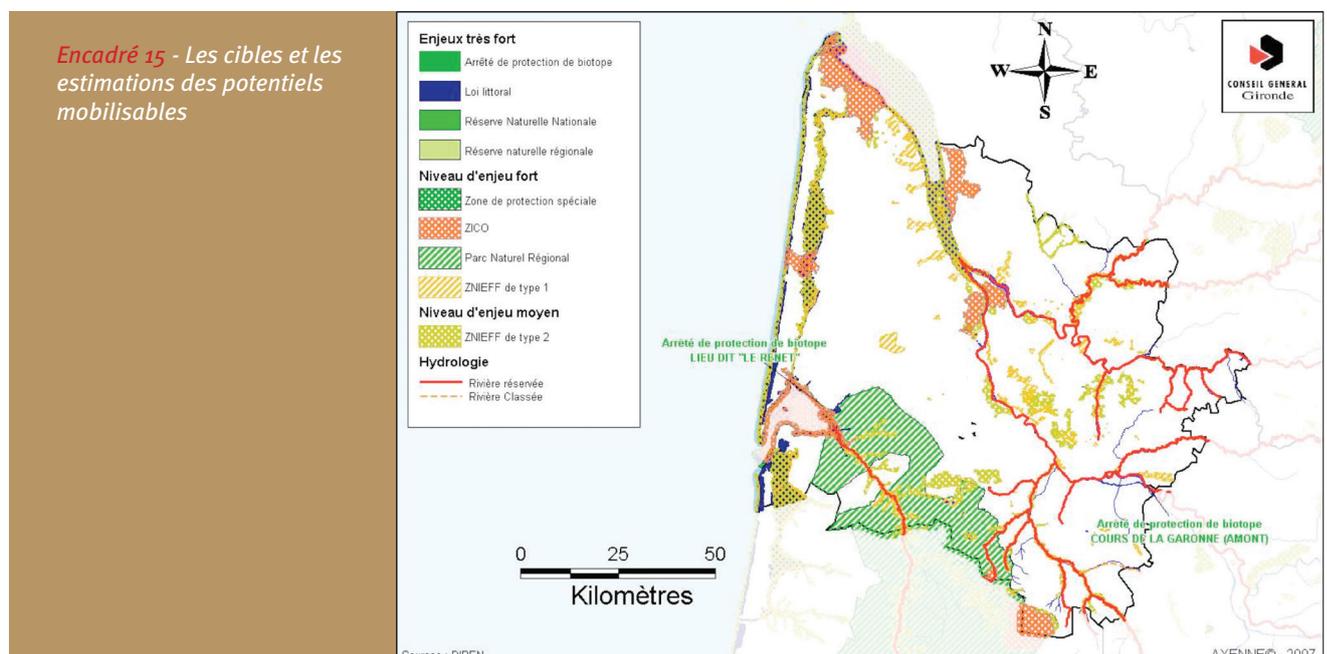
Seules les installations sur des bâtiments neufs ont été comptabilisées. Ainsi, les bâtiments d'enseignement, culture et loisirs, santé, action sociale et hébergement ont été retenus ; 20 % d'entre eux ont été définis comme cible, car le bois énergie n'est pas adaptable à tous les bâtiments (besoins, accessibilité, disponibilité de l'espace ...).

Il est cependant possible de mettre en place une chaudière bois dans un bâtiment existant, voire même de créer un réseau de chaleur bois alimentant un réseau de bâtiments existants. Ce type de projets, plus difficile à mettre en œuvre que sur des bâtiments neufs, est surtout plus difficile à recenser. L'**encadré 14** présente à titre d'exemple une étude comparative entre la filière bois énergie et les filières traditionnelles pour le chauffage d'un bâtiment collectif.

Le potentiel de développement du bois énergie

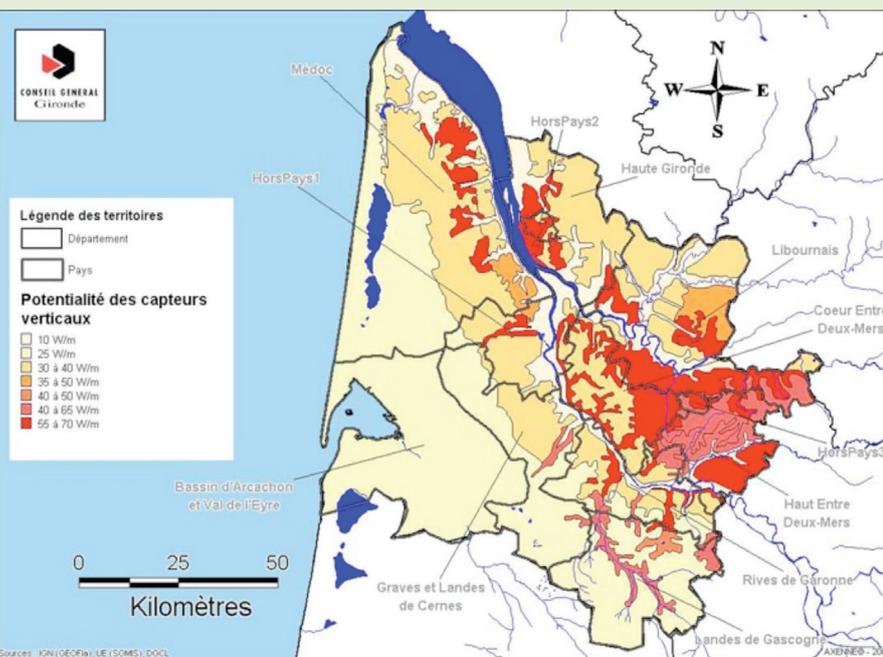
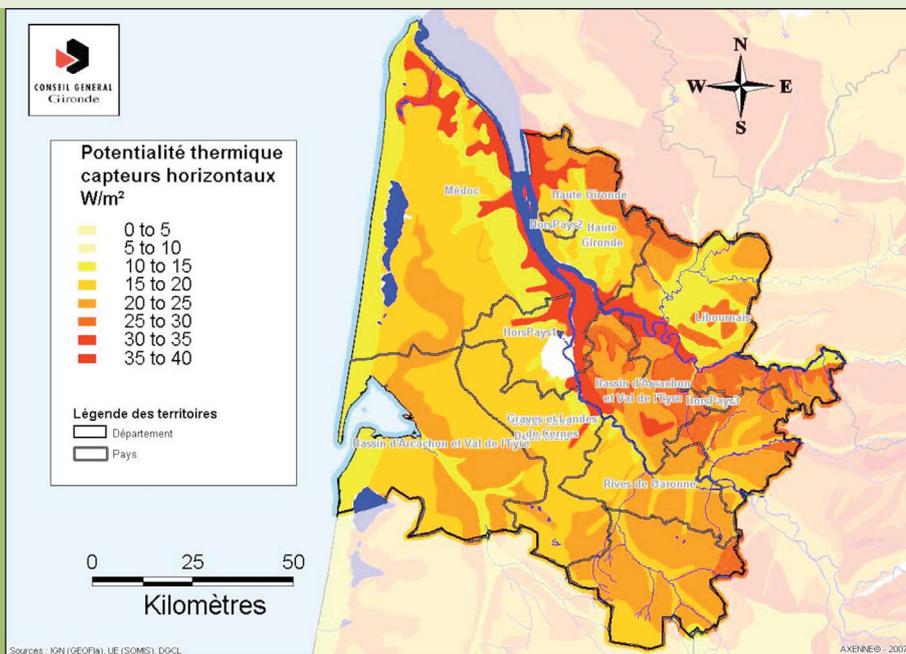
Au final, l'estimation du gisement net du bois s'élève à 704 GWh par an, pour un nombre d'installation estimé à 54 000, pour l'ensemble du patrimoine existant et neuf. L'**annexe 5** présente, dans le détail, les cibles et les estimations mobilisables.

Encadré 15 - Les cibles et les estimations des potentiels mobilisables



Encadré 16 - Potentialité des capteurs géothermiques horizontaux en Gironde

La valorisation d'une telle énergie passe par la mise en oeuvre de réseaux enterrés à une profondeur de l'ordre de 60 cm, pour permettre de récupérer les calories dans le sol. Cette technique est donc bien adaptée à des projets d'habitat individuel disposant d'une terrain de surface adaptée.



Encadré 17 - Potentialité des capteurs géothermiques verticaux en Gironde

Le potentiel de chaleur augmente avec la profondeur des capteurs verticaux.

Localement, les caractéristiques d'un terrain peuvent différer de celles de la zone, le potentiel est donc à vérifier in situ.



2.4 - La géothermie

La géothermie consiste en l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Cette chaleur est produite pour l'essentiel par la radioactivité naturelle des roches constitutives de la croûte terrestre. Elle provient également, pour une faible part, des échanges thermiques avec les zones internes de la terre dont les températures s'étagent de 1 000°C à 4 300°C.

L'accroissement de la température en fonction de la profondeur est appelé « gradient géothermal ». Sur la planète, il est en moyenne de 3,3°C par 100 mètres, le flux d'énergie thermique à l'origine de ce gradient étant de l'ordre de 60 MW/m². Ces valeurs peuvent être nettement supérieures dans certaines zones instables du globe et même varier de façon importante dans les zones continentales stables. Ainsi, le gradient géothermal est en moyenne de 4°C tous les 100 mètres en France et varie de 10°C/100 m dans le nord de l'Alsace à seulement 2°C/100 mètres au pied des Pyrénées. Dès lors, le type de géothermie sera distingué en fonction des niveaux de températures attendues (Source : «La géothermie» BRGM - ADEME).

De fait, la géothermie trouve trois grands types d'applications :

- la distribution de chaleur permettant la couverture des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire notamment pour des logements collectifs. Plusieurs installations de ce type existent en Gironde : 1 500 logements à la Benaugue (Bordeaux), 1 526 logements à Saige Formanoir (Pessac), des bureaux du quartier Mériadeck à Bordeaux, des ensembles mixtes comprenant bureaux et logements (base aérienne 106 à Mont-de-Marsan),
- l'utilisation de la ressource géothermique comme « matière première » pour la production de biens de consommation, c'est le cas de l'installation géothermale de Mios-le-Teich qui par cette énergie puisée du sol permet le maintien de la température de bassins d'élevage d'esturgeons,
- la valorisation énergétique associant la distribution de chaleur et l'activité de production. C'est le cas par exemple de l'installation de chauffage de la piscine thermale, des chambres d'hôtels et des bâtiments communaux situés à St-Paul-les-Dax.

La géothermie très basse énergie

La géothermie « très basse énergie » se caractérise par une profondeur de nappe inférieure à 100 m et par des températures inférieures à 30°C. L'énergie du sous-sol et des aquifères qui se trouve à cette profondeur est utilisée plus particulièrement pour le chauffage et le rafraîchissement de locaux par l'intermédiaire de pompes à chaleur (PAC), car à cette profondeur, la température du sous-sol reste insuffisante pour une alimentation directe par simple échange thermique.

Capteurs horizontaux

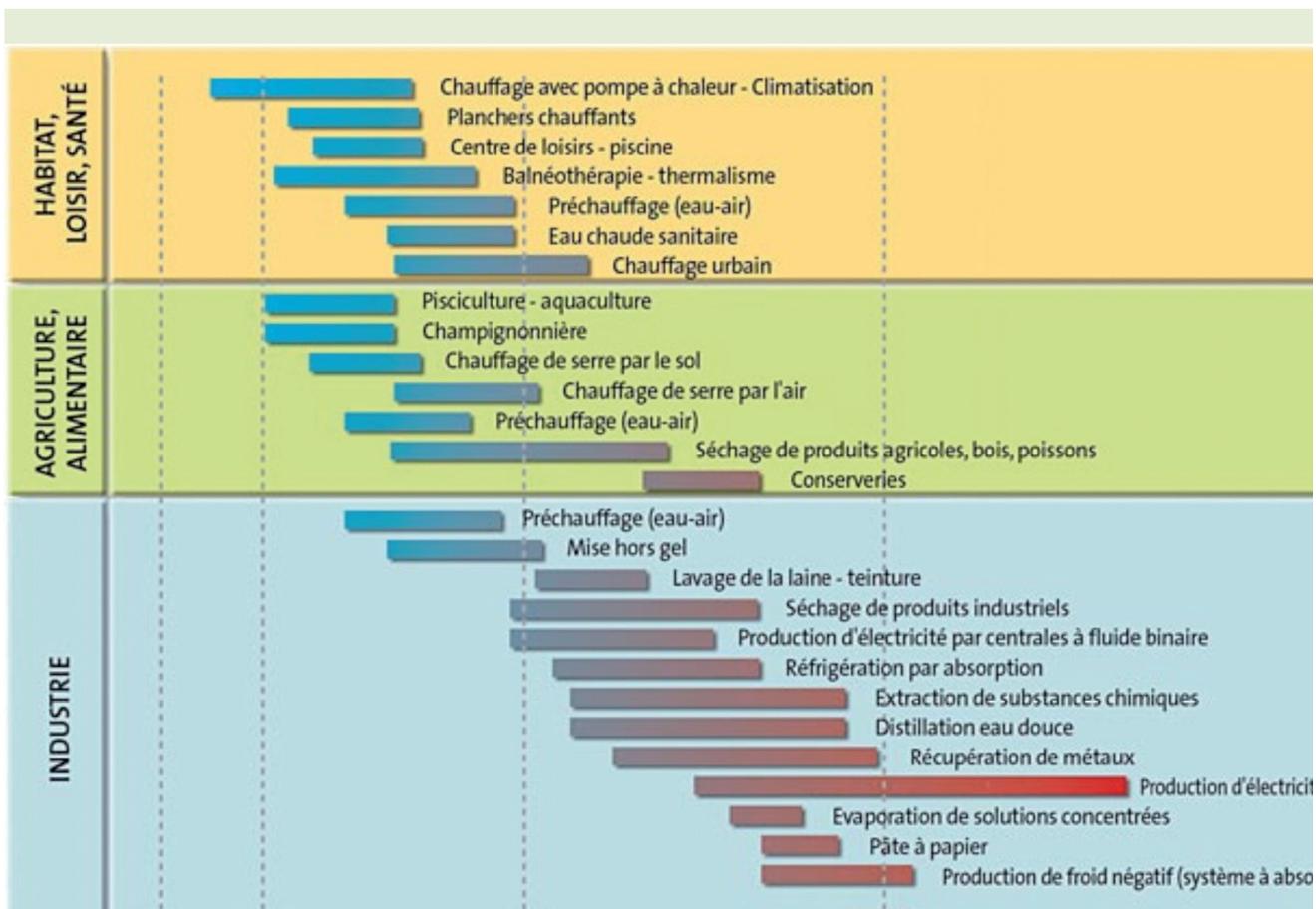
La conductivité thermique d'un terrain diffère selon deux paramètres principaux : son humidité et sa texture. Plus un sol est humide et sa texture fine, meilleure sera sa conductivité thermique. Le potentiel géothermique a donc été déterminé en croisant ces deux types de données sur tout le territoire de la Gironde. Les cartes d'humidité et de texture du sol, en [annexes 6 et 7](#), établies à partir du serveur EUROSOL (portail de la Commission Européenne sur les sols en Europe) restituent les potentiels mobilisables.

L'[encadré 16](#) présente les potentiels de la géothermie surfacique à l'échelle du département de la Gironde. Ces cartes permettent de visualiser un potentiel géothermique global par zone, même si les caractéristiques d'un terrain peuvent différer localement et donc modifier le potentiel.

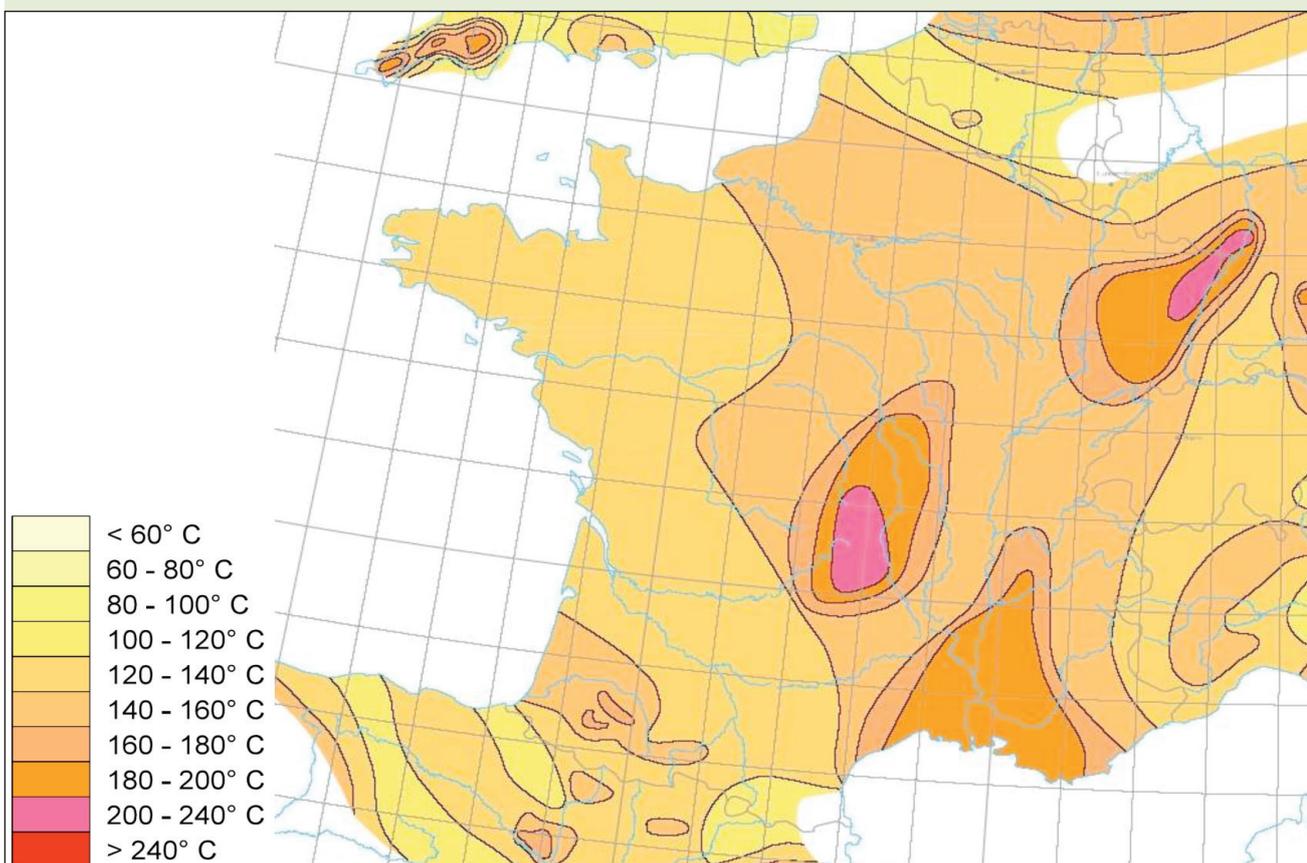
Les zones situées le long de la Garonne et de son estuaire, dans le Haut Entre-Deux-Mers, le Cœur Entre-Deux-Mers et le nord-est de la Haute-Gironde apparaissent comme les plus favorables. A contrario, les zones les moins favorables sont essentiellement situées le long du littoral.

Capteurs verticaux

Le potentiel géothermique d'un sol pour la captation par des capteurs verticaux dépend essentiellement du type de sol rencontré. C'est la raison pour laquelle, la carte de potentiel de la Gironde est réalisée à partir de la carte géologique. L'[encadré 17](#) rend compte de ce potentiel à l'échelle du département de la Gironde. Les zones a priori les plus propices à l'installation de capteurs géothermiques verticaux se situent entre les deux fleuves Garonne et Dordogne. Les zones littorale et sud du département semblent à contrario de moindre intérêt.



