



# ETUDE DE PLANIFICATION DU DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION SUR LE PERIMETRE DU SCHEMA DE COHERENCE TERRITORIALE DE LA HAUTE GIRONDE BLAYE-ESTUAIRE

## RAPPORT INTERMEDIAIRE N°2 : IDENTIFICATION DES POTENTIELS ENRS & R

2022



Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural  
l'Europe investit dans les zones rurales



RÉGION  
Nouvelle-  
Aquitaine

**MAITRE D'OUVRAGE**

**Syndicat Mixte du SCoT de la Haute Gironde Blaye-Estuaire**  
32 rue des maçons  
33 394 BLAYE cedex  
Tél. : 05 57 42 68 90

**PRESTATAIRES**

**AXENNE**  
73, cours Albert Thomas  
69 003 LYON  
Tél. : 04 37 44 15 83



**.00k paysage + urbanisme**  
43 rue Sullivan  
33 000 BORDEAUX

**FINANCEURS**

**UNION EUROPEENNE**  
Fonds européen agricole pour le développement rural : l'Europe investit dans les zones rurales



**LEADER**



**REGION NOUVELLE-AQUITAINE**



Version	Date de rendu	Nature de la modification	Auteurs
1	27/03/22	Création	HL GAL
2			
3			

# SOMMAIRE

<b>SYNTHESE</b>	<b>5</b>
<b>POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES</b>	<b>6</b>
1 METHODOLOGIE .....	6
1.1 GISEMENTS BRUTS	6
1.2 GISEMENTS THEORIQUES	6
2 TYPOLOGIE DU TISSU URBAIN .....	7
2.1 LA BASE PERMANENTE DES EQUIPEMENTS TERTIAIRES GEOLOCALISES DE L'INSEE	8
3 FILIERES SOLAIRES.....	8
3.1 GISEMENTS BRUTS	9
3.2 L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE	11
3.3 L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	20
4 FILIERE BIOMASSE COMBUSTIBLE .....	28
4.1 GISEMENTS BRUTS	29
4.2 GISEMENTS THEORIQUES POUR LES INSTALLATIONS	34
5 FILIERE METHANISATION.....	38
5.1 GISEMENTS BRUTS	39
5.2 GISEMENTS THEORIQUES	42
6 FILIERE GEOTHERMIE .....	43
6.1 GISEMENTS BRUTS	44
6.2 GISEMENTS THEORIQUES	51
7 FILIERE AEROTHERMIE.....	55
7.1 GISEMENTS BRUTS	55
7.2 GISEMENTS THEORIQUES	55
8 FILIERE RECUPERATION DE CHALEUR .....	56
8.1 GISEMENTS BRUTS	56
8.2 GISEMENTS THEORIQUES	61
9 FILIERE EOLIEN .....	68
9.1 GISEMENTS BRUTS	68
9.2 GISEMENTS THEORIQUES	71
10 FILIERE HYDROELECTRICITE.....	74
10.1 PETITE HYDROELECTRICITE SUR LES COURS D'EAU	74
10.2 LES CONTRAINTES AU DEVELOPPEMENT DE L'HYDROELECTRICITE	74

10.3	HYDROLIENNES	75
10.4	SYNTHESE DES GISEMENTS THEORIQUES	77
11	SYNTHESE DES GISEMENTS THEORIQUES.....	78
11.1	LES FREINS AU DEVELOPPEMENT DES FILIERES	81
11.2	HIERARCHISATION DES FILIERES	82
12	LE PAYSAGE ET LA PLANIFICATION DU DEVELOPPEMENT DES ENRS&R SUR LE SCOT DE LA HAUTE GIRONDE BLAYE-ESTUAIRE .....	85
12.1	PROPOS LIMINAIRES : PAYSAGE ET ENERGIE SONT INTIMEMENT LIES	85
12.2	LA QUESTION DE LA PARTICIPATION: CONTRIBUER A FAIRE PARTAGER L'IDEE D'UN PAYSAGE EN MOUVEMENT	85
13	SYSTEMES DE STOCKAGE ET DE GESTION DE L'ENERGIE .....	90
13.1	DEFINITION D'UN SMART-GRID	90
13.2	DIFFERENTES ECHELLES DE SMART-GRID	91
<b>CONCLUSION</b>		<b>95</b>

---

# SYNTHESE

## Atouts

- une part de chaleur renouvelable déjà très importante (50% tandis que l'objectif en 2030 est de 38%) grâce aux poêles et inserts,
- 2 réseaux de chaleur bois déjà présents sur le territoire et une valorisation du bois énergie présente dans certaines industries,
- des ressources pour la géothermie très intéressantes aussi bien sur nappe profonde que sur nappe superficielle,
- des gisements pour la méthanisation identifiés sur le nord du territoire qui permettrait de développer un projet d'unité de méthanisation territoriale.

## Faiblesses

- la production d'électricité renouvelable est faible à fin 2020 avec 11% des consommations d'électricité (l'objectif est de 40% en 2030),
- pour la chaleur thermique, seul le bois énergie est bien développé, les autres filières sont anecdotiques (solaire thermique, géothermie),
- il n'y a pas de site foncier important permettant l'installation de centrales au sol hors espace naturel et agricole,
- 50% des maisons et 81% des logements collectifs sont chauffés à l'électricité ne facilitant pas la substitution par des énergies renouvelables

## Opportunités

- développer la géothermie et le solaire thermique qui sont actuellement largement délaissés par toutes les catégories de maître d'ouvrage,
- se saisir des opportunités sur l'agrivoltaïsme qui a démontré son intérêt sur les vignobles afin de développer des projets vertueux,
- actualiser les notes d'opportunité sur les projets de petits réseaux de chaleur pour les collectivités.

## Menaces

- l'utilisation du gaz naturel ou de pompes à chaleur air/air pour le chauffage des bâtiments ne permettra pas au territoire d'atteindre ses objectifs. La recherche d'énergies vertueuses (géothermie, solaire, bois performant) doit guider les maîtres d'ouvrage dans leur choix pour l'avenir.
- si l'abandon du parc éolien se confirme, le territoire devra compenser par l'installation de milliers de mètres carrés de photovoltaïque sur les toitures et au sol et il n'en a pas les capacités foncières (pour les projets au sol) et financières (pour les installations en toiture).

# POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

## 1 METHODOLOGIE

Les potentiels en énergies renouvelables sont identifiés en deux temps : les **gisements bruts** de chaque filière sont présentés, suivis des **gisements théoriques**. Ces deux types de gisements sont définis ci-dessous.

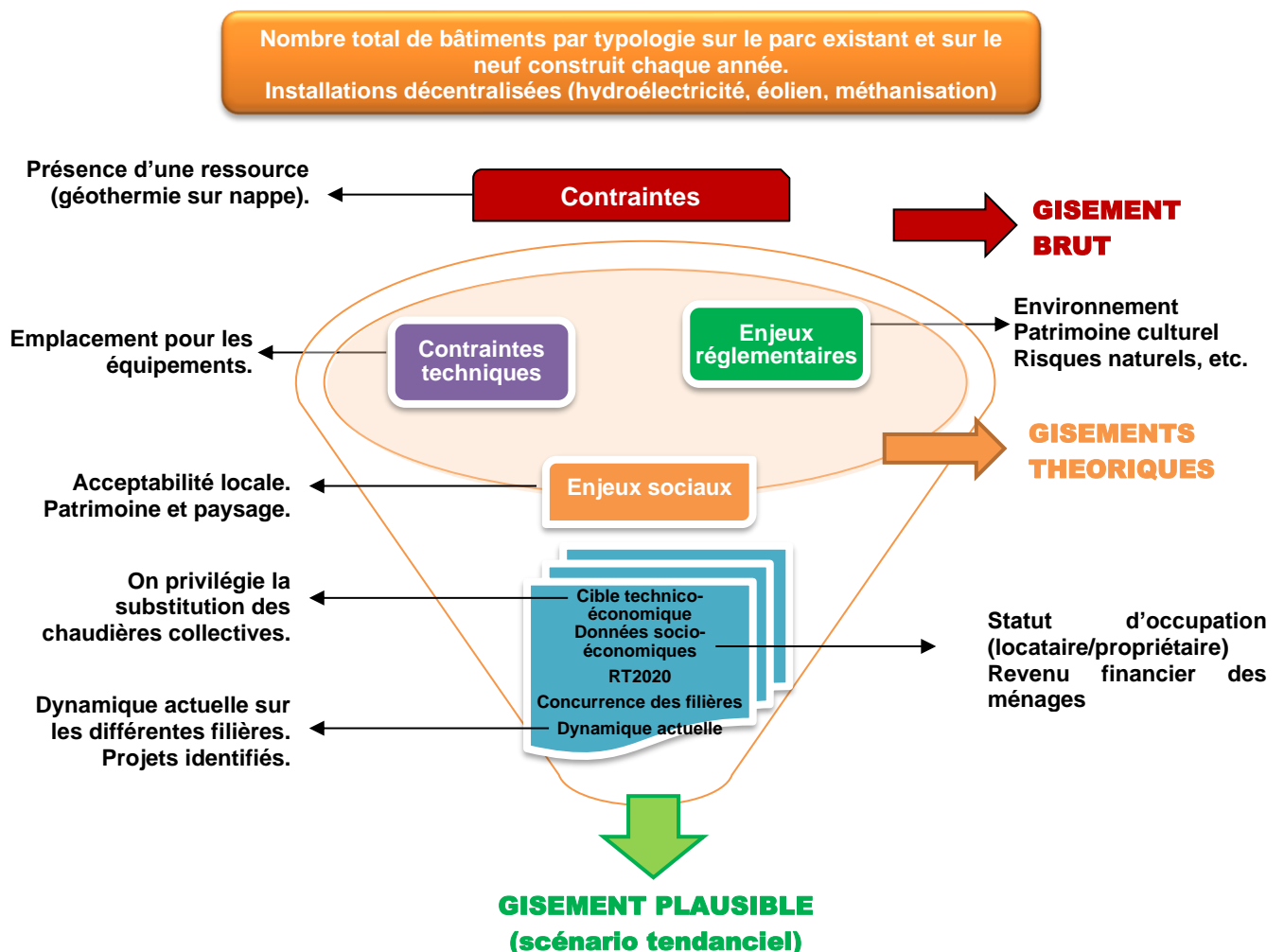
### 1.1 GISEMENTS BRUTS

Les gisements bruts représentent les **ressources primaires** d'énergies renouvelables du territoire. Ces ressources varient selon le type d'énergie : ensoleillement, ressource forestière pour le bois énergie, aquifères pour la géothermie, etc. Ce type de gisement est indépendant de toute contrainte technique ou économique.

### 1.2 GISEMENTS THEORIQUES

Les gisements théoriques représentent toutes les installations qu'il serait possible de réaliser sur les bâtiments existants et toutes les installations que l'on pourrait réaliser chaque année sur les constructions neuves, en ayant exclu toutes celles qui ne peuvent l'être, compte tenu de contraintes réglementaires, techniques et patrimoniales.

Le schéma ci-dessous présente la démarche jusqu'à l'estimation des gisements plausibles. Ce rapport présente les gisements bruts et les gisements théoriques. Les gisements plausibles seront étudiés dans le cadre de l'élaboration des scénarios énergétiques.



Pour chaque typologie d'installation, on tient compte :

- des contraintes liées au patrimoine culturel (sites classés, sites inscrits, secteur sauvegardé, monuments historiques, etc.),
- des enjeux sur les risques naturels (mouvement de terrain, remontée de nappe, cavités, etc.) pour la filière géothermie,
- de la typologie des bâtiments et de leurs besoins énergétiques (eau chaude sanitaire, chauffage et besoins de rafraîchissement),
- de la dynamique de construction pour les nouveaux projets,
- etc.

Les chiffres présentent donc **le potentiel maximal théorique** et ne tiennent pas compte de la capacité financière des maîtres d'ouvrage, du nombre d'artisans en mesure de réaliser les travaux, des réglementations thermiques actuelles et futures et de la concurrence entre les filières, y compris les filières traditionnelles (électricité, gaz naturel, fioul).

Ces chiffres sont donc par nature très importants et représentent le nombre purement théorique d'installations potentielles sur l'ensemble du territoire. Ils sont toutefois intéressants puisqu'ils permettent d'**identifier la production maximale par filière** en se plaçant dans une position extrêmement favorable.

**!** Les **gisements théoriques des différentes filières ne peuvent pas être additionnés de manière à constituer un scénario** : en effet, chaque filière étant étudiée séparément, une même maison peut être favorable à l'installation d'un système solaire combiné, d'une chaudière bois, d'une pompe à chaleur géothermique, d'une pompe à chaleur aérothermique, etc. La cohérence globale entre les installations et l'absence de double compte sont vérifiées lors de la constitution des gisements plausibles.

## 2 TYPOLOGIE DU TISSU URBAIN

Nous avons établi une typologie des bâtiments à partir des catégories proposées par le thème bâtiment de la base de données de l'IGN (BDTopo). Nous présentons ci-dessous ce que regroupent les termes employés dans la catégorie des bâtiments.

**!** Les surfaces présentées représentent les surfaces de toiture rapportées au sol sur un plan horizontal.

**La catégorie des maisons** regroupe les baraquements, bungalow, cabane, chalet, grange, garage individuel, construction diverse et bien sûr les maisons.

**Les immeubles** quant à eux regroupent, outre les immeubles d'habitation, les immeubles de bureaux, les établissements hospitaliers, les établissements scolaires, les musées, les prisons et les villages de vacances.

**Les bâtiments industriels** regroupent les abattoirs, ateliers (> 50 m<sup>2</sup>), bâtiments industriels (> 20 m<sup>2</sup>), centrales électriques (bâtiments), constructions techniques, entrepôts, hangars industriels (> 20 m<sup>2</sup>), scieries et usines.

**Les bâtiments commerciaux** sont des bâtiments de grande surface réservés à des activités commerciales : centres commerciaux, hypermarchés, magasins (grands, isolés), parcs des expositions (bâtiments).

**Les serres agricoles** dont la superficie inclut les allées entre les serres.

**Les bâtiments agricoles** regroupent les bâtiments d'élevage industriel, hangars agricoles de grande taille, minoteries, etc.

**Les bâtiments sportifs** sont réservés à la pratique sportive. Ils comprennent les gymnases, piscines couvertes, salles de sport, tennis couverts ainsi que les tribunes des stades.



La base de données de l'IGN regroupe également d'autres types de bâtiments, mais pour des surfaces beaucoup plus faibles dont nous ne tiendrons pas compte dans le cadre de cette étude (les donjons, les gares, les réservoirs industriels, les annexes, etc.).

## 2.1 LA BASE PERMANENTE DES EQUIPEMENTS TERTIAIRES GEOLOCALISES DE L'INSEE

Au-delà de la base de données BDTopo, nous avons également à notre disposition la base de données géolocalisée des équipements de l'INSEE afin de cartographier les équipements tertiaires fortement consommateurs (centre hospitalier, centre commercial, maison de retraite, école, collège, etc.).



La base de données des équipements géolocalisés de l'INSEE a été retraitée par **AXENNE**. Cette base recense 181 types d'équipements. Nous en avons conservé 82 en fonction de leurs usages et besoins énergétiques généralement constatés (consommation d'eau chaude importante, besoin de rafraîchissement, etc.).

Contrairement à la BDTopo, ce ne sont pas des polygones représentant la superficie de la toiture, mais des points qui localisent plus ou moins précisément le bâtiment tertiaire sur le territoire.

Cette base est remise à jour chaque année par l'Insee et on constate une amélioration du positionnement des bâtiments au fil des années et une augmentation de leur nombre.

Chaque bâtiment a fait l'objet d'une analyse pour l'opportunité de l'équiper avec différentes installations d'énergies renouvelables en fonction de ses besoins de chauffage, de rafraîchissement et d'eau chaude sanitaire.

## 3 FILIERES SOLAIRES

**⚡ Ne confondez pas les capteurs solaires thermiques et les modules photovoltaïques**



**Un module photovoltaïque produit de l'électricité à partir du rayonnement solaire.**

La production d'électricité n'est pas forcément liée à l'occupation du bâtiment ni aux besoins en énergie de celui-ci, l'électricité peut être autoconsommée ou renvoyée sur le réseau électrique. Elle participe à la diversification des moyens de production d'électricité en France.



**Un capteur solaire thermique produit de la chaleur à partir du rayonnement solaire.**

*Cette chaleur est restituée par un fluide caloporteur.*

La chaleur produite vient en substitution d'un besoin en énergie actuellement couvert par une autre source d'énergie (exemple : fioul). L'installation solaire participe ainsi à la performance énergétique globale du bâti et à la réduction des rejets de CO<sub>2</sub> liés au secteur du bâtiment.

Il existe également des capteurs bi-énergie qui combinent la production solaire photovoltaïque et thermique (production d'eau chaude ou valorisation de l'air chaud à l'arrière des modules photovoltaïques). Ces technologies combinant la production d'électricité et de chaleur, on peut les considérer comme l'association des deux technologies présentées ci-dessus avec l'avantage de tenir moins de place sur les toitures.

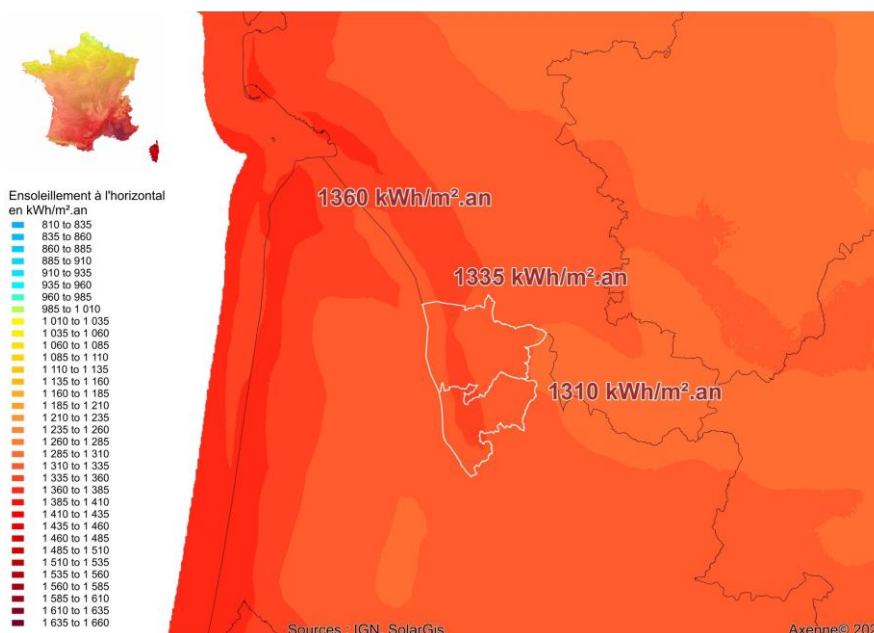


## 3.1 GISEMENTS BRUTS

L'ensoleillement du territoire et les données météorologiques constituent le gisement de la filière solaire. Ces données servent de base au calcul du productible des installations solaires thermiques et photovoltaïques.

Les valeurs d'ensoleillement sont issues de la base de données SolarGis détenue par Axenne (grille au pas de 250 mètres).

La carte suivante met en évidence l'ensoleillement moyen annuel reçu sur un plan horizontal. La légende comprend toutes les valeurs en France en tenant compte du relief, qui peut fortement réduire l'ensoleillement.



**Ensoleillement annuel reçu à l'horizontale, en kWh/m<sup>2</sup>**

L'ensoleillement se situe dans la moyenne haute nationale et permet d'entrevoir une production solaire intéressante aussi bien pour les modules photovoltaïques que pour les capteurs solaires thermiques.

### 3.1.1 DONNEES METEOROLOGIQUES

Les données météorologiques et les données d'ensoleillement sont issues du logiciel Météonorm.

**Base météo de référence : Cartelègue**

**Altitude :** 5 m

**Latitude :** 45,182°

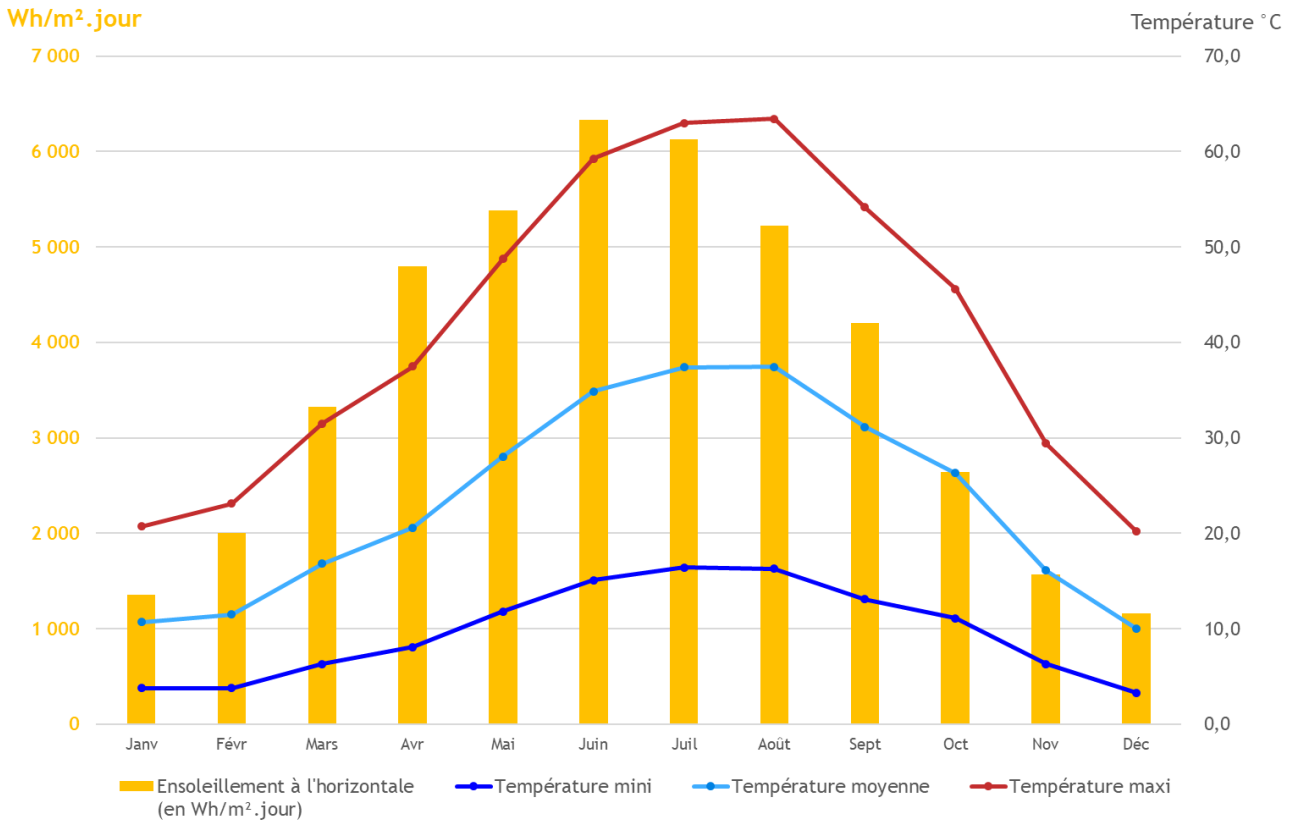
**Longitude :** -0,585°

MOIS	Ensoleillement à l'horizontale (en Wh/m <sup>2</sup> .jour)	Température mini	Température moyenne	Température maxi	Vitesse du vent en m/s	Nb de jours avec précipitation
Janv	1 355	3,8	6,9	10,0	3,8	12
Févr	2 000	3,8	7,7	11,6	3,8	7
Mars	3 323	6,3	10,5	14,7	4,1	12
Avr	4 800	8,1	12,5	16,9	3,9	9
Mai	5 387	11,8	16,3	20,7	3,5	10
Juin	6 333	15,1	19,8	24,4	3,4	7
Juil	6 129	16,4	21,0	25,6	3,4	8
Août	5 226	16,3	21,2	26,0	3,2	7
Sept	4 200	13,1	18,1	23,0	3,0	8
Oct	2 645	11,1	15,2	19,3	3,4	9
Nov	1 567	6,3	9,8	13,3	3,6	12
Déc	1 161	3,3	6,8	10,2	3,6	10

**Total annuel : 1345 kWh/m<sup>2</sup>.an**

Sources : ensoleillement (période 1991 - 2010) / températures (période 2000 - 2009) - MétéoNorm V7

**Données météorologiques de Cartelègue**



**Courbes mensuelles d'ensoleillement et de température à Cartelège**

# L'ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE

## DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Les systèmes solaires thermiques convertissent l'énergie contenue dans les rayons du soleil en chaleur. Les capteurs solaires de type plan sont les plus couramment utilisés. Ils se composent d'un absorbeur situé dans un coffrage isolé en face arrière et constitué d'un vitrage en face avant. Cet absorbeur possède une couche sélective qui augmente la captation de l'énergie solaire tout en limitant les pertes par rayonnement. Le vitrage quant à lui évite le refroidissement de l'absorbeur par le vent et crée un effet de serre qui augmente le rendement du capteur. L'isolation à l'arrière du capteur diminue les pertes de chaleur.

C'est à la surface de l'absorbeur que le rayonnement solaire est converti en chaleur. Un liquide caloporteur circule dans l'absorbeur et vient transmettre sa chaleur via un échangeur à l'eau sanitaire. De ce fait, le circuit solaire est totalement indépendant du circuit consommateur.

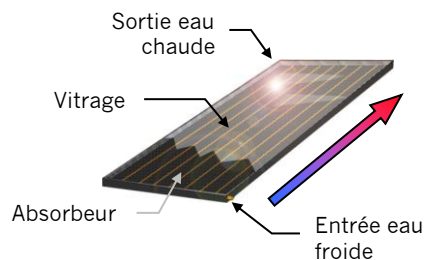


Schéma d'un capteur solaire de type plan

## USAGES

L'énergie solaire thermique trouve de nombreuses applications :

- le chauffage de l'eau chaude sanitaire (logements, secteur tertiaire et agriculture),
- le chauffage des maisons,
- le chauffage des piscines,
- les centrales solaires thermiques pour des réseaux de chaleur ou des usages industriels.

Il est toujours nécessaire de recourir à un appoint, l'énergie solaire ne pouvant pas couvrir l'intégralité des besoins (en particulier en hiver) : un premier ballon de stockage solaire est généralement placé en amont d'un deuxième ballon d'appoint qui assure le maintien en température de consigne de l'eau chaude. Il est également possible d'installer un seul ballon qui intègre un deuxième échangeur ou une résistance électrique.



Chauffe-eau solaire sur des maisons (premier plan) et un immeuble de logement.



Capteurs solaires destinés à la production d'eau chaude sanitaire pour un hôtel.

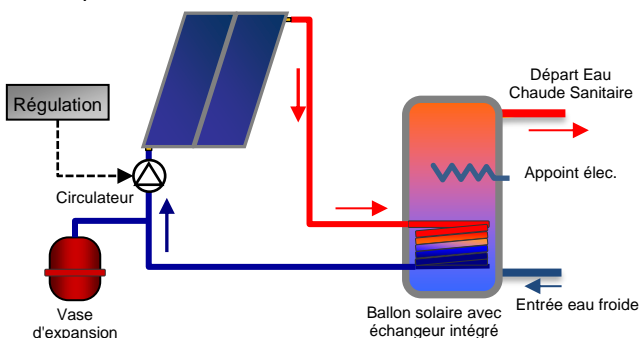


Schéma de principe d'une chauffe-eau solaire individuel avec appoint électrique

## AVANTAGES DU SOLAIRE THERMIQUE

La production de chaleur par le biais de capteurs solaires thermiques présente les avantages suivants :

- la source d'énergie utilisée est renouvelable et gratuite, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- le processus de production de chaleur n'a aucun impact sur l'environnement (pas de rejets polluants, pas de déchets, etc.),
- quelle que soit l'énergie substituée (électricité, fioul ou gaz), les rejets de gaz à effet de serre évités sont importants,
- dans le secteur de l'habitat, les lave-vaisselle et lave-linge peuvent aussi bénéficier de l'eau chaude solaire,
- Sur les maisons neuves la consommation d'eau chaude représente plus de 20% des besoins énergétiques, le solaire thermique permet de réduire de 60% ces consommations.

## ELEMENTS ECONOMIQUES

- Chauffe-eau solaire individuel (CESI) : 1 000 € HT/m<sup>2</sup> (3m<sup>2</sup> pour un ménage de 4 personnes)
- Système solaire combiné (SSC) : 900 €HT/m<sup>2</sup> (chauffage et eau chaude sanitaire)
- Chauffe-eau solaire collectif (CESC) : entre 800 et 1000 €HT/m<sup>2</sup>
- Chauffage de l'eau des piscines : 200 €HT/m<sup>2</sup>

La rentabilité dépend de l'énergie actuellement utilisée.

## INFORMATIONS

Fabricants français de panneaux solaires thermiques :

- [HelioFrance](#), [Giordano](#), [Solisart](#), [DualSun](#) (capteurs bi-énergie)

Rejets de CO<sub>2</sub> évités pour une installation de 3 m<sup>2</sup> suivant différentes énergies substituées :

- Fioul : 435 kgCO<sub>2</sub>/an
- Gaz propane : 356 kgCO<sub>2</sub>/an
- Gaz naturel : 310 kgCO<sub>2</sub>/an
- Electricité : 70 kgCO<sub>2</sub>/an

### 3.2.1 PRODUCTIBLE SOLAIRE THERMIQUE

Le productible solaire thermique est illustré via deux exemples : une installation individuelle et une installation collective, produisant toutes deux de l'eau chaude sanitaire. Les simulations sont réalisées avec SOLO 2000.

- **Chauffe-eau solaire individuel (CESI)**

L'installation présente les caractéristiques suivantes :

- 3 m<sup>2</sup> de capteurs,
- Orientation sud et inclinaison à 35°,
- Ballon de stockage de 200 litres,
- Consommation de 170 litres par jour (ces besoins correspondent à ceux d'une famille de 4 personnes),
- Température de consigne de 40°C.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 1 320 kWh/an, soit 67% des besoins en eau chaude sanitaire de la famille considérée (28% de couverture solaire en décembre et 95% en juillet). La productivité des capteurs est de 430 kWh/m<sup>2</sup>.

- **Chauffe-eau solaire collectif (CESC)**

L'installation présente les caractéristiques suivantes :

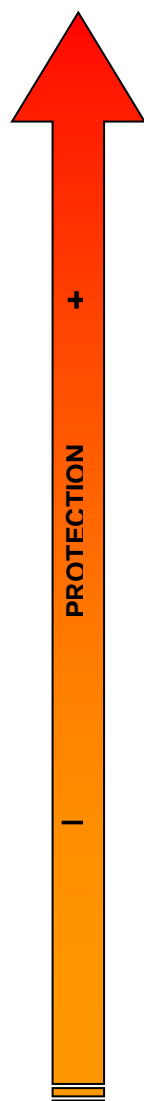
- 25 m<sup>2</sup> de capteurs,
- Orientation sud et inclinaison à 35°,
- Ballon de stockage de 3 000 litres,
- Consommation de 2 000 litres par jour (ces besoins correspondent à ceux d'un immeuble de 16 appartements de type T3),
- Température de consigne de 40°C.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 13 020 kWh/an, soit 56% des besoins en eau chaude sanitaire considérés. La productivité des capteurs est de 520 kWh/m<sup>2</sup>.

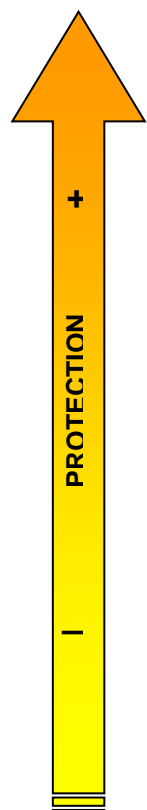
### 3.2.2 CONTRAINTES PATRIMONIALES



Dans l'objectif de protéger et conserver le patrimoine bâti présentant une importance particulière, différents types de protection existent en France : sites patrimoniaux remarquables (regroupant les anciens secteurs sauvegardés, AMVAP (Aire de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine) et ZPPAUP), site classé, monument historique et site inscrit.

Ces protections n'ont pas les mêmes implications, notamment en ce qui concerne la possibilité d'implanter une installation solaire à proximité. Le tableau suivant résume ces enjeux et leur niveau de contrainte.

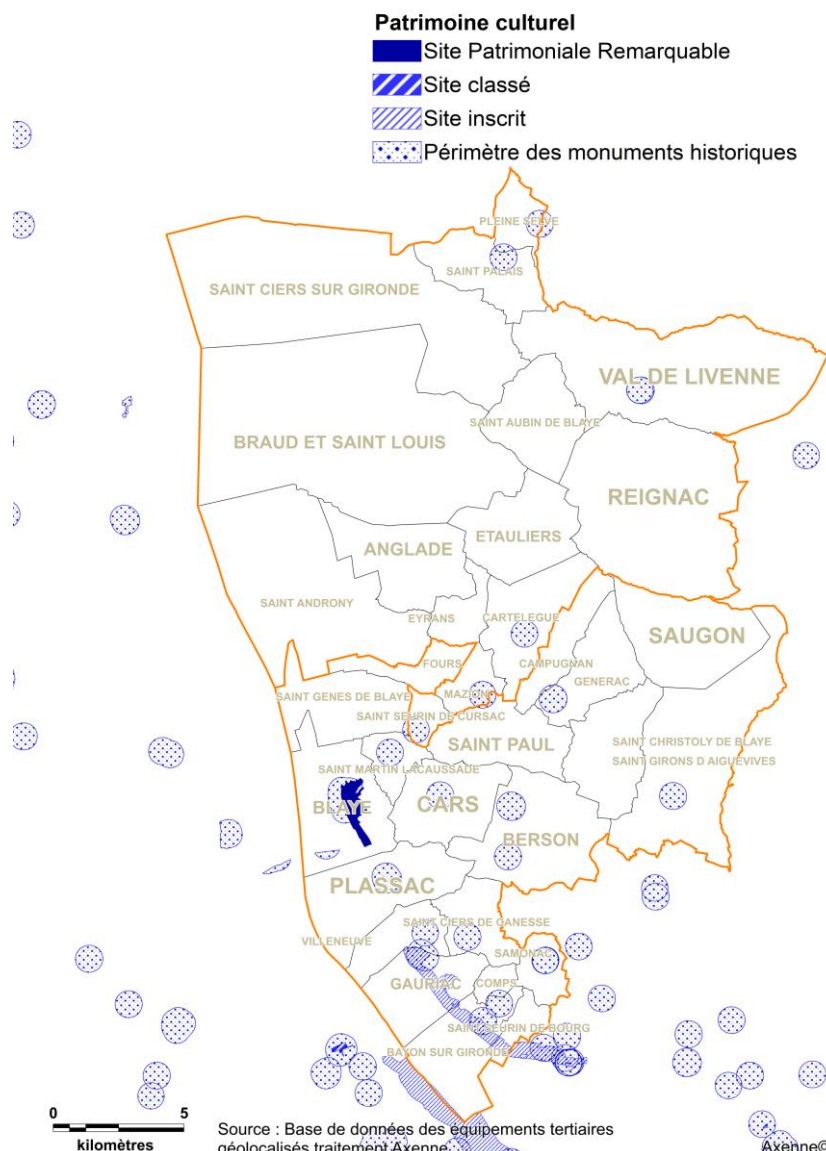


Type de protection	Définition	Objectifs	Procédures	Principes à respecter pour l'implantation de capteurs
<p><b>Sites patrimoniaux remarquables</b></p> <p>Loi du 7 juillet 2016</p> <p><b>ENJEU REDHIBITOIRE</b></p>	<p>Les sites patrimoniaux remarquables sont « les villes, villages ou quartiers dont la conservation, la restauration, la réhabilitation ou la mise en valeur présente, au point de vue historique, architectural, archéologique, artistique ou paysager, un intérêt public. »</p> <p><b>Les sites patrimoniaux remarquables se substituent aux anciens dispositifs de protection :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>secteurs sauvegardés,</li> <li>zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP),</li> <li>aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine (AVAP).</li> </ul>	<p>La création de ce classement a pour motivation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>une simplification en remplaçant les divers dispositifs existants par un seul. La loi simplifie également le régime des travaux aux abords des monuments historiques et au sein des sites patrimoniaux remarquables,</li> <li>l'articulation des compétences entre l'État et les collectivités locales,</li> <li>favoriser l'attractivité des territoires,</li> <li>mettre en valeur et préserver les sites,</li> <li>faciliter la protection des abords des monuments historiques.</li> </ul>	<p>Le classement résulte d'une décision du ministre de la culture, après avis de la Commission nationale du patrimoine et de l'architecture, après enquête publique et après consultation des communes concernées. Le classement précise le périmètre concerné.</p> <p>Les enjeux sont retranscrits dans un plan de gestion du territoire qui peut prendre deux formes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>soit un plan de sauvegarde et de mise en valeur (document d'urbanisme),</li> <li>soit un plan de valorisation de l'architecture et du patrimoine (servitude d'utilité publique).</li> </ul> <p>Chacun d'eux constitue un facteur de lisibilité pour les porteurs de projets et les habitants.</p>	<p><b>La lecture du règlement et son strict respect vis-à-vis de l'implantation de capteurs solaires peuvent conduire à une interdiction ou à de multiples prescriptions</b> (par ex : invisible depuis la voie publique, encastré dans la toiture, matériaux brillants interdits (modules polycristallins), cadre en aluminium interdit, etc.).</p> <p>Les capteurs solaires devront être intégrés aux volumétries, matériaux et teintes et se fondre dans l'architecture et son environnement.</p>
<p><b>Site Classé</b></p> <p>Articles L341-1 à L341-22 du code de l'environnement</p> <p><b>ENJEU MAJEUR</b></p>	<p>Un site classé est un site à caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, dont la préservation ou la conservation présentent un intérêt général.</p>	<p>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.</p>	<p>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 de la nature des sites et des paysages (CDNPS) 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 ce dernier cas.</p>	<p>Il faut absolument éviter les pièces rapportées et les perceptions visuelles qui entraîneraient en concurrence avec le site classé. <b>Il paraît très difficile d'implanter des capteurs solaires sur un bâtiment situé dans un site classé, sauf si ces derniers sont parfaitement intégrés sur la toiture du bâti existant (couleur, disposition...).</b></p>



Type de protection	Définition	Objectifs	Procédures	Principes à respecter pour l'implantation de capteurs
<b>Monument historique</b> Loi du 31 décembre 1913   <b>ENJEU FORT</b>	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.	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 500 m aux abords des sites. Ce périmètre peut être remplacé par un « Périmètre de protection modifié » afin de limiter la protection aux zones les plus intéressantes situées autour d'un monument historique. Cette disposition s'inscrit dans la loi 2000-1208 relative à la Solidarité et au Renouveau Urbain.	L'avis de l'architecte des bâtiments de France est requis ; il s'agit d'un <b>avis conforme</b> dans le cas d'une covisibilité entre l'installation et le monument historique ou d'un avis simple s'il n'y a pas de covisibilité.	<b>L'implantation de panneaux solaires en toiture est possible dans le périmètre de 500 m de rayon autour d'un édifice protégé</b> , sous réserve d'étudier précisément les perceptions de l'installation depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et de l'installation depuis différents points de vue remarquables.
<b>Site inscrit</b> Articles L341-1 à L341-22 du code de l'environnement Sur les bâtiments  <b>ENJEU FORT</b>	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).	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.	L'Architecte des Bâtiments de France émet sur le projet un <b>avis simple</b> . Si l'intérêt du site est menacé, l'ABF 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.	<b>L'implantation de panneaux solaires peut être possible dans un site inscrit</b> , sous réserve d'étudier leur intégration en toiture (couleur, disposition, etc.).

La carte suivante met en évidence les contraintes patrimoniales impactant les bâtiments du territoire.



#### **Contraintes patrimoniales pour l'installation de capteurs solaires thermiques ou modules photovoltaïques**

Le croisement de la cartographie des contraintes patrimoniales et de la cartographie des bâtiments existants (constituée à partir de la BDTopo de l'IGN) permet d'identifier les contraintes s'appliquant à chaque bâtiment.

La table des bâtiments est alors complétée afin d'indiquer si le bâtiment est situé sur une zone à enjeu patrimonial ou non.

Si l'on tient compte de l'ensemble des enjeux, il y a 85 % de toitures libres de toute contrainte pour l'installation de capteurs solaires (thermiques ou photovoltaïques). Les 10% de bâtiments en « implantation délicate » peuvent tout de même accueillir ce type d'installation s'il n'y a pas de covisibilité directe entre le monument historique et l'installation des capteurs solaires. 4% des toitures sont dans le périmètre du site patrimonial remarquable de Blaye.

