

ENERGIE

POTENTIEL
EN *énergies*
Renouvelables
SUR LE TERRITOIRE
de CCA

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont pu nous aider ou nous informer tout au long de ce stage notamment :

- Mindjid Maïzia, notre tuteur pédagogique, qui nous a guidé dans notre démarche.
- Yann Guillou, notre tuteur professionnel, responsable du pôle aménagement et développement durable, pour sa disponibilité et son aide.
- Tout le personnel de l'agglomération dont Norbert Bourgeois (élu communautaire de Rosporden), Béatrice Roy, Loïc Sandillon.
- Tous les acteurs du territoire que nous avons rencontrés.

INTRODUCTION

Cette étude s'est déroulée dans le cadre d'un stage universitaire de douze semaines menée par cinq étudiants en quatrième année au département Aménagement et Environnement de l'école Polytechnique Universitaire de Tours :

- BRUNEL Mathieu
- COLLE Valentin
- HEBRARD Adrien
- RICAUD Isabelle
- URIOS Kevin

Ce stage s'est déroulé sous la tutelle du service Aménagement et Développement Durable de Concarneau Cornouaille Agglomération (CCA).

L'objectif était, en lien avec le troisième axe du PCET, d'étudier le potentiel en énergie renouvelable du territoire de CCA. En effet, il vise une production issue des énergies renouvelables du territoire à hauteur de 20% de la consommation totale de 2020.

Pour cela nous avons tout d'abord étudié le contexte énergétique au niveau international, national puis local avec le PCET validé en 2014 par le conseil communautaire. Nous avons ensuite étudié les technologies de production d'énergies renouvelables afin de connaître les ressources qu'elles mobilisent ainsi que leurs gisements et potentiels énergétiques. Enfin, dans une dernière partie, une grille d'analyse a été réalisée pour ensuite mettre en place des scénarios de mix énergétiques afin d'atteindre la production d'énergie renouvelable nécessaire. Pour aboutir au mix adéquat, des moyens de mise en œuvre seront évoqués qui permettront d'agir sur le développement de filières renouvelables.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
SOMMAIRE	4
PARTIE 1 : CADRE DE L'ETUDE	5
I. CADRE INTERNATIONAL.....	6
II. CADRE NATIONAL.....	7
III. PLAN CLIMAT ENERGETIQUE TERRITORIAL.....	8
PARTIE 2 : QUELLES ÉNERGIES RENOUVELABLES POUR LE TERRITOIRE ?.....	11
I. LE PHOTOVOLTAÏQUE.....	12
II. LE SOLAIRE THERMIQUE.....	35
II. L'EOLIEN.....	39
III. L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE.....	48
IV. LES ENERGIES MARINES	53
V. LA METHANISATION.....	59
VI. LE BOIS ENERGIE	70
VII. LA VALORISATION DES DECHETS (VALCOR).....	74
PARTIE 3 : PERSPECTIVES D' ACTIONS SUR LE TERRITOIRE DE CCA.....	76
I. UNE GRILLE D'ANALYSE	77
II. LES SCENARIOS	80
III. MOYENS DE MISE EN OEUVRE.....	87
IV. MESURES PRIORITAIRES.....	92
CONCLUSION.....	98
BIBLIOGRAPHIE	100
INDEX	103
ANNEXES.....	106
I. LA TYPOLOGIE SUR LE TERRITOIRE DE CCA	107
II. COMPOSITION DE CCA	108
III. ALTIMETRIE DU TERRITOIRE DE CCA.....	109
IV. RAYONNEMENT SUR LE TERRITOIRE DE CCA.....	110
V. DIMENSIONNEMENT DES CENTRALES SOLAIRES.....	111
VI. ORIENTATION DU BATI	112
VII. TYPOLOGIE DU BATI	114
VIII. EFFETS DE MASQUES.....	116
IX. DIMENSIONNEMENT SUR TOITURE POUR LE PHOTOVOLTAÏQUE	120
X. DIMENSIONNEMENT SUR TOITURE POUR LE SOLAIRE THERMIQUE	122
XI. METHANISATION	123
XII. BOIS	125
XIII. RESEAU DE CHALEUR.....	126

PARTIE 1 : CADRE DE L'ÉTUDE

I. CADRE INTERNATIONAL

La lutte contre le réchauffement climatique est une priorité reconnue à l'échelle mondiale. En décembre 2015 se tiendra la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (COP 21). Cette convention est la plus importante depuis la signature du protocole de Kyoto en 1997. La convention de Paris a pour but d'aboutir à un accord universel et contraignant permettant de lutter efficacement contre le dérèglement climatique et d'impulser/d'accélérer la transition vers des sociétés et des économies résilientes et sobres en carbone. En effet, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le GIEC, lors de son rapport sur les conséquences du changement climatique, publié en 2007, met en évidence pour les pays développés, la nécessité de diviser par 4 à 5 leurs émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050. L'accent est mis sur le besoin de modifier le mix énergétique mondial actuel, très dépendant du charbon et du pétrole, principaux émetteurs de GES. L'idée étant de se tourner vers des solutions énergétiques alternatives, notamment les énergies renouvelables.

L'Union Européenne s'est engagée en faveur de la transition énergétique et a pour objectif d'atteindre les réductions préconisées par le protocole de Kyoto. Elle s'est donc engagée à réduire de 8% ses émissions de GES par rapport à 1990 pour la période 2008-2012. Cependant, elle dépasse ces objectifs internationaux à travers la mise en place du Paquet énergie climat qui vise à réaliser l'objectif dit du « 3x20 » à l'horizon 2020, soit :

- Augmenter l'efficacité énergétique de 20% par rapport à 1990
- Diminuer les émissions de GES de 20% par rapport à 1990
- Porter la part des énergies renouvelables à 20% dans la consommation énergétique totale européenne.

II. CADRE NATIONAL

La politique énergétique de la France s'appuie sur la loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique, loi POPE adoptée en 2005, et des lois dites Grenelle 1 et 2, adoptées respectivement en 2009 et en 2010.

- La loi POPE marque l'introduction d'objectifs énergétiques et climatiques à long terme dans le cadre législatif français. Cette loi souligne le besoin de lutter contre le changement climatique en assurant un mix énergétique et une maîtrise de la consommation d'énergie.
- Les lois dites Grenelle 1 et 2 sont respectivement une loi de programmation et une loi d'application qui viennent consolider les engagements précédents. Le Grenelle 1 en particulier précise le Facteur 4. Ce facteur désigne l'engagement pris en 2003 par la France de diviser par 4 les émissions nationales de GES d'ici 2050 par rapport au niveau de 1990. Cela est traduit par l'objectif de réduire de 3% par an en moyenne des émissions de GES de la France.

Atteindre ces objectifs suppose de mettre à contribution l'ensemble des filières, notamment le bâtiment et les transports, et d'y augmenter la part des énergies renouvelables comme le photovoltaïque, l'hydraulique ou l'éolien, d'ici 2020.

Ces objectifs nationaux sont assortis de dispositions d'urbanisme et de planification à l'échelle territoriale :

- Le Schéma régional du climat de l'air et de l'énergie (SRCAE), obligatoire pour les régions, qui fixe des objectifs aux horizons 2020 et 2050
- Le Plan climat-énergie territorial (PCET), obligatoire depuis le 31 décembre 2012 pour les régions, les départements et les communes ou groupements de communes de plus de 50 000 habitants.

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) est créée, en 1991, afin de soutenir, de coordonner, d'aider la protection de l'environnement et la maîtrise de l'énergie au niveau national. Par ailleurs, l'évaluation commanditée par la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), en 2011, a montré qu'il ne suffisait pas d'atteindre les objectifs du « 3x20 » à l'horizon 2020 pour atteindre les minima fixés par ceux-ci à moyen ou long terme. Depuis 2012, un débat national sur la transition énergétique a été initié et s'est soldé par la présentation d'un projet de loi sur la transition énergétique au printemps 2014. Si l'ambition de la France est de jouer un rôle majeur au niveau mondial dans le changement des modes de consommation et de production qui s'annonce, une part du travail à réaliser se fait à l'échelle des collectivités locales.

III. PLAN CLIMAT ENERGETIQUE TERRITORIAL

S'inscrivant dans cette démarche globale de transition énergétique, CCA s'est dotée d'un Plan Climat Énergie Territorial (PCET). Ce plan à horizon 2020 vise 5 objectifs :

- Réduire de 12 % les consommations énergétiques du territoire
- Produire 20 % de la consommation d'énergie du territoire sous forme d'énergies renouvelables
- Réduire de 8 % les émissions de gaz à effet de serre du territoire
- S'adapter aux effets à long terme du changement climatique
- Installer CCA comme chef de file des politiques énergétiques du territoire.

Avec ce document d'orientation CCA montre sa volonté de changer son mix énergétique. Il correspond aux parts de production d'énergie en fonction des modes de production. Le PCET montre un mix très fortement basé sur des énergies fossiles. Avec une consommation de 1688GWh pour une production d'EnR de 69GWh, la part dans le mix énergétique ne s'élève actuellement qu'à 4%.

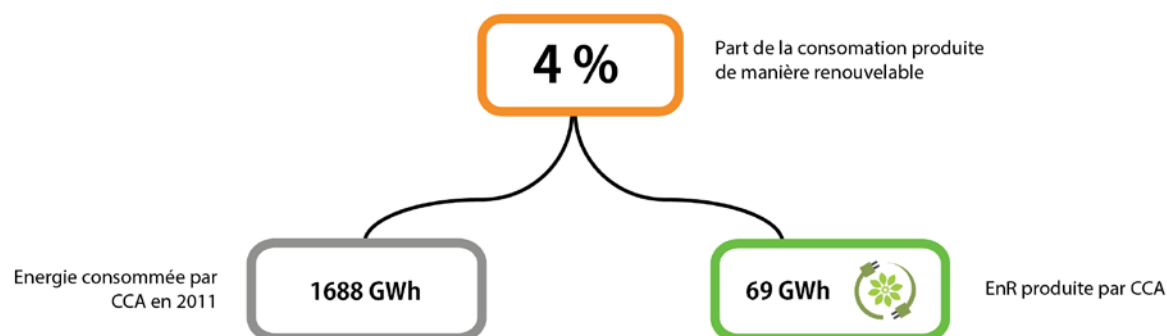


Figure 1 : Production EnR en 2011

Augmenter la part des énergies renouvelables agirait sur plusieurs orientations du PCET comme par exemple la production d'EnR sur le territoire mais aussi la réduction des gaz à effet de serre (GES).

Notre étude intitulée « Étude du potentiel en énergie renouvelable du territoire de CCA » s'axera essentiellement sur la deuxième grande orientation du PCET à savoir produire 20% de la consommation de 2020 via des systèmes de production d'énergie renouvelable (EnR).

Nous considérerons dans nos prospections et nos différents scénarios de production d'EnR que le premier axe du PCET aura été atteint grâce aux actions de CCA.

Donc en 2020, avec une baisse de consommation de 12%, la consommation du territoire de CCA s'élèvera à 1 485GWh.

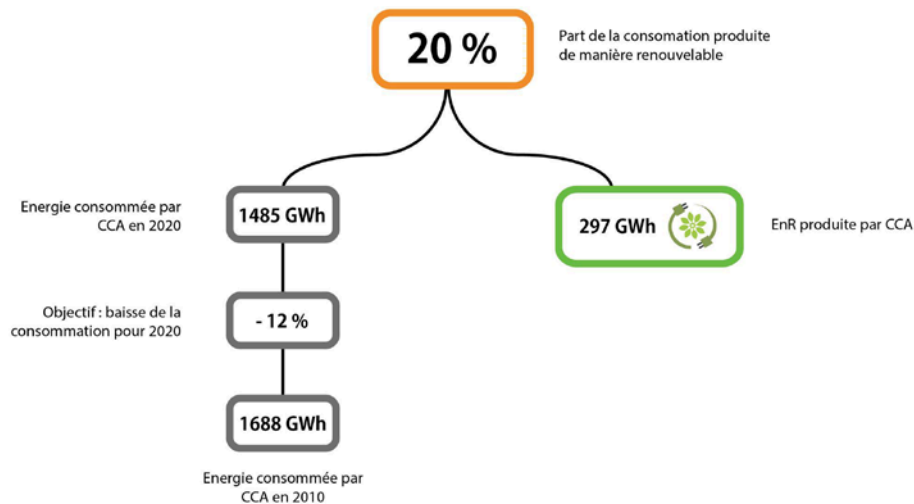


Figure 2 : Production EnR dans l'objectif du PCET à l'horizon 2020

En jouant sur le système précédent pour obtenir la production nécessaire pour 2020, la production en EnR requise serait de 297GWh.

Nous étudierons donc les différentes technologies installables sur le territoire de CCA. Cette première approche nous permettra d'identifier les différents modes de production d'EnR mais également de supprimer les technologies non adaptées à l'environnement du territoire.

Actuellement la production d'EnR est répartie comme suit :

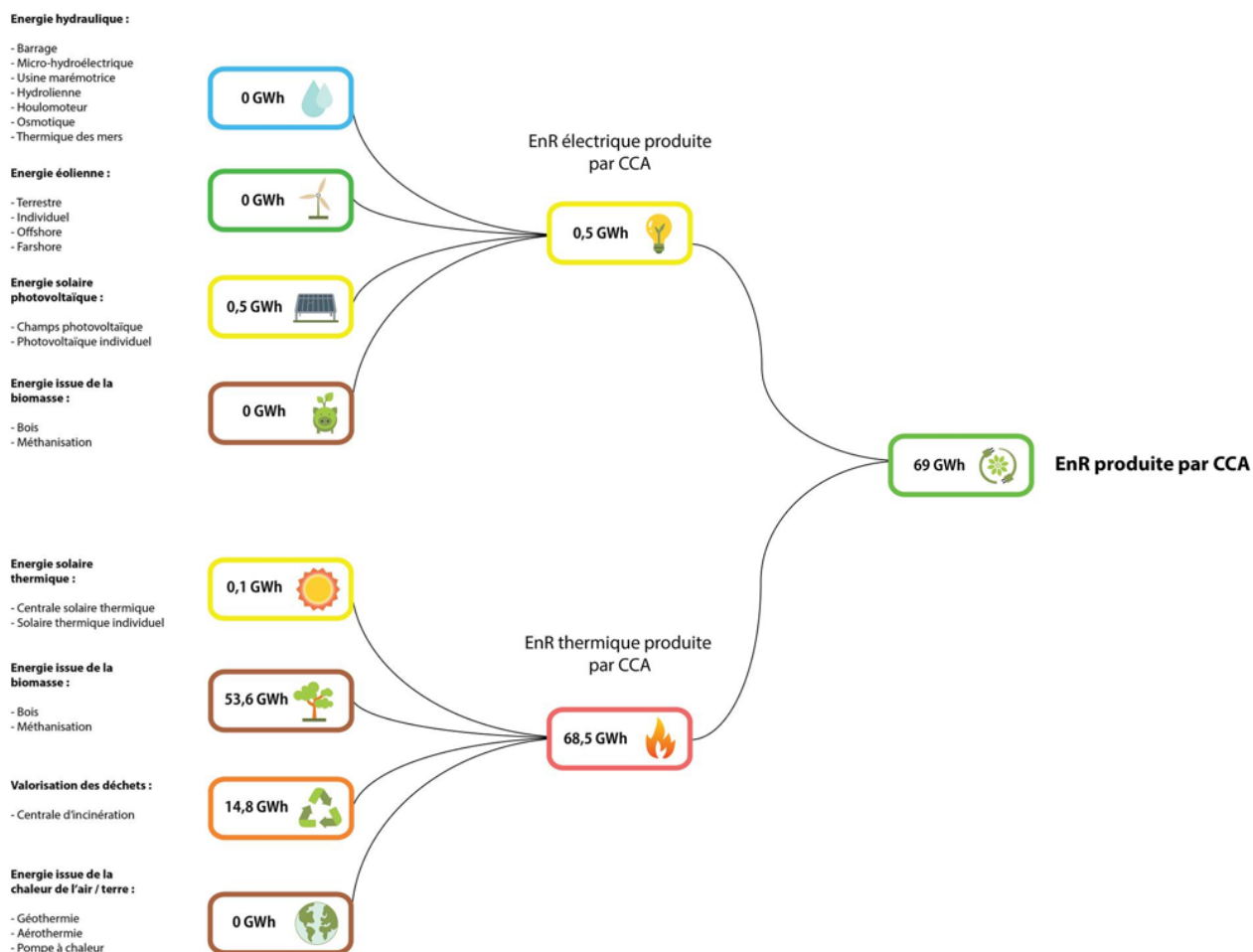


Figure 3 : Production EnR par filières en 2011

Nous établirons les gisements, l'ensemble des ressources, exploitables sur le territoire de CCA pour aboutir à un potentiel de production maximum.

Nous proposerons ensuite différents scénarios d'utilisation de ces gisements pour changer le mix actuel de production d'énergie et atteindre l'objectif de 20%.

PARTIE 2 : QUELLES ÉNERGIES RENOUVELABLES POUR LE TERRITOIRE ?

Dans le but d'atteindre les objectifs du PCET en termes de production d'EnR, il est nécessaire d'étudier les différentes technologies disponibles aujourd'hui afin d'en tirer les gisements exploitables sur le territoire de Concarneau Cornouaille Agglomération.

I. LE PHOTOVOLTAÏQUE

1. Qu'est ce que la technologie photovoltaïque ?

La technologie photovoltaïque (PV) permet la conversion de l'énergie issue du rayonnement solaire en électricité. Elle se présente sous forme de multiples cellules disposées sur des panneaux qui peuvent être installés aussi bien chez un particulier que dans le cadre d'un parc photovoltaïque.

Chacun des panneaux est fabriqué avec des matériaux divers tels que semi-conducteurs cristallins (silicium monocristallin ou polycristallin), de couche mince (silicium amorphe, tellure de cadmium) ou en matière organique. Ainsi chaque type de matériaux possède des caractéristiques qui lui sont propres avec des rendements particuliers. Aujourd'hui les matériaux cristallins sont les plus répandus sur le territoire.

Il est nécessaire de permettre à ces panneaux de capter un ensoleillement maximal. C'est pourquoi leur orientation est un critère majeur dans leur installation (de préférence en direction du sud). Le rayonnement moyen en Bretagne est de 1100 kWh/m²/an. Seule une partie de cette énergie est converti par le panneau, en fonction de son rendement (qui varie en fonction du matériau utilisé).

Structure d'un panneau

Dans un premier temps, il est utile d'étudier la composition d'un panneau photovoltaïque :

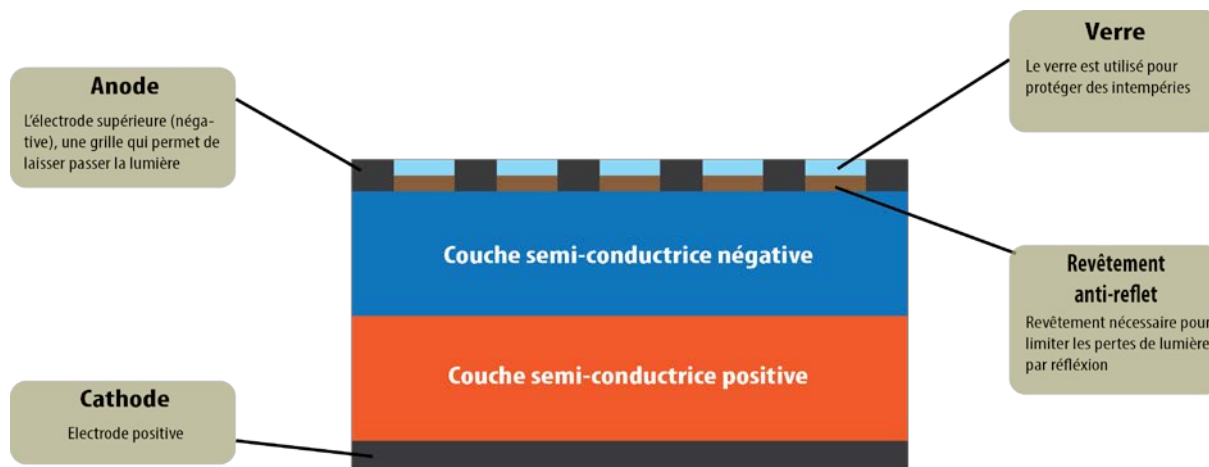


Figure 4 : Composition d'un panneau photovoltaïque

L'effet photovoltaïque va permettre de capter les photons du rayonnement solaire. Afin de limiter l'effet réfléchissant une plaque anti-réflex est installée sous une plaque vitrée qui va permettre la protection du panneau des intempéries.

Sous ces premières couches, on retrouve deux couches de semi-conducteurs (positive et négative) qui vont permettre le développement de l'effet photovoltaïque. L'électricité produite par ces couches va être conduite dans le réseau vers l'onduleur par des électrodes (cathode et anode) que l'on retrouve de part et d'autre des couches semi-conductrices.

Les matériaux photovoltaïques

Il existe deux grandes technologies de cellules photovoltaïques: cristallines et de couches minces. Chacune d'entre elles se décomposent en différentes catégories aux caractéristiques spécifiques.

Technologie	Rendement	Durée de vie	Part de marché	Avantages	Inconvénients
Silicium monocristallin	11 à 15%	Environ 30 ans	57%	Bon rendement Durée de vie importante	Coût élevé Basse production quand l'ensoleillement est faible
Silicium multicristallin	13 à 19%	Environ 30 ans	31%	Fort rendement Durée de vie importante	Bon rapport qualité prix Basse production quand l'ensoleillement est faible
Couches minces (CdTE)	5 à 13%	Supérieur à 25 ans	5,5%	Coût moins élevé Capte mieux les rayonnements diffus Moins sensible aux températures élevées	Industrialisation moins avancée Matériaux toxiques

Tableau 1 : Les matériaux photovoltaïques (Sources: photovoltaïque.info)

En France, les deux technologies sont utilisées en fonction des régions, les modules cristallins sont privilégiés car leurs rendements sont meilleurs notamment avec un ensoleillement direct. Les panneaux à couches minces sont quant à eux utilisés lorsque la lumière est diffuse comme en Bretagne.

Dans le cadre de cette étude, il est intéressant de s'attarder sur la technologie de panneaux à couche mince (Cdte). L'ADEME préconise l'utilisation de cette technologie en Bretagne. Des comparaisons ont été faites entre la technologie à couche mince (Botmeur, 29) et les panneaux polycristallins (Loqueffret, 29), plus répandus en France. Ces études comparatives réalisées en 2008 et 2010 n'ont pas pris en compte l'évolution de la technologie sur couches minces qui n'est pas encore mature. On peut préconiser l'installation de ce type de panneau sur le territoire qui en quelques années de développement a rattrapé, en termes de rendement, la technologie plus classique et moins adapté au territoire Breton.

Dans le cadre de cette étude, le panneau considéré est un panneau de type couches minces Calyxo CX3 80¹. Il a été choisi pour dimensionner les installations et réaliser les calculs que vous retrouverez dans les parties suivantes. Sa dimension est de 1200x600 mm pour une puissance de 80W.

¹ Panneau Calyxo CX3 : http://www.calyxo.com/files/555-corporateOne/downloads/datasheet/cx3/calyxo_datenblatt_fr_85.pdf

2. Les centrales photovoltaïques au sol

La technologie photovoltaïque peut être aussi bien appliquée à l'échelle individuelle qu'à l'échelle industrielle avec la mise en place de centrales. On retrouve alors les centrales sur toiture de type agricole, commerciale ou industrielle mais aussi au sol.

Les centrales au sol sont composées de plusieurs dizaines de tables regroupant plusieurs panneaux photovoltaïques. Chacune d'entre elles est ensuite reliée à un onduleur qui va permettre de transformer le courant continu produit en courant alternatif pour être enfin injecté dans le réseau. Les centrales au sol ont généralement une puissance supérieure à 250 kilowatt crête (kWc) cependant des panneaux peuvent être installés à l'échelle individuelle de la même manière.

Pour les centrales au sol, il existe différentes procédures en fonction de la puissance de l'équipement (Source: photovoltaïque.info).

<i>Puissance > 3kWc</i>	Si hauteur < 1,80 m	Aucune autorisation
	Si dans secteur préservé	Déclaration préalable
	Si hauteur > 1,80 m	Déclaration préalable
<i>Puissance < 250 kWc</i>	-	Déclaration préalable
	Si dans secteur préservé	Permis de construire
<i>Puissance > 250 kWc</i>	-	Permis de construire Étude d'impact Enquête publique

Tableau 2: Procédure d'installation de centrale au sol

En Bretagne, des projets de centrales photovoltaïques au sol ont vu le jour, notamment à Lannion dans les Côtes d'Armor où une parcelle de 5,5 hectares accueille près de 2,7 MW de panneaux solaires photovoltaïques.

Ces centrales sont de puissance importante puisque les investisseurs vont chercher une forte rentabilité. Ainsi, avec la baisse des prix de rachat par EDF, il est plus intéressant d'aller chercher de grandes surfaces afin d'installer le maximum de panneaux photovoltaïques. De plus il existe de nombreuses contraintes qui limitent l'installation de centrales sur le territoire.

Des contraintes à prendre en compte

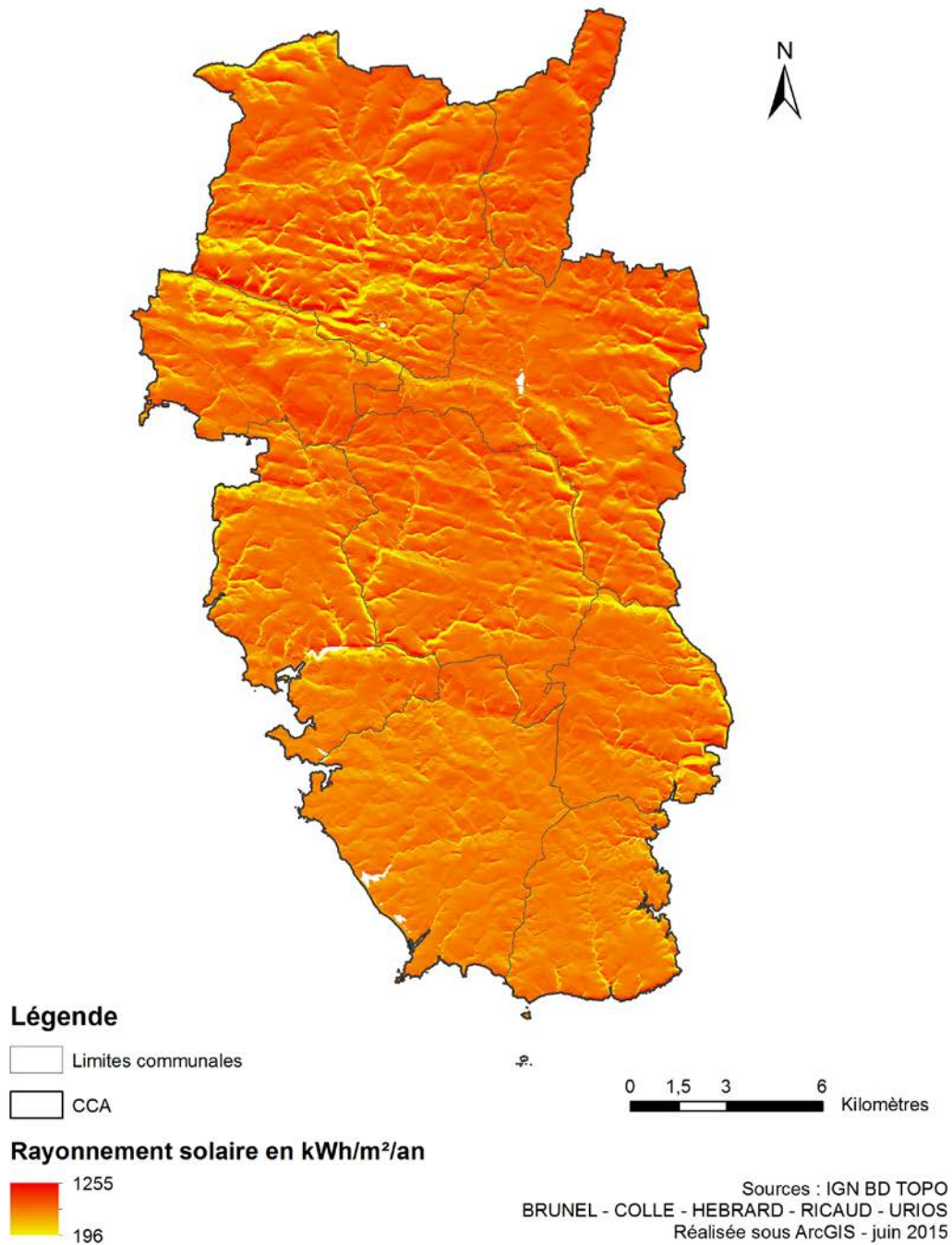
Des contraintes physiques

Dans la suite de l'étude il est intéressant de mettre en avant toutes les contraintes qui peuvent affecter un projet de centrale photovoltaïque au sol. Dans un premier temps il est nécessaire de s'attarder sur le rayonnement, l'exposition ainsi que la pente d'un terrain.

Rayonnement

Afin d'étudier le potentiel photovoltaïque sur le territoire, il est nécessaire dans un premier temps d'avoir un rayonnement incident que nous avons pu calculer à l'aide d'un logiciel SIG ArcGis. Ce rayonnement varie entre 196 kWh/m²/an et 1255 kWh/m²/an. Pour la suite de cette étude nous garderons seulement les zones où cette valeur est supérieure à 1100 kWh/m²/an afin d'avoir une rentabilité maximale.

RAYONNEMENT SOLAIRE ANNUEL SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Carte 1 : Rayonnement solaire sur le territoire de CCA

Exposition

Dans la suite de notre étude, nous avons fait le choix d'éliminer les terrains orientés nord. Afin d'avoir un rendement maximal, les panneaux photovoltaïques doivent être orientés en direction du sud.

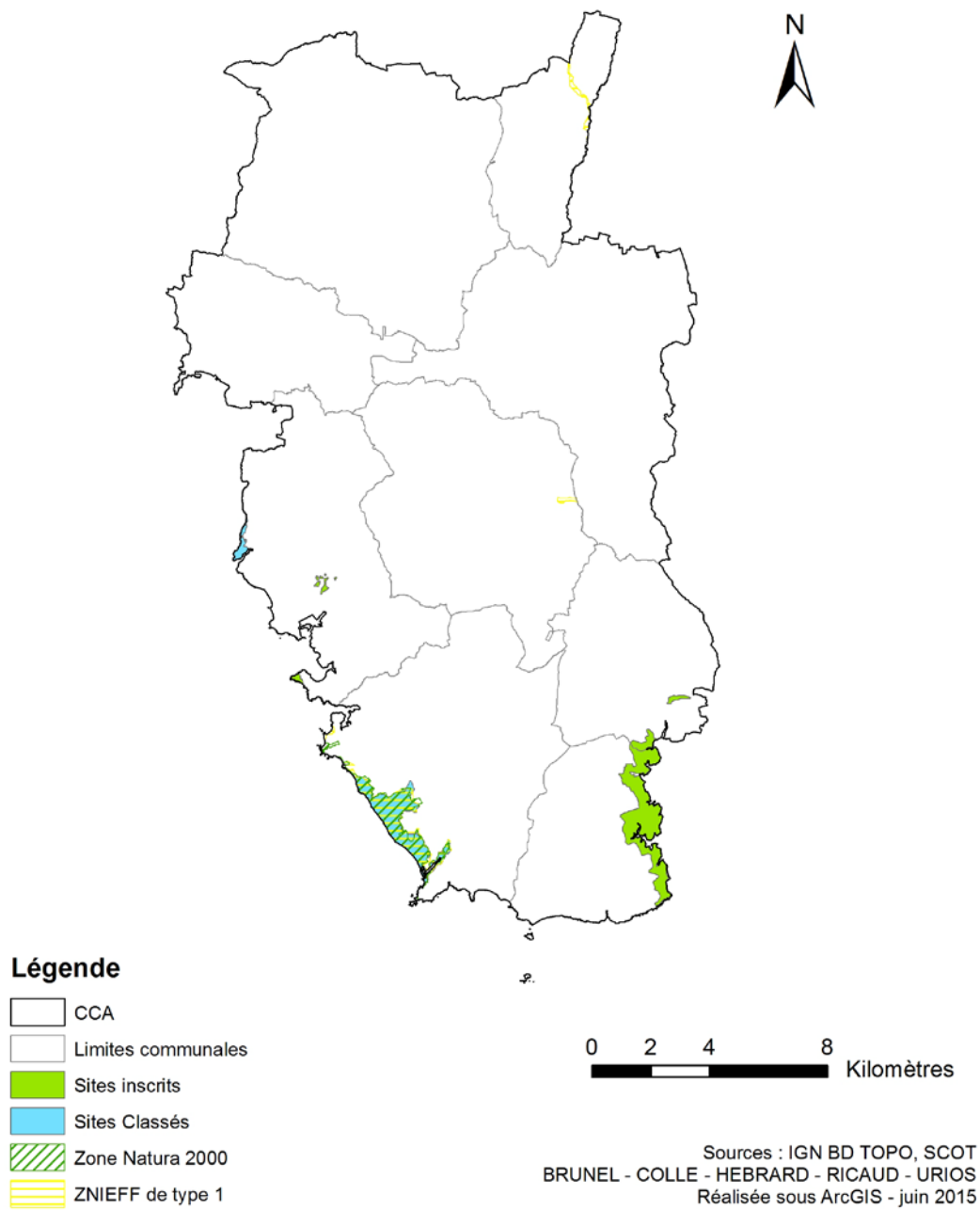
Pentes

Dans le but de faciliter une telle installation, seuls les terrains dont la pente est faible seront conservés. C'est pour cela que nous avons exclu les zones dont la pente est supérieure à 15%. On estime qu'au-delà de cette pente, le surcoût du génie civil (terrassement) entraînerait une forte augmentation de l'investissement financier.