Principales utilisations de la géothermie en fonction des températures des prélèvements (BRGM - ADEME)



Encadré 18 - Températures extrapolées à 5 kilomètres de profondeur (Source : BRGM)

La géothermie basse énergie

La géothermie basse énergie se caractérise par des températures comprises entre 30 et 90°C. Elle est destinée au chauffage urbain, à certaines utilisations industrielles, au thermalisme ou encore à la balnéothérapie. L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires à des profondeurs comprises entre 1 500 et 2 500 mètres. L'extraction de la chaleur du sol n'est possible que lorsque les formations géologiques constituant le sous-sol sont poreuses ou perméables et contiennent des aquifères¹⁰ (nappe souterraine renfermant de l'eau ou de la vapeur d'eau).

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a établi une carte des ressources en France. Celle-ci indique que la Gironde est un bassin sédimentaire profond dans lequel on trouve des aquifères de manière continue. L'**encadré 18** présente la cartographie réalisée pour laquelle les températures sont extrapolées à cinq kilomètres de profondeur. Le Bassin aquitain possède une structure géologique un peu complexe. Les formations aquifères sont nombreuses mais peu étendues ; les plus profondes se trouvent au pied des Pyrénées, enfouies jusqu'à dix kilomètres dans le sous-sol. Deux zones particulièrement favorables ont été découvertes dans la région Aquitaine : l'une forme un croissant au nord et au nord-est de Bordeaux et l'autre descend du bassin d'Arcachon à Bayonne avant de s'élargir vers l'est au pied des Pyrénées.

Les **annexes 8 et 9** présentent ces structures géologiques et les aquifères et le potentiel géothermique du Bassin Aquitain (Source BRGM - SNEA). Il ressort de ces données, que les principaux réservoirs de géothermie à plus de 60°C en Aquitaine sont formés de terrains sédimentaires (Crétacé, Jurassique supérieur, Lias et Trias) qui reposent sur le socle ancien. Les formations sont de type poreux (grès, sables, calcaires oolithiques, dolomies...) ou de type fissuré ou karstique (calcaires poreux ou non).

La géothermie haute énergie

La géothermie haute énergie se caractérise par des températures supérieures à 150°C. Les réservoirs, généralement localisés entre 1 500 et 3 000 mètres de profondeur, se situent dans des zones de gradient géothermal anormalement élevé. Lorsqu'il existe un réservoir, le fluide peut être capté sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité. Les applications de la géothermie profonde (plus de 3 000 m de profondeur) sont encore au stade de la recherche ; l'exploitation d'une telle source d'énergie est destinée à la production d'électricité ou au chauffage.

L'atlas européen des températures du sous-sol à environ 5 000 mètres de profondeur permet de connaître les températures du sous-sol en Gironde : elles s'étalent entre 120 et 140°C. A titre de comparaison, la température du sous-sol à Soultz-sous-Forêts se situe entre 200 et 240°C ; à cet endroit, dans le fossé rhénan, un programme de recherche a démarré en 1987 dans le cadre d'une collaboration européenne, avec la perspective de pouvoir mettre en exploitation à terme cette énergie des profondeurs : l'exploitation des roches chaudes et non plus des nappes.

En Gironde, les températures à 5 000 mètres de profondeur ne sont pas suffisantes pour ce type de projet.

L'estimation du gisement net de géothermie

Une ressource : la chaleur du sous-sol... Des usages : des productions thermiques et électriques selon la température des gisements

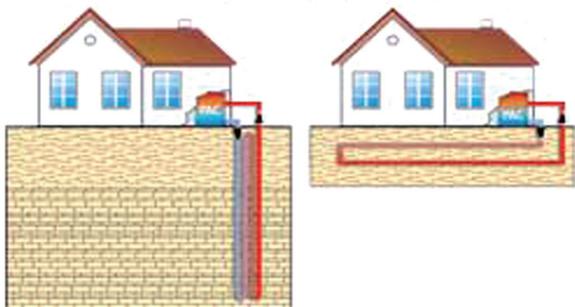
Comme pour le solaire, les filières géothermiques permettent donc de produire de la chaleur tant pour des installations individuelles que collectives. La géothermie est diversifiée et ses utilisations varient en fonction de la profondeur de captage et de la température.

La géothermie de surface pour l'habitat individuel

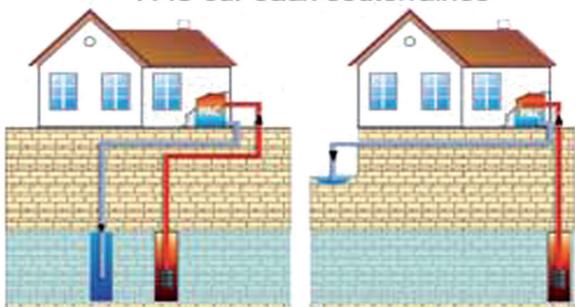
Dans l'habitat individuel, l'énergie exploitable est la géothermie de surface, dite «très basse énergie» ; elle peut être utilisée pour le chauffage d'habitations par l'intermédiaire de pompe à chaleur, voire pour le rafraîchissement.

¹⁰ Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation.

PAC sur le sous-sol



PAC sur eaux souterraines

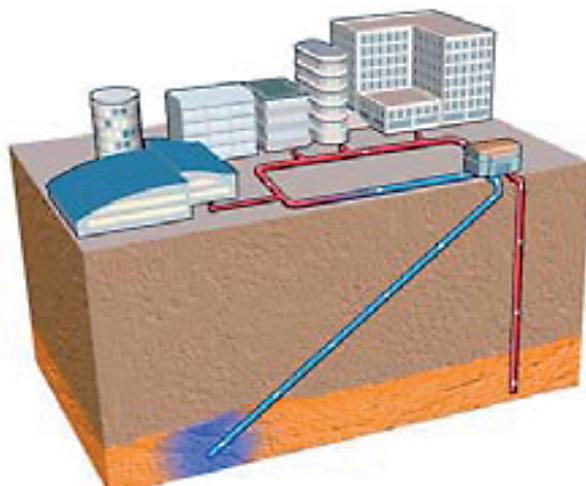


Encadré 19 - Principe d'une installation géothermie couplée à une pompe à chaleur (PAC)

(Source : BRGM - ADEME)

Encadré 20 - Principe d'une installation géothermie couplée à une pompe à chaleur (PAC) pour un ensemble de bâtiments collectifs

(Source : BRGM - ADEME)



Pour estimer les gisements nets d'installation de pompes à chaleur dans l'habitat individuel envisageable, les hypothèses suivantes ont été prises en compte :

- les pompes à chaleur utilisant des capteurs verticaux sont plutôt installées dans les maisons existantes, car cette technique présente moins de contraintes de disponibilité de terrain,
- les pompes à chaleur utilisant des capteurs horizontaux sont plutôt installées dans des maisons neuves, cette technique étant moins onéreuse à l'investissement et les conditions de mise en oeuvre plus aisées.

Pour les maisons existantes, seules les maisons chauffées avec les énergies les plus «onéreuses» - le fioul et le propane - ont été retenues comme cibles au regard des difficultés techniques d'adaptation. S'agissant des maisons neuves individuelles construites chaque année il a été affecté un coefficient permettant de retranscrire les différentes potentialités sur le territoire de la Gironde auquel a été appliqué un coefficient de 50 % de réduction afin de tenir compte des difficultés d'implantation des capteurs horizontaux à savoir de disposer d'une surface de terrain adaptée (environ 1,5 fois la surface à chauffer), absence d'arbres, etc. Ces hypothèses ne reflètent pas strictement la réalité, mais les ordres de grandeur restent cohérents.

La géothermie de surface à usage de bâtiments collectifs, de bâtiments publics et de tertiaire

Considérant les difficultés de mise en place d'une pompe à chaleur et d'un forage sur nappe pour des immeubles, seul le gisement sur les immeubles neufs a été retenu pour l'évaluation du gisement net. Le nombre d'immeubles neufs construits chaque année a donc été affecté de coefficients permettant de retranscrire les différentes potentialités sur le territoire de la Gironde et les difficultés d'implantation des capteurs pour le chauffage d'un immeuble d'habitation. Reste qu'il convient de préciser que la réhabilitation de nombreux forages notamment existants sur la région bordelaise pourra donner l'occasion outre la poursuite de leur exploitation, de développer d'éventuelles extensions qui restent à apprécier à la date de publication de ce rapport.

Les autres voies de développement de la géothermie

La réhabilitation d'anciens forages pétroliers pour une utilisation géothermique (chauffage de bâtiments, réseau de chaleur, chauffage de serre ou d'installation piscicole, voire production d'électricité suivant les températures disponibles) peut certainement être envisagée sur un certain nombre d'entre eux. Une cinquantaine d'anciens forages (entre 1 700 m et 5 000 m de profondeur) a été identifiée essentiellement sur quatre communes. (Lège Cap Ferret, La teste de buch, Gujan Mestras, Lugos). L'installation d'une pisciculture à Mios-de-Teich en Gironde mise en service sur un ancien forage, en constitue un exemple. Selon les données publiées par le BRGM, 70 tonnes d'esturgeons sont ainsi alimentés par rechauffage de l'eau d'une rivière à partir d'un forage situé à 1 830 mètres de profondeur (température d'eau de 74°C en tête de puit). L'économie d'énergie annuelle est estimée à 4 000 tep (Source : BRGM-ADEME).

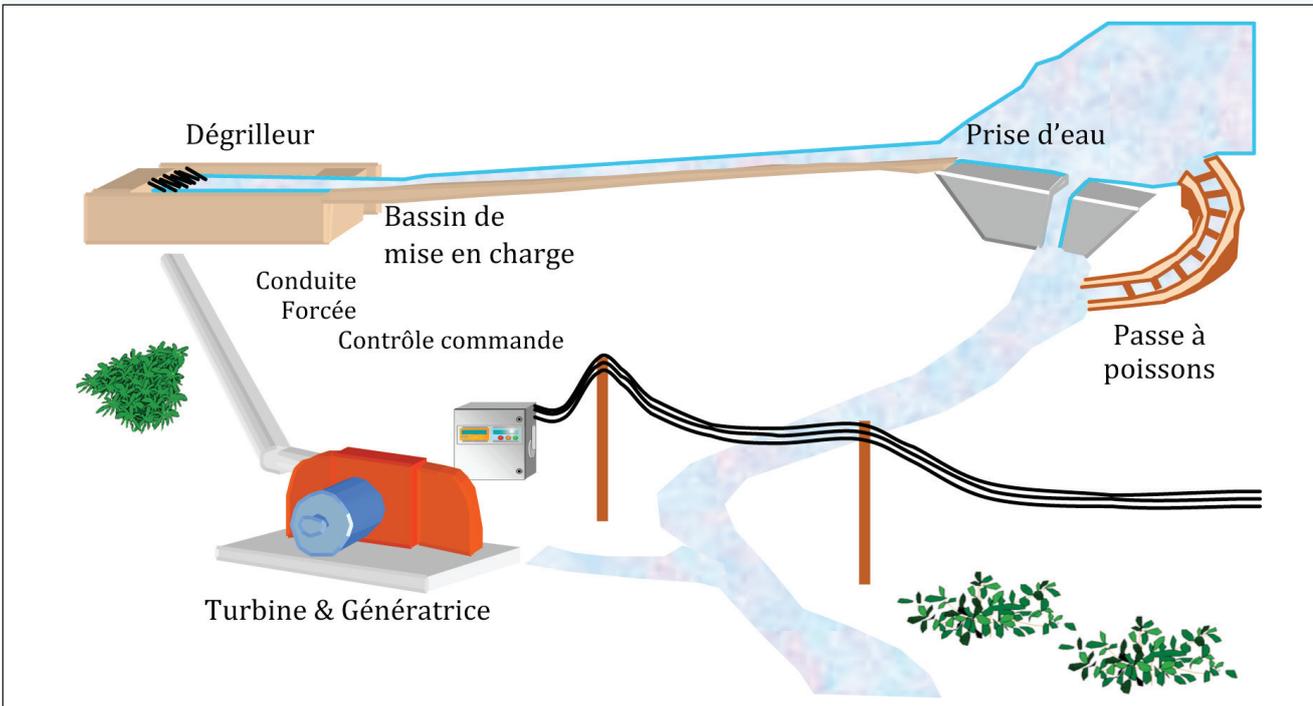
L'annexe 10 rend compte du positionnement des forages abandonnés ou non exploités en Gironde.

Des études concernant les débits probables, les températures, la profondeur et les caractéristiques du fluide ainsi que l'état de l'ouvrage sont nécessaires pour déterminer un potentiel effectif. Cependant, en première approche, la réhabilitation de dix forages pour des installations de 1 MW chacune produisant 50 GWh/an au total est retenue au titre du potentiel valorisable.

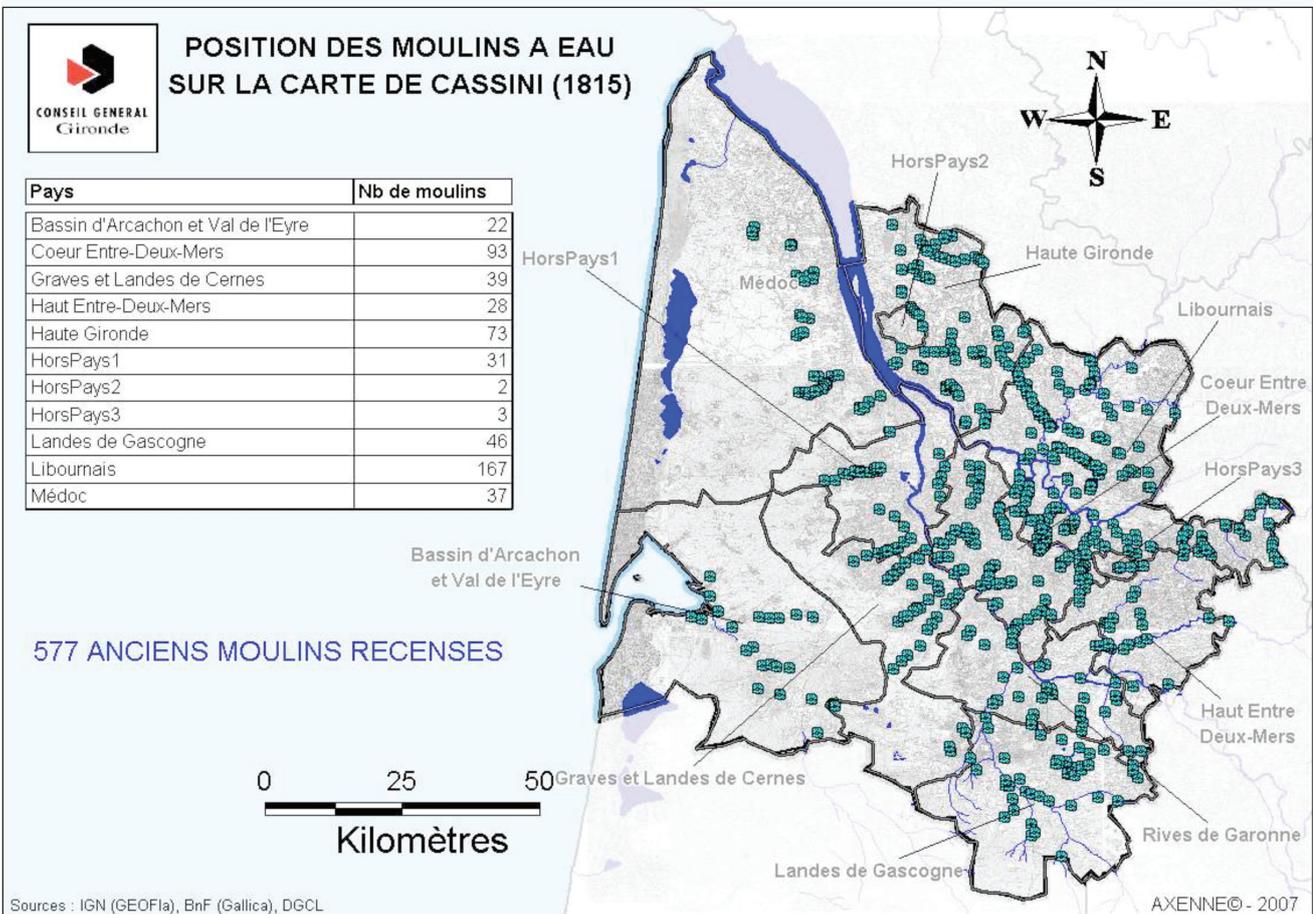
Le potentiel de développement de la géothermie

En conséquence, le gisement net de la géothermie est estimé à 138 GWh/an pour un nombre d'installations de l'ordre de 2 900, ce chiffre intègre le potentiel de réhabilitation de dix anciens forages.

Ce potentiel s'appuie sur la présence de plusieurs nappes exploitables situées dans le Médoc, autour du Bassin d'Arcachon et dans le Sud Est du département de la Gironde.



Encadré 21 - Schéma de principe d'une centrale hydroélectrique



Encadré 22 - Filière hydraulique : Anciens moulins ayant des droits d'eau fondé en titre en Gironde



2.5- L'hydroélectricité

Une turbine hydroélectrique produit de l'électricité à partir de l'énergie potentielle de l'eau définie par une hauteur de chute et un débit. Il existe plusieurs types de roues en fonction des hauteurs de chute d'eau et des débits disponibles. Ainsi, les puissances vont de quelques centaines de Watts à plusieurs MégaWatts.

Il faut distinguer trois cas :

- le turbinage sur une rivière ou un cours d'eau : l'eau est amenée par une conduite forcée depuis un barrage ou une prise d'eau,
- le turbinage de l'eau potable : la turbine est placée directement sur une conduite d'eau potable,
- le turbinage des eaux usées : la turbine est placée juste avant la station d'épuration sur la conduite d'eaux usées ou alors, en sortie de la station d'épuration sur la conduite d'eau épurée.

Le potentiel de turbinage sur adduction d'eau potable ou traitement d'eau usée est difficilement définissable à l'échelle d'un département ; l'étude doit être menée sur des territoires locaux. Pour cette raison, les résultats présentés ci-après, ainsi que l'évaluation des gisements nets, se limitent aux ouvrages existants non équipés et aux anciens moulins (Cf. **Encadré 21**).

Les ouvrages existants non équipés

Seize barrages sont actuellement présents sur le territoire de la Gironde mais ne sont pas utilisés à des fins de production d'hydroélectricité. Ce sont tous des barrages au fil de l'eau ou des barrages de retenue. Parmi ces barrages, on retrouve deux anciens moulins et deux anciennes usines hydroélectriques. Ils sont situés sur les rivières du Dropt, de l'Isle, de la Dronne, du Ciron et sur le Canal des Etangs. Hors, toutes ces rivières (hors canal) sont des rivières réservées : il s'agit des cours d'eau ou portions de cours d'eau, désignés par décret en Conseil d'Etat, sur lesquels aucune autorisation ou concession n'est donnée pour les entreprises hydrauliques nouvelles (article 2 de la loi du 16 octobre 1919 sur l'utilisation de l'énergie hydraulique). La carte en **annexe 11** localise leur positionnement ¹¹.

Il n'y a donc pas de potentiel sur les barrages existants pour ceux non utilisés à des fins de production d'hydroélectricité.

Les anciens moulins du XVIIIe siècle

Il est intéressant de se pencher sur l'existence d'anciens moulins car, si ceux-ci ont fonctionné par le passé, ils disposent en conséquence d'un droit d'eau fondé en titre qui leur est attaché. Le recensement des anciens moulins du XVIIIe siècle est rendu possible par l'existence de la Carte de Cassini dressée par ordre du roi Louis XV. La Carte de Cassini est la plus ancienne des cartes de la France entière à l'échelle topographique. Cette carte établie de 1683 à 1744 ne fut terminée qu'en 1815.