Enjeux du patrimoine culturel pour l'implantation de capteurs solaires	Surface (m <sup>2</sup> )	
Implantation très difficile	226 650	4%
Implantation difficile	0	0,0%
Implantation délicate	556 483	10%
Pas de contrainte	4 553 569	85%

Total

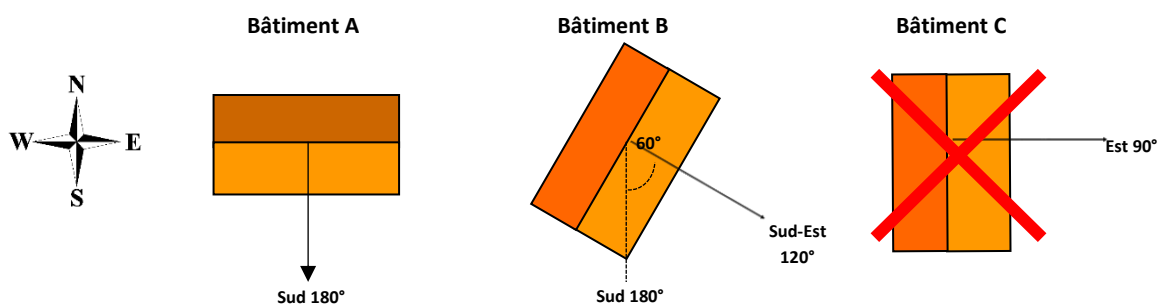
5 336 702

**Tableau des enjeux patrimoniaux pour l'implantation de capteurs solaires**

### 3.2.3 ORIENTATION DES BATIMENTS ET AUTRES CONTRAINTES

L'orientation des bâtiments et les autres contraintes (ombres portées des arbres ou des bâtiments voisins, présence de lanterneaux, etc) sont également des paramètres dont il faut tenir compte dans le cas de l'implantation d'un générateur photovoltaïque ou de capteurs solaires thermiques. Si l'on peut difficilement étudier les contraintes liées aux ombres portées il est possible d'estimer les bâtiments qui sont moins bien orientés. Même si, avec la baisse des coûts des générateurs photovoltaïques, il est aujourd'hui possible de réaliser un projet sur une toiture orientée à l'Est ou à l'Ouest, on conservera ce coefficient sur l'orientation des toitures pour tenir compte aussi d'autres paramètres que nous ne sommes pas en mesure de quantifier précisément (ombres portées, toiture mal adaptée avec la présence de fenêtre de toit, etc.).

Les maisons et immeubles qui ont une toiture orientée en deçà de 120° (le sud étant à 180°) et au-delà de 240° sont considérés comme n'étant pas forcément favorables à l'implantation de capteurs solaires. Ainsi, sur la figure ci-dessous, le bâtiment A est bien orienté, le bâtiment B également et le bâtiment C est identifié comme étant le moins bien orienté pour l'installation de capteurs solaires (la perte de production photovoltaïque atteint 16% par rapport à une orientation plein sud).



Les bâtiments commerciaux, industriels et sportifs ont une toiture a priori moins inclinée que les maisons et immeubles. On ne tient donc pas compte de leur orientation en considérant qu'ils peuvent être équipés.

Axenne a réalisé une analyse cartographique sur l'orientation des bâtiments, pour ne conserver que les toitures correctement orientées. Cette analyse se base sur la forme des bâtiments afin d'en déduire automatiquement l'orientation du faîtage.

Il s'agit d'une **estimation** dans la mesure où cette approche fonctionne bien pour une architecture où l'orientation du faîtage correspond à la longueur maximum de la maison ou de l'immeuble.

La capture d'écran ci-contre met en évidence, en vert, les maisons qui ont été conservées comme favorables à la mise en place de capteurs solaires (thermiques ou photovoltaïques).



*Estimation des toitures correctement orientées*

### 3.2.4 SYNTHÈSE DES CONTRAINTES POUR LES BATIMENTS

Le tableau ci-dessous présente les surfaces de toiture pouvant accueillir des panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques : ces toitures sont a priori bien orientées, et ne présentent pas ou peu de contraintes patrimoniales.

Typologie de bâtiment	Surface sans aucune contrainte (m²)	en % de la surface totale de la typologie
Maison	2 075 694	71,2%
Logements collectifs	153 089	66,4%
Immeuble	776 948	71,5%
Bâtiment industriel	127 945	63,8%
Bâtiment commercial	154 088	74,3%
Bâtiment sportif	8 973	76,3%
Bâtiment agricole	189 645	69,2%
	3 486 382	

*Surfaces favorables à la mise en place de panneaux solaires*







### 3.2.5 GISEMENTS THEORIQUES DES INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES

Le gisement théorique est calculé à partir des données statistiques (nombre de logements, nombre d'équipements publics, nombre d'exploitations agricoles, etc.), croisées avec les contraintes par typologie de bâtiment (maisons, immeubles, bâtiments industriels, etc.) qui ont été identifiées avec l'outil cartographique.

#### 3.2.5.1 Méthodologie : exemple des chauffe-eau solaires individuels

##### ■ Gisement théorique des chauffe-eau solaires individuels dans les maisons existantes

Les cibles indiquées dans le tableau – *Nombre total de maisons (cible totale)* – correspondent aux maisons existantes du territoire, classées par mode de chauffage (INSEE). Elles sont pondérées par les coefficients issus de l'analyse cartographique sur le patrimoine bâti et sur l'orientation des toitures : 71,2% des maisons existantes sont « éligibles » pour l'installation de capteurs solaires (cf. figure précédente).

				
<b>CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL SUR LES MAISONS EXISTANTES</b>				
<b>Nombre total de Maisons (cible totale)</b>	11 975	609	1 094	808
<b>Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire</b>	ECS électrique	ECS gaz propane	ECS gaz naturel	Fioul/Electricité
<b>Gisement net CESI (nb d'installations)</b>	<b>8 527</b>	<b>434</b>	<b>779</b>	<b>575</b>

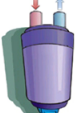



x 71,2%

**Gisement théorique pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons existantes**

##### ■ Gisement théorique des chauffe-eau solaires individuels dans les maisons neuves

Les cibles indiquées dans le tableau – *Nombre total de maisons (cible totale)* – correspondent aux maisons qui seront construites chaque année sur le territoire. Le chiffre total (137 maisons) correspond à la dynamique indiquée dans le SCoT. L'hypothèse sur les modes de chauffage de l'eau chaude sanitaire est déduite du mode de chauffage constaté après l'année 2012 (INSEE).

On suppose que les maisons neuves seront orientées convenablement pour une installation solaire thermique, et seules les contraintes patrimoniales sont prises en compte.

				
<b>CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL SUR LES MAISONS NEUVES</b>				
choix du mode de chauffage -->	Electricité	Fioul	Gaz bouteille	Gaz naturel
<b>Nombre de Maisons/an (cible totale)</b>	134/an	1/an	1/an	1/an
<b>Energie utilisée pour l'eau chaude sanitaire</b>	Electricité	Fioul/Electricité	Gaz bouteille	Gaz naturel
<b>Gisement net annuel CESI (nb d'installations)</b>	<b>131/an</b>	<b>1/an</b>	<b>1/an</b>	<b>1/an</b>

x 97,6 %







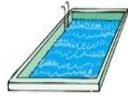
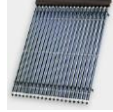
Données : Sitadel (dynamique de construction) source : Axceléo

**Gisement théorique annuel pour les chauffe-eau solaires individuels sur le parc des maisons neuves**

La même approche est appliquée aux immeubles de logements collectifs, aux bâtiments tertiaires qui ont des besoins d'eau chaude sanitaire, au secteur agricole et industriel.

### 3.2.5.2 Synthèse des gisements théoriques

Le tableau suivant présente les gisements théoriques du solaire thermique par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES									TOTAL
		CHAUFFE-EAU SOLAIRE INDIVIDUEL*	CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SOLAIRE MAISON INDIVIDUELLE**	EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE*** (privé+HLM)	EAU CHAUDE SOLAIRE COLLECTIVE TERTIAIRE	Agricole (ECS et séchage)	CHAUFFAGE DE L'EAU DES PISCINES	Haute température (industrie)	
<b>dans l'existant</b>	nombre : surface totale* : MWh/an :	10 315 22 480 m <sup>2</sup> <b>10 341</b>	7 538 119 388 m <sup>2</sup> <b>41 786</b>	114 1 520 m <sup>2</sup> <b>760</b>	118 3 197 m <sup>2</sup> <b>1 599</b>	31 249 m <sup>2</sup> <b>125</b>	1 125 m <sup>2</sup> <b>38</b>	7 440 m <sup>2</sup> <b>308</b>	18 124 147 399 m <sup>2</sup> <b>54 955 MWh/an</b>
<b>sur le neuf par an</b>	nombre : surface totale* : MWh/an :	134 171 m <sup>2</sup> <b>79</b>		2 11 m <sup>2</sup> <b>6</b>	1 14 m <sup>2</sup> <b>7</b>			1 39 m <sup>2</sup> <b>27</b>	137 235 m <sup>2</sup> <b>119 MWh/an</b>

\* 4 m<sup>2</sup> par installation pour un chauffe-eau solaire

\*\* 13 m<sup>2</sup> par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

\*\*\* 0,6 m<sup>2</sup> par logement en moyenne pour l'eau chaude solaire collective




Source : Axceléo

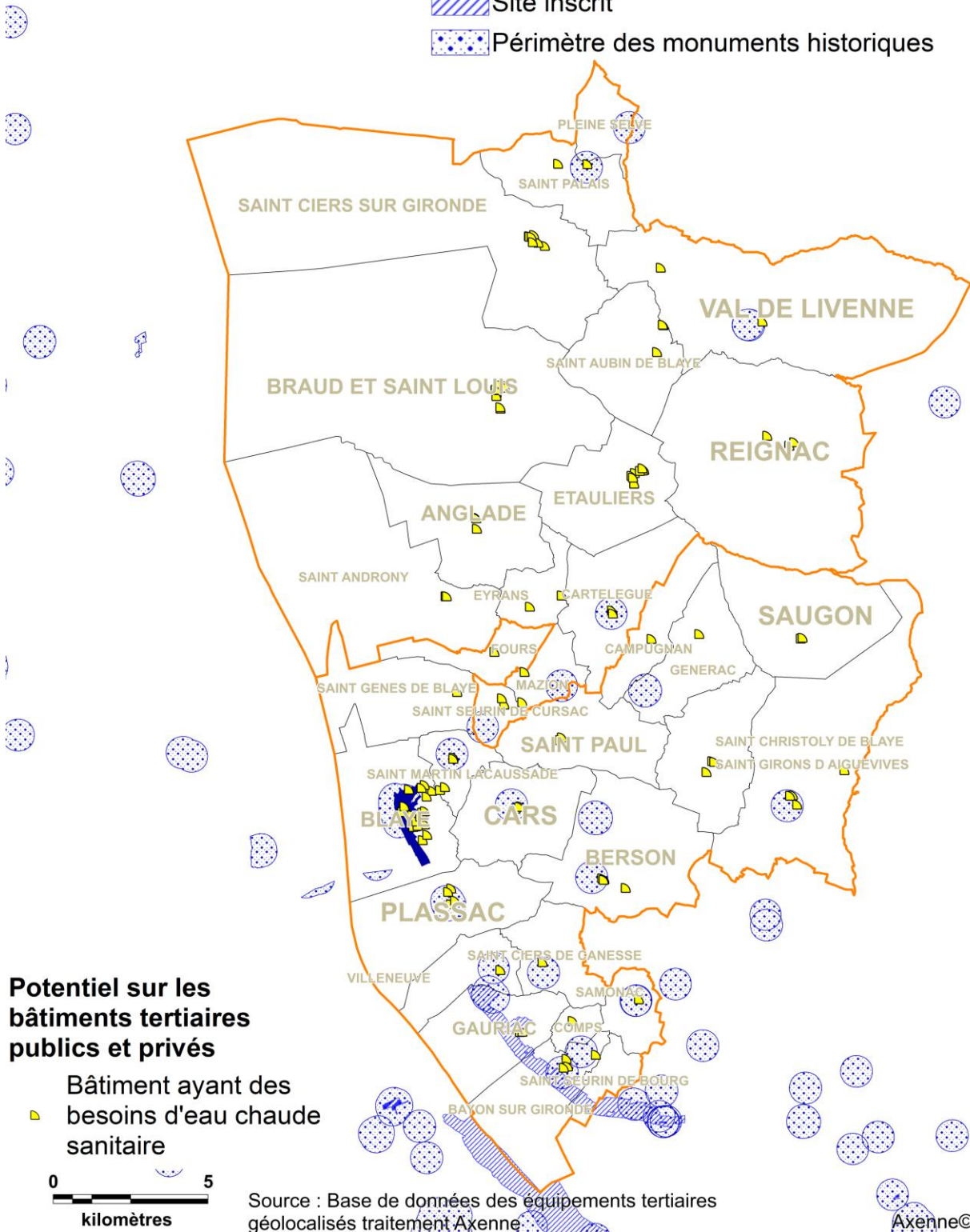
#### Remarques :

- On considère que l'investissement dans un système solaire combiné sera trop important au vu des faibles besoins de chauffage des maisons neuves (répondant à la RT 2012). Le gisement « sur le neuf par an » de ce système est donc nul.

### 3.2.6 CARTOGRAPHIES DES POTENTIELS SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES PUBLICS ET PRIVES

#### Patrimoine culturel

-  Site Patrimoniale Remarquable
-  Site classé
-  Site inscrit
-  Périumètre des monuments historiques



# L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

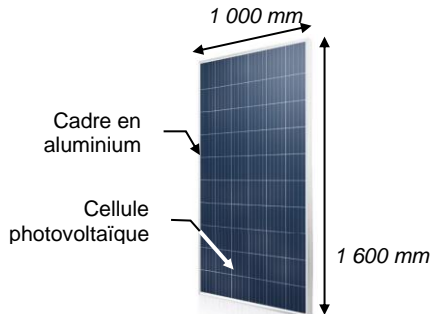
## DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Une **cellule photovoltaïque** est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse du soleil et la transforme en électricité.

Lorsqu'une cellule est exposée au rayonnement solaire, les photons de la lumière viennent frapper sa face avant. L'énergie des photons est partiellement transmise aux électrons qui se déplacent de la face arrière de la cellule à la face avant. C'est ce déplacement des électrons qui crée un courant électrique.



Cellule de 166 mm x 166 mm et d'épaisseur 0,1 mm



Un module polycristallin de 1,6 m<sup>2</sup> et d'une puissance de 320 Wc (rendement de 20%)

Chaque cellule photovoltaïque ne génère qu'une petite quantité d'électricité. Elles sont donc assemblées en série pour constituer un **module photovoltaïque**, qui se compose généralement d'un circuit de 60 cellules (ou 120 demi-cellules). Le matériau utilisé étant très fragile, les cellules sont encapsulées entre une plaque de verre et un matériau composite. Il existe des modules bi-verre plus résistant et permettant de laisser passer une partie du rayonnement entre les cellules. 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 **générateur photovoltaïque** est composé d'un champ de modules, de structures rigides (fixes ou mobiles) pour poser les modules, du câblage, et des onduleurs qui permettent de convertir le courant continu en courant alternatif compatible avec le réseau électrique.

Les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). Les modules photovoltaïques sont généralement garantis 25 ans et leur durée de vie est d'environ 30 ans.

## MODE DE VALORISATION DE L'ELECTRICITE PRODUITE

Historiquement, avec des tarifs d'achats très avantageux, il était économiquement plus viable de vendre en totalité l'électricité produite à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution (Régie d'électricité). Ainsi depuis 2006, la plupart des projets ont été conçus sur ce principe.

Avec la baisse des coûts des modules photovoltaïques (plus de 80% depuis 2010), la production d'énergie photovoltaïque devient désormais compétitive avec le coût de l'électricité du réseau. Il devient intéressant économiquement d'autoconsommer sa production plutôt que de vendre la totalité de son courant. Les différents modes de valorisation de l'électricité produite sont présentés à la page suivante.

## AVANTAGES DU SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

La production d'électricité à partir de l'énergie radiative du soleil par l'intermédiaire de modules photovoltaïques présente des avantages importants :

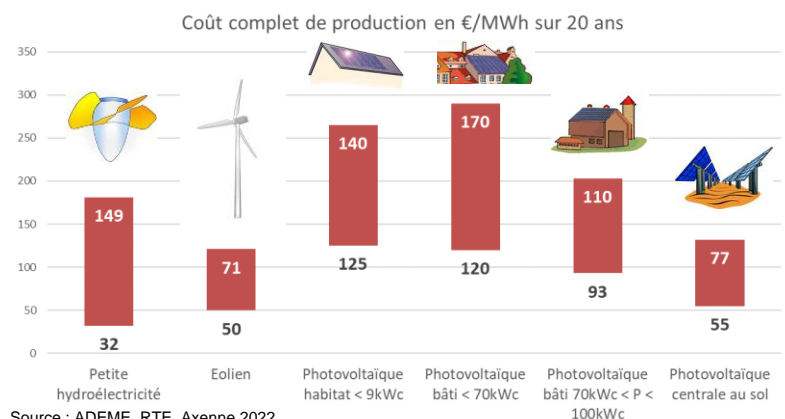
- la source d'énergie utilisée est renouvelable, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- la production d'électricité est réalisée sans qu'il n'y ait aucune pièce en mouvement, ce qui entraîne des frais de maintenance excessivement faibles et une exploitation aisée (les modules sont auto-nettoyés avec la pluie),
- le processus de production d'électricité n'a aucun impact sur l'environnement (ni rejet polluant, ni déchet, ni bruit, etc.),
- ce qui est produit est généralement consommé sur place, ce qui présente un intérêt du point de vue électrique puisque les pertes dans les câbles sont très faibles (contrairement au mode de production décentralisée, ex : centrale nucléaire).

## IDEE REÇUES

Ce n'est pas la chaleur du soleil mais bien les photons de lumière qui sont exploités. D'ailleurs plus la température de la cellule augmente plus son rendement diminue.

## ELEMENTS ECONOMIQUES

Coût complet moyen de production d'un mégawatt-heure de différents types d'installation photovoltaïque et comparée avec d'autres modes de production d'électricité (plage de valeur en fonction de la complexité) :



## INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Fabricants français de panneaux photovoltaïques :

- [Voltec Solar](#), [SunPower](#), (Etats-Unis mais deux sites de production en France), [Systovi](#) (capteurs bi-énergie PV + air chaud), [DualSun](#) (capteurs bi-énergie PV + eau chaude)

[Recyclable](#) à hauteur de 94%

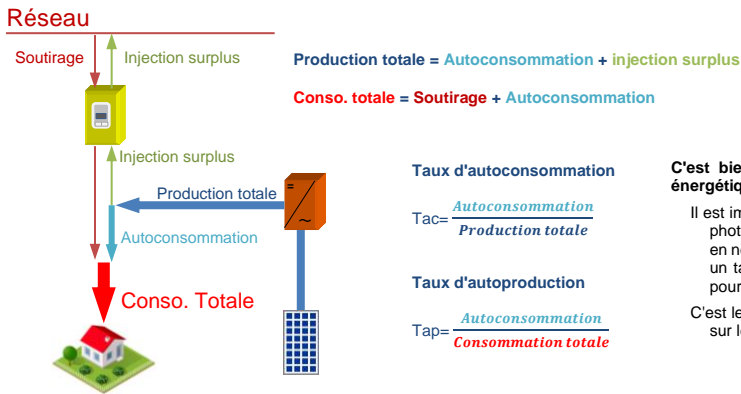
[Pas de terre rare](#) dans les modules cristallins

[Le temps de retour énergétique](#) < 2 ans

[Emissions de CO<sub>2</sub>](#) dues à la fabrication : entre 30 et 46 gCO<sub>2</sub>

[Rejets de CO<sub>2</sub> évités](#) sur le parc électrique : 480 gCO<sub>2</sub>/kWh

## Schéma de principe d'une installation photovoltaïque

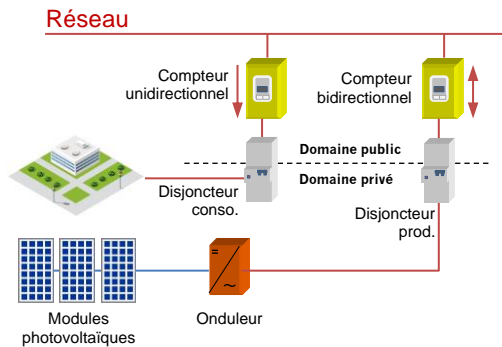


C'est bien le Taux d'autoproduction qui importe sur le plan énergétique et économique :

Il est important qu'il soit le plus élevé, cela signifie que le système photovoltaïque couvre le maximum des besoins du site. En effet, en ne mettant par exemple que 100Wc sur une maison on atteint un taux d'autoconsommation de 100% mais de 1% seulement pour le taux d'autoproduction.

C'est le taux d'autoproduction qui permet d'estimer les économies sur les kWh soutirés au réseau.

## Les différents modes de valorisation d'une installation photovoltaïque

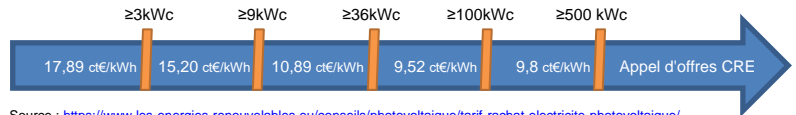


### VENTE EN TOTALITE :

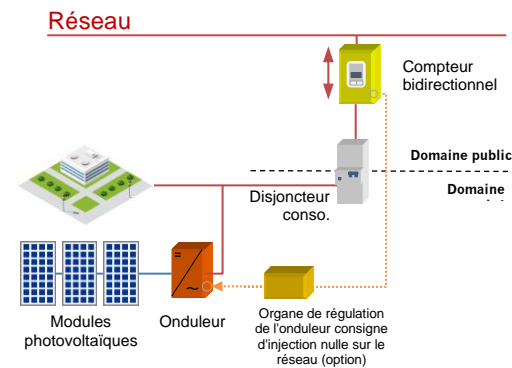
- la production photovoltaïque est complètement dissociée de la partie consommation du client,
- toute la production est injectée sur le réseau, mais les électrons se dirigent directement vers les équipements au plus proche (a priori dans le bâtiment s'il y a une consommation ou chez le plus proche voisin qui consomme),
- il y a des frais pour le deuxième compteur de production de l'énergie.

Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

Tarif en vigueur entre le 01/02/2022 et le 30/04/2022



Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/>

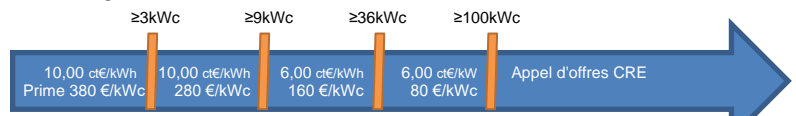


### AUTOCONSOMMATION ET VENTE EVENTUELLE DU SURPLUS :

- la production photovoltaïque est en partie ou en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède la consommation du bâtiment, le surplus est comptabilisé par le compteur Linky est vendu à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution,
- lorsque le producteur s'est engagé à ne rien injecter sur le réseau, il y a alors un organe de régulation de l'onduleur qui régule la puissance de l'onduleur,
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.

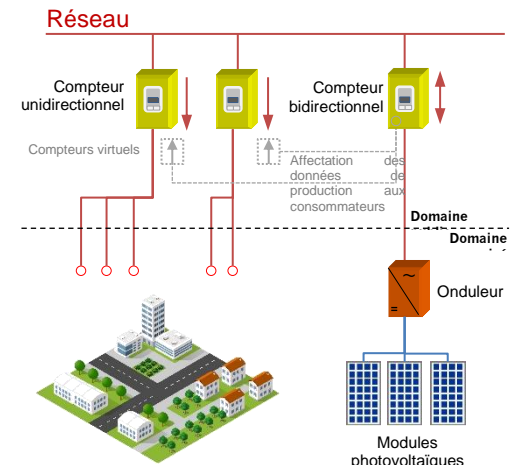
Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

Tarif en vigueur entre le 01/02/2022 et le 30/04/2022



La prime est versée à hauteur de 1/5\* par an pendant 5 ans par l'acheteur

Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/>



### AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE :

- suivant les profils de consommation des différents consommateurs, on définit une clé de répartition de la production photovoltaïque à chacun d'entre eux,
- les kWh injectés par la production photovoltaïque sur le réseau public sont répartis selon la clé de répartition définie : c'est le principe de compteurs virtuels,
- dans l'idéal, la production photovoltaïque est en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède les consommations du bâtiment, le surplus est délivré gratuitement au réseau (le gestionnaire peut imposer au producteur de ne rien injecter sur le réseau),
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.

Au-delà de ces exemples, il faut noter que les systèmes photovoltaïques peuvent également s'intégrer au bâti en façade, en brise-soleil, en garde-corps, etc. Les systèmes en brise-soleil offrent l'avantage d'une deuxième fonction donnée aux modules sans pour autant perdre en production puisqu'ils peuvent être inclinés de manière favorable pour une production optimum. Cela n'est pas le cas des systèmes d'intégration en façade ou en garde-corps qui sont fixes avec une inclinaison de 90° assez défavorable à la production photovoltaïque (la perte atteint 30% par rapport à une inclinaison optimum à 38°).

### 3.3.2 GISEMENTS THEORIQUES DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES



#### 3.3.2.1 Méthodologie : exemple des immeubles existants

- **Gisement théorique des installations photovoltaïques sur les immeubles existants (cartographie des bâtiments)**

Tous les immeubles sont susceptibles d'être équipés d'un générateur photovoltaïque, il faut donc simplement tenir compte des contraintes réglementaires et techniques (travail réalisé dans l'approche cartographique) afin de déterminer le gisement théorique pour cette catégorie de projets. Il s'agit aussi bien des immeubles de logements que des immeubles tertiaires (bureaux, bâtiments sportifs, etc.).

Les cibles sont les surfaces de toitures existantes par catégorie, pondérées :

- par le coefficient déterminé dans l'approche cartographique (71% pour les immeubles, 76 % pour les bâtiments sportifs)
- de 40 % pour les immeubles, quelle que soit la toiture (terrasse ou inclinée). Dans le premier cas, les lanterneaux, conduits de ventilation et cages d'ascenseur viennent limiter la surface disponible. Dans le second cas, seul un pan de la toiture est équipé, et il faut tenir compte de la présence d'une éventuelle cheminée ou de velux,
- de 60 % sur les bâtiments sportifs qui sont généralement moins contraints par les lanterneaux, conduits de ventilation et cages d'ascenseur.

	PHOTOVOLTAÏQUE SUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS	
		
Type de Bâtiment	Immeuble (logements, bureaux, hopitaux, etc.)	Bâtiments sportifs & tribunes
Nombre de m <sup>2</sup> de toiture (cible totale)	1 317 564	11 753
<b>Gisement net (nb m<sup>2</sup> de toiture exploitable)</b>	372 015	5 384
<b>Gisement net pour les installations photovoltaïques (nb d'installations)*</b>	<b>1 860</b>	<b>11</b>

\*200 m<sup>2</sup> sur un immeuble, 500 m<sup>2</sup> sur un bâtiment sportif

**Gisement théorique pour les installations photovoltaïques sur les bâtiments existants**

#### 3.3.2.2 Ombrières photovoltaïques

Les parkings de grande surface attenants à des bâtiments commerciaux ont été localisés via la BDTopo. Un travail du Conseil Départemental complété par une analyse complémentaire des responsables du SCoT a permis d'identifier 119 parkings susceptibles d'accueillir une ombrière photovoltaïque.

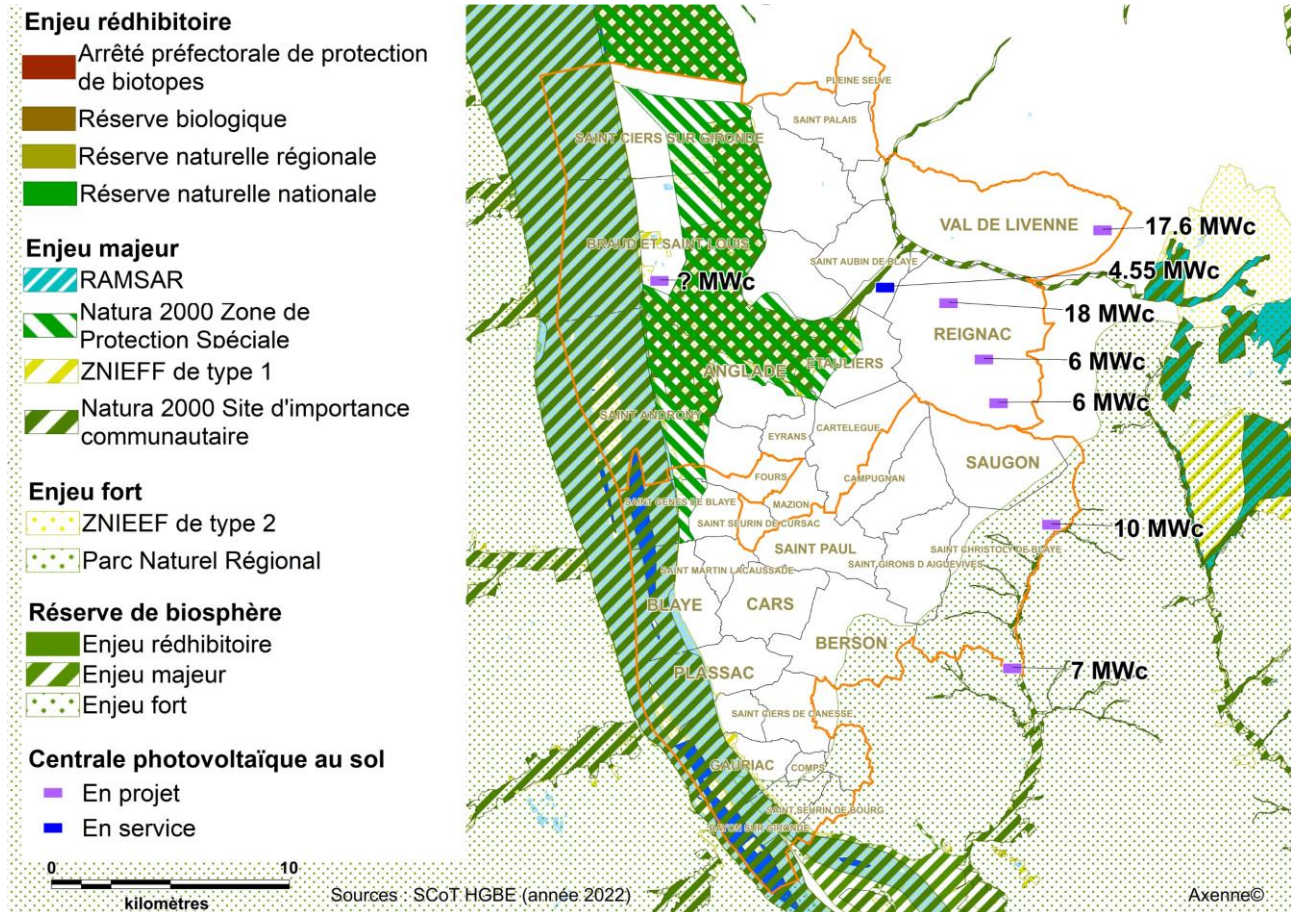
#### 3.3.2.3 Les centrales au sol

Sept projets de centrales photovoltaïques au sol actuellement en réflexion ou en développement sur le territoire :

- Val-de-Livenne 17 MWc à proximité de l'aérodrome de Montendre-Marcillac, le permis a été délivré.
- Saint-Christoly-de-Blaye 10 MWc sur une ancienne carrière transformée en plan d'eau, le projet serait mixte flottant/terrestre pour être rentable.

- Saint-Christoly-de-Blaye 7 MWc sur une parcelle forestière défrichée.
- Reignac 18 MWc sur des vignes en friche (arrachées).
- Reignac deux projets de centrale au sol de 6 MWc sur des espaces naturels ou agricoles.
- Braud-et-Saint-Louis un projet à côté de la centrale nucléaire porté par EDF Energie Nouvelle (ce projet serait abandonné).

Toutefois, tous ces projets ne verront pas nécessairement le jour, la plupart étant situés sur des terres agricoles sans qu'il n'y ait de réflexion sur la nature du projet et son intégration avec les cultures en présence ou possible. Les projets ne sont toutefois pas situés sur des zones à enjeu fort ou rédhibitoire au titre des protections environnementales.



**Carte des enjeux environnementaux et du positionnement des projets de centrales au sol**

S'il n'y a pas encore de cadre réglementaire pour l'agrivoltaïsme, celui-ci est actuellement en discussion au sein de différents organismes et au niveau de l'état, on peut citer :

- L'AFNOR vient d'établir un [référentiel label projet agrivoltaïque](#) permettant de qualifier un projet agrivoltaïque qui favorise la production agricole,
- L'association [France Agrivoltaïsme](#) milite pour des projets vertueux et propose une définition de l'agrivoltaïsme : "Il s'agit de l'ensemble des techniques utilisant tout outil de protection et de régulation agro-climatique d'activités agricoles, qui produit à titre secondaire de l'électricité photovoltaïque",
- L'Ademe effectue des travaux pour définir l'agrivoltaïsme,
- Le Sénat a adopté le 4 janvier 2022 une [résolution tendant au développement de l'agrivoltaïsme](#) en France, cette résolution précise :
  - o Considérant que l'agrivoltaïsme permet non seulement de maintenir, mais également d'améliorer la production agricole tout en produisant de l'énergie photovoltaïque ;
  - o Considérant que l'agrivoltaïsme a des vertus agroéconomiques et une fonction de régulation agroclimatique via les différents services apportés à l'agriculture, notamment une réduction des stress hydrique, lumineux et thermique ;
  - o Observant que l'agrivoltaïsme souffre d'un manque de définition, de leviers via les appels d'offre de la CRE et de financements notamment via les fonds européens de la politique agricole commune (PAC) ;

- Invite le Gouvernement à lever les freins législatifs et réglementaires au développement de l'agrivoltaïsme et à donner un nouvel essor à cette filière ;
- Souhaite inscrire une définition de l'agrivoltaïsme au sein du code de l'énergie et en tirer les conséquences législatives ;
- Estime qu'il est nécessaire de sortir les projets agrivoltaïques des appels d'offres « solaire innovant » de la CRE afin de créer une famille dédiée au sein des appels d'offres ;
- Propose de modifier le IV de l'article 8 de l'arrêté du 9 octobre 2015 du ministre chargé de l'agriculture précité afin que les projets agrivoltaïques puissent bénéficier des financements européens de la PAC ;
- Estime qu'il est nécessaire d'envisager un cadre réglementaire uniforme favorisant les pratiques de compensation agricole.

S'ils sont réalisés sur des parcelles agricoles, alors c'est d'abord le projet agricole qui doit primer et l'installation agrivoltaïque ne doit pas se faire au détriment de la production agricole.

La loi Climat et résilience comporte plusieurs dispositions afin d'atteindre les objectifs de réduction d'artificialisation des sols.

Dans ce cadre, afin de ne pas faire obstacle à leur développement, les installations solaires ne seront pas comptabilisées dans la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers si leurs caractéristiques garantissent l'absence d'effets durables sur les fonctions écologiques du sol, et si, lorsqu'elles sont implantées dans un milieu agricole, elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole ou pastorale.

### 3.3.2.4 L'agrivoltaïsme

Le principe est le même que celui d'une centrale photovoltaïque au sol, à la différence près que la surface utilisée est principalement valorisée par une activité agricole. Cela peut se faire de plusieurs manières : implémentation de panneaux sur serres, mise en place de structures photovoltaïques au-dessus des plantations, ou encore partage de la surface avec des troupeaux d'élevage (souvent de type ovin).

- Pour les serres, le concept s'est beaucoup développé dans le cadre des tarifs de rachat garantis sans prise en compte de l'intérêt agronomique et de l'impact du manque de luminosité pour les cultures. On a vu des serres qui étaient des prétextes à l'installation de modules photovoltaïques sans qu'il n'y ait aucune culture en dessous.



**Contre-exemple de photovoltaïque sur serre**



**Projet cohérent sur la commune de Saugon**

- Pour pallier ces dérives, la filière agrivoltaïque s'est penchée sur des modules qui peuvent être orientés/déplacés selon l'intérêt des cultures, et ainsi éviter les « excès » climatiques. Le fait d'avoir le contrôle sur l'inclinaison des modules permet d'avoir une satisfaction homogène des besoins radiatifs des cultures se trouvant sous les modules. Les modules photovoltaïques permettent d'augmenter la production agricole par un contrôle de la photosynthèse et de lutter contre la grêle et la sécheresse. L'Ademe finance en ce moment même des études pour vérifier l'intérêt agronomique de ce modèle, ainsi que sa viabilité économique. Les résultats ne sont pas encore connus. Les démonstrateurs ont été mis en place sur différents types de culture : viticulture, arboriculture, maraîchage et grandes cultures.





**Exemple d'agrivoltaïsme, avec modules à inclinaison contrôlable**

- L'autre moyen de faire cohabiter agriculture et photovoltaïque relève de l'élevage en plein air. La centrale est alors posée au sol, sur une parcelle où les troupeaux viennent paître entre les lignes de modules. Différents exemples ont été répertoriés en France. Ce type de projet ne concerne pas le territoire du SCoT qui ne compte que très peu de pâturage.



**Exemple de cohabitation entre moutons et centrale photovoltaïque**

Pour ces deux derniers cas, l'intérêt agronomique doit rester la priorité pour que le projet ne soit pas considéré comme une artificialisation nette du sol. En ce sens, [le guide de l'Institut de l'Elevage](#) (idele) permet d'apporter bon nombre de réponses ou tout du moins d'éclairages pour une construction avisée des projets : de la conception de la centrale, à l'évolution du système de production agricole en passant par le volet partenarial qui constitue la base de la durabilité du projet.

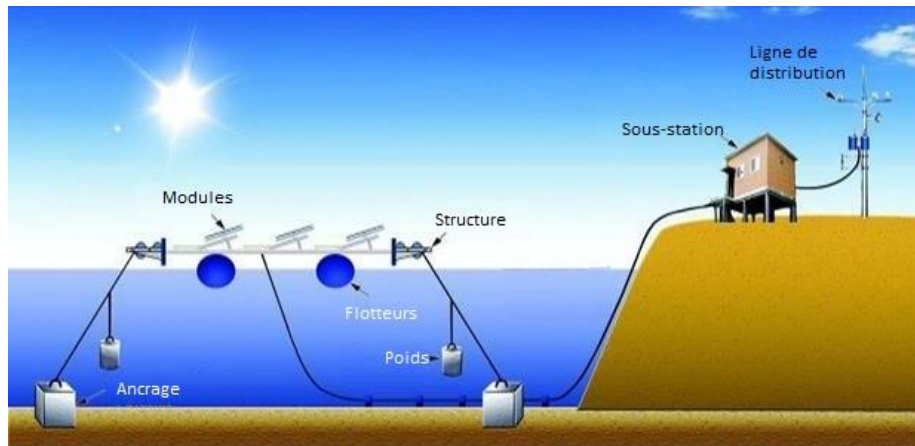
La production d'électricité via l'agrivoltaïsme présente plusieurs avantages :

- le rendement de la parcelle exploitée augmente inévitablement du fait de l'ajout d'une seconde activité qui ne doit pas réduire l'efficacité de la première.
- le modèle d'agrivoltaïsme sur culture en plein air semble pertinent pour certains végétaux dont la forte exposition au soleil peut être néfaste. Le pilotage via des algorithmes peut permettre de contrôler cet ensoleillement, en le limitant pendant les heures les plus chaudes de la journée par exemple. La structure portant les panneaux pourrait aussi être munie de filets pour protéger de la grêle et de certains nuisibles. Du fait de sa hauteur (supérieure à 5 mètres), la pratique des activités agricoles n'est pas altérée.
- pour l'élevage, l'intérêt est plutôt synergique. Les troupeaux s'occupent de l'entretien de la parcelle et les panneaux leur fournissent un abri. L'herbe à l'ombre sous les panneaux une partie de la journée serait aussi protégée des fortes radiations.

- dans les deux cas, il a été montré que le sol restait plus humide sous les panneaux, car l'ombre réduit l'évaporation. Des économies d'eau peuvent être réalisées.

### 3.3.2.5 Le photovoltaïque flottant ou flottovoltaïque

Le principe est le même que celui d'une centrale photovoltaïque au sol, à la différence près que les panneaux reposent sur des structures qui flottent sur une étendue d'eau. Ces structures ont été conçues de manière à résister à certains seuils de vents et de hauteur de vagues. L'agglomération des panneaux et de leurs flotteurs est ancrée au fond du bassin ou peut encore être rattachée aux rives, en fonction des données bathymétriques et topographiques. Des poids peuvent être rajoutés aux câbles pour réduire la mobilité de la structure.



**Schéma d'une installation photovoltaïque flottante**

La production d'électricité via une centrale photovoltaïque flottante présente plusieurs avantages :

- comparativement à une centrale au sol, le rendement des modules photovoltaïques est plus intéressant, du fait d'un refroidissement plus important grâce à la présence d'eau.
- elle permet de valoriser des surfaces sans conflit d'usage : plan d'eau de carrière, artificiel, ou encore dans un environnement industriel, des réservoirs d'irrigation ou de barrages hydroélectriques. Ces sites sont généralement situés à l'écart des habitations, les enjeux environnementaux souvent restreints, et de grandes superficies peuvent être disponibles.
- la présence des modules permet de réduire l'évaporation du bassin et la prolifération d'algues, de par l'ombre prodiguée.

La technologie est au point, plusieurs installations ont déjà été mises en service en France, la plus connue étant celle de Piolenc (Vaucluse), avec 17 Mwc installés sur 17 hectares.







Les surfaces ciblées sont généralement les plans d'eau d'origine anthropique, dont la surface n'est pas utilisée pour une autre activité :

- Les réservoirs d'irrigation
- Les réservoirs des barrages hydroélectriques
- Les bassins de traitement d'eau
- Les bassins de carrières ou de mines (ex : gravières)
- Les bassins d'origine industrielle

Sur le territoire, seul le projet actuellement en réflexion sur la commune de Saint-Christoly-de-Blaye (10 Mwc) sur une ancienne carrière transformée en plan d'eau paraît viable. Tous les autres plans d'eau sont beaucoup trop petits pour le développement d'un projet rentable à moyen terme.