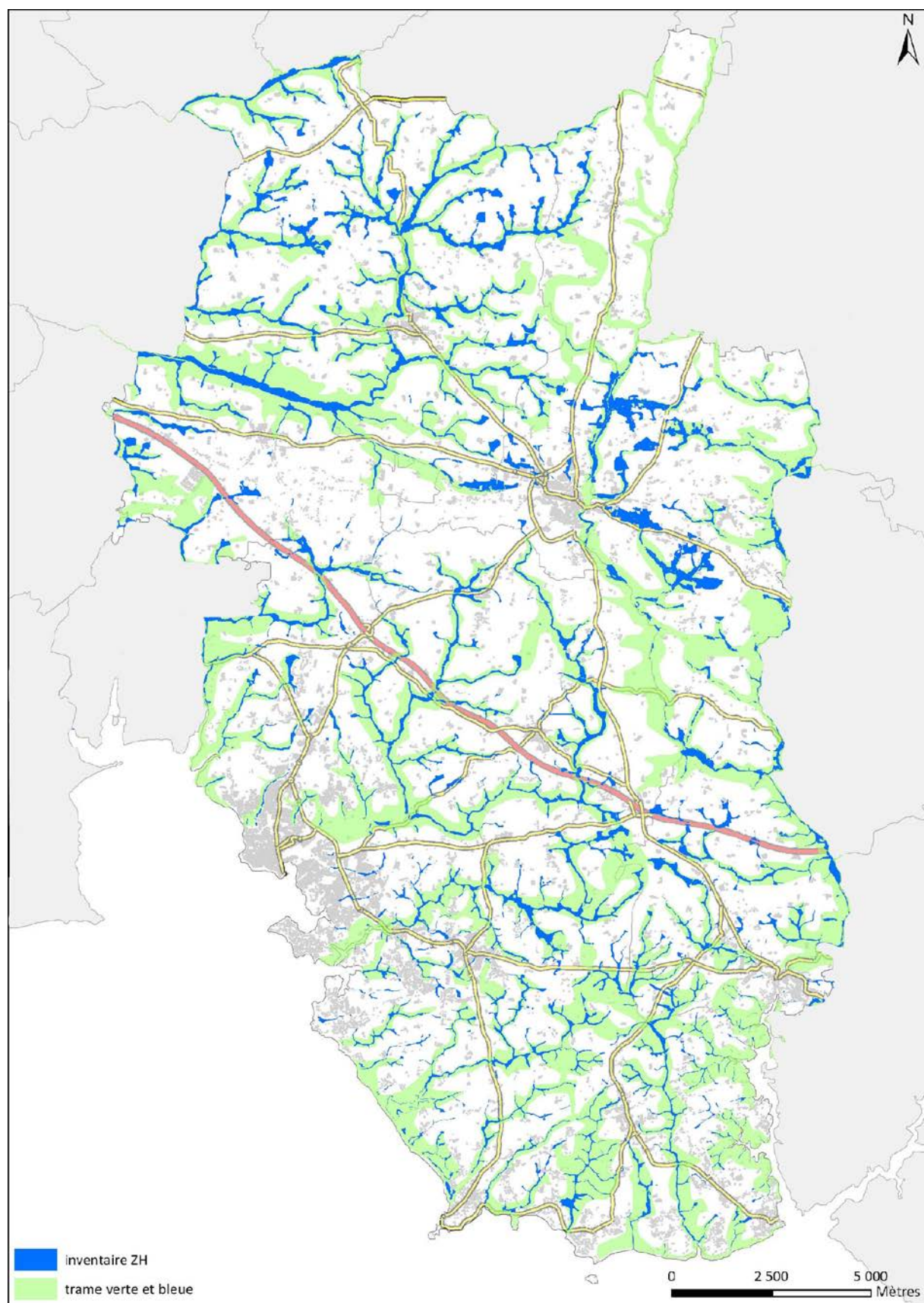
Des contraintes environnementales

Il existe également des contraintes environnementales sur le territoire. En effet des zones sont soumises à des réglementations qui interdisent toutes installations de centrale. On retrouve notamment les zones Natura 2000, les arrêtés de Biotopie, les sites classés et inscrits, les ZNIEFF de type 1 et 2, les zones humides ainsi que la trame verte et bleue issues du Schéma Régional de Cohérence Ecologie (SRCE) et du Schéma de Cohérence Territorial.

ZONES DE PROTECTION DU PATRIMOINE NATUREL



Carte 2 : Contraintes environnementales sur le territoire de CCA



Carte 3 : Trame Verte et Bleue et inventaires des Zones Humides (Carte issue du SCoT)

Des risques naturels à prendre en compte

Certaines zones sont soumises à des aléas qui ne permettent pas de mettre en place des centrales au sol.

Le Plan de Prévention des Risques d’Inondation

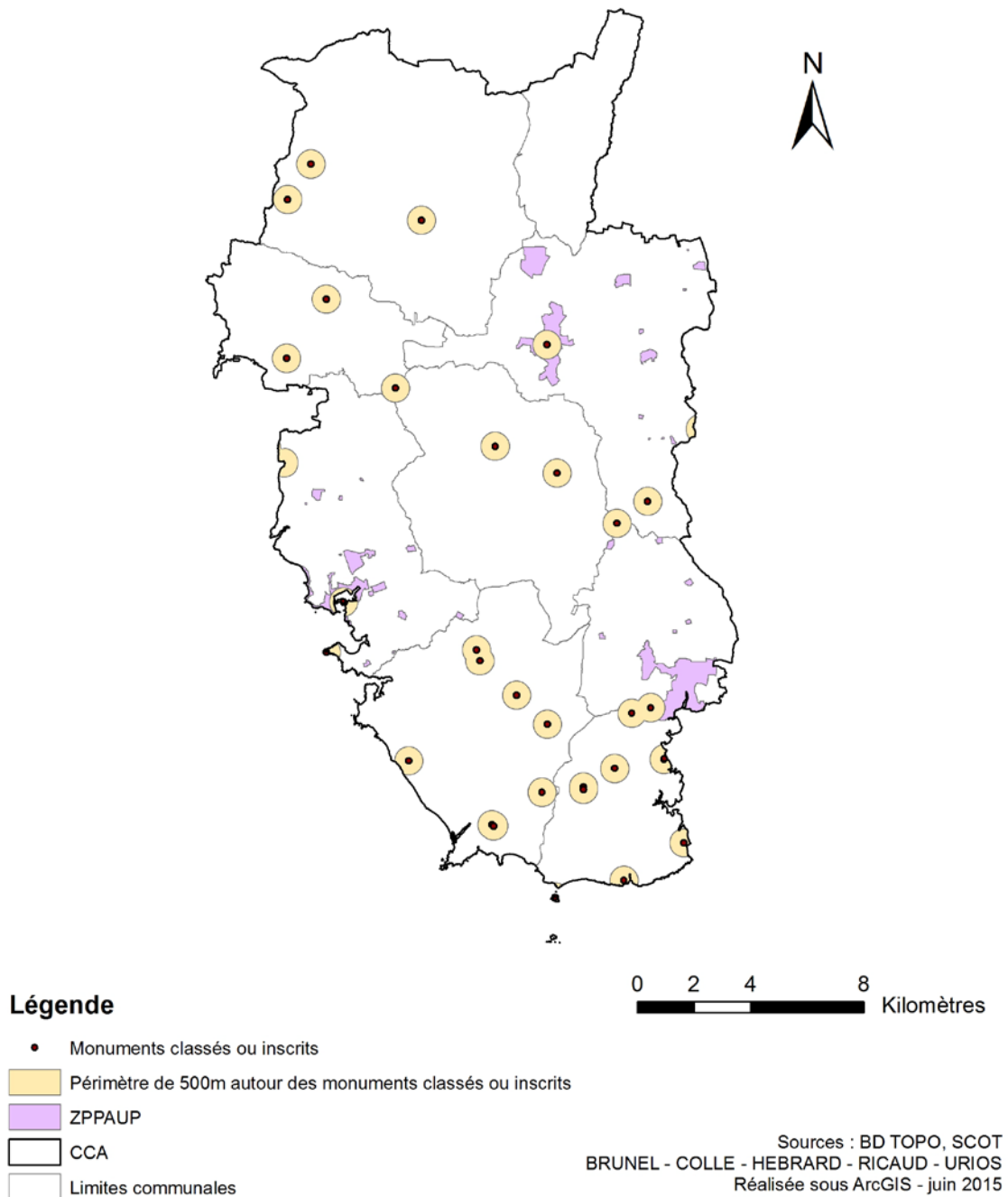
Aujourd’hui le Plan de Prévention des Risques d’Inondation (PPRI) relatif aux communes de Rosporden et Pont Aven est en révision, il existe un PPRI datant de 2001 abrogé en 2008 par un arrêté préfectoral n°2008-2052. Il sera nécessaire de revoir cette contrainte pour l’installation d’une centrale photovoltaïque lorsque le nouveau document sera effectif.

Un territoire à risque important d’inondation (TRI) a été défini sur le territoire de Quimper – Sud Finistère qui comprend la commune de Concarneau. Les mesures de protection qui découleront restent à définir.

Un patrimoine bâti présent

Sur le territoire, le bâti patrimonial doit être pris en compte, notamment quand il est protégé par la loi ou les documents d’urbanismes. On retrouve ainsi des zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP) à Concarneau, Rosporden et Pont-Aven, et de nombreux périmètres de 500 mètres autour des monuments historiques classés et inscrits.

ZONES DE PROTECTION DU PATRIMOINE ARCHITECTURAL



Carte 4 : Zones de protection du patrimoine bâti architectural (Sites classés et inscrits)

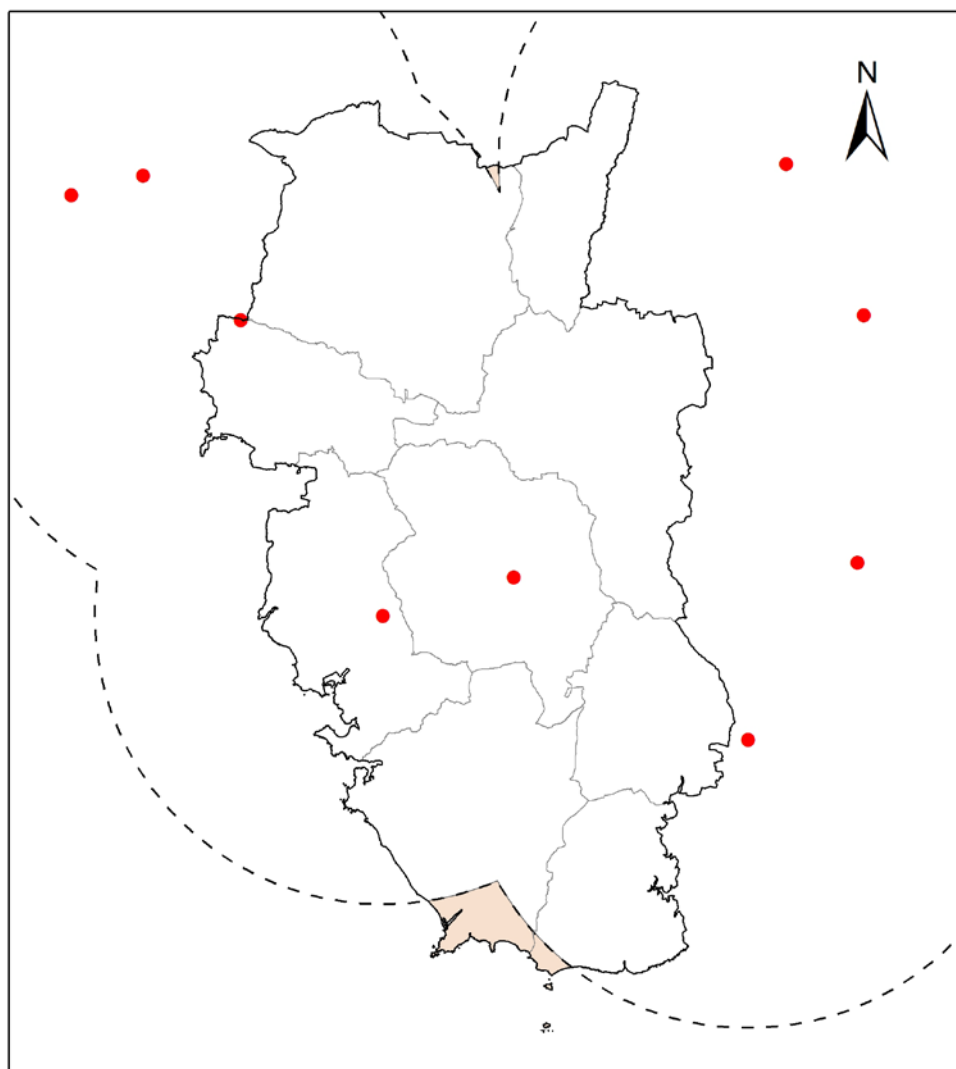
Des contraintes techniques

Il existe des conditions techniques qui permettent l'installation d'une centrale photovoltaïque sur le territoire. Il est nécessaire de prendre en compte des données particulières notamment la proximité aux zones de raccordement et des voies de communication (l'ensemble du territoire répond à cette condition). Leurs proximités faciliteront l'accès à la parcelle et donc l'intervention du Génie Civil.






Les postes de transformation

Dans le but de créer une centrale photovoltaïque il faut tenir compte des postes de transformation sur lesquels il sera possible de se raccorder. Dans une optique de rentabilité, afin d'éviter les surcoûts de travaux de raccordement, il est important de considérer la distance jusqu'à ces postes. Pour cela nous avons établi un périmètre de 10 km autour de ces derniers, distance à partir de laquelle les porteurs de projets évitent d'investir. Les terrains en dehors de cette zone sont exclus.

ÉLIGIBILITÉ DU TERRAIN EN FONCTION DU RACCORDEMENT AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE



Légende

-  CCA
-  Limites communales
-  Postes source
-  Périmètre de 10 km autour des postes source
-  Zones non éligibles

0 2 4 8 Kilomètres

Sources : IGN BD TOPO
BRUNEL - COLLE - HEBRARD - RICAUD - URIOS
Réalisée sous ArcGIS - juin 2015

Carte 5 : Raccordement aux postes de transformation

La surface d'une parcelle

Dans le but d'attirer des investisseurs, il est important d'avoir une surface minimale de parcelle qui permet une installation suffisante de panneaux photovoltaïques, cette dernière étant de 3 hectares. Cependant des scénarios doivent être réalisés avec différentes surfaces : supérieures à 3, 4 et 5 hectares afin d'avoir une meilleure visibilité du potentiel du territoire de CCA.

La différenciation doit être faite entre la surface totale d'une parcelle et sa surface utile qui correspond à la surface qui sera réellement utilisée pour l'installation de panneaux photovoltaïques. La surface utile comprend l'emprise au sol des tables sur lesquelles vont être posés les panneaux ainsi que la distance qui les sépare. Il faut alors supprimer la surface occupée par les chemins de manœuvre et de maintenance, les aires de stationnements ainsi que les réseaux de raccordement (poste, câbles). On considère que la surface utile correspond aux 2/3 de la surface totale de la parcelle.

Les parcelles utilisables

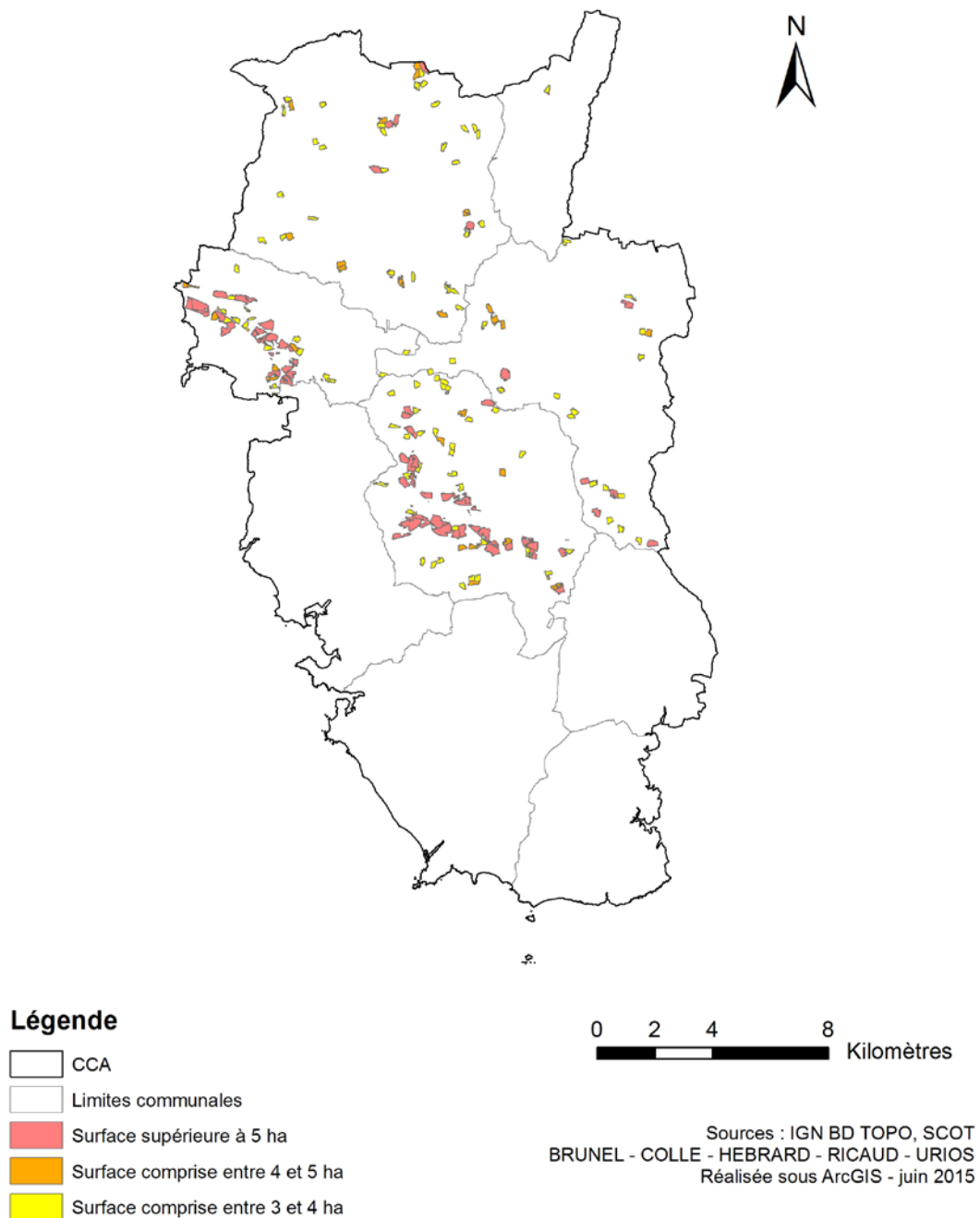
Après avoir énoncé toutes les contraintes précédentes, la nature du sol sur laquelle sera installée une centrale photovoltaïque doit être prise en compte. C'est un critère important à considérer sur le territoire de CCA où elles sont majoritairement présentes. C'est donc un enjeu fort à respecter pour que les parcelles agricoles et terres arables ne rentrent pas en concurrence avec la production d'énergie. Ces espaces représentent près de 80% de la surface totale du territoire.

Dans un premier temps, une restriction du sol en fonction de sa nature a été réalisée. Ainsi nous avons réduit la ressource en enlevant les zones agricoles et urbaines afin de garder seulement des espaces exploitables. Après cette première restriction il ne reste que les landes et broussailles, cependant aucune des parcelles de ce type ne sont exploitables aux vues des précédentes contraintes. Il faut donc s'attarder sur les zones de prairies et agricoles.

Différents scénarios de mise en place

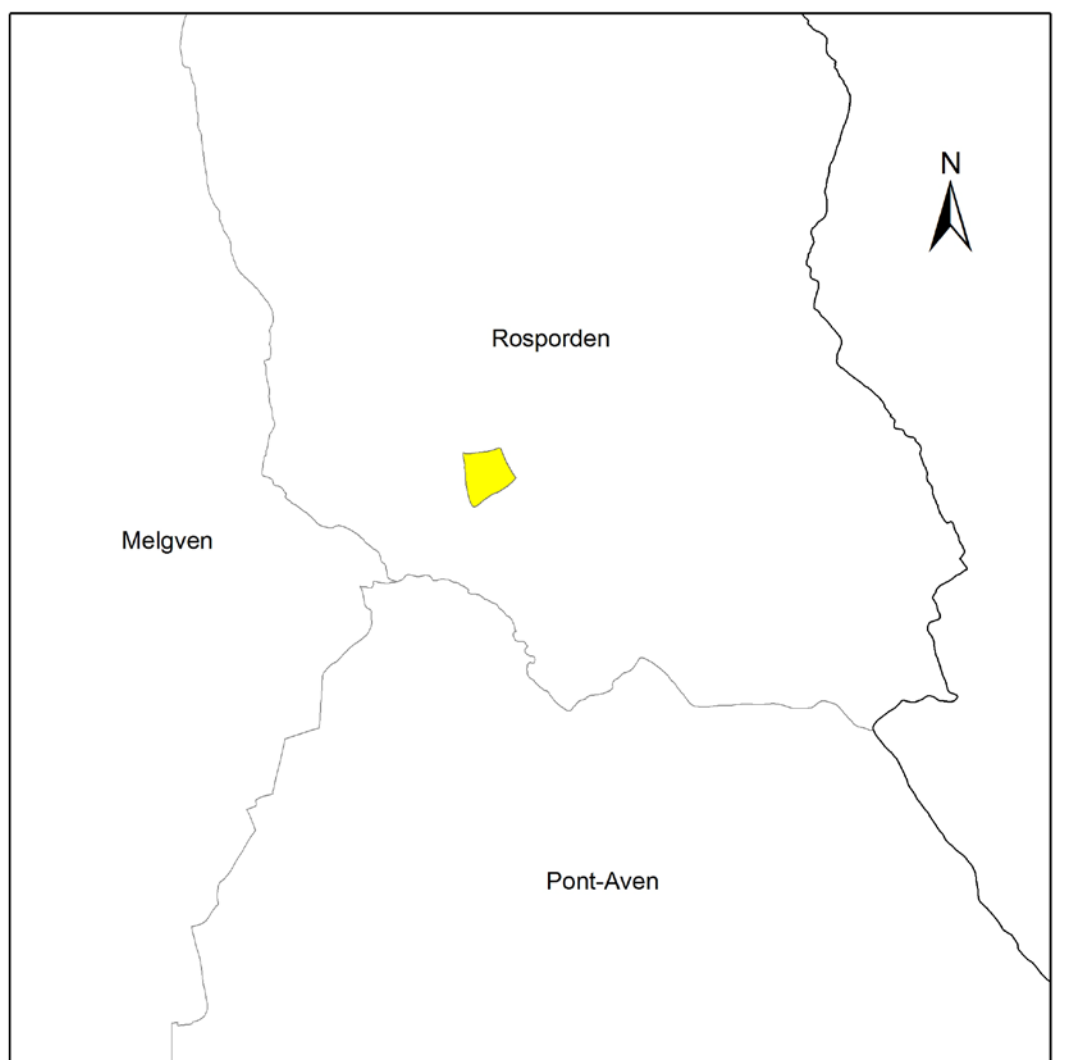
Différents scénarios sont mis en place afin de représenter le gisement potentiel en photovoltaïque au sol. Pour cela nous allons utiliser les différentes surfaces de parcelles exprimées précédemment (3, 4 et 5 hectares). Ensuite deux cas précis seront étudiés : l'utilisation des parcelles agricoles puis des parcelles dites de prairies. En effet, pour représenter toutes les zones potentielles pour l'accueil de centrales au sol, tout l'espace agricole doit être considéré. Dans le but d'éviter tout conflit d'intérêt entre les terres arables et la production d'énergie, il est utile de se focaliser, en premier lieu, sur les zones de prairies, dont les pratiques d'élevage de petit bétail peuvent être compatibles avec une centrale solaire.

PARCELLES AGRICOLES ÉLIGIBLES SUR LE TERRITOIRE DE CCA






Carte 6 : Parcelles agricoles éligibles à l'installation d'une centrale au sol

PRAIRIES ÉLIGIBLES SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Légende

-  CCA
-  Limites communales
-  Surface comprise entre 3 et 4 ha

0 0,25 0,5 1 Kilomètres

Sources : IGN BD TOPO, SCOT
BRUNEL - COLLE - HEBRARD - RICAUD - URIOS
Réalisée sous ArcGIS - juin 2015

Carte 7 : Parcelles de prairie éligibles à l'installation d'une centrale au sol

En définitive, il est possible d’obtenir un gisement potentiel pour la technologie photovoltaïque au sol en fonction de ces différents scénarios. Afin de déterminer le potentiel de production en GWh/an, nous utilisons un logiciel nommé PVSol¹ disponible en ligne.

➤ Résultats

	Surfaces considérées	Surface totale (ha)	Puissance totale (MW)	Potentiel de production (GWh/an)
Agricole	➤ 5ha	465	145,9	162
	➤ 4ha	587	184,2	205,5
	➤ 3ha	907	284,5	317
Prairie	➤ 5ha	0	0	0
	➤ 4ha	0	0	0
	➤ 3ha	4	1,3	1,5

Tableau 3 : Potentiel photovoltaïque au sol des parcelles du territoire de CCA

On remarque alors que le potentiel en photovoltaïque sur le territoire de CCA s’élève à près de **317 GWh/an**. Ce chiffre relativement élevé aboutirait à la réduction de la surface agricole du territoire. Comme nous avons pu l’énoncer précédemment, il y aurait une concurrence avec les espaces agricoles.

Les limites de cette technologie doivent être prises en compte. Il existe un potentiel d’installation de centrales au sol mais leurs implantations sur le territoire iraient à l’encontre des divers documents d’urbanisme tel que le SCoT. La création de telles installations devra respecter les recommandations de ces documents et donc limiter au maximum leur impact sur le territoire (destruction de haies, talus..).

La création de certaines centrales solaires photovoltaïques permettent le pâturage du petit bétail entre et sous les rangées de panneaux. Par exemple, le parc d’Ortaffa en Languedoc Roussillon a été aménagé de façon à permettre cette activité tout en sauvegardant les haies, talus et chemins existants afin de préserver le paysage.

¹ PV Potential Estimation Utility : <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

3. Photovoltaïque sur toiture

Des panneaux photovoltaïques peuvent être installés sur les toitures, aussi bien individuelles, collectives que sur des toitures commerciales, industrielles ou agricoles. L'électricité produite en courant continu devra par la suite passer par un onduleur afin d'être transformée en courant alternatif. Cette disposition permet l'utilisation de l'électricité produite à la fois au niveau local, en autoconsommation (injection dans le réseau du bâtiment), ou bien par vente à des fournisseurs d'énergie par injection dans le réseau national.

Au point de vue individuel, il existait des aides financières, notamment le crédit d'impôt mais qui a été supprimé par la loi de finance pour 2014. Des aides locales peuvent être mise en place mais il n'en existe pas pour le territoire à ce jour.

Tout comme pour la création de centrales, l'installation de panneaux sur toiture requiert des conditions particulières.

Dans un premier temps, il sera intéressant de s'attarder sur le potentiel photovoltaïque des toitures individuelles puis d'étudier les toitures des bâtiments commerciaux, industriels et agricoles.

Installation sur les toitures individuelles

Des contraintes à prendre en compte

Des contraintes physiques

Pour ce type de projet la contrainte du rayonnement doit être prise en compte, de la même manière que pour l'exercice précédent (Voir carte n°1).

Les masques solaires:

On appelle effet de masque le phénomène d'ombrage qui peut exister entre plusieurs bâtiments situés à proximité. Ceux-ci peuvent alors jouer le rôle d'un « masque » et cacher, par moment, le soleil aux immeubles voisins. Ce phénomène est évidemment à prendre en compte lorsque l'on s'intéresse à la rentabilité d'une future installation solaire et donc, le cas échéant, au gisement solaire du bâti du territoire de CCA. Deux paramètres influencent l'effet de masque d'un bâtiment: sa distance angulaire et son orientation. (cf. méthodologie en annexe)

Des contraintes réglementaires

Ces équipements sont soumis essentiellement aux réglementations des ZPPAUP et monuments classés et inscrits où une autorisation des Architectes des Bâtiments de France (ABF) est requise. D'autres documents d'urbanisme peuvent instaurer des contraintes quant à l'installation de panneaux solaires.

Au-delà de 3 kWc par tranche de 100m² habitables, l'installation photovoltaïque sur toiture n'est plus considérée comme installation domestique. Elle est donc soumise à de nouvelles réglementations (impôts sur le revenu...). Dans le cadre de cette étude, la puissance installable par bâtiments est limitée à 3 kWc.

Il existe aussi des contraintes environnementales sur le territoire. En effet des zones sont soumises à ces réglementations. On retrouve notamment les sites classés et inscrits et zone Natura 2000.

Des contraintes techniques

À cela s'ajoute des contraintes techniques liées au bâti sur lequel ces panneaux seront installés ainsi qu'au phénomène de masque solaire.

Les types de bâtiment:

Le bâti sur le territoire breton varie en fonction des différentes époques de construction, ainsi la surface disponible sur les toitures pour installer des panneaux photovoltaïques doit être déterminée.

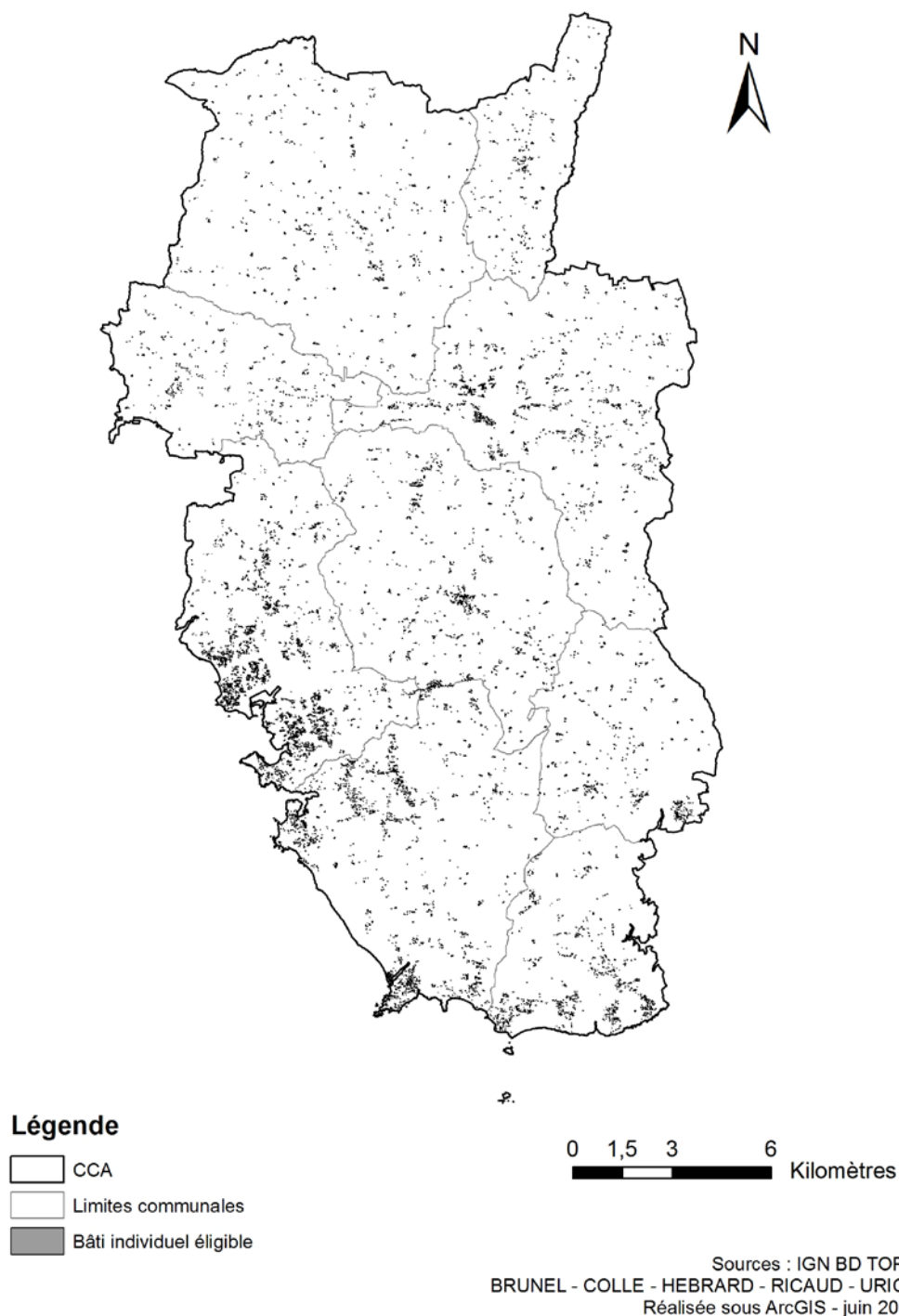
Pour cela nous avons réalisé une typologie du bâti sur l'ensemble du territoire de CCA afin d'exclure les surfaces de toiture inutilisables pour la mise en place d'équipements. (cf. annexe) Ici les bâtiments commerciaux, industriels et agricoles ne sont pas pris en compte.

Ainsi, on estime que seulement 32% de l'emprise au sol des bâtiments peut être utilisée pour installer des panneaux photovoltaïques.

Orientation du bâti:

Pour une rentabilité maximale, l'orientation de la toiture du bâti indifférencié doit être prise en compte. Les bâtiments dont un pan de toiture est orienté au sud (plus ou moins 30°) sont sélectionnés (cf. méthodologie en annexe).

ENSEMBLE DU BÂTI INDIVIDUEL ÉLIGIBLE SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Carte 8 : Ensemble du bâti éligible à l'installation de panneaux photovoltaïques individuels sur CCA

Une ressource importante

Grâce au logiciel de cartographie ArcGIS, les différentes contraintes s'appliquant sur le bâti existant du territoire de CCA ont pu être prise en compte. Après avoir affiné la sélection on obtient la carte précédente. Cette dernière nous permet d'étudier la ressource présente sur l'ensemble des bâtiments :

	Nombre de panneaux	Surface totale de panneaux (m ²)	Puissance totale (MW)	Production estimée (GWh/an)
Bâti individuel	273 063	196 605	21,8	24,1

Tableau 4 : Potentiel photovoltaïque sur les toitures individuelles

On remarque alors que la ressource est abondante menant à une production potentielle importante. Cependant l'exploitation de la totalité de ce gisement sous-entend un jeu d'acteur complexe. En effet, toutes les toitures éligibles sont présentes dans le calcul de production ce qui équivaut à un grand nombre de propriétaires sur l'ensemble du territoire. Ainsi, il est difficile d'influencer fortement le développement de cette technologie au point de vue individuel. De plus, de nombreuses aides dont le crédit d'impôt au niveau national ont été supprimées, ce qui rend l'installation plus contraignante pour les propriétaires.