La présence sur la carte de Cassini d'un moulin signifie que ce moulin s'est vu attribuer un droit d'eau fondé en titre (avant 1789). Si le moulin existe toujours et que le droit d'eau peut être retrouvé, les démarches administratives nécessaires à l'obtention de l'autorisation d'utiliser l'énergie hydraulique ne sont plus nécessaires. Le droit d'un propriétaire d'un ancien moulin reste assujéti à la force hydraulique pour le débit et les caractéristiques des ouvrages stipulés dans son droit d'eau.

Au total, 577 moulins à eau sont recensés sur la carte de Cassini.

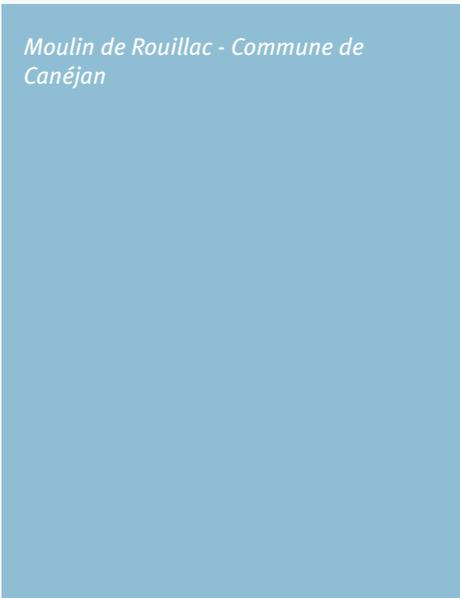
Ces moulins constituent une cible globale ; la possibilité de les rénover dépend ensuite de l'accessibilité du site, du débit actuel du cours d'eau sur lequel il est implanté, des contraintes environnementales et des caractéristiques du droit d'eau (caractéristiques du bief, autorisation de prélèvement, etc). La plupart du temps, ces anciens moulins sont la propriété de particuliers. 160 moulins sont encore indiqués sur la carte IGN au 1:25 000° de la Gironde, ce qui signifie qu'ils existent encore, parfois à l'état de ruines cependant (Cf. **Encadré 22**).

¹¹ Pour en savoir plus : <http://www.eaufrance.fr/> Ce portail est le point d'entrée du Système d'information sur l'eau (SIE). Il a pour but de faciliter l'accès à l'information publique dans le domaine de l'eau en France.



Moulin de La Borie - Commune de Blasimon

© Association des Amis des Moulins



Moulin de Rouillac - Commune de Canéjan

© Association des Amis des Moulins



Moulin de Barrage - Commune de Porchères

© Association des Amis des Moulins

Photos : FDMF - <http://www.fdmf.fr>

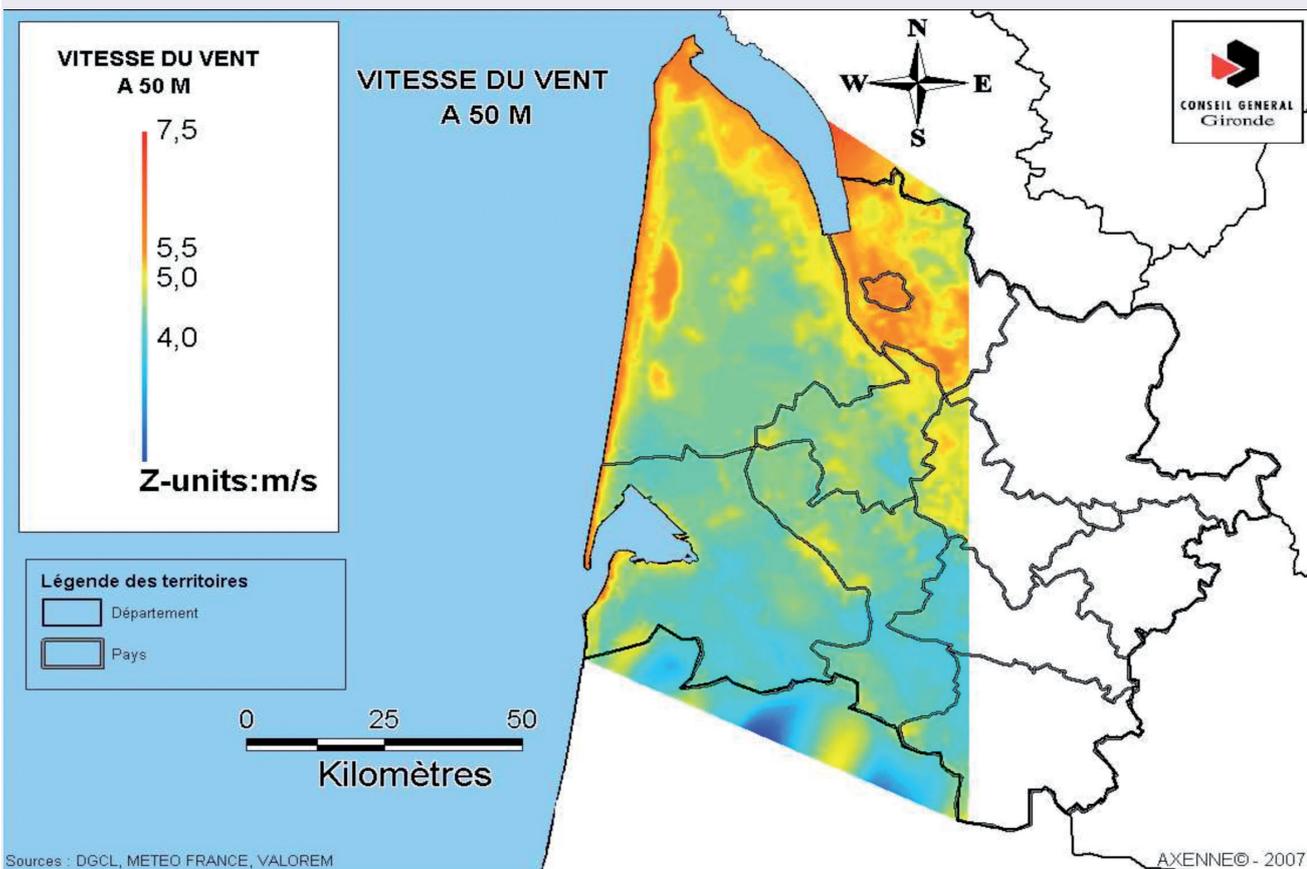
Pour les installations de production d'hydroélectricité, le gisement net peut être trouvé en superposant le gisement brut avec les contraintes de protection environnementale. Sur les 577 moulins recensés sur la carte de Cassini, 160 ont été retrouvés sur la carte IGN au 1:25 000^e actuelle : c'est le gisement brut qui sera retenu dans le cadre de cette étude. En ajoutant les données de protection environnementale, ce chiffre diminue fortement.

Finalement, seule une vingtaine de moulins peut être réhabilitée, étant données les contraintes réglementaires et environnementales. Les contraintes techniques de réhabilitation sont cependant à étudier au cas par cas.

Au titre de cette étude, on peut estimer la puissance réhabilitable à 2,7 MW ce qui représente une production annuelle de l'ordre de 3,2 GWh/an.

Le Conseil Général tient à la disposition des communes et à leurs groupements, les compléments d'études des moulins en Gironde, réalisés, sous la maîtrise d'ouvrage départementale, par l'association Girondine des amis des moulins (AGAM) affiliée à la fédération des moulins de France.

La carte en [annexe 12](#) rend compte de la position de ces moulins par rapport aux zonages environnementaux.



Encadré 23 - Gisement éolien à 50 mètres de hauteur du sol à partir des données de l'atlas du littoral Aquitain (source : Axenne)



2.6- L'éolien

Une éolienne est un dispositif qui utilise la force motrice du vent. Cette force peut être utilisée mécaniquement (dans le cas d'une éolienne de pompage), ou pour produire de l'électricité (dans le cas d'un aérogénérateur). Elle se compose de plusieurs pales (généralement deux ou trois) qui récupèrent l'énergie cinétique du vent. En tournant, le rotor entraîne un arbre raccordé à une génératrice électrique qui se charge de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

Les puissances des éoliennes sont très variables et s'étendent de quelques centaines de watt jusqu'à plusieurs mégawatt pour la plus puissante.

En 2002, l'ADEME et le Conseil Régional d'Aquitaine ont réalisé une évaluation du gisement éolien sur le littoral aquitain. L'évaluation des gisements bruts et nets de l'éolien développée ci-après s'appuie donc sur ces résultats d'étude.

L'exposition au vent du territoire girondin

Une éolienne commence à produire de l'électricité dès que le vent atteint une vitesse de l'ordre 4 mètres par seconde, environ. Cependant, une vitesse de 6 m/s minimum est nécessaire pour atteindre une rentabilité économique. Les évolutions technologiques et économiques peuvent conduire les porteurs de projets à considérer, dans les années à venir, les zones dans lesquelles la vitesse du vent est de 5,5 m/s. Comme l'indique la carte du gisement éolien élaborée à partir des données de l'Atlas du littoral aquitain (ADEME-Valorem), les zones les plus propices se situent sur la bande littorale et la Haute Gironde compte tenu de la vitesse suffisante pour envisager l'implantation d'éoliennes.

«En Gironde [...] environ 300 km² dépassent la moyenne de 5,5 m/s, parmi lesquels environ 30 km² dépassent les 6 m/s à 50 mètres. On notera enfin [...] que 79 % de la fraction girondine possède un gisement véritablement insuffisant (< 5 m/s)» (Source : Extrait du rapport d'évaluation du gisement éolien sur le littoral aquitain en ce qui concerne le potentiel éolien de la Gironde réalisé par le Conseil Régional d'Aquitaine).

L'**annexe 13** complète cette analyse, en considérant le critère le plus contraignant pour l'implantation d'éolienne, à savoir un éloignement de principe de 500 mètres des zones d'habitation.

Depuis une étude, réalisée par la Compagnie du vent en 2008, complète la cartographie du gisement éolien, des contraintes et des servitudes en Aquitaine.

En 2009, la Gironde a connu une seule zone de développement de l'éolien. Le dispositif de zone de développement éolien (ZDE), qui a été adopté par arrêté préfectoral du 20 mars 2009, porte sur une production maximale d'électricité de 70 mégawatt sur la communauté de communes de l'estuaire. D'autres créations de ZDE sont en projet à la date du présent rapport, cette démarche étant indispensable pour prétendre bénéficier de l'obligation d'achat d'énergie électrique.

Parallèlement, les acteurs de la filière font valoir nombre d'atouts significatifs qu'il importe d'évaluer au cas par cas :

- une technologie fiable et éprouvée,
- une très faible quantité de CO₂ émis sur l'ensemble du cycle de vie d'une éolienne : 0,008 t CO₂/MWh contre 0,05 t CO₂/MWh pour le nucléaire et 0,87 t CO₂/MWh pour une centrale à charbon d'efficacité thermique de 40 %¹²,
- des impacts environnementaux faibles sous réserve de respecter les exigences d'implantation,
- des déchets très faibles par comparaison à d'autres filières que constituent le nucléaire ou les centrales à charbon,
- des conditions favorables en Gironde : un continuum de vastes territoires peu denses en population, propices à l'implantation de parcs éoliens de taille importante sans impact pour les riverains, des forêts récentes, monospécifiques abritant une biodiversité réduite minimisant l'impact sur la flore et offrant un paysage peu sensible à l'implantation d'éoliennes, des hauts fonds relativement éloignés avec un trafic maritime faible favorisant les implantations offshores.

Depuis, l'étude présentée par la Préfecture de la Région Aquitaine confirme l'existence d'un potentiel favorable au développement d'installations offshores (Cf. www.géolittoral.equipement.gouv.fr). En l'état actuel des technologies, le choix s'est porté sur des éoliennes fixes en mer, les éoliennes flottantes n'étant pas considérées mature, au stade de prototype.

¹² Caisse des Dépôts, Développement des énergies renouvelables : Quelle contribution du marché du carbone ? Décembre 2008.



Éclairage public équipé d'une source autonome : éolienne et photovoltaïque



Parc éolien (Source : ERELIS)

L'estimation du potentiel éolien terrestre

Un des points les plus importants lors de l'étude d'opportunité d'un projet éolien est bien sûr le gisement éolien du site, ce qui suppose des caractéristiques de vitesse et de turbulence bien précises.

La faisabilité d'un projet ne pourra être validée qu'après implantation d'un mât de mesure du potentiel éolien sur le site en développement, afin de caractériser exactement le potentiel éolien disponible en terme de vitesse, de puissance, mais aussi de turbulence et de cisaillement. Généralement, un mât d'une cinquantaine de mètres de hauteur est utilisé. Ce dernier est muni de plusieurs anémomètres et girouettes de précision, reliés à une centrale d'acquisition et à un dispositif de communication à distance. Plusieurs autres instruments sont aussi nécessaires, comme un hygromètre et un thermomètre afin de déterminer exactement la densité de l'air.

Une ressource : le vent... Des usages : des productions d'électricité autonomes ou connectées aux réseaux

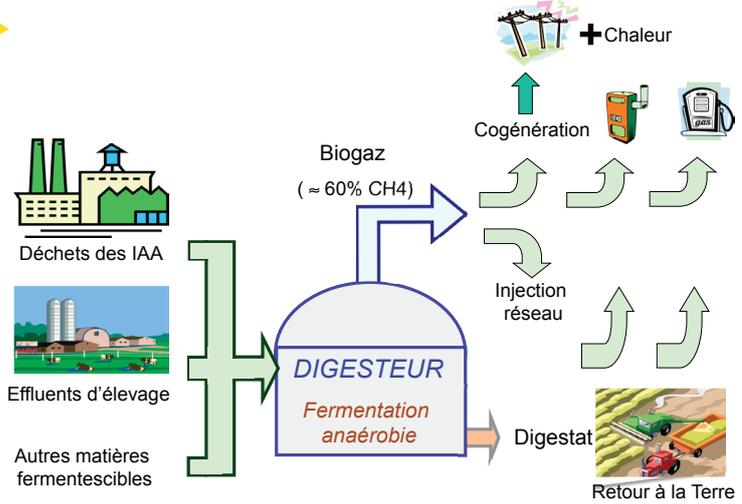
A partir des données de vent de la Gironde, le critère d'analyse retenu pour l'évaluation du gisement net éolien est l'éloignement de principe de 500 mètres entre une éolienne et une habitation. Cette distance n'a pas un caractère réglementaire, à la date du présent rapport, cependant en pratique, des modifications sont envisagées dans le cadre de la loi Grenelle II.

La carte donne une première estimation du gisement net issue de cette approche (annexe 13) et propose une identification de la contrainte d'éloignement par rapport aux habitations (500 m).

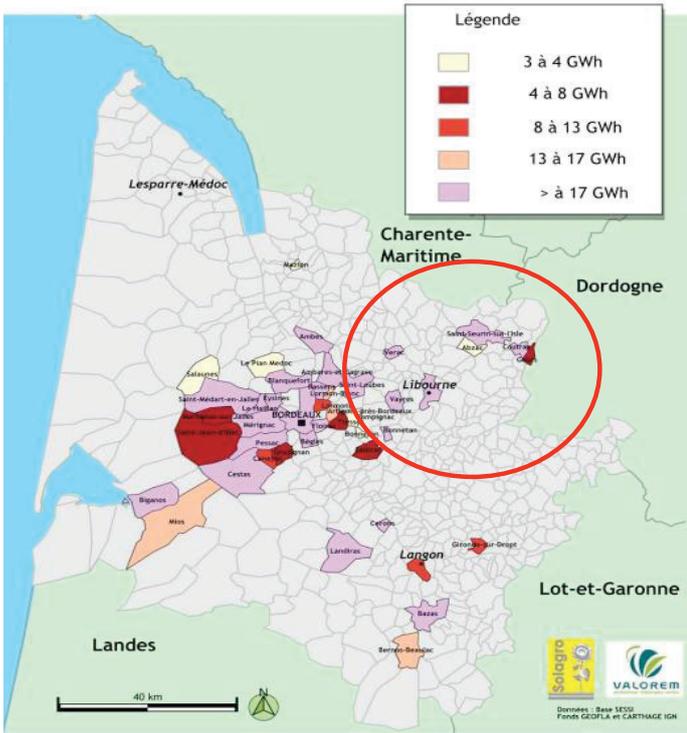
Selon cette approche, le gisement permettrait d'implanter sur le territoire girondin, de l'ordre de deux parcs éoliens de 6 machines de 2 MW chacune pour une puissance totale de 24 MW et une production de 60 GWh par an.

A ces gisements s'ajoutent d'autres potentiels issus de quelques technologies innovantes : parcs offshore, éoliennes pour une implantation urbaine. Ces projets appellent des études spécifiques et feront l'objet de l'appel à projets organisé par l'Etat courant 2010.

Encadré 24 - Schéma de principe du processus de méthanisation



(Source : SOLAGRO)



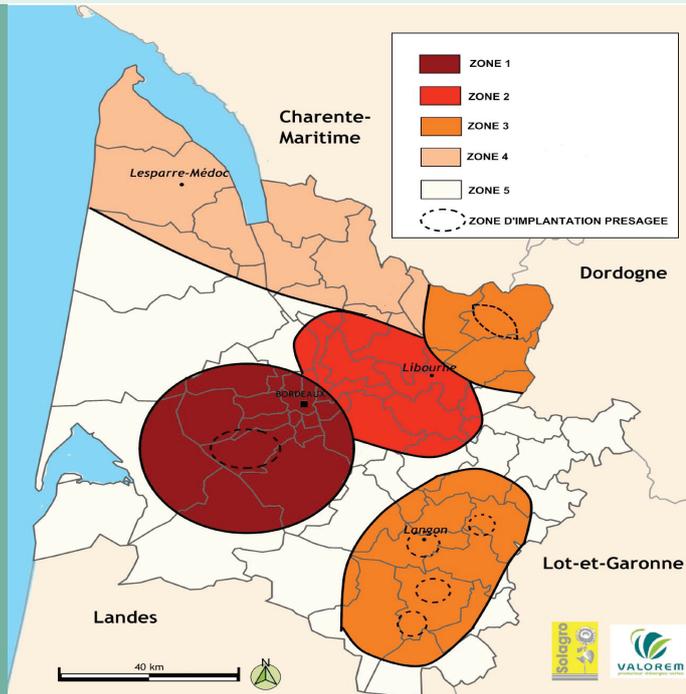
Encadré 25 - Localisation des consommations de chaleur en Gironde

Il est important d'identifier les besoins de chaleur à proximité des projets d'unité de méthanisation car la rentabilité économique d'un projet dépend de trois facteurs principaux :

- les matières entrantes,
- les débouchés de chaleur,
- la valorisation du digestat.

Encadré 26 - Propositions de scénarii de développement au croisement des besoins de chaleur et des potentiels de production

- Zone 1 (Bordeaux) et zone 2 (Libourne) : projets collectifs
- Zone 3 : projets semi-collectifs
- Zone 4 : projets individuels à la ferme
- Zone 5 : projets individuels à examiner au cas par cas





2.7- Le biogaz - méthanisation

Une ressource : le vent... Des usages : des productions thermiques et d'électricité autonomes ou connectées aux réseaux

Le biogaz est la résultante de la méthanisation ou digestion anaérobie de la part fermentescible de la matière organique. Le gisement brut qui en découle s'établit à partir de différentes sources :

- Les déchets urbains,
- La part fermentescible des déchets ménagers et de restauration : leur introduction dans les processus de méthanisation nécessite une collecte sélective,
- Les boues des stations d'épuration : la méthanisation permet d'éliminer les composés organiques et offre une certaine autonomie en énergie à la station,
- Les effluents agricoles : la réglementation rend obligatoire les équipements de stockage des effluents (lisier, fumier) pour une capacité supérieure à 4 mois. Ce temps de stockage peut être mis à profit pour la méthanisation des effluents. Il s'agit des déjections animales, mais aussi des autres déchets agricoles et agro-alimentaires : résidus de culture et d'ensilage, effluents de laiteries, retraits des marchés, gazons, etc,
- Les effluents des industries agroalimentaires peuvent être méthanisés. Le but est principalement d'éviter le rejet de matières organiques trop riches et de développer une valorisation énergétique.