### 3.3.2.6 Synthèse des gisements théoriques

Le tableau suivant présente les gisements théoriques du photovoltaïque par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES								TOTAL
		MAISONS INDIVIDUELLES*	BATIMENTS**	EQUIP. CULTURES LOISIRS	GRANDES TOITURES	OMBRIERES DE PARKING	CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE	
dans l'existant	nombre :	10 315	1 860	11	278	119	6	12 586
	surface de modules :	154 723 m <sup>2</sup>	372 015 m <sup>2</sup>	5 384 m <sup>2</sup>	207 636 m <sup>2</sup>	148 353 m <sup>2</sup>	323 000 m <sup>2</sup>	1 211 111 m <sup>2</sup>
	MWh/an :	<b>37 494</b>	<b>90 149</b>	<b>1 305</b>	<b>48 513</b>	<b>33 579</b>	<b>79 131</b>	<b>290 171 MWh/an</b>
sur le neuf par an	nombre :	134	3		7			144
	surface de modules :	2 674 m <sup>2</sup>	293 m <sup>2</sup>	34 m <sup>2</sup>	14 096 m <sup>2</sup>			17 098 m <sup>2</sup>
	MWh/an :	<b>486</b>	<b>71</b>	<b>8</b>	<b>3 407</b>			<b>3 972 MWh/an</b>

\* 3 kWc par installation dans l'habitat

\*\* Bâtiments collectifs de logements et bâtiments publics et privés

Source : Axceléo

#### Remarques :

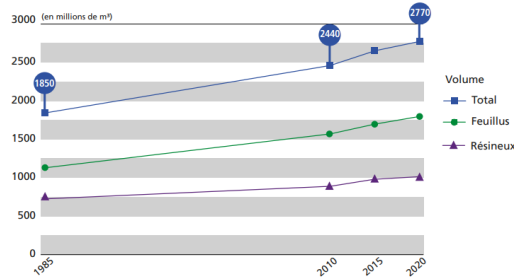
- Le gisement d'installations solaires sur des ombrières est estimé uniquement pour des parkings existants.
- Le gisement théorique pour les centrales au sol tient compte des projets en cours de développement, il apparaît sur la ligne "dans l'existant" puisqu'il ne seront réalisés qu'une seule fois et non chaque année, comme cela peut être le cas avec la construction des bâtiments neufs. La centrale au sol existante n'apparaît pas dans le gisement théorique pour les centrales au sol tandis que pour les bâtiments les installations existantes sont comptabilisées dans le potentiel théorique.

Il n'y a pas de surface artificialisée importante sur le territoire (ancienne décharge, carrière, friche industrielle, etc.). Dès lors, les projets en cours de réflexion sur les terrains agricoles devront répondre à des critères stricts de mise en œuvre en permettant d'améliorer les rendements ou tout du moins, sans dégrader la production actuelle.

# LA FILIERE BIOMASSE COMBUSTIBLE

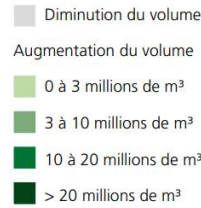
## ELEMENTS D'INFORMATION SUR LA RESSOURCE EN BOIS AU PLAN NATIONAL

Evolution du volume de bois total, de feuillus et de conifères, durant les trente dernières années



Depuis plus d'un siècle, la superficie forestière métropolitaine augmente d'environ 80 000 ha par an (soit huit fois la superficie de Paris).

Évolution du volume de la forêt de production entre 1985 et 2020



Augmentation du stock de bois sur pied entre 1985 et 2020

Cela dit, si on compare deux périodes :

- 2005→2013 ➤ Une baisse de la croissance de la forêt (-3%)
- 2011→2019 ➤ Une hausse de la mortalité (+35%)
- On observe ➔ ➤ Une hausse des prélèvements (+18%)

Source : <https://www.ign.fr/espace-presse/resultats-2021-de-linventaire-forestier-national-une-croissance-forestiere-sous-surveillance>

## LA FILIERE FORET-BOIS

### SYLVICULTURE

- Cime et petites branches (MB) : Menu bois (MB)
- Surbilles de branches : Bois d'industrie et bois énergie (BIBE)
- Autres surbilles de tiges : Bois d'industrie et bois énergie (BIBE)
- Bille de pied et surbilles de tiges : Bois d'œuvre (BO)

Les cimes et les petites branches (MB - "Menus Bois" de diamètre inférieur à 7 cm) sont exceptionnellement récoltées et constituent les "rémanents". Ils sont généralement laissés sur place et fertilisent le sol.

L'utilisation des produits forestiers porte essentiellement sur deux compartiments :

- le Bois d'œuvre (BO) : billes de pied jusqu'à la "découpe bois d'œuvre" : 20 cm pour les feuillus et 15 cm pour les résineux
- le "Bois d'industrie - Bois énergie" (BIBE) : surbilles de tige et de branches entre la "découpe BO" et la "découpe bois fort" (7 cm).

Découpe bois fort

Récolte

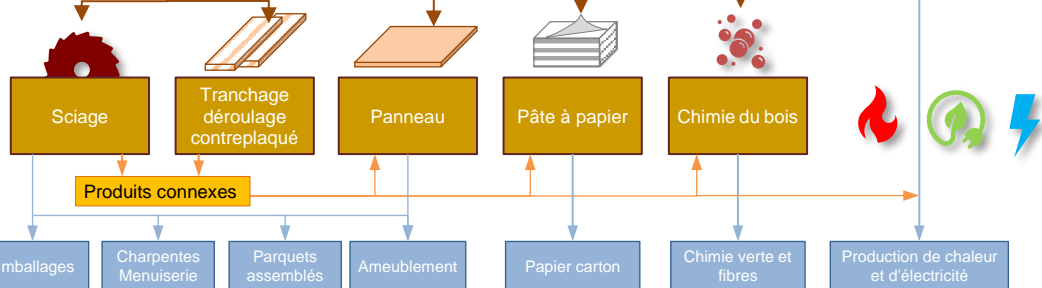
Première transformation

Deuxième transformation

### BOIS D'ENERGIE

### BOIS D'INDUSTRIE

### BOIS D'ŒUVRE



**Durant toutes les phases de valorisation du bois ce sont les déchets et le menu bois qui sont utilisés pour être valorisés en chauffage ou production d'électricité.**

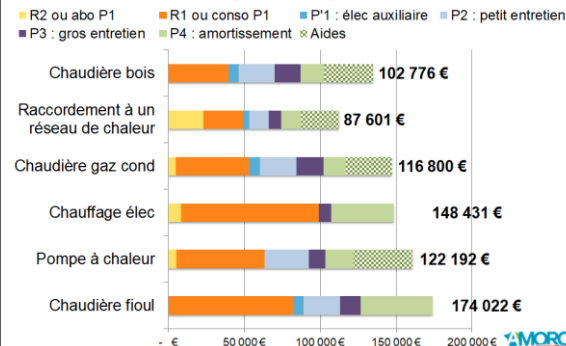
## AVANTAGES DU BOIS ENERGIE

Le bois énergie bénéficie d'atouts indéniables, qui doivent inciter à son développement et à une meilleure utilisation de cette ressource :

- un bilan neutre vis-à-vis des gaz à effet de serre : conventionnellement, l'utilisation de la biomasse est considérée comme neutre du point de vue des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) puisque sa combustion émet autant de CO<sub>2</sub> qu'elle n'en a absorbé au cours de sa croissance.
- le développement d'une filière bois locale structurée entraîne toute une économie qui peut bénéficier à tous les acteurs (haies bocagères, filière pour la construction bois et les produits biosourcés, affouage, etc.),
- les progrès techniques et la diffusion massive des matériels ont permis une baisse des coûts d'investissement, une baisse des émissions de particules fines et une amélioration du rendement et du confort pour les utilisateurs (les poêles à granulés sont très faciles à utiliser).

## ELEMENTS ECONOMIQUES

Décomposition du coût global chauffage et ECS sur 20 ans (ETTC)



Sources : Amorce [ENE42 simulateur cout global chauffage tertiaire](https://www.amorce.fr/ene42-simulateur-cout-global-chauffage-tertiaire)

Hypothèses :

- 1 000 m<sup>2</sup>.
- Bâtiment de bureaux.
- 2 060 DJU (besoin de chauffage sur le territoire du SCoT Haute Gironde Blaye-Estuaire).

## INFORMATIONS

Un poêle labélisé Flame Verte 7\* rejette 10 fois moins de particules qu'un appareil acheté en l'an 2000.

3 à 4 fois plus d'emplois avec la filière bois énergie par rapport aux énergies conventionnelles.

Fabricants français de chaudières et poêles bois : [Sequin](#), [Invicta](#), [Godin](#),

## 4.1 GISEMENTS BRUTS

D'une manière générale, différents types de gisements peuvent être sollicités pour la production de combustibles biomasse :

- des produits forestiers,
- des produits connexes des entreprises de la transformation du bois,
- des bois de rebut propres,
- des refus de compostage,
- des produits de l'élagage des bords de route,
- des produits de l'entretien des haies, parcs & jardins,
- des sous-produits de la viticulture (sarments et ceps de vigne),
- des sous-produits de grandes cultures (pailles).

Après collecte, le bois passe par un certain nombre d'étapes (broyage, séchage, etc.) pour être transformé en un combustible qui prendra le plus souvent la forme de plaquettes ou de granulés.

### 4.1.1 RESSOURCES BOIS-ENERGIE EN NOUVELLE-AQUITAINE

Le nouveau schéma régional biomasse est en cours de rédaction. Toutefois des chiffres récents ont pu être fournis par la Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF) dans le Programme Régional de la Forêt et du Bois (PRFB) 2018/2028. Il s'avère que la ressource supplémentaire en Nouvelle-Aquitaine est majoritairement forestière, résineuse et dans la forêt privée.

Les constats des représentants de la filière bois sont les suivants :

- La forêt privée est très difficile à mobiliser, compte tenu notamment de son morcellement foncier, de l'immobilisme d'une partie des propriétaires (contexte économique, changement générationnel de propriétaire et l'éloignement du milieu rural, le manque de connaissance sylvicole).
- Dans la forêt privée, la forêt feuillue est particulièrement difficile à mobiliser. Il y a souvent des problèmes d'accès, d'enclavement, et une absence de gestion ou bien une gestion « bois de chauffage a minima », sans volonté d'amélioration.
- Certains problèmes sanitaires (encres du châtaignier, chalarose du frêne, etc.) réduisent les possibilités d'intervention.
- Le bois énergie est très souvent trop peu rémunérateur pour déclencher, à lui seul, la mise en marché.

En activant plusieurs leviers (gestion de la forêt, regroupement, utiliser plus de bois, adaptation des itinéraires techniques, etc.), les représentants de la filière estiment que, d'ici 2027, si tous ces leviers sont activés, la mobilisation pourrait atteindre 270 000 m<sup>3</sup> supplémentaires, par an, pour passer de 10 Mm<sup>3</sup> en 2016 à 12,4 Mm<sup>3</sup> en 2027. Au sein de cette augmentation, environ un tiers (668 000 m<sup>3</sup>) sera dédié à un usage énergétique, soit une augmentation de 57% par rapport à la récolte de 2016.

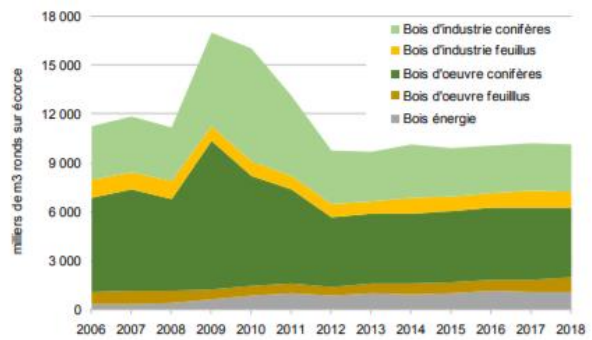
La récolte de bois énergie est déjà en hausse ces dernières années, avec 1,1 Mm<sup>3</sup> en 2016, ce qui est 8% de plus qu'en 2015 et 34% de plus qu'en 2010. Les plaquettes forestières issues du déchetage représentent à ce moment 40% du bois énergie récolté, avec une augmentation de 25% sur un an.

Les augmentations de prélèvement à venir se feront majoritairement sur les filières de bois énergie et de bois industrie. En effet, des programmes de reboisement ont suivi les récentes tempêtes, et la forêt nouvelle qui en résulte va entrer en production. Mais elle est considérée comme jeune et donc peu propice au bois d'œuvre. Les éclaircies, nécessaires, approvisionneront donc les secteurs de l'énergie et de l'industrie.

La récolte de bois, surtout à destination du bois d'œuvre de type conifère, était en pleine croissance avant la tempête Klaus de 2009, qui a causé sa baisse rapide, quelque peu à l'avantage du bois d'industrie de type conifère pour un temps. On remarque cependant que la récolte de bois énergie n'a cessé d'augmenter depuis les années 2000.

Le PRFB prévoit aussi dans ses fiches actions, et notamment la deuxième, de soutenir « le développement des capacités industrielles de valorisation du bois en veillant à l'équilibre des usages (BO, BI, BE)<sup>1</sup> ». Et cela passe par le développement de « projets bois-énergie dès lors que l'approvisionnement est possible dans le territoire », en s'appuyant en partie sur les aides publiques et les Fonds chaleur ADEME.

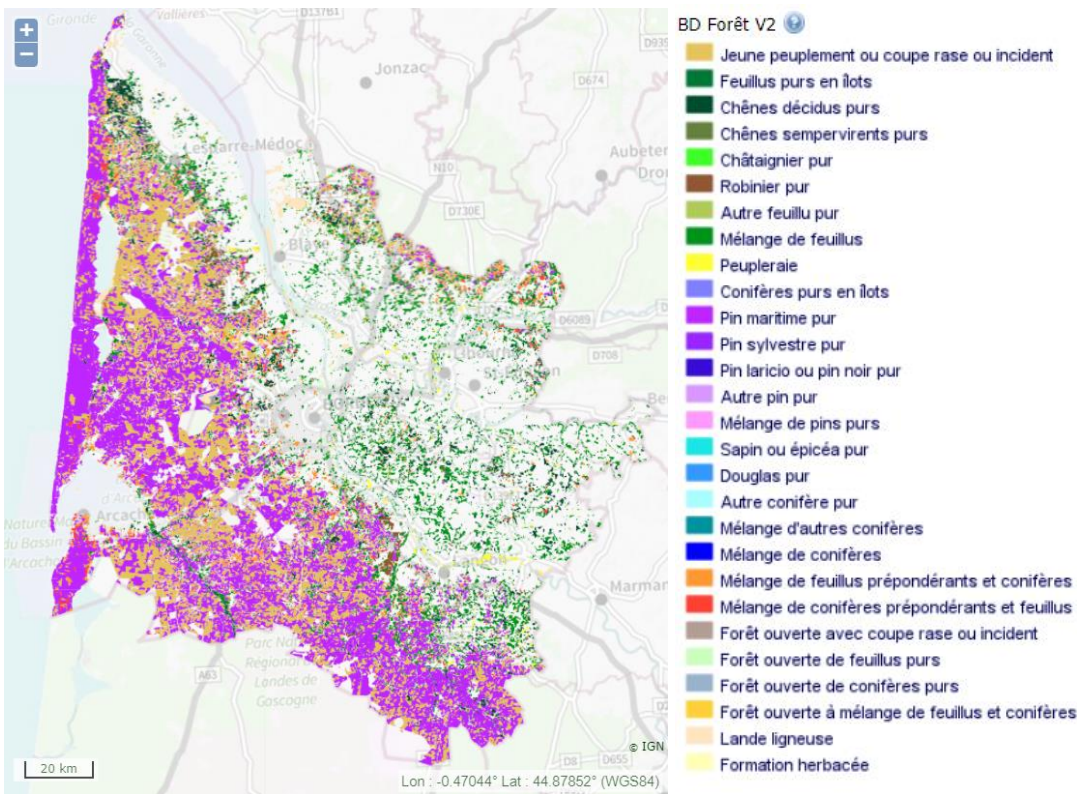
Évolution de la récolte de bois en Nouvelle-Aquitaine de 2006 à 2018



Évolution de la récolte du bois en Nouvelle-Aquitaine de 2006 à 2018

### 4.1.2 RESSOURCES BOIS-ENERGIE EN GIRONDE

Le département de la Gironde possède un fort taux de boisement (49%) le deuxième plus important au niveau régional après le département des Landes (60%). En Gironde, la forêt privée demeure majoritaire (93%) et c'est le pin maritime qui reste l'essence de loin la plus présente.



Répartition des typologies de végétaux sur le département des Landes (IGN BD Forêt 2007)

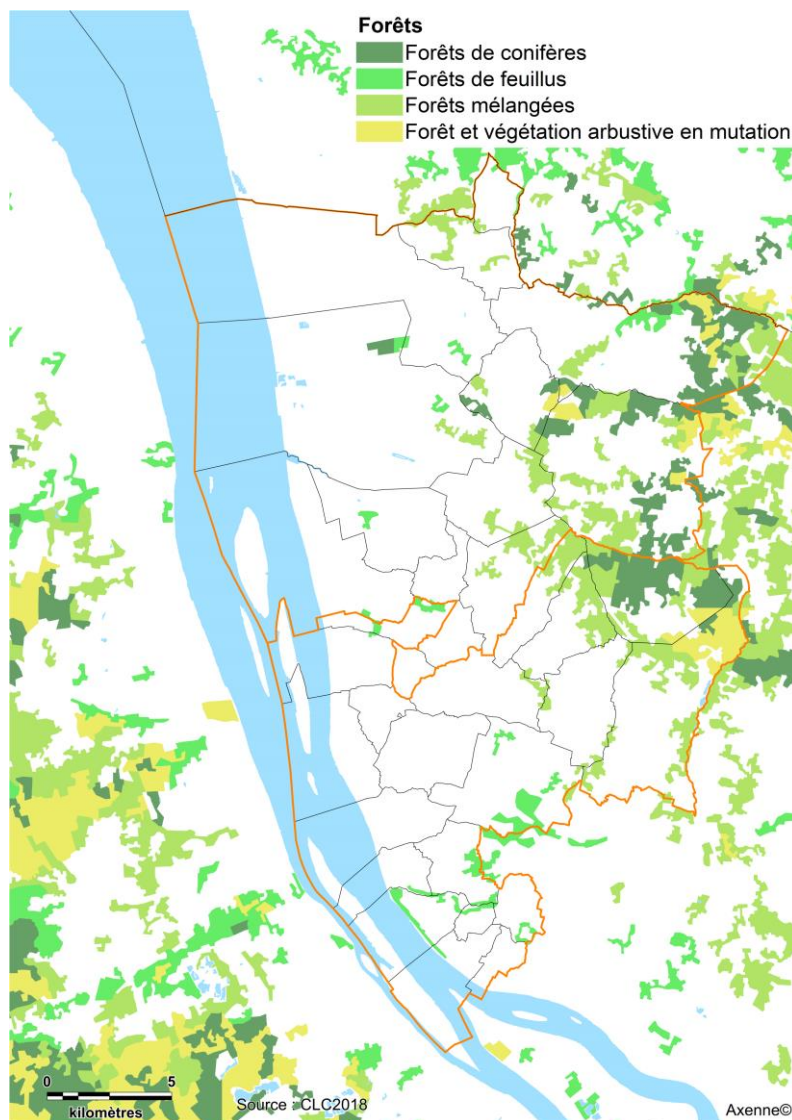
(source : <https://inventaire-forestier.ign.fr/cartoinf/carto/afficherCarto/V2/33#zoom=9&lat=5604100&lon=-55003&layers=B00FFFFFFF>)

<sup>1</sup> BO : bois d'œuvre  
 BI : Bois d'industrie  
 BE : Bois énergie

Pour ce qui est de l'utilisation faite de la ressource bois sur le territoire, il faut savoir qu'en 2019, le prélèvement de bois énergie correspondait seulement à 8% du prélèvement total, soit 209 600 m<sup>3</sup> ; il est en légère hausse de 1,4% par rapport à 2018. C'est moins que la moyenne de la région Nouvelle-Aquitaine, qui est de 11%. Pour le bois industrie, le prélèvement représente 49% du prélèvement total, le reste (43%) étant destiné au bois d'œuvre. (source : [https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/memento\\_2021.pdf](https://inventaire-forestier.ign.fr/IMG/pdf/memento_2021.pdf)).

### 4.1.3 RESSOURCES BOIS-ENERGIE SUR LE SCOT HAUTE GIRONDE BLAYE-ESTUAIRE

La cartographie ci-dessous présente en synthèse le boisement sur le territoire. La forêt occupe 12% de la superficie du territoire. Contrairement à la Gironde, ce sont les territoires agricoles qui prédominent avec la vigne qui occupe 26% des territoires au même titre que les terrains agricoles.

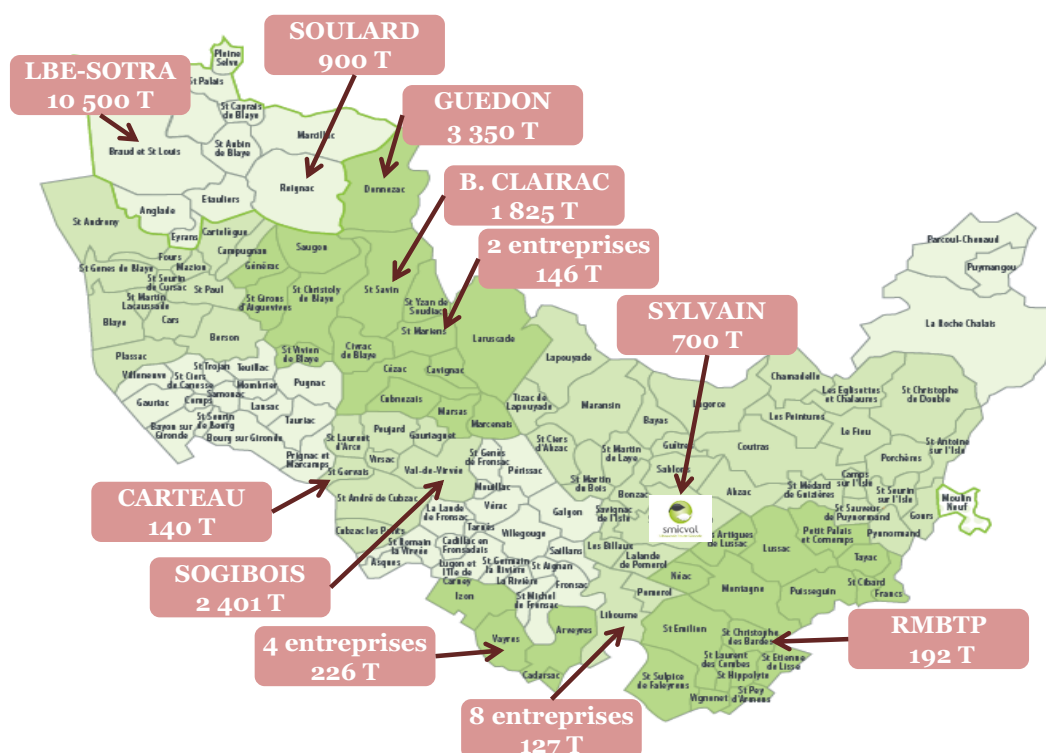


**Occupation de la forêt sur le territoire**  
(source : Corine Land Cover 2018)

L'outil ALDO de l'ADEME qui permet de comptabiliser le stockage de carbone et les flux de carbone annuel sur un territoire donne également une estimation de la récolte biomasse pour le bois énergie. C'est une estimation dans la mesure où la récolte théorique est un calcul considérant un taux de prélèvement égal à celui de la grande région écologique et une répartition entre usage égale à celui de la région administrative. Cela dit en l'absence de données plus précises qui nécessiteraient une enquête et une étude spécifique, les chiffres donnent une première idée de la disponibilité du bois énergie au regard des massifs forestiers.

Récolte biomasse à usage non alimentaire	Récolte théorique actuelle (m <sup>3</sup> /an)*			
	CDC Estuaire	CDC de Blaye	TOTAL m <sup>3</sup> /an	TOTAL MWh/an
Bois d'œuvre (sciage)	4 527	2 287	6 814	
Bois d'industrie (panneaux, papiers)	3 681	2 059	5 740	
Bois énergie	4 883	4 548	9 431	32 065

Le SMICVAL a également étudié la ressource en bois énergie de classe A sur son territoire qui dépasse les frontières du SCoT Haute Gironde Blaye-Estuaire.



*Territoire d'étude et cartographie des principaux gisements identifiés auprès des acteurs économiques du territoire (source : Etude de Diagnostic de la Ressource diffuse de bois de Classe A – smicval 2016)*

Au-delà du **gisement identifié** auprès des entreprises (20 695 tonnes), le SMICVAL a également estimé en toute première approche les **gisements additionnels** sur les secteurs suivants :

- Caisserie / Tonnellerie / Merranderie : 500 tonnes
- Scierie : 1 400 tonnes
- Paysagement / Jardinage / Entretien parcs et jardins : 130 tonnes
- Prestataires Viticoles / acteurs de la filière : 0 tonnes (volume faible et déjà valorisé ou laissé sur le sol)
- Construction / Rénovation : 180 tonnes
- GMS / GSB / Petits Commerces : 100 tonnes

Synthèse du gisement extrapolé :

Secteur	Gisement Additionnel
Remise en production de forêts à peuplements pauvres (action FOREDAVENIR)	15 000 Tonnes
Scieries	1 400 Tonnes
Caisserie / Tonnellerie / Merranderie	500 Tonnes
Construction / Rénovation	180 Tonnes
Paysagement / Jardinage / Entretien parcs et jardins	130 Tonnes
GMS/ GSB/ Commerces	100 Tonnes
Prestataires Viticoles / Acteurs de la filière	0
Châteaux / production	????
<b>TOTAL</b>	<b>17 310 TONNES</b>



Voici en synthèse les résultats de l'étude du SMICVAL qui englobe un territoire beaucoup plus important que le SCoT Haute Gironde Blaye-Estuaire :

TOTAL GISEMENT	TONNAGE
GISEMENT IDENTIFIE	20 695 TONNES
GISEMENT EXTRAPOLE	17 310 TONNES
TOTAL	38 005 TONNES

1. **La plus importante partie du gisement identifié (sciure /copeaux/plaquettes) est déjà valorisée puisque les scieurs / tonneliers/ merrandiers vendent ce déchet à des tarifs connus**
  - i. La variable de valorisation par un projet sera principalement le prix : acheter plus cher
2. **Les déchets de bois nobles (chênes centenaires...) sont aussi valorisés par les mêmes acteurs, mais compte tenu de leur valeur, il existe une marge de manœuvre et un potentiel**
  - i. Il existe probablement aussi un gisement à préciser sur les huisseries et produits issus de la rénovation en bois nobles oui exotiques
3. **Le gisement extrapolé accessible ne représente que 2000 Tonnes environ**
4. **Les 15 000 Tonnes extrapolées dans le cadre de l'action FOREDAVENIR sont assez peu sûres et devraient être travaillées dans un cadre de projet industriel**
5. **Le gisement identifié est extrêmement concentré (96%) sur 9 entreprises de 2 secteurs et 1 acteur de la plaquette forestière**
  - i. Les 4% restants sont répartis entre 34 acteurs...
  - ii. Et sur 21 autres communes
6. **De notre point de vue, pour le gisement « Tout Venant » : palettes, caisses bois, cagettes... c'est au SMICVAL de se rapprocher des entreprises répondantes afin de s'assurer de collecter l'ensemble du volume, car IL APPARAÎT QUASI-IMPOSSIBLE de bâtir un projet industriel nouveau sur de micro-gisements éclatés sur tout le territoire**
7. **En revanche, pour les déchets de bois nobles et afin de ne pas gâcher une ressource rare et unique, il nous paraît important d'en faire un traitement/ valorisation différenciée et très qualitative...**
8. **Enfin, concernant l'éventuel gisement issu de FOREDAVENIR, mais peut être aussi de la filière viticole, il impose une véritable ingénierie de mobilisation qui ne pourra se faire que sous l'égide d'un projet Industriel**
  - i. Avec un industriel leader qui porterait le projet de valorisation (qui reste à définir à ce stade)
  - ii. Avec les filières viticoles et bois/ forêts
  - iii. Avec les partenaires des filières prestataires de services et ETF

## 4.2 GISEMENTS THEORIQUES POUR LES INSTALLATIONS

### 4.2.1 CONTRAINTES

On considère que les **maisons existantes** équipées de chaudières au fioul ou au gaz propane pourront s'équiper d'une chaudière automatique au bois lors du renouvellement de la chaudière. On ne considère que les maisons ayant une surface suffisante (minimum 150 m<sup>2</sup> au sol) pour que les besoins de chauffage justifient une chaudière bois et pour permettre l'implantation du silo de stockage du combustible.

L'installation d'une chaudière automatique au bois sur un **bâtiment collectif**, tel qu'une école ou une maison de retraite, se heurte à différentes contraintes :

- accessibilité du camion qui viendra livrer le combustible (route étroite, etc.),
- le retournement du camion sur le site pour la livraison du combustible,
- l'implantation du silo,
- le bruit occasionné par la chaudière, la cheminée,
- l'acceptabilité des riverains,
- les autres servitudes (patrimoine culturel, etc.).

### 4.2.2 ENJEUX SUR LE RENOUVELLEMENT DES POELES EXISTANTS







26% des ménages se chauffent au bois en base et une partie des ménages utilisent également le bois en appoint de leur mode de chauffage principal (fioul, l'électricité, etc.).

Au total, environ 5 800 équipements de chauffage au bois sont présents sur le territoire du SCoT. Il y a un enjeu à plusieurs titres à remplacer ces équipements par des appareils plus récents et plus performants :

- La consommation de bois va être moindre puisque le rendement des équipements est meilleur.
- Les émissions de particules fines vont fortement se réduire, les nouveaux équipements labélisés Flamme Verte 7\* émettent 10 fois moins de particules qu'un appareil acheté avant l'an 2000.
- Le confort est amélioré, les nouveaux appareils sont plus performants et offrent une chaleur mieux diffusée.
- L'utilisation est plus simple avec des granulés plus faciles à manipuler que les bûches.

### 4.2.3 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES



Les tableaux suivants présentent les gisements théoriques d'installations bois énergie par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE AU BOIS								TOTAL hors cogén. Poêles bouilleurs et chaudière
		RENOUVELLEMENT POELES ET INSERTS PERFORMANTS*	NOUVEAUX ACQUEUREURS POELES	CHAUDIÈRE AUTOMATIQUE INDIVIDUELLE**	POELES BOUILLEURS (ecs + chauffage)	MICRO-COGENERATION BOIS INDIVIDUELLE		
<b>dans l'existant</b>	nombre :	5 805	6 077	7 728	7 728	7 728	11 882	
	MWh/an :	<b>63 057</b>	<b>44 917</b>	<b>64 849</b>	<b>64 849</b>	<b>57 120</b>	<b>107 974 MWh/an</b>	
<b>sur le neuf par an</b>	nombre :		137			137	137	
	MWh/an :		<b>420</b>			<b>420</b>	<b>420 MWh/an</b>	

\* 6kW par poêle

\*\* 7kW par chaudière individuelle

Source : Axceléo

CHAUDIÈRES AUTOMATIQUES AU BOIS ET RESEAU DE CHALEUR								TOTAL HORS COGENERATION
		CHAUDIÈRE AUTOMATIQUE COLLECTIVE DANS L'HABITAT	CHAUDIÈRE AUTOMATIQUE COLLECTIVE DANS LE TERTIAIRE	COGENERATION BOIS TERTIAIRE	CHAUDIÈRE DANS LE SECTEUR AGRICOLE	CHAUDIÈRE DANS L'INDUSTRIE	RESEAU DE CHALEUR	
<b>dans l'existant</b>	nombre :	86	47	47	42	19	20	215
	MWh/an :	<b>2 767</b>	<b>1 652</b>	<b>1 652</b>	<b>1 284</b>	<b>38 000</b>	<b>10 200</b>	<b>53 903 MWh/an</b>
<b>sur le neuf par an</b>	nombre :	4	2	2				5
	MWh/an :	<b>43</b>	<b>74</b>	<b>74</b>				<b>117 MWh/an</b>

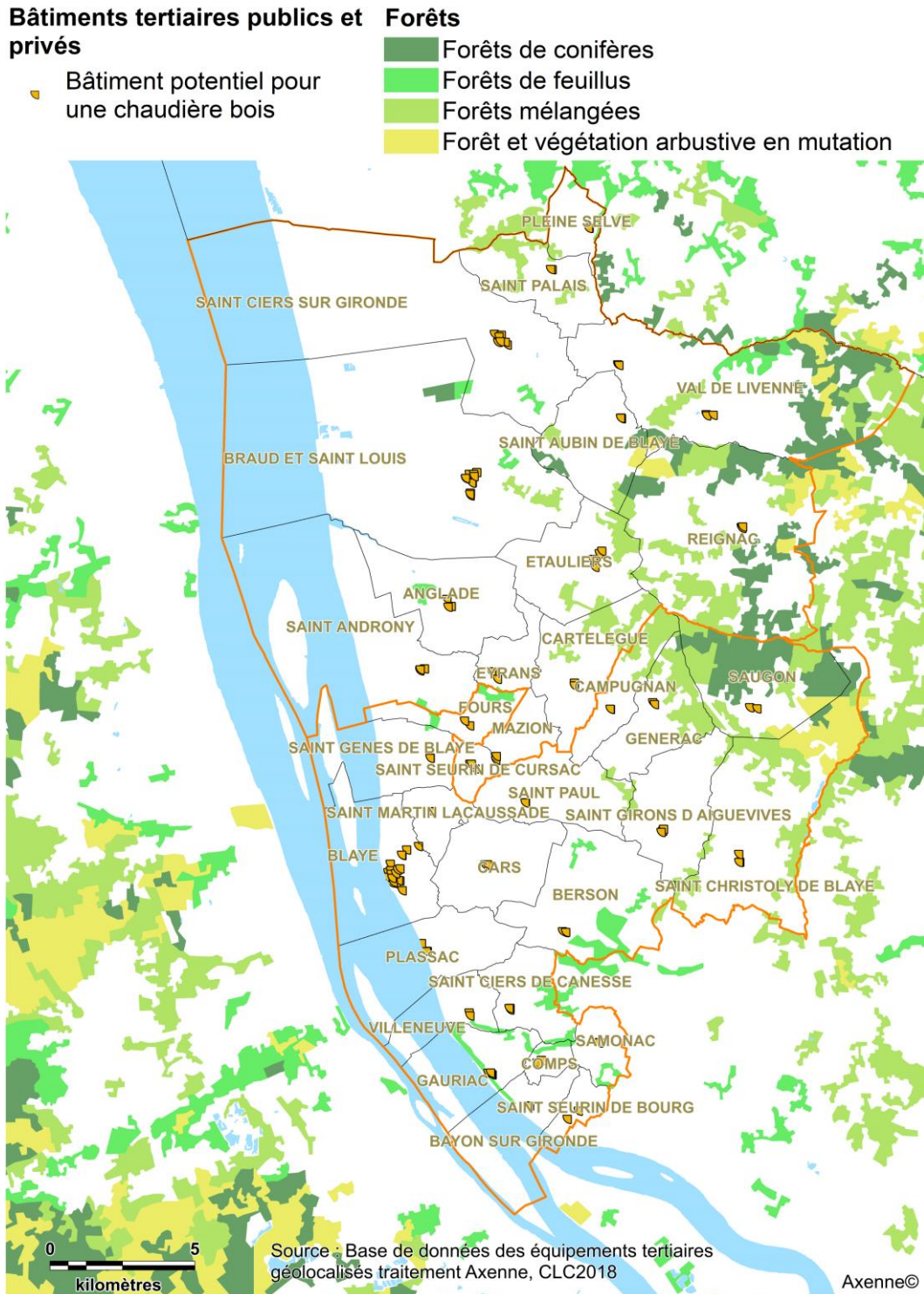
Source : Axceléo

#### Remarques :

- Les colonnes grisées ne sont pas comptabilisées dans le total, car les cibles sont déjà prises en compte sur un autre type d'équipement : par exemple, les bâtiments tertiaires peuvent, soit être équipés de chaudières collectives, de cogénérations, ou encore être raccordés à un réseau de chaleur.
- On considère que l'investissement dans une chaudière automatique individuelle sera trop important au vu des faibles besoins de chauffage des maisons neuves (répondant à la RT 2012). Le gisement « sur le neuf par an » de ce système est donc nul.
- Les réseaux de chaleur potentiels sont indiqués « dans l'existant », car ce sont des installations structurantes réalisées une seule fois d'ici 2030 (et non « par an »). L'analyse cartographique a permis d'identifier les regroupements de bâtiments qui se prêteraient à un petit réseau de chaleur.

### 4.2.4 CARTOGRAPHIE DES POTENTIELS POUR DES CHAUDIERES BOIS SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES

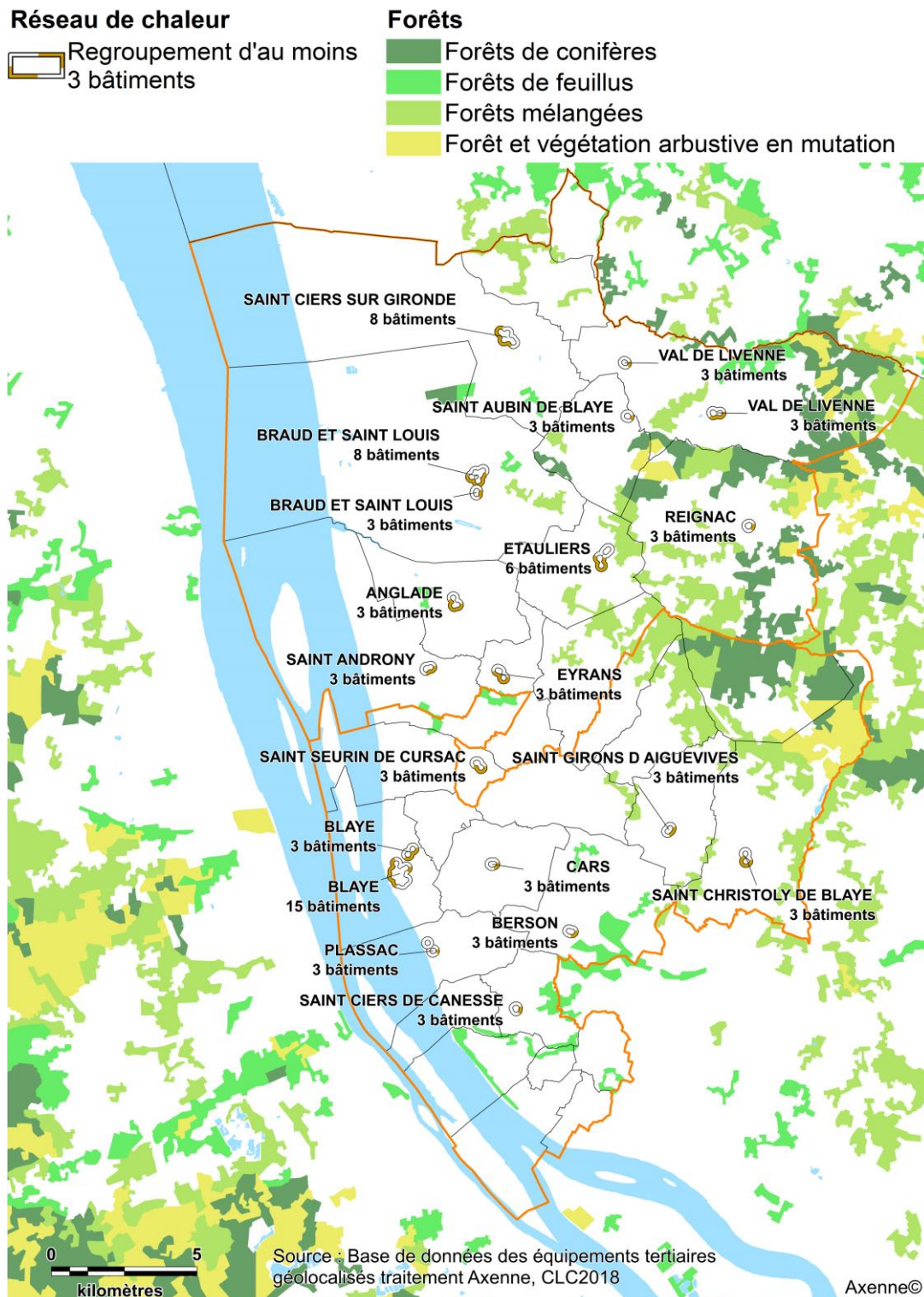
La cartographie ci-dessous présente les potentiels sur les bâtiments tertiaires publics (école, lycée, mairie, maison de retraite, hôpital, etc.) et privés (hôtel, clinique, etc.).



**Identification des bâtiments tertiaires pour l'installation d'une chaudière bois**

### 4.2.1 CARTOGRAPHIE DES POTENTIELS POUR DES RESEAUX DE CHALEUR BOIS SUR LES BATIMENTS TERTIAIRES

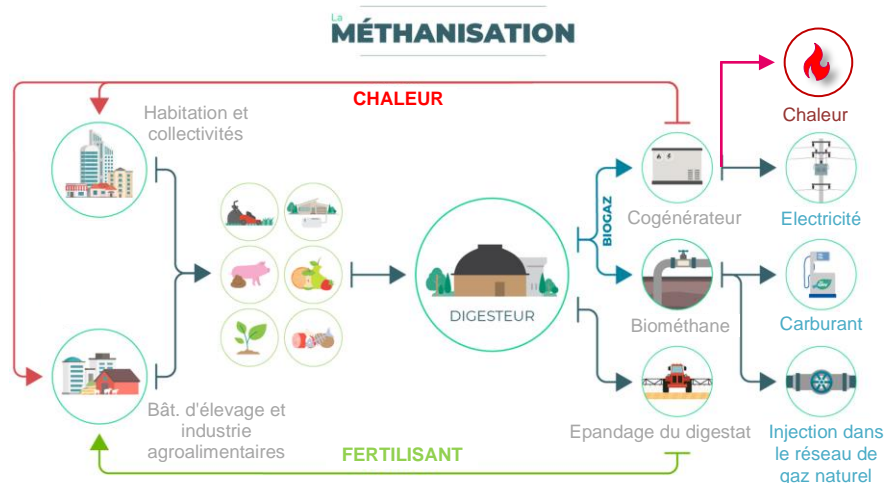
Nous avons identifié les bâtiments tertiaires proches les uns des autres (distance de 150m) pour envisager des petits réseaux de chaleur. Cette approche est une estimation basée uniquement sur le regroupement de ces bâtiments, il est nécessaire ensuite d'identifier les modes de chauffage actuel, l'âge des équipements, l'accessibilité pour la livraison du combustible et la surface foncière pour le stockage, etc. Au total 20 zones ont été recensées.