*Installation sur les toitures commerciales, industrielles et agricoles**Des contraintes à prendre en compte**Des contraintes physiques*

Pour ce type de projet la contrainte du rayonnement doit être prise en compte, de la même manière que pour l'exercice précédent (Voir carte n°1).

Des contraintes réglementaires

On considère les mêmes contraintes réglementaires que pour les toitures individuelles.

Une installation est soumise à des réglementations particulières en fonction de sa puissance. Au-delà de certaines puissances, des démarches administratives sont nécessaires afin d'obtenir des contrats de raccordement et d'achat. Ces dernières peuvent varier en fonction du régime de l'investisseur.

Des contraintes environnementales

On considère les mêmes contraintes environnementales que pour les toitures individuelles.

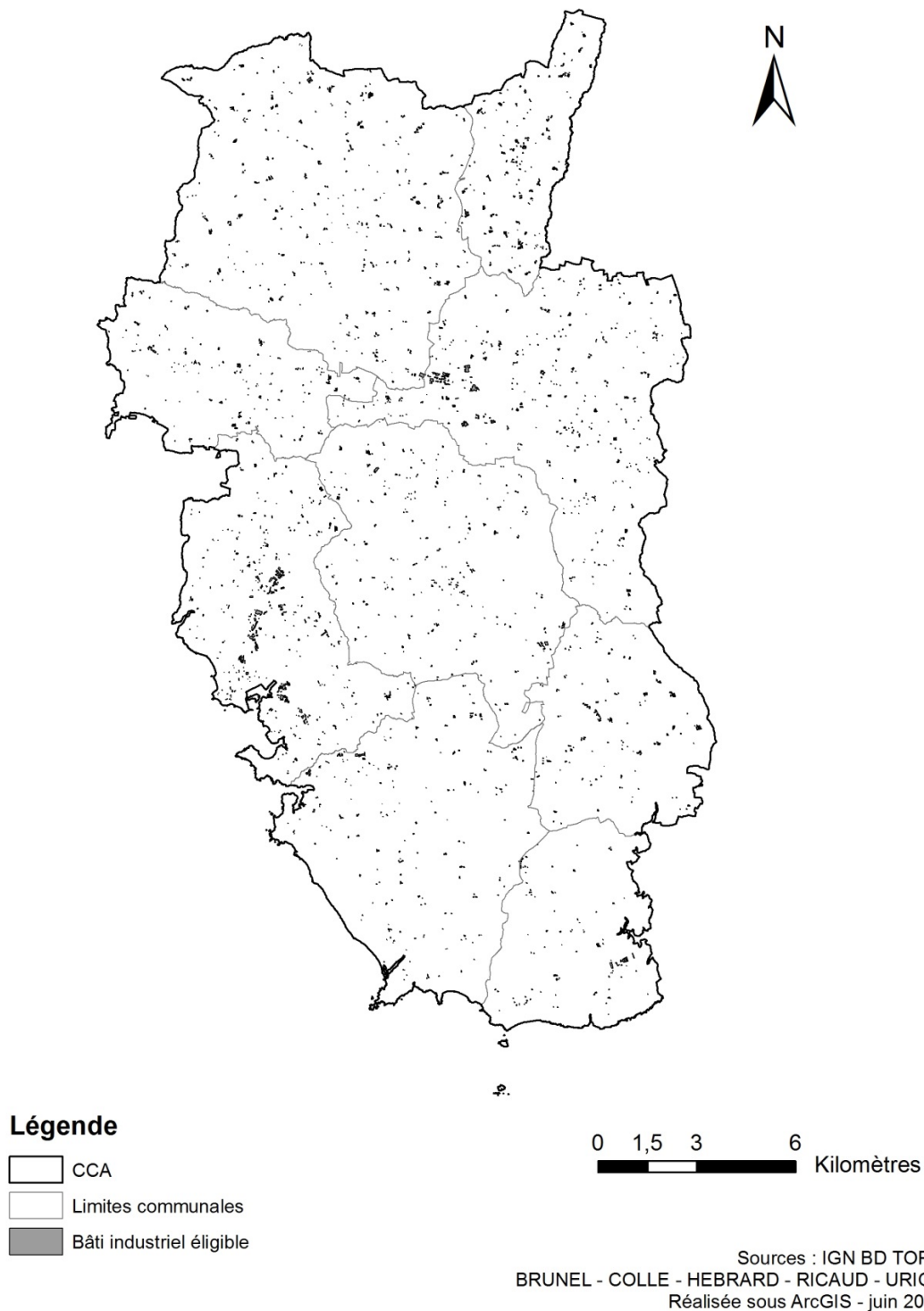
Des contraintes techniques

Aux contraintes précédentes s'ajoutent des contraintes techniques, liées au bâti, sur lequel ces panneaux vont être installés. Dans cette partie, les masques solaires ne sont pas considérés. Compte tenu des surfaces plus importantes de ces toitures, seule une partie sera ombragée et donc inutilisable. Cependant le reste de la toiture sera quant à elle disponible.

Tout comme pour les toitures individuelles, la surface utile des toitures industrielles, commerciales et agricoles doit être déterminé. En effet, il n'est pas possible d'utiliser 100% de la toiture, ainsi 28% de la surface totale est supprimée car elle correspond aux zones de maintenance, ventilation et ombragée. À cela, nous devons aussi ajouter que sur les bâtiments à toit plat, les panneaux doivent

être exposés au sud avec un angle de 30°. Ils doivent alors être installés sur des supports. Ces derniers engendrant des ombres portées, un espacement de trois fois la hauteur sera nécessaire entre les rangées de panneaux (cf. annexe).

ENSEMBLE DU BÂTI INDUSTRIEL ÉLIGIBLE SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Carte 9 : Ensemble du bâti industriel, agricole et commercial éligible à l'installation de panneaux solaires photovoltaïques sur CCA

Une ressource importante

Grâce au logiciel de cartographie ArcGIS, les différentes contraintes sur le bâti existant du territoire de CCA ont pu être considérées. Après avoir affiné la sélection on obtient la carte précédente. Cette dernière nous permet d'étudier la ressource disponible sur l'ensemble des bâtiments :

	Nombre de panneaux	Surface totale de panneaux (m ²)	Puissance totale (MW)	Production estimée (GWh/an)
Bâti industriel agricole et commercial	700 100	504 072	56	62,3

Tableau 5 : Potentiel photovoltaïque sur des toitures industrielles, agricoles et commerciales

On remarque une ressource importante pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures industrielles, agricoles et commerciales, ce qui pourrait représenter une production de **62,3 GWh/an**. Tout comme le photovoltaïque sur les toitures individuelles, il existe ici un jeu d'acteur important mais cependant moins contraignant. En effet les surfaces sont plus importantes pour un nombre de bâtiments inférieurs et donc par conséquent de propriétaires. De plus, le bâti appartient à des entreprises ou exploitants agricoles qui peuvent avoir des ressources financières plus importantes pour l'investissement.

Le photovoltaïque en centrale a un potentiel de production de **317 GWh** mais qui entrainerait, s'il était totalement exploité, un conflit entre la production énergétique et la filière agricole du territoire.

Du point de vue des toitures, on retrouve des surfaces importantes qui permettraient une production de **24,1 GWh** sur le bâti individuel tandis que sur le bâti industriel, agricole et commercial la production potentielle s'élèverait à **62,3 GWh**. L'implantation sur ces surfaces sous-entend un jeu d'acteur complexe, c'est pourquoi il peut être difficile à entreprendre.

II. LE SOLAIRE THERMIQUE

1. Qu'est-ce que la technologie solaire thermique ?

La technologie solaire thermique permet la conversion de l'énergie issue du rayonnement solaire en chaleur. Les panneaux, généralement placés sur le toit, captent l'énergie du rayonnement solaire et la transmettent à un liquide caloporteur (qui a la propriété de transporter la chaleur) sous forme de chaleur. Ce dernier circule dans un circuit fermé entre les panneaux et le chauffe-eau solaire, ou ballon solaire. C'est dans ce celui-ci que la chaleur du liquide caloporteur sera transférée vers l'eau qu'il contient. Une chaudière d'appoint est nécessaire pour chauffer l'eau lorsque l'apport en chaleur des panneaux solaires est insuffisant pour répondre aux besoins de l'habitation.

On distingue deux grands types d'installation qui dépendent de l'utilisation qui est faite de l'eau chauffée. Le CESI, chauffe-eau solaire individuel qui, comme son nom l'indique, a pour but de répondre aux besoins en eau chaude sanitaire de l'habitation. On estime que ce système permet de couvrir de 40 à 70% des besoins en eau chaude sanitaire. Le second type d'installation est le système solaire combiné ou SSC. Son fonctionnement est similaire à celui du CESI à l'exception près qu'il couvre aussi une partie des besoins de chauffage du logement. Le réseau de chauffage est donc raccordé au ballon solaire et le nombre de panneaux installés sur le toit est plus important. On estime qu'il peut couvrir jusqu'à 60% des besoins en eau chaude sanitaire et en chauffage d'une habitation.

Il existe trois grands types de panneaux solaires thermiques ou capteur thermique. Le choix de la technologie dépend du climat de la zone dans laquelle ils sont installés. Seuls les capteurs vitrés sont adaptés au climat tempéré de la France métropolitaine, le panneau forme une sorte de serre vitrée qui va chauffer le liquide caloporteur passant en dessous. Les capteurs sous vide sont utilisés dans les régions froides alors que les capteurs « moquettes » sont préférés dans les régions chaudes, DOM TOM notamment.

Composition et fonctionnement d'un panneau solaire thermique vitré :

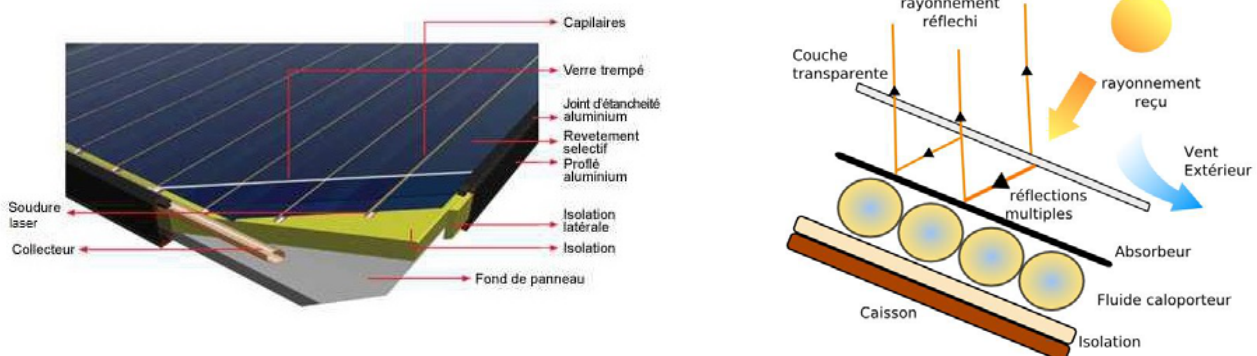


Figure 5 : Fonctionnement et composition d'un panneau solaire thermique (Sources: boutique-solaire-diffusion.eu et infoenergie69.org)

2. Des contraintes à prendre en compte

Les contraintes appliquées sur les installations solaires thermiques sont identiques à celles relatives aux installations photovoltaïques sur toitures individuelles. Aussi, à l'exception du dimensionnement de l'installation, qui lui varie en fonction de la technologie, la liste qui suit est similaire :

Contraintes physiques :

Comme pour tous les gisements solaires, le rayonnement a déterminé si un bâtiment était ou non éligible à l'installation de panneaux solaires thermiques. On a ici aussi sélectionné uniquement ceux situés dans des zones recevant au moins 1100 kWh/m² à l'année, considérant que la production de l'installation était trop faible si ce n'était pas le cas.

On tient également compte des effets de masque qui peuvent exister entre les bâtiments en excluant tous ceux étant susceptibles de recevoir des ombres portées.

Contraintes réglementaires :

On considère les mêmes contraintes réglementaires et environnementales que pour le photovoltaïque sur toitures individuelles.

Contraintes techniques :

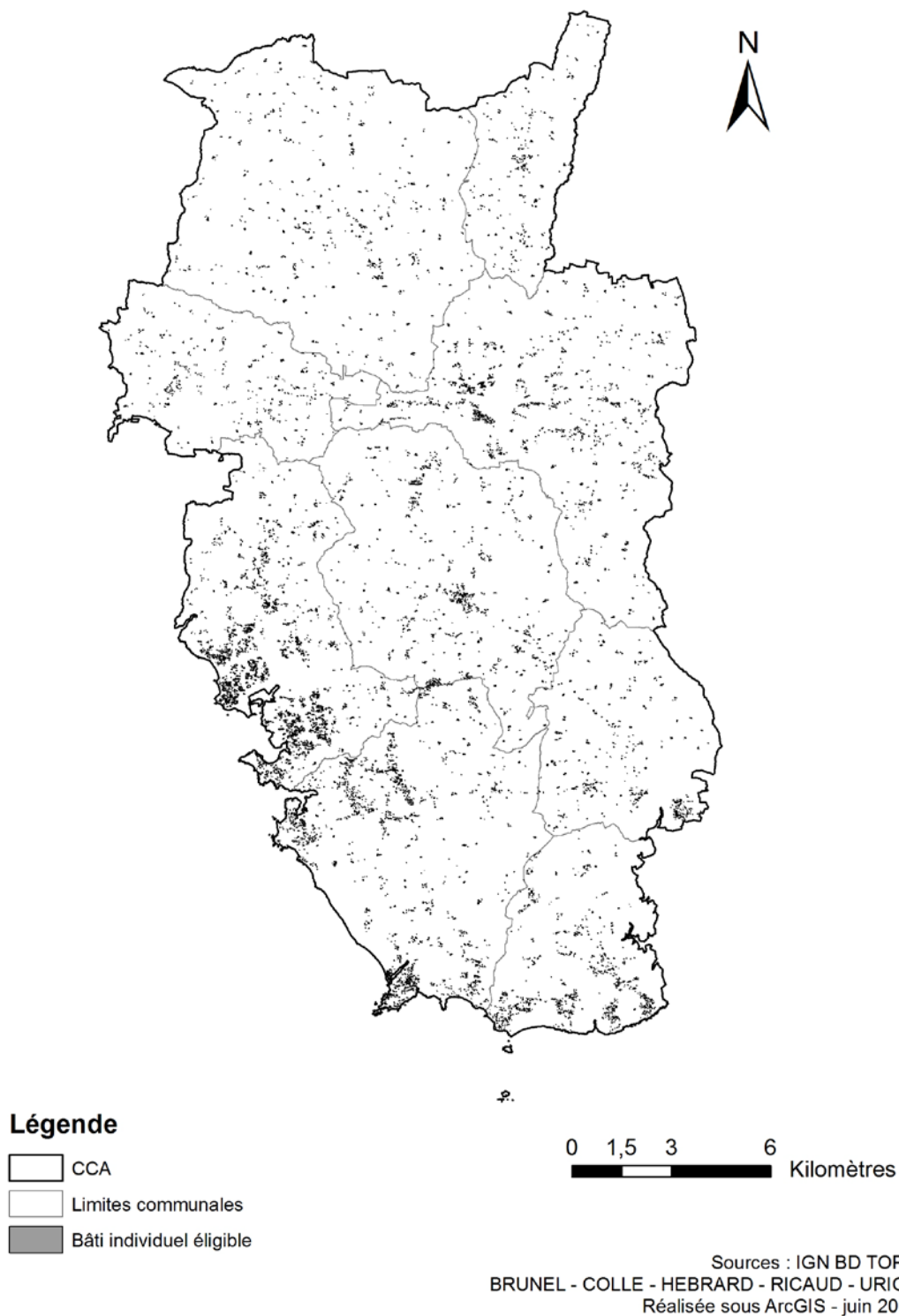
Ici aussi, pour des questions de rentabilité de l'installation, on a sélectionné uniquement les bâtiments ayant un pan de toiture orienté Sud, à plus ou moins 30°.

On considère également la même part de surface de toiture comme utile à l'installation de panneaux solaires.

Enfin, travaillant sur une base de donnée référençant le bâti existant, le choix a été fait de simuler l'installation de systèmes CESI dont la mise en place, en plus de celle des panneaux, ne nécessite en rénovation que le remplacement du chauffe-eau traditionnel. Le prix est donc moins élevé que l'installation d'un système SSC qui nécessite également le remplacement du système de chauffage. Ce dernier sera par contre privilégié pour des installations sur construction neuves.

Considérant la taille moyenne des ménages du Finistère et les besoins en eau chaude sanitaire de ces derniers, on dimensionne l'installation de type solaire thermique à 2,5 m² de panneaux pour une production annuelle d'environ 750 kWh.

ENSEMBLE DU BÂTI INDIVIDUEL ÉLIGIBLE SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Carte 10 : Ensemble du bâti éligible à l'installation de panneaux solaires thermiques individuels sur CCA

Considérant l'ensemble du bâti éligible à l'installation de panneaux solaires thermiques et le dimensionnement nécessaire pour répondre aux besoins en eau chaude sanitaire de ces derniers, on estime que cette technologie pourrait produire environ 5,6 GWh de chaleur par an.

	Nombre de panneaux	Surface totale (m ²)	Production estimée (GWh)
Solaire thermique individuel	7 479	186 097	5,6

Tableau 6: Potentiel de production de la technologie solaire thermique sur CCA

La ressource en toiture individuelle est identique au solaire photovoltaïque individuelle cependant les puissances nécessaires sont moins importantes, ce qui explique le potentiel de production de 5,6 GWh. Aussi, on retrouve les mêmes contraintes concernant le jeu d'acteur complexe. Par contre des aides financières (crédit d'impôt) sont attribuées à cette technologie, ce qui pourrait permettre aux propriétaires d'investir. Elle reste malgré tout coûteuse car elle nécessite le changement du chauffe eau voire du système de chauffage.

Le solaire thermique intervient sur la même ressource que le solaire photovoltaïque individuel, cependant des puissances moindres sont nécessaires pour répondre aux besoins des ménages. Ainsi on peut atteindre une production potentielle de près de **5,6 GWh**. Comme pour le photovoltaïque individuel, la mise en place de tels équipements implique un nombre important d'acteurs, ce qui peut freiner son développement à grande échelle. De plus le coût important en rénovation peut être un frein supplémentaire.

II. L'ÉOLIEN

1. Qu'est-ce que la technologie éolienne ?

La technologie éolienne permet la production d'électricité à partir de l'énergie cinétique du vent. Celle-ci, captée par les pales de l'éolienne, est transformée en énergie mécanique via un rotor puis en énergie électrique grâce à un générateur. Au vu de la technologie actuelle, on estime le rendement de ces systèmes compris entre 35 et 45% (part de l'énergie cinétique du vent convertie en énergie électrique). L'éolien fait partie des technologies les plus matures en termes d'énergies renouvelables. La plage de fonctionnement d'une éolienne comprend des vitesses de vent allant de 3 à 15 m/s (5 à 90km/h), variable en fonction du modèle. Au-delà de ces vitesses la nacelle est placée en drapeau pour des raisons de sécurité et la production est stoppée. La puissance d'une éolienne évoluant comme le cube de la vitesse du vent, il est certain que sa performance dépend en grande partie de son site d'installation.

Les modèles les plus répandus sont les éoliennes à axe horizontal à 3 pales, avec rotors à vitesse variable. Ces équipements, dont le mât mesure entre 45 et 115 mètres de haut, peuvent fournir jusqu'à 3 MW de puissance par unité. Il existe des modèles plus petits appelés éoliennes individuelles. Avec un mat allant de 10 à 35 mètres de hauteur, ces modèles fournissent une puissance comprise entre 0,1 et 36 kW.

Sur le territoire de CCA, un parc éolien est, à ce jour, en cours de construction à Melgven. Trois éoliennes (mâts de 80 mètres de hauteur avec des pâles de 40 mètres de long) de 2 MW chacune pourront produire près de 11,6 GWh. En Bretagne des parcs éoliens sont créés dont certains peuvent voir le jour au sein de projets citoyens ou participatifs (BégaWatt à Béganne dans le Morbihan).

2. Éolien terrestre

Des contraintes à prendre en compte

Des contraintes physiques

Dans la suite de notre étude, toutes les contraintes qui peuvent affecter un projet éolien doivent être considérées. Dans un premier temps, on requiert un vent régulier ayant une vitesse minimale de 3 m/s.

Des contraintes environnementales

Outre les contraintes physiques énoncées précédemment, il existe des contraintes environnementales. Ainsi tout comme pour la technologie photovoltaïque, on exclut les zones Natura 2000, les arrêtés de Biotope, les sites classés et inscrits, les ZNIEFF de type 1 et 2, les zones humides et la trame verte et bleue. (cf. carte 2 et 3)

Des risques naturels à prendre en compte

Tout comme pour la technologie photovoltaïque, il existe des contraintes liées aux risques naturels dans l'installation d'éoliennes sur le territoire. Ainsi, le PPRI doit être considéré comme dans le cas des centrales solaires photovoltaïques. De la même manière, une fois que ce document sera acté, il faudra en tenir compte.

Le patrimoine bâti

Une des contraintes majeure à prendre en compte dans la mise en place de cette technologie sur le territoire est la distance au bâti. En effet, une distance minimale de 500 mètres doit être respectée entre le bâti existant et l'éolienne. C'est une des contraintes les plus importantes notamment de par la nature très diffuse du bâti sur le territoire. De la même manière, les zones de 500 mètres autour des monuments classés et inscrits seront exclues mais également les différentes zones de protection telle que la ZPPAUP.

Des contraintes techniques

Outre les contraintes citées précédemment, il existe des contraintes dites techniques pour la mise en place d'un tel équipement. Ainsi, tout comme pour le photovoltaïque, une distance maximale de 10 km aux postes de transformation doit être prise en compte pour réduire les coûts de raccordement. Les zones au-delà de cette limite seront exclues. (cf. carte raccordement n°4).

Une éolienne peut dépasser les 100 mètres de haut, aussi il faudra considérer les différentes lignes électriques présentes sur le territoire. Ainsi une zone tampon est créée autour de ces lignes afin de ne pas installer de mâts à proximité de ces dernières.

Au niveau du choix des parcelles, l'installation d'une éolienne permet la conservation de l'activité agricole déjà présente. L'emprise au sol d'un mât étant relativement faible, ainsi il est possible d'utiliser la surface restante d'une parcelle.

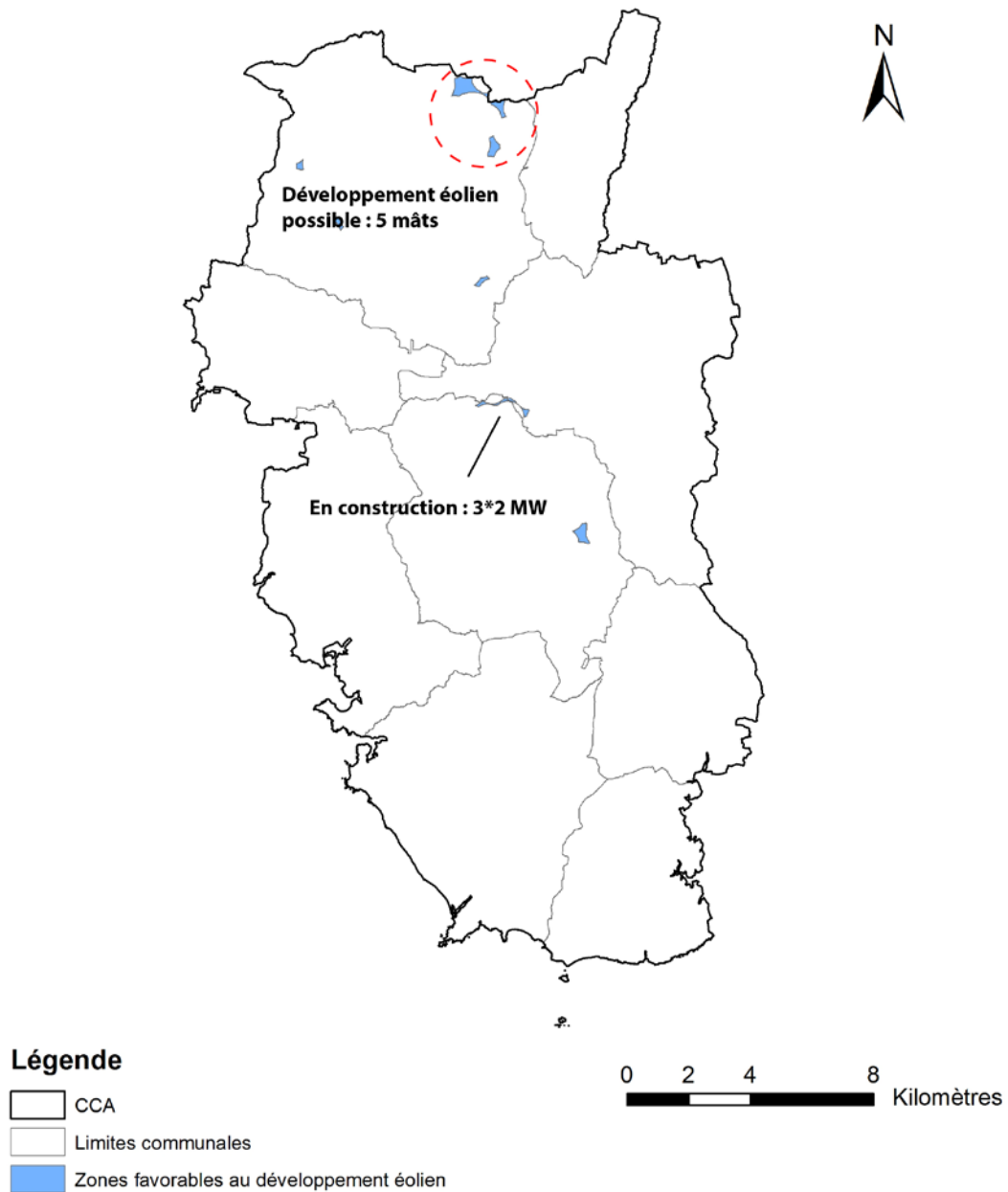
Les zones potentielles

Ces différentes contraintes nous permettent d'extraire des zones potentielles sur lesquelles il est possible d'installer des éoliennes. On retrouve les mêmes zones établies par le schéma éolien territorial.

L'étude de ce gisement s'est faite en parallèle avec celle du schéma éolien communautaire réalisée en 2009. Le but est de comparer les résultats obtenus avec ceux du schéma. On remarque des similarités entre les deux cartes.

Seul le scénario numéro 2 est aujourd'hui viable compte tenue de la distance au bâti de 500 mètres. Cependant on impute les quatre communes soumises à la loi Littoral (Concarneau, Trégunc, Névez et Pont-Aven). En effet elle empêche l'urbanisation nouvelle au-delà du bâti existant. Au vu de cette loi nous estimons impossible l'installation de parcs éoliens au sein de ces communes.

ZONES FAVORABLES AU DEVELOPPEMENT ÉOLIEN SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Sources : IGN BD TOPO
BRUNEL - COLLE - HEBRARD - RICAUD - URIOS
Réalisée sous ArcGIS - juin 2015

Carte 11 : Zones éligibles au développement de la technologie éolienne sur le territoire de CCA

Ainsi, en reprenant les résultats du schéma éolien communautaire, seules 5 éoliennes sont installables sur la commune d'Elliant. La puissance des éoliennes utilisées dans l'étude doit être mise à jour. En effet, actuellement, il est possible d'avoir des installations de près de 3MW par unités au lieu des 2MW préconisés dans le schéma éolien. On retrouve ainsi les valeurs suivantes:

Zone d'implantation	Nombre d'éoliennes	Puissance unitaire (MW)	Puissance totale (MW)	Production estimée (GWh)
Melgven (en construction)	3	2	6	11
Elliant	5	3	15	28

Tableau 7 : Production éolienne potentielle sur le territoire de CCA

En respectant le schéma éolien communautaire il est possible d'avoir une production totale de près de 39 GWh en comprenant le parc en construction.

3. Éolien individuel

Que ce soit à l'échelle industrielle ou individuelle, le montage et la réalisation de projet d'éolien reste complexe. Mais si à grande échelle des projets éoliens sont rentables, le petit éolien n'a quant à lui pas de résultats aussi probants. En effet nos recherches bibliographiques associées à nos rencontres avec des acteurs locaux nous ont montré que sur l'ensemble des technologies qu'un particulier pouvait installer, l'éolien n'était pas souvent la meilleure solution.

L'éolien individuel peut être envisagé si le lieu d'installation est trop éloigné du réseau pour être raccordé ou si le terrain présente les conditions climatiques optimales d'installation. À savoir un vent constant dans sa force et sa durée la majorité de l'année et pas d'éléments paysagers interférant avec la masse d'air (poteau, maison, arbre) car le vent, qui doit être le plus constant possible avant d'entrer en contact avec les pâles, s'en trouverait perturbé et l'éolienne serait moins performante.

Le schéma ci-dessous montre la perturbation de la masse d'air en fonction de la hauteur d'une maison ou d'un arbre par exemple. La perturbation monte jusqu'à deux fois la hauteur de l'objet considéré et s'étend sur une grande distance (20 fois la hauteur). Les éoliennes devront donc être soit plus hautes que la perturbation, soit plus loin pour ne pas subir la baisse de puissance.

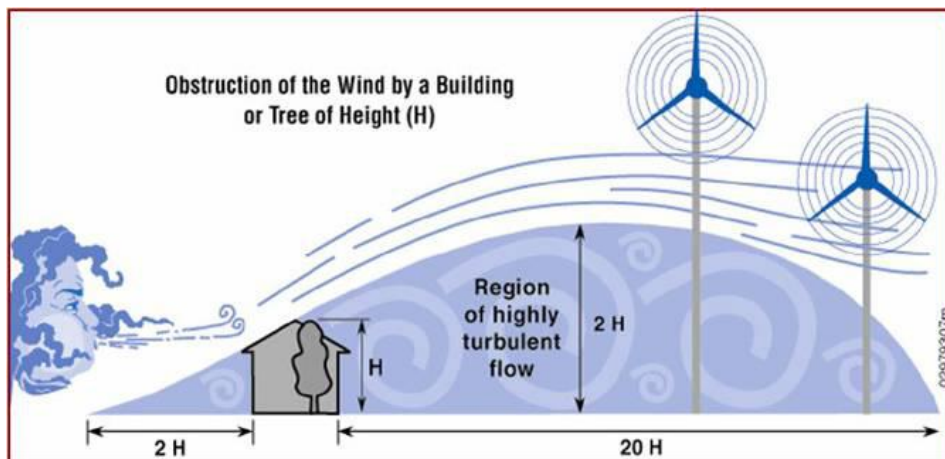


Figure 6 : Perturbation de la masse d'air liée à un obstacle (Source : meteolien.eu)

C'est pourquoi les éoliennes en milieu urbain ou dans les bois ne sont pas à mettre en avant. Ce genre de projets a de très faibles chances de réussite et de devenir rentable, ils peuvent cependant être réalisés par conscience écologique. D'autres éléments sont à prendre en compte dans la réflexion. Visuels tout d'abord, l'esthétique bien que moins critiquée que celle des pylônes EDF, reste perçue par certains comme une nuisance. Elle peut être réduite en peignant les mâts qui restent relativement discrets.

Les porteurs de projets, suivant leurs emplacements, devront prendre en compte leurs voisinages pour éviter les plaintes. Les ombres portées ne se cantonneront pas aux limites du terrain du propriétaire et l'effet stroboscopique des pales sur la lumière pourra être perçu comme une nuisance. Enfin, le reflet du soleil sur les pâles peut provoquer des flashes miroirs dans des directions variables suivant les heures de la journée, il existe là aussi des moyens d'y remédier (peintures non-réfléchissantes).

L'autre contrainte à prendre en compte est l'éventuelle nuisance sonore produite par le mouvement répétitif des pâles. En effet, les éoliennes individuelles souvent installées sur pignon sont bruyantes,

plus que les grands modèles car leurs pâles tournent plus vite. Elle varie avec leur profil aérodynamique et augmente avec la force du vent.

La réglementation sur l'environnement autorise l'éolienne à rajouter 5 décibels le jour et 3 dB la nuit à tous les bruits ambiants naturels en zone résidentielle. Cette norme est habituellement respectée par les bruits aérodynamiques des éoliennes domestiques.

Ensuite pour ce qui est du projet en tant que tel, les retours des utilisateurs montrent une certaine déception, notamment dans le manque de transparence des constructeurs, des fournisseurs et des installateurs mais aussi dans la lourdeur de la démarche.

De nombreuses entreprises promettent des productions calculées sur des schémas de vent au niveau régional alors que comme vu précédemment, la force du vent peut changer du tout au rien à quelques mètres près. Au final les clients se retrouvent avec des crédits sur plusieurs années, une production qui n'est pas au rendez-vous, des soucis techniques qui s'empilent et aucuns retours de la part des fournisseurs. Il existe bien évidemment des cas où une éolienne atteint ses prévisions mais il faut pour cela que l'étude préalable soit correctement réalisée. L'emplacement étant très important. L'ADEME a réalisé pour cela un guide très complet pour la mise en place d'une éolienne individuelle dans des conditions optimales.

Pour ce qui est de la législation en vigueur, l'essentiel de la réglementation applicable aux installations de type petit éolien vient de l'article R 421-2 c du Code de l'Urbanisme :

- Un permis de construire est obligatoire si la distance entre le sol et le haut de la nacelle atteint au moins 12 mètres de haut.
- Le permis est délivré par le maire lorsque la production est destinée à l'autoconsommation, ou par le préfet lorsqu'elle est destinée à la vente. Une évaluation environnementale est demandée pour tout projet.

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.

De plus, si la hauteur du mât est supérieure à 12 m (et inférieure à 50 m), les petites et moyennes éoliennes sont soumises à déclaration au titre de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), quelle que soit leurs puissances nominales.

Pour le volet économie de projet, l'ADEME a très bien traité le sujet :

« D'après les données recueillies auprès de la profession, l'investissement est actuellement de l'ordre de 10 k€/kW pour les petites machines (moins de quelques kW), et de l'ordre de 4 k€/kW pour des machines de plus de 10 kW. D'autre part, il n'existe pas de tarif d'achat spécifique au petit éolien. Le seul mécanisme incitatif actuellement en place est le crédit d'impôt transition énergétique (en remplacement depuis le 1er septembre 2014 du crédit d'impôt développement durable (CIDD)). Depuis début 2014, le CIDD était de 15% pour l'installation seule d'une petite éolienne, et de 25% dans le cas d'un bouquet de travaux liés à l'amélioration énergétique. Le crédit d'impôt transition énergétique présente un taux unique de 30%. Le crédit d'impôt est un des ressorts qui a entretenu les contre-exemples d'installation chez les particuliers, car il n'est pas conditionné par une quelconque exigence sur la qualité des produits utilisés et de l'installation.