Le plus couramment, la valorisation du biogaz se traduit par la production de chaleur, d'électricité et de biocarburant. Des projets sont notamment conduit dans ce sens en Suède notamment ¹³. Les digestats (résidus issus du processus de méthanisation) sont quant à eux utilisés dans les cultures sous forme d'engrais. D'autres applications résultant d'études spécifiques peuvent être envisagées. Citons en exemples, le chauffage et l'enrichissement en dioxyde de carbone de serres ou le reformage du méthane pour produire de l'hydrogène renouvelable.

Les gisements pour la méthanisation

Fort de 65 milliers de tonnes de matières organiques, le gisement recensé est à 80 % d'origine agricole. Il se concentre plus particulièrement sur les parties Nord et Sud-Est du Département et dans l'Ouest de Bordeaux. Le gisement agro-industriel représente 10 000 tonnes de matières organiques, essentiellement concentrées autour de Bordeaux et de Libourne.

Elaborées en fonction des gisements, des besoins de chaleur, des logiques d'acteurs et de territoire, les unités de méthanisation sont envisageables sous deux formes principales :

- les unités collectives ou semi collectives fondées sur une approche de territoire pouvant regrouper des agriculteurs, des industriels et des communes, producteurs de matières fermentescibles.
- les unités individuelles ou semi collectives visant à traiter les déchets et à apporter un complément de revenu à l'activité principale ; en agriculture, il s'agit de la méthanisation à la ferme.

La chaleur étant un facteur discriminant de l'équilibre économique des projets, l'identification des zones pouvant accueillir des unités de méthanisation passe par la mise en corrélation de la répartition géographique des gisements organiques et des consommateurs potentiels de chaleur. Or, des zones à forts gisements agricoles et agro-industriels présentent aussi des besoins importants en chaleur. Suite à ce constat, des unités de co-digestion collective au Sud de l'agglomération bordelaise, autour de Coutras, de Libourne et de Bazas pourraient constituer des projets viables. Les autres territoires de la Gironde sont plus propices à la mise en place d'unités de méthanisation à la ferme dont la rentabilité est assurée par la vente de l'électricité.

Nous proposons au lecteur de se reporter à l'étude spécifique à la filière «méthanisation» confiée par le Département de la Gironde aux cabinets d'étude VALOREM et SOLAGRO, dont quelques résultats sont présentés aux encadrés 25 et 26.

¹³ En Suède, l'Agence de l'énergie soutient le projet GoBiGas à Göteborg qui prévoit la construction de 2 unités (100 MW en tout) qui produiront 800 GWh de biométhane en 2016 (utilisé entre autres comme carburants dans les véhicules). Cela sera fait à partir de biomasse cellulosique en produisant d'abord du gaz de synthèse. Le projet Värmland (100 MWth), prévoit la construction d'une unité de production de méthanol à partir du bois, ayant une capacité de 116.000 millions de litres par an. (Source : <http://www.enerzine.com>)



Un module : 50 m x 30 m x 12 m

Mighty Whale (Japon) fonctionne par la compression de l'air grâce au mouvement des vagues. Cet air passe dans une turbine qui transforme ce mouvement en électricité.

Puissance disponible : 110kW /module
 Production annuelle : 50MWh/an
 Coût du kWh : nc



© <http://www.oceanlinx.com>

Oceanlinx (anciennement Energetech) développe un module de production situé en mer qui par le biais d'une chambre ouverte sous la ligne de flottaison va comprimer de l'air et faire fonctionner une turbine.

Puissance disponible : 1,5 MW
 Production annuelle : nc
 Coût du kWh : nc



© <http://www.pelamiswave.com>

Le mouvement des vagues entraîne la contraction des vérins qui sont entre les tubes de l'engin. Les vérins actionnent ensuite une génératrice qui produit de l'énergie.

Puissance disponible : 750 kW /module
 Production annuelle : 2,7 GWh/an
 Coût du kWh : 44 cts€/kWh

Un module : 150 m et 3,5 m Ø - 700 tonnes



© <http://www.wavedragon.co.uk>

Lövenmark a mis au point le WaveDragon qui utilise plusieurs techniques en même temps. L'eau est propulsée sur une rampe pour être ensuite turbinée.

Puissance disponible : 10 MW (16 turbines)
 Production annuelle : 20 GWh/an
 Coût du kWh : 11 cts€/kWh

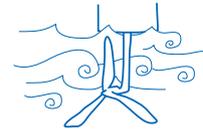
2 bras de 125 m
 1 rampe d'accès pour l'eau de 145 m



© <http://www.ips-ab.com>

La firme Interproject Service présente son «OWEC Buoy», qui fournit de l'énergie par compression verticale de deux pistons.

Puissance disponible : de 150 à 250 kW
 Production annuelle : 1,4GWh/an
 Coût du kWh : 4 cts€/kWh



2.8- Les technologies innovantes

Le présent chapitre relève brièvement quelques unes des filières non prises en compte dans les estimations des gisements, en raison de la difficulté à évaluer leur potentiel a priori. Pour autant, elles présentent de réels intérêts de développement.

La récupération de chaleur sur les réseaux d'eaux usées

Lors de leur évacuation, les eaux usées ont une température moyenne comprise entre 10° et 20° selon la région et les saisons. Issues de nos cuisines, salles de bains, lave-linge et lave-vaisselle, les calories des ces eaux grises peuvent être utilisées pour le chauffage ou le refroidissement des bâtiments, par le recours à une pompe à chaleur. Un échangeur thermique permet de récupérer les calories dans les canalisations d'évacuation et de les transférer aux bâtiments via une pompe à chaleur. Le système étant réversible, il permet de rafraîchir les bâtiments en été lorsque la température des eaux usées est inférieure à la température intérieure des bâtiments.

Cette technique existe tant à l'échelle d'un bâtiment que d'un ensemble plus conséquent tel qu'un réseau d'assainissement. Dans ce dernier cas, les avantages résultent de la disponibilité tout au long de l'année d'une ressource continue et bon marché et de la production à proximité du consommateur, d'un système réversible : chauffage en hiver, rafraîchissement en été.

Cependant, ce système est plutôt adapté au milieu urbain dense, car il nécessite un débit suffisant. A titre indicatif, il est estimé qu'un projet trouve un équilibre économique à partir d'un nombre d'habitants compris entre 8 000 et 10 000 ou un nombre de 600 logements pour un lotissement. Au delà, plusieurs paramètres sont à prendre en compte, notamment, les besoins à satisfaire, la performance des équipements. En outre, son installation plus complexe peut s'avérer plus onéreuse sur un parc ancien de bâtiments selon les travaux adaptatifs à réaliser.

La France compte plusieurs réalisations de ce type. La Communauté Urbaine de Bordeaux projette le recours à cette technologie pour le chauffage de l'hôtel de la communauté existant.

L'énergie de la mer

Il existe essentiellement 5 filières rattachées à l'énergie de la mer :

- l'énergie houlomotrice qui exploite les vagues,
- l'énergie hydrolienne qui exploite les courants,
- l'énergie marémotrice,
- l'énergie thermique des mers,
- l'énergie de la biomasse algale.

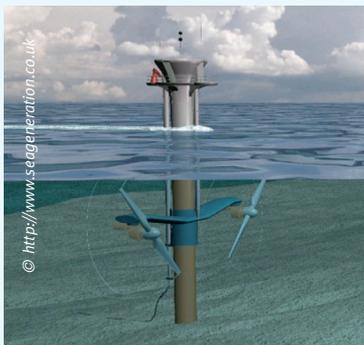
Cette dernière filière, qui consiste à utiliser la biomasse algales pour produire des agro carburants n'est pas abordée dans ce chapitre. De même, nous n'aborderons pas l'énergie marémotrice puisqu'il existe une seule usine au monde, le barrage de la Rance, qui n'a pas fait école, tant les impacts sur l'environnement ont été importants (envasement, etc).

L'énergie houlomotrice

Deux techniques sont principalement utilisées pour convertir l'énergie des vagues en énergie électrique :

- transformer l'énergie des vagues en variation de pression ou d'équilibre hydrostatique. Il s'agit généralement de systèmes qui permettent de comprimer de l'air à partir du mouvement des vagues. Cet air est ensuite acheminé à une turbine qui produit de l'électricité. Une autre alternative est d'utiliser la compression verticale d'une colonne d'eau pour fournir de l'énergie à une turbine à eau ou à air.
- transformer le mouvement ondulatoire des vagues en mouvement de rotation ou de bascule d'éléments mécaniques. Au vu du nombre de projets en développement, cette technique remporte le plus d'adhésions. Les systèmes existants peuvent être installés au bord des côtes ou en mer.

L'encadré 27 présente à titre d'illustration quelques uns des projets les plus avancés qui bénéficient de prototypes déjà en fonctionnement voire de sites en exploitation. Les notions de coûts sont indiquées à titre informatif et ne doivent pas être utilisées pour de quelconques calculs de rentabilité avant que les projets ne soient au stade de l'industrialisation. Le nombre de sociétés et de projets en cours de développement laisse présager d'un avenir certain pour ces énergies.



Le projet SeaGen (1 MW) de Marine Current Turbines Ltd (utilisant le courant de marée) est en fin de développement. EDF Energy, la filiale britannique d'EDF, y a investi 3 millions d'euros.

Puissance disponible : 1,2 MW
 Production annuelle : 1,3 GWh/an
 Coût du kWh : 11 cts€/kWh

© <http://www.hydro-gen.fr>



Montage photo d'un prototype de 50kW
 Dimension 10m sur 8 m.

La société Hydro-Gen (Finistère) développe une grosse roue à aube flottante enchâssée dans une structure tuyère profilée de type catamaran fonctionnant au grès des courants de marée qui s'inversent toutes les 6 heures environ. La machine tourne donc dans un sens pendant les 6 heures du flot (courant de marée montante) avec un maximum en milieu de période. Elle s'arrête pendant la renverse et est actionnée en sens inverse pendant les 6 heures de jusant (courant de marée descendante) avec, là aussi, un pic à mi-marée.

Les machines sont embossées (ancrées de l'avant et de l'arrière) en chaînes dans l'axe du courant de façon à capter un maximum de courant sur une surface minimum.

© <http://www.hydrohelix.fr>



La société Hydrohelix a développé, à partir d'un brevet de turbine dédiée au captage de l'énergie hydrocinétique des courants marins, une technologie spécifique basée sur un concept original d'écran de turbines posées sur le fond marin.

Ces turbines sont stabilisées par gravité et / ou ancrées en fonction de la nature du fond. Elles sont pré-orientées face aux courants de marée et le profil de leurs pales permet de capter le flot et le jusant. Le rotor activé, à faible vitesse (10 à 15tr/mn), par le flux de la marée, entraîne une génératrice, laquelle exporte à la côte sa production électrique par un câble sous-marin ancré et ensouillé à son atterrissage.

A l'instar d'une éolienne, un module d'électronique de puissance régule la production électrique issue d'une machine à vitesse variable pour livrer un signal électrique conforme aux spécifications du réseau national.

<http://www.jamstec.go.jp>

Encadré 28 - Exemple de projets d'hydroliennes



Encadré 29 - Éolienne urbaines de type Darrieus (Source : Windwall) et modèle Savonius le plus répandu principalement aux Pays-Bas (Source : Windside)

L'énergie hydrolienne

Les hydroliennes utilisent les courants marins pour produire de l'électricité. Il s'agit soit d'hydroliennes «axiales», semblables à des éoliennes sous-marines, soit d'hydroliennes à ailes battantes. L'**encadré 28** présente quelques unes des applications.

L'énergie thermique des mers

L'énergie thermique des mers utilise la différence de chaleurs entre les eaux de profondeur et de surface de la mer. L'utilisation de l'énergie thermique des mers (ETM) et ses dérivés, comme l'utilisation des eaux froides du fond, mérite que l'on s'y attarde car cette technologie bien avancée est déjà mise en œuvre dans la zone intertropicale notamment. La climatisation par utilisation de ces eaux est déjà une réalité et, très bientôt, un hôtel de Bora Bora, en Polynésie française, va recourir à ce procédé. Il est connue en anglais sous le nom d'« Ocean Thermal Energy Conversion ou OTEC ».

L'énergie thermique des mers n'est pas réservée aux seules zones tropicales. En France, la commune de La Seyne-sur-Mer dans le Var s'équipe d'un système innovant de chauffage (l'hiver) et de climatisation (l'été) à partir d'eau de mer sur une friche industrielle de 40 ha reconvertie en zone de technologies avancées.

Cette commune devient du coup la première de l'Union Européenne à mettre en œuvre une installation ETM. Depuis janvier 2005, une société monégasque y réalise un « échangeur thermodynamique avec l'eau de mer », entré en service en 2007. Il dessert 60 000 mètres carrés de bâtiments (550 logements, théâtre, centre de conférences) dans un rayon de 600 mètres et assure l'intégralité des besoins de climatisation et de chauffage.

L'eau de mer, captée à plusieurs mètres de profondeur, traverse un échangeur de chaleur doté de serpentins de titane transférant alors ses frigories ou calories (selon la saison) à un circuit d'eau douce. En été, l'eau douce est refroidie de 6°C par l'eau de mer, qui est rejetée plus chaude de la même température. Pour favoriser la dispersion et limiter au maximum l'impact du réchauffement sur le milieu maritime, le rejet en mer se fait en plusieurs endroits. En hiver, l'eau salée apporte une partie de ses calories à l'eau douce utilisée alors pour le chauffage. L'investissement s'élève à 2,5 millions d'euros et sera rentabilisé au bout de 7 ans seulement. Entre 2007 et 2009, l'équipement a été testé et s'il répond aux espoirs placés en lui, deux autres équipements du même type sont d'ores et déjà envisagés sur la commune de la Seyne sur Mer.

Les éoliennes urbaines

Depuis un certain nombre d'années, un nouveau type d'éoliennes de petite taille et de petite puissance, destinées à être implantées en milieu urbain, a vu le jour. Cette nouvelle technologie permet d'élargir le choix en matière d'énergies renouvelables. De la même manière que pour le photovoltaïque, les éoliennes urbaines produisent de l'électricité sur site, évitant toutes pertes de transport et permettant également de répondre aux exigences de production d'électricité verte. Cependant, ces petites éoliennes en milieu urbain sont des produits appartenant à un marché de niche encore naissant. Les installations et les connexions au réseau sont également assez limitées.

Vecteur énergétique

Les éoliennes urbaines sont généralement connectées au réseau basse tension via un onduleur délivrant un courant sinusoïdal de 230 V mono ou triphasé de 50 Hz.

Energie finale produite

La production énergétique d'une éolienne urbaine dépend de deux facteurs principaux : la puissance nominale qui se situe en moyenne entre 5 et 6 kW par machine et le nombre d'heures de fonctionnement à pleine puissance calculé sur une année pouvant aller de 1 000 à 2 000 h/an pour un site bien exposé. La production d'électricité d'une éolienne urbaine est relativement faible et dépend de la vitesse et de la disponibilité du vent. Il est donc difficile de prévoir à l'avance la production d'une machine.

Le marché des éoliennes urbaines

Les éoliennes urbaines sont des turbines adaptées à un nouveau potentiel énergétique qui impose des contraintes particulières que sont la turbulence, les vitesses de vent affectées par l'environnement, les vibrations, le bruit ou encore les considérations d'aménagement. Elles peuvent se classer en deux grandes catégories suivant l'orientation de l'axe de leurs pales, horizontal ou vertical. Les éoliennes urbaines à axe horizontal sont en tout point similaires aux éoliennes classiques (de type hélice) quant à leur principe de fonctionnement. A contrario, les éoliennes à axe vertical ont été conçues pour répondre aux contraintes engendrées par les turbulences du milieu urbain. Les éoliennes urbaines à axe horizontal se caractérisent quant à elles par leur petite taille, allant de 5 à 20 mètres, par le diamètre des pales (2 à 10 m) et par leur puissance atteignant pour certaines 20 kW.

Filière	Estimation de l'énergie du potentiel par filière (GWh par an)	Estimation du potentiel d'installations et d'équipements
Bois-energie	703 GWh/an	54 000
Solaire photovoltaïque	634 GWh/an	263 776
Géothermie	138 GWh/an	2 870
Solaire thermique	67 GWh/an	22 400
Eolien	62 GWh/an	Installations de 24 MW
Biogaz Méthanisation	19 GWh/an	4
Hydraulique	2,3 GWh/an	27 anciens moulins
Soit un total Enr	1 625 GWh/an	

Ce bilan compte indistinctement les filières de productions thermique et électrique hors installations spécifiques, indiquées au chapitre 1. Le bilan concerne l'ensemble des secteurs (habitat individuel et collectif, tertiaires, commerces, industrie...)

Encadré 30 - Tableau récapitulatif des gisements mobilisables pour la Gironde et des installations envisageables par filière d'énergies renouvelables sur la base des hypothèses retenues au titre de cette étude.

3 > LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS DES ÉTUDES DE GISEMENTS

La détermination des gisements nets, réalisée au titre de cette étude, met en lumière de nombreuses potentialités, techniquement réalisables et économiquement viables. Nous retenons que toute filière présente un intérêt a priori selon les projets, les gisements disponibles et les besoins énergétiques du territoire.

3.1- Le bilan par filière

Si l'on garde à l'esprit l'ensemble des hypothèses de calcul de chaque filière nécessaire pour conduire cette évaluation, le gisement net global du territoire girondin représente un potentiel de 1,6 TWh/an, soit l'équivalent d'environ 63 % de la production des énergies renouvelables par rapport à celle de 2006. Très majoritairement, les constructions existantes recouvrent le potentiel le plus fort, puisqu'il représente plus de 80% des cibles d'investissement identifiées.

De loin, trois filières dominent : pour l'énergie thermique, le bois énergie et la géothermie, pour une production électrique, le photovoltaïque. Pour autant, les autres filières conservent toute leur pertinence. L'optimum de ces développements résulte du meilleur rapport coût / bénéfice ; le bénéfice considéré ici s'évalue en terme d'impacts environnementaux, de création d'emplois locaux, de développement économique du projet, d'enrichissement économique de la collectivité et de la population locale.

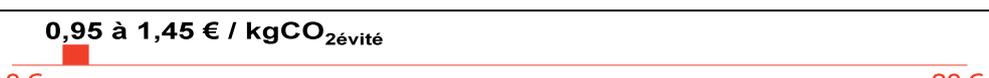
Les articles ci-après proposent de brosser le bilan de chaque filière.

Synthèse par filière

Le bois énergie. La Gironde est un département forestier, notamment grâce à l'important massif de pins maritimes situé sur la moitié sud-est du territoire. La ressource forestière est a priori déjà bien captée par les débouchés traditionnels de la filière bois, bien qu'il soit difficile de connaître précisément le taux de prélèvement actualisé. A titre de référence, pour 1999, le prélèvement en bois est estimé à 91% de la forêt girondine et la ressource non captée évaluée à 350 000 m³ environ par an. En outre, sur les 620 000 m³ de connexes de sciage produits en 2005 par les 50 scieries du département, 17 275 tonnes n'ont pas été commercialisées. A ce chiffre s'ajoutent les tonnages apportés par les tempêtes de 1999 et 2010 qui accroissent d'autant le potentiel exploitable, à court terme. Enfin, le bois de rebut, collecté notamment par les 74 déchetteries du département et les déchets d'élagage sont également des gisements envisageables pour le bois énergie. En définitive, l'ensemble constitue le plus fort gisement de développement d'énergies renouvelables repéré au titre de cette étude, au profit du chauffage des particuliers et des bâtiments en général, sachant que l'organisation de la filière bois énergie reste inégale sur le territoire girondin.