Identification des regroupements de bâtiments pour la mise en œuvre de petits réseaux de chaleur au bois

# LA METHANISATION

## MISE EN ŒUVRE DE LA TECHNOLOGIE



Source Chambre d'Agriculture

\*ISDN : Installation de Stockage de Déchets non Dangereux

La cogénération est privilégiée lorsque le réseau de gaz naturel n'est pas présent. Il faut alors trouver un débouché pour la chaleur.

Tarif d'achat de l'électricité :  
~ 200€/MWh (varie en fonction du type d'inst. ISDND\* ou non, de la puissance, de la répartition des déchets et de la date de signature du contrat)

Des modèles spécifiques de bus, de camions, de tracteurs et de véhicules d'entreprises et de collectivités peuvent rouler au gaz naturel véhicule (GNV).

En fonction des projets, le biométhane injecté dans le réseau est acheté entre 64 et 95 €/MWh.

## DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La digestion anaérobie, également appelée méthanisation, est la décomposition biologique de matières organiques par une activité microbienne naturelle ou contrôlée, en l'absence d'oxygène. Ce procédé conduit à la production de biogaz.

La formation de biogaz est un phénomène naturel que l'on peut observer par exemple dans les marais. Elle apparaît également dans les décharges contenant des déchets organiques.

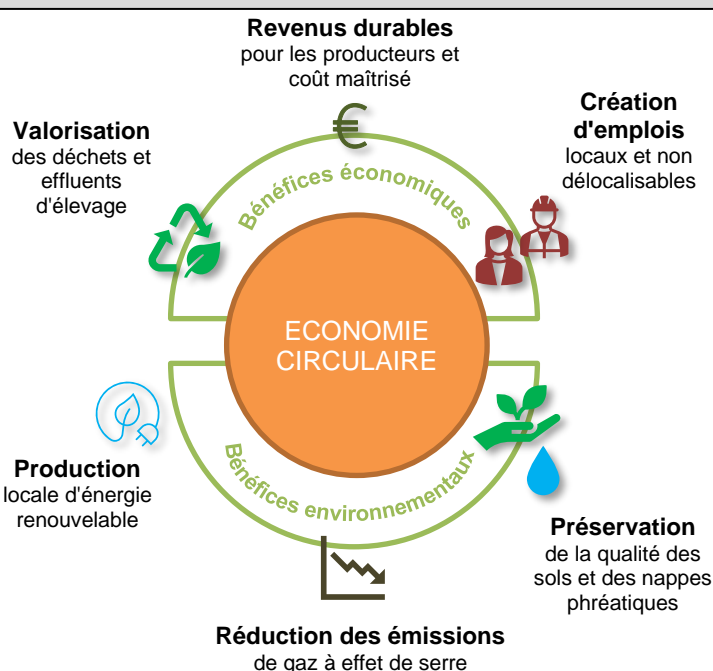
La méthanisation consiste à stocker ces déchets dans une cuve hermétique appelée « digesteur » ou « méthaniseur », dans laquelle ils seront soumis à l'action des bactéries, en l'absence d'oxygène. La fermentation des matières organiques peut durer de deux semaines à un mois, en fonction de plusieurs paramètres dont la température de chauffage du mélange<sup>1</sup>.

La méthanisation des ressources organiques permet de produire :

- Du **biogaz** : composé majoritairement de méthane (de l'ordre de 60 à 80%) et de dioxyde de carbone (20 à 40%) ; il contient également des « éléments traces » (hydrogène sulfuré, ammoniac, etc.). Le débit de production et la qualité du biogaz dépendent de la qualité en matière organique et du type de déchet traité. Le biogaz peut être valorisé par combustion sous chaudière, cogénération, comme carburant après épuration, ou encore être injecté sur le réseau de gaz naturel après épuration.
- Un **digestat** : fraction organique résiduelle de la méthanisation. Il a une valeur fertilisante et amendante. Il peut subir une séparation de phase solide / liquide. La fraction liquide peut être utilisée en engrais, et la fraction solide en compost.

<sup>1</sup>La flore bactérienne indispensable à la méthanisation est influencée par le pH et la température du milieu de réaction, ainsi que son potentiel d'oxydoréduction. La quantité de biogaz produite et sa teneur en méthane dépendent de la teneur en matières organiques, de la nature et granulométrie de ces matières ainsi que de la technique de brassage du mélange.

## AVANTAGES DE LA METHANISATION



## INFORMATIONS

A fin 2021 l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel n'intervient qu'à hauteur de 0,6%. Si l'objectif de 10% d'injection est atteint en 2030, la consommation de gaz naturel en France sera toujours dépendante à 90% des pays étrangers et émettrice de 280 gCO<sub>2</sub>/kWh (le fioul est à 435 gCO<sub>2</sub>/kWh).

Aussi, dans une logique d'indépendance énergétique et compte tenu du fait que la consommation de gaz naturel en France représente 22% des consommations totales, il est important de développer le biométhane et de convertir tous les bâtiments actuellement chauffés au gaz naturel par une autre énergie non carbonée et locale.

Le biométhane doit se développer pour valoriser les déchets existants sur les territoires, engager les acteurs (industrie, collectivités et agriculteurs) dans une logique d'économie circulaire.

Il ne peut être le prétexte au développement du gaz naturel sur les territoires tant celui-ci nous contraint sur l'approvisionnement à l'étranger, entraîne des émissions de CO<sub>2</sub> les plus importantes après le fioul et affecte fortement la balance commerciale de la France tout en ne garantissant pas une stabilité des prix pour le consommateur.

## 5.1 GISEMENTS BRUTS

La figure suivante met en évidence les différentes étapes de la méthanisation, de la collecte des déchets à la valorisation de l'énergie produite.

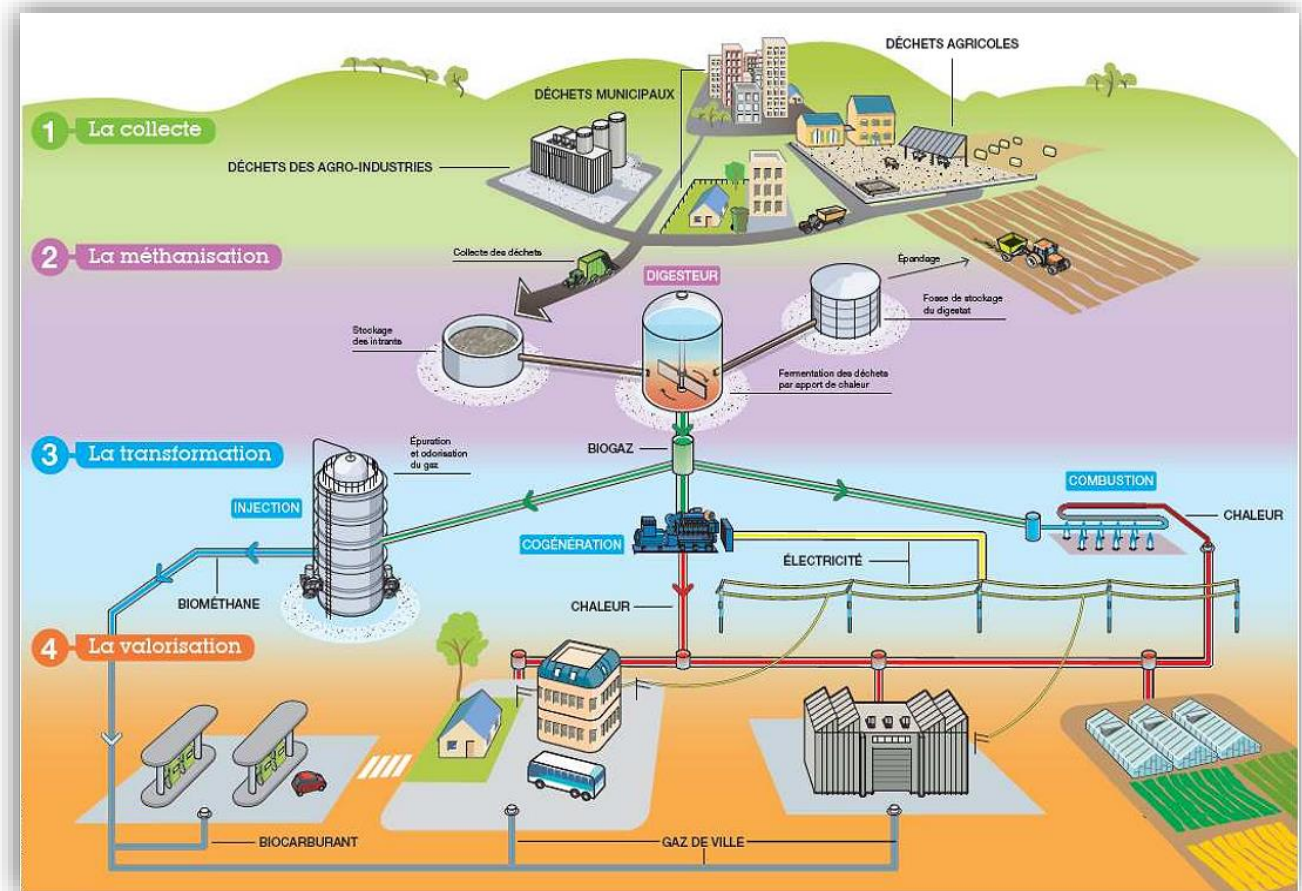


Figure 1 : Les étapes de la méthanisation (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement)

### 5.1.1 ESTIMATION DES RESSOURCES - AXENNE

Les données de base permettant d'évaluer les ressources méthanisables de l'agriculture sont issues du recensement agricole décennal 2010 de l'AGRESTE. Les données sont disponibles à la maille régionale, départementale, cantonale et communale. Nous avons utilisé les données à la maille cantonale<sup>2</sup> dans la mesure où de nombreuses données communales sont soumises au secret statistique sur le territoire.

Les données sur les déchets des industries agroalimentaires utilisent le nombre d'effectifs salariés par typologie d'entreprise sur le territoire avec un coefficient de 5 tonnes/an.employé (La production de déchets organiques varie fortement d'une activité à l'autre entre 2 et 32 tonnes/an.employé).

Les biodéchets de la restauration sont estimés en première approche avec le nombre de personnes qui ne travaille pas sur leur commune (et qui prennent leur repas à l'extérieur) et le nombre d'étudiants qui mangent à la cantine.

Les déchets verts sont estimés à partir de tonnages apportés en déchetterie sur le département de la Gironde avec un ratio par habitant.

<sup>2</sup> Le recensement datant de 2010, ce sont les cantons antérieurs au redécoupage cantonal.

Le tableau suivant synthétise les gisements identifiés ci-dessus au niveau du département

Type de ressource	Gisement total [t Matière Brute]	Gisement mobilisable [t Matière Brute]	Gisement mobilisable [t Matière Organique]	Production de méthane [Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> ]	Energie primaire [MWh]
Effluents d'élevages	48 674	22 196	3 815	801 855	7 970
Résidus de culture	27 395	3 551	2 631	588 856	5 853
Culture à vocation énerg.	nc	nc	nc	nc	nc
Déchets des IAA	920	736	294	135 424	1 346
Boues de STEP		10 262	377	100 235	996
Graisses de STEP	nc	nc	nc	nc	nc
Biodéchets des ordures ménagères et déchets verts	3 948	3 948	1 219	375 401	3 731
Déchets verts	3 818	3 818	982	308 496	3 066
Huiles alimentaires usagées	nc	nc	nc	nc	nc
Biodéchets de la restauration ( <i>hors HAU</i> )	437	437	70	27 677	275
Biodéchets des grandes et moyennes surfaces	74	54	17	5 178	51
<b>TOTAL</b>	<b>85 266</b>	<b>45 002</b>	<b>9 405</b>	<b>2 343 123</b>	<b>23 291</b>

Source : Disar, emplois du secteur IAA, Syndicat des déchets, AXENNE

### Synthèse des différents gisements de méthanisation – source Axenne

MB : matière brute

MS : matière sèche

En conclusion, **23 300 MWh d'énergie primaire** pourraient être produits via la méthanisation des ressources du territoire. La majorité de cette production proviendrait des effluents d'élevage suivis des résidus de cultures, **dans la mesure où on estime que la plupart des biodéchets urbains sont déjà valorisés conformément à la réglementation**. Ce tableau n'inclut pas les cultures intermédiaires à vocation énergétiques (CIVE), mais elles ont été estimées dans le cadre des autres sources de données (voir les deux paragraphes suivants).

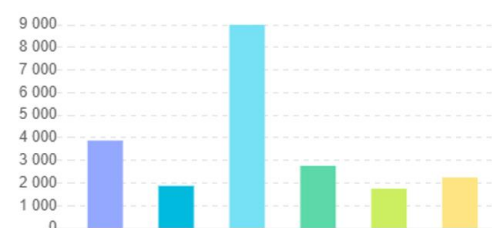
## 5.1.1 ESTIMATION DES RESSOURCES - GRDF

GRDF fournit une estimation des gisements méthanisables à l'horizon 2050 sur la base de l'étude menée par l'ADEME.

CC Estuaire – 21,5 GWh

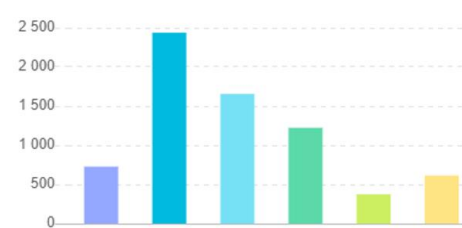
CC Blaye – 7 GWh

Répartition /intrants



- 3 874 MWh Résidu de cultures
- 1 872 MWh Biodéchets (urbains)
- 8 997 MWh Cultures intermédiaires
- 2 759 MWh Herbe (prairies)
- 1 749 MWh Résidus industrie agroalimentaire
- 2 245 MWh Déjection d'élevage

Répartition /intrants



- 727 MWh Résidu de cultures
- 2 437 MWh Biodéchets (urbains)
- 1 655 MWh Cultures intermédiaires
- 1 223 MWh Herbe (prairies)
- 373 MWh Résidus industrie agroalimentaire
- 614 MWh Déjection d'élevage

### Gisements méthanisables en 2050 (Etude ADEME)

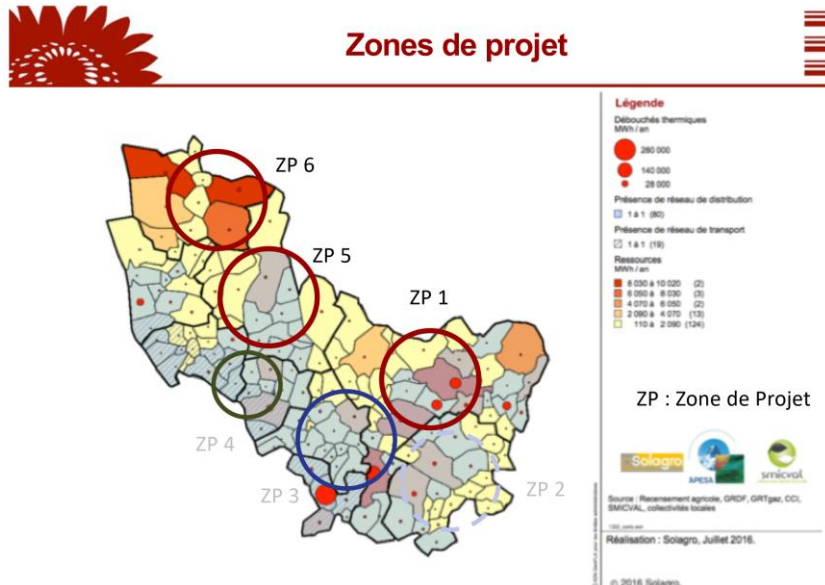
Au total, pour le territoire du SCoT de la Haute Gironde Blaye-Estuaire, le gisement s'établit à **28 500 MWh** (dont 10 650 MWh provenant des cultures intermédiaires).



### 5.1.2 ESTIMATION DES RESSOURCES – SMICVAL

Le SMICVAL a réalisé une étude pour le développement de la méthanisation territoriale sur un territoire plus vaste que le SCoT. Cette étude avait pour objectif d'identifier des zones favorables au développement de projets territoriaux en mesure de collecter des gisements auprès des agriculteurs, industriels et collectivités.

Une zone favorable (ZP6) a été identifiée sur le territoire du SCoT sur la CC de l'Estuaire.



Etude pour le développement de la méthanisation territoriale – SMICVAL – Solagro 2016

Le projet serait à dominante agricole et la valorisation est envisagée en cogénération compte tenu de l'absence du réseau de gaz naturel. Le réseau est distant de plus de 10km et le coût de raccordement s'élèverait entre 1,2M€ et 1,8 M€ (40% pris en charge par GRDF).

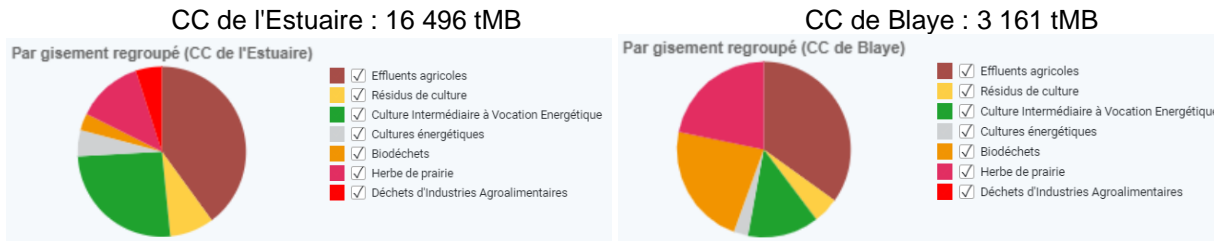
L'inventaire des ressources méthanisables sur la zone ZP 6 de l'étude conduit à un total de 37 000 tonnes



Finalement, le tonnage pris en compte pour simuler un projet est de 21 425 tonnes et la production d'énergie primaire serait de 3 697 MWh/an pour l'électricité et 1 000 MWh/an pour la production thermique.

### 5.1.1 ESTIMATION DES RESSOURCES – TERRISTORY

Le site internet [Terristory](#) fournit également une estimation des gisements pour la méthanisation, mais les données d'entrée proviennent du recensement agricole à l'échelle des communes. Comme il y a beaucoup plus de secrets statistiques à cette échelle par rapport aux données cantonales, le gisement est largement sous-évalué avec un total de 19 658 tonnes pour le SCoT.



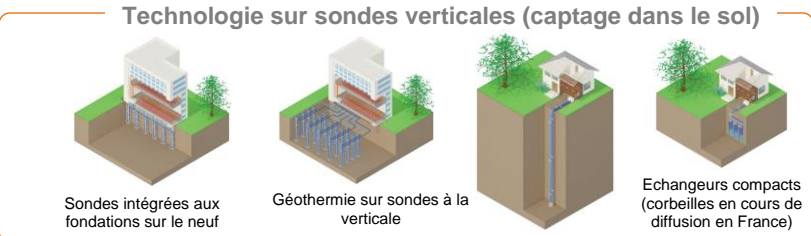
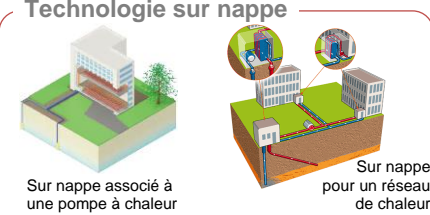
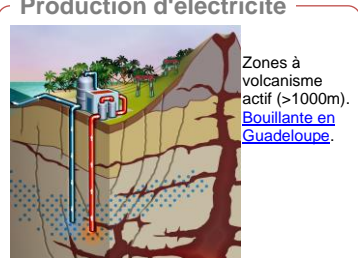
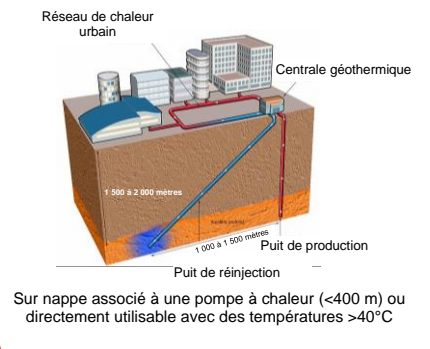
## 5.2 GISEMENTS THEORIQUES

Compte tenu des très nombreuses sources sur les gisements méthanisables, nous allons conserver un chiffre théorique proche de 20 000 MWh en sachant que le potentiel plausible reste lui proche de la valeur indiquée par le SMICVAL dans son étude, si une seule zone du territoire permet de faire émerger un projet (environ 4 700 MWh d'électricité et de chaleur).

# LA GEOTHERMIE

## DESCRIPTION DES TECHNOLOGIES

Il n'y a pas qu'une géothermie mais plusieurs qui permettent d'exploiter les calories dans une nappe d'eau ou dans le sol. Ainsi, on distingue des types de géothermies en fonction de la profondeur et des types de technologies suivant la valorisation de la ressource.

Profondeur de captage en mètre	Famille	Type de géothermie	Technologie
0	<b>GEOTHERMIE DE SURFACE</b> (<200m) T 15° à 20°C	<b>Géothermie très basse énergie</b> (associée à une pompe à chaleur)	<b>Technologie sur sondes verticales (captage dans le sol)</b> 
200			<b>Technologie sur nappe</b> 
400	T 40°C	<b>Géothermie basse et très basse énergie</b> (associée ou non à une pompe à chaleur)	<b>Production d'électricité</b>  <p>Zones à volcanisme actif (&gt;1000m). <a href="#">Bouillante en Guadeloupe.</a></p>
600	<b>GEOTHERMIE PROFONDE</b> (>200m)		
800		<b>Géothermie basse énergie</b> (utilisation directe de la nappe)	
1 000			
2 000	T 80°C		<b>Technologie sur nappe</b>  <p>Réseau de chaleur urbain, Centrale géothermique, Puit de production (1 000 à 1 500 mètres), Puit de réinjection.</p> <p>Sur nappe associé à une pompe à chaleur (&lt;400 m) ou directement utilisable avec des températures &gt;40°C</p>
3 000			
4 000	T 200°C		

Source : Axenne, visuels BRGM, ADEME

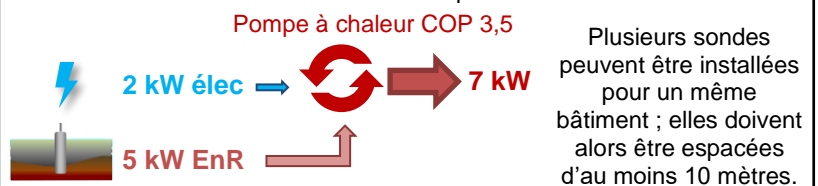
## AVANTAGES DE LA GEOTHERMIE

Si la mise en œuvre et le montage des projets est plus complexe que pour les énergies conventionnelles, la géothermie offre de très nombreux avantages :

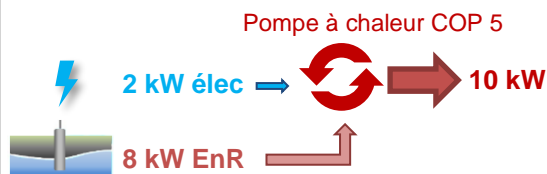
- les pompes à chaleur ont un très bon rendement énergétique (de 3 à 5 kWh thermiques fournis pour 1 kWh électrique consommé) c'est deux à quatre fois plus performant que les pompes à chaleur air/air,
- la chaleur dans la nappe ou dans le sol est à une température constante et ne dépend pas des conditions atmosphériques,
- la géothermie offre la possibilité d'installer un seul équipement qui se chargera de la chaleur et du refroidissement du bâtiment,
- les équipements ne se voient pas, ne font pas de bruit et sont très discrets,
- il est possible d'utiliser les places de parking extérieures pour installer des sondes verticales sur un bâtiment existant ou neuf,
- il est possible de faire du géocooling : en arrêtant la pompe à chaleur on peut rafraîchir un bâtiment en transférant sa chaleur dans le système de captage. C'est très économique pour rafraîchir naturellement un bâtiment.

## ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT

Une sonde de 100 mètres de profondeur fournit une puissance thermique d'environ 5 kW. En considérant que la pompe à chaleur associée au forage a un COP de 3,5, la puissance thermique fournie au bâtiment ou au réseau de chaleur est d'environ 7 kW par sonde :



Dans le cadre d'un projet sur nappe, tout va dépendre de la disponibilité de la ressource (débit de pompage en m<sup>3</sup>/h possible) et de la température de l'eau. La performance est généralement légèrement supérieure à très supérieure par rapport aux sondes verticales.



## ELEMENTS ECONOMIQUE

L'investissement pour la pompe à chaleur s'élève environ à 300 €/kW. Dans le cadre d'un forage, il faut compter 2000 € par mètre foré. Dans le cadre de sondes verticales l'investissement s'élève de 50 à 90 € par mètre foré. Ces deux valeurs sont cependant très variables en fonction des caractéristiques des sols

## 6.1 GISEMENTS BRUTS

La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Elle peut se faire à travers deux types d'installations :

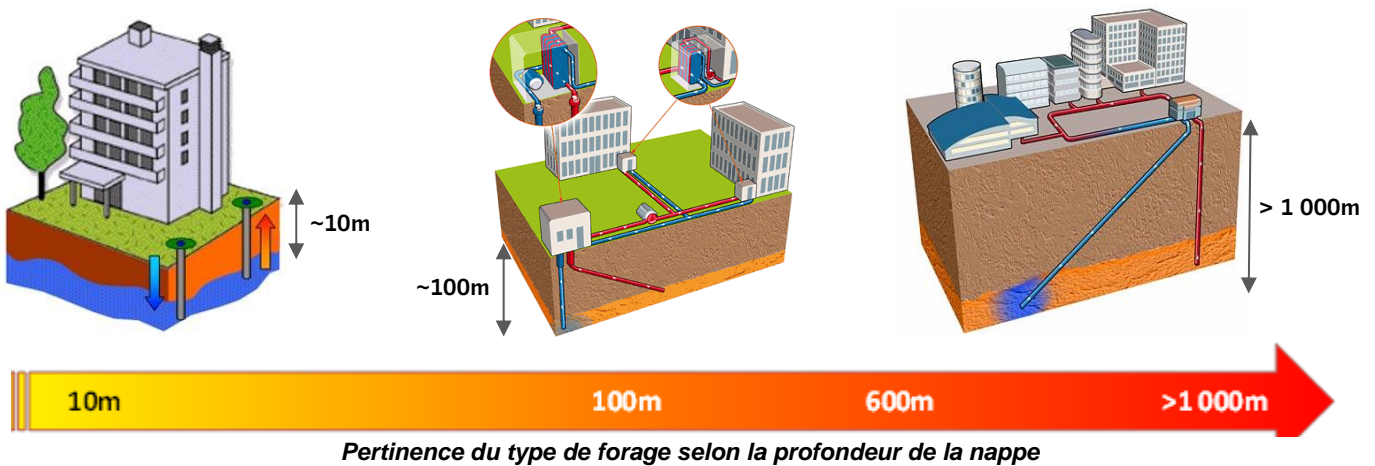
- les calories sont puisées dans le sol par le biais de sondes géothermiques,



Figure 2 : Représentations de sondes géothermiques

Les températures accessibles sont inférieures à 30°C, il s'agit de géothermie **très basse énergie** faisant appel à des pompes à chaleur.

- les calories sont puisées dans une nappe aquifère par le biais d'un ou plusieurs forages (on parle souvent de doublet géothermique, avec un forage d'extraction et un forage de réinjection).



Les ressources accessibles en dessous de 600m ont généralement une température inférieure à 40°C, il s'agit de géothermie très basse énergie.

Au-delà de 600m les températures atteignent généralement entre 40° et 90°C, il s'agit de géothermie basse énergie. L'adjonction d'une pompe à chaleur n'est plus nécessaire, la ressource est utilisée directement pour chauffer les bâtiments.

### 6.1.1 POMPES A CHALEUR SUR CAPTEURS HORIZONTAUX

La conductivité thermique d'un terrain varie suivant deux paramètres principaux : son humidité et sa texture. En effet, plus un sol est humide et plus sa texture est fine, meilleure sera sa conductivité thermique.



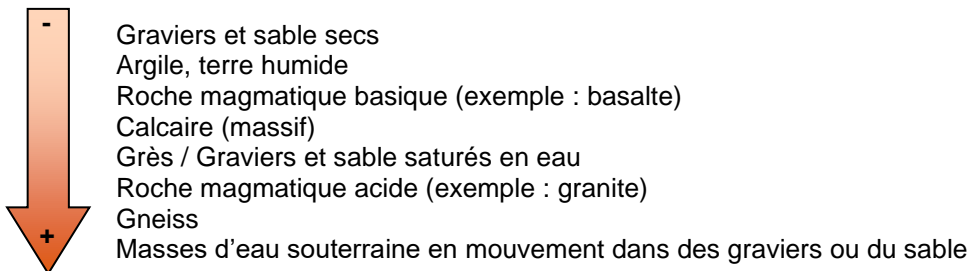
Capteurs horizontaux  
© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM

**Remarque** : les pompes à chaleur géothermiques sur capteurs horizontaux nécessitent de disposer d'une surface de terrain suffisante pour les capteurs. En moyenne, on estime la surface nécessaire de capteurs à 1,5 à 2 fois la surface habitable à chauffer. Ainsi, le chauffage d'une habitation de 150 m<sup>2</sup> nécessitera entre 225 et 300 m<sup>2</sup> de jardin utilisable. Ce type d'équipement est donc a priori réservé aux maisons individuelles neuves : il paraît plus difficile de décaisser un terrain sur lequel on peut trouver des arbres, un jardin, etc. Cependant, les investissements à consentir pour ce type de chauffage ne sont plus justifiés au regard des faibles besoins de chauffage des maisons neuves. Ce type d'installation ne sera donc pas traité ici.

### 6.1.2 POMPES A CHALEUR SUR CAPTEURS VERTICAUX

La géothermie sur capteurs verticaux (ou géothermie sur sondes) consiste à capter les calories dans le sol. La température exploitée est inférieure à 30°C (généralement comprise entre 9 et 15°C). Pour exploiter cette gamme de températures, il est nécessaire de recourir à l'utilisation de pompes à chaleur (PAC).

L'intérêt de l'opération dépend essentiellement de la conductivité thermique des terrains traversés. Celle-ci varie selon l'humidité et la texture du terrain. La figure ci-dessous montre la variation de la conductivité thermique en fonction du type de sous-sol :



En revanche, la présence de cavités (notamment les vides karstiques) peut abaisser la performance des installations, la conductivité thermique de l'air étant plus faible que celle des terrains traversés.

En tenant compte de la réglementation sur la géothermie de minime importance et des contraintes très locales (cavités souterraines, mouvement de terrain, etc.), **il est possible de réaliser ce type d'installation n'importe où sur le territoire**. Seules les performances de l'installation vont varier en fonction des caractéristiques des terrains traversés.

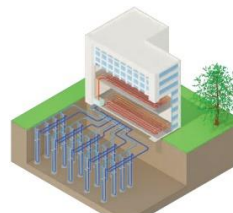
Sur un bâtiment neuf, il est très simple d'intégrer les sondes dans les fondations ou sur le terrain de l'immeuble, pour une maison existante, on va privilégier des capteurs sur sondes à la verticale plutôt qu'à l'horizontale (de nombreuses contre-références existent avec des capteurs qui n'ont pas été enterrés suffisamment profonds).



Sondes verticales



Echangeurs compacts



Champ de sondes



Fondations thermoactives

© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM

Il n'y a pas de cartographie du potentiel pour les projets sur sondes, par contre il existe une cartographie sur la réglementation liée à ces projets.

### 6.1.3 POMPES A CHALEUR SUR NAPPE SUPERFICIELLE

Un atlas du potentiel d'utilisation des aquifères superficiels accompagné d'un outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse énergie a été réalisé par le BRGM sur l'ancienne région Aquitaine en 2011. Pour chaque aquifère superficiel, des données telles que la profondeur, l'épaisseur, la température, le débit, la minéralisation, le potentiel géothermique voire la puissance possible à installer, etc. sont disponibles.

Le croisement des deux paramètres Température et débit permet d'aboutir à une note de potentialité de l'aquifère au droit de chaque maille de l'outil d'aide à la décision. Ces résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

		≤ 8°C	8 < T ≤ 10	10 < T ≤ 12	> 12 °C
Débit (1 <sup>er</sup> quartile)	≤ 2m <sup>3</sup> /h	1			
	2 < Q ≤ 10	1	2	3	
	10 < Q ≤ 20	1	3	4	
	> 20 m <sup>3</sup> /h				

On définit 4 classes de potentialité :

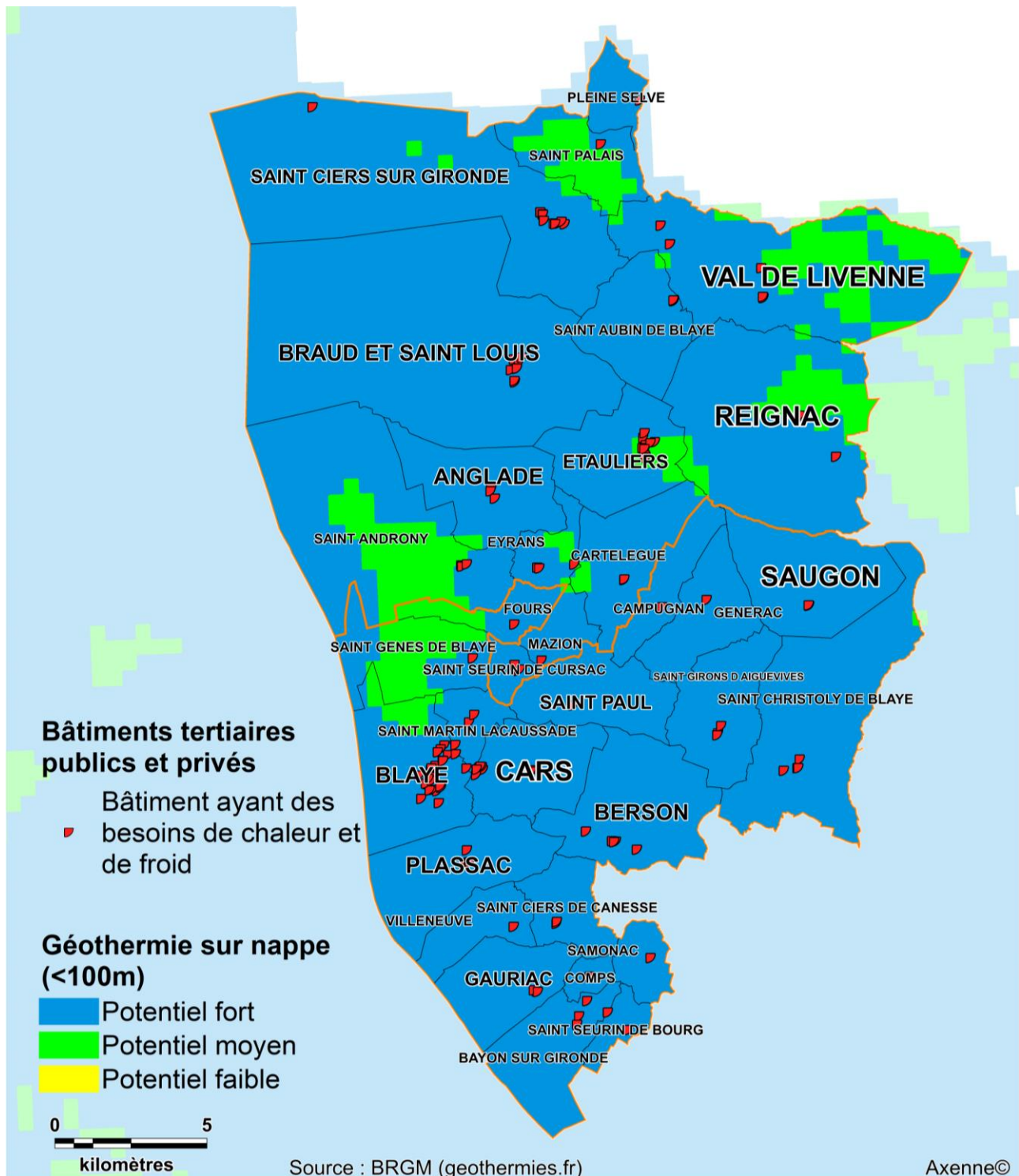
**Note 1** : Mise en place d'une PAC très difficile, y compris pour des maisons individuelles (surface chauffée < 30 m<sup>2</sup>). Le département n'est pas concerné par cette potentialité.

**Note 2 – Faible** : Mise en place d'une PAC possible pour des habitations individuelles (Surface de 80 à 150 m<sup>2</sup> en fonction du débit), mais performance de la PAC à déterminer.

**Note 3 - Moyen** : Très favorable à l'installation d'une PAC pour habitation individuelle et éventuellement pour petits collectifs.

**Note 4 - Fort** : Très favorable à l'installation d'une PAC pour tous types de bâtiments.

(Source : BRGM/RP-59761-FR)



*Potentiel géothermique pour des projets sur nappe superficielle (BRGM) et positionnement des bâtiments tertiaires publics et privés ayant des besoins de chaleur et de rafraîchissement (Insee base permanente des équipements tertiaires géolocalisés)*

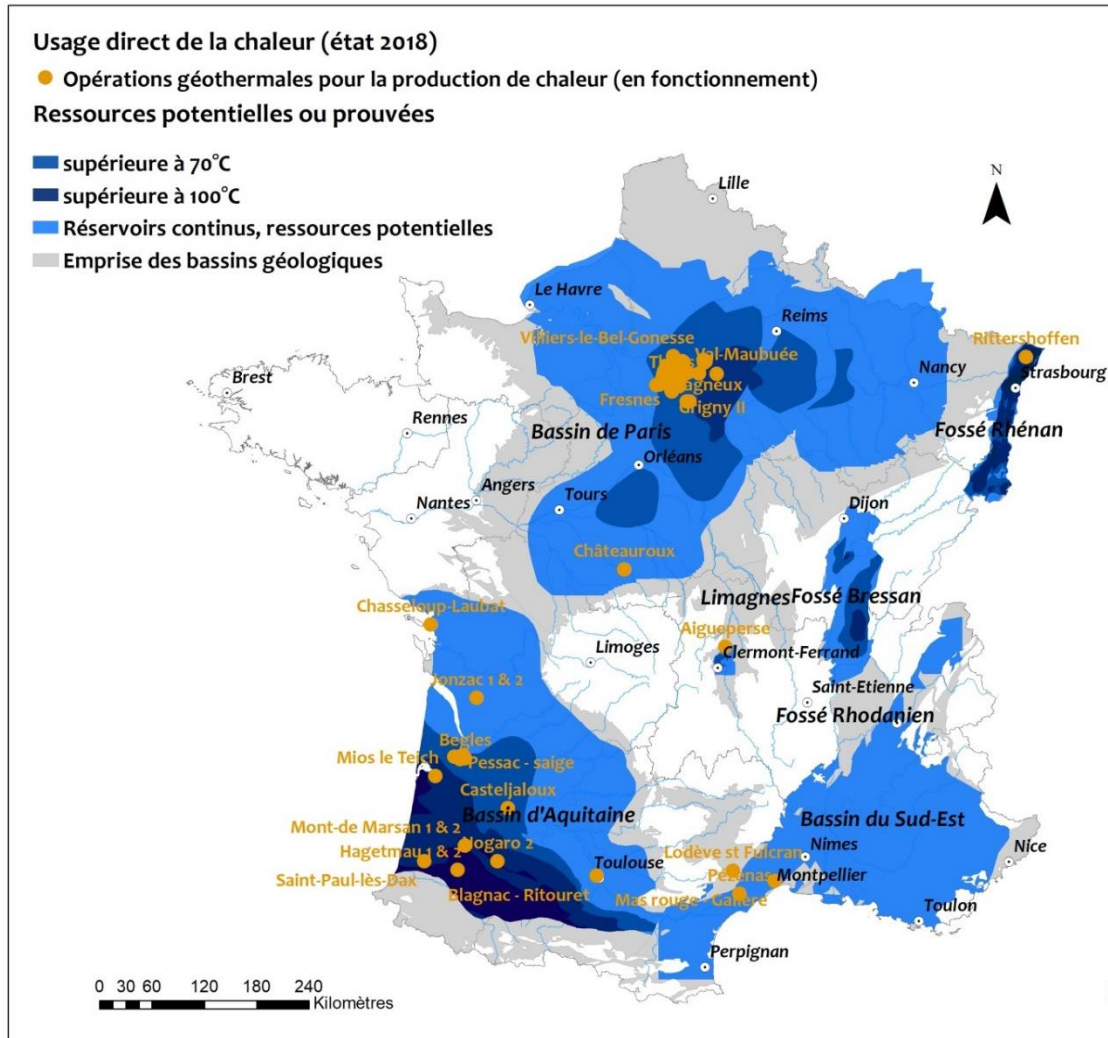
! Cette **cartographie** est **indicative**, le BRGM précisant que :

- « l'atlas constitue ainsi une première approche à destination des maîtres d'ouvrage potentiels, bureaux d'études, décideurs des collectivités territoriales, afin qu'ils puissent déterminer la possibilité d'utiliser la géothermie lors d'un choix énergétique. Les informations transmises ne peuvent et ne doivent en aucun cas remplacer l'étude de faisabilité réalisée par des bureaux d'étude compétents à l'échelle parcellaire qui permettra d'obtenir des gammes de puissance plus précises. »

→ Le **potentiel de la géothermie sur nappe est connu et fort sur la majorité du territoire. Même sur les zones en potentiel moyen, il est possible d'alimenter des bâtiments tertiaires et des logements collectifs.**

### 6.1.4 LA GEOTHERMIE BASSE ENERGIE SUR NAPPES PROFONDES

La France métropolitaine possède des aquifères profonds dans ses bassins sédimentaires et fossés d’effondrement. Ils se situent essentiellement dans le sous-sol des bassins parisien et aquitain. Le Bassin aquitain possède cependant une structure plus complexe que le bassin parisien : les aquifères profonds sont plus nombreux, mais moins étendus. Deux zones sont particulièrement favorables : l’une se situe au nord de Bordeaux et une autre longe l’Atlantique, d’Arcachon à Bayonne, puis s’étend au nord des Pyrénées. Comme il est possible de le voir sur la carte ci-dessous, le territoire du SCoT est en grande partie dans une zone où la ressource géothermique est importante.