Enfin, localement il peut exister des dispositifs complémentaires, toujours sans condition liée à la qualité technique de l'installation. »

La conclusion pour l'éolien individuel est plus mitigée que pour les autres technologies. Il n'y a pas vraiment de gisement productif à grande échelle car les installations requièrent des micro-études adaptées à leurs tailles. Même si leurs productions sont moindres, elles gardent un potentiel de production qui peut être bénéfique en cas d'isolement du foyer. Cependant la plupart du temps changer son isolation ou mettre une autre forme de technologie d'énergie renouvelable est plus rentable économiquement.

4. Éolien off-shore

Une éolienne off-shore ne se situe pas sur terre mais en mer. A cette différence près, le fonctionnement de la technologie est identique aux éoliennes que l'on peut retrouver sur terre.

On peut remarquer différentes spécificités liées au milieu marin dans lequel elles vont se déployer. De manière générale les vents qui y soufflent sont plus forts et plus constants, ils octroient aux éoliennes un rendement compris entre 30 et 45% (part de l'énergie cinétique convertie en énergie électrique). Toutefois la difficulté d'accès aux sites rend le coût de leurs installations, de leurs raccordements au réseau et de leurs entretiens beaucoup plus onéreux (30 à 50% du prix de l'investissement). Seules des éoliennes posées sur le fond sont aujourd'hui installées. Celles-ci, à axe horizontal et à 3 pales, ne cessent de voir leurs dimensions grandir. On construit aujourd'hui des modèles de 150 mètres de haut capables de fournir une puissance de 8 MW.

Leurs implantations en mer nécessitent tout de même la prise en compte de contraintes non pas financières mais techniques, physiques et environnementales.

En Bretagne cette technologie s'est développée notamment avec un projet au large de Saint-Brieuc. Validé en 2012, il devrait voir le jour en 2020 avec 62 éoliennes pour une puissance totale de 500MW sur une surface de près de 77 km². Ce projet de 2 milliard d'euros aura une production de près de 1600 GWh et pourra alimenter environ 133 300 logements. Une production plus forte que l'ensemble des éoliennes terrestres de la région Bretagne avec pourtant seulement un tiers de leur puissance.

Des contraintes à prendre en compte

Des contraintes physiques et techniques

La mise en place d'éoliennes offshores est soumise à des contraintes physiques. Dans un premier temps, la distance aux côtes doit être supérieure à 15km. Ensuite la profondeur maximale doit être de 40 mètres et la vitesse du vent supérieure à 7 m/s.

Une technologie comme le farshore (flottant) permettra de s'abstenir de la contrainte des 40 mètres de profondeur. Aujourd'hui elle est en cours de développement.

Autres contraintes

Tout comme les différents types de technologies énoncés dans les parties précédentes, la mise en place d'éoliennes en mer est soumise à différentes contraintes environnementales comme par exemple le site classé des îles Glénans, des directives oiseaux, habitats ou encore Natura 2000.

D'autres zones doivent être prises en compte comme les différentes zones de radars, servitudes militaires...

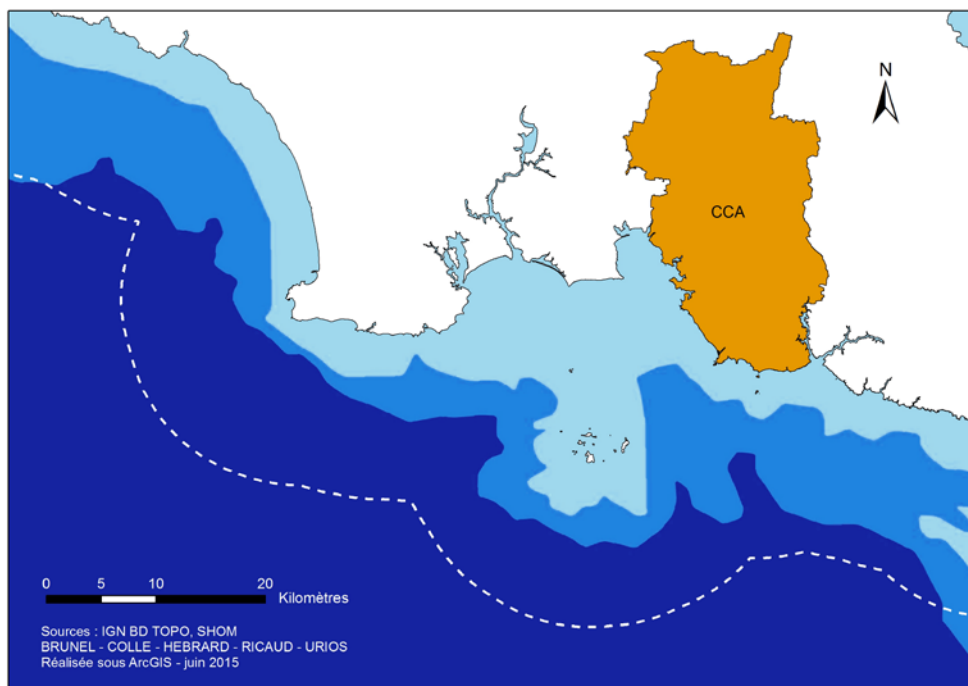
Afin de déterminer ces contraintes, il est possible de consulter le site du gouvernement Développement Durable: Cartélie.

Des zones potentielles ?

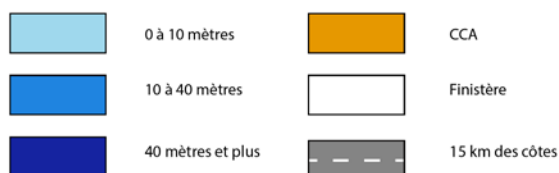
Notre étude pour le cas des éoliennes offshores s'est essentiellement intéressée aux contraintes physiques qui sont la bathymétrie (soit 40 mètres de profondeur maximum) et la distance minimale aux côtes (15 kilomètres).

La carte suivante recoupe ces deux contraintes:

GISEMENT ÉOLIEN OFFSHORE AU LARGE DE CCA



Profondeur en mètres



Carte 12 : Bathymétrie au large du territoire de CCA

Ainsi, il est possible de voir qu'il n'y a pas de gisement pour l'éolien offshore au large des côtes de Concarneau Cornouaille Agglomération voire du Sud Finistère. Concernant la technologie farshore, une attention particulière sera à porter afin de déterminer ou non l'emplacement de zones exploitables.

Au point de vue de l'éolien, seule la technologie terrestre peut être développée sur le territoire avec une production potentielle de **28 GWh** pour le parc éolien d'Elliant (5 éoliennes de 3 MW) soit **39 GWh** avec la totalité du gisement.

Par contre l'éolien individuel est un gisement à étudier au cas par cas tandis que celui de l'off shore est **nul**. L'éolien au large des côtes de CCA pourra être envisagé dans le futur grâce au développement de la technologie flottante.

III. L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

1. Définition

Les centrales hydroélectriques exploitent l'énergie potentielle des retenues ou des cours d'eau pour produire de l'électricité. L'hydroélectricité constitue la première source d'énergie renouvelable et la troisième source d'énergie mondiale. On distingue les ouvrages disposant d'un stock d'énergie (barrage avec retenue d'eau) de ceux produisant « au fil de l'eau » qui utilisent une énergie fatale (qui serait perdue si elle n'était pas exploitée). La gamme de puissance de l'hydroélectricité est très large puisqu'elle va du kilowatt, pour des installations de « pico-hydro », à plusieurs dizaines de gigawatts pour des hauteurs de chutes allant de quelques mètres à plusieurs centaines. Le rendement moyen des centrales hydroélectriques est compris entre 85 et 95%. Les centrales « au fil de l'eau » produisent de l'électricité de manière constante alors que celles bénéficiant d'une réserve sont utilisées comme supplément du mix lors de fortes demandes en électricité. Certaines stations, les STEP (Station de Transfert d'Énergie par Pompage), disposent d'une turbine réversible en pompe. Ceci permet à la station de stocker de l'eau en amont lorsque la demande d'électricité est faible, et donc le prix de l'énergie bas, pour la relâcher et la revendre à un meilleur prix en cas de pic de demande. Le rendement de la pompe est alors à prendre en compte.

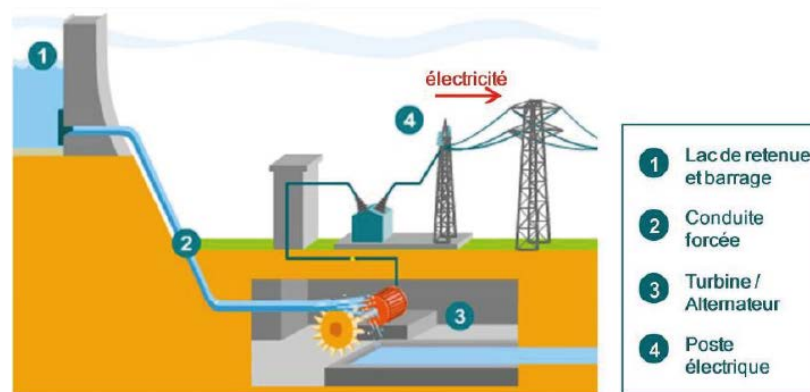


Figure 7 : Fonctionnement hydroélectricité (Source: "Les moyens de production d'énergie" ENEA Consulting 2014)

Les moulins fonctionnent grâce à une séparation d'un cours d'eau qui se fait via un bief. Le dénivelé entre le bief et le moulin permet de créer une chute d'eau dont la force motrice est exploitable. Il existe plusieurs moyens pour capter l'énergie d'une chute d'eau. La récupération de l'énergie potentielle directement par une turbine est la solution la plus utilisée et la plus efficace. L'eau passe dans une conduite forcée dépourvue d'air et fera tourner une turbine à l'intérieur de ce circuit. La deuxième solution est de restaurer les roues (à aubes ou encore à augets) des moulins, la chute d'eau fait tourner directement la roue. Cette solution est moins efficace mais permet une mise en valeur importante du patrimoine architectural. Le rendement des roues est de 60% ce qui est plus faible que la turbine anaérobie qui a un rendement de l'ordre de 80 à 90%..

2. Gisement sur le territoire de CCA

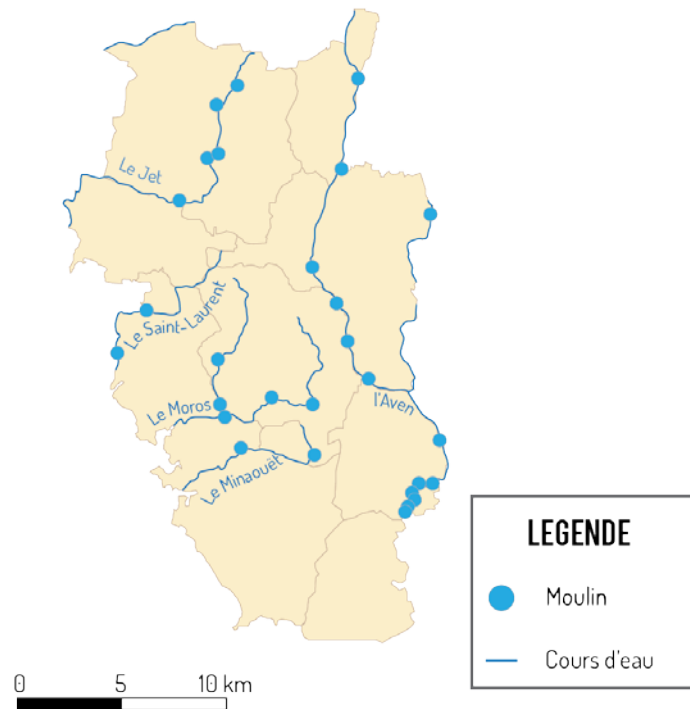
Méthodologie

Sur le territoire de CCA, les possibilités de production hydroélectriques sont limitées. Seules les installations au fil de l'eau sont possibles et envisageables. Historiquement l'énergie issue des cours d'eau a longtemps été utilisée par les habitants pour actionner les moulins, de nombreux ouvrages sont encore présents et peuvent fonctionner pour produire de l'électricité. La réhabilitation de ces moulins est la seule orientation possible pour la mise en place d'une filière de production hydroélectrique sur le territoire. Un projet de micro-hydraulique est actuellement en cours d'élaboration sur la commune de Rosporden. Titulaire d'un droit fondé en eau depuis 1771, celle-ci souhaite en bénéficier et installer 2 à 3 turbines d'une puissance de 60 kW chacune aux embouchures de son étang. Une étude de faisabilité a été menée par Turbiwatt et a donné suite à une étude écologique, aujourd'hui en cours de réalisation. Le coût du matériel et de l'installation devrait être de 70 000 €, auquel il faudra ajouter celui de la réalisation d'une passe à poissons.

Dans le but de faire l'inventaire des gisements sur le territoire, des informations ont été collectées auprès de l'agence de l'eau Loire-Bretagne, des associations de propriétaires de moulin et des archives. Seul les moulins répertoriés avant 1789 disposent de droits fondés en titre, c'est-à-dire que les propriétaires disposent d'un droit inaliénable pour l'utilisation de l'eau qui passe dans le moulin et peuvent donc utiliser celle-ci pour produire de l'électricité. Ce sont ces moulins que nous avons répertoriés dans notre étude pour établir le gisement.

Afin de connaître le potentiel du territoire en hydroélectricité deux informations concernant les moulins sont essentielles : la hauteur de chute et le débit du cours d'eau. L'agglomération est composée de trois bassins hydrographiques, le Moros, l'Odet et l'Aven. Une trentaine de moulins ont été répertoriés, certains sont en état de fonctionnement, d'autres nécessitent une réhabilitation du bief pour être utilisables. Pour que ces moulins puissent produire de l'électricité il faut y installer une turbine. Les machines sont adaptées à la taille des moulins et nécessitent peu ou pas de travaux de génie civil, réduisant ainsi fortement les coûts d'installation de la centrale.

MOULINS DU TERRITOIRE



Carte 13 : Les moulins sur le territoire de CCA

L'énergie produite par une centrale micro-hydroélectrique correspond au résultat de la formule suivante :

$$E = u * g * Q * h$$

E : énergie potentielle

u : masse volumique de l'eau

g : accélération de la pesanteur en m/s^2 ($g=9.8$)

h : hauteur de chute (m)

Q : débit du cours d'eau passant dans la turbine

Commune	Moulin	Cours d'eau	Hauteur de chute (m)	Débit (m3)	Puissance (W)	Production (MWh)
Melgven	Trémadur	Cadol	2.40	0.11	2587.2	7.45
Rosporden	Etang de Rosporden	L'Aven	2.20	1.17	25225.2	72.65
Pont-Aven	Moulins de Rosmadec et de la Porte Neuve		2.00	0.75	14700	42.34
Pont-Aven	Moulins de Poulhats		1.50	0.88	12936	37.26
Pont-Aven	Moulins de Penanroz et de la Scierie Burnou		3.30	0.9	29106	83.83
Pont-Aven	Moulin du Petit Poulguin		4.00	0.83	32536	93.70
Pont-Aven	Moulin david		3.00	0.88	25872	74.51
Pont-Aven	Moulin Neuf (du Peintre)		3.00	0.86	25284	72.82
Pont-Aven	Moulin du Plessis		0.96	3	28224	81.29
Pont-Aven	Moulin du Haut Bois		0.85	3	24990	71.97
Rosporden	Moulin Rostic		1.7	0.9	14994	43.18
Rosporden	Moulin de Barbary		1.60	0.6	9408	27.10
Rosporden	Moulin de Guilers		1.70	0.44	7330.4	21.11
Rosporden	Moulin de Coat Canton		2.25	0.6	13230	38.10
Rosporden	Moulin de Bourlougla		2.60	0.25	6370	18.35
Rosporden	Moulin du Rivier (Menoster)		2.60	0.25	6370	18.35
Rosporden	Moulin de Rozoz		1.80	0.6	10584	30.48
Elliant	Moulin de Treanna	Le Jet	3.3	0.50	16170	46.57
Elliant	Coat Elliant (moulin du duc)		2.87	0.31	8832	25.43
Elliant	Moulin d'Elliant		1.5	0.80	11760	33.87
Elliant	Saint - Cloud		1.68	0.80	13171.2	37.93
Elliant	Moulin du Jet		4.77	0.41	18979	54.66
Concarneau	Station de jaugeage du Moulin de la Haie	Le Moros	3.50	0.5	17150	49.39
Melgven	Moulin Pell		4.55	0.3	13377	38.53
Melgven	Moulin du Fresch		2.50	0.24	5757.5	16.58
Melgven	Moulin Neuf		4.65	0.50	22785.0	65.62
Melgven	Moulin noble		3.90	0.122	4662.84	13.43
Tregun	Penhat ou mlin vert	Minaouët	1.60	0.2	3136.0	9.03
Melgven	Kernevel		4.00	0.2	7840.0	22.58
Concarneau	Moulin du prieuré	Saint-Laurent	2.60	0.56	14268.8	41.09
Concarneau	chef du bois		3.92	0.25	9604	27.66

Tableau 8: Potentiel hydroélectrique sur le territoire de CCA

La présence d'ouvrages historiques est un atout pour le développement du micro-hydraulique, car les turbines productrices d'énergie peuvent être installées directement dans les ouvrages déjà présents. La plupart de ces constructions ont en plus un caractère patrimonial important ; la production d'énergie permettrait de mettre en valeur ce patrimoine, voire même de restaurer des moulins qui sont aujourd'hui abandonnés.

Mais la présence de ces éléments sur les cours d'eau a des conséquences sur les continuités écologiques. Des actions sont engagées pour réduire l'impact des seuils sur les poissons migrateurs et sur la descente des sédiments avec la loi Grenelle. Pour garantir la libre circulation des poissons, des échelles voire des ascenseurs à poissons sont installés et permettent aux espèces migratoires de franchir les seuils. Un débit minimum (le débit réservé) est conservé dans la partie détournée du cours d'eau afin de protéger la faune et la flore.

Le potentiel de **1,3 GWh** de cette énergie est faible face aux difficultés de mise en place et aux contraintes écologiques liées à la continuité écologique.

IV. LES ENERGIES MARINES

Les opportunités liées aux énergies marines sont nombreuses, la houle, les courants marins et les marées sont susceptibles d'être convertis en électricité. Chaque technologie a ses particularités qui doivent être analysées séparément.

1. Houlomoteur

Description

L'énergie des vagues est la plus répandue des énergies marines. De nombreuses technologies sont en développement pour son exploitation. Les systèmes dit houlomoteurs peuvent en effet être de natures très diverses : flotteurs ponctuels ou linéaires, systèmes à déferlement, colonnes d'eau oscillantes, etc... Chacun de ces systèmes est conçu pour transformer l'oscillation de la houle en électricité. Les conditions extrêmes de la surface de la mer impliquent des systèmes particulièrement robustes. La ressource houlomotrice est généralement chiffrée en kW par mètre de front de vague. La gamme optimale se situe entre 25 et 75 kW/m. Sur la face atlantique française, la ressource moyenne est estimée à 45 kW/m. D'origine éolienne, l'énergie est concentrée dans l'ondulation de la mer et offre donc une ressource abondante. Bien que difficilement prévisible à long terme, la ressource houlomotrice est prédictible avec une excellente précision à 1 ou 2 jours.

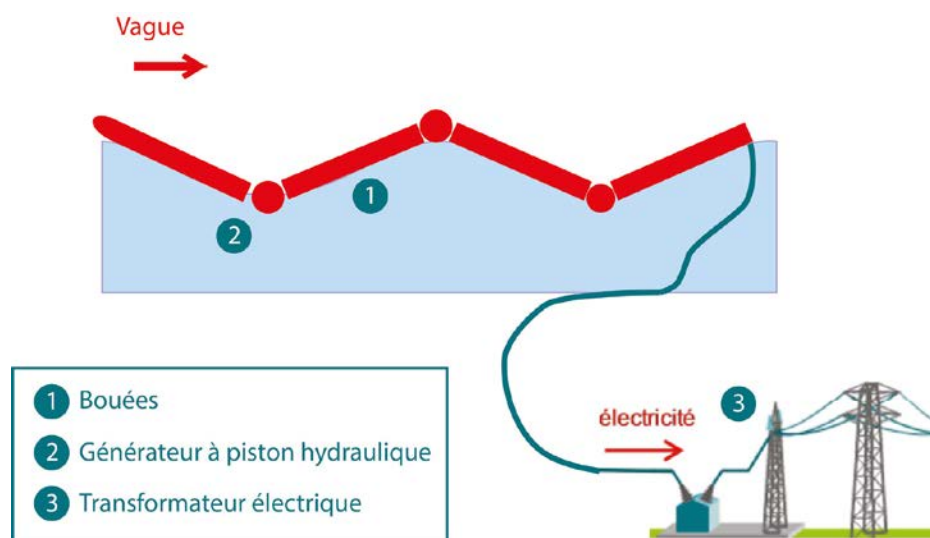
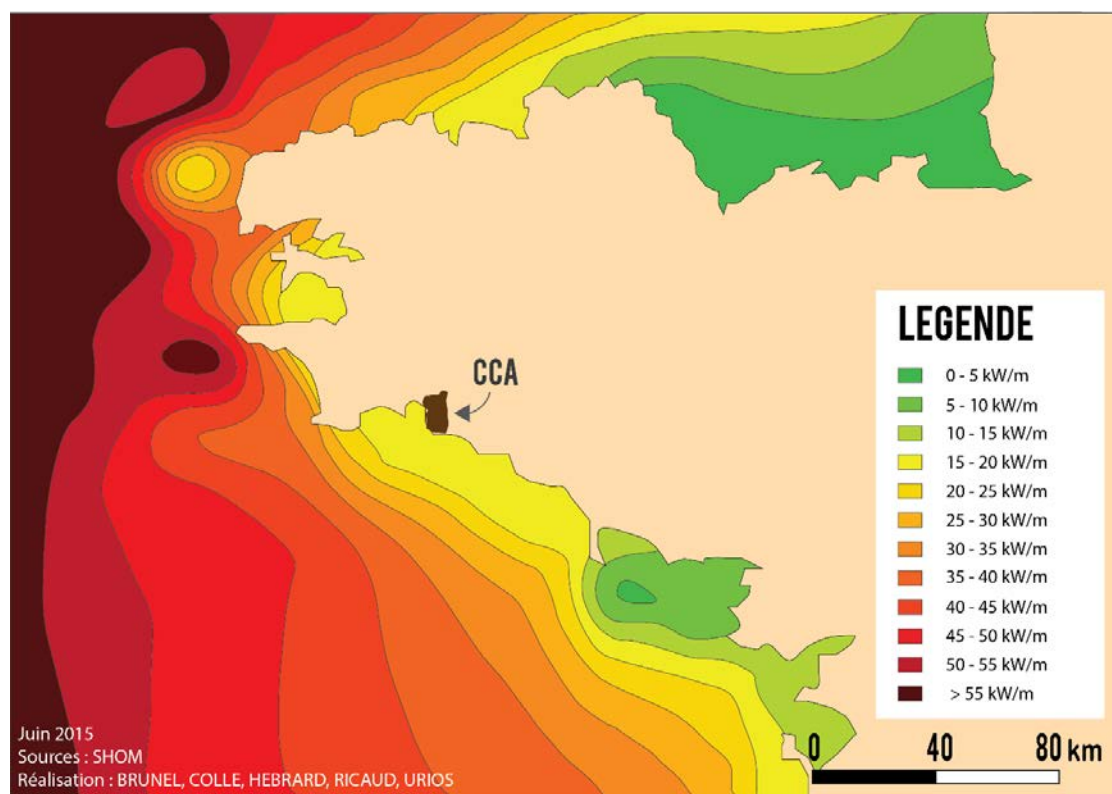


Figure 8 : Fonctionnement de la technologie houlomotrice (Source: "Les moyens de production d'énergie" ENEA Consulting 2014)

Gisements au large de CCA

Pour être utilisable les usines houlomotrices doivent être situées dans des zones où la puissance de la houle est au minimum de 25kW/m. La carte ci-dessous indique les puissances de houle au large de CCA.

PUISSANCE DE LA HOULE



Carte 14 : La puissance de la houle au large de CCA

La zone de 25 à 30 kW/m est à plus de 30km des côtes de CCA. Il n'existe donc pas de potentiel exploitable au large de CCA avec les technologies actuelles.

2. Hydrolien

Description

Les hydrolennes permettent de récupérer l'énergie des courants de marées, des courants océaniques ou des courants fluviaux pour produire de l'électricité. Elles peuvent être posées sur les zones à faibles profondeurs ou flottantes pour n'importe quel type de profondeurs. Le modèle le plus répandu est l'équivalent sous-marin des éoliennes : les hydrolennes. Elles sont constituées de pâles liées à un rotor, transmettant un couple à un alternateur. Un des avantages principaux de cette technologie est de s'appuyer sur une ressource continue dans le cas des courants océaniques et fluviaux et fortement prédictible dans le cas des courants de marées. Les sites éligibles sont très spécifiques : ils doivent disposer d'une vitesse de courant d'au moins 2,5 m/s. Certaines zones sont particulièrement propices (estuaires, singularités bathymétriques, etc).

L'émergence de la filière hydrolenne est encore récente. Ainsi, différents types de technologies sont aujourd'hui développées (turbines à axe vertical, profils oscillants, etc.). Ces nouvelles technologies permettent de s'affranchir de certaines contraintes comme la vitesse minimale et le facteur de charge. Comme pour l'éolien, les hydrolennes sont destinées à être regroupées en fermes à l'échelle industrielle.

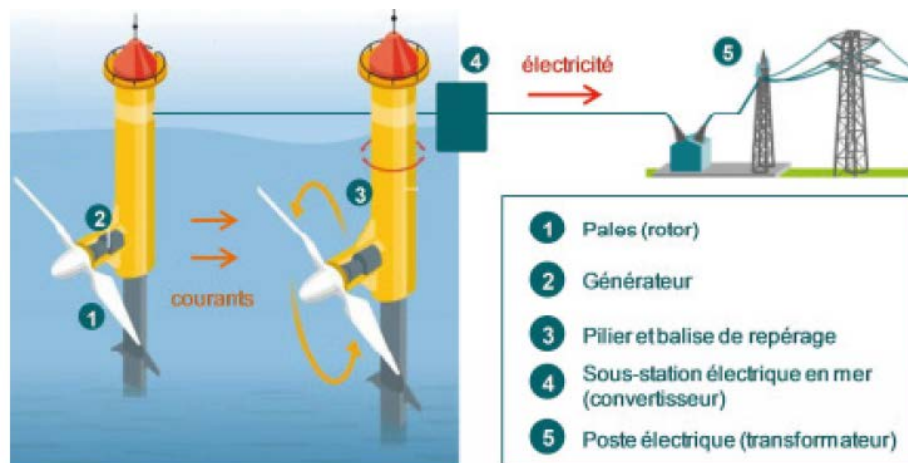
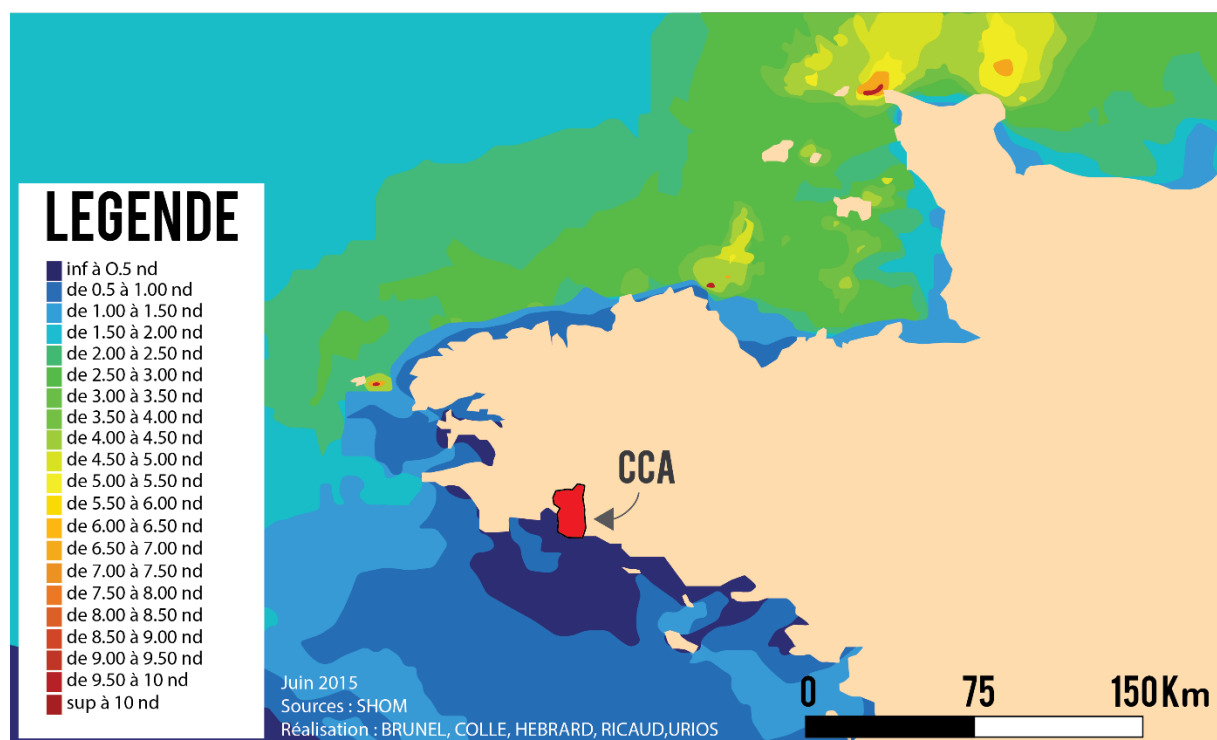


Figure 9 : Fonctionnement d'une hydrolienne (Source: "Les moyens de production d'énergie" ENEA Consulting 2014)

Gisement sur le territoire de CCA

La vitesse de courant est le paramètre le plus déterminant pour la mise en place d'un projet d'hydroliennes.

COURANTS VITESSE MAXIMALE



Carte 15 : La vitesse des courants au large de CCA

Au large de CCA les courants sont faibles (les plus faibles de Bretagne) et ne permettent pas d'envisager le développement de cette technologie sur le territoire. En effet, le courant doit être au minimum de 2,5 m/s soit à peu près 5 nœuds (nd), or sur le territoire les courants sont de 0.5 nd.

3. Marémoteur

Description

La différence de hauteur d'eau entre pleine mer et basse mer (marnage) est utilisable grâce à un système similaire à celui des barrages. Un barrage est placé dans une baie ou un estuaire afin de former une retenue d'eau. Il est équipé de turbines qui produisent de l'électricité à partir du flux et du reflux de marée entre le large et la retenue d'eau. Le potentiel énergétique dépend du niveau de marnage, dont un minimum de 5 mètres est requis et qui peut aller jusqu'à 20 mètres dans certaines régions du monde. Dans certains cas, le stockage naturel dans la retenue d'eau peut être complété par un système de pompage, similaire aux STEP (stations de transfert d'énergie par pompage) en montagne. L'usine marémotrice dispose alors d'un levier de flexibilité pour stocker de l'électricité lorsque cela est nécessaire, durant les périodes creuses. Bien que la filière soit mature et bien maîtrisée techniquement, son développement reste limité en raison notamment de l'impact environnemental des infrastructures.

La filière marémotrice dispose d'avantages qui lui sont particuliers. Tout d'abord, l'énergie des marées dispose d'une prédictibilité importante. Étant directement influencé par les positions de la lune et du soleil dont les trajectoires sont calculables, la production électrique d'une usine marémotrice est intermittente mais certaine. La ressource est gratuite au même titre que le vent ou le soleil. Une fois l'investissement initial passé, le coût de l'électricité produite par les centrales est faible.

La centrale peut avoir des utilisations diverses et favoriser d'autres secteurs d'activités tels que l'aquaculture ou encore le transport par la création d'une route comme sur le barrage de la Rance. L'installation d'une centrale marémotrice a donc des impacts économiques qui dépassent la simple production d'électricité et participe au développement économique du territoire. De plus la durée de vie d'une usine marémotrice est importante et donc profitable sur le long terme. La filière de l'énergie marémotrice est similaire à la filière hydroélectrique et dispose des mêmes contraintes. De même qu'un barrage, la construction d'une usine marémotrice a un coût très élevé et nécessite un investissement fort. Elles ont des impacts importants sur l'environnement et changent profondément les écosystèmes en bouleversant leur biodiversité.

Comme pour la filière hydroélectrique, la réhabilitation des moulins historiques est la seule option possible pour le développement de l'énergie des marées. Tout comme les moulins de rivières, les moulins à marées ont été utilisés pour leurs forces mécaniques. Ils peuvent être rénovés pour produire de l'électricité selon le même principe que les moulins au fil de l'eau.