Les filières solaires thermique et photovoltaïque. Avec un gisement net estimé à 67 GWh/an pour le solaire thermique et à 634 GWh/an pour le photovoltaïque, ces filières représentent la seconde source de développement des énergies renouvelables. La valorisation sous forme de chaleur pour le solaire thermique et d'électricité pour le photovoltaïque vise autant l'habitat que le bâtiment en général. Offrant de multiples modes d'intégration à l'architecture des bâtiments, ces filières représentent un réel potentiel de développement en Gironde auquel participera de façon significative la mise en œuvre de parcs photovoltaïques. En favorisant le bâtiment à énergie positive, la réglementation envisagée pour 2020 sera à terme un facteur incitant au recours à ce type de technologies. Le plus grand défi se rapporte donc à l'équipement des bâtiments existants qui représentent de loin les cibles les plus importantes en nombre et en surface, qu'il s'agisse de l'habitat individuel, des bâtiments collectifs, tertiaires, ou de toutes autres bâtiments, pour des besoins thermiques et électriques.

La géothermie. La géothermie très basse énergie ou géothermie de surface est celle qui est exploitée par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur pour le chauffage (voire le rafraîchissement) des habitations et des bâtiments. Elle peut être mise en œuvre presque partout suivant les possibilités du terrain et de la construction. La chaleur récupérable varie en fonction de l'humidité du sol et de sa texture essentiellement, c'est la raison pour laquelle, en Gironde, les zones potentiellement les plus favorables pour des installations à capteurs horizontaux se situent le long et entre les deux fleuves : Garonne et Dordogne, ainsi qu'au nord de la Haute Gironde. En ce qui concerne les zones potentiellement les plus favorables pour les installations à capteurs verticaux, elles se situent entre les deux fleuves Garonne et Dordogne essentiellement. Concernant la géothermie basse énergie, le bassin aquitain présente des formations aquifères nombreuses mais peu étendues. Une zone particulièrement favorable a été découverte en Gironde : elle forme un croissant au nord et nord-est de Bordeaux. En revanche, la Gironde ne possède pas de potentiel pour la géothermie haute énergie. A ce potentiel s'ajoute la cinquantaine d'anciens forages pétroliers (entre 1 700 m et 5 000 m de profondeur) identifiée, principalement autour du bassin d'Arcachon ; leur réhabilitation est envisageable après étude complémentaire.

	Nombre d'€ investi pour chaque kgCO₂ évité pendant la durée de vie des équipements
Géothermie profonde	0,15 à 0,20€ / kgCO ₂ évité 
Bois-énergie	0,40 à 0,50 € / kgCO ₂ évité 
Solaire thermique	0,45 à 1,15 € / kgCO ₂ évité 
Hydroélectricité	0,95 à 1,45 € / kgCO ₂ évité 
Eolien	1 (parc éolien) 8 à 12 (éoliennes urbaines) 
Photovoltaïque	11 à 18,5 € / kgCO ₂ évité 

Encadré 31 - Performance des filières par rapport au CO₂ évité

Objectifs retenus lors du Grenelle de l'environnement	Situation du département de la Gironde en 2006	Simulation en 2020 avec les gisements identifiés sur le territoire
La part des énergies renouvelables dans leur ensemble sur la consommation totale (hors transport) doit atteindre 23% d'ici 2020	La part des énergies renouvelables sur la consommation totale est de 7%.	La part des énergies renouvelables sur la consommation totale pourrait atteindre 15%.
La part de l'électricité produite par les énergies renouvelables sur la consommation d'électricité doit être de 26% en 2010.	La part de l'électricité produite par les énergies renouvelables sur la consommation d'électricité sur le territoire est de 0,75%.	La part de l'électricité produite par les énergies renouvelables sur la consommation d'électricité ne devrait pas dépasser les 2% en l'état de connaissance des projets à la date de l'étude

Encadré 32 - Positionnement du territoire Girondin à 2006 et perspectives à 2020 au regard des objectifs du grenelle de l'environnement

L'hydroélectricité. Dans le cadre de cette étude, les gisements hydrauliques repérés reposent pour l'essentiel sur l'examen des moulins. Pour la Gironde, 160 moulins recensés sur la Carte de Cassini (1815) sont encore indiqués sur la carte IGN actuelle au 1/25 000. Les propriétaires de ces moulins possédaient par le passé un droit d'eau fondé en titre qui leur permettait d'utiliser l'énergie du cours d'eau. S'il est retrouvé, ce droit d'eau peut servir de support à des projets de développement et évite de longues démarches administratives, car sa validité est acquise suivant les caractéristiques pour lesquelles il a été accordé (débit, etc).

S'agissant du potentiel hydraulique des barrages non exploités à des fins de production, sur les 16 existants, 14 sont situés sur des rivières classées. Il est donc impossible d'imaginer les équiper dans un but de production d'énergie. Les deux restants sont situés sur un canal. Le potentiel hydraulique reste très limité, sauf à recourir à des techniques innovantes de valorisation de l'énergie de la mer.

L'éolien. D'une manière générale, la Gironde ne présente pas de potentiel éolien important. Environ 300 km² dépassent la moyenne de 5,5 m/s, parmi lesquels 30 km² dépassent les 6 m/s à 50 mètres de hauteur du sol (vitesses à partir desquelles les technologies actuelles rendent intéressante l'implantation d'une éolienne). Pour cette raison, le gisement net retenu pour l'éolien est estimé à 62 GWh/an. A ce modeste potentiel peuvent s'ajouter des gisements complémentaires s'appuyant sur des technologies innovantes telles que les parcs offshore et plus accessoirement les éoliennes en milieu urbain. Mais seules des études approfondies et ciblées permettront de confirmer la faisabilité de ces projets.

Le biogaz - la méthanisation. L'opportunité de la filière biogaz se situe notamment dans la satisfaction de besoins de chaleur et d'électricité communs à plusieurs activités. L'intérêt de ces installations réside dans la création d'un projet partagé et complémentaire tout particulièrement entre secteurs agricoles et industriels, auquel les acteurs publics peuvent contribuer. Leur soutien peut être de deux ordres : un apport de matières premières tels que des déchets verts, et le partage de l'énergie produite qui peut être exploitée par un réseau de chaleur. Quatre zones ont été identifiées comme propices au développement d'unités de méthanisation partagées : le sud de l'agglomération bordelaise, les zones de Coutras, de Libourne et de Bazas.

Des énergies renouvelables efficaces mais inégales face à la réduction de Co2

Les rejets de CO₂ évités par une installation utilisant une énergie renouvelable sont directement liés au type d'énergie qu'elle substitue : électricité ou chaleur produite à partir de gaz naturel, fioul, etc. C'est la raison pour laquelle les filières thermiques (géothermie, bois énergie et solaire thermique) qui remplacent souvent le gaz et le fioul, substituent beaucoup plus de CO₂ que les filières électriques (éolien, photovoltaïque et hydroélectricité).

Les différentes filières énergies renouvelables participent donc de manière inégale à la diminution des rejets de gaz à effet de serre. Les investissements induits par leur mise en oeuvre sont très variables, que ce soit en valeur absolue (comparer par exemple un forage pour la mise en place d'une installation géothermique et un chauffe-eau solaire) ou en valeur relative, c'est-à-dire en €/MWh produit (Cf. encadré 31).

3.2- La Gironde à l'horizon 2020

A titre indicatif, il est intéressant de comparer la situation énergétique actuelle avec les objectifs de développement des énergies renouvelables afin de mesurer le chemin à parcourir jusqu'à l'atteinte des 23% attendus. L'avancée des filières est inégale, cependant au regard des potentialités réelles dont dispose la Gironde, le développement de certaines filières permettra de compenser les autres.

Issue des travaux menés sur l'évaluation des gisements des différentes filières présentées aux chapitres précédents, l'encadré 32 ci-après restitue l'estimation de la part des énergies renouvelables dans la consommation de la Gironde à l'horizon 2020.

4 > CONCLUSION

Au regard des constats réalisés, si les gisements s'avèrent effectifs et exploitables, passer des gisements aux projets pose plusieurs interrogations. Il s'agit d'un compromis entre un état de besoin et des technologies évolutives dans un contexte d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques.

En guise de conclusion à cette première étape du schéma de départemental des énergies renouvelables, ce chapitre propose un tour d'horizon des enjeux et esquisse quelques réflexions issues du retour d'expérience de collectivités amenées à se positionner face aux demandes croissantes de développeurs et aux besoins des acteurs du territoire.

L'aménagement territorial, pour quels territoires ?

L'exploitation des gisements fait émerger trois évolutions majeures : une conception nouvelle du bâti construit voire des ouvrages d'art et des infrastructures, des évolutions dans les usages du foncier et une valorisation des ressources issues des sous-sols, intégrant des technologies aux impacts environnementaux jugés moindres.

Ce constat conduit à s'interroger sur les modalités d'actions.

- Doit-on favoriser l'implantation de panneaux photovoltaïques intégrés au bâti pour concilier l'adaptation des nouvelles technologies aux spécificités de l'architecture ? Bien que l'intégration ne soit pas propre à ce type d'équipement, cette évolution constructive ravive les débats touchant à l'aspect des constructions.
- Doit-on rechercher prioritairement l'implantation des installations conséquentes de type éolien et photovoltaïque dans des zones artificialisées, des délaissées, des sites pollués, des décharges, des carrières, des friches industrielles qui à cette occasion pourraient être aménagés et retraités ?
- Comment favoriser ou susciter une réflexion au niveau communal et intercommunal afin d'assurer une cohérence globale ? Les installations ayant une durée de vie d'au moins vingt ans, il convient de s'interroger sur les objectifs de territoire à l'horizon 2030.
- Quels sont les niveaux d'exigence à mettre en oeuvre pour l'insertion qualitative de ces projets dans l'environnement local (cadre de vie, bassin d'emplois, activités économiques, environnement...) ?
- Quels sont les impacts de ces développements sur les disponibilités énergétiques ? Les nouveaux investissements en matière électrique modifieront les données économiques et techniques de la couverture énergétique du territoire.

Ces questions se posent aux acteurs publics à l'échelle de leur territoire et au regard de leurs compétences institutionnelles, dans un contexte où la prise en compte de l'évolution des paysages, la richesse du patrimoine et la qualité des terroirs, valorisés notamment par l'agriculture, la sylviculture, la viticulture, le tourisme, constituent autant de défis à relever.

Quels enjeux économiques ?

La valorisation des énergies renouvelables induit principalement deux formes d'impact économique.

La première est liée à l'activité économique engendrée par la mise en oeuvre de ces technologies pour des consommations propres. Les retombées économiques résultent alors des investissements privés et publics, liés à la fabrication, à la conception, à l'acquisition, à la mise en oeuvre et à la maintenance de ces équipements. Cela suppose que le territoire dispose des compétences requises.

La seconde forme provient de la vente d'énergie, si l'acteur public s'engage dans la production électrique ou thermique de celle-ci. Dans ce dernier cas par exemple, cela implique que l'acteur public initie un réseau de chaleur sur lequel peuvent se raccorder des tiers consommateurs. Ainsi, selon les cas de figure, les revenus seront issus de :

- la vente d'électricité produite perçue par le maître d'ouvrage de l'opération (conventionnement avec ERDF pour une durée contractuelle en fonction du type d'installation),
- la vente d'énergie thermique produite par le maître d'ouvrage,
- des taxes perçues par les collectivités au titre de la réforme de la taxe professionnelle,
- des rentes liées à la location éventuelle de terrains (qui peut s'étendre de 1 000 à 2 500 euros par hectare et par an pour un projet photovoltaïque),
- des activités économiques liées à l'industrie, l'ingénierie, l'équipement, l'installation et la maintenance.

Au-delà du projet technique, les orientations prises conditionneront l'impact économique de l'opération.

Quels enjeux agricoles et forestiers ?

Comme pour les autres acteurs privés et publics, l'émergence des technologies ouvrant à la revente d'énergie se pose comme une alternative à la diversification des revenus des exploitants agricoles et sylvicoles.

Pour autant, la question de la préservation des terres reste une préoccupation publique et l'implantation d'équipements photovoltaïques au sol incite à s'interroger sur plusieurs incidences :

- le renforcement d'une concurrence entre les usages des sols notamment à vocation de production alimentaire ou énergétique (agrocarburant, bois énergie...),
- la nécessité de préserver les terres arables et leur qualité agronomique,
- l'organisation du parcellaire, comme frein ou facilitateur de l'organisation de l'activité agricole et forestière,
- la présence de systèmes d'irrigation incompatibles avec l'implantation d'une installation telle qu'un parc photovoltaïque.

L'implantation d'installations exige donc une appréciation globale des enjeux agricoles, sylvicoles et environnementaux. D'autres voies peuvent être mieux adaptées à ces activités : la méthanisation, l'intégration aux bâtis de panneaux photovoltaïques plutôt que l'implantation au sol. Ces solutions nécessitent cependant des études comparatives au cas par cas.

Quels enjeux patrimoniaux, paysagers et environnementaux (biodiversité, gestion des déchets...) ?

Les enjeux tiennent à une cohérence dans l'affectation de l'usage des terres dans la gestion pérenne des ressources (air, sol, eau) et dans la maîtrise des développements par l'appréciation des impacts, car patrimoine, paysage et environnement sont à la fois essentiels à l'économie et déterminants pour la qualité du cadre de vie. Ainsi, l'accompagnement des démarches par l'adaptation des outils de régulation touchant aux aménagements fonciers, au bon usage du territoire et à la préservation des ressources reste l'élément décisif pour l'avenir et dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques plus prégnant que par le passé.

Quels montages financiers et juridiques ?

L'examen des montages financiers possibles montre que l'investissement dans les énergies renouvelables conduit au recours à de nouvelles formes de financement dans lesquelles les collectivités prennent une part plus ou moins importante. Les montages juridiques sont aussi nombreux que diversifiés en fonction de la nature des installations et des maîtres d'ouvrage. A titre d'exemple, les installations photovoltaïques s'appuient sur des maîtres d'ouvrages publics ou privés (collectivités, particuliers, entreprises, exploitants agricoles, aéroports...) selon des montages variés (location, acquisition en pleine propriété, copropriété, investissement collectif ouvrant droit à des prises de participation de différents investisseurs intégrant éventuellement des citoyens, autorisation d'occupation du domaine public...).

Ces investissements peuvent aussi donner l'occasion de créer des «fonds d'énergie» pour financer d'autres investissements énergétiques ou environnementaux. Ils peuvent être à l'origine d'un partenariat public – privé pour un projet où chaque acteur trouve un intérêt à l'action commune. Citons l'exemple de la réhabilitation d'un moulin pour accueillir une activité culturelle voire pour asseoir une activité économique. La création et l'exploitation de réseaux de chaleur peuvent s'envisager sous des formes juridiques également variées. Constitués par un acteur public local sous la responsabilité des communes ou de leurs groupements, ces réseaux peuvent être gérés en régie (directe ou avec marché d'exploitation) ou sous le régime de la délégation de service public (concession, affermage). Autant dire que chaque projet induit des possibilités de montage larges et de nature différente selon les objectifs poursuivis.

Enfin, ce tour d'horizon ne serait pas complet, en l'absence de réflexion d'opportunité technique. Le choix d'une technique par rapport à une autre doit inciter à des développements intégrant des voies innovantes mais également doit s'appuyer sur des connaissances pré-existantes.

In fine, cet exposé des ressources et techniques pourra être utilisé par les acteurs locaux pour les aider au développement des projets au service des territoires.



ANNEXES

ANNEXE 1

Contraintes patrimoniales et environnementales – Définitions

ZNIEFF

Zone d'intérêt Faunistique et Floristique

Une Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Floristique et Faunistique (ZNIEFF) est un secteur du territoire national pour lequel les experts scientifiques ont identifié des éléments remarquables du patrimoine naturel. Deux grands types de zones sont distingués : les ZNIEFF de type I et les ZNIEFF de type II.

Une ZNIEFF de type I est un territoire correspondant à une ou plusieurs unités écologiques homogènes. Elle abrite obligatoirement au moins une espèce ou un habitat caractéristique remarquable ou rare, justifiant d'une valeur patrimoniale plus élevée que celle du milieu environnant.

Une ZNIEFF de type II est un grand ensemble naturel riche ou peu modifié ou offrant des potentialités biologiques importantes. Elle contient des milieux naturels formant un ou plusieurs ensembles possédant une cohésion élevée et entretenant de fortes relations entre eux. Elle se distingue de la moyenne du territoire régional environnant par son contenu patrimonial plus riche et son degré d'artificialisation plus faible.

Arrêté de Protection de Biotope (APB)

Afin de prévenir la disparition d'espèces protégées le Préfet peut fixer, par arrêté, les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire d'un département la conservation des biotopes dans la mesure où ces biotopes ou formations sont nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie de ces espèces.

Réserve Naturelle (RN)

Les réserves naturelles sont des espaces naturels protégés d'importance nationale. Elles protègent chacune des milieux très spécifiques et forment un réseau représentatif de la richesse du territoire.

Réserve Naturelle Volontaire (RNV)

Une réserve naturelle volontaire est une propriété privée présentant un intérêt particulier sur le plan scientifique et écologique quant aux espèces de la flore et de la faune sauvage, agréée par arrêté préfectoral pour une période de six ans renouvelable par tacite reconduction.

Espaces Naturels Sensibles

50 sites en Gironde. Carte disponible sur www.cg33.fr

Zone d'intérêt communautaire pour les oiseaux (ZICO)

Les ZICO sont des sites d'intérêts majeur qui hébergent des effectifs d'oiseaux sauvages jugés d'importance communautaire ou Européenne.

Leur inventaire a été établi par le ministère de l'Environnement suite à l'adoption de la directive Oiseaux.

Zone de protection spéciale

Les ZICO les plus appropriées à la conservation des oiseaux les plus menacés ont été classées totalement ou partiellement en Zones de Protection Spéciales (ZPS). Ces Zones de Protection Spéciale, associées aux Zones Spéciales de Conservation (ZSC) issues de la directive «Habitats» constitueront le réseau des Sites Natura 2000.

Réseau Natura 2000

Réseau écologique européen cohérent formé par les Zones de Protection Spéciales et les Zones Spéciales de Conservation. Dans les zones de ce réseau, les Etats Membres s'engagent à maintenir dans un état de conservation favorable les types d'habitats et d'espèces concernés.

Pour ce faire, ils peuvent utiliser des mesures réglementaires, administratives ou contractuelles.

Site classé

Un site classé est un monument naturel ou un site dont l'intérêt paysager est exceptionnel, et qui mérite, à cet égard, d'être distingué et intégralement protégé. Relèvent également du classement les sites de caractère artistique, historique, scientifique ou légendaire. Le classement a pour objectifs la protection et la conservation d'un espace naturel ou bâti, quelle que soit son étendue. Il a pour conséquence l'interdiction de tous travaux susceptibles de modifier ou détruire l'état ou l'aspect des lieux sauf autorisation expresse du ministre chargé des sites.