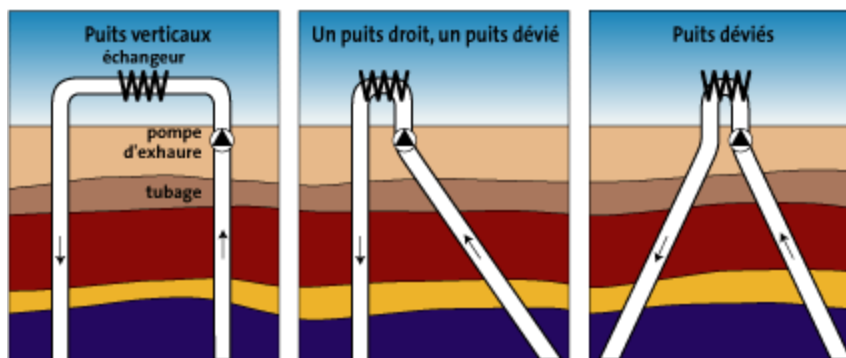
Ressources en aquifères profonds en métropole et opérations géothermales pour la production de chaleur © BRGM



L'accès à la ressource s'effectue par le biais d'un ou plusieurs forages, qui permettent de faire circuler le fluide entre la surface et l'aquifère. La technique de forage est adaptée selon le type de sol traversé (terrain meuble, terrain dur, présence de fractures et de cavités,...), et les conduits effectués sont tubés et cimentés, pour protéger le forage, ainsi que les aquifères traversés.

La mise en place de doublets de forages est maintenant largement répandue : le premier sert à acheminer le fluide jusqu'à la surface, tandis que le second restitue ce même fluide, une fois refroidi, à l'aquifère où il a été prélevé. Cela permet de préserver la ressource. À savoir que certains captages de Nouvelle-Aquitaine ne sont constitués que d'un seul forage et réinjectent l'eau en surface de rivière, lorsque celle-ci ne présente pas un taux de salinité trop important et que l'aquifère concerné possède des capacités de remplissage autonome suffisantes. Ce procédé tend tout de même à disparaître.

Les points d'extraction et de réinjection de la ressource se doivent aussi d'être espacés au minimum de 1 000 mètres, afin de ne pas refroidir le réservoir. Cependant, pour limiter la distance entre les forages, il est tout à fait possible d'envisager des forages déviés, comme sur le schéma ci-dessous :



*Différentes configurations de forages*

On retrouve ci-dessous les caractéristiques des quelques installations de géothermie profonde existantes en Gironde :

Commune	Aquifère capté	Température aquifère (°C)	Température de réinjection (°C)	Profondeur du forage (m)	Débit de pompage possible (m <sup>3</sup> /h)	Energie géothermique produite (MWh)
<a href="#">Jonzac</a>	Trias	60°C	30°C	1 872 m	25	5 487
<a href="#">Bordeaux</a> <a href="#">Mériadec</a>	Sénonien inférieur et Cénomaniens	53°C	30°C	1 148 m	90	8 025
<a href="#">Pessac</a>	Sénonien - Cénomaniens - Turonien	48°C	15°C	1 085 m	73	17 000 (présence d'une PAC)

Les coûts d'investissement d'un projet géothermique, à la différence des opérations ayant recours aux énergies fossiles, sont relativement importants. Les coûts d'exploitations sont cependant largement réduits et très peu sensibles à la fluctuation, comme c'est le cas pour les énergies fossiles. Par ailleurs, dans certains aquifères, les eaux peuvent présenter des salinités importantes, ainsi qu'un comportement corrosif qui peuvent augmenter considérablement les coûts d'exploitation et d'entretien d'une installation géothermique.

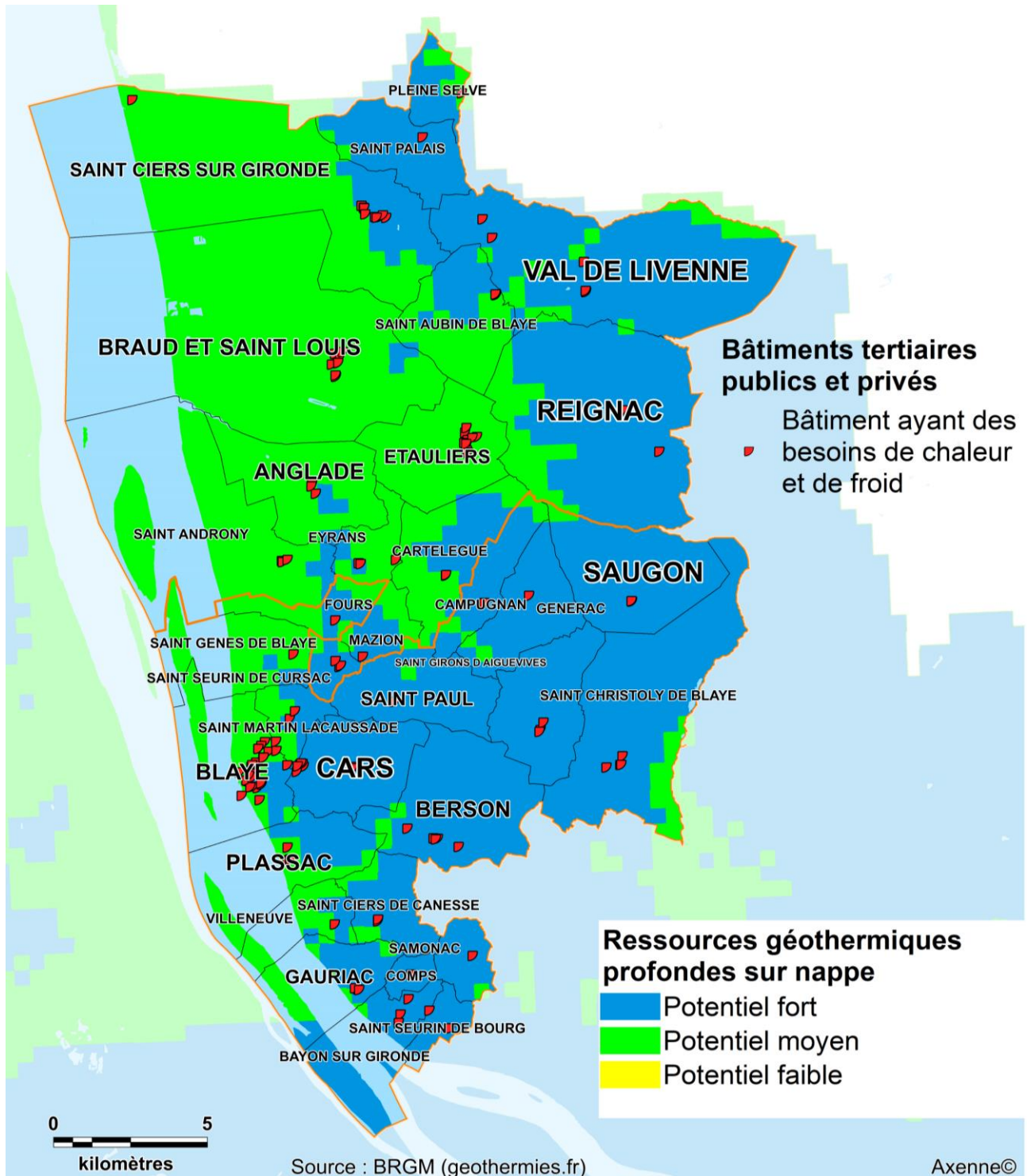
Une distinction doit être faite entre les coûts d'investissement qui concernent la récupération de la chaleur du sous-sol, et ceux qui concernent la distribution de cette même chaleur. La répartition constatée entre ces deux postes de dépenses tourne aux alentours de 75% - 25%. (source : La géothermie et les réseaux de chaleur, guide du maître d'ouvrage, ADEME-BRGM 2010)

Le territoire du SCoT confirme un potentiel de géothermie basse énergie très intéressant, à des profondeurs peu élevées (environ 600m). Cependant, la question de la rentabilité économique peut se poser pour des installations de grande envergure. Le coût d'un doublet géothermique à 600m de profondeur peut atteindre 8 M€ nécessitant ainsi le raccordement de nombreux bâtiments pour rentabiliser un tel investissement. Cela semble envisageable pour des communes telles que Blaye, Cars, Berson, Saint Ciers-sur-Gironde, Saint Christoly-de-Blaye, Reignac, Val-de-Livenne, etc.

**LES POMPES A CHALEUR SUR NAPPE EN BASSE ENERGIE**

L'eau chaude entre 40 et 90°C contenue dans la nappe profonde est extraite et utilisée directement via un échangeur de chaleur, c'est-à-dire sans nécessiter l'utilisation d'une pompe à chaleur. Plus de trente réseaux de chaleur urbains sont alimentés par ce type de géothermie en France métropolitaine.

**! Les coûts d'investissement sont tout particulièrement importants sur l'ensemble du territoire. Cela suppose de réserver cette ressource à des projets de réseau de chaleur d'envergure, correspondant à une consommation d'au moins 10 000MWh/an.**



*Potentiel géothermique pour des projets sur des nappes profondes (BRGM) et positionnement des bâtiments tertiaires publics et privés ayant des besoins de chaleur et de rafraîchissement (Insee base permanente des équipements tertiaires géolocalisés)*

## 6.2 GISEMENTS THEORIQUES

### 6.2.1 CONTRAINTES

#### GEOTHERMIE DE MINIME IMPORTANCE

Il existe plusieurs contraintes à la mise en place d'installations géothermiques : risques de mouvement de terrain, présence de cavités, risque de remontée de nappe, etc.

Le BRGM et le CEREMA ont établi une carte des zones relatives à la géothermie de minime importance<sup>3</sup> pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. Cette carte s'appuie sur une méthodologie d'élaboration prenant en compte neuf phénomènes redoutés pouvant apparaître lors d'un forage géothermique de minime importance :

- Affaissement / surrection lié au niveau d'évaporites,
- Affaissement / effondrement lié aux cavités (minières ou non minières),
- Mouvement ou glissement de terrain,
- Pollution des sols et des nappes,
- Artésianisme,
- Mise en communication d'aquifères,
- Remontée de nappe.

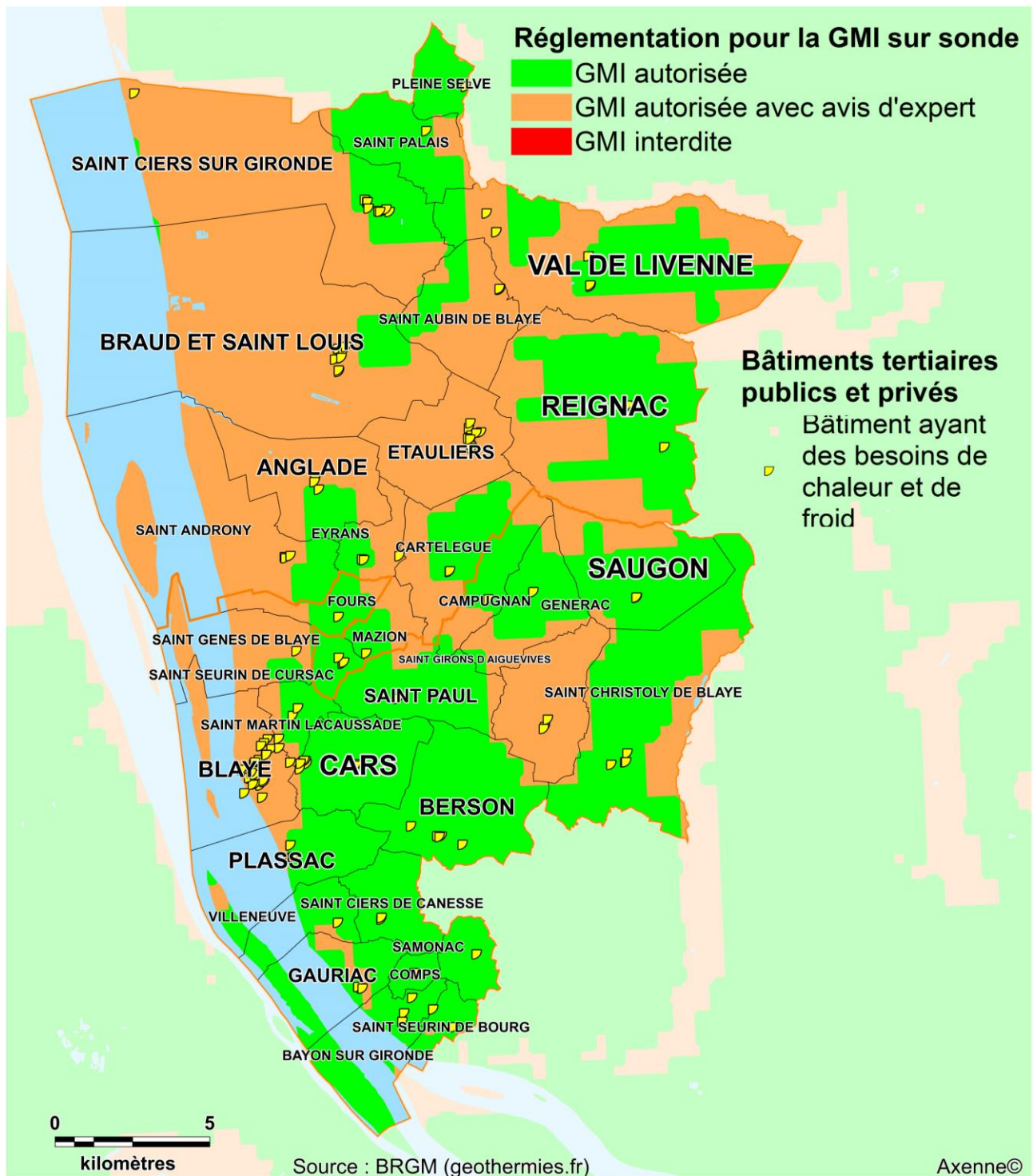
La carte distingue trois zones selon l'importance des phénomènes. Celles-ci sont définies dans l'article 22-6 du décret n°2006-649 relatif aux travaux miniers, aux travaux de stockage souterrain et à la police des mines et des stockages souterrains (article créé par le décret n°2015-15 du 8 janvier 2015) :

- Zones rouges : zones dans lesquelles la réalisation d'ouvrages de géothermie est réputée présenter des dangers et inconvénients graves et ne peut pas bénéficier du régime de la minime importance.
  - ➔ Une installation géothermique dans ce type de zone relèvera alors de la géothermie de basse température et nécessitera donc le dépôt d'une demande d'autorisation.
- Zones orange : zones dans lesquelles les activités géothermiques ne sont pas réputées présenter des dangers et inconvénients graves et dans lesquelles est exigée la production d'une attestation d'un expert agréé. Celle-ci doit constater la compatibilité du projet au regard du contexte géologique de la zone d'implantation et de l'absence de dangers et inconvénients graves.
  - ➔ Le régime déclaratif s'applique. La réalisation de l'ouvrage nécessite l'avis d'un expert géologue ou hydrogéologue et le recours à un foreur qualifié. Des prescriptions spécifiques lors du forage et des aménagements techniques peuvent permettre de lever les restrictions.
- Zones vertes : zones dans lesquelles les activités géothermiques de minime importance sont réputées ne pas présenter des dangers et inconvénients graves.
  - ➔ Le régime déclaratif s'applique. Il est nécessaire de recourir à un foreur qualifié.

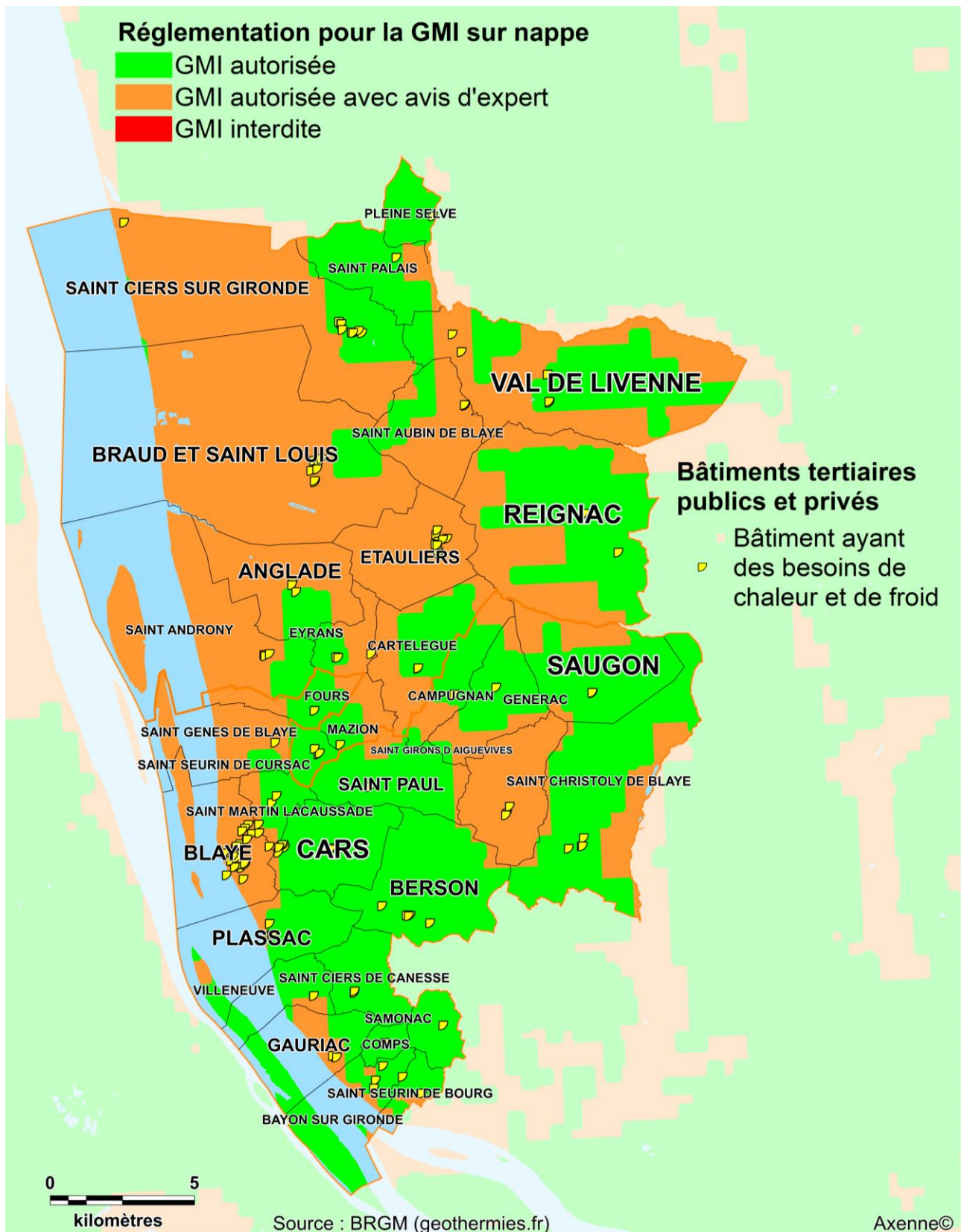
**! Le BRGM a réalisé un travail d'actualisation des cartographies sur la géothermie de minime importance. Les deux cartes dans les pages suivantes sont donc susceptibles d'évoluer ; cela-dit, il ne devrait pas y avoir de zones rouges, positionnant ainsi le territoire dans une situation favorable au développement de ces projets. A noter qu'actuellement, les deux cartes sont relativement similaires.**

<sup>3</sup> Sont considérées comme des exploitations de gîtes géothermiques à basse température relevant du régime de la minime importance :

- Les activités recourant à des échangeurs géothermiques fermés (géothermie sur capteurs verticaux) dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW.
- Les activités recourant à des échangeurs géothermiques ouverts (géothermie sur nappe) dont la température de l'eau prélevée est inférieure à 25°C, dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW. Les eaux prélevées doivent être en totalité réinjectées dans le même aquifère. Les débits prélevés ou réinjectés doivent être inférieurs à 80 m<sup>3</sup>/h.



**Zonage réglementaire pour la géothermie de minime importance sur sonde (BRGM) et positionnement des bâtiments tertiaires publics et privés ayant des besoins de chaleur et de rafraîchissement (Insee base permanente des équipements tertiaires géolocalisés)**



**Zonage réglementaire pour la géothermie de minime importance sur nappe (BRGM) et positionnement des bâtiments tertiaires publics et privés ayant des besoins de chaleur et de rafraîchissement (Insee base permanente des équipements tertiaires géolocalisés)**

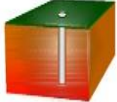





L'avis d'un expert est requis sur plusieurs communes du territoire. La présence de pollution avérée, de remontée de nappe, de cavités ou encore les risques de communication de nappes expliquent le classement en zone orange. Mais cela n'est quasiment jamais un frein au déroulement du projet.

Il n'y a aucune zone rouge et finalement sur la quasi-totalité du territoire il est possible de réaliser des installations sur sondes ou sur la nappe.

## 6.2.2 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

Le tableau suivant présente la synthèse des gisements théoriques pour la filière géothermie.

Cette technologie est particulièrement bien adaptée sur les bâtiments neufs qui ont des besoins de chaleur et de refroidissement en été. Il est plus difficile de la mettre en œuvre sur une rénovation (on place généralement les sondes dans les fondations du bâtiment). Elle doit être privilégiée à la place des pompes à chaleur air/air qui ont un coefficient de performance énergétique bien inférieur.

INSTALLATIONS GEOTHERMIQUES							TOTAL
							CAPTEURS VERTICAUX  IMMEUBLES DE LOGEMENTS  BÂTIMENTS TERTIAIRES  BÂTIMENTS INDUSTRIELS  RESEAU DE CHALEUR NAPPE SUPERFICIELLE
<b>dans l'existant</b>	nombre :	7 411	120	56	23	8	7 617
	MWh/an* :	<b>41 080</b>	<b>2 571</b>	<b>2 535</b>	<b>8 625</b>	<b>2 400</b>	<b>57 211 MWh/an</b>
<b>sur le neuf par an</b>	nombre :	137	4	3			144
	MWh/an* :	<b>315</b>	<b>32</b>	<b>112</b>			<b>459 MWh/an</b>

\* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : Axceléo

### Remarques :

Au vu de l'investissement important à mobiliser ainsi que des démarches réglementaires à réaliser, on suppose que les réseaux de chaleur géothermiques ne se développeront que sur les communes présentant des équipements structurants (collège, lycée, maison de retraite, etc.) et/ou des zones d'aménagement de tailles et consommations importantes.

## 7 FILIERE AEROTHERMIE

### 7.1 GISEMENTS BRUTS

L'aérothermie regroupe les systèmes de production de chaleur, d'eau chaude sanitaire et de climatisation à partir des calories prélevées dans l'air. Ces systèmes font le plus souvent appel à des pompes à chaleur qui récupèrent les calories de l'air extérieur pour produire de l'énergie. Ils sont toutefois intégrés au bilan des énergies renouvelables conformément à la directive européenne et à sa transposition française.

Il n'y a que peu de contraintes à l'installation des systèmes utilisant des pompes à chaleur (air/air et air/eau).





Par contre, ils présentent plusieurs inconvénients :

- L'impact sur le réseau électrique n'est pas neutre aussi bien en hiver qu'en été puisque la plupart du temps ces systèmes sont également utilisés pour la climatisation des locaux.
- Les modules placés à l'extérieur des bâtiments ou des maisons sont générateurs de bruit.
- L'intégration architecturale de ce module peut, en outre, poser des problèmes dans des secteurs protégés au titre du patrimoine culturel.
- Le Coefficient de Performance (COP) qui représente la performance énergétique de la pompe à chaleur fonctionnant en mode chauffage est donné pour une température extérieure de 7°C. Plus le milieu est froid et plus l'efficacité énergétique de la PAC diminue.

Par exemple, une pompe à chaleur présentant un COP de 4 par 7°C extérieur verra son COP chuter à 3,2 à 0°C, et 2,8 à -5°C. Pour une même fourniture de chaleur, l'électricité consommée sera d'autant plus importante.

### 7.2 GISEMENTS THEORIQUES

Le tableau suivant présente les gisements théoriques de l'aérothermie par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS AEROTHERMIQUES (AIR/AIR et AIR/EAU)					<b>TOTAL</b>
		Maison	Immeuble	Immeubles tertiaires	
<b>dans l'existant</b>	nombre :	9 798	172	113	10 082
	MWh/an :	<b>36 991</b>	<b>2 767</b>	<b>3 711</b>	<b>43 470 MWh/an</b>
<b>sur le neuf par an</b>	nombre :	137	4	11	152
	MWh/an :	<b>210</b>	<b>22</b>	<b>74</b>	<b>306 MWh/an</b>

\* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : Axceléo

## 8 FILIERE RECUPERATION DE CHALEUR

### 8.1 GISEMENTS BRUTS

L'énergie fatale est une **production de chaleur dérivée d'un site de production qui n'en constitue pas l'objet premier**, et qui, de ce fait, **n'est pas nécessairement récupérée**. Les sources de chaleur fatale sont très diversifiées. Il peut s'agir de sites de production d'énergie (les centrales nucléaires), de sites de production industrielle, de bâtiments tertiaires d'autant plus émetteurs de chaleur qu'ils en sont fortement consommateurs, comme les hôpitaux, les réseaux de transport en lieu fermé, ou encore les sites d'élimination comme les unités d'incinération de déchets.  
(Source : Programmation Pluriannuelle des Investissements Chaleur).

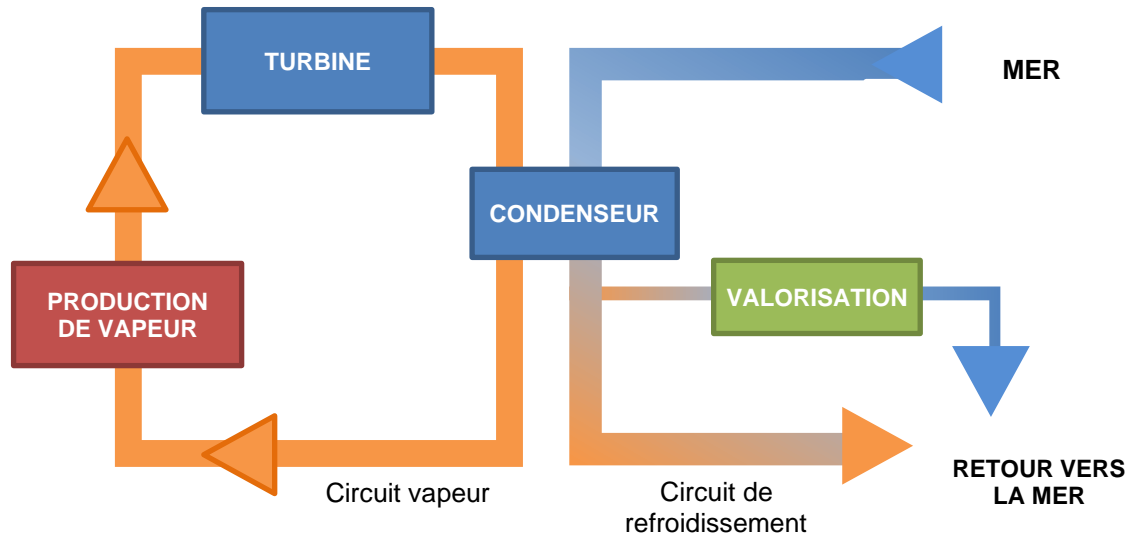
Nous allons étudier les principales sources de chaleur suivantes :

- la valorisation de la chaleur fatale des eaux usées de la centrale nucléaire du Blayais,
- la valorisation de la chaleur fatale des eaux usées, au pied des bâtiments, dans la voirie et en sortie de station d'épuration,
- les sites industriels, qui disposent d'une chaleur fatale sur les équipements tels que les compresseurs, les fours, les chaudières, les groupes froids et les sécheurs,

En l'absence de Data Center sur le territoire, la chaleur fatale de ce type d'équipement ne sera pas étudiée.

#### 8.1.1 VALORISATION DES EAUX DE REFROIDISSEMENT DE LA CENTRALE NUCLEAIRE

La récupération de chaleur est envisageable sur le circuit de refroidissement par eau qui est en circuit ouvert dans le cas de la centrale du Blayais.



La valorisation est alors envisageable en sortie de condenseur. Le débit disponible est de 40m<sup>3</sup>/s pour une puissance électrique de 900MW.

La température de l'eau en sortie de condenseur est élevée de 10° par rapport à la température de puisage.

La méthodologie pour la récupération de la chaleur fatale des eaux tièdes des centrales nucléaires se base sur les expériences acquises sur quelques sites en France ainsi que sur les rapports réalisés en 2002 par l'Ecole National du Génie Rural des Eaux et Forêts et le rapport de G.Merle "Hydroécol. Appl. (1991)".



Ces deux rapports font la distinction à juste titre entre les deux modes de refroidissement du circuit tertiaire constatés sur les centrales nucléaires :

- un circuit ouvert qui prélève dans un fleuve ou la mer environ 40m<sup>3</sup>/s pour 900MW électrique produit. Il serait alors possible en théorie de récupérer un delta T de 10° sur ces 40m<sup>3</sup>/s en sortie du condenseur. Le rapport de G.Merle indique que "*les calculs économiques effectués conduisent à envisager des prélèvements d'eau de 3 à 20 m<sup>3</sup>/s permettant d'alimenter 2 à 15 ha des bassins aquacoles*". Nous conserverons le débit initial de 40m<sup>3</sup>/s puisque nous souhaitons estimer un gisement de chaleur fatale "brut".
- un circuit fermé qui prélève environ 2m<sup>3</sup>/s dans un fleuve qui permet de compenser l'évaporation de l'aéroréfrigérant et de pratiquer une purge pour éviter une concentration des sels minéraux dans le circuit. Dans ce type de circuit, le prélèvement de la chaleur fatale s'effectue en sortie du condenseur et avant l'arrivée dans l'aéroréfrigérant. Compte tenu des spécificités techniques des aéroréfrigérants et notamment du facteur de concentration, le débit maximal disponible est de 2m<sup>3</sup>/s pour 900MW électrique produit (pour une centrale en cycle combiné gaz le débit disponible est plus faible, de l'ordre de 0,25 m<sup>3</sup>/s). La température de l'eau est de 20°C supérieurs à la température de l'eau puisée dans le fleuve.

Le gisement brut d'énergie a été calculé sur la base de l'élévation de la température de l'eau par rapport à son état initial et de la quantité d'eau disponible.

### **Q = m.c.deltaT**

Avec:

m : masse du corps 1m<sup>3</sup> = 1000 kg

c : chaleur massique du corps 4,18 [kJ / kg °C]. Ainsi, pour élever la température de 1kg d'eau de 1°C, il faut lui apporter une quantité de chaleur de 4180 Joules ou 1.16 Wh

deltaT : différence entre température à obtenir et température initiale, 10° pour un circuit ouvert

Q : Quantité de chaleur en kJ

Avec une production qui atteint 25 300 000 MWh en 2019, soit 7 028 heures à Pnominale on peut calculer le gisement théorique de chaleur fatale issue de l'eau de refroidissement :

Energie en GWh/an = 7 028 heures x (160 m<sup>3</sup>/s x 1000 x 3 600 secondes) x 4,18 x 10 x 10<sup>-6</sup> = **47 002 GWh/an**

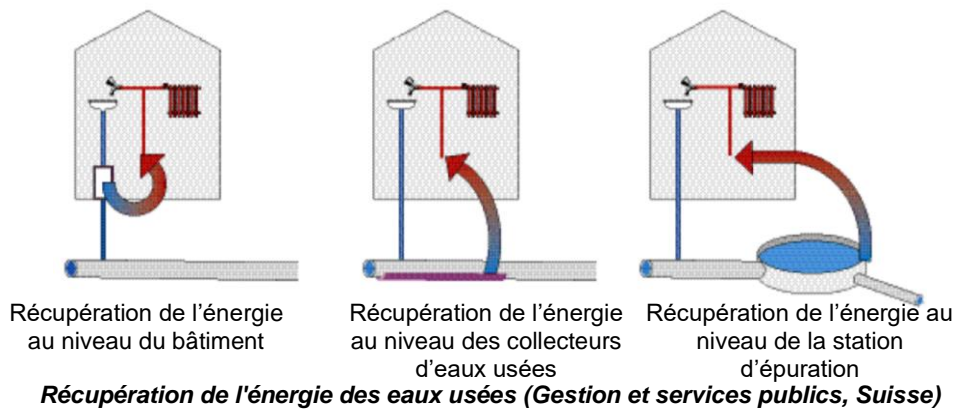
Si les débits sont importants, les températures mises en jeu sont faibles : les eaux tièdes des circuits de refroidissement des centrales nucléaires ne s'élèvent que de 10 ou 20°C par rapport à la température de puisage de ces eaux dans la mer. C'est la raison pour laquelle, l'horticulture et l'aquaculture qui n'ont pas besoin de température élevée sont bien adaptées à l'utilisation de ces eaux tièdes. Valoriser cette énergie pour le chauffage de bâtiments suppose d'installer une pompe à chaleur pour augmenter la température de distribution. En l'absence de serres agricoles ou de bassins d'aquacultures à proximité, ce gisement sera très difficilement valorisable.

## **8.1.2 VALORISATION DES EAUX USEES**

### **8.1.2.1 Technologie**

La température des eaux usées oscille entre 10°C et 20°C toute l'année. En hiver, les eaux usées sont plus chaudes que l'air extérieur, constituant ainsi une source de chaleur. Le cas inverse se produit en été ; les bâtiments peuvent être rafraîchis grâce aux eaux usées.

La récupération de chaleur (ou de froid) se fait de manière simple : un fluide caloporteur capte l'énergie des eaux usées par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur, et conduit les calories vers une pompe à chaleur qui va élever (ou abaisser) la température de l'eau chauffant (ou refroidissant) les bâtiments. L'énergie peut être récupérée à différents niveaux : au niveau du bâtiment, au niveau de la station d'épuration, ou au niveau des collecteurs d'eaux usées.

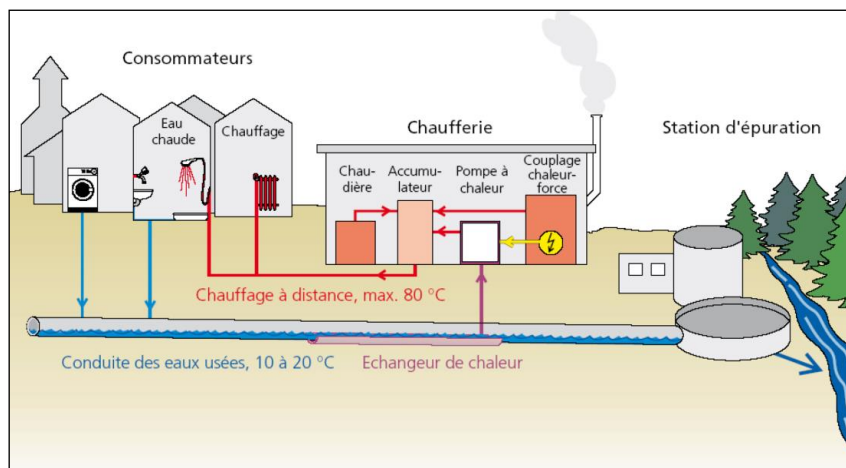


### 8.1.2.2 Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau des collecteurs

#### PRESENTATION

Le chauffage collectif des bâtiments peut se faire de manière centralisée ou décentralisée. Dans le premier cas, la chaleur est produite au sein d'une unique chaufferie puis l'eau est acheminée à haute température vers les lieux de consommation via des canalisations isolées. Ce système est idéal lorsque les consommateurs sont proches les uns des autres.

Dans le cas d'un système décentralisé, l'eau est acheminée à basse température (entre 7 et 17°C) vers les chaufferies présentes dans chaque bâtiment. Cette solution présente l'avantage d'utiliser des canalisations non isolées et donc meilleur marché, ainsi que de réduire les pertes de chaleur. Elle est adaptée dans le cas de consommateurs éloignés de la source de captage de l'énergie. En revanche, les coûts d'installation et de maintenance de plusieurs chaufferies seront plus importants.



**Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Susanne Staubli)**



Dans le cas d'un réseau d'assainissement neuf ou lors d'une rénovation de tronçons, les échangeurs de chaleur peuvent être intégrés à la canalisation. Dans le cas inverse, les systèmes sont réalisés au cas par cas et déposés au fond des canalisations. Cependant, la mise en place de ce système, qui est aisée pour des constructions nouvelles, sera difficile et chère pour des canalisations anciennes et de petits diamètres.

**Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré (Guide pour les maîtres d'ouvrage et les communes, OFEN)**

**Échangeur installé dans un ovoïde existant (Rabtherm), échangeur pour collecteur existant (Uhrig) (Lyonnaise des eaux)**



## PERFORMANCE DU SYSTEME ET ECONOMIES D'ENERGIE

La performance du système est conditionnée par le système de chauffage des bâtiments alimentés (haute ou basse température), le débit des eaux, leur température et la configuration du réseau des eaux usées. Suez Environnement indique une diminution de 30 à 60% de la consommation d'énergie non renouvelable grâce au système Degrés Bleus.

Le système de chauffage influence la performance de la pompe à chaleur, le COP. Celui-ci dépend de la différence entre la température de condensation et la température d'évaporation du fluide frigorigène. Les meilleurs COP sont obtenus avec de faibles différences de température. Un réseau d'eau chaude basse température est donc préférable pour obtenir une bonne performance du système.

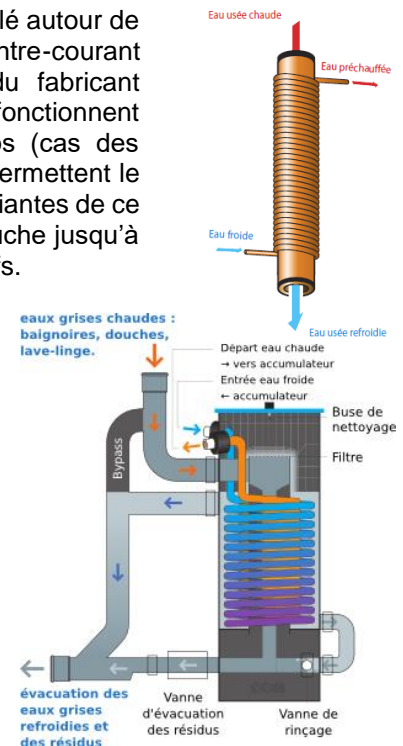
Selon le bureau d'études BPR-Europe, la performance varie de 2 à 5 kW de puissance de chauffage/m<sup>2</sup> d'échangeur à chaleur, soit 1,8 à 8,4 kW par mètre linéaire d'échangeur. La longueur de l'échangeur est généralement comprise entre 40 et 80 m.

### 8.1.2.3 Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau du bâtiment

Il est également possible de récupérer la chaleur des eaux usées avant que celles-ci n'atteignent le collecteur. La récupération se fait au niveau du bâtiment.

Les eaux usées issues des usages quotidiens (douches, vaisselle, lave-linge..) sont généralement tièdes lorsqu'elles sont évacuées par le collecteur d'eaux usées de la maison ou de l'immeuble. Ces calories perdues peuvent être récupérées afin de préchauffer l'eau chaude sanitaire. Plusieurs systèmes existent pour cela :

- Le système le plus simple consiste en un serpentin métallique enroulé autour de la canalisation d'eaux usées et dans lequel circule l'eau froide à contre-courant (schéma ci-contre). Ces systèmes, tels que le ThermoDrain du fabricant canadien Eco Innovation et le Power Pipe de Solenove Energie, fonctionnent seulement lorsque l'eau est évacuée et utilisée en même temps (cas des douches dans un hôtel ou une maison de retraite par exemple) et permettent le préchauffage de l'ECS. La société Gaïa Green propose plusieurs variantes de ce type de système, depuis le simple échangeur intégré au bac de douche jusqu'à une solution à échangeurs multiples adaptée aux logements collectifs.
- Plus évolués, des systèmes à échangeur externe permettent d'augmenter les échanges de chaleur, mais doivent intégrer une solution de filtrage des eaux usées afin de limiter les pertes de charge et l'encrassement. Ce type de système est proposé par la société Domelys sous l'appellation CalH<sub>2</sub>O. Le système Thermocycle de Forstner permet en plus un stockage tampon des eaux usées afin de décorrélérer l'utilisation et l'évacuation d'eau chaude. Ces solutions sont plus adaptées aux logements collectifs.