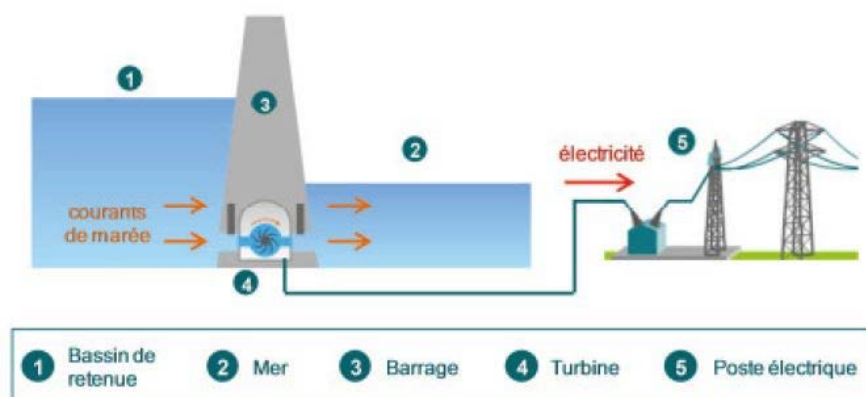
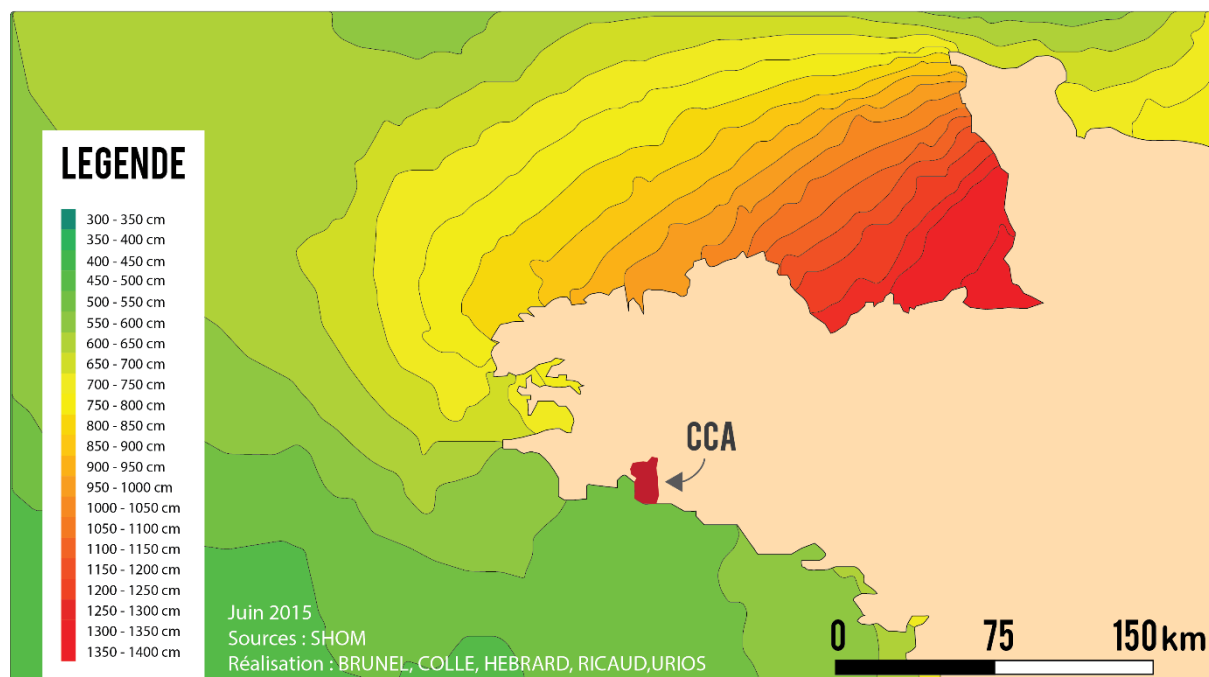


Figure 10 : Fonctionnement hydroélectricité (Source: "Les moyens de production d'énergie" ENEA Consulting 2014)

Gisement

Dans la zone maritime de CCA, les marées ne sont pas très élevées, beaucoup moins qu'au nord de la région Bretagne comme on peut le voir sur la carte ci-dessous. La création et la mise en place d'une nouvelle usine marémotrice paraît donc peu envisageable et rentable sur le territoire de l'agglomération.

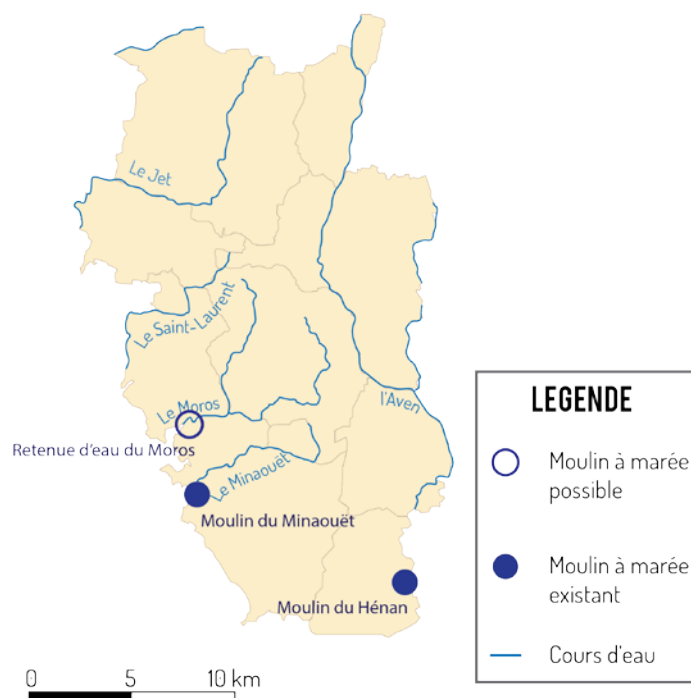
HAUTEURS DE MARNAGE COEFFICIENT 120



Carte 16 : La hauteur de marnage au large de CCA

La présence de deux anciens moulins à marées sur le territoire (moulins du Minaouët à Trégunc et du Hénan à Névez, ainsi que d'une retenue d'eau sur le Moros en arrière de la cale sèche de Concarneau) pourrait permettre l'exploitation de cette ressource. Toutefois les turbines hydro-électriques disponibles sur le marché sont inadaptées aux milieux marins ou ne permettent pas encore de générer de l'énergie via de petites installations.

MOULINS A MAREE DU TERRITOIRE



Carte 17 : Les moulins à marée du territoire de CCA

Le gisement en énergie marémotrice n'est donc pas exploitable en l'état actuel de la technologie.

Les contraintes environnementales et techniques des technologies dans leurs états actuels **ne permettent pas** l'exploitation des énergies marines sur le territoire de CCA. Il faut cependant rester vigilant quant à leurs évolutions, qui permettront peut-être de réduire les seuils minimaux d'utilisation et de dégager des potentiels exploitables dans les décennies à venir. Il faut aussi noter que ces filières dépassent l'échelle de CCA et qu'une étude de gisement serait plus adaptée au niveau du sud-Cornouaille voire du sud-Bretagne.

V. LA METHANISATION

1. Définition

La **méthanisation** (ou digestion anaérobie) est le processus naturel biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène. Son origine est attribuée à une activité microbienne. On retrouve sa présence dans des milieux tel que le fumier, les systèmes digestifs des vaches, les rizières, les lacs, la toundra, les forêts tropicales ou tout espaces contenant de la matière organique sans oxygène.

Ce processus naturel produit du biogaz qui est un composé gazeux (vapeur d'eau, dioxyde de carbone, méthane). La teneur en méthane du biogaz varie de 50 à 70% du volume total. C'est ce qui sera majoritairement valorisé dans une unité de méthanisation.

Au début du XX^{ème} siècle, la première installation produisant du méthane voit le jour à Exeter en Grande-Bretagne, elle permet l'éclairage des rues de la ville. Les développements modernes de la méthanisation permettent aujourd'hui de produire de plus en plus d'énergie issue de « déchets » dans un contexte mondial d'économie d'énergie et de développement durable.

2. Principes

Une unité de méthanisation, technologie à laquelle nous nous intéressons ici, utilise ce phénomène naturel de production de biogaz. Elle exploite le méthane présent dans ce dernier afin de produire de l'énergie par divers moyens que nous verrons.

Il existe de nombreux systèmes et modèles différents pour une unité de méthanisation, en fonction des déchets traités et des situations, on peut distinguer les différents types d'unités suivantes:

- À la ferme,
- Collectif (à la ferme + autres déchets provenant de l'extérieur),
- Centralisé (recevant des déchets de différentes origines, y compris agricole),
- STEP (boue de stations d'épuration des eaux),
- Industries agro-alimentaires (IAA),
- Unités traitant des biodéchets (issus de collectes sélectives),
- Unités traitant des déchets ménagers,
- Installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND)

3. Fonctionnement général

Le fonctionnement général d'une unité de méthanisation est relativement similaire d'une usine à une autre. D'un côté rentre de la matière organique (végétaux, déjections animales, autres...) et de l'autre ressort du biogaz et du digestat qui pourront avoir plusieurs utilisations.

Le schéma ci-dessous montre le fonctionnement global d'une installation.

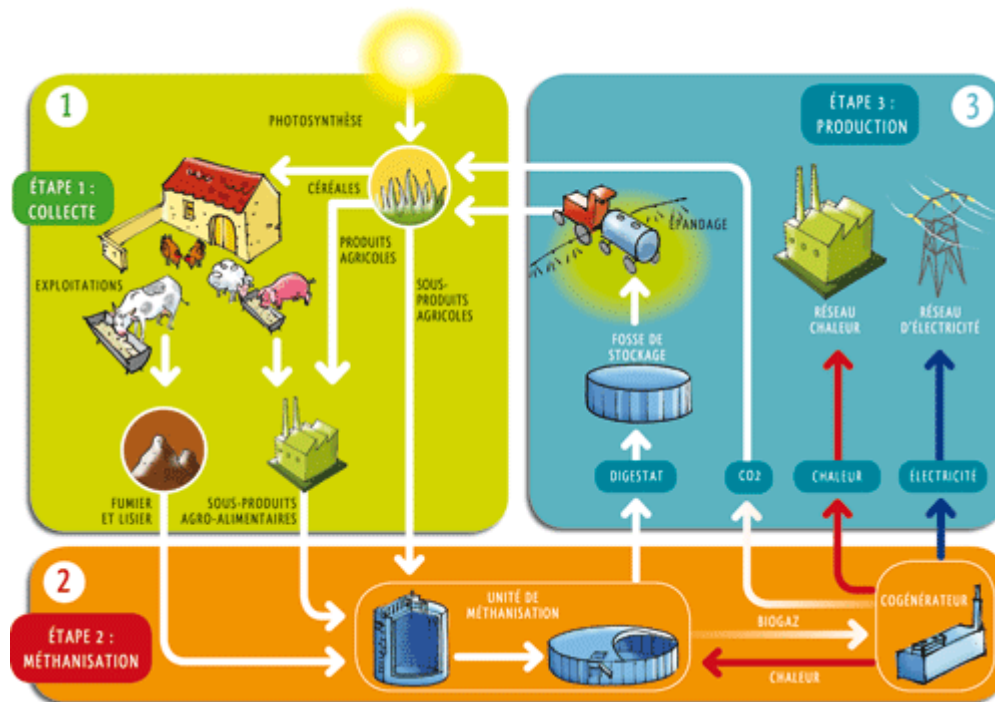


Figure 11 : Fonctionnement d'une unité de méthanisation (Source: transition-energetique.org)

Stockage de la matière première

Comme tout type de système de production, une unité de méthanisation nécessite de la matière première, ici des déchets, de la matière organique.

Le digesteur qui est le lieu où se passe la digestion et qui produira du méthane a besoin d'un flux continu de matière organique. Si les bactéries responsables des processus physico-chimiques (acidogénèse, hydrolyse, acétogénèse, méthanogénèse) ne sont pas alimentées, elles périssent et stoppent la production de biogaz. C'est pourquoi la gestion d'une unité de méthanisation n'est pas une entreprise aisée. Elle demande de l'attention et un savoir faire.

Afin de prodiguer au digesteur un flux continu, il est nécessaire en amont d'avoir un lieu de stockage des matières organiques. Une installation de tri sera intégré à cette plateforme de stockage afin d'éliminer les ligneux et les sédiments qui pourraient se trouver dans les stocks.

L'offre ne correspondant pas toujours à la demande, il faut pouvoir moduler les apports. La plateforme de stockage au préalable le permet. Certains déchets seront plus fragile que d'autres et à insérer en premier lieu si on ne veut pas perdre leur pouvoir méthanogène (par exemple les pelouses). C'est pourquoi un solide plan d'approvisionnement est nécessaire.

Plan d'approvisionnement

Afin de veiller au bon fonctionnement de l'unité, l'exploitant doit toujours garantir un apport en matière dans le digesteur. Une cessation d'activité peut coûter jusqu'à 6 mois pour relancer l'activité microbienne interne. De plus le digesteur doit pouvoir fonctionner été comme hiver. Le plan d'approvisionnement, qui correspond au système mis en place pour s'assurer de toujours avoir sous la main de la matière organique à injecter, doit tenir compte des complémentarité temporelle des déchets.

C'est certainement le point le plus important dans la création d'une unité de méthanisation. S'assurer du gisement local en déchets et pouvoir s'en procurer tout au long de l'année.

Établir un plan d'approvisionnement complet devra tenir compte de la quantité de déchets disponibles tout autant que de leur complémentarité temporelle, sachant que chaque déchet possède son propre potentiel méthanogène.

Un plan complet tiendra donc principalement compte de trois choses :

- abondance de la ressource
- potentiel méthanogène de la ressource
- temporalité de la ressource

Si une unité de méthanisation possède un plan qui respecte ces trois critères, sa production de biogaz sera constante tout au long de l'année.

Dans le digesteur

Une fois à l'intérieur du digesteur, la matière organique peut être digérée par les bactéries. Afin d'optimiser leur production totale de biogaz et contrôler au plus haut niveau ce processus naturel, il existe différentes technologies possibles :

Différents taux d'humidité de la matière

- Les procédés à voie humide (< 15% de matière sèche) : on retrouve ces types de procédés pour les effluents dits liquides (boues, lisiers, ...). Ils peuvent être utilisés pour les déchets solides, lesquels nécessitent alors une dilution.
- Les procédés à voie sèche (15% à 40% de matière sèche). Ils ont surtout été développés pour traiter les déchets solides. Ces procédés nécessitent un volume moindre (substrat concentré) mais une bonne maîtrise de la circulation de la matière (pompage et brassage).

Différentes températures de traitement

Les bactéries du digesteur ont besoin d'une certaine température pour fonctionner, en dessous ces dernières meurent et le processus s'auto-inhibe. Afin de maintenir une température constante, une certaine proportion de l'énergie produite devra être réinjectée dans le méthaniseur (via de la chaleur).

Les deux technologies disponibles sont la méthanisation mésophile (la plus répandue) et thermophile.

Différents mode d'extraction du digestat

- infiniment mélangé
- flux piston ou séquentiel

Un projet d'unité de méthanisation doit être technologiquement adapté au type de déchets qu'il consommera.

Digestat

La méthanisation est un procédé qui consomme assez peu de matière (entre 20 et 30%). Au final la masse de matière organique que l'on aura insérée dans le digesteur sera presque inchangée. Il faut alors trouver un débouché pour ce résidu.

Hors ce digestat a de très bonne propriété agronomique :

- Odeurs inexistantes du fait de la digestion dans le méthaniseur des matières organiques responsables des nuisances olfactives

- Germes pathogènes réduits grâce à l'hygiénisation
- Valeur amendante conservée car la fraction ligneuse contribuant à la formation d'humus n'est pas attaquée
- Valeur fertilisante améliorée (l'azote se retrouve sous forme ammoniacale) plus facilement assimilable par les plantes. Cependant son état plus volatile, a des conséquences sur les modalités de stockage et d'épandage (enfouissement au printemps).
- Plus fluide que le lisier non traité, il pénètre plus rapidement dans le sol.

Le digestat peut subir un traitement de séparation de phase liquide/solide pour avoir une fraction solide riche en matière organique et en élément phosphaté qui se gère comme un amendement et une fraction liquide contenant de l'azote ammoniacal et peu de matière organique, utilisable comme engrais liquide en remplacement des engrais minéraux azotés.

Dans l'ensemble il est assez reconnu que le digestat possède de meilleures propriétés agronomiques que le compost ou le fumier et que la quantité d'amendement est plus facilement contrôlable et mesurable.

Valorisation biogaz

Le biogaz produit par une installation peut avoir plusieurs débouchés.

Le plus commun étant la production de chaleur. C'est la plus aisée à réaliser, il suffit de brûler le gaz et d'utiliser la chaleur ainsi produite pour, par exemple, chauffer de l'eau ou de l'air ou l'insérer dans un réseau de chaleur.

La deuxième valorisation possible est la cogénération. Le gaz est introduit dans un moteur à explosion qui fera tourner une génératrice qui produira du courant. La chaleur produite par le moteur sera captée par un système de refroidissement générant ainsi à la fois de la chaleur réutilisable et de l'électricité.

Le troisième mode de valorisation est l'injection dans le réseau. Le gaz produit pourra, après traitement (déshumidification....), être directement introduit dans le réseau de gaz. Cette option est généralement rentable pour les grosses installations à proximité d'une canalisation car les coûts des travaux de raccordement peuvent rapidement monter.

La dernière option est la modification du gaz produit afin qu'il soit utilisable par des véhicules. Il est possible de traiter le gaz et d'adapter les moteurs d'une flotte captive de véhicules afin qu'ils utilisent le biogaz produit comme carburant.

Il est important pour la rentabilité d'une unité d'avoir un débouché chaleur si elle ne choisit pas de produire du carburant ou de réinjecter le gaz dans le réseau. Que ce soit en cogénération ou en production d'énergie thermique, il existe de nombreuses possibilités.

Un réseau de chaleur pour chauffer des bâtiments industriels, des serres, des habitations, des bureaux, du séchage de fourrage, de bois, l'utilisation de cette chaleur pour alimenter des procédés industriels... Une unité de méthanisation peut s'adapter à différents enjeux, c'est pourquoi sa localisation et son insertion dans un réseau est primordiale. L'aménagement des territoires peut intervenir à cette échelle.

4. Aides financières

Une unité de méthanisation représente un investissement important. Une étude de l'ADEME a montré que sans subventions, sans aides financières, le prix d'une unité risquait de dissuader les acteurs souhaitant monter un tel projet.

Les aides actuellement disponibles sont surtout à l'échelle nationale et régionale (Fond chaleur, fond déchet...) mais il existe également des organismes de conseils (AILE, Club Biogaz,...), d'aide au montage de projet à des échelles plus proches des territoires.

La partie administrative d'un montage de projet peut être guidée par ces spécialistes qui sauront aiguiller les acteurs vers des constructeurs et installateurs certifiés ou les accompagner tout au long de leurs démarches.

5. Réglementation

Une unité de méthanisation répond à une réglementation particulière. De part sa nature elle transforme des « déchets » en ressource énergétique. Une unité se trouve de plus en régime ICPE (Installations classées pour la protection de l'environnement) avec une réglementation particulière liée au stockage du gaz.

Il existe deux types de régime : déclaration et autorisation. Le régime d'autorisation dépend des déchets entrants, de la capacité de production et sera plus contraignant d'un point de vue réglementaire.

Il existe également des réglementations concernant le stockage, le bruit, les nuisances olfactives,...

Tout projet de méthanisation devra s'insérer dans le contexte réglementaire local. Les organismes cités dans la partie précédente pourront orienter les monteurs de projets.

6. Projets similaires sur CCA

Sur le territoire de CCA, une unité de méthanisation est actuellement en cours de développement sur la commune de Trégunc. ETA Rocuet souhaite en effet installer une unité sur son exploitation en complément de ses diverses activités actuelles (sous-traitant déchetterie, exploitation agricole...).

Le permis a été déposé et l'unité devrait être fonctionnelle d'ici 2017. Pour son principe, c'est une unité dite « à la ferme » infiniment mélangé mésophile.

La puissance estimée est de 250kW électrique et de 219kW thermique pour une durée de fonctionnement de 7984 heures qui devrait produire 3,8 GWh.

Le plan d'approvisionnement sera amplement comblé par l'exploitation agricole, gisement auquel s'ajoutera des inter-cultures, des déchets de grain de la coopérative de Saint-Yvi, des pelouses et du maïs d'ensilage.

Pour les débouchés qui sont à prendre en compte dans le montage d'un tel projet, ETA Rocuet a prévu une co-génération, l'électricité sera réinjectée dans le réseau EDF, la chaleur servira au séchage du maïs, du fourrage, de diverses céréales et éventuellement du bois souche (en tant que prestataires de services).

7. Gisement sur le territoire de CCA

Méthodologie pour l'étude des gisements de la méthanisation

Nous décrivons ici la méthode utilisée pour la méthanisation. Nous essayerons d'explicitier au mieux la démarche qui nous a permis de déterminer un potentiel sur le territoire en montrant bien les écueils que nous avons rencontrés, les raccourcis que nous avons dû prendre et les extrapolations réalisées. Nous rappelons que ce potentiel reste théorique et ne pourra pas servir de réel plan d'approvisionnement pour un projet d'unité de méthanisation. Tout développement d'un projet devra faire l'objet d'une étude de faisabilité plus précise.

Une unité de méthanisation ne fonctionnant pas indépendamment, elle nécessite un solide plan d'approvisionnement afin d'avoir un rendement optimal du digesteur et donc de la production de biogaz.

Ce plan d'approvisionnement doit prendre en compte la disponibilité de la ressource mais aussi sa temporalité et sa localisation. Il devra être complémentaire tout au long de l'année.

L'estimation des gisements potentiels ne tient ici pas compte de cette temporalité mais juste de l'abondance de la ressource étudiée.

Une étude bibliographique nous a permis de définir quels gisements rechercher pour ce potentiel, quels types de matières organiques pourraient être introduits dans le méthaniseur, afin de réduire les gisements à étudier. Par exemple, les ligneux tel que les souches ou les branchages ne sont pas acceptés dans le digesteur car la lignine n'est pas digérée en fermentation anaérobie et ne produira pas de biogaz. Elle pourrait également entraîner une détérioration du méthaniseur.

Type de ressource	Ressource CCA (t)	Potentiel de production énergétique (MWh)
Fumier UGB	434 675	25 037
Lisier UGB	521 610	22 534
Boues STEP et SPANC	1 217	196
Déchets verts	7 304	1 767
Pelouses	2 000	1 008
Restes de cultures	70 697	40 721
DIB industries	6 416	1 478
BIB artisanat	6 416	739
	TOTAL	93 481

Tableau 9 : Potentiel énergétique méthanisable sur le territoire de CCA

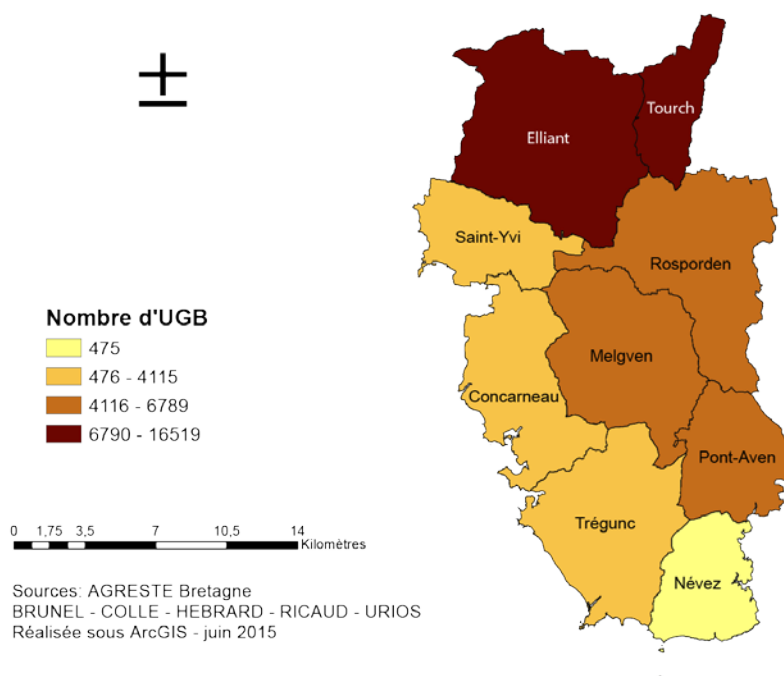
Effluents agricoles

Le premier et le plus important gisement est celui des effluents agricoles. En effet ils représentent à eux seuls en moyenne 90% du potentiel de production d'énergie total.

Afin de déterminer ce gisement, nous sommes partis des chiffres du recensement agricole de 2010¹. Cela nous a permis de trouver des données telles que le nombre d'Unité Gros Bétail (UGB) par communes ou encore les Surfaces Agricoles Utiles (SAU) qui ont été utilisées pour la suite de l'étude de gisement.

Pour ce qui est du fumier ou du lisier, nous sommes partis du nombre d'UGB total présent sur le territoire de CCA, ou plus précisément ceux dont le siège de l'exploitation agricole était situé sur le territoire. Nous avons ensuite déduit suite à une étude bibliographique le tonnage moyen de production de fumier et de lisier d'une UGB. Une fois ce tonnage obtenu, nous en avons déduit le potentiel de production de biogaz d'une tonne de lisier ainsi que celui de l'ensemble de la ressource.

RÉPARTITION DU BÉTAIL SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Carte 18 : Répartition du bétail sur le territoire de CCA

Nous avons déduit, à partir du chiffre de production de biogaz, la production de méthane qui correspond à un chiffre entre 50 et 60% du volume de biogaz extrait du digesteur.

Pour passer du volume de méthane au potentiel en énergie, on applique un facteur de 9.6 (kWh/m³ de CH₄) qui correspond au pouvoir énergétique d'un m³ de méthane (CH₄). Le chiffre final de la table jointe correspond donc à l'énergie en kWh potentiellement productible sur le territoire de CCA pour ce type de gisement.

¹ Source : AGRESTE – DRAAF Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt Bretagne - Recensements Agricoles 2010 et 2000

Entre temps, nous avons fait intervenir un facteur limitant qui mêle bibliographie et réalité du terrain afin de ne pas exagérer des chiffres qui ne seront pas atteignables. Le chiffre final se veut le plus proche d'un scénario optimal et non d'un scénario maximal qui serait atteint si tous les facteurs d'exploitabilité de la ressource étaient à 1 (cf. Annexe).

Pour résumer la méthode pour les effluents d'élevage, nous sommes passés des UGB/commune au tonnage de fumier lisier sur CCA (somme de tous) puis au potentiel de production de biogaz de ce tonnage puis au potentiel méthanogène et enfin au potentiel de production d'énergie limité par certains facteurs.

Boues et graisses d'assainissement

L'assainissement, qu'il soit collectif ou non, produit de la matière organique avec un potentiel méthanogène non négligeable.

Le calcul de ce potentiel s'est fait en fonction des chiffres fournis par les Stations de Traitement des Eaux Polluées (STEP) des différentes communes du territoire¹ ainsi que ceux fournis par les Services Publics d'Assainissement Non Collectif (SPANC) ou les vidangeurs de fosses septiques agréées.

En partant de ces chiffres, nous avons estimé le tonnage total des boues sur CCA afin d'obtenir un chiffre global le plus proche de la réalité possible. La difficulté de cette estimation vient de la part non négligeable de l'assainissement non collectif et son traitement. En effet une partie de la matière collectée par les vidangeurs est réinjectée dans le circuit collectif et rentre donc dans les chiffres fournis par les STEP. Il a donc fallu réduire l'ensemble pour avoir la vision la plus probable du gisement en évitant les doublons. Pour cela nous avons contacté plusieurs vidangeurs agréés du Finistère pour avoir une idée plus ou moins précise de la part des boues de vidange épandues et celles réinjectées dans le réseau.

Le reste du calcul s'effectue de la même manière que pour les effluents agricoles.

Le potentiel auquel on aboutit représente une part assez faible mais qui serait facilement exploitable, cela éviterait l'épandage des boues qui seraient remplacées par du digestat (inodore et mieux assimilé) et pourrait générer des revenus (électricité, gaz, chaleur). La difficulté supplémentaire réside dans le fait que les boues, avant d'être injectées dans le méthaniseur, doivent être traitées (hygiénisation des boues), ce qui rajoute des coûts par rapport aux déchets verts ou autres.

Les déchets verts

Les déchets verts (DV) représentent un potentiel intéressant. Ils sont aujourd'hui utilisés pour du compostage sur des plateformes où ils requièrent beaucoup d'espace. La méthanisation pourrait offrir un débouché aux déchets verts hors ligneux.

Nous sommes partis des déchets sur lesquels nous pourrions agir, en effet on pourrait estimer la production de déchets verts sur l'ensemble du territoire en prenant un rapport par habitant (environ 200kg/hab/an de DV) mais il serait très difficile d'exploiter ces déchets sachant que ce gisement va de paire avec la politique de réduction et surtout de réutilisation en local des déchets verts (compostage chez l'habitant). Chercher à récupérer les DV chez les habitants contreviendrait aux

¹ Source : Diagnostic général des boues de CCA

efforts entrepris par la collectivité et générerait des coûts de transport, de stockage supplémentaires. Hors une partie de ce gisement potentiel disponible chez les particuliers se retrouve en déchetteries et rentre alors dans nos calculs d'estimation. Essayer d'estimer l'un et l'autre pourrait doubler certaines ressources et rendre les calculs erronés. Nous nous sommes donc contentés des résultats de VALCOR¹.

Nous sommes partis du tonnage total recensé par VALCOR dans ses déchetteries. Nous y avons soustrait la part des ligneux non exploitables (de 20 à 30% de la masse) pour la méthanisation. Il s'agit en effet des souches, des branchages constitués de lignine qui non méthanogène car non digérée par les bactéries présente dans le digesteur.

L'utilisation des déchets verts pour la méthanisation pourrait donc représenter un exutoire supplémentaire pour les végétaux et notamment une valorisation énergétique mais demanderait également un tri en amont pour éviter les ligneux et les minéraux.

DIB industries/Artisanat

Les déchets de l'industrie et de l'artisanat peuvent être mesurés par des logiciels tels qu'EGIDA ou Exceltys Eval DIB (créé par la CCI des Côtes d'Armor). Cependant la part des fermentescibles est difficilement exploitable car cela représente une part de gisement fortement dépendante des aléas économiques et qui parfois demande des prétraitements trop importants.

Pour leur estimation, dans cette étude, nous nous sommes basés sur des chiffres de collectivités de tailles à peu près similaires car les outils d'estimation mentionnés précédemment ne nous étaient pas disponibles.

Nous sommes donc partis du tonnage total de déchets artisanaux et industriels du Finistère² auquel nous avons recoupé la part de CCA (calculée sur le tonnage moyen de déchets fermentescibles de CCA/déchets fermentescibles totaux du Finistère). La difficulté pour ce gisement étant que la quantité de déchets produite par les industries et l'artisanat est accessible mais la part exploitable pour la méthanisation est inconnue, la plupart du temps.

L'ensemble du gisement utilisable par la méthanisation a l'avantage de ne pas se recouper avec d'autres énergies renouvelables car il intègre seulement des déchets qui par définition ne sont plus utilisables. Une unité de méthanisation peut quant à elle empiéter sur des terres arables, des terrains potentiellement exploitables pour du solaire ou de l'éolien mais elle pourra également s'installer dans une zone dépourvue de potentialité à proximité de ces gisements.

Cependant la problématique du traitement des déchets n'étant pas récente, d'autres filières de traitement de ces mêmes déchets sont déjà en place sur le territoire. La création d'une unité de méthanisation pourra empiéter sur le gisement d'une filière déjà existante. Les points de vue économique et environnementaux seront également à prendre en compte. En effet, défaire

¹ Source : Rapport annuel sur le traitement et la valorisation des déchets, année 2013, VALCOR

² Source : Évaluation des gisements de biomasse disponibles pour le développement d'une filière méthanisation à l'échelle du territoire finistérien, Novembre 2014, CG29

certaines filières pourrait être plus préjudiciable d'un point de vue environnemental ou économique que l'installation d'une unité de méthanisation.

Enfin certains gisements sont voués à diminuer. Leur production devant être minimisée dès l'exploitation, et certaines ressources comme les effluents agricoles sont pour la majorité produites par de l'agriculture intensive. La modification du système d'agriculture pour la transformer de nourricière à énergéticienne serait un biais préjudiciable. En effet le but de la méthanisation est de réduire les émissions de gaz à effets de serre et de produire de l'énergie renouvelable. Si le plan d'approvisionnement va à l'encontre de cette volonté, l'unité n'a plus de sens écologique, elle devient un outil de production d'énergie et de revenus qui peut être valorisable pour certains enjeux mais qui perd par la même occasion les aides qui pourrait lui être attribuées et retarde de beaucoup le retour sur investissement.

Résultat

Le résultat de cette étude nous donne le potentiel de production énergétique des ressources en méthanisation du territoire de CCA. Le chiffre actuel ne correspond aucunement à une production énergétique si tout ce gisement passait par des unités de méthanisation (détails des chiffres en annexe méthanisation), en effet une partie de cette énergie devra servir pour le réchauffement du digesteur et une autre fera partie des « pertes » énergétiques liées au processus de transformation. Le rendement d'une unité de méthanisation variant d'une usine à une autre, nous nous arrêterons à ce gisement potentiel de production d'énergie via de la méthanisation sur le territoire.

8. Avantages et inconvénients

La méthanisation demande comme ressource des déchets, tout territoire en produit, les fermentescibles étant bien évidemment les seuls acceptés. CCA possède un bon nombre d'exploitation agricoles qui produisent de la matière méthanisable.

Le territoire de CCA possède un potentiel en méthanisation qui pourrait diminuer les coûts de traitement de certains déchets qui seraient amortis par de la production d'énergie.

Il faudrait cependant adapter ou supprimer certaines filières de traitement déjà existantes afin de subvenir aux besoins en matière des divers méthaniseurs qui pourraient être installés sur le territoire.

Un autre biais de cette technologie est que, concernant les unités à la ferme, elle demande beaucoup de matière et qu'on aurait tendance à utiliser des cultures pour la méthanisation plutôt que pour l'alimentation. Cette dérive est déjà présente en Allemagne mais va à l'encontre d'autres objectifs écologiques. La méthanisation n'est pas la panacée mais elle peut apporter une solution à la fois au surplus de déchets et à la production d'énergie sur le territoire.

9. Levier

Les leviers sur lesquels peut jouer une collectivité ne souhaitant pas avoir la gouvernance du projet sont :

- Une aide administrative (aide au montage des dossiers) et un accompagnement dans le suivi du projet, ce qui peut être une lourde tâche pour des personnes ou des sociétés qui souhaiteraient s'y lancer sans en avoir l'expérience. Cela peut se faire par la redirection vers des professionnels ou des associations spécialisées et compétentes (AILE, ADEME...).
- Conseils pour la mise en place du plan d'approvisionnement, une des parties les plus importantes dans une unité de méthanisation. Ou le fait que la collectivité puisse fournir les déchets produits par ses services ou sur son territoire à un méthaniseur local en passant par un appel à projet valorisant la proximité.
- Mettre en relation les différentes unités afin d'éviter les recoupements de gisements. Elle pourra dans ce cadre avoir un rôle d'animateur, de coordinateur afin de veiller au fonctionnement des différentes unités.
- Offrir des débouchés pour les énergies produites. Que ce soit pour la chaleur, le gaz ou le carburant, la collectivité peut veiller à la mise en place de réseaux de chaleurs et y raccorder les riverains, éviter l'habitat dispersé pour faciliter cette mise en place et concentrer certains équipements énergétiquement complémentaires. Elle peut également adapter sa flotte de véhicules captifs pour utiliser le carburant produit (cas des grosses installations).

La collectivité a donc à sa disposition de nombreux leviers (hors aides financières) sur lesquels jouer pour faire évoluer la méthanisation sur son territoire.