Site inscrit

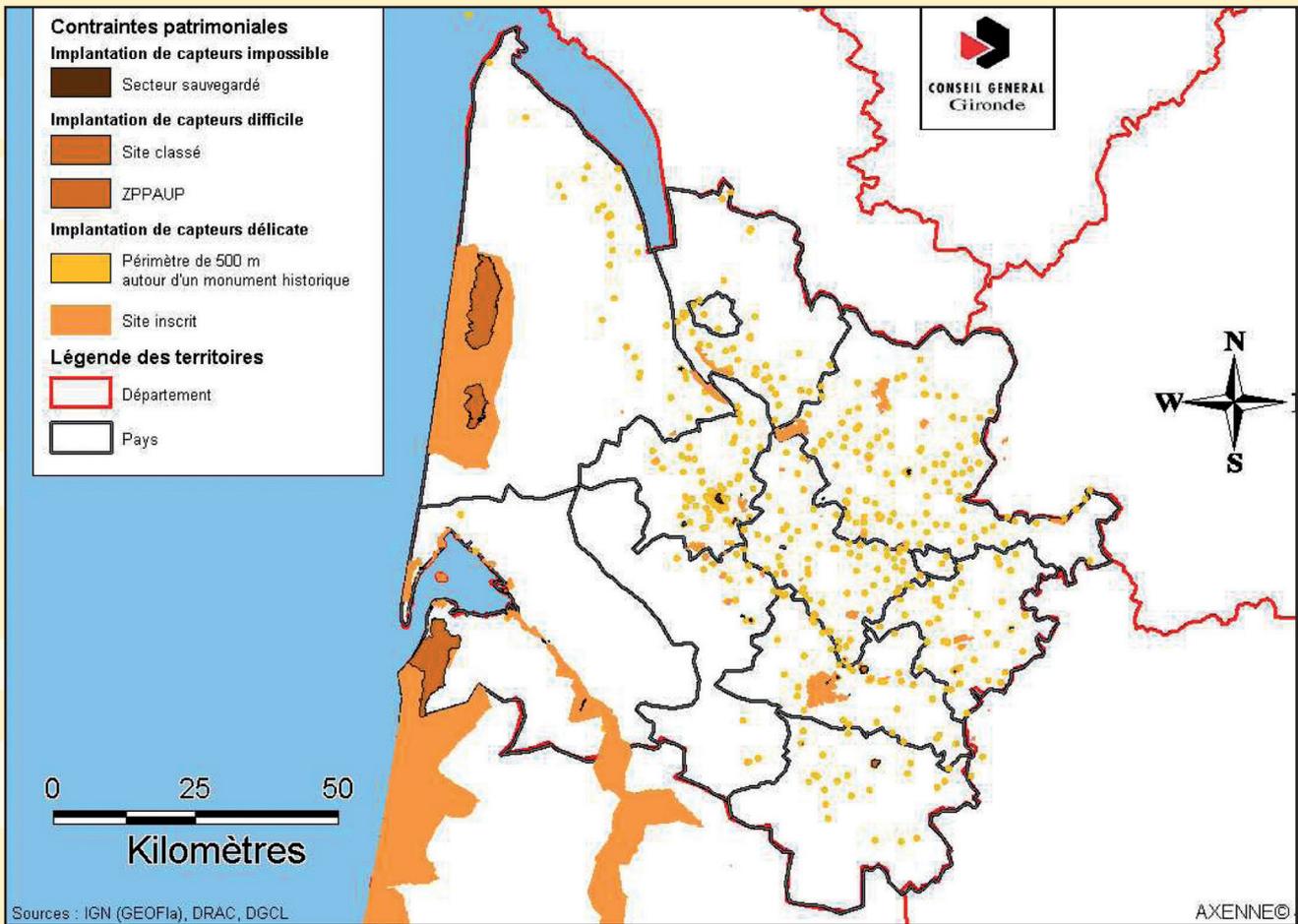
Un site inscrit est un monument naturel ou un site de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, qui a fait l'objet d'une inscription sur la liste des monuments naturels du ou des départements au(x) quel(s) il appartient.

L'inscription a pour but la conservation de milieux et de paysages dans leur état actuel, de villages et bâtiments anciens, la surveillance des centres historiques, le contrôle des démolitions, l'introduction de la notion d'espace protégé dans les raisonnements des acteurs de l'urbanisme. Elle entraîne, pour les maîtres d'ouvrages, l'obligation d'informer l'administration de tous projets de travaux de nature à modifier l'état ou l'aspect du site quatre mois au moins avant le début de ces travaux.

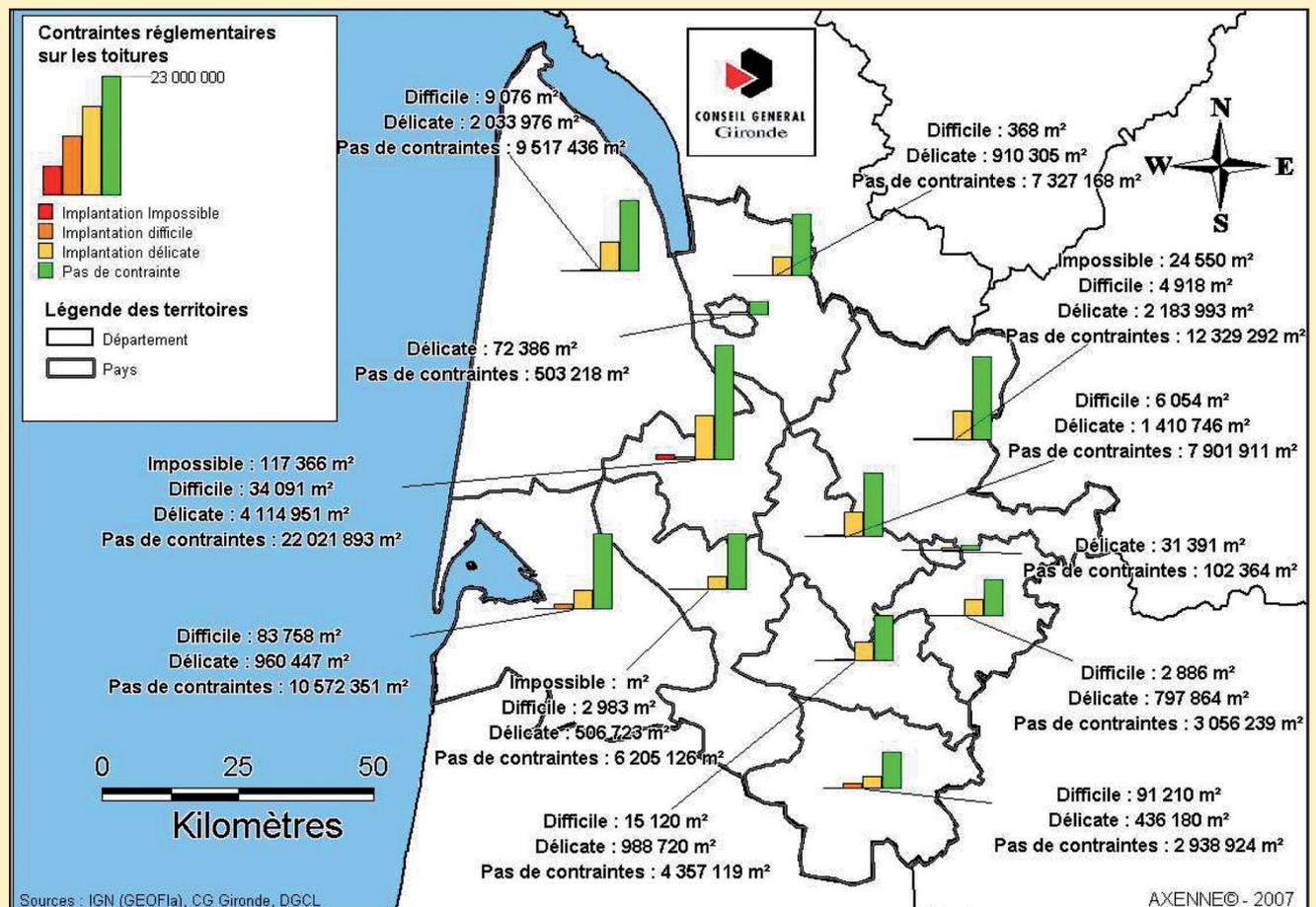
Site d'Importance Communautaire (SIC)

Un site qui contribue de manière significative à maintenir ou à rétablir un type d'habitat ou une espèce d'intérêt communautaire dans un état de conservation favorable et/ou qui contribue au maintien de la diversité biologique dans la ou les régions biogéographiques concernées.

ANNEXE 2 - Carte des contraintes limitatives - patrimoine culturel



ANNEXE 3 - Carte des contraintes limitatives sur les toitures



Le cadre légal à la mise en œuvre de capteurs solaire thermique et module photovoltaïque dans les bâtiments existants et neufs

L'installation de capteurs solaires participe de l'aspect bâti et architectural de la construction et nécessite une déclaration préalable ou un permis de construire.

L'obtention de cette autorisation est un préalable à toute installation quelque soit la taille de l'installation.

1. Le bâtiment est existant

Il convient de procéder à une déclaration préalable qui se présente sous la forme d'un formulaire (cerfa N°13404*01) et doit être accompagnée des éléments suivants :

- Plan de situation du terrain,
- Le plan de masse de la construction,
- Les plans des toitures ou façades concernées par l'installation photovoltaïque,
- Une représentation de l'aspect extérieur de la construction,
- Un document graphique permettant d'apprécier l'insertion de l'installation photovoltaïque dans son environnement,
- Une photographie permettant de situer le terrain dans l'environnement proche,
- Une photographie permettant de situer le terrain dans le paysage lointain.

2. Le bâtiment est neuf

Un **permis de construire** est nécessaire dans le cadre de la construction d'un bâtiment neuf (cerfa N°13406*01). En effet, les modules photovoltaïques deviennent alors un élément de composition architectural dont il faut tenir compte dans le permis de construire.

Ils doivent apparaître clairement sur les plans d'architecte (positionnement exact et conformité au dimensionnement).

Dans les deux cas de figure, le numéro de la parcelle et la section cadastrale sont nécessaires pour repérer quel règlement sera à respecter concernant l'intégration architecturale des capteurs solaires.

Les dispositions générales du PLU (Plan Local d'Urbanisme) indiquent les contraintes à respecter. Dans certains secteurs, des règlements plus contraignants existent (Site classé, ZPPAUP, PPRI...), leurs impacts sur l'implantation de capteurs solaires sont présentés à la page suivante.

Dans ce cas de figure, il faut adjoindre, en plus des éléments décrits ci-dessus, une notice faisant apparaître les matériaux utilisés et les modalités d'exécution des travaux.

L'architecte des bâtiments de France est consulté par l'autorité compétente pour délivrer l'autorisation (en général le maire). Dans certains cas, une notice d'impact paysagère devra être rédigée (Cf. Atlas du Paysage de la Gironde).

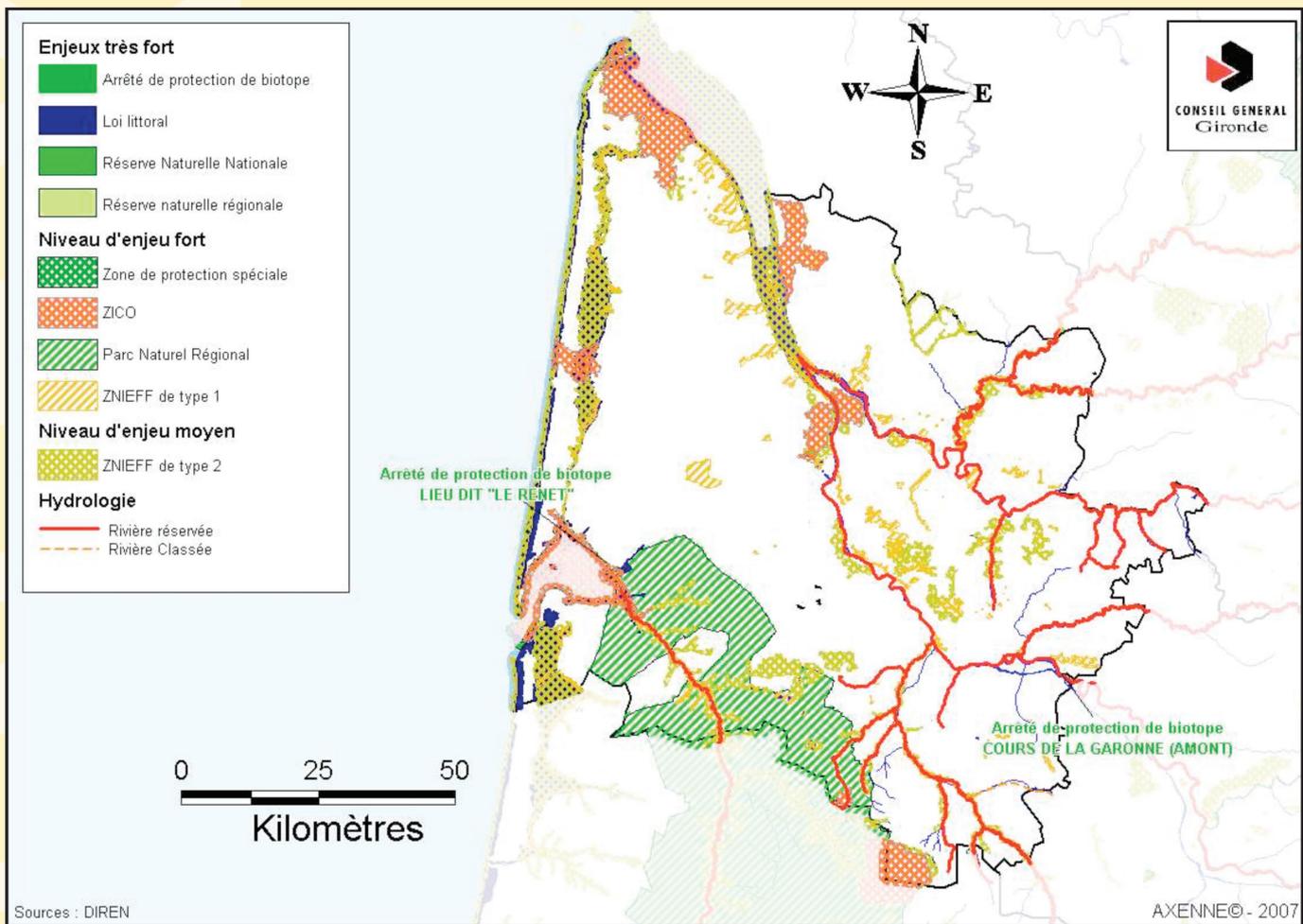
ANNEXE 3 - Contraintes limitatives - patrimoine culturel (Suite)

Type de protection	Définition	Objectifs	Procédures	Quelques Principes et Conseils à respecter pour l'implantation de capteurs et type d'enjeu
Secteur sauvegardé Loi du 4 août 1962	«Secteur présentant un caractère historique, esthétique ou de nature à justifier la conservation, la restauration et la mise en valeur de tout ou partie d'un ensemble d'immeubles »	Il s'agit, à l'aide de règles et prescriptions spéciales, d'inscrire tout acte de transformation ou de construction dans le respect de l'existant, ce qui signifie de tenir compte du patrimoine ancien sans porter atteinte à ses qualités historiques, morphologiques, architecturales.	L'architecte des bâtiments de France est obligatoirement consulté par l'autorité compétente pour délivrer l'autorisation (en général le maire). Il émet un avis conforme (c'est-à-dire auquel ladite autorité doit se conformer) quelque soit l'autorisation (DIEPC ou PC).	Les capteurs solaires vont très difficilement s'insérer dans un secteur sauvegardé. Il n'est pas possible d'installer des capteurs solaires dans un secteur sauvegardé sous réserve qu'ils ne soient pas visibles depuis l'espace public).
Site Classé Loi du 2 mai 1930	Un site classé est un site à caractère artistique, historique, scientifique légendaire ou pittoresque, dont la préservation ou la conservation présente un intérêt général.	Cette procédure est utilisée en particulier en vue de la protection d'un paysage remarquable, naturel ou bâti. L'objectif de la protection est le maintien des lieux dans les caractéristiques paysagères ou patrimoniales qui ont motivé le classement.	Toute modification de l'état des lieux est soumise à autorisation spéciale, soit du ministre chargé de l'environnement après avis de la commission départementale des sites, perspectives et paysages (CDSPP) et, si le ministre le juge utile, de la commission supérieure des sites ; soit du préfet pour les travaux de moindre importance. L'avis conforme de l'architecte des bâtiments de France est requis dans ces différents cas.	Les capteurs solaires devront être parfaitement intégrés au site. Il faut absolument éviter les pièces rapportées et les perceptions visuelles qui entreraient en concurrence avec le site classé. L'implantation de capteurs ou modules appellent des traitements spécifiques.
ZPPAUP Loi du 7 janvier 1983	Les Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager sont instituées autour des monuments historiques et dans les quartiers et sites à protéger ou à mettre en valeur pour des motifs d'ordre esthétique, historique ou culturel. Elles sont mises en place à l'initiative et après accord des communes. Les effets de la ZPPAUP se substituent aux effets des sites inscrits, et des rayons de protection de 500 m des monuments historiques. Toutefois, tout monument en limite de la ZPPAUP peut conserver son propre périmètre.	La ZPPAUP comporte un zonage et un règlement qui énonce des règles de protection générales ou particulières en matière d'architecture, de paysage et d'urbanisme : édifices ou petit patrimoine rural à conserver, modalités de restauration, localisation, implantation, aspect et gabarit des constructions neuves, préservation des perspectives et des structures paysagères, terrasses, etc. Les prescriptions d'une ZPPAUP peuvent comporter des obligations, notamment en terme de matériaux, et des interdictions de modifier l'aspect de certains éléments bâtis, notamment par des constructions nouvelles.	L'Architecte des Bâtiments de France vérifie la conformité de chaque projet avec les dispositions de la ZPPAUP. Toute modification d'aspect doit recevoir son accord.	L'implantation de capteurs solaires à l'intérieur d'une ZPPAUP est délicate puisque les capteurs ne devront pas être visibles du domaine public. Au cas où cela s'avérerait impossible, les capteurs ou module devront offrir une discrétion maximale en recherchant une teinte assurant un fondu avec le matériau dominant de couverture. Dans tous les cas, un positionnement en façade principale est strictement interdit.