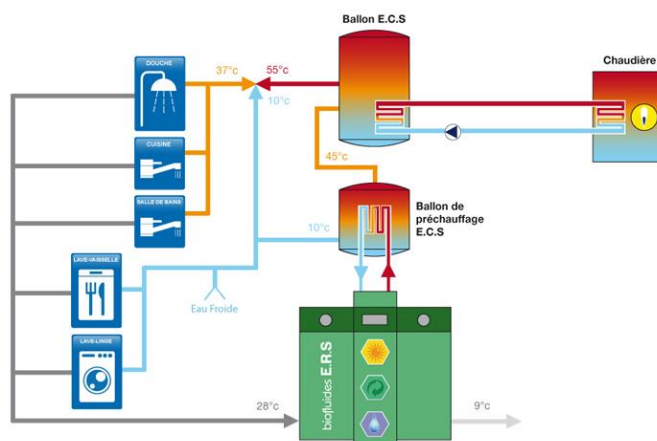


#### Echangeur de chaleur externe avec filtration Thermocycle de Forstner

- Enfin, il existe des systèmes intégrant une PAC afin d'optimiser la récupération de chaleur tel que l'Energy Recycling System de l'entreprise française Biofluide Environnement. Ce système plus complexe est réservé aux usages collectifs ayant une consommation d'eau chaude élevée.

Les eaux usées des cuisines, salles de bain, lave-linge et lave-vaisselle sont acheminées à une température moyenne de 28 °C vers l'Energy Recycling System (ERS). L'ERS est composé d'un échangeur inox à forte inertie et d'une pompe à chaleur. Un système de filtration automatique et d'auto-nettoyage améliore le rendement de l'échangeur à chaleur. Les calories des eaux usées sont transférées à la pompe à chaleur via l'échangeur. Les eaux usées ressortent ainsi à 9 °C. L'écoulement des eaux grises n'est pas interrompu.

En parallèle, l'eau en provenance d'un ballon de préchauffage est chauffée à 45 °C par le circuit condenseur de la pompe à chaleur de l'ERS. Une chaufferie augmente ensuite la température de cette eau jusqu'à 55 °C, température nécessaire à l'eau chaude sanitaire.



**Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment (Procédé ERS, Biofluide Environnement)**

## ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Une réduction de 40 à 60 % de la consommation énergétique en eau chaude sanitaire est envisageable. Ce type d'installation peut être couplé à une installation solaire thermique, pouvant alors couvrir jusqu'à 80 % de la demande en ECS.

### 8.1.2.4 Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau de la station d'épuration

La récupération de chaleur en sortie de station d'épuration (STEP) est un procédé présentant un potentiel énergétique important. Cette énergie peut être utilisée sur le site ou peut assurer le chauffage de bâtiments situés à une distance acceptable de la STEP. La puissance disponible dépend de différents facteurs :

- le débit minimal par temps sec hivernal en sortie de STEP,
- la température minimale de l'eau en sortie de STEP,
- la température minimale de rejet des eaux épurées dans le milieu naturel, si une valeur limite est imposée par l'autorité compétente (protection des eaux de rivières, etc.).

La récupération de chaleur sur les eaux usées se fait via un échangeur de chaleur (échangeurs à plaques, échangeurs tubulaires, etc.).

Positionner l'échangeur en sortie de STEP permet de réduire l'encrassement de celui-ci, par rapport à une installation en entrée de STEP ou au sein du process de celle-ci. En effet, les eaux en sortie de STEP ont été épurées et contiennent donc moins d'éléments susceptibles d'encrasser l'échangeur (particules, boues, sables, feuilles, etc.).



**Echangeur tubulaire en sortie de STEP (Lyonnaise des Eaux, ISTINOX, ANTEA)**

## ATOUTS

Cette solution de récupération de chaleur des eaux usées présente de nombreux atouts :

- Très fort potentiel de puissance thermique,
- Simplicité de mise en œuvre (génie civil limité, pas d'arrêt d'exploitation du réseau en amont, pas de contrainte d'installation d'équipements sur le domaine public, nombre d'acteurs généralement plus restreint que pour une installation sur le réseau d'eaux usées, etc.),
- Elle s'applique parfaitement aux solutions de production de chaleur centralisée, sous réserve que des besoins de chaleur suffisants existent à proximité,
- Pas d'effet sur la STEP (pas de problème de refroidissement des eaux usées avant rejet),
- Retours d'expérience positifs (une trentaine de stations d'épuration sont équipées en Suisse).

## 8.2 GISEMENTS THEORIQUES

### 8.2.1 VALORISATION DES EAUX USEES

#### 8.2.1.1 Récupération de chaleur au niveau des collecteurs

##### CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de la récupération de chaleur sur eaux usées nécessite que certaines conditions soient respectées par le réseau d'eaux usées et le (ou les) bâtiment(s) à alimenter.

*Sur les bâtiments à chauffer/rafraîchir :*

Paramètre	Contrainte/Recommandation
<u>Type de bâtiment</u>	La demande de chauffage ou d'ECS doit être régulière pour assurer un temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur, et améliorer leur rentabilité. Bâtiments les plus adaptés : piscines, résidences de logements, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels. Les salles de sports, salles de spectacles et centres commerciaux sont à éviter.
<u>Distance collecteur/bâtiments</u>	Préférable : inférieure à 350 m Cas favorable : distance inférieure à 200 m
<u>Température de fonctionnement</u>	Une température d'exploitation basse permet une meilleure efficacité des pompes à chaleur utilisées par la récupération de chaleur sur eaux usées. Les systèmes de chauffage basse température sont préconisés dans le cas de constructions neuves (T < 55°C)
<u>Puissance thermique</u>	Minimum 150 kW
<u>Volume de consommation</u>	Une consommation supérieure à 1 200 MWh/an est très favorable à la mise en place de l'installation de récupération de chaleur. Une consommation inférieure à 800 MWh/an est plutôt défavorable.
<u>Climatisation</u>	Utiliser des pompes à chaleur réversibles pour climatiser le bâtiment en été permet d'augmenter la rentabilité de l'installation.

**Contraintes et recommandations sur les bâtiments alimentés par la chaleur des eaux usées (OFEN, Lyonnaise des Eaux)**

*Sur le réseau de collecte des eaux :*

Paramètre	Contrainte/Recommandation
<u>Débit des eaux usées</u>	<b>Débit minimum 12 L/s</b> (moyenne quotidienne par temps sec). Ce débit est atteint pour 8 000 à 10 000 personnes raccordées au réseau. Débit favorable : entre 15 et 30 L/s Débit très favorable : supérieur à 50 L/s
<u>Diamètre du collecteur</u>	<b>Collecteur existant : diamètre minimum de 800 mm</b> pour que l'échangeur de chaleur puisse être installé. <b>Renouvellement ou extension de réseau : un diamètre de 400 mm</b> est suffisant (l'échangeur est intégré directement à la canalisation). Installation impossible : diamètre inférieur à 400 mm.
<u>Température des eaux usées</u>	La température des eaux en entrée de la station d'épuration doit de préférence être supérieure à 12°C <sup>4</sup> . L'abaissement de la température des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur la nitrification et l'élimination de l'azote dans les STEP à boues activées. Cet aspect doit être étudié lors de l'étude de faisabilité.
<u>Âge des conduites</u>	L'installation d'un échangeur de chaleur est plus avantageuse dans le cas où la canalisation doit être rénovée ou remplacée.

**Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées (OFEN, VSA (Association Suisse des professionnels de la protection des eaux), Lyonnaise des Eaux)**

<sup>4</sup> Rabtherm, société ayant développé le procédé de récupération de chaleur sur eaux usées, a étudié l'impact de ce procédé sur la température des eaux usées. Pour un débit de 60 L/s et une puissance de chauffage de 500 kW, la température est diminuée de 1°C pour un gain de 4°C du fluide caloporteur. À l'inverse, en mode froid, les eaux usées sont réchauffées de 4°C (de 24 à 28°C) alors que le fluide caloporteur perd 6°C

## GISEMENTS

Il n'y a pas de commune avec un nombre de personnes de 8 000 habitants, la plus importante Blaye compte 4 835 habitants en 2018. Le potentiel est donc limité. Il peut être envisageable d'installer des collecteurs avec des échangeurs intégrés lors de la rénovation du réseau là où les débits seraient intéressants.

### 8.2.1.2 Récupération de chaleur au niveau des bâtiments

#### CONTRAINTES

Il est nécessaire de séparer les eaux grises des eaux-vannes avant le dispositif de récupération de chaleur. Ceci peut nécessiter la mise en place d'un nouveau collecteur. Dans certains cas, il peut être impossible de séparer les eaux usées.

#### GISEMENTS

Si la séparation des eaux grises des eaux-vannes peut conduire à des coûts importants sur des bâtiments existants, cette contrainte engendre peu de surcoûts pour des bâtiments à construire. L'utilisation de ces systèmes est réservée aux immeubles dont l'eau chaude est produite et distribuée collectivement.

### 8.2.1.3 Récupération de chaleur au niveau des STEP

#### CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS

Plusieurs contraintes sont à prendre en compte :

- Les besoins de chaleur à proximité de l'installation doivent être suffisants pour que celle-ci soit viable. S'il s'agit d'alimenter un réseau de chaleur, celui-ci doit avoir une densité énergétique minimale de 1,5 MWh/mètre linéaire de canalisations. Cette valeur correspond au critère de l'ADEME pour bénéficier du Fonds chaleur.
- La STEP doit avoir une capacité minimale de 10 000 équivalents-habitants, afin que le débit des eaux épurées soit suffisant. Un débit hivernal par temps sec minimal de 15 l/s est recommandé.
- Il doit y avoir une adéquation entre les variations du débit des eaux usées et les variations des besoins en chaleur des consommateurs.
- La STEP doit disposer d'un espace suffisant pour implanter les éléments nécessaires à la récupération de chaleur. En effet, la taille des échangeurs est importante.
- Cette solution ne convient pas aux territoires d'altitudes élevées, pour lesquels les températures de rejet des eaux usées sont trop faibles.
- Il est préférable de mettre en place un circuit intermédiaire entre les eaux usées épurées et la pompe à chaleur, car celle-ci n'est pas conçue pour travailler avec des fluides agressifs.
- Une bonne conception et une bonne exploitation permettent d'éviter la corrosion et l'encrassement des échangeurs de chaleur.

## GISEMENTS

Le territoire compte 1 station d'épuration dont la capacité nominale est proche de 10 000 équivalents-habitants (EH). Le tableau suivant présente les caractéristiques de cette station.

Commune	Mise en service	Capacité nominale (EH)	Débit moyen entrant (m <sup>3</sup> /j)
BLAYE	2006	7 000	963

### Caractéristiques des stations d'épuration du territoire (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie)

La puissance d'un échangeur eau-eau se calcule par la formule suivante :

$$P_{\text{ext}} = Q \cdot \rho \cdot P_c \cdot \Delta T$$

$P_{\text{ext}}$  : Puissance extraite [W]

$Q$  : Débit [l/s]

$\rho$  : Masse volumique de l'eau = 1 [kg/l] pour une eau entre 0°C et 20°C

$P_c$  : Pouvoir calorifique de l'eau = 4186 [J/kg\*°K] pour une eau entre 0°C et 20°C

$\Delta T$  : Variation de température = 5 [°C].

Le débit minimal hivernal permet d'évaluer la puissance que l'on peut extraire pour le chauffage et le débit minimal estival la puissance que l'on peut extraire pour le rafraîchissement. En l'absence de données précises sur les stations d'épuration, on considère un débit minimal égal à 50% du débit. On considère 3000 heures de fonctionnement à Puissance nominale d'une PAC en été et en hiver.

Selon ces hypothèses on peut estimer l'énergie qui peut être extraite au niveau de cette station pour le chauffage et le rafraîchissement (on considère 3000 heures de fonctionnement à Puissance nominale d'une PAC en été et en hiver).

Commune	Débit moyen entrant (m <sup>3</sup> /j)	Énergie récupérable chaud et froid (MWh/an)
BLAYE	963	700

## 8.2.2 CHALEUR FATALE DES INDUSTRIES

La chaleur fatale des entreprises industrielles peut être valorisée en interne (besoins de chaleur de l'entreprise) ou en externe (besoins de chaleur d'une autre entreprise, réseau de chaleur), mais se heurte actuellement à plusieurs contraintes et freins d'ordre technique, économique ou encore réglementaire, ainsi qu'à un manque d'informations et des réticences de la part des acteurs.

L'ensemble des contraintes présentées ci-dessous a été identifié lors d'une étude nationale sur les gisements de chaleur fatale menée par AXENNE pour le compte de l'ADEME, notamment via des entretiens avec les industriels.

### 8.2.2.1 Industries potentielles

Le secteur industriel n'est pas très développé sur le territoire, on compte 63 établissements et 720 salariés (INSEE 2018).

Sur l'ensemble de ces industries, nous avons estimé en toute première approche les gisements de chaleur fatale sur les compresseurs, les fours, les chaudières et les équipements de séchage.

RECUPERATION DE CHALEUR FATALE DANS L'INDUSTRIE (T > 100°C)	Compresseur	Groupe froid	Chaudière	Four	Séchage
Gisement théorique en MWh/an	250	50	20	5 180	4 670

Source : Axenne

### Estimation de la chaleur fatale des entreprises industrielles les plus émettrices du territoire

Le potentiel de chaleur fatale est modeste, de l'ordre de **10 170 MWh**. **Les chiffres présentés ci-dessus sont approximatifs**. Ils sont issus d'une étude nationale sur les gisements de chaleur fatale menée par AXENNE pour le compte de l'ADEME.

Un ratio de puissance installée par type d'équipement et par employé est estimé. Il s'agit donc d'une approche sur les puissances installées dans les industries en fonction du nombre d'employés.

À partir de ces puissances, la consommation de l'équipement est estimée, de même que le pourcentage de chaleur fatale récupérable. Par exemple, il est en théorie possible de récupérer 20% de la consommation du four sur les fumées.

La chaleur fatale des entreprises industrielles peut être valorisée en interne (besoins de chaleur de l'entreprise) ou en externe (besoins de chaleur d'une autre entreprise, un réseau de chaleur), mais se heurte actuellement à plusieurs contraintes et freins, d'ordre technique, économique ou encore réglementaire, ainsi qu'à un manque d'informations et des réticences de la part des acteurs.

L'ensemble des contraintes présentées ci-dessous ont été identifiées via des entretiens avec des industriels au plan national.

## 8.2.2.2 Contraintes techniques

### LA TEMPERATURE DU FLUIDE

La température du fluide contenant la chaleur fatale varie énormément en fonction des sites de production considérés (aciéries, industries agroalimentaires, etc.). La qualité du fluide (sa température) influe sur la faisabilité et l'intérêt de sa valorisation.

Les contraintes suivantes s'appliquent aux fluides 'basse température' (eaux usées de nettoyage, etc.) :

- La récupération de la chaleur fatale : il est difficile d'obtenir une énergie utilisable à partir d'une source de chaleur basse température. La faible différence de température entre la source et le puits de chaleur entraîne un transfert de chaleur réduit, et nécessite donc une surface d'échangeur accrue.
- Les techniques de valorisation : les techniques permettant d'augmenter significativement la température du fluide chauffé par le vecteur de chaleur fatale sont encore en phase de développement (pompes à chaleur haute température), et présentent donc des coûts d'investissement plus élevés.
- Les techniques permettant de générer de l'électricité à partir de basse température sont également en phase de développement.
- Les débouchés sur site : de nombreuses industries n'ont pas de débouché sur site pour la chaleur basse température.
- Les débouchés extérieurs au site : il est difficile de valoriser la chaleur industrielle basse température auprès des collectivités, pour un usage de type chauffage ou eau chaude sanitaire. Les niveaux de température nécessaires sont élevés, de l'ordre de 70 à 90°C.

A l'inverse, un fluide à très haute température nécessite d'utiliser des matériaux adéquats, tolérant ses propriétés mécaniques et chimiques. Ceux-ci sont coûteux, c'est pourquoi la chaleur fatale est souvent mélangée avec de l'air extérieur pour réduire sa température. Cela réduit de même la qualité de l'énergie disponible pour la récupération.



### LA COMPOSITION CHIMIQUE DU FLUIDE

Une grande part de chaleur fatale est disponible sous la forme de gaz à haute température, pouvant contenir des éléments corrosifs. L'échangeur de chaleur permettant d'en récupérer les calories doit être constitué de matériaux résistants à la corrosion, ce qui implique des coûts d'investissement accrus.

Ces coûts sont dissuasifs dans le cas où le fluide corrosif n'est disponible qu'à basse température.

Il faut en outre faire particulièrement attention à ce qu'aucun échange n'ait lieu entre les gaz de combustion corrosifs et le fluide à réchauffer lors de l'échange thermique, pour éviter toute contamination.

Enfin, ces flux sont susceptibles d'endommager les surfaces des équipements, entraînant des coûts de maintenance accrus.

### L'ACCESSIBILITE DE LA SOURCE DE CHALEUR FATALE

La mise en œuvre d'un équipement pour récupérer la chaleur fatale produite nécessite de l'espace, qui n'est pas toujours disponible dans le cas d'une installation existante.

D'autre part, il est difficile d'accéder et de récupérer la chaleur fatale de sources non 'conventionnelles', telles que la chaleur issue des surfaces chaudes d'équipements.

### LA LOCALISATION DU PROCÉDE / DU SITE DE VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE

Certaines sources de chaleur fatale ne peuvent pas être valorisées directement par le procédé dont elles sont issues. Elles peuvent être valorisées par un autre procédé industriel, voire sur un site extérieur. Il est nécessaire d'évaluer les pertes thermiques résultant du transport du fluide réchauffé par le vecteur de chaleur fatale, ainsi que l'énergie éventuellement consommée pour ce transport, afin de s'assurer que cette valorisation est pertinente (notamment dans le cadre de chaleur basse température).

### LA DISPONIBILITE DE LA CHALEUR FATALE

La disponibilité temporelle de la chaleur fatale est une contrainte technique supplémentaire à sa valorisation:

- Un procédé industriel ne fonctionnant qu'une partie de l'année ne pourra fournir de la chaleur que sur une période définie. Il est nécessaire que le procédé permettant de valoriser cette chaleur ait des besoins concordants dans le temps, ou de mettre en œuvre une technologie de chauffage prenant le relais lorsqu'il n'y a pas de production de chaleur fatale.
- A l'inverse, si la chaleur fatale est produite toute l'année, mais valorisée par un débouché ponctuel, par exemple le chauffage de locaux en hiver, il faudra mettre en œuvre une solution de stockage ou d'élimination de la chaleur fatale le reste du temps.
- La livraison de la chaleur à des collectivités nécessite la passation de contrats de fourniture, sur des durées importantes (de l'ordre de plusieurs années). Or, il peut être difficile pour un industriel de s'engager sur la durée.

#### 8.2.2.3 Contraintes économiques

Outre les contraintes techniques présentées ci-dessus, le manque de rentabilité constitue un frein majeur à la mise en place de solutions de valorisation de la chaleur fatale.

L'ingénierie, l'équipement de récupération de chaleur, mais également les auxiliaires associés (pompes, etc.) représentent un investissement important. Les temps de retour sur investissement sont jugés trop longs par les industriels. Certaines installations mises en place dans les années 1980 ne sont pas renouvelées aujourd'hui, à cause de temps de retours dégradés. Dans le contexte actuel, un TRI supérieur à 2-3 ans ne serait pas accepté.

Le manque de rentabilité est d'autant plus grand en cas de valorisation de chaleur de 'faible' qualité (basse température).

Les marges des PME sont souvent faibles. En conséquence, les ressources humaines et financières sont concentrées sur les principales activités de production. Les employés n'ont pas de temps dédié aux formations. Les dépenses énergétiques représentent une faible part des dépenses globales, et les investissements dédiés à l'activité principale de l'industrie sont prioritaires par rapport aux investissements d'efficacité énergétique. De plus, les coûts d'investissement représentent un défi pour les petites installations. Il faudrait dépasser l'approche purement économique pour intégrer l'approche environnementale (diminution des émissions de gaz à effet de serre).

#### 8.2.2.4 Manque d'informations et réticences

Il semblerait que les industriels soient confrontés à un manque de connaissances :

- sur les gisements de chaleur fatale et leurs valorisations possibles

Il semblerait que les industriels ne possèdent pas suffisamment de connaissances sur les gisements de chaleur fatale issue de leurs procédés. Un audit énergétique détaillé permettant de pallier ce manque de connaissances est jugé trop coûteux.

Lorsque les gisements sont connus, les techniques permettant de valoriser cette chaleur ne sont pas appréhendées.

Il faudrait renforcer la communication sur la récupération de chaleur ainsi que les échanges entre les équipementiers proposant des solutions de valorisation et les industriels. Il faut s'assurer en parallèle que suffisamment de bureaux d'études indépendants soient à même d'apporter une expertise sur le sujet.

- sur les aides et mécanismes de soutiens existants

Les petites structures auraient besoin d'accompagnement dans leurs démarches d'innovation et de constitution de dossiers de demande d'aide.

Il semblerait qu'il manque aujourd'hui un mécanisme de financement entre la phase de recherche et le passage à l'échelle industrielle.

Du fait du manque de connaissance du gisement d'économies d'énergie, le budget et le temps alloué à l'optimisation énergétique des procédés sont souvent limités.

Les industriels seraient également réticents à mettre en œuvre des solutions de récupération et valorisation de la chaleur fatale par manque de retours d'expérience chiffrés. Ils seraient sceptiques face à la faisabilité et la rentabilité de ces solutions.

De plus, toute modification liée au procédé de fabrication implique de fortes contraintes : nécessité de faire recertifier le procédé pour répondre aux exigences des clients, de stopper la production pendant l'installation de nouveau matériel, inquiétudes quant à l'impact sur la qualité du produit, etc. En conséquence, les industriels préfèrent en général récupérer la chaleur fatale générée par les utilités produisant de l'air comprimé, de l'électricité, etc. plutôt que celle générée par les procédés.

Enfin, les échanges entre les industriels et les collectivités sur la valorisation de chaleur fatale seraient compliqués par un manque d'interactions au quotidien.







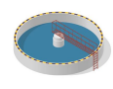


#### 8.2.2.5 Contraintes contractuelles et réglementaires

Dès lors que les flux sont valorisés en dehors de l'industrie, il est nécessaire de définir un certain nombre d'éléments : qui finance les équipements mettant en relation deux sites industriels de propriétaires différents ? Qui est propriétaire de ces équipements ? Qui en assure les risques et les responsabilités ?

Ces aspects doivent être définis de manière contractuelle. Le manque de dialogue et de coopération entre les industriels ainsi que les difficultés à contractualiser et à répartir les responsabilités représentent des freins à une valorisation externe de la chaleur fatale.

### 8.2.3 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

Le tableau suivant présente les gisements théoriques d'installations de récupération de chaleur par typologie de bâtiment.

INSTALLATIONS DE RECUPERATION DE CHALEUR (EAUX USEES/AIR VICIE/PROCEDES INDUSTRIELS)		 Maison Chauffe-eau thermodynamique récup. air vicié	 Maison récup. eaux usées système statique	 récup. eaux usées logements (ECS)	 récup. eaux usées tertiaire (ECS)	 récup. sur les collecteurs	 récup. sur les stations d'épuration	 Centrale nucléaire	 Récupération de chaleur fatale dans l'industrie	TOTAL hors eau de refroidissement de la centrale nucléaire
		<b>dans l'existant</b>	nombre :	10 865	14 487	3	37	0	1	
	MWh/an :	<b>9 108</b>	<b>7 243</b>	<b>24</b>	<b>801</b>	<b>0</b>	<b>699</b>	<b>47 000 000</b>	<b>10 170</b>	<b>28 045 MWh/an</b>
<b>sur le neuf par an</b>	nombre :	137	137	3	1					278
	MWh/an :	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>11</b>	<b>9</b>					<b>156 MWh/an</b>

\* Il s'agit de la quantité de chaleur renouvelable et non de la quantité de chaleur produite au total

Sources : Axceléo

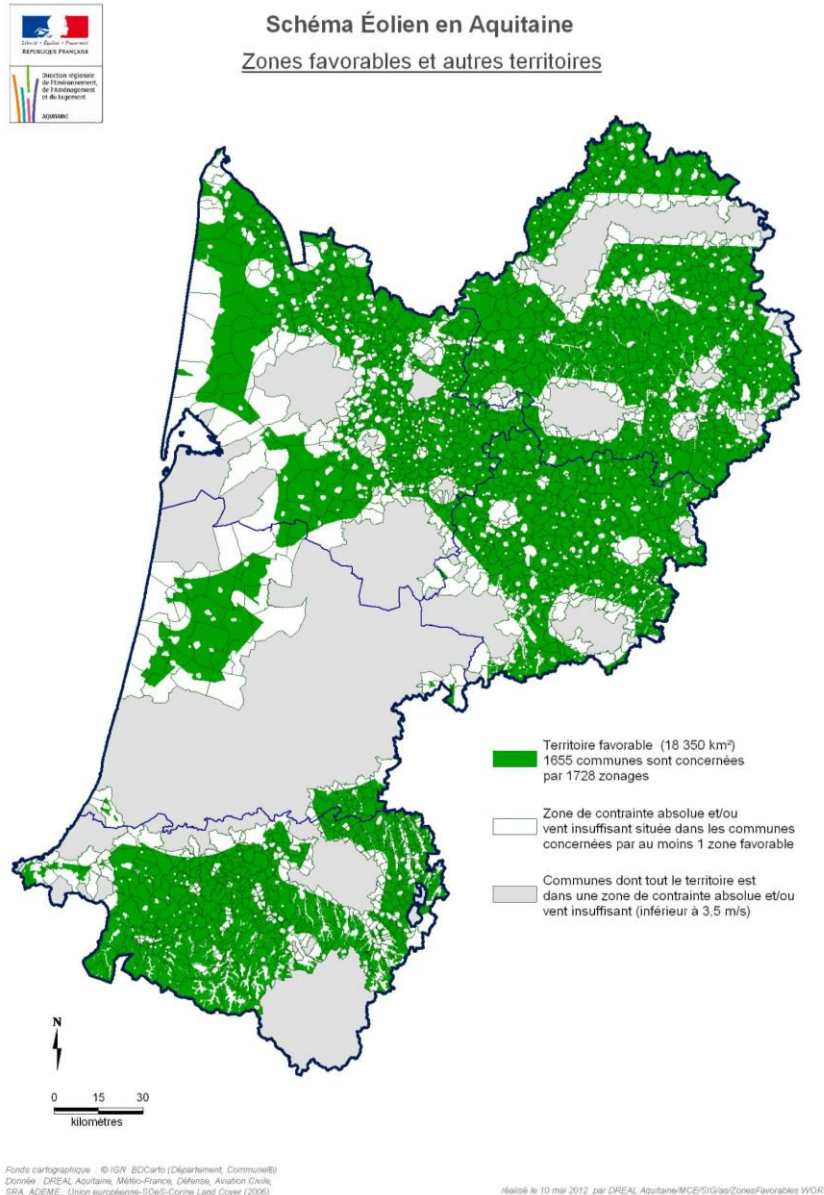
On ne tiendra pas compte de la chaleur fatale de la centrale nucléaire, le chiffre étant beaucoup trop important au regard d'une valorisation qui semble peu probable.

## 9 FILIERE EOLIEN

### 9.1 GISEMENTS BRUTS

#### 9.1.1 LE GRAND EOLIEN

La carte suivante présente les conclusions du Schéma Régional Éolien de 2012 de l'ancienne région Aquitaine, les parties en vert étant les zones à priori favorable :

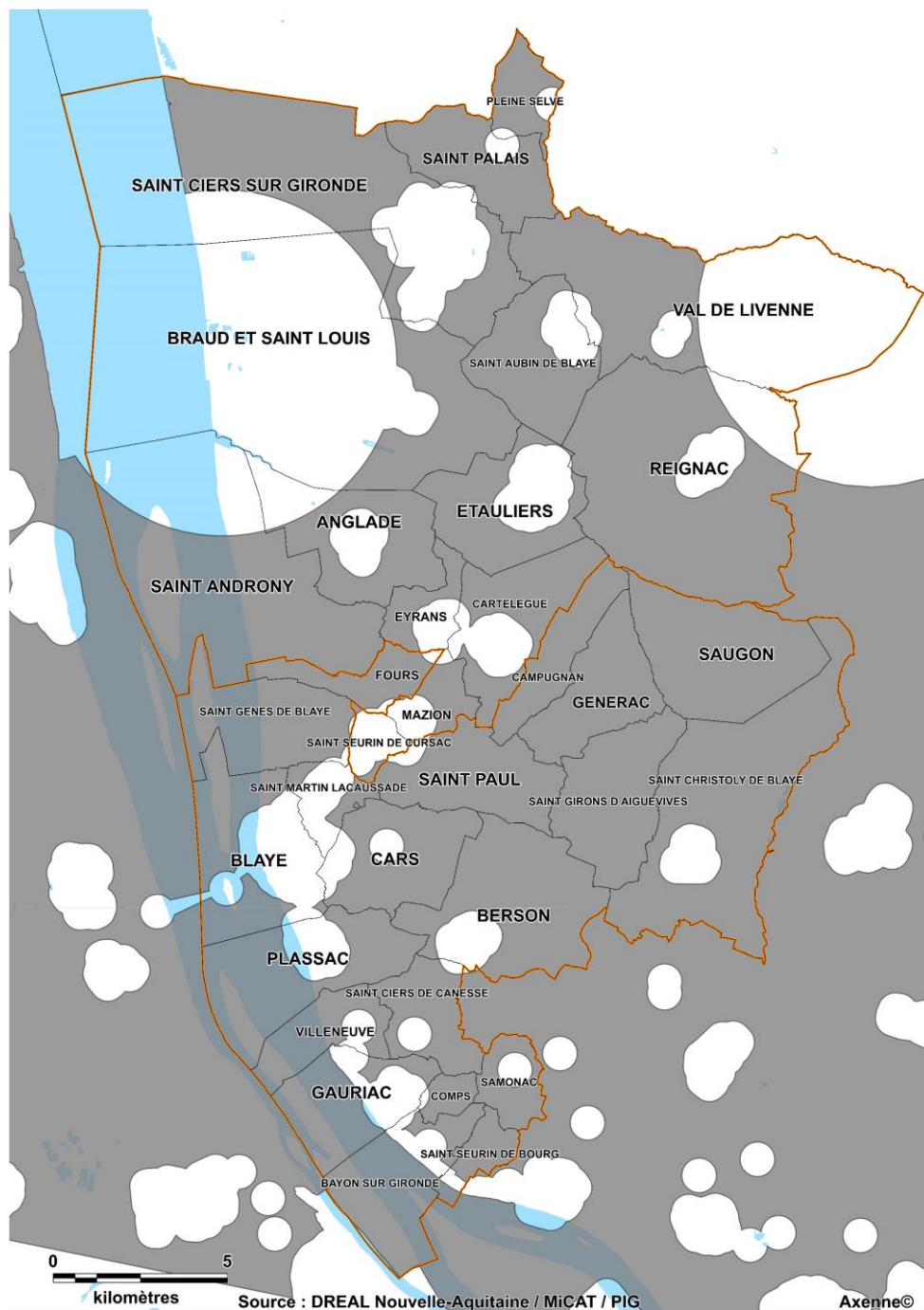


#### **Cartographie des zones favorables au développement de l'énergie éolienne sur le territoire de l'ancienne région Aquitaine**

Les différentes contraintes superposées ici sont :

- Les enjeux techniques radars Météo-France
- Les enjeux techniques Aviation Civile
- Les enjeux techniques zones militaires
- Les enjeux biodiversités (RNN, PNP, APPB)
- Les enjeux liés à l'urbanisation (rayon de 500 mètres, Corine Land Cover)
- Les enjeux de type Paysage – Patrimoine
- Les zones présentant un vent inférieur à 3,5 m/s

En effectuant un zoom sur le territoire du SCoT, de nombreuses zones sont favorables à l'installation d'un parc éolien. Il faut noter que le périmètre de 500m autour des habitations n'a pas été pris en compte dans cette analyse.



*Cartographie des zones favorables (en gris sur la carte) au développement de l'énergie éolienne sur le territoire du SCoT*

### 9.1.2 LE PETIT EOLIEN

Le petit éolien regroupe les machines de puissance inférieure à 36 kW et de diamètre de rotor généralement inférieur à 15 mètres.

Les **machines à axe horizontal** sont similaires aux éoliennes classiques quant à leur principe de fonctionnement. Les pales mises en rotation par l'énergie cinétique du vent entraînent un arbre raccordé à une génératrice qui transforme l'énergie mécanique créée en énergie électrique.

Les **machines à axe vertical** ont été conçues pour répondre au mieux aux contraintes engendrées par les turbulences du milieu urbain. Grâce à ce design, elles peuvent fonctionner avec des vents provenant de toutes les directions et sont moins soumises à ces perturbations que les éoliennes à axe horizontal. Elles sont relativement silencieuses et peuvent facilement s'intégrer au design des bâtiments ou équipements publics (éclairage public). Leur faiblesse réside principalement dans la faible maturité du marché qui engendre des coûts d'investissement relativement importants. En raison de leur petite taille, l'énergie produite est faible.



*Eolienne à axe horizontal Eolys de 12 kW (source : SEPEN)*



*Eolienne à axe vertical Darrieus H de 6 kW*

L'ADEME indique dans son avis d'avril 2016 que « dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain. Outre le fait que les éoliennes accrochées au pignon d'une habitation peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment, le vent est, en milieu urbain et périurbain, en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable.

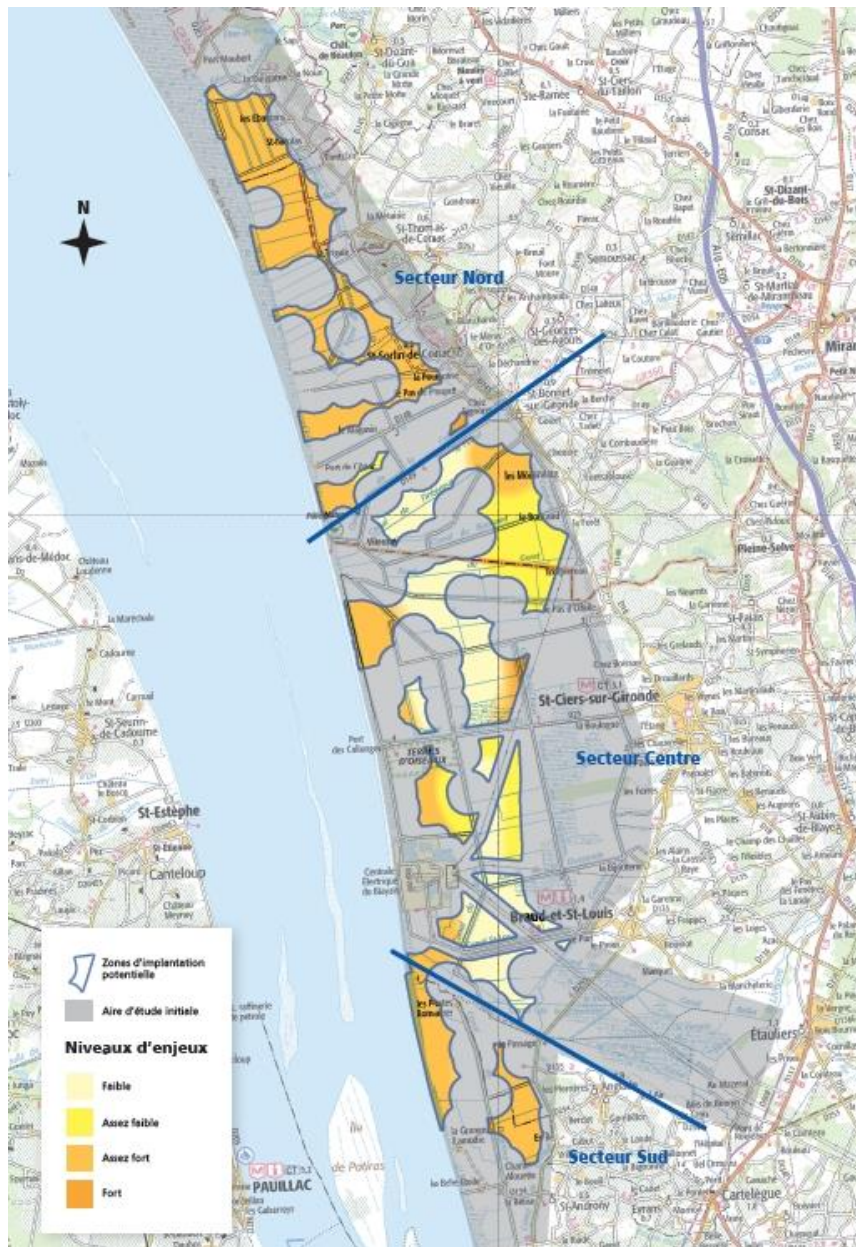
Toutefois, même si le potentiel énergétique global reste limité, le **petit éolien peut répondre à une demande dans le milieu rural** ou en zones non connectées au réseau, **en particulier en autoconsommation dans les exploitations agricoles**. La ressource en vent y est souvent accessible. En outre, les machines utilisées dans ce cas offrent souvent de meilleures performances techniques et économiques que celles destinées au marché des particuliers. Ainsi, une éolienne de 10 kW avec un facteur de charge de 17 % a une production du même ordre de grandeur que les consommations des exploitations agricoles. En autoconsommation, la production éolienne peut se coupler à des systèmes à inertie présents sur l'exploitation agricole (inertie thermique liée à un système de production de froid ou de chaleur, méthaniseur) qui amortissent la variabilité de la production éolienne. Enfin, pour un agriculteur, la production éolienne permet de couvrir un risque, en stabilisant une partie de sa facture d'énergie. »

## 9.2 GISEMENTS THEORIQUES

### 9.2.1 LE GRAND EOLIEN

Le Schéma Régional Eolien a pris en compte de nombreuses contraintes afin de déterminer des zones favorables au développement du grand éolien : espaces naturels et faunes (réserves naturelles, réserves biologiques ONF, APPB, enjeux avifaunistiques et chiroptérologiques), contraintes techniques et physiques (servitudes liées à l'aviation civile et militaire, ainsi qu'aux radars), paysage et patrimoine (sites classés, sites Unesco, etc.).

Un projet est en cours de réflexion sur le territoire porté par EDF Energie Nouvelle. Ce projet consisterait en l'installation de 30 à 40 éoliennes sur les zones présentées sur la carte ci-dessous. Nous avons conservé une hypothèse de 24 éoliennes sur la CC de l'Estuaire.



**Cartographie du zonage pour l'implantation d'un parc éolien sur le territoire du SCoT**

Ce projet rencontre une vive opposition locale non seulement de la part des citoyens, mais également des élus.

## 9.2.2 LE PETIT EOLIEN

### 9.2.2.1 Réglementation

Si la hauteur du mât ne dépasse pas 12 m (sans les pales) alors il n'est pas nécessaire de déposer un permis de construire, il n'y a donc pas non plus d'enquête publique et il n'y a strictement aucune modalité d'évaluation de l'impact sur l'environnement.

Il est toutefois nécessaire de respecter la réglementation en vigueur, même si aucune autorisation n'est nécessaire. Cette remarque prévaut en particulier pour le respect de la réglementation contre le bruit de voisinage.

Un permis de construire est obligatoire dès lors que la hauteur du mât dépasse 12 m. Une évaluation environnementale doit alors être réalisée. D'autre part, les installations sont alors soumises à déclaration au titre de la législation des ICPE (tant que la hauteur du mât reste inférieure à 50 m).

Malgré ces démarches réglementaires, l'ADEME recommande une hauteur supérieure à 12 m :

- « Pour éviter une demande de permis de construire, beaucoup d'installations font donc moins de 12 m de hauteur, ce qui est inefficace du point de vue de la production électrique et donc de la viabilité économique. » (Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015)
- [A moins de 12 m], l'éolienne sera encore largement tributaire des effets de turbulence liés à la rugosité du sol. Il faut aller chercher le vent là où il est le plus fort et le plus régulier, c'est-à-dire le plus haut possible. De plus, le surcoût d'un mât de quelques mètres supplémentaires est souvent faible par rapport à l'investissement total. Il est donc conseillé pour la plupart des projets de faire la demande d'un permis de construire afin d'obtenir l'autorisation d'installer la machine à 18, 24 ou 30 m (hauteurs standards de mâts). La demande de permis n'est pas très lourde au regard de l'investissement, seule la notice d'impact demande un peu de travail. Bien souvent les installateurs peuvent aider [le maître d'ouvrage] dans cette démarche. (« Le petit éolien en région Rhône-Alpes », RAEE)

### 9.2.2.2 Contraintes et étude de vent

Une étude de vent est indispensable dans la mesure où, « à moins de 20 mètres de hauteur, la rugosité du sol liée au type de végétation ou d'habitat constitue une couche limite dans laquelle la vitesse des vents peut diminuer de façon rapide et non linéaire à mesure qu'on s'approche du sol. Ces caractéristiques dépendent fortement de chaque site, ce qui justifie une étude de vent.

[...] L'efficacité de l'éolien dépend en premier lieu de la qualité du vent : vitesse, stabilité en direction, absence de turbulences. Une étude de vent est donc indispensable pour d'une part, dimensionner la machine et la hauteur de mât pertinente et d'autre part, évaluer l'intérêt économique.