Pour conclure sur cette technologie, il est nécessaire d'intégrer les unités de méthanisation dans un réseau ; un réseau de chaleur, un réseau d'approvisionnement, un réseau d'épandage. Une collectivité pourra réellement agir, si elle souhaite développer le potentiel de méthanisation, en agissant dans l'organisation territoriale de la filière plutôt que la mise en place d'une unité par ses propres moyens.

Cela représente donc une filière potentiellement structurable pour un gisement maximum d'environ **90 GWh** malgré une exploitation complexe de la ressource.

VI. LE BOIS ENERGIE

Le bois a longtemps été le seul moyen de produire de l'énergie thermique. Aujourd'hui nous retrouvons des vertus à cette ressource très présente sur le territoire.

En lien avec la SCIC Énergie Bois Sud Cornouaille, nous établirons le potentiel de production actuel de cette énergie et nous travaillerons sur les débouchés possible sur le territoire.

1. Définition

Le bois, pour être transformé en énergie doit avant tout passer par une chaudière :

Une chaudière biomasse est un appareil permettant de créer de la chaleur à partir de la combustion de biomasse (entre autres le bois). Elle peut aussi, en complément, créer de l'électricité, c'est ce qu'on appelle la cogénération.

Son fonctionnement est simple, la biomasse brûle dans la chambre de combustion (1) et la chaleur ainsi dégagée transforme l'eau de la chaudière en vapeur. Si c'est une chaudière co-génératrice, la vapeur fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur (3). L'alternateur produit de l'électricité qui est injectée dans le réseau électrique. Sinon, la vapeur est directement utilisée pour chauffer des structures (équipements publics, logements etc...) (4). Le reste de la vapeur est transformée en eau par l'intermédiaire d'un condensateur (5) et est ensuite réinjectée dans la chaudière, formant ainsi un circuit fermé.

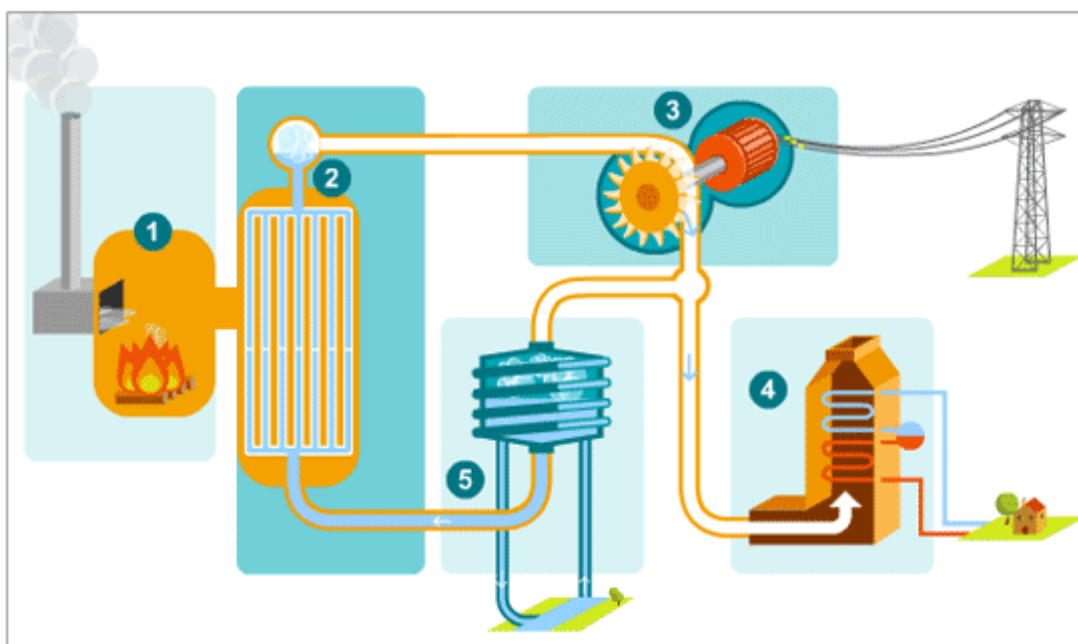


Figure 12 : Fonctionnement d'une chaudière bois (source: <http://jeunes.edf.com>)

Projet similaire sur CCA

On recense actuellement deux grosses installations de ce type sur le territoire de CCA :

Bâtiment équipé	Centre aquatique du Porzou : l'Atlantide	Espace aquatique de Rozanduc
Type de bois	Plaquette	Plaquette
Consommation bois (T/an)	348	85
Consommation de chaleur (kWh/an)	613 000 ¹	213 575
Puissance chaudière (kW)	560	320
Chaudière d'appoint	2 Gaz	Gaz et solaire thermique

Tableau 10 : Installations sur le territoire de CCA (Source : QCD)

Il existe deux installations similaires sur COCOPAQ.

Le bois plaquette, utilisé dans ces chaudières, est à différencier du bois pellet. Contrairement à ce dernier, le bois plaquette n'est utilisable que pour les grosses installations et n'est pas encore adapté aux chaudières des particuliers.

Le bois plaquette, fourni par la SCIC, est le résultat d'un broyage du bois, les morceaux de bois de taille importante doivent être insérés dans l'incinérateur par des vis sans fin ou des tapis roulants. De telles installations, très coûteuses, ne sont envisageables que si la demande en chaleur est importante comme pour un réseau de chaleur par exemple.

Le bois pellet, envisageable pour un particulier, est produit via le compactage de sciure de bois. L'absence de scierie sur le territoire ou même à proximité ajouté à l'effort mécanique nécessaire pour assembler les granulés dégrade le bilan carbone de ce type de bois.

Nous avons choisi dans cette étude de nous concentrer sur le potentiel en bois plaquette afin que la ressource soit d'une part la plus locale possible et qu'elle participe au développement de la filière mise en place récemment.

Nous n'avons également pas approfondi le potentiel du bois bûche pour plusieurs raisons :

- le potentiel est difficilement mesurable car il s'agit surtout de vente au particulier ou de consommation directe par le producteur
- la volonté actuelle de réduire très fortement les consommations des foyers rend obsolète la fonction de chauffage mais tout en gardant le côté esthétique du feu de cheminée
- les particuliers souhaitant investir se tourneront plutôt vers du bois pellet ce qui entraînerait une stagnation voire une lente régression du potentiel actuel (60 GWh sur le territoire source OREGES)

Nous nous sommes donc intéressés au bois plaquette. Sa production, à une échelle locale, et la taille des installations requises pour son utilisation le rendant plus approprié à ce genre d'étude.

Dans un premier temps nous établirons le gisement en ressources et en chaleur exploitable sur le territoire puis nous exposerons des débouchés possibles pour cette filière.

¹ Consommation non exhaustive dû à la récente mise en place des équipements

2. Gisement sur le territoire de CCA

Gisement de la ressource bois

Une étude de la structuration d'une filière bois-énergie sur les territoires des communautés de communes du pays de Quimperlé et de Concarneau Cornouaille, a été effectuée en 2011. Dans cette étude, un inventaire des gisements bois a été effectué sur le territoire de CCA. Il est à préciser que ces chiffres restent théoriques. Ci-dessous une synthèse des gisements de cette étude :

Potentiel en 2011 (T/an)	
Bois bocager (50% de la ressource / bûche)	7 400
Bois forestier / public et privé (rémanents résineux)	6 700
Déchets verts (refus criblage de souches)	160
Bois d'opportunité / public et privé	2 000
DIB / Bois de fin de vie et connexe scieries	770
TTCR	130
Total	17 160

Tableau 11 : Potentiel bois - Source SCIC Energie Bois

Ces 17 160 tonnes correspondraient à l'équivalent de 63 000 MWh, sachant qu'environ 20 % des ressources sont déjà utilisées pour les équipements du territoire en 2015. En résumé, le gisement de bois non utilisé serait d'environ **13 000 t/an**.

Or malgré la ressource disponible sur le territoire ou ses abords, il n'y actuellement que très peu de débouchés pour l'expansion de la filière.

Afin d'estimer les débouchés possibles et d'exploiter ces ressources, nous avons choisi d'une part, de recenser tous les types de chaudières sur le territoire (bâtiments publics), puis de relever la consommation énergétique de ces même bâtiments pour savoir si oui ou non un réseau de chaleur serait envisageable.

Les chaudières existantes

Le recensement des chaudières permet d'établir, d'une part le taux d'exploitation des chaudières biomasse. Si elles ne sont pas exploitées au maximum, la chaufferie pourrait alimenter d'autres bâtiments à proximité. Et d'autre part, localiser les chaudières fonctionnant aux énergies fossiles afin de pouvoir les remplacer par des unités utilisant des ressources renouvelables. Ainsi, nous avons contacté les collectivités afin d'obtenir des informations sur les chaudières.

Conformément à nos attentes, les chaudières actuelles ont été désignées pour alimenter le bâtiment d'implantation et lui seul.

Parfois des équipements publics situés à proximités auraient pu partager un système de chauffage via des micros réseaux de chaleur et réduire ainsi les coûts, mais il aurait fallu, dès leur création, instaurer une réflexion à une échelle plus large que le bâtiment lui même.

Nous avons réalisé une liste de l'ensemble des chaudières des bâtiments publics du territoire (quand la donnée était disponible) que nous avons recoupé avec leurs positions géographiques. Nous avons ainsi obtenu une carte de localisation des consommateurs publics de chaleur avec leurs modes de chauffage actuel.

Recouper ces deux données nous a permis d'estimer l'intégration d'un équipement dans un réseau de chaleur. Un travail en lien avec la SCIC et son directeur, M. Richard, permettrait de définir réellement si opportunité il y a.

Si dans cette étude, nous n'avons pris en compte que les bâtiments publics car leurs chiffres de consommations étaient les plus aisés à obtenir, la création d'un réseau de chaleur devra intégrer le plus possible de bâtiments alentours pour plus de rentabilité. L'étude de faisabilité devra tenir compte de l'éventuel raccordement des bâtiments privés au réseau pour une meilleure rentabilité énergétique et financière.

En ne considérant que la consommation en chaleur des bâtiments publics actuellement chauffés aux énergies fossiles et en les remplaçant par des chaufferies bois, la production liée au bois sur le territoire pourrait être augmentée de 3,7GWh (cf. annexes).

Ce chiffre représente un levier sur lequel les collectivités peuvent agir directement tout en restant cohérentes avec la politique de développement de la filière locale de bois plaquette.

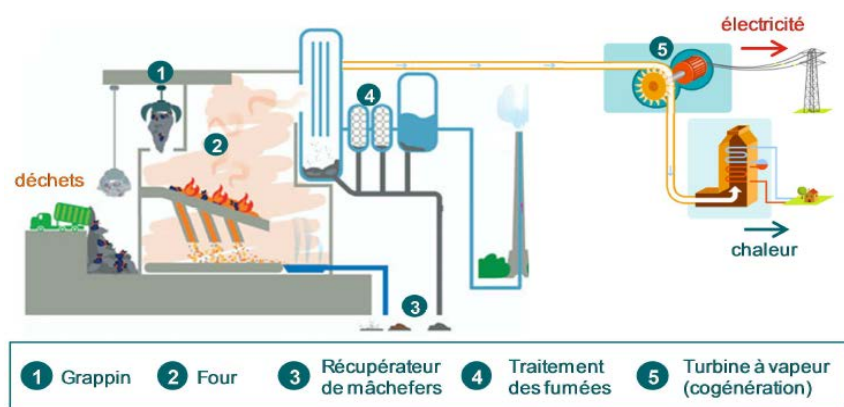
Le bois est une ressource importante sur le territoire de CCA et COCOPAQ, ce qui a permis la création de la SCIC Énergie Bois Sud Cornouaille. À sa création une étude a été lancée permettant la ressource disponible sur le territoire. Cette ressource s'élève à près de 17 160 tonnes de bois par an ce qui correspond à une production énergétique de **63 GWh**.

VII. LA VALORISATION DES DECHETS (VALCOR)

1. Définition

Les Usines d'Incinération d'Ordures Ménagères, appelées communément les UIOM, permettent de détruire les ordures ménagères. A travers ce procédé, elles génèrent d'importantes quantités de chaleur qui peuvent être récupérées afin d'alimenter des bâtiments en énergie thermique.

Les déchets ménagers sont, en majeure partie, détruits par combustion dans le four (2). La chaleur ainsi dégagée transforme l'eau de la chaudière en vapeur. Si c'est une usine co-génératrice, la vapeur fait tourner une turbine (5) qui entraîne un alternateur. L'alternateur produit de l'électricité qui est injectée dans le réseau électrique. Sinon, la vapeur est directement utilisée pour chauffer des structures (équipements publics, logements, réseau de chaleur). Le reste de la vapeur est transformée en eau par l'intermédiaire d'un condensateur, et est ensuite réinjecté dans la chaudière. La fumée dégagée par la combustion, est ensuite traitée (4), puis évacuée par une cheminée, c'est ce que l'on appelle une chaleur « fatale ». L'incinération laisse tout de même des déchets : les mâchefers (3).



Crédits : Adapté du syndicat mixte de traitement des déchets, Béarn

Figure 13 : Fonctionnement unité de valorisation des déchets (Source: "Les moyens de production d'énergie" ENEA Consulting 2014)

2. Gisement

L'UIOM VALCOR (Valorisation Cornouaille) se situe sur le territoire de CCA, à Concarneau. Concernée par son efficacité énergétique, l'usine établit chaque année des tableaux récapitulant la consommation et la production de l'usine en matière d'énergie thermique et d'électricité. Ainsi, elle produit de l'énergie thermique, environ **144 GWh/an**. L'usine consomme une partie de sa production, 30,5 GWh/an, et alimente une usine de farines de poisson à hauteur de 25,6 GWh/an. Le reste, près de **90 GWh/an** d'énergie thermique, est inutilisé et donc disponible. Cette chaleur passe dans une turbine pour produire de l'électricité. Le rendement de la turbine étant faible (12-15%) l'électricité produite n'est pas suffisante pour garantir une valorisation correcte de la chaleur.

Un mégawattheure de chaleur rejette 350 kg de dioxyde de carbone tandis que le facteur d'émission de la production électrique actuelle est de 2300 kg/MWh, soit bien supérieur. La valorisation directe de la chaleur plutôt que sa transformation est préconisée car elle permettrait de réduire grandement les émissions de gaz à effet de serre par MWh produit.

De plus l'usine atteint tout juste la limite d'une performance énergétique de 0,60. Hors cette limite est importante car elle correspond à la réduction par deux de la TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes), celle-ci passe de 8 euros la tonne à 4 euros la tonne soit une réduction de près de 225 000 euros. Cette taxe représente énormément de dépenses pour l'entreprise (et donc pour CCA) et sa diminution est primordiale pour la pérennité de l'usine. De même, il est intéressant de noter que cette performance énergétique, qui se calcule en fonction des productions (de chaleur et d'électricité) et des consommations (autoconsommation ou achat) agit aussi sur les subventions apportées par des organismes tels que Eco-Emballage. Il y aurait alors une perte financière très importante si cette performance n'était pas atteinte.

Cette valorisation est d'autant plus importante que l'usine sera bientôt en concurrence avec d'autres incinérateurs dans le secteur, du fait de la diminution de la ressource en déchets.

Ci-dessous un tableau récapitulatif :

	UIOM - VALCOR
Production en 2014	
Durée de production (h/an)	7 800
Production de chaleur (MWh/an)	143 791
Chaleur restante transformée en électricité	87 617
Production électricité (MWh/an)	10 777
Consommation en 2014	
Déchets (tonnes)	54 458
Consommation de chaleur	30 539
Consommation électrique	5 909
Vente de chaleur	25 635
Performance énergétique en 2014	0,54

Tableau 12 : Production et consommation de VALCOR

Une usine d'incinération, contrairement aux autres sources d'énergie renouvelable, reste une entreprise polluante dont le caractère renouvelable peut être discuté. L'incinération est cependant le traitement le plus efficace des déchets et la chaleur produite est fatale, elle doit donc être utilisée sous peine de rendre encore plus polluante cette activité.

Un réseau de chaleur assurerait la valorisation de la totalité de la chaleur en alimentant les bâtiments voisins, voire le centre-ville de Concarneau. Ce réseau permettrait de vendre une chaleur produite aujourd'hui « gratuitement » dont l'approvisionnement est assuré et déjà en place. Si l'usine vient à fermer, le réseau étant déjà en place, il serait aisé d'installer une nouvelle unité de chauffage.

La pérennité de l'unité d'incinération des ordures ménagères est un enjeu important sur le territoire de CCA. La valorisation des déchets crée près de **144 GWh** de chaleur qui pourraient être utilisables sur le territoire. Aujourd'hui seulement 25,6 GWh sont vendus à une entreprise et le reste de la chaleur est utilisé pour être transformé en électricité avec une turbine vieillissante ayant un faible rendement.

PARTIE 3 : PERSPECTIVES D' ACTIONS SUR LE TERRITOIRE DE CCA

I. UNE GRILLE D'ANALYSE

L'étude des différentes technologies, de leurs gisements, des réglementations associées, des facilités de mise en place et des difficultés nous a permis de dresser une grille d'analyse stratégique.

Cette grille a pour objectif à la fois de synthétiser les parties précédentes suivant certains critères mais aussi d'orienter les choix futurs pour la collectivité.

Dans cette grille nous avons également introduit des moyens de mise en œuvre. Ces pistes sont des propositions d'actions à mener, des préconisations, liées à une ou plusieurs technologies, qui sont susceptibles de faire évoluer le mix en énergie renouvelable du territoire de CCA. Nous les détaillerons plus tard par ordre d'importance.

Technologie	Acteurs (impulseurs, lanceurs de projet)	Potentiel de production (GWh/an)	Difficultés de mise en place	Opportunités	Aides possibles (Conseil, financières)	Pistes d'action
Photovoltaïque Toiture individuelle	Privés Collectivité	24,1 GWh	Investissement individuel fort Autant d'acteurs que de projets	Rentabilité à moyen terme Diminution de la facture EDF	ADEME (Conseil) QCD (Conseil) Collectivités (Conseil) Banques (prêt LDD, livret développement durable)	Création d'une campagne de communication Création d'un poste développeur de filière Possibilité de créer des aides financières pour les projets au niveau individuel (Volontariste)
Photovoltaïque Toiture commerciale, industrielle et agricole	Privés (toiture commerciale, industrielle, agricole) Projets citoyens (dont collectivité)	62,3 GWh	Investissement élevé	Rentabilité à moyen terme Possibilité d'ajouter un autre revenu à l'activité	ADEME (Conseil) QCD (Conseil) Réseau TARANIS (Conseil) Banques (prêt LDD, livret développement durable)	Création d'une campagne de communication Création d'un poste développeur de filière Possibilité de créer des aides financières pour les projets
Photovoltaïque au sol	Individuel privé Industriel Projets citoyens (dont collectivité)	317 GWh	Coût d'installation élevé Concurrence l'agriculture Acceptabilité sociétale faible	Potentiel de production important Possibilité d'installer du petit bétail en pâturage	Investisseurs privés EDF Energie Nouvelle ADEME (Conseil) Réseau TARANIS (Conseil)	Mutualisation (ou remembrement) des parcelles pour la mise en place de centrales Impulsion et/ou soutien de projets citoyens
Solaire Thermique sur toiture individuelle	Individuel privé Industriel Equipements publics (piscines, campings...)	5,6 GWh	Investissement important (changement des équipements)	Réduction de la consommation énergétique pour l'eau chaude sanitaire	ADEME (Conseil et Financier) QCD (Conseil) Collectivités État (crédit d'impôts, éco-prêt à taux 0) Banques	Création d'une campagne de communication Création d'un poste développeur de filière Possibilité de créer des aides financières pour les projets au niveau individuel (Volontariste)
Eolien terrestre	Individuel privé Industriel Projets citoyens	39 GWh	Bâti diffus sur le territoire (peu de zones éligibles) Acceptabilité sociétale faible	Technologie mature Production importante par rapport à la surface utile	Investisseurs privés Réseau TARANIS (Conseil)	Impulser un engouement politique Création d'un poste développeur de filière Impulser ou soutenir des projets citoyens pour les nouveaux parcs
Eolien off-shore posé et flottant	État EDF Energie Nouvelle Exploitant privé	0 GWh	Aucun pouvoir de la collectivité hormis lobbying des élus Contraintes réglementaires fortes	Forte production au large (vent fort)	Appel d'offre de l'Etat	Lobbying des élus pour l'étude de la technologie au large du Sud Bretagne (échelle régionale) Suivi de la technologie encore au stade de projet
Méthanisation	Exploitant agricole / Coopérative d'exploitants Industriel Collectivité Association	90 GWh	Coût élevé Approvisionnement en ressources complexe Besoin de débouchés pour ses produits Réglementation d'ICPE	Gisement important Adaptabilité de la technologie	ADEME (Conseil, Aides financières) AILE (Conseil) CG29 (Conseil, Aides financières) Région Bretagne (Conseil, Aides financières) Réseau TARANIS (Conseil) ERdF/GRdF (Conseil, Aides financières) FEDER et FEADER (Aides financières)	Organiser la filière méthanisation. Aides et conseils au développement de la technologie Appel à projet pour les boues de station
Bois énergie	Individuel privé Industriel Collectivité Promoteurs	63 GWh	Coût d'investissement élevé (mais rentable sur le long terme surtout si intégré à un réseau de chaleur)	Coût de la chaleur stable Ressources disponibles localement	Associations (AILE, Amorce, via Séva) Syndicats (syndicat des EnR, SNCU), QCD, Gestionnaire, ADEME (Fond chaleur) Réseau TARANIS (Conseil)	Remplacer les chaudières fioul et gaz GPL en chaudière bois Favoriser le développement de RDC
Valorisation des déchets	Collectivité VALCOR	144 GWh	Diminution des déchets	Chaleur exploitable disponible Consommateurs de chaleur sur le territoire	ADEME (Fond chaleur)	Mettre en place un réseau de chaleur
Hydraulique	Propriétaires avec titre fondé	1.3 GWh	Continuité écologique qui va à l'encontre de la mise en place des moulins Gisement faible	Investissement faible Restauration et valorisation du patrimoine	ADEME (Conseil, Aides financières) Association des moulins du Finistère (Conseil) Agence de l'eau (Conseil)	Informers les propriétaires fondés en titre (via l'écopôle)
EMR	Etat	0 GWh	Technologies en développement et pas encore matures	Bonne acceptabilité sociétale car technologie peu visible et ayant peu d'impacts environnementaux	ADEME (Conseil, Aides financières) Région (Conseil, Aides financières)	Répondre aux appels d'offres nationaux Se tenir informé des évolutions des technologies agglomérations car les projets ont une échelle plus grande que CCA

L'analyse de cette grille couplée avec les objectifs de l'étude nous ont permis de fournir trois scénarios :

- Au fil de l'eau
- Volontariste
- Volontariste +

Ces scénarios, qui seront présentés par la suite, ont pour objectif de montrer les évolutions du mix énergétique en fonction des actions menées et des orientations prises.

Ils proposent diverses solutions à adopter, en fonction de la volonté d'engagement de CCA, et présentent l'impact estimé de ces dernières sur le mix énergétique du territoire.

II. LES SCENARIOS

1. Scénario au fil de l'eau

Le scénario fil de l'eau tend à montrer l'évolution du mix énergétique si aucune actions n'étaient menées par la collectivité.

Nous avons tenu compte d'un horizon 2020 où seul les projets actuellement en cours de réalisation verraient le jour. A savoir :

- Le parc éolien de Melgven (11 GWh)
- L'unité de méthanisation de l'ETA Rocuet à Trégunc (3,9GWh)
- Le projet de micro-hydraulique de Rosporden (0,08 GWh)

Nous avons également considéré une légère hausse de certaines technologies, à l'initiative de privés, (exemple : des panneaux photovoltaïques ou du solaire thermique) correspondant à une croissance constante par rapport aux années précédentes. Cette courbe tendancielle est basée sur l'évolution de ces dernières années extraite de l'Observatoire de l'énergie et des gaz à effets de serres de Bretagne (OREGES).

La production d'énergie renouvelable liée aux projets nouveaux auraient pu faire augmenter la part des EnR dans le mix énergétique, mais nous avons considéré que l'usine VALCOR ne serait plus en fonction dans ce scénario, sa production de chaleur et d'électricité en moins, la part d'EnR dans le mix total se retrouve au niveau de l'état actuel. Nos recherches bibliographiques couplées à nos entretiens nous ont montré que si d'ici 2020, aucun projet n'était mené pour améliorer la performance énergétique, l'UIOM de Concarneau entrerait en concurrence avec les autres incinérateurs d'un territoire plus large (Sud Finistère).

La chaleur et l'électricité produites par cette unité n'étant plus disponibles, l'usine Biocéval devra désormais se fournir en chaleur via des énergies fossiles, ce qui risquerait de réduire sa rentabilité et sa pérennité sur le territoire, emplois qui pourraient s'ajouter à ceux perdus lors de la fermeture de VALCOR. Les déchets qui étaient alors traités sur le territoire devront également trouver d'autres débouchés.

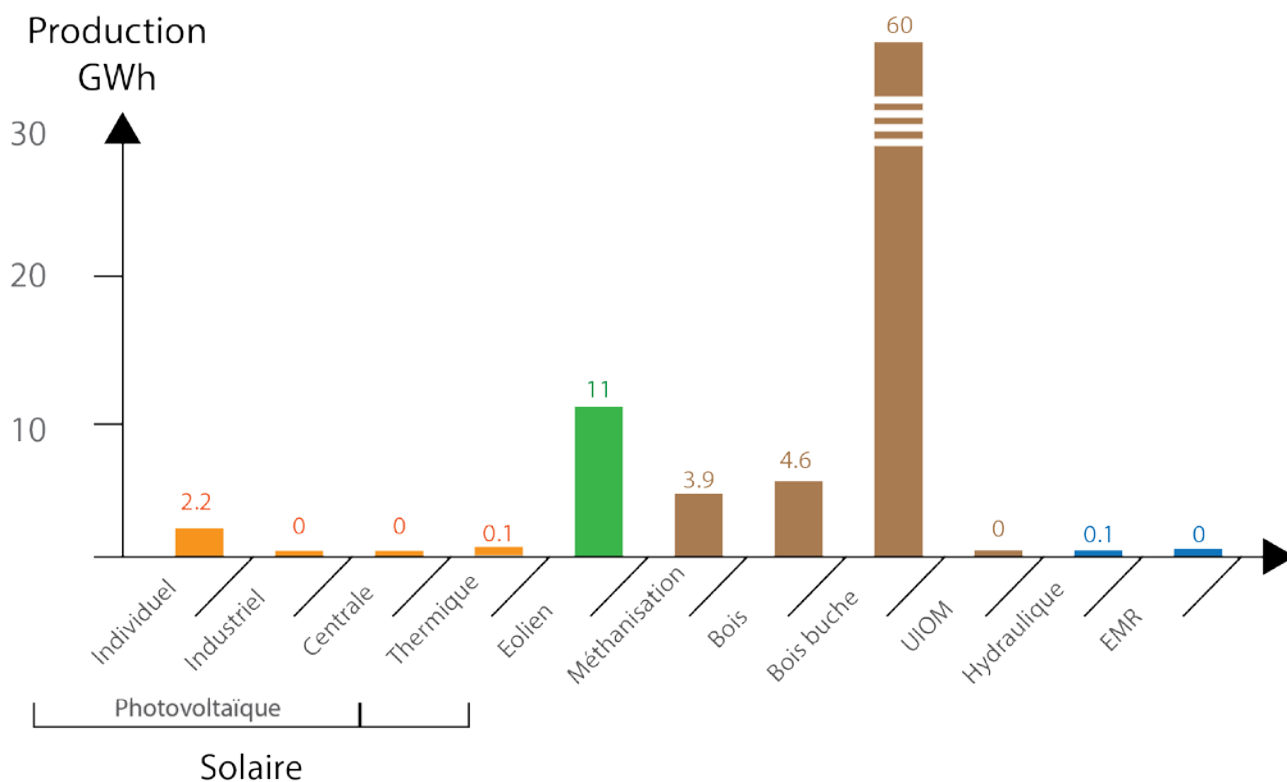
Non seulement la production d'EnR baissera fortement mais les consommations pourraient augmenter alors qu'un autre axe du PCET vise à les réduire.

L'évolution au fil de l'eau apparaît être plus préjudiciable que la situation actuelle. En effet la perte de VALCOR sur le territoire n'est pas compensée par la création de nouvelles unités de production d'énergie renouvelable.

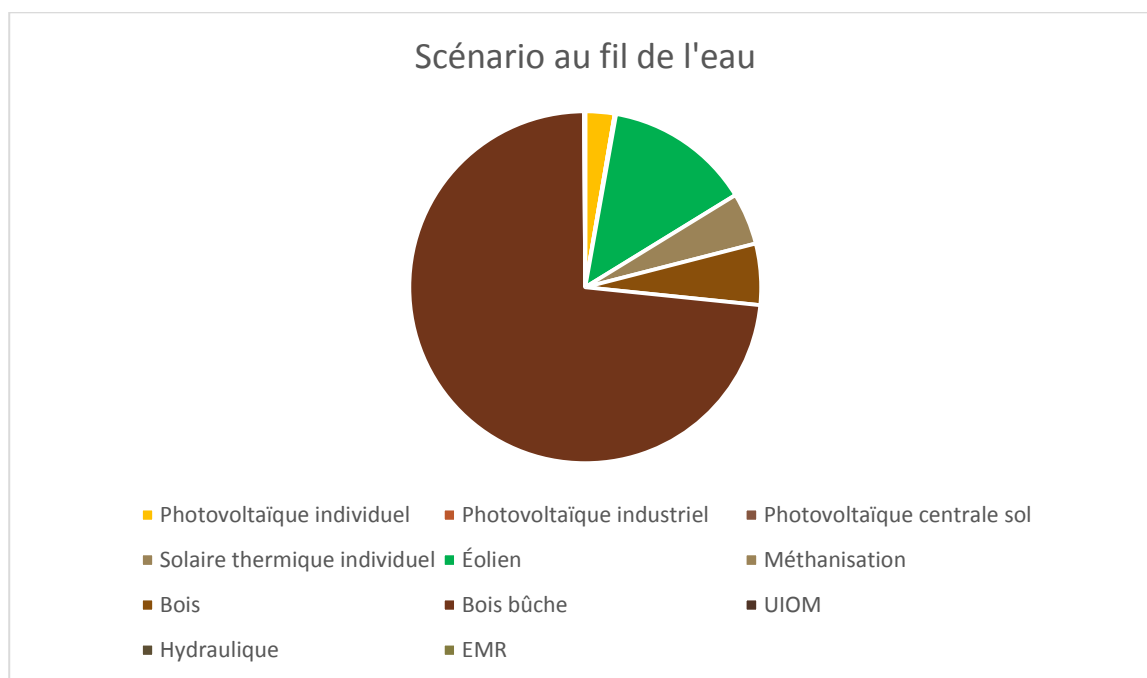
Le mix énergétique renouvelable de ce scénario ne permettrait de produire que **5,5%** de l'énergie consommée en 2020, bien loin de l'objectif des 20%.

Si rien n'est fait en faveur des nouvelles énergies, si aucune actions qu'elles soient de sensibilisation, de conseil ou de financement ne sont mises en place, l'objectif du PCET ne sera pas atteint.

On peut retrouver ci-dessous le mix énergétique de ce scénario avec les deux diagrammes suivant :



Graphique 1 : Scénario au fil de l'eau - Mix énergétique



Graphique 2 : Scénario au fil de l'eau - Mix énergétique

2. Scénario Volontariste

Le scénario volontariste exprime la résolution prise par la collectivité de changer son mix énergétique et d'engager la démarche d'atteindre les 20% requis dans le PCET.

Ce scénario pourra être une première étape sans être une finalité, une transition dans le mix énergétique et dans l'organisation territoriale, car, en considérant l'évolution de toutes les technologies touchées par les pistes d'actions envisagées, les 20% ne seront pas atteints dans ce scénario. En effet, il atteint seulement **12,5%** de production issue des EnR.

Contrairement au scénario précédent, où VALCOR fermait, faute d'investissements suffisants pour rester concurrentiel, l'action principale est ici la mise en place d'un réseau de chaleur suffisant à valoriser économiquement la chaleur de l'UIOM (cf le chapitre Réseau de chaleur).

Comme pour le scénario « Au fil de l'eau », les projets qui étaient en cours ont vu le jour. Nous avons par ailleurs considéré que les actions menées par CCA sur son territoire avaient eu assez d'impact et qu'en plus des projets actuels, d'autres avaient émergés :

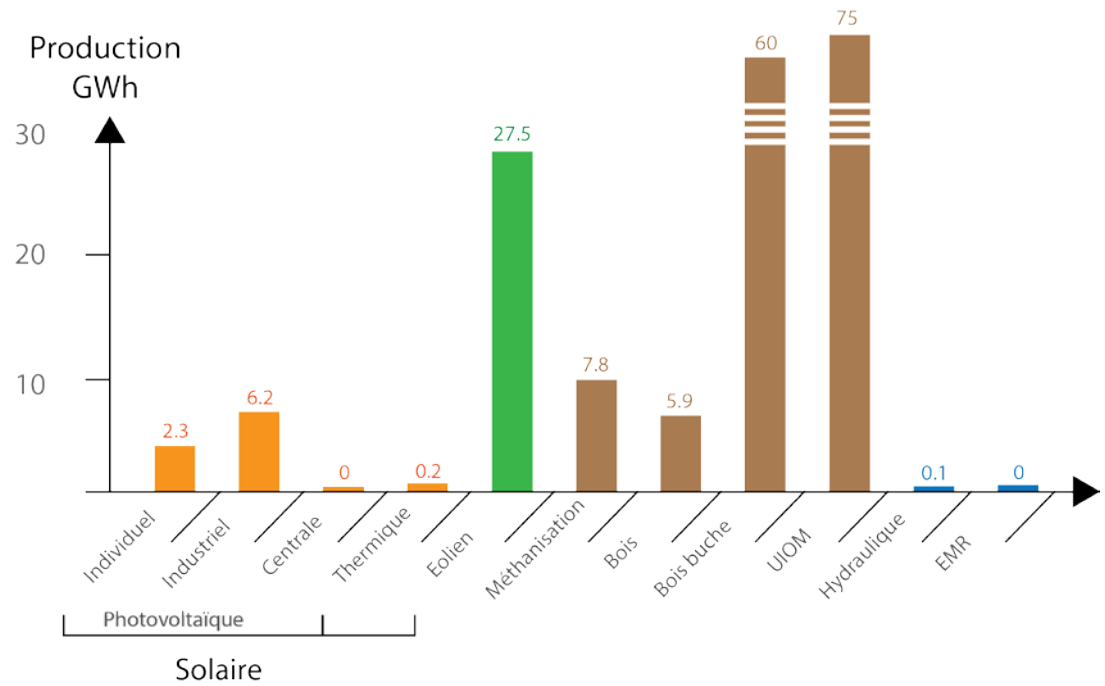
- un parc éolien verra le jour sur Elliant (3 mâts) pour une production de 17GWh/an.
- l'unité de méthanisation du territoire (ETA Rocuet) aura doublé sa capacité, passant d'un régime de déclaration à un régime d'autorisation lui permettant le traitement des boues de station d'épuration.
- la fréquence d'installation des panneaux photovoltaïques sur bâti existant augmenterait, la courbe tendancielle évoquée dans le scénario précédent aurait une pente plus forte.
- la fréquence d'installation de panneaux solaires thermiques couplés à des systèmes CESI (chauffe-eau solaire individuel) aurait augmenté légèrement.