ANNEXE 3 - Contraintes limitatives - patrimoine culturel (Suite)

<p>Monument historique Loi du 31 décembre 1913</p>	<p>Au sens de la loi du 31 décembre 1913, un monument historique peut être « toute œuvre d'art d'un intérêt historique, quelles qu'en soient les dimensions, qu'il s'agisse d'un immeuble ou d'un objet mobilier ». Il faut d'ailleurs distinguer cinq catégories d'objets (immeubles, abords des édifices, objets mobiliers et immeubles « par destination », grottes ornées, orgues historiques) et trois types de mesures : l'instance de classement (procédure d'urgence, limitée dans le temps) ; l'inscription à l'inventaire (qui intervient avant le classement du site) ; et, enfin, le classement proprement dit.</p>	<p>La protection d'un monument historique intervient aussi bien sur le monument que sur ses abords. Il s'agit de contrôler les aménagements susceptibles d'intervenir autour du site de manière à conserver son authenticité et sa valeur patrimoniale. Pour cela, les travaux autorisés sont effectués sous surveillance de l'administration des affaires culturelles. La protection des monuments historiques intervient dans un périmètre de 500m aux abords des sites. La loi SRU devrait modifier le principe du périmètre de protection en instaurant au cas par cas un périmètre suivant le contexte et le type de monument historique.</p>	<p>L'avis de l'architecte des bâtiments de France est requis ; il s'agit d'un avis conforme dans le cas d'une covisibilité entre le champ solaire et le monument historique ou d'un avis simple s'il n'y a pas de covisibilité.</p>	<p>L'implantation d'un champ solaire est possible dans le périmètre de 500 m de rayon autour d'un édifice protégé, sous réserve d'étudier précisément les perceptions du champ solaire depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et du champ solaire depuis différents points de vue remarquables.</p>
<p>Site inscrit Loi du 2 mai 1930</p>	<p>Il s'agit de sites inscrits à l'inventaire des sites présentant un intérêt général du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Un site inscrit peut être naturel ou bâti. Il est susceptible d'être transformé à terme en site classé (notamment les sites naturels) ou en ZPPAUP (principalement les sites bâtis).</p>	<p>L'inscription a pour objectif de permettre à l'État d'être informé des projets concernant le site, et d'intervenir de façon préventive, soit en vue de l'amélioration de ces projets, soit si nécessaire en procédant au classement du site.</p>	<p>L'architecte des bâtiments de France émet sur le projet un avis simple. Si l'intérêt du site est menacé, l'Architecte des Bâtiments de France peut suggérer au ministre de recourir à des mesures d'urgence ou de lancer des procédures de classement s'il estime qu'une intervention menace la cohérence du site.</p>	<p>L'implantation d'un champ solaire est possible dans un site inscrit, sous réserve d'étudier précisément les perceptions du champ solaire depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et du champ solaire depuis différents points de vue remarquables.</p>

ANNEXE 4 - Carte des contraintes limitatives liées au patrimoine environnemental



ANNEXE 5 - Cibles et estimations des potentiels mobilisables par filière d'énergies renouvelables

FILIERE SOLAIRE THERMIQUE	Cible(s)	Usage(s)	Gisement net identifié sur l'existant			Gisement net identifié sur le neuf		
			en nombre d'installations concernées	Surface (en m2)	En énergie produite (MWh/An)	en nombre d'installations susceptibles d'être créées	(en m2)	En énergie produite (MWh/An)
Chauffe-eau solaire individuel (CESI)	Maisons individuelles (existantes et neuves)	Production d'Eau chaude sanitaire	15 394	72 352 m2 de capteurs	32 558 MWh/an	3 656	17 183 m2	7 732 MWh/an
Système Solaire Combiné (SSC)	Maisons individuelles (existantes et neuves)	Production d'Eau chaude sanitaire et de chauffage	868	13 020 m2 de capteurs	4 557 MWh/an	1875	27 375 m2	9 851 MWh/an
Chauffe-eau solaire Collectif (SESC)	Immeubles collectifs d'habitation	Production d'Eau chaude sanitaire collective	-	8 307 m2 de capteurs	4 320 MWh/an	2238	-	1 164 MWh/an
Bâtiments publics (modèles extensibles aux bâtiments privés et tertiaires de caractéristiques similaires)	Etablissements de santé ou d'action sociale, Etablissement d'hébergement, de bâtiments accueillant des activités culturelles et de loisirs, etc.	Production d'Eau chaude sanitaire	500	2 350 m2	1 222 MWh/an	836	-	435 MWh/an
Chauffage de l'air	Entrepôts à usage commercial, frigorifique, etc	Chauffage de l'air				17	1700 m2	371 MWh/an
Chauffage de l'eau des piscines	Bassin de surface supérieure à 200 m2, utilisé de façon continue		62 bassins	14 003 m2 de moquettes solaires	4 201 MWh/an	-	-	-
Haute température pour l'industrie : Laiterie, abattoir, cave vinicole, usines ...		Chauffage de d'eau	-	-	-	7	660 m2	495 MWh/an
TOTAL DU GISEMENT NET DE LA FILIERE SOLAIRE THERMIQUE			16 824	110 032 M2	47 GWh/AN	5 555 M2	49 993	20 GWh/AN
CHIFFRES ARRONDIS A 22 400 INSTALLATIONS POUR 67 GWh/AN								

LE SOLAIRE THERMIQUE - PRODUCTION THERMIQUE

ANNEXES

FILIERE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	Cible(s)	Usage(s)	Gisement net identifié sur l'existant			Gisement net identifié sur le neuf		
			En nombre d'installations concernées	Puissance installée (en MW)	En énergie produite (GWh/An)	En nombre d'installations susceptibles d'être créées	Puissance installée (en MW)	En énergie produite (GWh/An)
Maisons individuelles	Particuliers	Electricité avec revente	258 896	518 MW	606 GWh/an	4 316	9 MW	10 GWh/an
Immeubles collectifs Bâtiments publics Industries	Usages collectifs et de production des secteurs agricole, tertiaire, industriel	Electricité avec revente	-	-	-	564	15 MW	18 GWh/an
TOTAL DU GISEMENT NET DE LA FILIERE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE			258 896	518 MW	606 GWh/AN	4 880	24 MW	28 MWh/AN
			CHIFFRES ARRONDIS A 264 000 INSTALLATIONS POUR 634 GWh/AN					

PHOTOVOLTAÏQUE - PRODUCTION D'ELECTRICITE

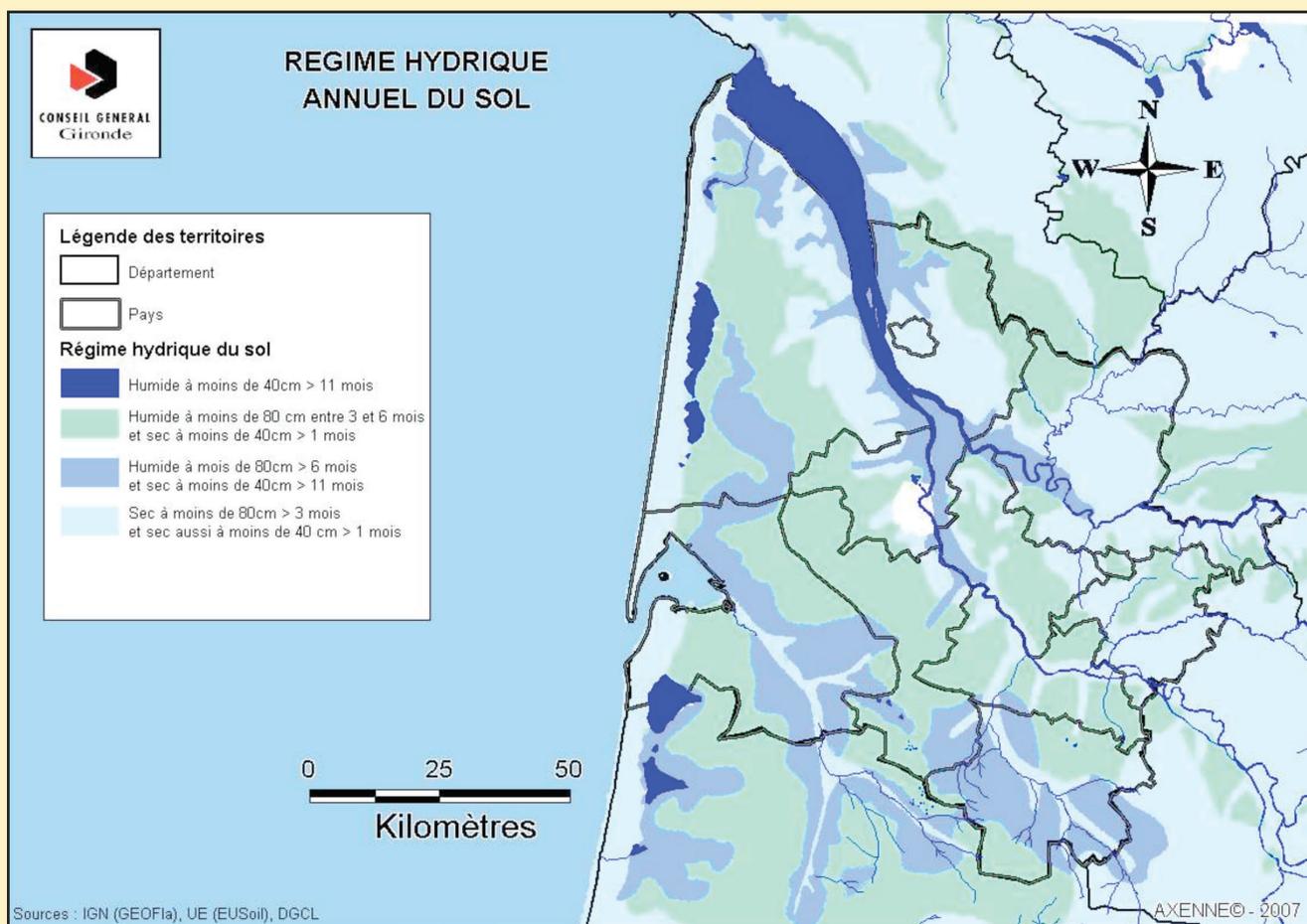
BOIS ENERGIE	Cible(s)	Usage(s)	Gisement net identifié sur l'existant			Gisement net identifié sur le neuf		
			En nombre d'installations concernées	Puissance installée (en MW)	En énergie produite (GWh/An)	En nombre d'installations susceptibles d'être créées	Puissance installée (en MW)	En énergie produite (GWh/An)
Chaudières automatiques	Maisons individuelles (existantes et neuves)	Chauffage et eau chaude sanitaire	5371	91 MW	167 GWh/an	4 004	68 MW	124 GWh/an
	Installations collectives (existantes et neuves) Réseaux de chaleurs (10), Chaudières bois (10), hors Projets industriels (CRE)	Production d'Eau chaude	20	-	11 GWh/an	-	-	4 GWh/an
Inserts et Poêles performants	Maisons individuelles (existantes et neuves)	Chauffage	44 199	442 MW	398 GWh/an	-	-	-
			49 590	533 MW	575 GWh/AN	4 004	68 MW	128 GWh/AN
TOTAL DU GISEMENT NET DE LA FILIERE BOIS ENERGIE								
			CHIFFRES ARRONDIS A 54 000 INSTALLATIONS POUR 703 GWh/AN					

BOIS ENERGIE - PRODUCTION THERMIQUE

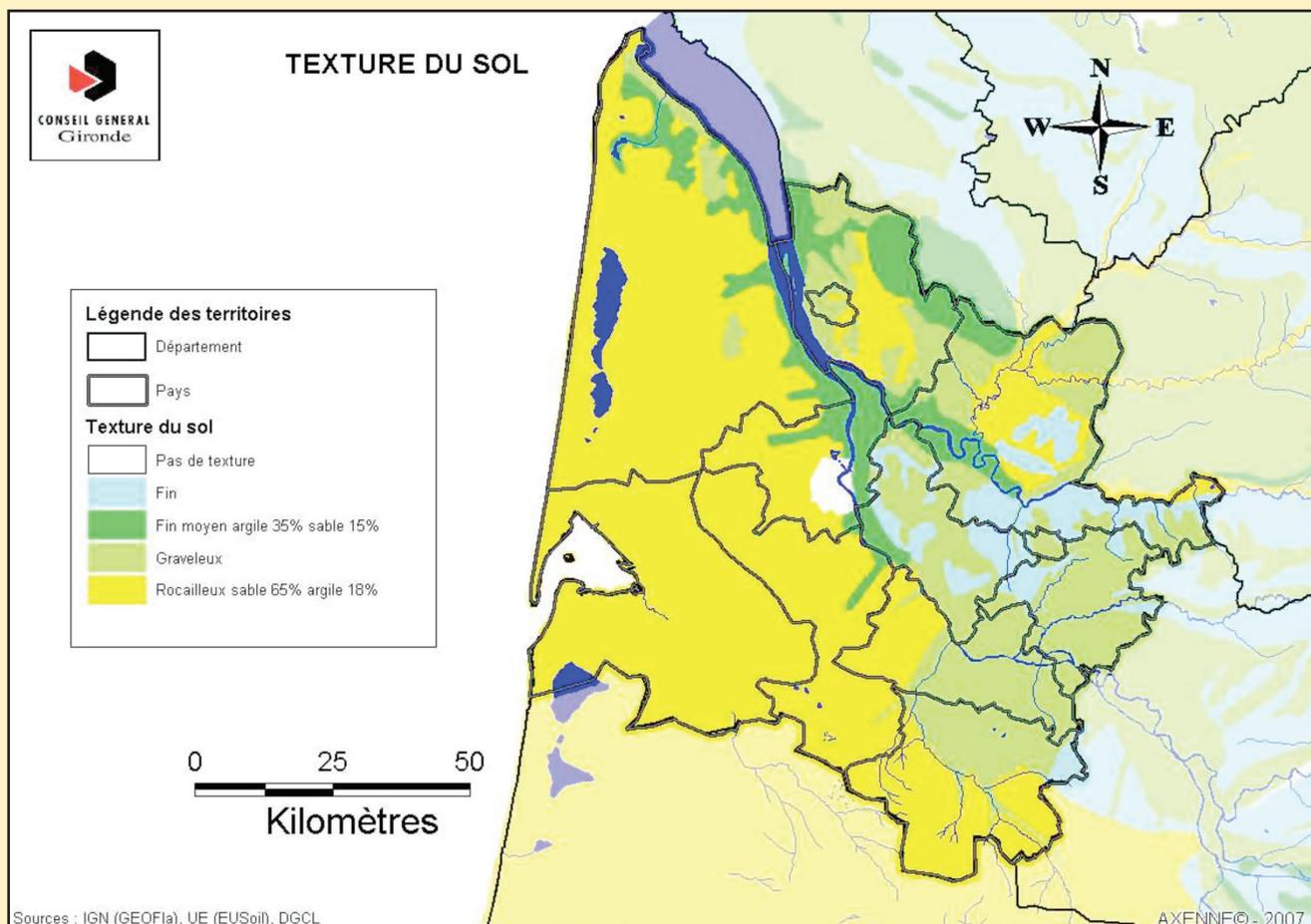
GEOOTHERMIE	Cible(s)	Usage(s)	Gisement net identifié sur l'existant			Gisement net identifié sur le neuf		
			En nombre d'installations concernées	Puissance installée (en MW)	En énergie produite (GWh/An)	En nombre d'installations susceptibles d'être créées	Puissance installée (en MW)	En énergie produite (GWh/An)
Géothermie Anciens forages	Usages collectifs et de production des secteurs agricole, tertiaire, industriel	Usages pluriels à partir d'eau chaude : Chauffage de bâtiments, réseau de chaleur, chauffage de serre ou d'installation piscicole, voire production d'électricité suivant les températures disponibles	10	10 MW	50 GWh/an	.	.	
Immeubles collectifs sur nappe		Production d'Eau chaude sanitaire et de chauffage	18 GWh/an	
Captage horizontal et vertical	Maisons individuelles (existantes et neuves)	Chauffage	.	.	.	2860	69GWh/an	
TOTAL DU GISEMENT NET DE LA FILIERE GÉOTHERMIE			.	10 MW	50 GWh/AN	.	87 GWh/AN	
			CHIFFRES ARRONDIS A					
			2 900 INSTALLATIONS - 10 FORAGES POUR 137 GWh/AN					

GEOOTHERMIE - PRODUCTION THERMIQUE

ANNEXE 6 - Régime hydrique annuel du sol en Gironde

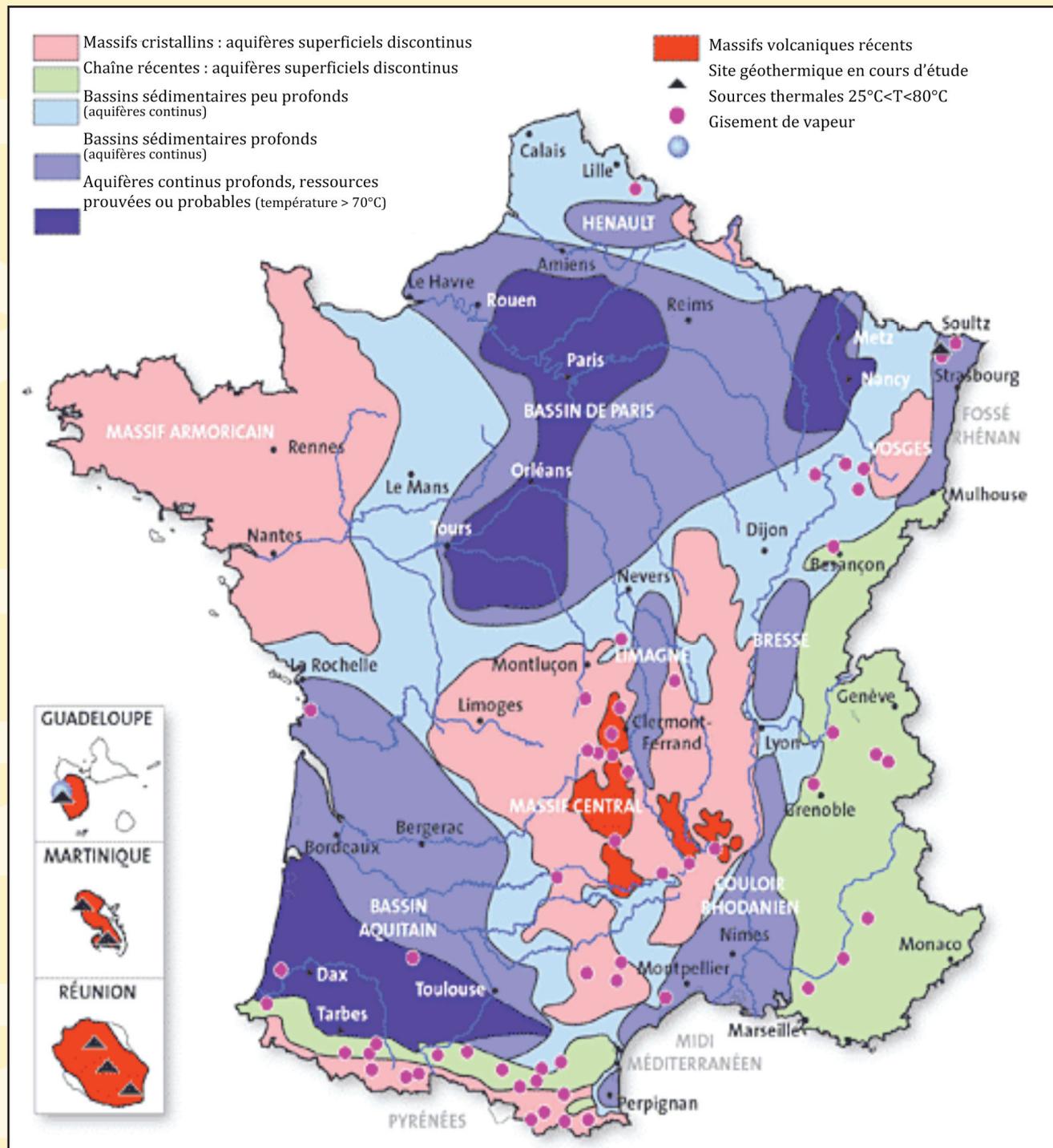


ANNEXE 7 - Texture du sol en Gironde



ANNEXE 8 - Structures géologiques et aquifères

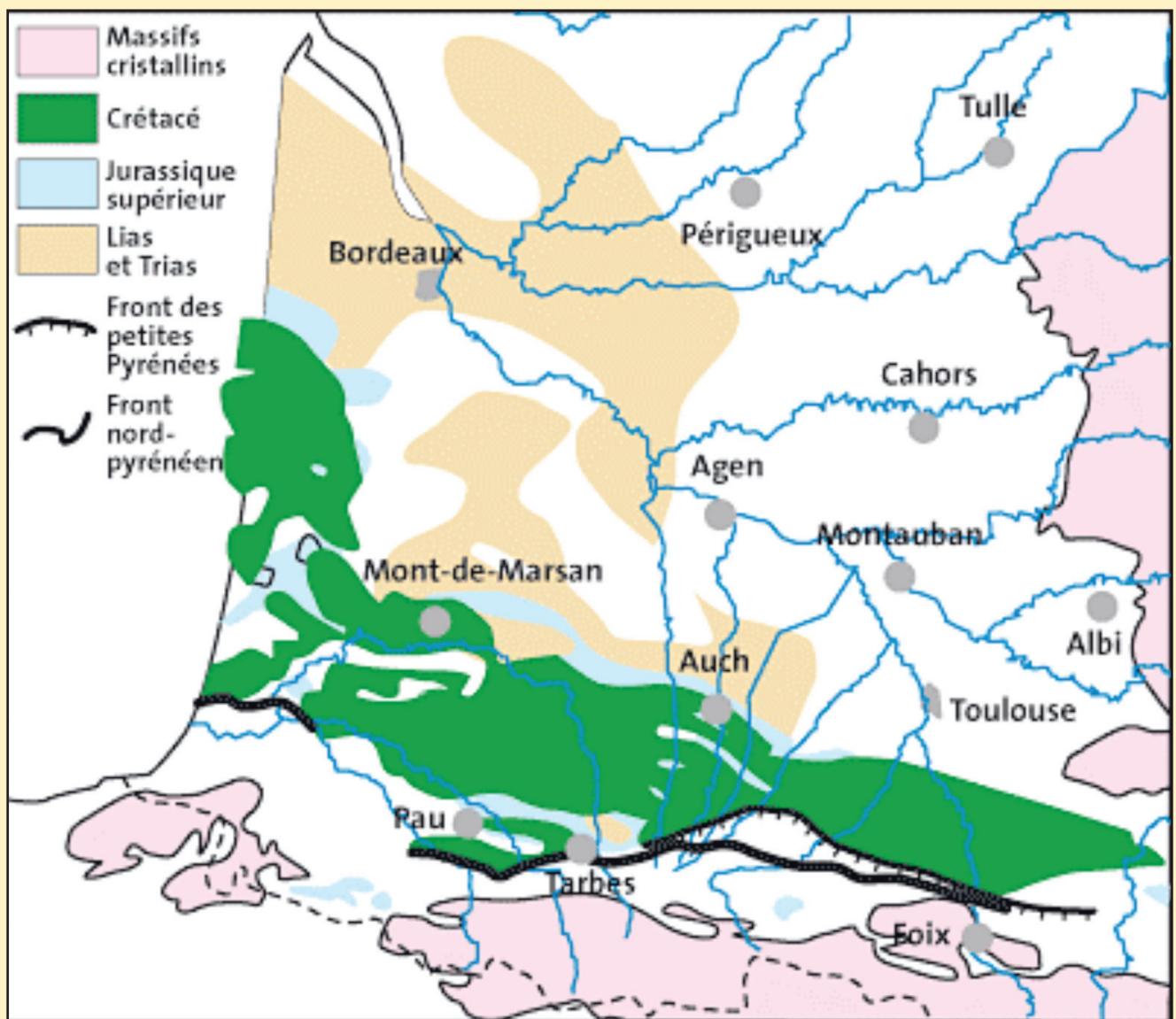
Source : <http://www.geothermie-perspectives.fr/07-geothermie-france/index.html>