Le coût de l'étude de vent dépend in fine de la précision et de l'intervalle de confiance demandés sur le productible prévisionnel. » (Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015).

### 9.2.2.3 Synthèse

On peut donc noter que l'évaluation du potentiel énergétique est particulièrement difficile à l'heure actuelle et doit être réalisée au cas par cas.

Enfin, les recommandations de l'ADEME sur le petit éolien sont les suivantes<sup>5</sup> :

- le soutien à la rénovation thermique et à la maîtrise de la consommation semble plus pertinent à privilégier en zones urbaines et péri-urbaines par rapport au petit éolien,
- on bénéficie d'importantes économies d'échelle sur la gamme 10-50 kW,
- même pour des petites machines de quelques kW, une hauteur minimale (~12 m) est nécessaire pour assurer le facteur de charge, ce qui nécessite un permis de construire et une déclaration au titre des ICPE.

Typologie	Constat	Recommandations ADEME
Eoliennes rattachées au pignon des habitations	Peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment	Déconseiller systématiquement

<sup>5</sup> Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015






Typologie	Constat	Recommandations ADEME
Eoliennes en milieu urbain ou périurbain	Le vent est en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable. Risque élevé de modification du paysage urbain, impactant la ressource en vent.	Déconseiller les installations
Eolienne en zone rurale (connectée ou non au réseau électrique)	La ressource est plus facilement accessible. Les éoliennes à installer en milieu rural sont globalement plus homogènes, techniquement plus matures. Un soutien au déploiement sur ce secteur permettrait de suivre une courbe d'apprentissage plus rapide que pour des plus petites machines.	Secteur cible pour les petites et moyennes éoliennes. Etudes de faisabilité ou opération exemplaire pour un bouquet de travaux EnR- efficacité énergétique.

*Catégorisation du petit éolien par secteur d'application et recommandations correspondantes (ADEME)*

### 9.2.3 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

- Grand éolien : un seul projet est actuellement en réflexion d'une puissance maximale de 60 MW.
- Petit éolien : en première approche, on considère un gisement théorique une petite éolienne par commune.

INSTALLATION EOLIENNE				TOTAL
	Eolienne	Petit éolien		
<b>potentiel global</b>	Nb de machines	24	34	58
	Puissance (MW)	60	1	61
	Production (MWh/an)	<b>141 000</b>	<b>1 275</b>	<b>142 275</b>

## 10 FILIERE HYDROELECTRICITE

### 10.1 PETITE HYDROELECTRICITE SUR LES COURS D'EAU

Nous avons recensé 11 anciens seuils, moulins ou usine hydraulique qui devaient fonctionner dans le passé. Des projets modestes pourraient éventuellement émerger sur le territoire avec des puissances de l'ordre de quelques kilowatts.

Un appel à manifestation d'intérêt a été lancé par l'Institution Adour pour la « valorisation d'énergies renouvelables sur plans d'eau artificiels de soutien d'étiage » visant le développement de projets photovoltaïques flottants ainsi que la petite hydroélectricité.

Toutefois, compte tenu des contraintes, nous verrons qu'il n'est pas envisageable d'équiper ces sites au regard de leur situation géographique.

### 10.2 LES CONTRAINTES AU DEVELOPPEMENT DE L'HYDROELECTRICITE

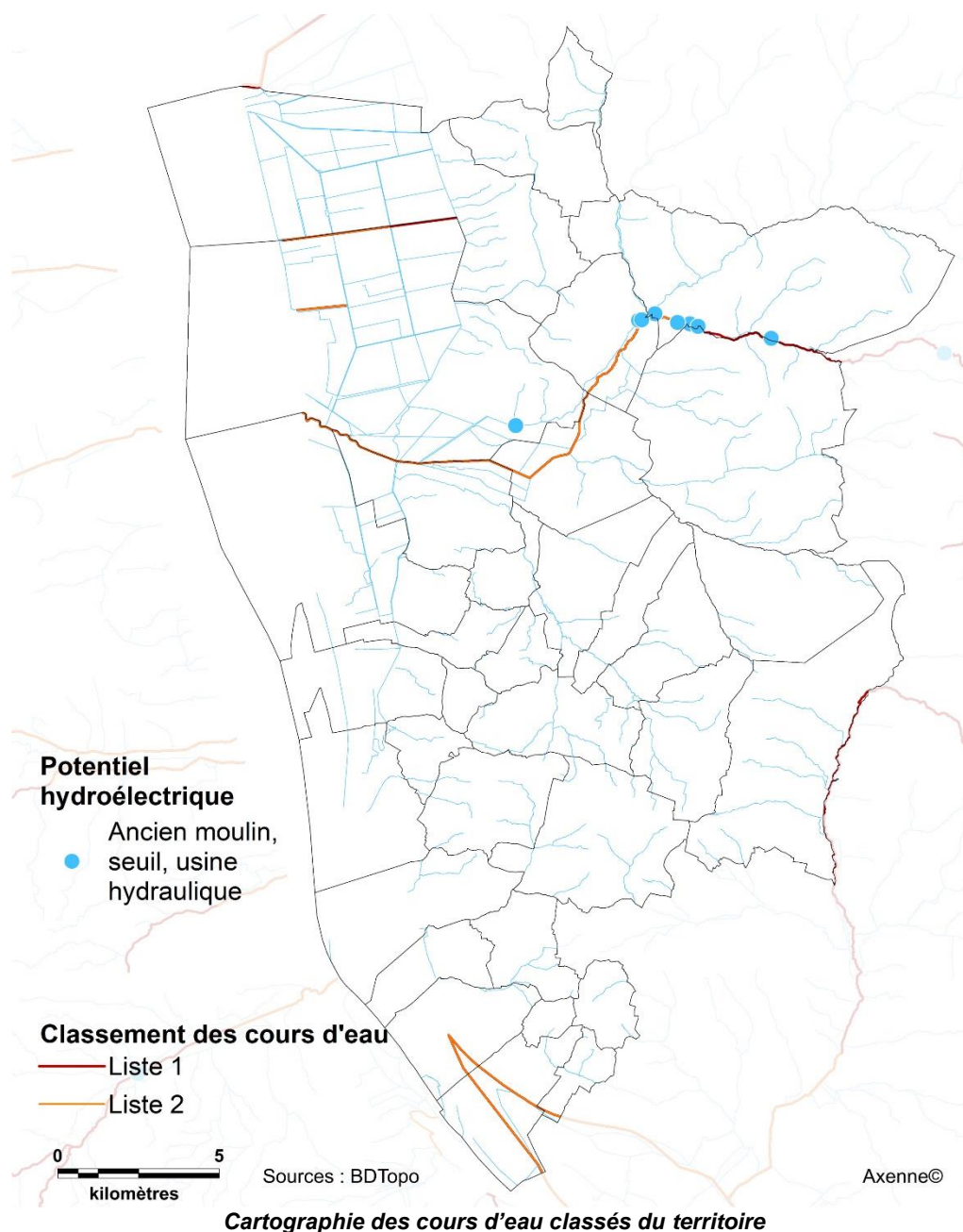
Les contraintes sont nombreuses (environnement, continuité écologique des cours d'eau, classement des cours d'eau, etc.).

La nouvelle réglementation issue de la loi sur l'eau du 31 décembre 2006 introduit deux nouveaux types de classement qui se substituent aux "cours d'eau réservés" et aux "cours d'eau classés à migrateurs" ; désormais les cours d'eau sont non classés, classés en liste 1 ou classés en liste 2 :

**Sur un cours d'eau classé en liste 1°**, de l'article L214-17-I du code de l'environnement, « aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique », ce qui ne signifie pas pour autant que l'hydroélectricité est exclue, il existe aujourd'hui des turbines ichtyophiles (respectueuses de la libre circulation des poissons). Sur ces mêmes cours d'eau, les aménagements hydroélectriques existants devront prévoir la mise en place de dispositifs permettant d'assurer la continuité écologique (libre circulation des espèces biologiques, le transport naturel des sédiments, etc.).

**Les cours d'eau qui relèvent de la liste 2°**, de l'article L214-17-I du code de l'environnement, peuvent être équipés d'aménagements hydroélectriques "traditionnels" pourvu que l'ouvrage soit « géré, entretenu et équipé » afin « d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs ».

La carte suivante présente l'ensemble des cours d'eau et le classement en liste 1 ou 2. Il se trouve que la quasi-totalité des cours d'eau est classée en liste 1, interdisant de fait tout nouvel aménagement.



Finalement un seul projet pourrait voir le jour, mais pour une puissance très modeste.

## 10.3 HYDROLIENNES

Extrait du rapport "Etude régionale des potentiels en énergies marines – Synthèse" – Groupement d'intérêt public Littoral Aquitain année 2012

Plusieurs projets en cours en Aquitaine montrent la dynamique naissante autour des énergies marines dans notre région.

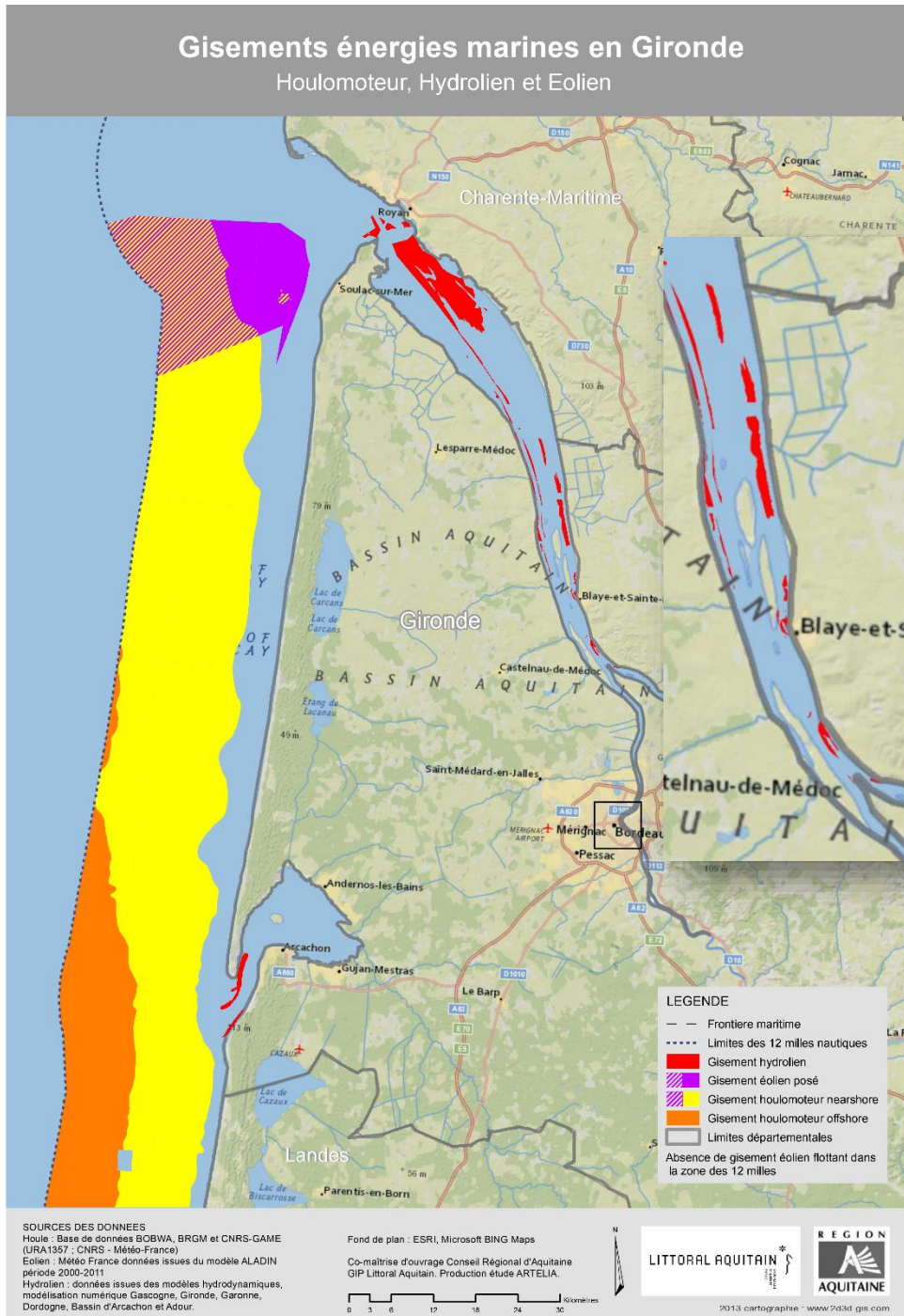
*Projet SEENEOH à Bordeaux : Hydrolien*

Le projet SEENEOH (Site Expérimental Estuarien National pour l'Essai et l'Optimisation Hydrolienne) est porté par la société Energie de la Lune. L'objectif du projet est de mettre en place un site d'essais permettant aux développeurs ou expérimentateurs de tester leur matériel avant une utilisation à plus grande échelle. Le site permettra de tester simultanément trois hydroliennes au niveau du pont de Pierre et devrait être opérationnel fin 2012.

Deux hydroliennes seront immergées au niveau de l'axe des arches 4-5 et 5-6 du pont de Pierre (points verts sur la figure ci contre) et une hydrolienne flottante au niveau de la partie nord de la zone (point rouge).

Les données de synthèse du projet sont les suivantes :




- puissance totale : 250 kW ;
- trois raccordements disponibles : 2 de 100 kW pour les 2 plateformes instrumentées (technologies immergées), et une de 50 kW pour technologies flottantes ;
- vitesse de courant max : 3,5 m/s ;
- bathymétrie : -9 mètres ;
- taille maximum hydrolienne immergée : 5 mètres de diamètre ;
- poids maximal immergé : 6 tonnes.



Sur la totalité de l'estuaire, le potentiel est estimé à 100MW

## 10.4 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES





Le tableau suivant présente la synthèse des gisements théoriques pour la filière hydroélectricité.

INSTALLATION HYDROELECTRIQUES		 Petites hydroélectricité	 Hydrolienne	TOTAL
<b>potentiel global</b>	Nombre puissance (kW) : MWh/an :	1 20 <b>64</b>	15 1 125 <b>4 500</b>	1 145 <b>4 564 MWh/an</b>

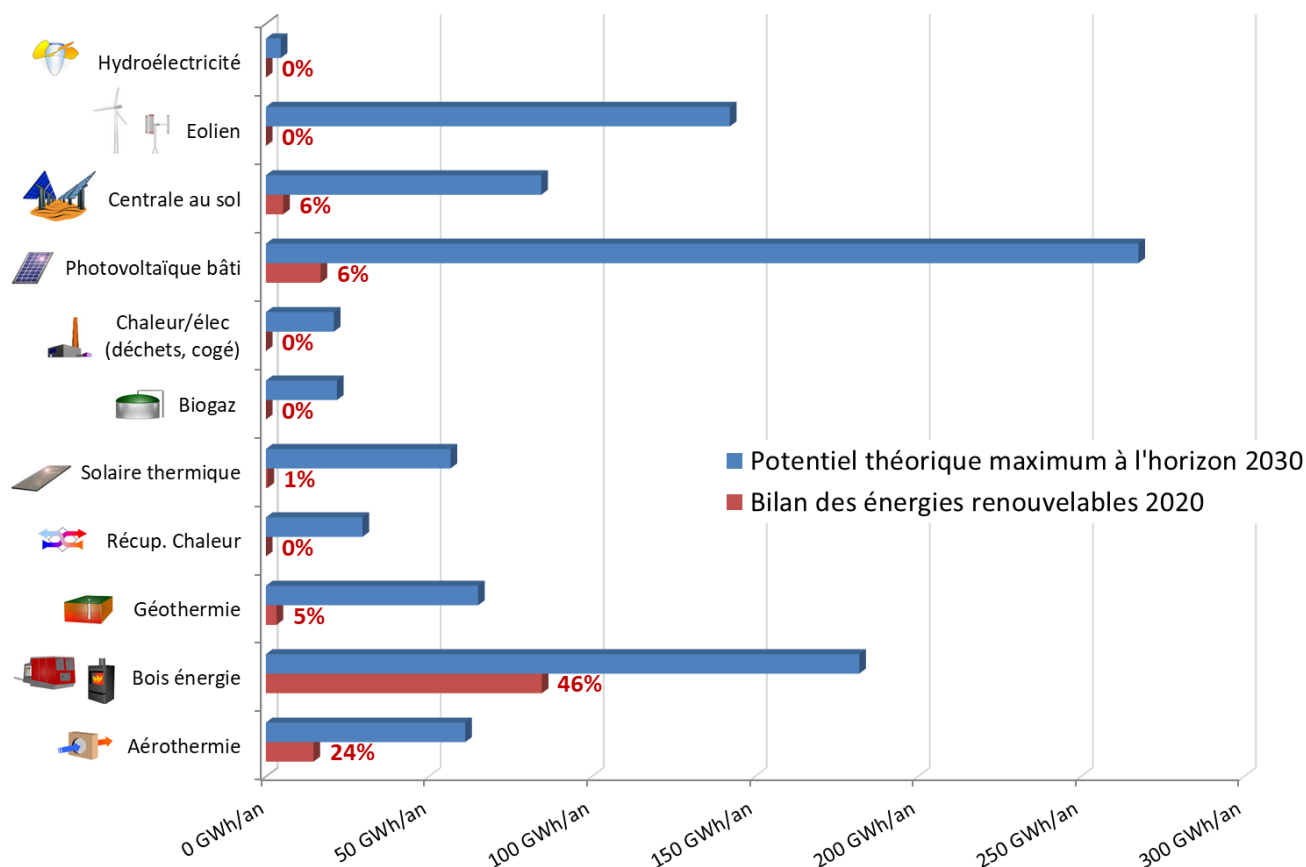
## 11 SYNTHÈSE DES GISEMENTS THÉORIQUES

Le tableau suivant présente une synthèse des gisements théoriques par système énergétique. Les premières colonnes du tableau représentent ce qu'il est possible de réaliser sur le parc existant, ou les projets que l'on ne réalisera qu'une seule fois. Les trois dernières colonnes présentent les installations d'énergies renouvelables qu'il est possible de réaliser chaque année sur le parc neuf. Les filières innovantes sont indiquées en rouge.

Bilan des gisements d'énergies renouvelables	Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant ou réalisé une seule fois (inst. décentralisées) (MWh/an)	Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)
<b>Solaire thermique</b>						
CESI (chauffe-eau solaire individuel)	10 315	22 480 m <sup>2</sup>	10 341 MWh/an	134	171 m <sup>2</sup>	79 MWh/an
SSC (système solaire combiné)	7 538	119 388 m <sup>2</sup>	41 786 MWh/an			
CESC sur les logements privés	99	1 321 m <sup>2</sup>	660 MWh/an	2	11 m <sup>2</sup>	6 MWh/an
CESC sur les logements HLM	15	199 m <sup>2</sup>	99 MWh/an			
CESC hors habitat	118	3 197 m <sup>2</sup>	1 599 MWh/an	1	14 m <sup>2</sup>	7 MWh/an
Agricole (ECS et séchage)	31	249 m <sup>2</sup>	125 MWh/an	0	0 m <sup>2</sup>	0 MWh/an
<i>Clim. Solaire individuelle</i>						
<i>Clim. Solaire (tertiaire)</i>						
Haute T° (industrie)	7	440 m <sup>2</sup>	308 MWh/an	1	39 m <sup>2</sup>	27 MWh/an
Chauffage de l'eau des piscines	1	125 m <sup>2</sup>	38 MWh/an			
Réseau de chaleur solaire thermique	0	0 m <sup>2</sup>	0 MWh/an			
<b>Sous-total solaire thermique :</b>	<b>18 124</b>	<b>147 399 m<sup>2</sup></b>	<b>54 955 MWh/an</b>	<b>137</b>	<b>235 m<sup>2</sup></b>	<b>119 MWh/an</b>
<b>Bois énergie - Chaudières automatiques</b>						
Maison - chaudière automatique	7 728	26 201 kW	64 849 MWh/an			
Chaudière collective (immeubles logts)	86	1 118 kW	2 767 MWh/an	4	17 kW	43 MWh/an
Chaudières collectives (tertiaire)	47	688 kW	1 652 MWh/an	2	40 kW	74 MWh/an
Chaudières dans l'industrie	19	9 500 kW	38 000 MWh/an			
Chaudière secteur agricole	42	519 kW	1 284 MWh/an	0	0 kW	0 MWh/an
Réseaux de chaleur	20	2 550 kW	10 200 MWh/an			
<i>Micro-cogénération bois (tertiaire)</i>	<i>47</i>	<i>688 kW</i>	<i>1 652 MWh/an</i>	<i>2</i>	<i>40 kW</i>	<i>74 MWh/an</i>
<i>Micro-cogénération bois (individuelle)</i>	<i>7 728</i>	<i>23 079 kW</i>	<i>57 120 MWh/an</i>	<i>137</i>	<i>377 kW</i>	<i>420 MWh/an</i>
<b>Sous-total bois énergie (hors cogénération) :</b>	<b>215</b>	<b>14 375 kW</b>	<b>53 903 MWh/an</b>	<b>5</b>	<b>57 kW</b>	<b>117 MWh/an</b>
<b>Inserts et Poêles performants</b>						
Poêles et inserts renouvellement	5 805	25 477 kW	63 057 MWh/an	137	377 kW	420 MWh/an
Poêles et inserts nouveaux équipements	6 077	18 148 kW	44 917 MWh/an			
<i>Poêles bouilleurs (ECS + chauffage)</i>	<i>7 728</i>	<i>26 201 kW</i>	<i>64 849 MWh/an</i>			
<b>Sous-total chauffage au bois (hors poêles bouilleurs) :</b>	<b>11 882</b>	<b>43 626 kW</b>	<b>107 974 MWh/an</b>	<b>137</b>	<b>377 kW</b>	<b>420 MWh/an</b>
<b>Géothermie - PAC</b>						
Maison géothermie verticale	7 411	12 448 kW	41 080 MWh/an	137	95 kW	315 MWh/an
Immeubles collectifs (nappe ou sondes)	120	105 kW	2 571 MWh/an	4	10 kW	32 MWh/an
Immeubles tertiaires (nappe ou sondes)	56	849 kW	2 535 MWh/an	3	35 kW	112 MWh/an
Immeubles industriels	23	539 kW	8 625 MWh/an			
Réseau de chaleur géothermique	8	150 kW	2 400 MWh/an			
<b>Sous-total géothermie PAC :</b>	<b>7 632</b>	<b>14 091 kW</b>	<b>57 211 MWh/an</b>	<b>144</b>	<b>141 kW</b>	<b>459 MWh/an</b>
<b>Géothermie basse et haute T°</b>						
Géothermie profonde, prod. chaleur	0		0 MWh/an			
<b>Sous-total géothermie basse et haute T° :</b>	<b>0</b>		<b>0 MWh/an</b>	<b>0</b>	<b>0 kW</b>	<b>0 MWh/an</b>
<b>Aérothermie - PAC</b>						
Maison aérothermie (air/eau)	9 798	7 473 kW	36 991 MWh/an	137	42 kW	210 MWh/an
Immeuble aérothermie (air/air)	172	559 kW	2 767 MWh/an	4	4 kW	22 MWh/an
Bâtiments tertiaires	113	750 kW	3 711 MWh/an	11	15 kW	74 MWh/an
<b>Sous-total aérothermie PAC :</b>	<b>10 082</b>	<b>8 782 kW</b>	<b>43 470 MWh/an</b>	<b>152</b>	<b>62 kW</b>	<b>306 MWh/an</b>
<b>Récupération de chaleur fatale</b>						
Maisons (chauffe-eau thermodynamique)	10 865	7 605 kW	9 108 MWh/an	137	96 kW	67 MWh/an
Maisons (ECS - eaux usées)	14 487		7 243 MWh/an	137		68 MWh/an
Immeubles collectifs (ECS - eaux usées)	3	7 kW	24 MWh/an	3	3 kW	11 MWh/an
Immeubles tertiaires (ECS - eaux usées)	37	243 kW	801 MWh/an	1	3 kW	9 MWh/an
Collecteurs & Stations d'épuration	1	212 kW	699 MWh/an			
Chaleur fatale industrie	34	3 082 kW	10 170 MWh/an			
Centrale nucléaire	1	14 242 424 kW	47 000 000 MWh/an			
<b>Sous-total récup. chaleur :</b>	<b>25 427</b>		<b>28 045 MWh/an</b>	<b>278</b>		<b>156 MWh/an</b>
<b>Biogaz chaleur</b>						
Projet à la ferme			3 507 MWh/an			
Injection de biogaz dans le réseau	1	1 800 kW	15 320 MWh/an			
<b>Sous-total biogaz :</b>	<b>1</b>		<b>18 827 MWh/an</b>	<b>0</b>	<b>0 kW</b>	<b>0 MWh/an</b>
<b>Valorisation des déchets/biomasse en chaleur</b>						
Unité de valorisation des déchets	0	0 kW	0 MWh/an			
Unité de valorisation de la biomasse						
<b>Sous-total incinération :</b>			<b>0 MWh/an</b>	<b>0</b>	<b>0 kW</b>	<b>0 MWh/an</b>

	Bilan des gisements d'énergies renouvelables			Gisement identifié sur le neuf (nb d'inst./an)	Gisement identifié sur le neuf chaque année	Gisement identifié sur le neuf chaque année (MWh/an)	
	Gisement identifié sur l'existant (nb d'inst.)	Gisement identifié sur l'existant	Gisement identifié sur l'existant ou réalisé une seule fois (inst. décentralisées) (MWh/an)				
<b>Production d'électricité</b>	<b>Photovoltaïque</b>						
	Maison individuelle 	10 315	30 945 kW	37 494 MWh/an	134	401 kW	486 MWh/an
	Immeubles de logements	32	1 281 kW	1 552 MWh/an	2	35 kW	43 MWh/an
	Bâtiments tertiaires	1 828	73 122 kW	88 597 MWh/an	1	23 kW	28 MWh/an
	Equipements sportifs, culture, loisirs	11	1 077 kW	1 305 MWh/an	0,1	7 kW	8 MWh/an
	Grandes toitures (industrielles, stockage)	56	22 563 kW	25 535 MWh/an	1	216 kW	253 MWh/an
	Bâtiments agricoles	221	18 965 kW	22 978 MWh/an	7	2 603 kW	#####
	Ombrières de parking	119	29 671 kW	33 579 MWh/an			
	Centrales photovoltaïques	6	64 600 kW	79 131 MWh/an			
	<b>Sous-total photovoltaïque :</b>	<b>12 589</b>	<b>242 222 kW</b>	<b>290 171 MWh/an</b>	<b>144</b>	<b>3 286 kW</b>	<b>#####</b>
	<b>Hydroélectricité</b>						
	Petites hydroélectricité 	1	20 kW	64 MWh/an			
	Nouveaux sites	0	0 kW	0 MWh/an			
	Otpimisation, suréquipement	0	0 kW	0 MWh/an			
	Turbinage eau potable	0	0 kW	0 MWh/an			
Turbinage eaux usées	0	0 kW	0 MWh/an				
Hydroliennes	15	1 125 kW	4 500 MWh/an				
<b>Sous-total hydroélectricité :</b>	<b>16</b>	<b>1 145 kW</b>	<b>4 564 MWh/an</b>	<b>0</b>	<b>0 kW</b>	<b>0 MWh/an</b>	
<b>Eolien</b>							
Parc éolien (nb de machines) 	24	60 000 kW	141 000 MWh/an				
Petites éoliennes	34	850 kW	1 275 MWh/an				
<b>Sous-total éolien :</b>	<b>58</b>	<b>60 850 kW</b>	<b>142 275 MWh/an</b>	<b>0</b>	<b>0 kW</b>	<b>0 MWh/an</b>	
<b>Biogaz électricité</b>							
Projet à la ferme			2 949 MWh/an				
Injection de biogaz dans le réseau							
<b>Sous-total biogaz :</b>		<b>0 kW</b>	<b>2 949 MWh/an</b>	<b>0</b>	<b>0 kW</b>	<b>0 MWh/an</b>	
<b>Valorisation de déchets &amp; de la biomasse en électricité</b>							
Unité de valorisation des déchets 	0	0 kW	0 MWh/an				
Unité de valorisation de la biomasse		0 kW					
Micro-cogénération bois tertiaire	47	115 kW	275 MWh/an	2	7 kW	12 MWh/an	
Micro-cogénération bois individuelle	7 728	7 693 kW	19 040 MWh/an	137	126 kW	140 MWh/an	
<b>Sous-total incinération et micro-cogénération :</b>		<b>7 808 kW</b>	<b>19 315 MWh/an</b>	<b>139</b>	<b>132 kW</b>	<b>152 MWh/an</b>	

Le graphique suivant met en évidence les gisements théoriques identifiés à 2030 par filière, ainsi que leur exploitation à fin 2020 (barre rouge).



**Gisements théoriques par filière à 2030 et production à fin 2020 par énergie renouvelable**

### Les filières thermiques :

Le graphique met également en évidence des gisements très importants qui sont actuellement inexploités sur le solaire thermique et la géothermie. Pour cette dernière c'est malheureusement l'aérothermie (pompe à chaleur air/air et air/eau) qui est plutôt privilégiée par les maîtres d'ouvrage tandis qu'elle est moins performante et suppose l'installation de module extérieur bruyant et disgracieux. Les gisements théoriques de la récupération de chaleur sont envisageables dans les industries et notamment les distilleries, mais aussi au pied des bâtiments pour la récupération de la chaleur des eaux usées et pour la valorisation de l'air vicié avec les chauffe-eau thermodynamiques.


### Les filières électriques :

**Le photovoltaïque** est la filière électrique présentant le potentiel le plus important. La marge de développement par rapport à l'existant est conséquente sur les bâtiments. Le potentiel sur l'énergie éolienne est également très conséquent, mais se heurte à des oppositions locales.



## 11.1 LES FREINS AU DEVELOPPEMENT DES FILIERES

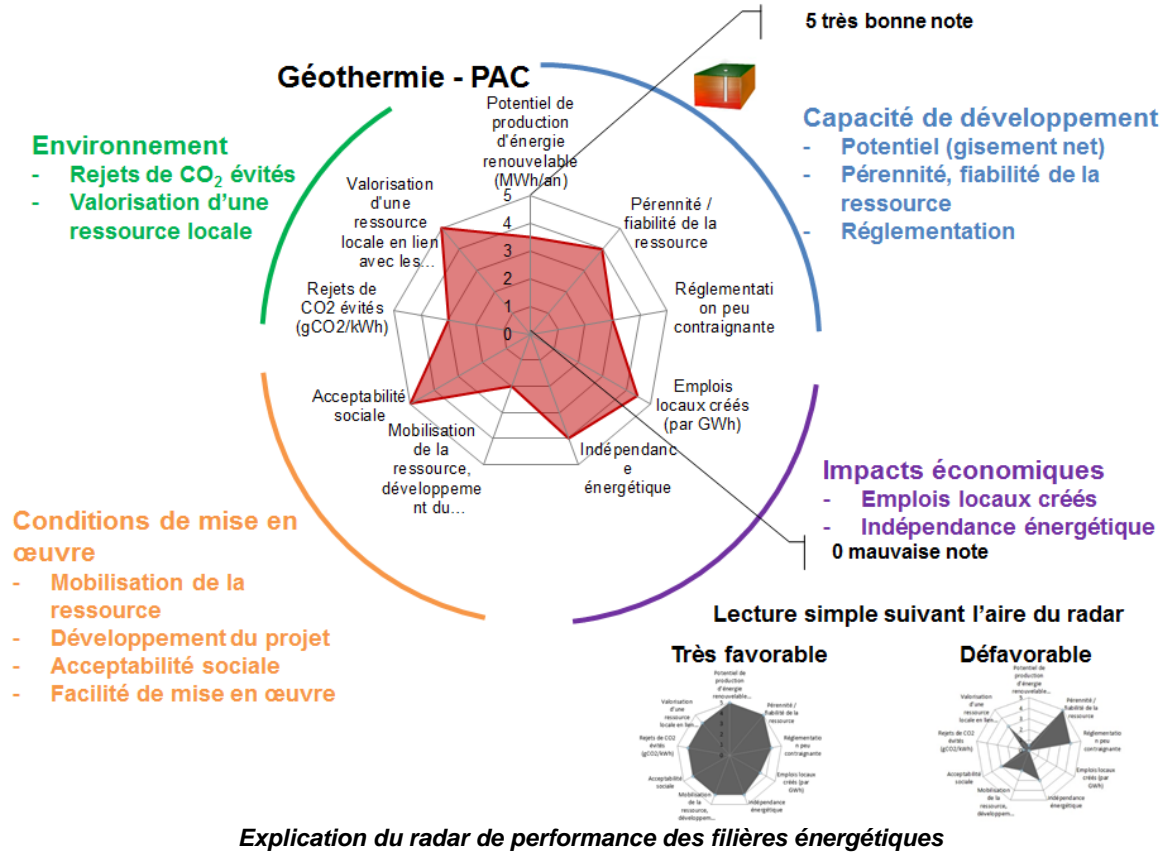
Le tableau ci-dessous recense les principaux freins au développement des filières énergies renouvelables.

	Filières	Principaux freins	
Chaleur	Solaire thermique 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût d'investissement</li> <li>Concurrence des CET (chauffe-eau thermodynamique)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enjeux patrimoniaux</li> <li>Préférence pour le photovoltaïque</li> </ul>
	Géothermie 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût d'investissement</li> <li>Concurrence avec les PAC Air/eau et Air/air</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Méconnaissance des technologies</li> <li>Montage du projet délicat (étude de sol, étude de surface)</li> </ul>
	Bois énergie 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilisation importante en chauffage de base avec des équipements polluants.</li> <li>Mauvaise utilisation des particuliers (allumage, régulation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concurrence du gaz sur les gros projets</li> </ul>
	Méthanisation 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acceptabilité locale</li> <li>Maîtrise des technologies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montage des projets</li> </ul>
Electricité	Hydroélectricité 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réglementation sur les cours d'eau classés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baisse des débits dans les cours d'eau.</li> </ul>
	Photovoltaïque 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Image dégradée qui perdure avec le démarchage agressif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enjeux patrimoniaux</li> </ul>
	Eolien 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acceptabilité locale</li> <li>Montage des projets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insertion paysagère</li> </ul>

## 11.2 HIERARCHISATION DES FILIERES

Les graphiques en radar ci-dessous permettent d'apporter un éclairage sur la performance des filières au vu du contexte local et de leur potentiel.

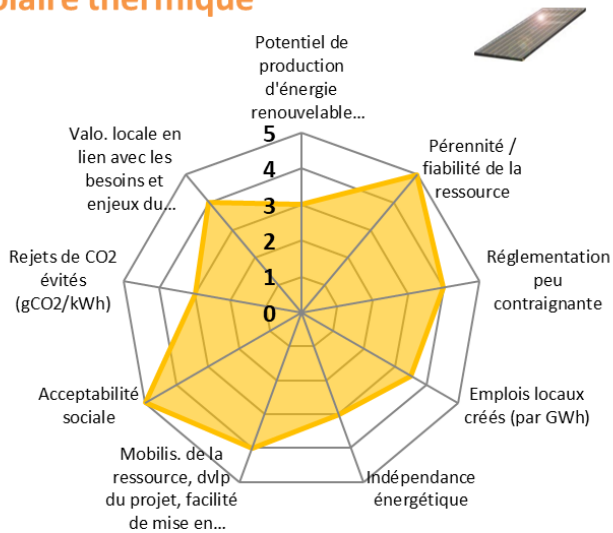
9 critères regroupés en 4 principaux enjeux sont présentés dans ces graphiques. Un exemple est donné ci-dessous.



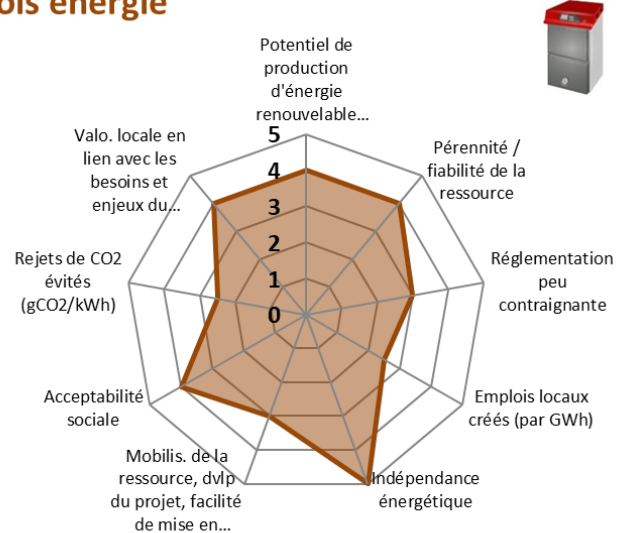
L'intérêt d'une filière par rapport à une autre dépend des critères que le maître d'ouvrage juge prépondérants. Si celui-ci met l'accent sur la pérennité de la ressource, une réglementation peu contraignante et la facilité de développement du projet, l'aérothermie et la récupération de chaleur<sup>6</sup> seront favorisées. En revanche, si la création d'emplois locaux et l'indépendance énergétique sont prépondérantes, mettre l'accent sur la géothermie et le photovoltaïque sera plus pertinent.

<sup>6</sup> Chauffe-eau thermodynamique ou récupération de chaleur sur les eaux usées.

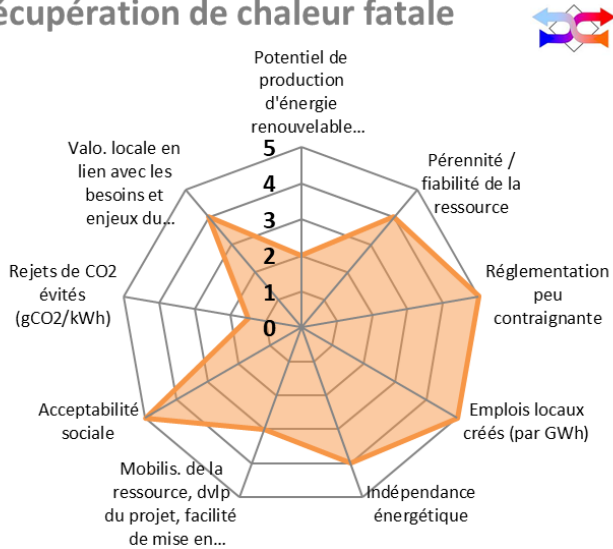
### Solaire thermique



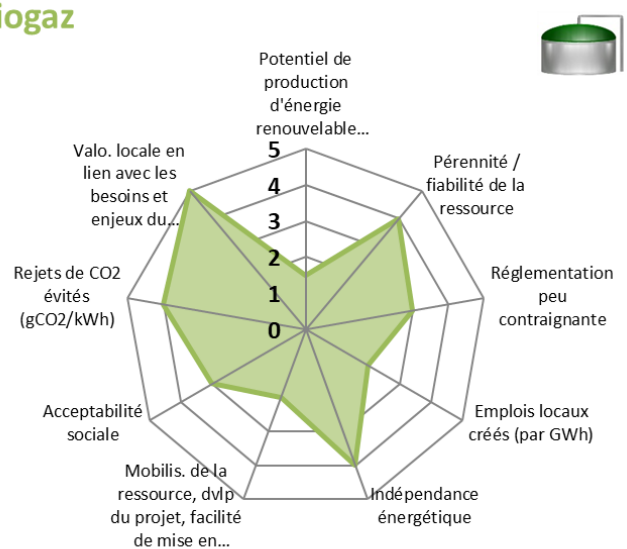
### Bois énergie



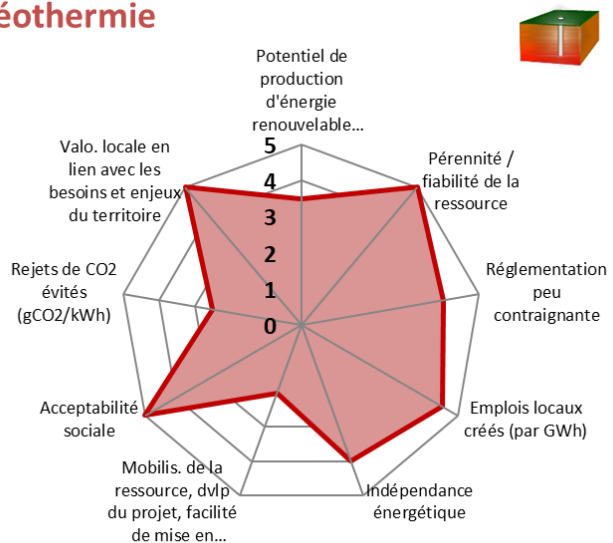
### Récupération de chaleur fatale



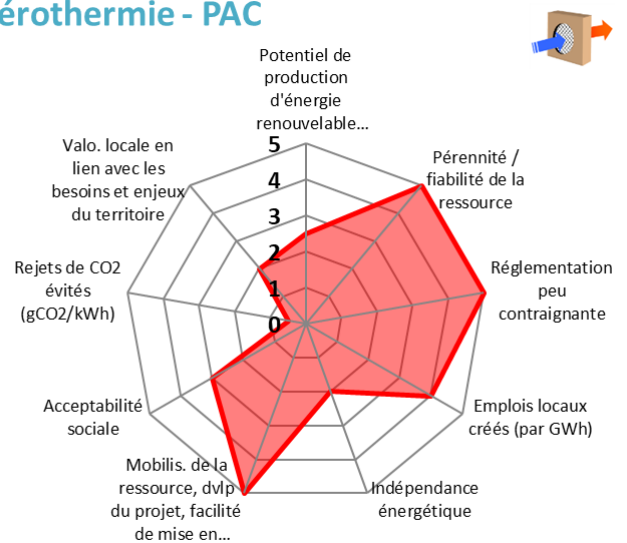
### Biogaz



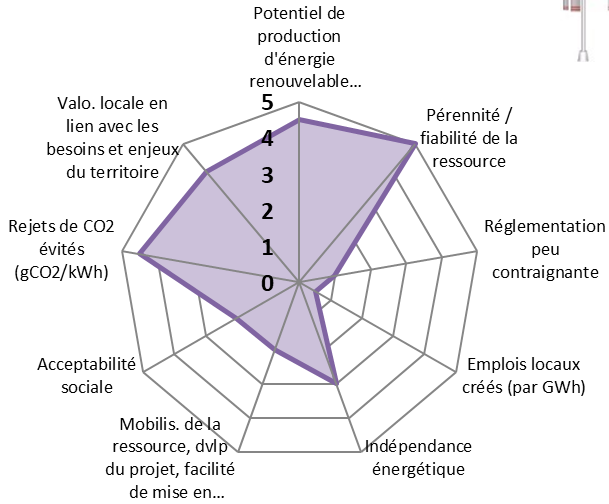
### Géothermie



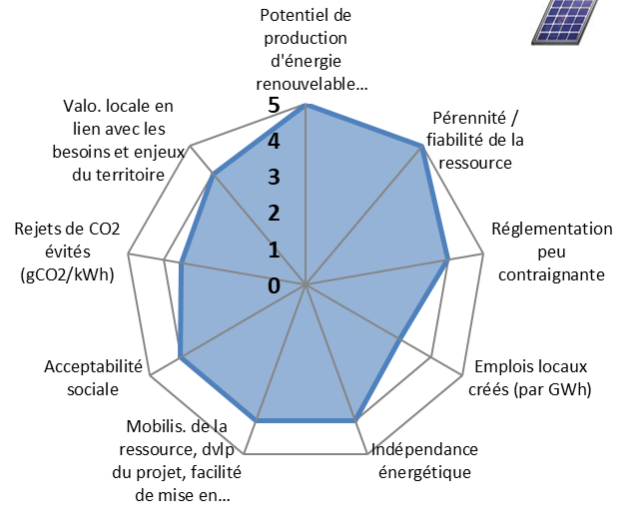
### Aérothermie - PAC



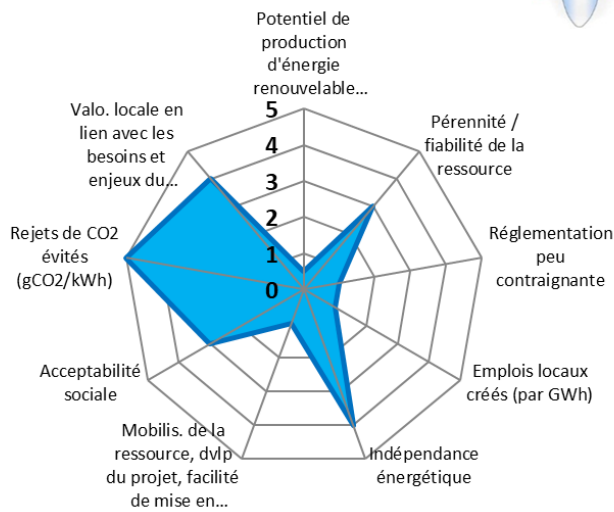
### Eolien



### Photovoltaïque



### Hydroélectricité



**Radars de performances des filières énergétiques sur le territoire du SCoT**

# 12 LE PAYSAGE ET LA PLANIFICATION DU DEVELOPPEMENT DES ENRS&R SUR LE SCOT DE LA HAUTE GIRONDE BLAYE-ESTUAIRE

## 12.1 PROPOS LIMINAIRES : PAYSAGE ET ENERGIE SONT INTIMEMENT LIES

Depuis toujours, la production et l'acheminement de l'énergie contribuent à la transformation des paysages et forgent l'identité des territoires : aqueducs, canaux, moulins, conduites forcées, terrils, voies et ouvrages de chemin de fer, centrales hydroélectriques et nucléaires, lignes à hautes tensions, centrales et panneaux solaires et photovoltaïques, éoliennes... Cet aménagement du territoire s'est longtemps fait sans prise en compte réelle des impacts paysagers.