Les moyens de mise en œuvre que nous avons préconisés pour ce scénario sont :

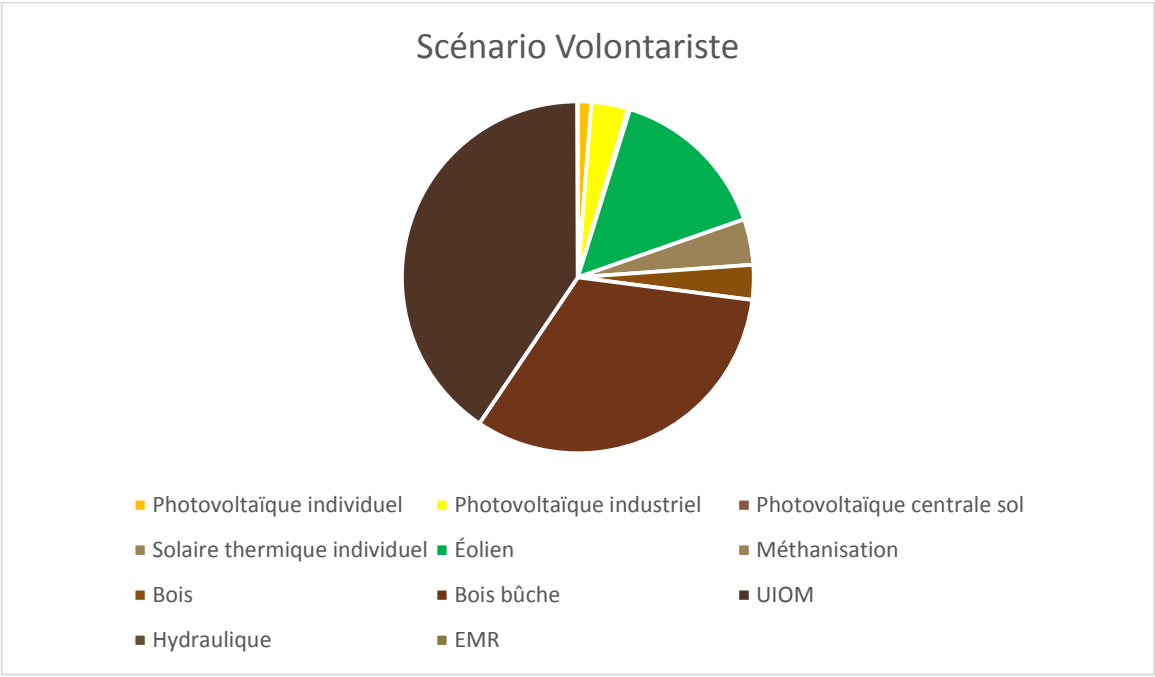
- Lancement d'une campagne de communication, qui visera les ménages et les industriels et incitera à l'installation d'unités de production d'énergie renouvelable sur les bâtiments privés.
- Remplacement des chaudières fioul et gaz des bâtiments publics par des chaudières bois-énergie qui s'intégreront dans des réseaux de chaleur alimentant à la fois les équipements de certains centres-villes, centres-bourgs mais également les particuliers qui souhaiteraient s'y raccorder.
- Création d'un réseau de chaleur suffisant autour de VALCOR afin d'être performant énergétiquement seulement avec la chaleur et en se passant de la production électrique à très faible rendement.
- Impulsion de projet citoyens, aide à la création des SEM...(cf Projet citoyen)
- Mise en place d'un développeur de filière qui aura pour rôle d'animer, de conseiller, d'impulser des projets sur le territoire, de faire du démarchage auprès des acteurs potentiels et des constructeurs.

L'ensemble de ces moyens ne sont que des pistes. En aucun cas leur mise en place ne garantira l'évolution présentée dans ce scénario. Un territoire étant un ensemble complexe porté par différentes volontés, si CCA s'affirme comme pilote dans ce domaine, comme animateur pour les énergies renouvelables, les résultats peuvent dépasser ces estimations. Il est évident que le changement ne sera pas immédiat, et au vu des investissements nécessaires, l'horizon 2020 peut paraître très proche mais il ne faut pas se réduire à cette date et engager une démarche à plus long terme.

On peut retrouver ci-dessous le mix énergétique de ce scénario avec les deux diagrammes suivant :



Graphique 3 : Scénario Volontariste - Mix énergétique



Graphique 3 : Scénario Volontariste - Mix énergétique

3. Scénario Volontariste + :

Ce troisième scénario, le plus volontariste, a pour but d'atteindre l'objectif fixé par le PCET en termes de production d'énergies renouvelables. A savoir produire 297,7 GWh d'énergie renouvelable, soit **20%** de l'énergie que consommera le territoire de CCA en 2020. Ce scénario présente des propositions d'exploitations réfléchies pour chaque gisement, le but n'étant pas simplement d'atteindre ce chiffre de 20% mais de l'atteindre d'une manière plausible et réalisable. Les installations proposées seront détaillées pour chaque technologie par ordre décroissant de production.

La première source d'énergie de ce scénario est l'unité d'incinération des ordures ménagères VALCOR avec ses 144 GWh produits par an. Cette énergie étant inévitablement produite, et aujourd'hui majoritairement relâchée sous forme de chaleur dans l'atmosphère, il serait regrettable de ne pas la valoriser en la réinjectant dans un réseau de chaleur qui pourrait alimenter le centre-ville de Concarneau par exemple. Ce débouché présenterait un intérêt double puisqu'il permettrait à VALCOR de se pérenniser dans le temps en valorisant la totalité de la chaleur produite, et donc en réduisant ses taxes (TGAP), tout en devenant le plus gros producteur d'énergie renouvelable du territoire de CCA.

D'autre part on estime que l'ensemble des actions menées par CCA sur son territoire ferait émerger de nouveaux projets :

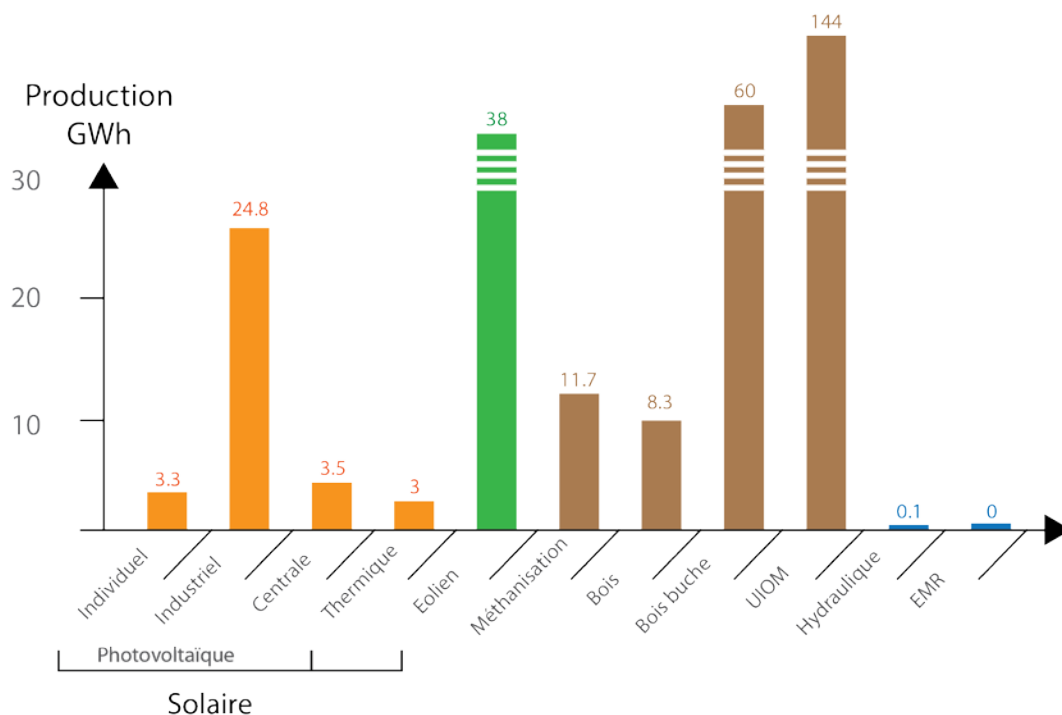
- On envisage ici que la totalité du gisement éolien soit exploité et que cinq nouvelles éoliennes soit construites sur la commune d'Elliant. Ceci permettrait d'accroître la production éolienne du territoire de CCA à 39 GWh. Conscients que l'acceptabilité sociétale de cette technologie reste relativement faible, il serait préférable de passer par des projets citoyens qui, comme nous le verrons plus tard, ont l'avantage d'avoir une meilleure acceptabilité sociétale. Le rôle de développeur de filière prendrait ici tout son sens puisqu'il serait chargé de faire naître la réflexion dans l'esprit des acteurs en organisant des réunions ayant pour but de mettre en contact les résidents, les politiques et les industriels.
- Concernant le photovoltaïque sur toiture on considère que l'évolution tendancielle a été accentuée par la communication effectuée et l'aide en conseils apportée par le développeur de filière.
- Les efforts en termes de communications et de conseils auraient impulsé l'installation de panneaux photovoltaïque sur toiture industrielle. Celles-ci représentent un potentiel de production important pour une certaine facilité dans les démarches due au faible nombre d'acteurs à faire intervenir.
- La hausse de production du solaire thermique est due à la promotion d'installations combinées sur les nouveaux logements. Cette technologie à l'avantage de produire beaucoup pour un coût acceptable si l'installation se fait en construction et non en rénovation.
- On envisage dans ce scénario l'émergence d'une centrale solaire au sol sur une parcelle de 10 ha, celle-ci produirait 3,5 GWh à l'année. Bien que paradoxale avec certaines politiques menées sur le territoire de CCA, la création de cette centrale serait un compromis à faire pour atteindre une production d'énergie renouvelable de 20%.
- En termes de biomasse, on suppose ici la création d'une deuxième unité de méthanisation sur le territoire de CCA, en plus du doublement de la capacité de celle de l'ETA Rocuet, faisant ainsi passer la production de 7,8 à 11,7 GWh. Cette seconde unité devrait s'implanter préférentiellement dans le nord du territoire afin de profiter de la proximité des ressources agricoles.
- Enfin on propose dans ce scénario le surdimensionnement des chaudières bois qui viendraient remplacer celles existantes dans les bâtiments communaux. Ceci permettrait l'irrigation en chaleur de bâtiments annexes via la création de réseaux de chaleurs d'échelle communale.

Pour faire évoluer son mix énergétique de la sorte, CCA devrait s'engager fortement en menant des actions conséquentes. Les moyens de mise en œuvre s'ajoutant à ceux déjà présent dans le scénario précédent sont :

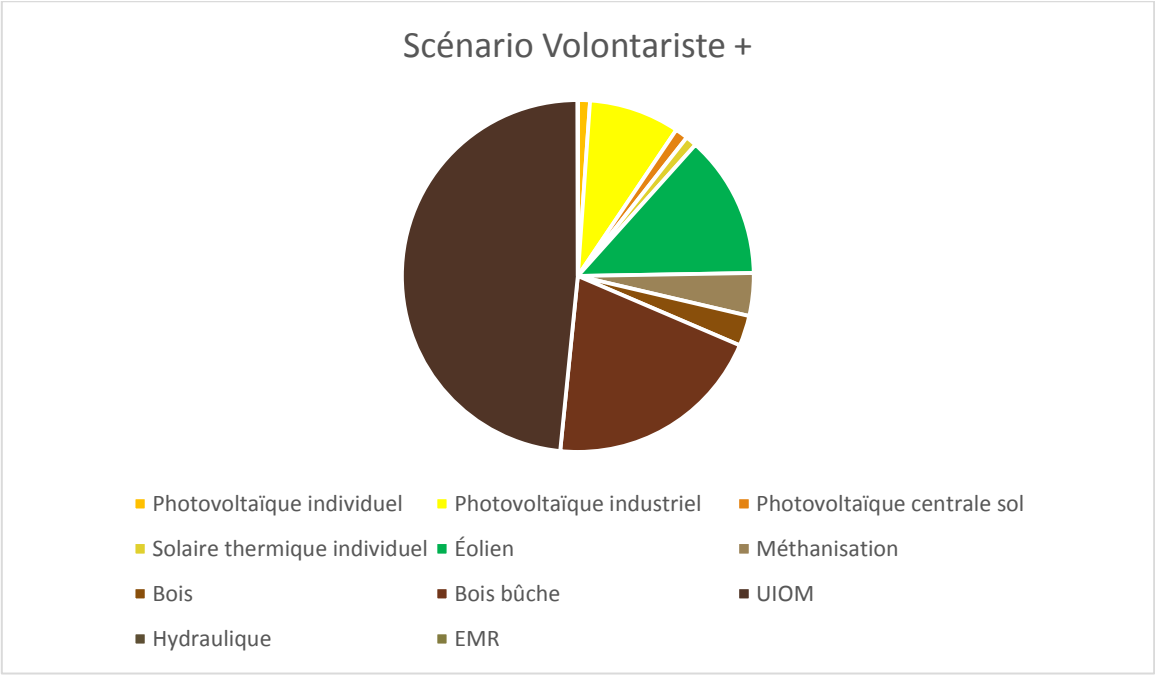
- Un réseau de chaleur de taille importante serait réalisé dans ce scénario. Il permettrait de relier l'unité d'incinération d'ordures ménagères au centre-ville de Concarneau et d'y distribuer sa chaleur résiduelle.
- Des aides financières seraient mises en place sous forme de subventions attribuées aux particuliers porteurs de projets. Ces aides serviraient à accroître le nombre d'installation photovoltaïque et thermique sur le bâti individuel.

Ce scénario est une proposition possible de mix énergétique visant à atteindre l'objectif des 20% d'énergie renouvelable fixé par le PCET. Cet objectif serait atteignable si CCA et l'ensemble des acteurs territoriaux s'engageaient dès à présent dans une politique soutenue de promotion des énergies renouvelables, l'atteindre pour l'horizon 2020 semble toutefois compromis. Cependant il faut rappeler que l'ensemble des valeurs de production citées dans ce scénario ne sont que des estimations. Aucune assurance n'est prise quant à la réalisation de ces dernières si les axes du scénario étés tenu. L'évolution toujours plus rapide des technologies et le jeu complexe des acteurs à faire intervenir ne nous permettent pas de faire de la prévision, mais bien de la prospection.

On peut retrouver ci-dessous le mix énergétique de ce scénario avec les deux diagrammes suivant :



Graphique 5 : Scénario Volontariste + - Mix énergétique



Graphique 6 : Scénario Volontariste + - Mix énergétique

III. MOYENS DE MISE EN OEUVRE

1. Création d'un réseau de chaleur

Le débouché réseau de chaleur peut s'appliquer à n'importe quelle source de chaleur, il s'agit simplement d'un dispositif permettant de distribuer la chaleur produite à des bâtiments et/ou des logements via des tuyaux contenant du fluide caloporteur afin de les chauffer. Ceux-ci peuvent être alimentés par une grande diversité d'énergies telles que l'incinération de déchets ménagers, la biomasse ou encore la méthanisation. Le territoire de CCA dispose d'ores et déjà d'une source importante de chaleur : son unité de valorisation des ordures ménagères, qu'il serait judicieux d'exploiter. De plus la création de réseaux de chaleurs pourrait se faire en parallèle du changement des systèmes de chauffage des bâtiments publics pour des chaudières bois (cf. mesures prioritaires).

Les outils de planification territoriale peuvent aider à développer ce débouché au travers des actions suivantes :

- Prendre en compte les réseaux de chaleur dans les PLU, PLUI (cf annexe réseau de chaleur)
- Réaliser un Schéma Directeur de Réseau de chaleur prenant en compte le SRCAE (Schéma Régional Climat-Air-Energie) ainsi que le PCET
- Regrouper les territoires, soit en formant des syndicats, tel les SIVU ou les SIVOM, soit par l'intermédiaire d'une communauté de communes ou d'agglomération, ce qui est le cas pour CCA.
- Encourager le classement de réseau de chaleur en maintenant un accès facile et permanent aux informations relatives (règles, zonage)
- Associer les usagers au projet à travers les outils suivants :
 - L'information et la communication sur le sujet
 - Le démarchage auprès des futurs usagés potentiels
 - L'association des futurs usagés aux décisions

La collectivité peut également s'entourer des professionnels et des aides suivants :

- Pour réaliser des études de faisabilité : les fiches conseils de l'association AMORCE ou Cerema.
- Contacter des bureaux d'étude spécialisés dans la réalisation de réseaux de chaleur : Bérim, Polenn
- Pour la construction et l'exploitation d'un tel système : le SNCU, Syndicat National du chauffage Urbain.
- Pour effectuer la promotion auprès du public : l'association Séva.
- Pour l'installation, l'entretien et autres, diverses entreprises sont connus dans le secteur comme Dalkia, Cofely, Idex et Coriance.
- Contacter le Syndicat des EnR, un organisme « qui intervient auprès des instances françaises et européennes pour faciliter l'élaboration des programmes de développement des EnR et leur mise en place ».

Un tel projet réalisé à neuf, nécessite un important investissement initial dû aux études et travaux de génie civil. En contrepartie, les coûts de fonctionnement sont plus faibles que pour les systèmes individuels, et le prix de revient de la chaleur est stable.

Il existe toutefois différentes aides financières disponibles, ainsi que différents moyens, permettant d'alléger le coût. (cf. annexe réseau de chaleur)

On estime cependant que le prix au mètre linéaire de réseau installé est d'environ 1500 euros (cf annexe réseau de chaleur).

2. Développeur de filière

Le développeur de filière se verra attribuer plusieurs tâches, toutes dans l'optique de promouvoir les énergies renouvelables sur le territoire. En menant des actions de démarchage auprès de particuliers ou industriels pour la pose de panneaux solaires, en dirigeant les campagnes de communication ou en faisant office de conseiller pour les acteurs désirant développer des projets d'EnR, le poste aura avant tout un rôle structurant pour CCA.

En lien avec l'écopôle il pourra produire des brochures de sensibilisation, indexer les constructeurs et installateurs potentiels et rediriger les particuliers.

L'impulsion et le soutien aux projets citoyen fera également partie de ses compétences.

Un axe du PCET souhaite projeter CCA comme chef de file des politiques énergétiques du territoire. Créer un poste de développeur de filière (environ 50 000€/an brut de charges), aurait donc un double effet, à la fois sur le développement des EnR mais également sur l'affirmation de la volonté de CCA dans ce domaine.

3. Communication

Pour informer les citoyens du territoire des volontés de la collectivité de faire évoluer son mix énergétique en faveur du renouvelable, une campagne de communication pourra être mise en place. Elle pourra se transcrire par des articles dans le journal de CCA, des annonces à l'arrière des bus, des affiches et des prospectus à l'écopôle et bien d'autres moyens dont CCA dispose. Il existe de nombreuses formes adaptables dont le contenu et les cibles dépendront directement de la volonté politique.

Le service communication de CCA pourra parfaitement produire les éléments requis (pour un budget allant de quelques centaines d'euros jusqu'à plusieurs milliers) si le message que la collectivité souhaite faire passer est clairement identifié.

La campagne de communication sera liée au poste de développeur de filière pour le développement de panneaux photovoltaïques sur toitures industrielles, du solaire en général, la sensibilisation aux projets citoyens,...

4. Financement

Aide à l'installation

Le volet financier est trop souvent le facteur limitant des projets en énergies renouvelables. L'investissement lié à certaines installations rebute parfois les acteurs. La mise en place d'une aide financière par CCA (environ 50€/m² avec 500€ de plafond) pour la construction ou l'installation d'unité de production d'énergie renouvelable reflétera à la fois une volonté locale de support aux projets de production d'énergie et pourra convaincre les indécis. Cette aide financière sera un incitateur plus qu'un allègement de frais.

Le développeur de filière pourra traiter les dossiers de demande et suivre les projets dans leurs réalisations.

Il existe des communes en Bretagne qui ont déjà adopté ce système de financement, mais aucune courbe de tendance ou d'évolution suite à la mise en place de cette aide n'ont pu être obtenues. On ne pourra donc pas parler de « retour sur investissement » de cette aide mais elle montrera les efforts faits en matière d'énergie renouvelable et de développement durable auprès de ses citoyens.

Tarifs d'achat d'électricité

Chacune des technologies qui produisent de l'électricité peuvent avoir une utilisation locale (dans le cas d'installations aussi bien individuelles qu'industrielles) ou être injectée dans le réseau électrique.

Lorsque l'électricité produite est injectée dans le réseau des tarifs de rachat sont fixés par un arrêté en fonction des prix du marché. Chacune des technologies jouit d'un tarif qui lui est propre et qui est régulièrement mis à jour par les ministères de l'économie et de l'énergie. Ces tarifs de rachat influent fortement sur la rentabilité des projets. Des contrats sont passés pour chacune des installations pour des durées déterminées.

Technologie	Tarif de rachat
Photovoltaïque¹	Tarif pour la période du 1 Avril 2015 au 30 Juin 2015 Intégration au bâti : 0-9 kWc = 26,17 cts/kWh Intégration simplifiée au bâti : 0-36kWc = 13,95 cts/kWh 36-100 kWc = 13,25 cts/kWh Supérieur à 100kWc : fixé par appels d'offres
Éolien	8,2 cts/kWh pendant 10 ans puis entre 2,8 et 8,2 cts/kWh pendant 5 ans (Arrêté du 1 Juillet 2014)
Hydraulique	6,07 cts/kWh avec possibilité d'ajout de primes pour les petites installations et la régularité de la production en hiver 15 cts/kWh pour les EMR (Arrêté du 1 Mars 2007)
Méthanisation	Compris entre 11,19 et 13,37 cts/kWh selon la puissance, possibilité d'ajout de primes en fonction de l'efficacité énergétique et du traitement des effluents agricoles (Arrêté du 19 Mai 2011)

Tableau 13 : Prix de rachat d'électricité (Source: développement-durable.gouv.fr)

Pour les installations photovoltaïques dont la puissance est supérieure à 100 kWc, les tarifs de rachat sont fixés par la création d'appels d'offres où l'installateur fixe un tarif. Si son projet est lauréat, le prix sera valable pour toute la durée du contrat.

Ces tarifs de rachats sont déterminants pour le montage de projet, des prix attractifs au niveau national peuvent faciliter le développement des énergies renouvelables au niveau local.

5. Le projet citoyen

Bête noire de tout projet de production d'énergie renouvelable de grande ampleur, l'acceptabilité sociétale peut venir freiner voire faire échouer un projet pourtant minutieusement monté. L'émergence d'une unité de production d'énergie renouvelable va souvent de pair avec une modification de l'environnement du lieu sur lequel elle s'implante, que ce soit au niveau visuel ou sonore. Ceux-ci sont plus ou moins bien accueillis

¹ Source : <http://www.les-energies-renouvelables.eu/tarif-de-rachat-electricite-photovoltaïque-2011.html> mis à jour le 2 Juillet 2015.

par les riverains en fonction bien sûr de l'ampleur de la modification amenée mais aussi des préjugés de la population. Certains projets peuvent se transformer en guerre de positions dans lesquelles aucun camp n'acceptera de s'ouvrir au discours ou de faire la moindre concession, ceci tourne souvent au détriment du projet qui avorte alors au stade de réflexion.

Calquée sur un pays pionnier et aujourd'hui leader en termes de production d'énergie renouvelable, les projets citoyens pourraient bien être, au vu de leur nombre toujours plus grandissant en Allemagne, la solution à adopter en France pour une production d'énergie renouvelable portée et acceptée par le grand public. Ceux-ci se caractérisent par le fait que la volonté d'émergence du projet vient de la population locale. Ce sont les riverains, futurs voisins des installations, qui impulsent le projet en se concertant avec les collectivités locales et les industriels. Ils peuvent ensuite, via la création d'une SEM (société d'économie mixte) investir directement dans le capital de l'entreprise mais surtout faire valoir leur droit de gouvernance au sein du conseil décisionnaire. Un projet citoyen peut par exemple se permettre de réduire la durée de fonctionnement d'une éolienne, au détriment de sa production, pour atténuer les nuisances sonores qu'elle crée aux riverains, chose inconcevable dans le cadre d'un parc géré par un industriel, où le profit est primordial. C'est en cela que le projet citoyen se différencie du projet participatif dans lequel le citoyen n'intervient qu'en tant qu'investisseur, ne s'intéressant alors uniquement qu'aux profits réalisables.

Aussi, le projet citoyen représente un moyen intelligent de placer de l'argent pour le particulier qui peut décider quel projet soutenir grâce aux plateformes en ligne de financement participatif. Il permettra la création de site de production d'énergie renouvelable en connaissant la finalité de son placement et tout en profitant d'un taux de revenu annuel supérieur à ceux proposés par les banques.

L'aspect citoyen des projets, par son double intérêt décisionnel et financier, facilite grandement leurs acceptabilités par la population qui, étant acteur de ce dernier, ne les voient plus comme des contraintes imposées mais comme l'aboutissement de leur efforts. Ainsi on observe que seulement 7% des riverains du parc éolien de Béganne, projet citoyen porté par l'association Éolienne en pays de Vilaine et le réseau TARANIS, se disent aujourd'hui dérangés par les nuisances sonores ou visuelles contre des chiffres beaucoup plus importants pour des projets traditionnels. Aussi aucun recours n'a été déposé lors de la réalisation de ce parc, et des deux autres actuellement en cours de construction. Fait rarissime dans le milieu puisque selon l'industriel P&T Technologie ceux-ci surviennent de manière quasi systématique et viennent retarder de plusieurs années la réalisation des parcs éoliens (parc éolien de Melgven : 10 années au total).

Finalement, le projet citoyen se présente comme la solution à privilégier pour faire émerger des projets de production d'énergie renouvelable en Bretagne, mais aussi en France. Ayant l'avantage de pouvoir s'adapter à tout type de technologie (solaire photovoltaïque, éolien, méthanisation, etc ...) il permet l'émergence rapide de nombreux projets financés, en partie, par les citoyens. La région Bretagne est pionnière en la matière puisqu'elle héberge le premier réseau de projet citoyens, TARANIS, dont le but est d'aider les collectivités locales et les particuliers en leur apportant un retour d'expérience précieux concernant les démarches à suivre et l'aspect technique des projets.

6. Organisation de la filière méthanisation

Dans le cadre du développement de la filière méthanisation sur le territoire, il sera important de bien structurer l'ensemble du processus, de l'approvisionnement à l'épandage du digestat.

Afin qu'une nouvelle unité n'empiète pas sur le gisement d'une autre et pour assurer la gratuité de la ressource (composée de « déchets »), la réalisation d'un plan d'approvisionnement à grande échelle est

nécessaire. Recenser les gisements en contactant les producteurs, les localiser et définir précisément le tonnage exploitable tout au long de l'année serait le principal objectif de cette étude.

Le gisement des boues et graisses de station d'épuration de la collectivité pourra être intégré à cette étude.

Concernant le plan d'épandage qui existe déjà en rapport aux boues de stations et aux déchets d'exploitation, il pourra désormais intégrer le digestat des diverses unités de méthanisation qui, si elles le souhaitent, peuvent le transformer en compost via un procédé de traitement.

Une réflexion sera également à mener avec les acteurs souhaitant développer une unité concernant l'intégration de leur production d'énergie dans le réseau, que ce soit sous forme de gaz, de chaleur ou d'électricité. L'intégration de la chaleur dans un réseau pourra se faire si l'aménagement est envisagé dès les prémices du projet.

La structuration de la filière sur le territoire pour une optimisation de la technologie faciliterait l'atteinte des objectifs de production d'énergie pour la méthanisation.

IV. MESURES PRIORITAIRES

Vous vous rendrez compte à la lecture des différents scénarios proposés dans cette étude que certaines pistes d'action, certains leviers pour le territoire reviennent de manière récurrente. Ceci est dû au fait que, pour chaque scénario, plusieurs paramètres, plusieurs contraintes ont été évalués dans le but de ne garder que les plus plausibles et les plus réalistes. Aussi nous proposons dans cette dernière partie d'insister sur les axes qui nous semblent les plus primordiaux pour CCA, toujours dans l'optique d'atteindre l'objectif des 20% de production d'EnR. Conscient que CCA et l'ensemble des acteurs territoriaux ne pourront pas mener toutes les propositions faites dans les scénarios d'un même front, nous proposons ici une chronologie d'intervention visant à développer les technologies qui nous semblent les plus prometteuses sur le territoire de CCA.

Nous les présenterons par ordre décroissant d'importance :

1. Création d'un réseau de chaleur lié à VALCOR alimentant Concarneau

Comme préconisé dans les scénarios volontariste et volontariste +, le débouché chaleur optimal est la création d'un réseau de chaleur lié à VALCOR. Cet enjeu est double pour le territoire puisque VALCOR représente d'une part le potentiel le plus important de production d'EnR déjà opérationnel (la chaleur est aujourd'hui relâchée dans l'atmosphère) mais aussi une industrie, et donc des emplois, à préserver pour CCA et la ville de Concarneau. Compte tenu de la baisse probable de la ressource en tonnages de déchets dans le futur (due aux politiques menées), la création d'un réseau de chaleur pourrait permettre d'assurer l'avenir de VALCOR en l'aidant à valoriser la totalité de la chaleur qu'il produit, et donc à payer moins de taxes (TGAP).

Nous nous sommes questionnés quant à la réalisation possible d'un réseau de chaleur prenant sa source à VALCOR et quant à ses débouchés : existe-t-il des consommateurs de chaleur importants à proximité de VALCOR et, si oui, la chaleur appelée est-elle suffisante pour justifier la création d'un réseau de chaleur ?

Nous avons dans un premier temps essayé de recenser les pôles consommateurs de chaleur situés dans la ville de Concarneau. Seule grande zone urbaine située à proximité de VALCOR, Concarneau pourrait être le demandeur de chaleur nécessaire à la création d'un réseau. Pour ce faire nous avons travaillé sur un logiciel de traitement de données géographique, SIG, en créant un maillage de carrés de 500 mètres de côté servant à découper la ville de Concarneau en zones de surfaces égales. Nous avons ensuite estimé la consommation annuelle en chaleur de chaque zone du maillage en considérant le nombre de niveaux du bâti (épannelage) situé à l'intérieur et la consommation de chaleur annuelle au mètre carré. Deux grands pôles consommateurs de chaleur apparaissent ainsi, le centre-ville de Concarneau avec son habitat dense et élevé et le quartier du Porzou avec ses bâtiments publics (lycée, collège, hôpital).

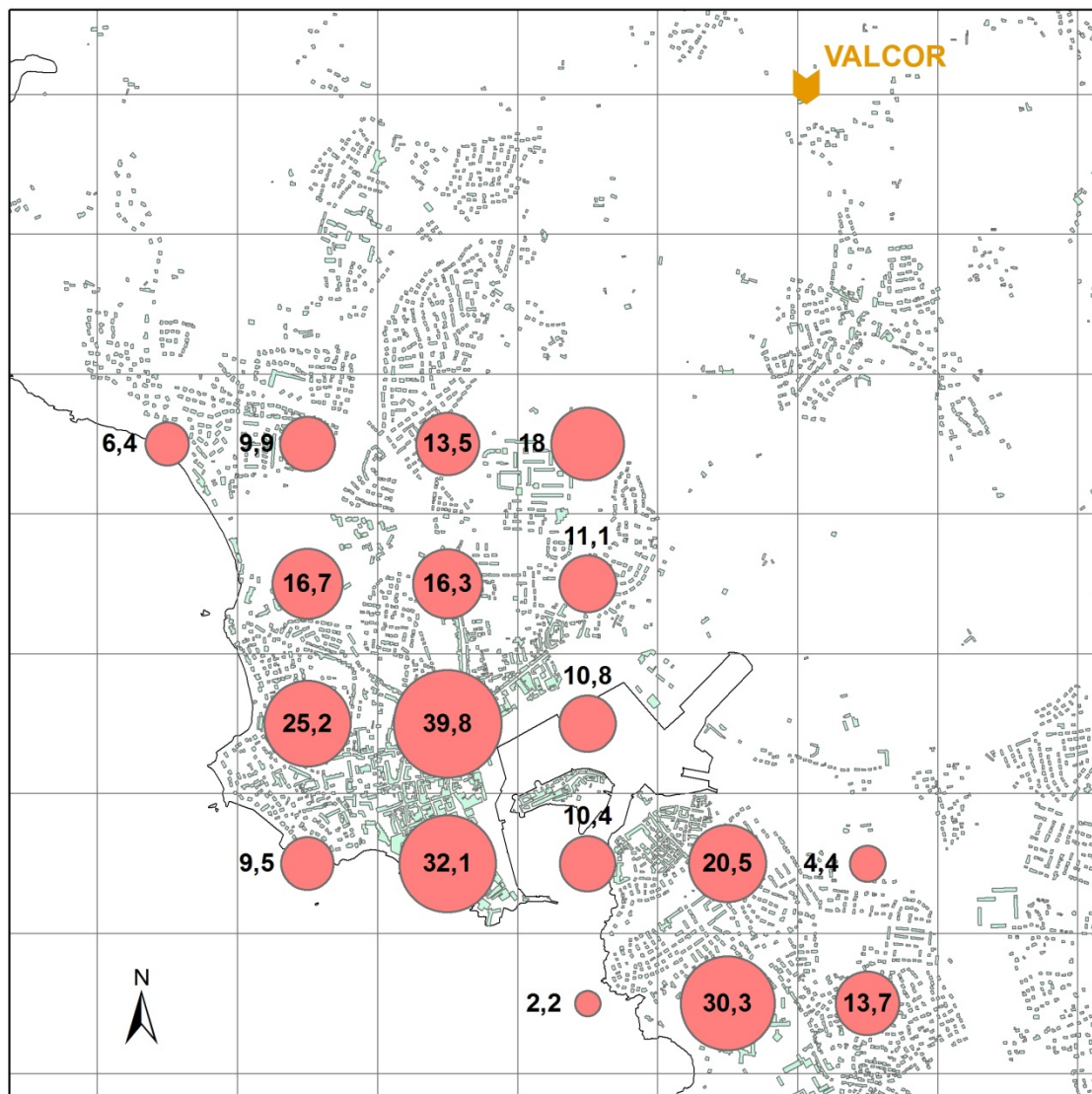
Comme vous pouvez le voir sur la carte qui suit, ces deux grands pôles suffisent à exploiter la chaleur produite par l'unité d'incinération d'ordures ménagères. VALCOR produit chaque année quelques 144 GWh de chaleur dont 25 sont distribués à Biocéval et dont une partie l'autoalimente en chauffage. Même si la totalité de cette chaleur était réinjectée dans un réseau de chaleur, la ville de Concarneau suffirait pour la consommer.