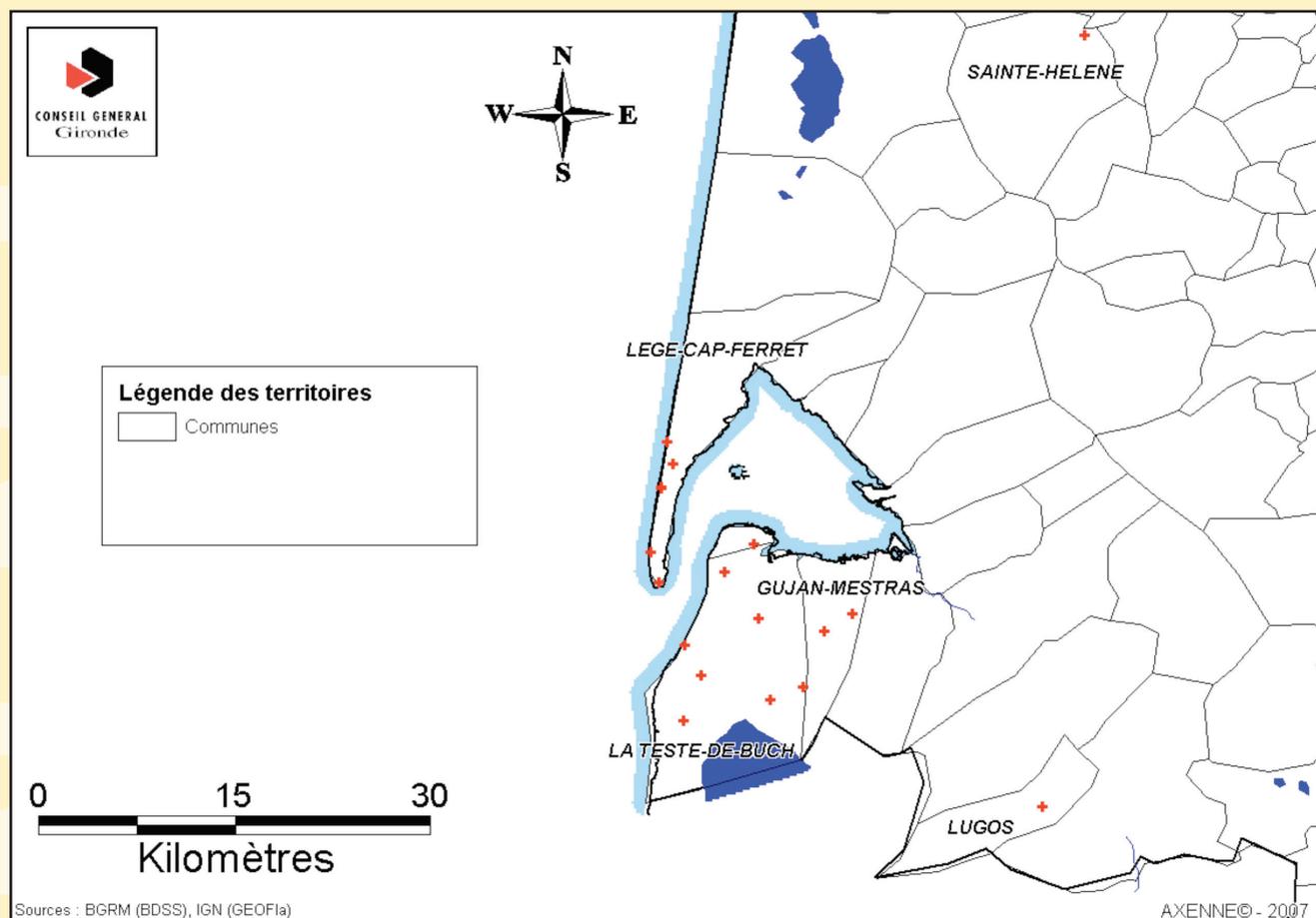
ANNEXE 9 - Potentiel géothermique du Bassin Aquitain (Source BRGM - SNEA)

Principaux réservoirs géothermaux en Aquitaine à plus de 60°C.

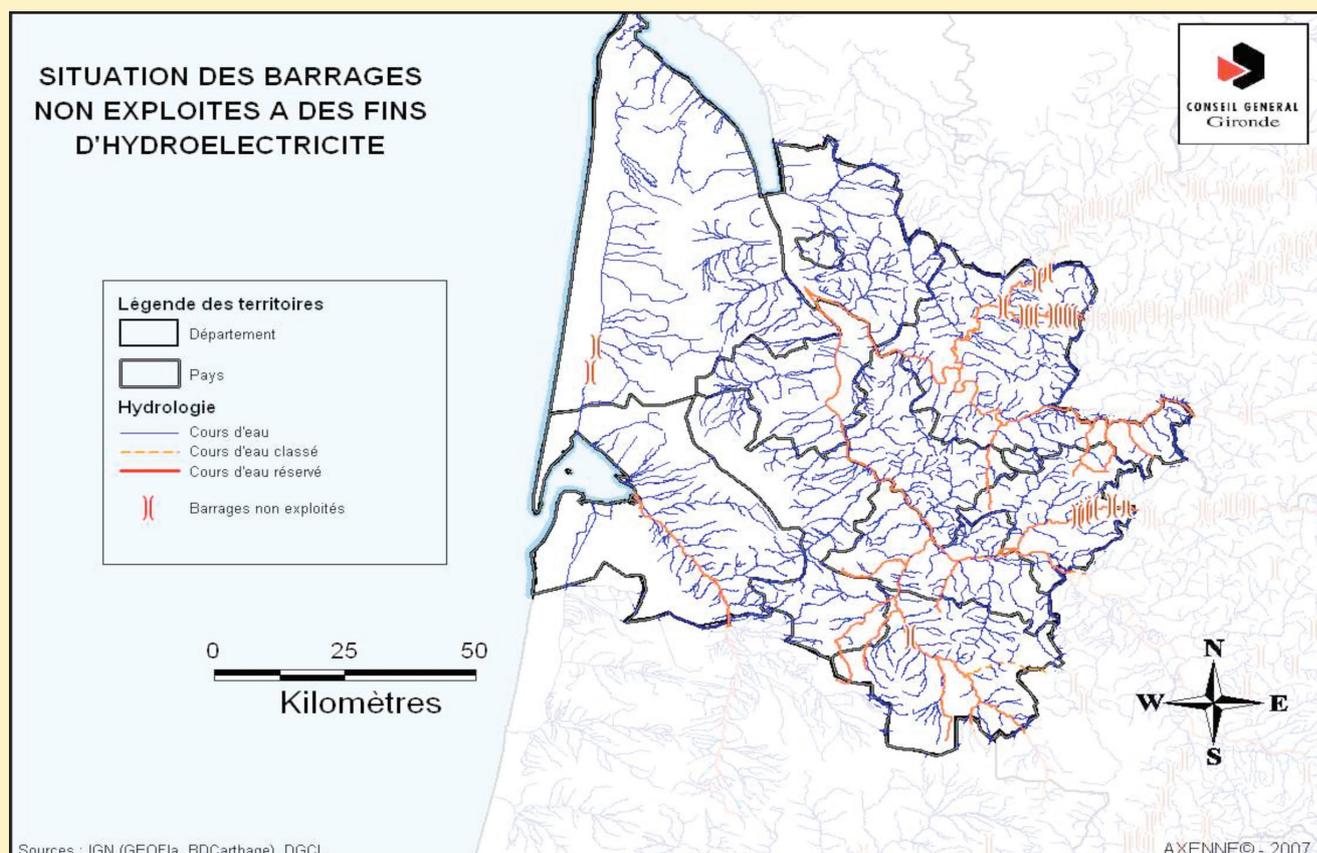
Les aquifères sont normalement en pression et se déversent dans la mer, auquel cas l'eau de mer ne rentre que très peu dans l'aquifère. Lors d'une sécheresse importante et prolongée, ou si des pompages trop importants sont réalisés dans l'aquifère, l'équilibre peut s'inverser et de l'eau de mer (le biseau salé) peut éventuellement se déverser dans l'aquifère : c'est le phénomène d'invasion marine. Le sel peut alors être dommageable pour des installations géothermiques ou de pompage, mais surtout polluer la nappe de manière quasiment irréversible. (Source : Publication ADEME - BRGM)



ANNEXE 10 - Carte présentant le positionnement des forages abandonnés ou non exploités

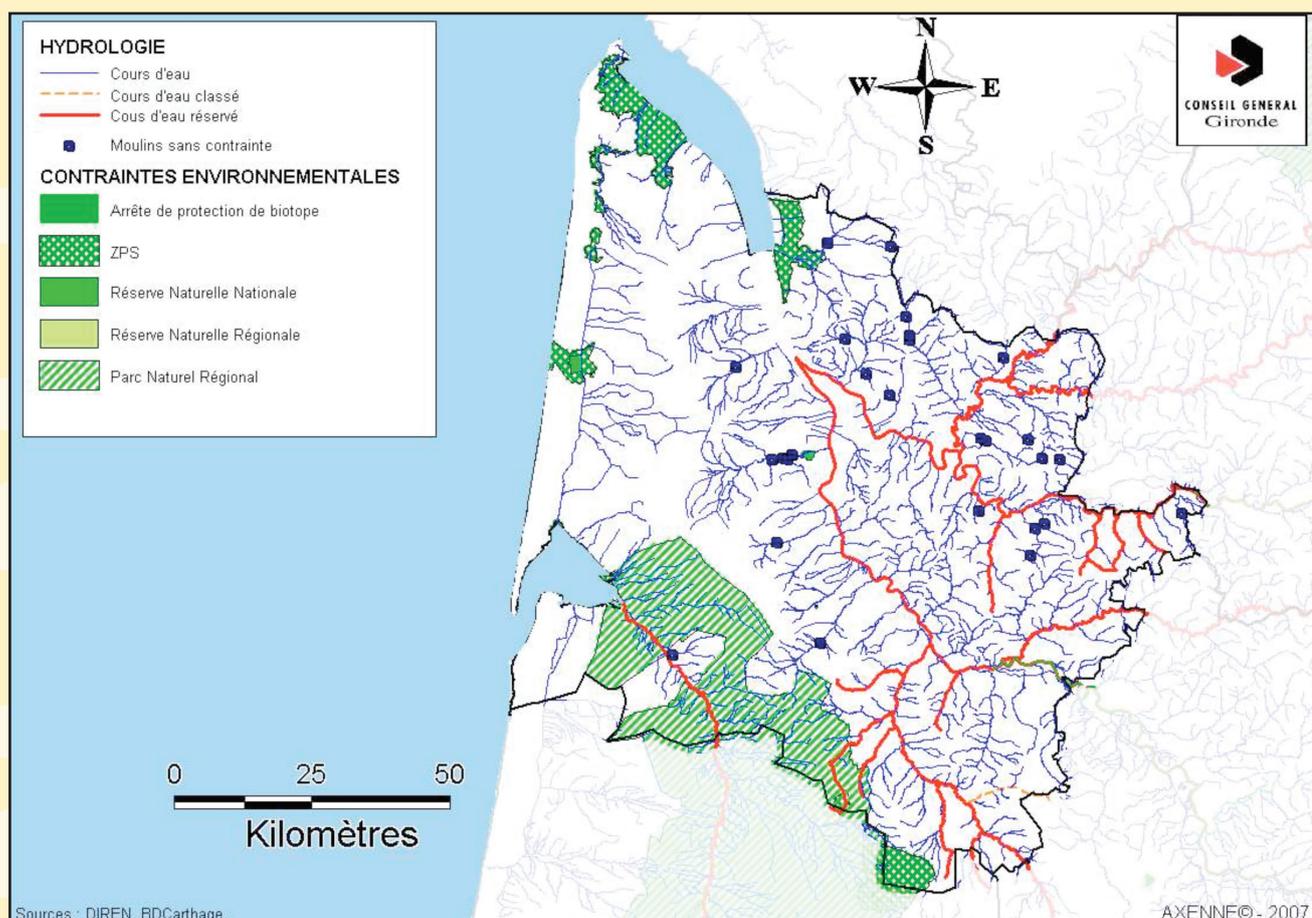


ANNEXE 11 - Carte de localisation des barrages existants non exploités pour la production d'hydroélectricité

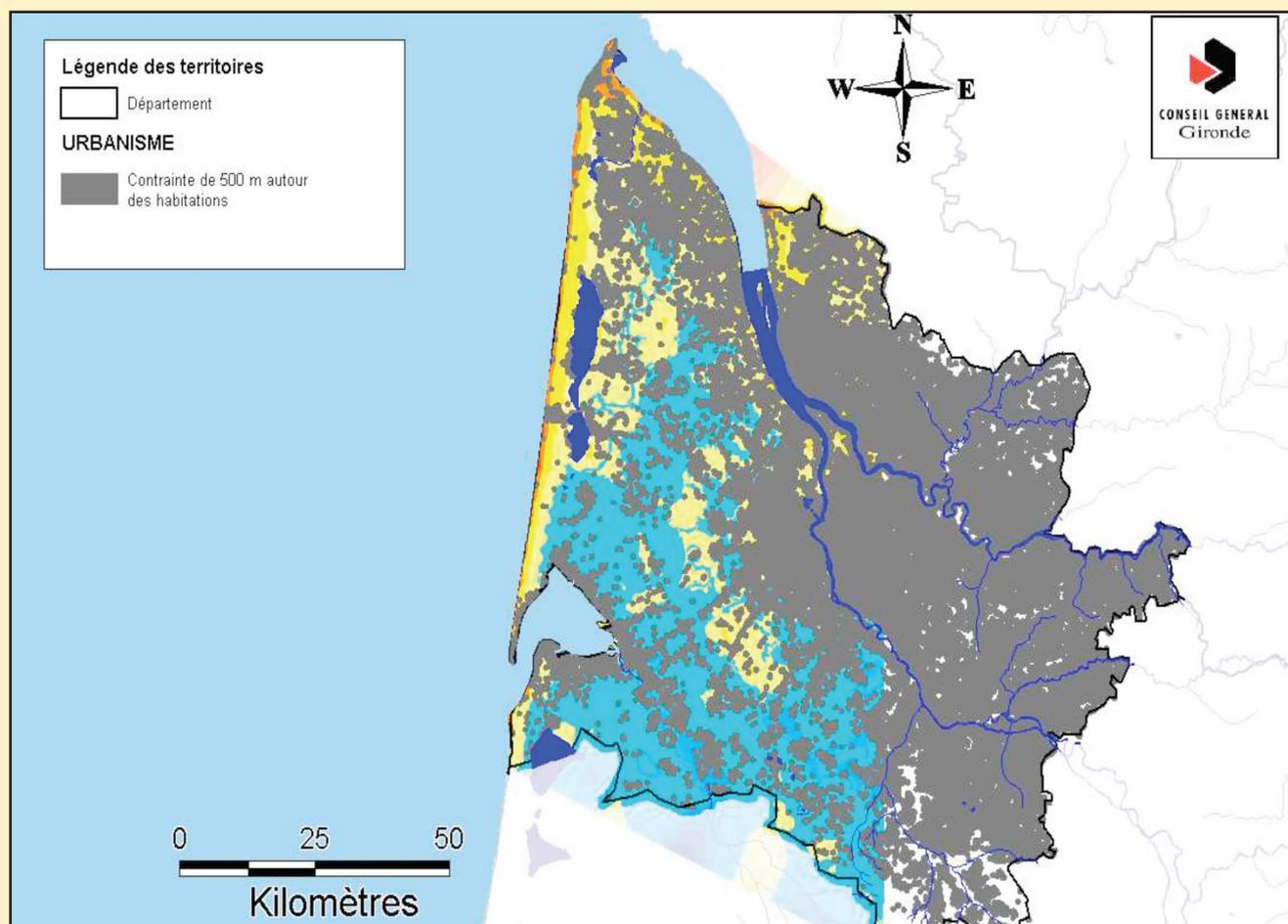


ANNEXE 12 - Carte de récolement relative au positionnement respectif des potentiels hydrologiques vis-à-vis de certaines contraintes environnementales

Implantation des moulins disposant de droits d'eau fondé en titre : Avensan (33022), Blanquefort (33056), Blasimon (33057), Branne (33071), Cabanac (33077), Canejan (33090), Cagnac (33114), Donnezac (33151), Eysines (33162), Lagorce (33218), Laruscade (33233), Le Haillan (33200), Neac (33302), Pomerol (33328), Salles (33468), Saint André de Cubzac (33366), Saint Aubin de Blaye (33374), Saint Laurent d'Arce (33425), Saint Mariens (33493), Saint Pey Castets (33460), Saint philippes d'aiguille (33461), Saint philippe du Signal (33462), Porchères (33332)



ANNEXE 13 - Carte d'identification de la contrainte d'éloignement par rapport aux habitations (500 m) - critère utilisé pour être le plus contraignant pour l'implantation de parcs éoliens



Unités de mesure de l'énergie et conversion

Le kilowatt-heure est une unité de mesure d'énergie correspondant à l'énergie consommée par un appareil de 1 000 watts (1kW) de puissance pendant une durée d'une heure. Selon le cas, la même unité est utilisée pour exprimer l'énergie électrique, aussi bien l'énergie générée (Ex : générateur électrogène...) que consommée (Ex : four électrique ...). Elle est également utilisée pour indiquer l'énergie thermique consommée (Ex : Consommation de chauffage) que produite (Ex : Energie produite par un générateur de chaleur tel qu'une chaudière Gaz).

D'autres préfixes sont utilisés, le tableau ci-après indique les éléments de conversions en référence aux unités utilisées dans le présent document.

MESURE	ABRÉVIATION	CONVERSION(S)
1 Watt-heure	Wh	3 600 J
1 Kilowatt-heure	kWh	1 000 W.h = 3,6 MJ
1 Mégawatt-heure	MWh	1 000 kW.h = 1 000 000 W.h = 3,6 GJ
1 Gigawatt-heure	GWh	1 000 MW.h = 1 000 000 kW.h = 1 000 000 000 W.h = 3,6 TJ ²
1 Térawatt-heure	TWh	1 000 GW.h = 1 000 000 MW.h = 1 000 000 000 kW.h = 1 000 000 000 000 W.h = 3,6 PJ



Étude de gisement réalisée par



Avec la participation financière de