Le territoire du scot haute Gironde est connu pour la beauté des grands horizons offerts par le bras de mer de la Gironde, la puissance élémentaire, atmosphérique, de ses paysages de rives et de marais; mais aussi le patrimoine bâti lié au fleuve, aux vignes, aux châteaux, aux hameaux et bourgs de pierre calcaire; ajoutons également ce couvert quasi continu de forêts mixtes de résineux et de feuillus, entrecoupés des vides des clairières des prairies d'élevage, de ceux des plans d'eau, souvent ancienne carrière, innervé par un chevelu hydrique dense qui bat au rythme des saisons de pluie.

Pays du midi océanique, le territoire du scot haute Gironde est aujourd'hui soumis à une demande constante et croissante d'opérateurs désireux d'implanter sur son territoire de nouvelles centrales photovoltaïques; ces initiatives, portés au gré des opportunités foncières, laissent les collectivités, et au premier rang desquelles, les communes, dans une forme d'embarras à l'heure de statuer sur leur devenir; pour diverses raisons qu'il nous appartient de dépasser, la collectivité se sent aujourd'hui assez démunie sur la question, ne disposant pas réellement de document cadre, de protocole d'appréhension, ou d'organisation collective lui permettant de se positionner collectivement pour construire, sur le chemin d'une meilleure efficacité énergétique, ses paysages de demain.

## 12.2 LA QUESTION DE LA PARTICIPATION: CONTRIBUER A FAIRE PARTAGER L'IDEE D'UN PAYSAGE EN MOUVEMENT

L'objectif de ce travail est donc double:

- **proposer une démarche de travail qui permette à la collectivité de se positionner collectivement sur les projets présentés par les opérateurs**, autour du recours aux ressorts de l'analyse paysagère, qui offre de nombreux outils pour comprendre les enjeux de paysage portés par les projets, essentiellement les projets photovoltaïque au sol; face à l'évolution des demandes, des techniques et des motifs paysagers de l'énergie renouvelable, l'analyse paysagère doit apporter un certain recul pour anticiper, accompagner et maîtriser les transformations visuelles et factuelles du territoire, et suggérer des pistes, pour que chaque unités paysagères du territoire du scot Haute Gironde détermine ses propres recommandations paysagères quant à l'insertion des projets de champs photovoltaïques.
- **proposer une démarche d'analyse paysagère qui soit suffisamment simple, efficace et partagé pour que s'en emparent les élus du territoire**; en privilégiant, à l'élaboration de « grands documents cadre », qui en pratique, restent souvent difficiles à utiliser, une méthode de travail pragmatique, fondée sur l'analyse des situations de projet au cas par cas. Cette clarté et cette efficacité ne pourra s'avérer réelle que si la collectivité se donne les moyens de pouvoir:
  - analyser collectivement les projets en cours, en s'associant, par exemple, avec le pôle ENR de la DDTM33;
  - Orienter ou infléchir le projet du pétitionnaire avant le dépôt formel de son permis de construire, en développant avec lui les dispositions paysagères qui pourront amener le projet à s'améliorer;

- préciser clairement ses attendus sur les différents supports de présentation du projet, essentiellement les pièces du dossier de permis de construire (DPC); Plans, coupes, vues lointaines, vues rapprochées sont autant de documents du DPC essentiels dont la collectivité doit fixer, au cas par cas, le niveau de précision;
- en s'appuyant sur ces documents précis, contrôler et vérifier la bonne exécution et le parfait achèvement des travaux projetés dans le DPC; d'expérience, ce n'est qu'au prix de ce contrôle que la collectivité pourra s'assurer quelles directives qualitatives auront bien été traduites et matérialisées.

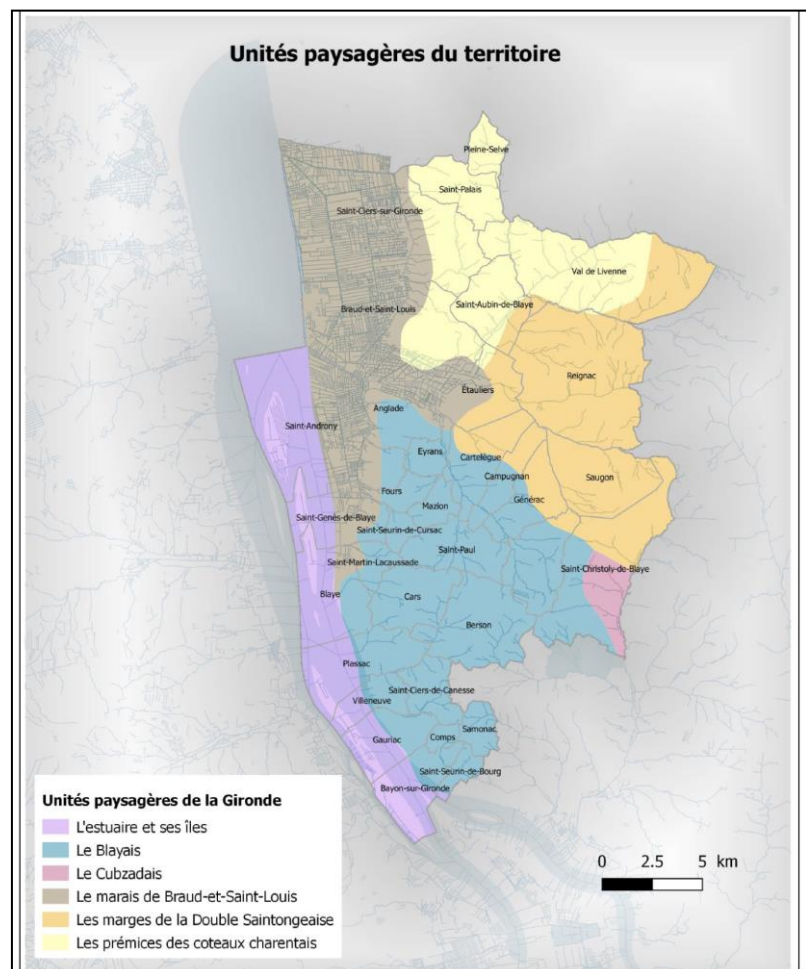
Ce travail suppose de traiter de la question paysagère dès l'amont du projet; cette précocité seule peut permettre l'appropriation du projet par les participants de la concertation, et répondre aux questions importantes posées par l'acceptation sociale des projets.

Les questions que posent le projet (emprise sur les ressources naturelles, faisabilité économique et juridique, usages et services connexes, esthétique...) sont alors traitées dans une vision globale. Partant d'une lecture de paysage, le travail peut déboucher alors sur des projets ambitieux traitant à la fois d'énergie, de développement local, bien souvent d'agriculture, et de paysage.

La concertation et le choix de solutions consensuelles sont les meilleures armes pour faire évoluer la demande sociale en matière de paysage et d'énergie. Les très nombreuses raisons de résister à l'évolution des paysages ou au recours à d'autres sources d'énergie sont en réalité souvent les mêmes : des émotions et fonctionnements inconscients, irrationnels, des habitudes de confort, des sentiments d'appartenance, des peurs, des désirs et des besoins de maîtriser, d'être rassuré...

## CE QUE DIT LE SCOT HAUTE GIRONDE (décembre 2020)

La cartographie de base de pour parler des paysages du Scot de la Haute Gironde est la carte des unités paysagères, reprise des documents de l'atlas de paysages de la Gironde, édité pour la première fois en 2011.



Envoyé en préfecture le 12/03/2020  
 Reçu en préfecture le 12/03/2020  
 Affiché le 12/03/2020  
 ID : 033-200032951-20200304-20200304009-DE

### Chapitre 3 – Synthèse et enjeux associés au patrimoine paysager et architectural

#### 3.1 Analyse AFOM du patrimoine paysager et architectural

Analyse AFOM du patrimoine paysager	
Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'Estuaire de la Gironde, plus grand Estuaire d'Europe, élément paysager structurant du territoire.</li> <li>- Richesse des ambiances paysagères entre vallons viticoles (Blaye), coteaux boisés, terrasses alluviales, marais, et transition avec le paysage charentais (Double Saintongeaise, prémices des coteaux charentais).</li> <li>- Les coteaux viticoles du Blayais-Bourgeois ont une identité paysagère clairement lisible, de qualité, valorisée par des routes à caractère touristique (pieds de coteau le long des ports, dans le terroir viticole...) et par les nombreux points de vue qu'ils offrent.</li> <li>- Une viticulture sous label AOC (Blaye Côtes de Bordeaux, Côtes de Bourg, Bordeaux et Bordeaux supérieur), garant du maintien des paysages viticoles.</li> <li>- Un patrimoine forestier en bon état, important pour la biodiversité inféodée aux milieux forestiers.</li> <li>- Les Marais de Braud-et-Saint-Louis notamment révèlent des sites naturels majeurs et un patrimoine hydraulique important.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dilution de l'accueil des populations et de l'armature urbaine qui génère des phénomènes de mitage, de desserrement sur les zones viticoles et la façade estuarienne, de banalisation voire de dégradation des paysages.</li> <li>- Fragmentation des espaces naturels, forestiers et agricoles par plusieurs axes routiers à forte circulation (A10, RD137, RD669, RD136, RD937).</li> <li>- Disparition progressive des paysages prairiaux et apparition de zones de « flous » entre paysages bâtis et paysages « naturels » en l'absence de gestion des interfaces.</li> <li>- Fort enrichissement des coteaux, marais et prairies, en limite Nord du département dans la zone de contact avec la Charente.</li> <li>- Disparition progressive du bocage dans le Marais de Braud-et-Saint-Louis liée notamment à l'intensification de certaines pratiques agricoles.</li> </ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'élaboration du Scot de la Haute Gironde Blaye-Estuaire, avec une visée économe et raisonnée de la consommation des espaces, la valorisation des paysages et des espaces naturels.</li> <li>- Poursuivre les opérations de revalorisation de sites naturels majeurs notamment dans les marais (comme l'opération Terre d'Oiseaux dans les marais Nord).</li> <li>- Un rôle de territoire « vitrine de la Gironde » à jouer.</li> <li>- Développer l'agriculture durable pour réinvestir les espaces en friche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le renforcement du risque de banalisation et de mitage paysager, avec perte d'identité paysagère.</li> <li>- Augmentation de la pression foncière sur les espaces naturels, agricoles et forestiers.</li> </ul>

34

La synthèse des enjeux associés au patrimoine paysager et architectural révèle en creux les puissants dynamiques paysagères qui traversent le territoire, avec l'observation d'une part:

- des transformations rapides issues du phénomène de métropolisation imposé par la proximité de la métropole bordelaise: durcissement de l'expansion urbaine, émiettement du territoire agricole dans les secteurs les plus touchés; et au contraire fort enrichissement, fermeture des paysages dans les secteurs les plus éloignés de Bordeaux;
- des mutations liées à l'évolution intrinsèque des pratiques agricoles, avec des risques pesant sur les secteurs bocagers.

En revanche, le document ne développe pas de paragraphe spécifique sur la question des énergies renouvelables.

## CE QUE DIT L'ATLAS DES PAYSAGES

(Conception initiale 2011/ actualisé par le CD33 en 2021)

L'actualisation du document par les équipes du CD33 aura permis notamment d'ajouter un chapitre spécifique consacré à la question de l'insertion dans le paysage des énergies renouvelables. Sont synthétisées ci-après les principales mesures portant sur cette question :

### Les objectifs de qualité paysagère

#### Orientation 5.1 - Encourager le développement des énergies renouvelables économes en espace et créatrices de paysages

Les objectifs visés :

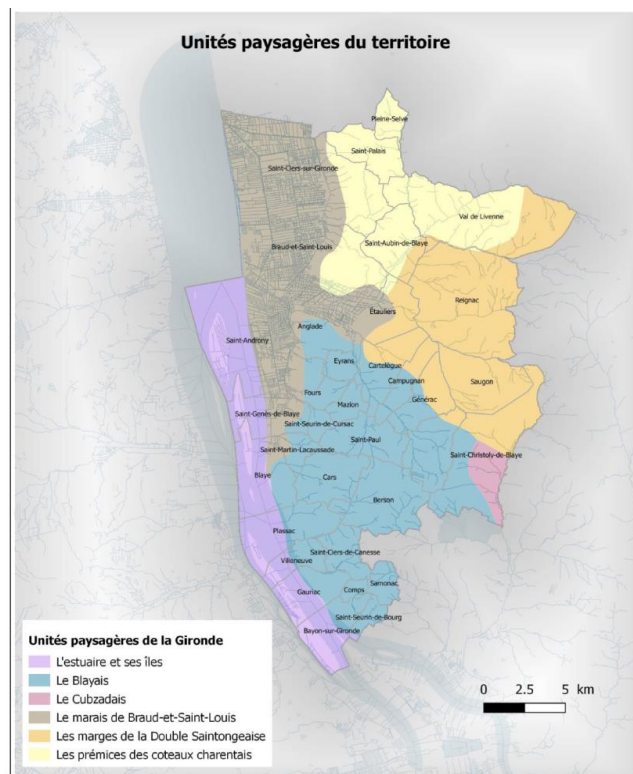
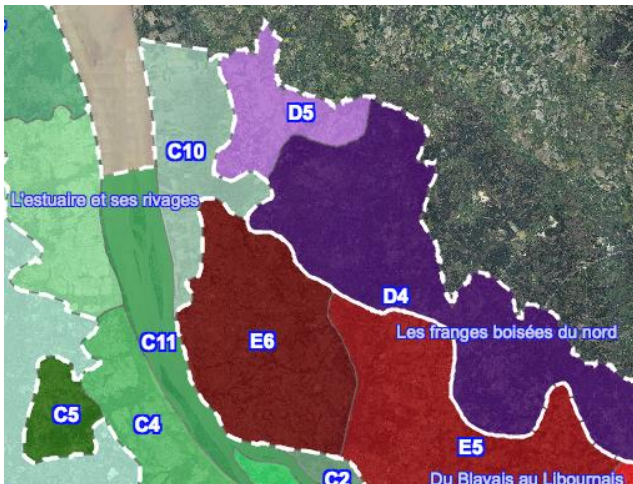
- Promouvoir la production d'énergies renouvelables dans le respect des sensibilités paysagères et écologiques
- Inscrire les installations énergétiques de façon harmonieuse et créative dans le paysage
- Limiter la consommation d'espace par le développement des énergies
- Inscrire les enjeux liés au paysage dans les documents d'orientations et études sur les énergies

#### Principes spécifiques au solaire :

- Privilégier les installations sur les bâtiments dans un projet global de paysage
- Déployer de manière mesurée des installations de centrales au sol et uniquement lorsqu'elles sont créatrices de nouveaux paysages
- Planifier et gérer sur le long terme les paysages des centrales solaires.

#### Principes spécifiques à l'éolien :

- Définir à l'échelle régionale/départementale, à partir de critères paysagers (compatibilité/visibilité), techniques, environnementaux et politiques (volonté de la population de développer ce type d'énergie):
  - d'un côté des "paysages éoliens",
  - et de l'autre, des "vides éoliens"
- Limiter le parc aux seules éoliennes, en réduisant au mieux les infrastructures techniques induites;
- Assurer un équilibre et une harmonie visuelles en accord avec les grandes lignes du paysage : reliefs, structures végétales, infrastructures »





Outre ces orientations susceptibles de cadrer utilement l'examen des projets ENR, l'atlas des paysages offre un second volet d'outils intéressant à travers la légende de ses documents graphiques initiaux, qui, malgré son ancienneté, reste encore à certains égards d'actualité:

### CARTE DES ENJEUX A L'ECHELLE DE L'UNITE DE PAYSAGE

ENJEUX DE PROTECTION / PRESERVATION	ENJEUX DE VALORISATION / CREATION	
Marais, bocages, prairies et autres paysages agricoles de qualité	Paysages à dominante viticole	Urbanisation linéaire
Paysages d'exception à caractère naturel	Inscription des activités industrielles dans le paysage	Carrières et gravières
Reliefs marquants	Patrimoine hydraulique (digues, canaux...)	Paysages de monocultures
Routes-paysages	Ports et berges	Enfrichement (coteaux, prairies, marais...)
Coupures d'urbanisation	<b>ENJEUX DE REHABILITATION / REQUALIFICATION</b>	Peupleraies
Sites bâtis remarquables	Zones commerciales et d'activités	Limite du département
Patrimoine architectural et urbain	Extensions urbaines	Limite d'unité de paysage
	Entrées et traversées de villes et villages	

- pour ce qui relève du patrimoine naturel (marais, bocage, prairies et autres paysage agricole de qualité/ paysage d'exception à caractère naturel);
- pour ce qui relève du paysage patrimonial viticole (paysage à dominante viticole);
- pour ce qui nourrit spécifiquement les questions de co-visibilité en parlant de ces points de vue d'où l'on embrasse le paysage: les « reliefs marquants », les « routes-paysages »;

En revanche, pour ce qui relève des secteurs d'interface avec le bâti, le construit, l'urbain, la cartographie de l'atlas des paysages est en grande partie obsolète; il n'en demeure pas moins que l'on peut garder l'item « enjeux de réhabilitation / requalification » en gardant à l'esprit que le projet d'installation d'ENR peut et doit être conçu comme un projet de paysage susceptible de requalifier le site dans lequel il s'installe: la petite centrale solaire installée en complément de la ZA de la pépinière d'entreprise de Saint Aubin de Blaye constitue à nos yeux un exemple probant de ce type de négociation entre la ville, la nature, la production d'énergie renouvelable.



# 13 SYSTEMES DE STOCKAGE ET DE GESTION DE L'ENERGIE

A l'ère du développement des énergies renouvelables et de la multiplication des points de production d'électricité décentralisés, le fonctionnement des réseaux électriques est en passe d'évoluer. Le fonctionnement actuel du réseau français est très centralisé, lui permettant de relier tous les points de production répartis sur l'ensemble de la France aux consommateurs.

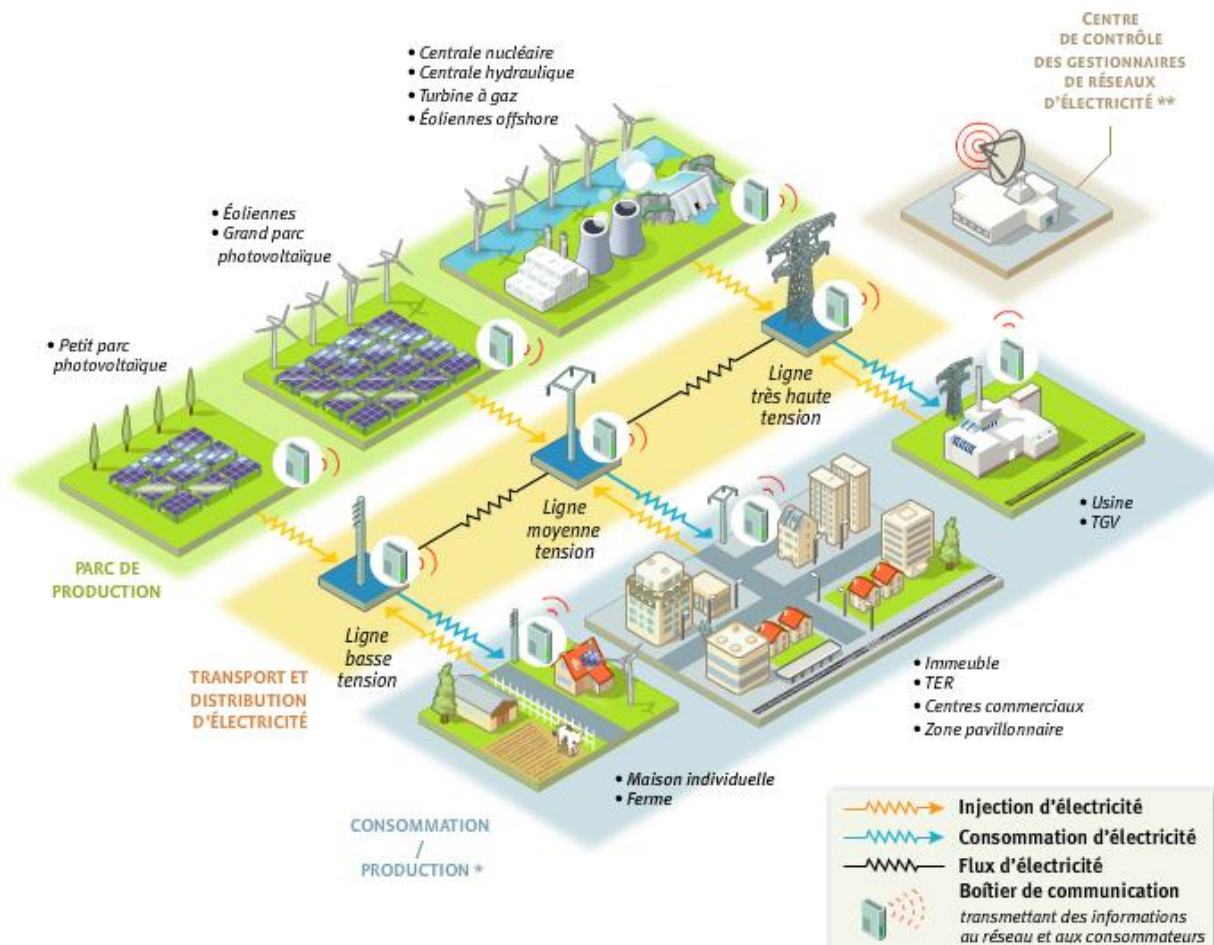
Des solutions de pilotage à différents niveaux d'échelles semblent plus pertinentes pour gérer avec efficacité l'optimisation des productions, consommations, stockages et besoins en infrastructures électriques. C'est pourquoi on commence à voir apparaître des technologies de communication et de pilotage (smart-grids) permettant de satisfaire une demande croissante tout en intégrant la production d'origine renouvelable.

## 13.1 DEFINITION D'UN SMART-GRID

Un smart-grid est par définition un « réseau intelligent ». Il s'agit d'un réseau électrique de transmission ou de distribution, de grande ou de petite échelle et utilisant les Nouvelles Technologies de l'Informatique et de la Communication (NTIC). Un smart-grid n'est pas un nouveau réseau électrique, mais une évolution du réseau actuel permettant de répondre aux nouveaux défis du secteur de l'électricité :

- satisfaire une demande croissante en électricité,
- intégrer les sources de production intermittentes, décentralisées et d'origine renouvelable (objectifs nationaux 33% d'énergies renouvelables et de 40% d'énergies renouvelables dans la consommation d'électricité en 2030).

La figure ci-dessous offre une vision schématique d'un smart-grid.



Représentation schématique du fonctionnement d'un smart-grid (CRE)

On distingue 4 pôles différenciés qui sont :

- le pôle production,
- le pôle transport et distribution,
- le pôle consommation/production secondaire,
- le pôle contrôle des gestionnaires de réseaux d'électricité.

La différence majeure entre le réseau actuel et un smart-grid se trouve dans l'aspect communicatif de tous ces pôles entre eux. La gestion du réseau électrique pour l'instant centralisée et unidirectionnelle (allant de la production à la consommation) doit évoluer vers un système plus réparti et bidirectionnel. Dans le réseau actuel, l'équilibre est obtenu en pilotant l'offre d'électricité en fonction de la demande et aux conditions d'approvisionnement et de coût les plus favorables. Dans un smart-grid, la demande est gérée de façon active (incitations au délestage lors des pics de consommation) et permet tout comme l'offre d'équilibrer le système électrique.

Un smart-grid est donc une évolution du réseau qui va toucher à la fois la production et la consommation, avec comme aspect essentiel la communication entre tous les acteurs du réseau électrique. Pour répondre aux problématiques futures, il doit impliquer directement les utilisateurs finaux et gérer de façon optimale de nombreux paramètres qui sont :

- l'intégration des énergies renouvelables,
- l'intégration des véhicules électriques,
- le stockage de l'énergie,
- la modernisation du réseau.

## 13.2 DIFFERENTES ECHELLES DE SMART-GRID

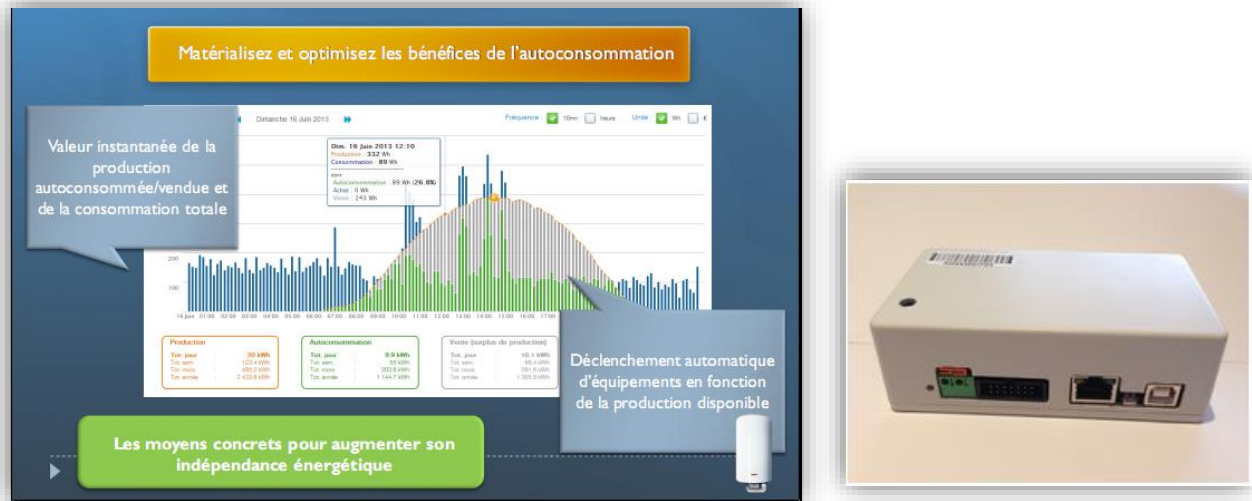
La notion de smart-grid peut s'appliquer sur plusieurs échelles si on considère l'aspect communicant visant à augmenter l'efficacité énergétique d'un réseau. Il peut s'agir dans sa forme la plus simple d'un bâtiment intelligent, d'un smart-grid sur un écoquartier ou sur une ville, ou encore à de plus grandes échelles sur un département ou une région. Le réseau électrique européen doit devenir un smart-grid à terme, la Commission Européenne a déjà comme objectif qu'au moins 80% des consommateurs soient équipés de compteurs intelligents d'ici 2020.

### 13.2.1 A L'ECHELLE D'UNE MAISON OU D'UN IMMEUBLE

La RT 2012 impose la mise en place d'un système permettant de mesurer ou d'estimer la consommation d'énergie de chaque logement (article 23 de l'arrêté du 26 octobre). Cette information est délivrée dans le volume habitable, par type d'énergie, a minima selon la répartition suivante:

- chauffage,
- refroidissement,
- production d'eau chaude sanitaire,
- réseau prises électriques,
- autres.

Au-delà de ce premier pas, une entreprise française propose déjà un boîtier permettant de piloter la mise en marche d'un chauffe-eau ou d'un lave-linge en corrélation avec la production photovoltaïque.



### Boîtier de gestion et d'optimisation de la production photovoltaïque

Dans un immeuble, la Gestion Technique des Bâtiments (GTB) permet de relier le matériel et les contrôles de différents systèmes à un unique outil de gestion. Ainsi le chauffage, le refroidissement, l'éclairage, les stores et les systèmes de détection d'incendie et d'alarmes sont gérés par le même outil. Suivant les dispositifs utilisés, la GTB permet aussi de mesurer, piloter et anticiper la production et la consommation d'énergie dans un bâtiment.

Les bâtiments sont donc équipés de nombreux capteurs et actionneurs, ainsi que d'une plateforme ou d'un logiciel de gestion d'énergie. On compte des capteurs de présence, de température et de luminosité par exemple, qui permettent de limiter au mieux les consommations d'énergie superflues (chauffage lorsque l'occupant n'est pas là, éclairage trop important lorsque la luminosité est correcte, etc.).

Différents fabricants proposent des systèmes de GTB (Delta Dore, Siemens, Sauter, Trend, etc.) et les modes de communication dépendent des appareils et des capteurs installés.

## 13.2.2 A L'ECHELLE D'UN QUARTIER

La base d'un smart-grid à l'échelle d'un quartier réside dans la communication entre les différents bâtiments dans le but d'optimiser la gestion locale de l'énergie.

La communication entre les clients et les fournisseurs d'électricité se fait par l'intermédiaire des postes de distribution et d'une agence centrale de supervision. Il s'agit d'une communication par courants porteurs en ligne (CPL) entre les compteurs individuels (Linky) et le concentrateur situé dans le poste de distribution. Les données collectées dans les postes de distribution peuvent ensuite être envoyées à une agence centrale de supervision par le biais d'un réseau téléphonique GPRS. Ce modèle s'applique aussi à un réseau de plus grande échelle que pour un quartier, tel que pour une ville ou un département, et à long terme pour le réseau national, voire européen.

Le schéma ci-dessous illustre le fonctionnement du réseau électrique lors des week-ends dans l'écoquartier Issygrid à Issy-les-Moulineaux.



**Production et consommation d'électricité le week-end au sein du quartier Issygrid (issy.com)**

Sur ce schéma, on voit à gauche les bâtiments tertiaires « en veille » lors du week-end ainsi que leur production d'électricité photovoltaïque. Les bâtiments de logements consomment plus d'énergie le week-end et le smart-grid leur permet donc d'être alimentés par l'électricité produite localement. Les données de production et de consommation d'électricité sont traitées par le centre d'information, d'expertise et de conseil du réseau qui fait le lien entre le gestionnaire de réseau et les consommateurs (particuliers et entreprises).

Le centre d'information, d'expertise et de conseil du réseau est nommé VIGIE pour Issygrid. Il est opérationnel depuis septembre 2012. Au fur et à mesure de l'évolution du quartier, il proposera des options d'amélioration aux acteurs du réseau telles que des propositions d'effacement aux clients (les consommateurs reçoivent un texto leur demandant s'ils veulent réduire leur consommation sur une plage horaire donnée, et ceux-ci répondent par oui ou non).

L'éclairage public est aussi une donnée très importante des éco-quartiers. La consommation électrique d'un éclairage public traditionnel représente presque 50% de la consommation électrique d'une commune, donc les éco-quartiers doivent être équipés de dispositifs économes. On trouve des systèmes intelligents qui s'adaptent en temps réel à la luminosité ambiante et au trafic routier en permettant un éclairage optimal.

### 13.2.3 A PLUS GRANDE ECHELLE

Les objectifs européens de réduction d'émissions de gaz à effet de serre permettent le déploiement des smart-grids dans toute l'Europe. Ce développement va s'accélérer dans les années à venir avec comme objectif à terme un super-grid européen capable d'intégrer efficacement les sources de production renouvelables intermittentes et les véhicules électriques.

En France, on trouve un projet de smart-grid à grande échelle en Vendée. Le projet Smart Grid Vendée est accompagné par l'ADEME dans le cadre de son programme Réseaux Electriques Intelligents des Investissements d'avenir, la Vendée étant en avance sur le reste de la France au niveau des énergies renouvelables (8% d'électricité d'origine renouvelable contre 4% en France). Ce projet de près de 30 millions d'euros a démarré en janvier 2013 et doit durer 5 ans. Il est coordonné par le Syndicat Départemental d'Énergie et d'Équipement de la Vendée (SyDEV).

Ce projet vise à améliorer l'observabilité et diminuer l'incertitude géographique et temporelle sur la production et la consommation de sites particuliers. Différents postes du réseau électrique vendéen (consommation, production ou distribution) sont ciblés par le programme.

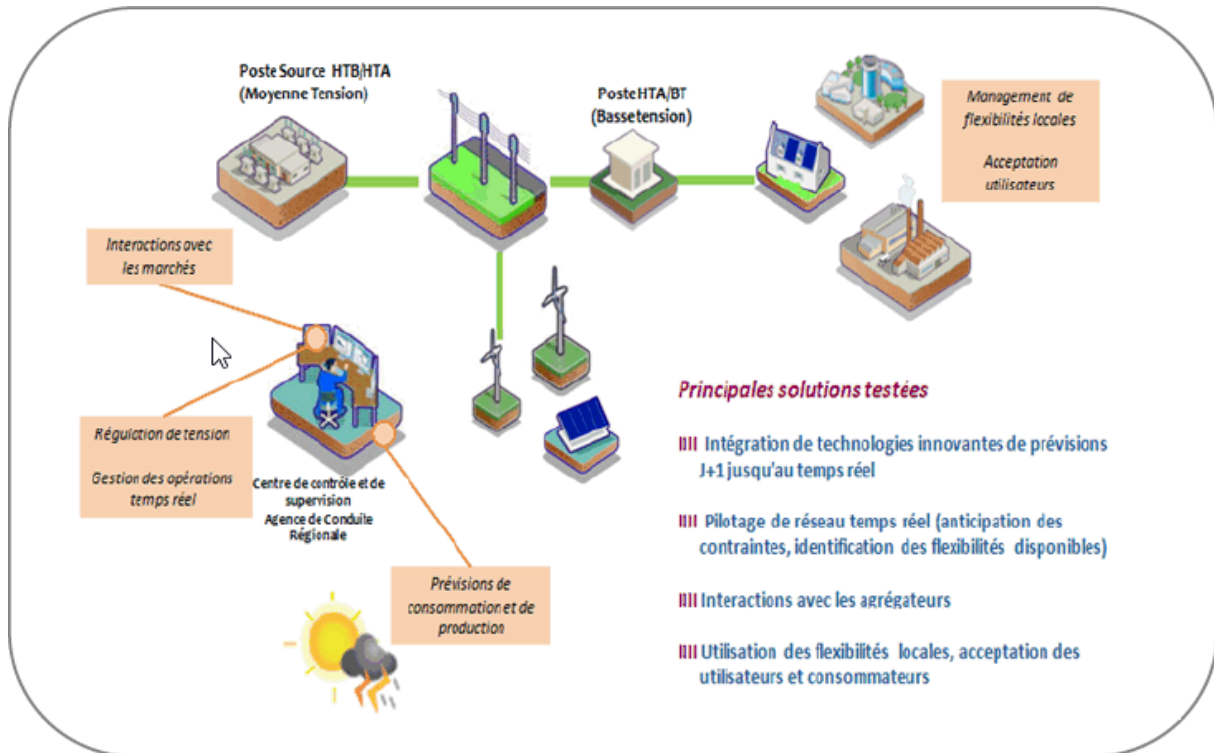
Au niveau des postes de production, ce sont 6 parcs éoliens (puissance totale de 50MWc) et 30 sites de production photovoltaïque (puissance totale de 2MWc) qui seront ciblés par le programme et équipés de

dispositifs de communication et de capteurs de nouvelle génération permettant de prévoir leurs productions en temps réel. En effet, la plupart de ces sites de production sont directement raccordés au réseau de distribution et peuvent créer des congestions lors des pics de production.

Pour la consommation, 100 bâtiments publics, 10 000 points lumineux et un site industriel seront instrumentés de compteurs Linky et de capteurs (pour l'éclairage public).

L'instrumentation porte aussi sur 6 postes sources HTB/HTA (qui concentrent près de 60% de la production électrique de Vendée), 73 départs HTA et 100 postes HTA/BT qui seront équipés d'organes de manœuvre télécommandés intelligents et de dispositifs de communication.

Les dispositifs installés permettront ainsi d'avoir une structure de communication spécifique entre le réseau de distribution et l'ensemble des producteurs d'électricité. La figure ci-dessous présente le réseau vendéen et les principales solutions testées.



**Présentation du Smart Grid Vendée (ADEME)**

Quatre aspects seront pris en compte dans les résultats de ce projet :

- l'innovation : développer et déployer des solutions technologiques permettant une meilleure insertion des EnR, une amélioration de la qualité de fourniture en électricité,
- l'économie : définir pour tous les acteurs du réseau électrique les modèles d'affaires et de rémunération pour la gestion du système électrique local,
- l'environnement : permettre l'intégration territoriale et sociétale du projet tout en mesurant l'impact sur le système local et l'ensemble de la filière électrique,
- le social : créer une formation en apprentissage d'« ingénieur smart-grid » au CNAM Pays de la Loire.

# CONCLUSION

Les gisements théoriques sont très conséquents sur le territoire, que ce soit pour la chaleur renouvelable avec la géothermie, le solaire thermique et même les ressources en bois énergie conséquentes dans un rayon de 50 km autour du SCoT et pour l'électricité renouvelable avec le gisement photovoltaïque sur les toitures le plus important toutes filières confondues.

Les gisements de méthanisation même s'ils sont éparpillés sur le territoire laissent envisager la possibilité de développer une unité de méthanisation territoriale qui associerait les déchets agricoles, les déchets des industries (notamment agro-alimentaires) et les déchets des collectivités.

Enfin, la récupération de chaleur est également un enjeu auprès des industries du territoire et des systèmes très simples à mettre en œuvre sur les bâtiments neufs pour la récupération de chaleur sur les eaux usées.

A l'inverse, le potentiel pour des projets de centrales photovoltaïques au sol, s'il présente un gisement théorique basé actuellement sur les projets en cours de développement, ceux-ci sont pour la plupart sur des terrains agricoles sans qu'il n'y ait véritablement de projet agricole à proprement parlé.

Le gisement éolien est bien présent sur le territoire et un parc éolien de 30 à 40 machines est en réflexion, mais se heurte à de nombreuses oppositions. En l'absence de ce parc éolien, le territoire devra compter uniquement sur le photovoltaïque pour atteindre ses objectifs ce qui paraît difficile compte tenu de l'absence de sites conséquents pour des centrales au sol hors espaces naturels et agricoles.