Deuxième aspect essentiel à la réalisation d'un réseau de chaleur, on estime qu'au moins 5 à 8 MWh de chaleur doivent être appelés par mètre linéaire de réseau par an (densité thermique). Prenant comme quantité d'énergie maximale pouvant être distribuée les 144 GWh produit par VALCOR annuellement, une simple division nous indique la longueur maximale du réseau de chaleur, celle-ci est de 28.8 km. Certes cette valeur est grande mais elle ne représente en rien la distance d'éloignement maximale du réseau à VALCOR puisque ce dernier comportera de nombreuses ramifications servant à irriguer tous les

consommateurs et que son tracé ne sera pas linéaire, suivant généralement les routes. Cette valeur illustre le fait que le centre-ville de Concarneau et le quartier du Porzou sont des cibles possibles pour le réseau potentiel de chaleur prenant sa source à VALCOR.

Cette étude préliminaire, bien que prémices d'une réflexion à pousser, vient illustrer la réalisabilité d'un réseau de chaleur distribuant l'énergie de VALCOR au centre-ville de Concarneau. Elle nécessite cependant la réalisation d'une étude supplémentaire axée uniquement sur ce sujet qui pourra déterminer le tracé exact du futur réseau de chaleur, son coût et les bâtiments qu'il desservira.

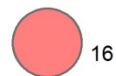
CONSUMMATION DE CHALEUR DE LA VILLE DE CONCARNEAU



Légende



Chaleur appelée en GWh



0 0,25 0,5 1 Kilomètres

Sources : BD TOPO 2011
COLLE - BRUNEL - HEBRARD - RICAUD - URIOS
Réalisée sous ArcGIS - juin 2015

Carte 19 : Consommation de la chaleur de la ville de Concarneau

2. Création d'un parc éolien sur la commune d'Elliant

Deuxième orientation à tenir pour faire évoluer le mix de production énergétique du territoire de CCA vers le renouvelable, le gisement éolien situé sur la commune d'Elliant représente une opportunité certaine. La législation autour de l'éolien étant en perpétuelle évolution, il serait judicieux d'exploiter ce gisement conséquent, pas moins de 5 éoliennes installables pour une production estimée à 27 GWh à l'année, avant que celle-ci ne le permette plus. Bien que la technologie éolienne soit toujours controversée pour des raisons de nuisances sonores ou paysagères, elle représente en termes de production par mètres carrés au sol effectivement utilisé le plus gros potentiel. Une éolienne produira 5.5 GWh d'électricité à l'année pour une occupation au sol de quelques dizaine de mètres carrés (ne gênant ainsi pas l'agriculture) alors qu'une centrale photovoltaïque installée sur une parcelle de 10 ha ne produira que 3.5 GWh (tout en rendant impossible une activité agricole autre que le pâturage du petit bétail).

Aussi pour faciliter l'acceptation d'un nouveau parc éolien par les riverains, il serait préférable que celui-ci émerge au sein d'un projet citoyen. Comme vu précédemment (cf. moyens de mise en œuvre) ces derniers ont l'avantage d'impliquer la population dans le projet, facilitant ainsi les démarches en évitant les recours et l'aspect « imposé » du parc. En plus de pouvoir générer des revenus aux citoyens s'étant investis dans le projet, il autorise une certaine flexibilité de la production des éoliennes, pouvant ainsi réduire les nuisances sonores occasionnées.

Le rôle et l'utilité du développeur de filière prendrait tout son sens au sein de ce projet puisqu'il aurait pour mission principale de faire naître la réflexion dans l'esprit des citoyens en communiquant autour de cette possibilité et en organisant des réunions ou en rencontrant les différents acteurs pouvant intervenir : citoyens, collectivités, industriels, réseau TARANIS.

Il serait préférable de profiter du retour d'expérience et des compétences acquises par les différents membres du réseau TARANIS, présent en Bretagne. Ce dernier s'est fait une spécialité de développer ce genre de projets et serait donc d'une aide précieuse.

3. La filière photovoltaïque sur toiture industrielle, agricole et commerciale

Enfin le potentiel de production d'électricité des toitures industrielles, commerciales et agricoles est, compte tenu de son importance et de la relative facilité de mise en place de ce type d'installations, à exploiter. CCA pourrait entreprendre des actions visant à promouvoir ces installations et à faciliter les démarches des porteurs de projets. Deux des pistes d'actions proposées précédemment pourraient être menées de manière simultanée par CCA pour ce faire :

- La communication tout d'abord permettrait de sensibiliser les propriétaires au potentiel de production d'énergie, et donc de revenus, de leurs toitures. L'émergence de ces projets ne pouvant se faire que s'ils sont impulsés par les propriétaires, la communication sera un bon axe d'approche pour CCA.
- Le développeur de filière aurait un rôle important à jouer dans la suite du processus. Il aurait pour mission, une fois la réflexion entamée par le particulier, de le guider quant aux démarches à effectuer, aux professionnels à contacter ou encore tout simplement de l'aider dans le montage des dossiers.

Ces deux actions, menées sur un même front, viseraient donc à faire naître une volonté chez les propriétaires et à promouvoir l'émergence des projets notamment via une aide administrative et de conseils. Une aide financière ne serait pas forcément nécessaire pour faciliter cette production. Les bâtiments concernés abritant souvent des industries, on estime que les propriétaires ont les moyens de financer une installation photovoltaïque. De plus, l'aspect financier étant moins rebutant pour une

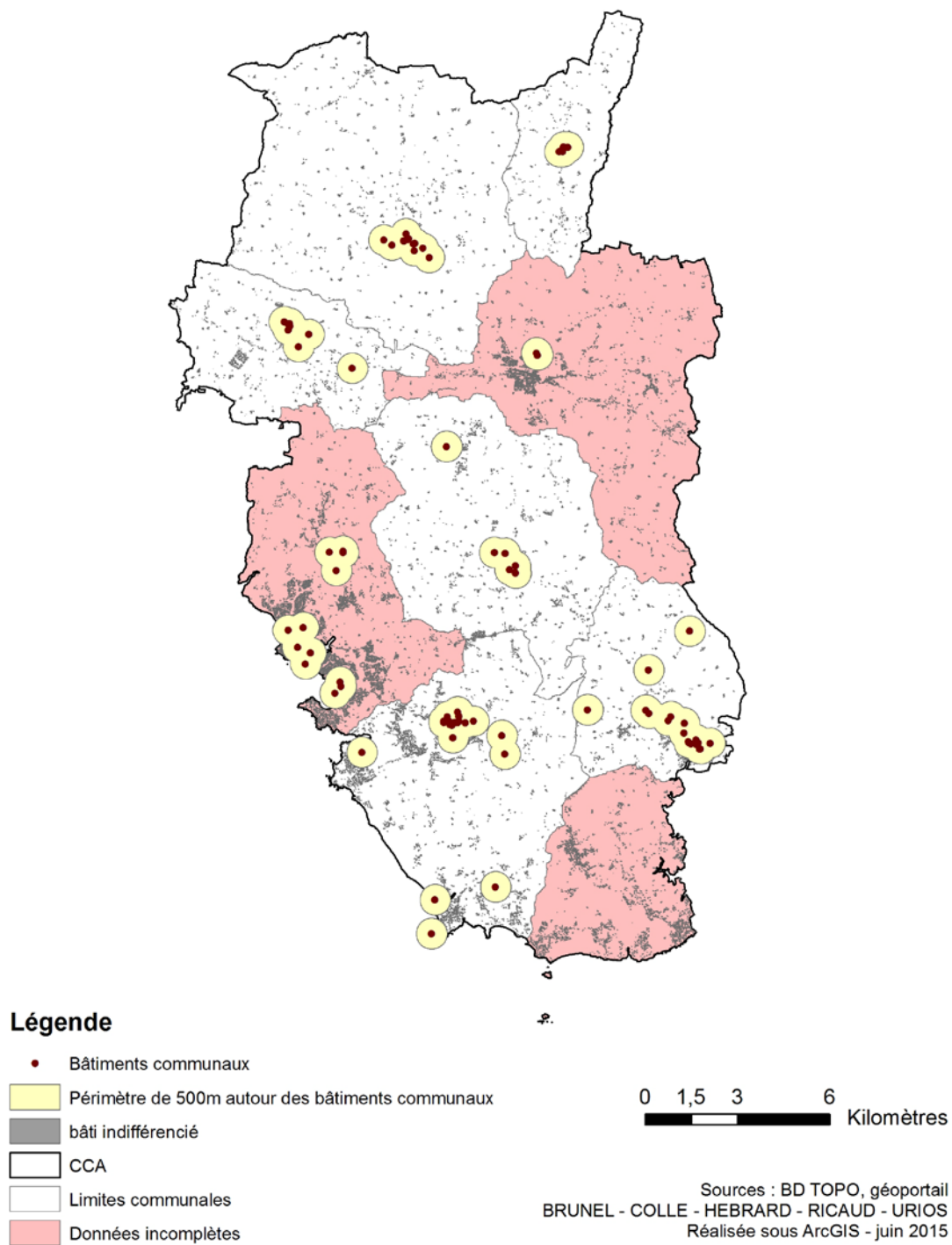
industrie que pour un particulier, on peut penser que la question de la rentabilité à très court terme ne se pose pas forcément. Une industrie peut se permettre d'investir dans du photovoltaïque pour avoir un retour sur investissement sur une dizaine d'année, chose que ne peut pas forcément faire un particulier.

4. Remplacement des systèmes de chauffage publics par des chaudières bois et création de réseaux de chaleur

Le remplacement progressif des systèmes de chauffage des bâtiments publics par des chaudières bois permettrait, moyennant un surdimensionnement des chaudières, de chauffer un ensemble de bâtiments pouvant aller de quelques voisins à une partie, voire la totalité d'un centre bourg. Cette distribution de chaleur serait rendue possible par la création de réseaux de chaleur d'échelle communale. En effet, ce dispositif peut être appliqué à quelques bâtiments consommateurs de chaleur à condition que l'un d'eux puisse produire la chaleur appelée par l'ensemble. De plus le territoire de CCA dispose d'une ressource en bois conséquente estimée à environ 18 000 tonnes par ans (CCA / COCOPAQ) par Énergie Bois Sud Cornouaille qu'il serait judicieux d'utiliser. Seules 2000 tonnes sont aujourd'hui utilisées par les quatre piscines des deux collectivités.

Comme vous pourrez le voir sur la carte qui suit, une première étape dans la démarche de création de réseaux de chaleur alimentés par des chaudières publiques est de localiser les pôles consommateurs de chaleur. Nous avons donc réalisé une carte localisant les bâtiments communaux du territoire de CCA (carte non exhaustive car nous n'avons pas réussi à avoir les données de certaines communes) et avons réalisé une zone tampon autour de ceux-ci, de 500 mètres de rayons. Le but étant de faire apparaître les agglomérats. On remarque clairement que ces derniers sont souvent situés dans les centre-bourgs des communes. Il serait donc possible d'étendre les potentiels réseaux de chaleur aux habitations et logements annexes aux bâtiments communaux. Il est à noter que la commune de Bannalec étudie la création d'un tel réseau chaleur dans son centre-bourg.

LOCALISATION DES BÂTIMENTS PUBLICS SUR LE TERRITOIRE DE CCA



Carte 20 : Les bâtiments communaux sur le territoire de CCA

(Excepté Concarneau – Rosporden et Névez par manque de données)

CONCLUSION

Synthèse

Dans le cadre du PCET, CCA vise une production en énergie renouvelable à hauteur de 20% de sa consommation d'ici 2020. Cette étude permet de contextualiser cet objectif afin de le rendre réalisable. Trois axes sont développés :

- Des gisements qui décrivent le potentiel du territoire
- Des scénarios qui décrivent l'utilisation possible de ces gisements
- Une priorisation des tâches pour atteindre l'objectif des 20 %

Afin de déterminer le potentiel de production en énergie renouvelable, toutes les technologies ont été étudiées en tenant compte des contraintes réglementaires et techniques :

- Solaire	406 GWh
- Valorisation des déchets (VALCOR)	144 GWh
- Méthanisation	90 GWh
- Bois	63 GWh
- Éolien	39 GWh
- Hydroélectrique	1.6 GWh
- Énergie marine	0 GWh

Pour le **solaire**, la **méthanisation**, l'exploitation de ces énergies est soumise à des conflits d'intérêt qui rendent inutilisable la majeure partie de leurs potentiels.

Les contraintes géographiques et techniques limitent le potentiel de production des énergies marines.

Gisements

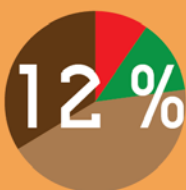
Fil de l'eau

- Pas d'action de CCA : perte de l'usine d'incinération des déchets, VALCOR.
- Régression par rapport à la situation actuelle

5%

Volontariste

- Premières démarches : réseau de chaleur Valcor, parc éolien d'Elliant en partie, évolution tendancielle
- Augmentation de la production mais insuffisante pour atteindre les 20%



Bois

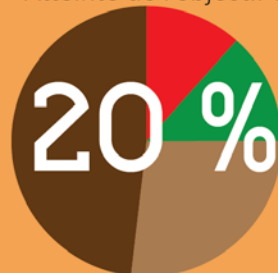
Valcor

Eolien

Volontariste +

- Nombreux moyens mis en place : le réseau de chaleur VALCOR et le parc éolien d'Elliant dans sa totalité, développement du photovoltaïque sur toiture industrielle.

Atteinte de l'objectif des 20%



Solaire

Scénarios

Priorités

Réseau de chaleur : VALCOR

Un réseau de chaleur distribuant la chaleur produite par l'usine permettrait d'alimenter la ville de Concarneau. Une **étude complémentaire** doit être réalisée pour déterminer le tracé et le financement du réseau.

Les centres-bourgs disposent de multiples bâtiments publics qui peuvent être la base d'un réseau de chaleur. Cela permettrait de développer la filière bois au sein de CCA. **Des études supplémentaires** au cas par cas doivent être réalisées par la SCIC Energie Bois Sud Cornouaille.

Réseau de chaleur : Bois

Eolien : Elliant

La commune d'Elliant dispose d'une zone susceptible d'accueillir des éoliennes. Un parc de 5 éoliennes est réalisable. La création d'un **poste de développeur de filière** permettrait le montage d'un projet citoyen.

Le photovoltaïque sur les toitures industrielles mobilise une surface importante de panneaux pour peu d'acteurs. Une **campagne de communication** permettrait d'informer les propriétaires, le **développeur de filière** pourrait aider au montage de projets.

Photovoltaïque Industriel



BIBLIOGRAPHIE

Sites web :

- ADEME - Agence de l'Environnement et de la maitrise d'énergie, <http://www.ademe.fr/>, Consulté le 13 Avril 2015
- AILE, Association Initiative locale Locale Energie, www.aile.asso.fr, Consulté le 25 Avril 2015
- AMORCE, <http://amorce.asso.fr>, Consulté le 30 Avril 2015
- Association technique énergie environnement, www.atee.fr, Consulté le 5 Mai 2015
- Bretagne développement durable, 14/04/15 <http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/>, Consulté le 14 Avril 2015
- Bretagne Environnement, <http://www.bretagne-environnement.org>, Consulté le 6 Mai 2015
- Cerema, Centre de ressources pour la chaleur renouvelable et l'aménagement énergétique des territoires, www.reseaux-chaleur.cerema.fr/, Consulté le 6 Mai 2015
- Chambre d'agriculture du Finistere, <http://www.chambre-agriculture-finistere.fr/>, Consulté le 15 Avril 2015
- COCOPAQ, Communauté de Commune du Pays du Quimperlé, <http://cocopaq.com>, Consulté le 16 Avril 2015
- Connaissances des énergies, <http://www.connaissancedesenergies.org>, Consulté le 6 Mai 2015
- CSTC - Centre Scientifique et Technique de la Construction, <http://www.cstc.be/>, Consulté le 10 Mai 2015
- Documentation française, <http://www.ladocumentationfrancaise.fr>, Consulté le 17 Avril 2015
- Eco-info, Energies Renouvelable, <http://les-energies-renouvelables.eu>, Consulté le 2 Juillet 2015
- Eco solution énergie, <http://www.ecosolutionenergie.com/>, Consulté le 23 Avril 2015
- EDF Energie, <http://www.energie.edf.com>, Consulté le 7 Juin 2015
- Ener'gence, <http://energence.net>, Consulté le 3 Juin 2015
- Energie Partagée, <http://energie-partagee.org>, Consulté le 3 Juin 2015
- Energie plus, <http://www.energieplus-lesite.be/>, Consulté le 13 Avril 2015
- ENF - accelerating the industrie, <http://fr.enfsolar.com/>, Consulté le 15 Mai 2015
- Eolienne particulier info, <http://www.eolienne-particulier.info>, Consulté le 7 Mai 2015
- FEDER Aide, <http://www.europe-en-bretagne.fr>, Consulté le 27 Mai 2015
- FEE - France Energie Eolienne, <http://fee.asso.fr/>, Consulté le 16 Avril 2015
- JRC European commission - Système d'information géographique photovoltaïque - carte interactive, <http://re.jrc.ec.europa.eu/>, Consulté le 10 Mai 2015
- L'Institut pour la Transition Énergétique dédié aux Énergies Marines Renouvelables, <http://www.france-energies-marines.org/>, Consulté le 6 Mai 2015
- Méthanisation info, www.methanisation.info, Consulté le 23 Avril 2015
- Ministère de l'écologie et du développement durable, www.developpement-durable.gouv.fr/, Consulté le 20 Avril 2015
- Observatoire des énergies Bretagne, <http://observatoire-energie-ges-bretagne.fr>, Consulté le 4 Mai
- Observatoire du bois et de la forêt, <http://observatoire.franceboisforet.com>, Consulté le 14

Avril 2015

- Ostwind, <http://www.ostwind.fr/>, Consulté le 16 Avril 2015
- Photovoltaïqueinfo - Information sur le photovoltaïque en France, <http://www.photovoltaïque.info/>, Consulté le 14 Juin 2015
- Projet éolien en mer de la baie de Saint-Brieuc, <http://www.eolienoffshoresaintbrieuc.com>, Consulté le 10 Mai 2015
- QCD, Quimper Cornouaille Développement, <http://quimper.cornouaille-developpement.fr>, Consulté le 15 Avril 2015
- Qualit'EnR - Le portail des installateurs d'énergies renouvelables, <http://www.qualit-enr.org/>, Consulté le 20 Mai 2015
- Région Bretagne, <http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/>, Consulté le 3 Juin 2015
- SolarTopo - Calcul de la position du soleil, <http://www.solartopo.com/>, Consulté le 20 Mai 2015
- Symeed 29, <http://www.symeed29.finistere.fr/>, Consulté le 23 Avril
- Syndicat des Energies, www.enr.fr, Consulté le 8 Mai 2015
- VALTOM, <http://www.valtom63.fr/Valorisation-energetique.html>, Consulté le 13 Avril 2015

Ouvrages électroniques :

- BASTIDE Guillaume - Service Prévention et Gestion des Déchets, Direction Consommation Durable et Déchets - ADEME Angers.-Fiche technique méthanisation, Février 2015, Consulté le 25 Avril 2015, <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-methanisation-201502.pdf>
- Conseil Général Finistère, Etude départementale relative à la gestion des boues et des sous produits d'assainissement- Conseil Général du Finistère, Juin 2013, Consulté le 25 Avril 2015, http://www.arsatse-loirebretagne.asso.fr/spip2/IMG/pdf/boues_et_sous-produits_cb_cg29.pdf
- Conseil Général Finistère, Evaluation des gisements de biomasse disponibles pour le développement d'une filière de méthanisation à l'échelle du territoire finistérien- Conseil Général du Finistère, CCI29, CA29, Novembre 2014, Consulté le 30 Avril 2015 <http://www.calameo.com/read/00028276568e78f1c81e6>
- Oréade-Brèche, APESA, Méthanisation Agricole et Utilisation de Cultures Energétiques en Codigestion- ADEME, Décembre 2009, Consulté le 30 Avril 2015, http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/68044_methanisationcodigestion_etude.pdf

INDEX

ABF : Architecte des Bâtiments de France

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie

AILE : Association d'Initiatives Locales pour l'Énergie et l'Environnement

CCA : Concarneau Cornouaille Agglomération

CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie

CESI : Chauffe Eau Solaire Individuel

COCOPAQ : Communauté de Communes Pays de Quimperlé

DIB : Déchet Industriel Banal

DV : Déchets Verts

EEMA : Efficacité Énergétique Moyenne Annuelle

EDF : Électricité de France

EMR : Énergies Marines Renouvelables

EnR : Énergie Renouvelables

GES : Gaz à Effet de Serre

GDF : Gaz de France

GNV : Gaz Naturel pour Véhicules

IAA : Industrie Agroalimentaire

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

ISDND : Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux

PCET : Plan Climat-Énergie Territorial

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PPRI : Plan de Prévention des Risques d'Inondation

PV : Photovoltaïque

OREGES : Observatoire de l'Énergie et des Gaz à Effet de Serre en Bretagne

RDC : Réseau de chaleur

SAU : Surface Agricole Utile

SCIC : Sociétés Coopératives d'Intérêt Collectif

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SIG : Système d'Information Géographique

SIVOM : Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple

SIVU : Syndicat Intercommunal à Vocation Unique

SNCU : Syndicat National de Chauffage Urbain

SPANC : Service Public d'Assainissement Non Collectif

SRCAE : Schéma Régional Climat Air Énergie

SSC : Système Solaire Combiné

STEP : Station de Traitement des Eaux Polluées

STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompage

TGAP : Taxe Générale sur les Activités Polluantes

TRI : Territoire à Risque important d'Inondation

UGB : Unité de Gros Bétail

VALCOR : Valorisation Cornouaille

UIOM : Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères

ZH : Zone Humide

ZICO : Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux

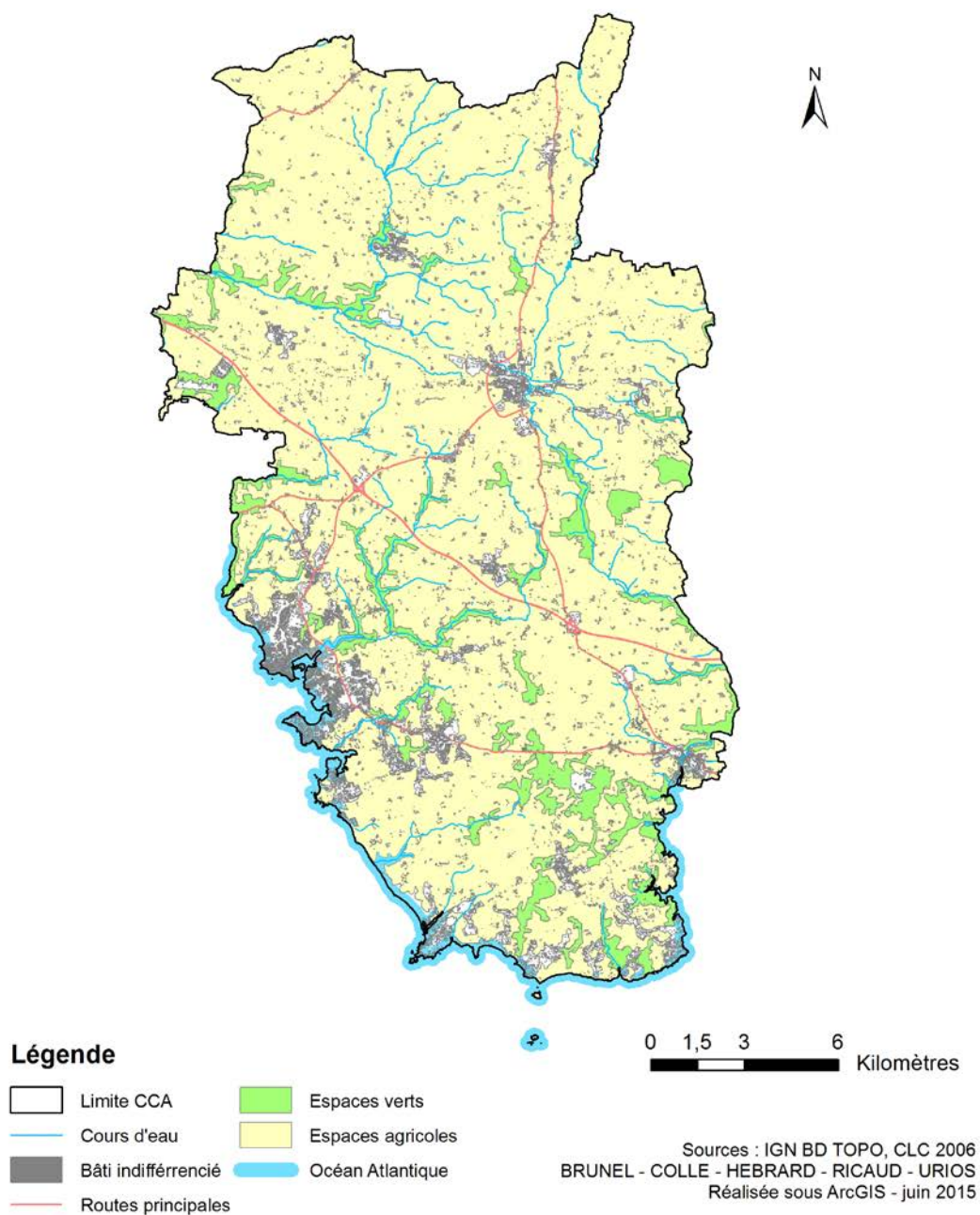
ZNIEFF : Zone Naturelle d'intérêt Écologique, Faunistique et Floristique

ZPPAUP : Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager

ANNEXES

I. LA TYPOLOGIE SUR LE TERRITOIRE DE CCA

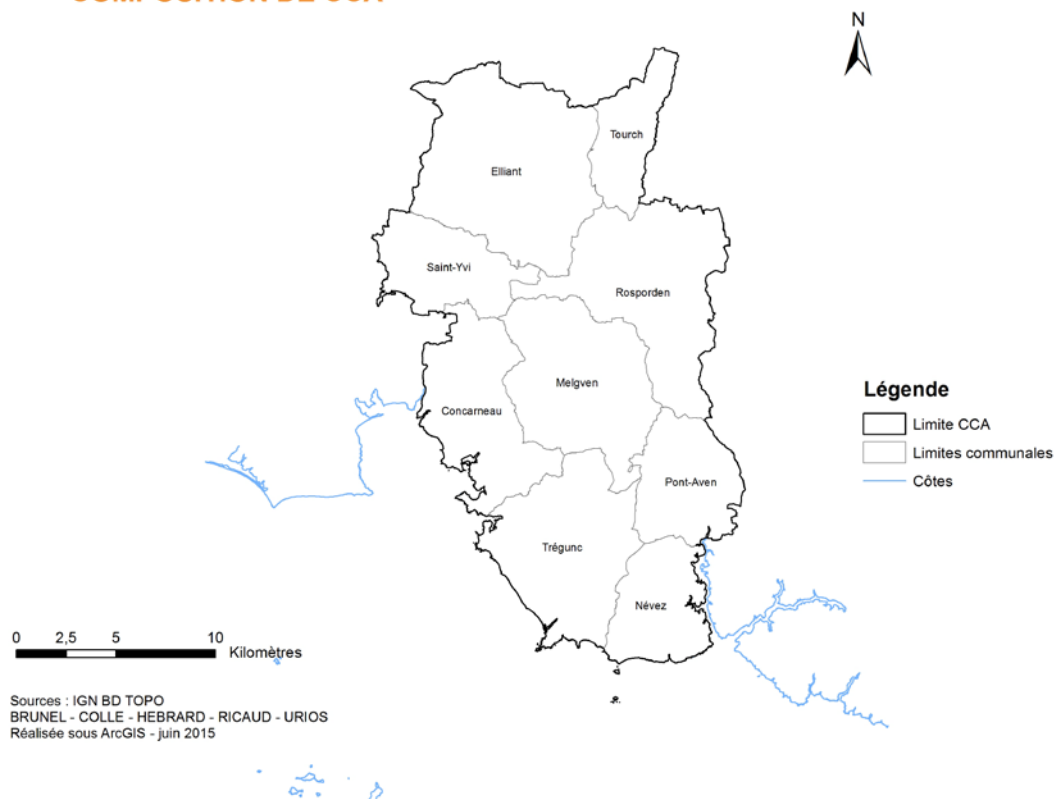
TYPOLOGIE DU TERRITOIRE DE CCA



Carte 21 : Typologie du territoire de CCA

II. COMPOSITION DE CCA

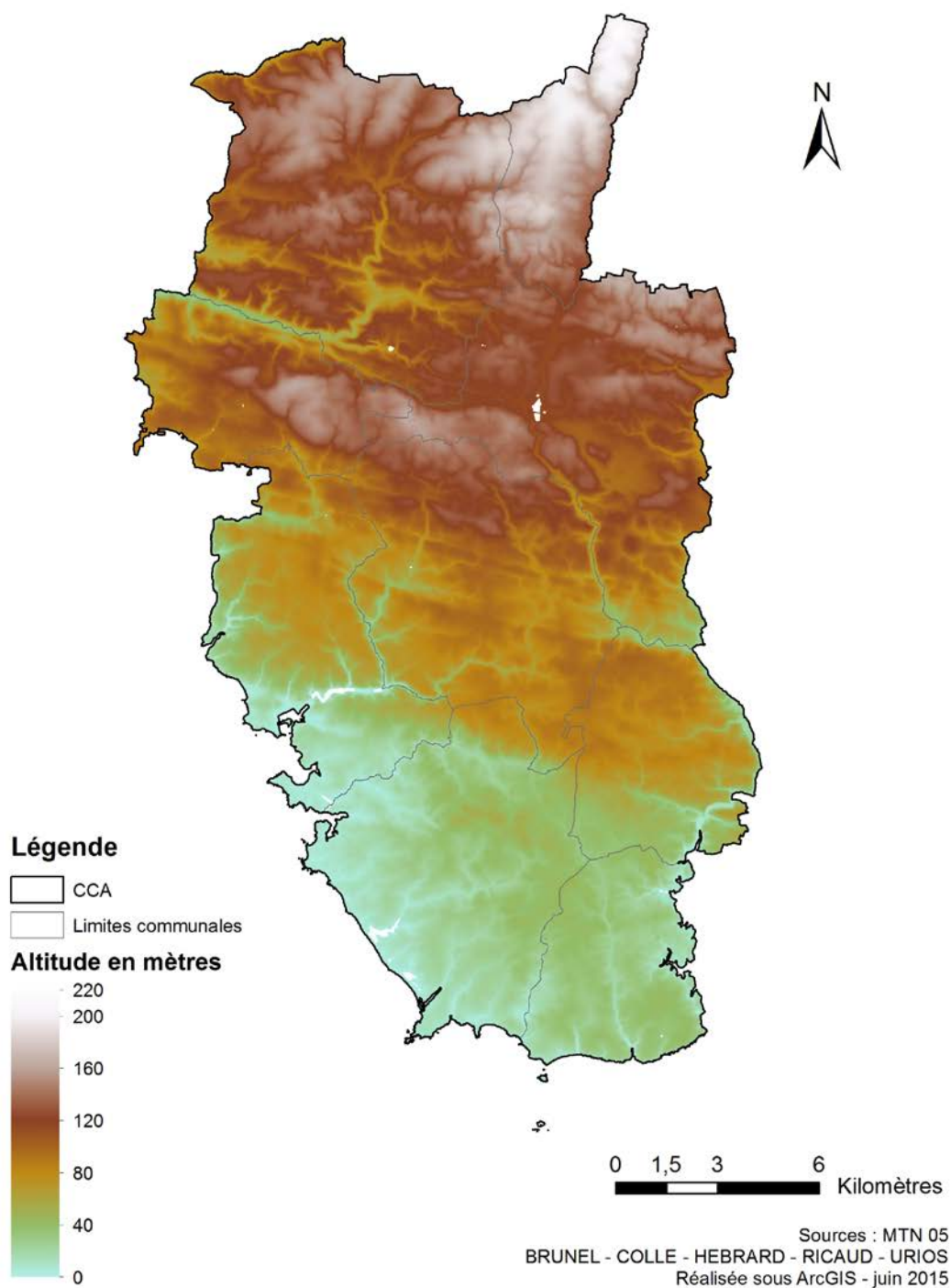
COMPOSITION DE CCA



Carte 22 : Composition de CCA

III. ALTIMETRIE DU TERRITOIRE DE CCA

ALTIMETRIE DU TERRITOIRE DE CCA



Carte 23 : Altimétrie sur le territoire de CCA

IV. RAYONNEMENT SUR LE TERRITOIRE DE CCA

Afin de s'assurer de la rentabilité d'une installation, il est nécessaire de connaître le rayonnement moyen de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment à équiper, celui-ci s'exprime en kWh/m²/an. Le rayonnement moyen pour la région Bretagne est de 1100 kWh/m²/an, aussi on considère qu'une surface est viable si elle reçoit au moins l'équivalent de cette valeur en énergie solaire à l'année. Nous avons réalisé une carte représentant le rayonnement solaire du territoire de CCA pour des cellules de 25m², (5m par 5). Les points ont tout d'abord été extraits du MNT puis extrapolés afin d'attribuer la valeur d'altitude, z, de chaque point à une cellule carré de 5 mètres de côté. Cette étape nous a permis d'obtenir un fichier raster du relief du territoire de CCA. Nous avons ensuite utilisé l'outil « rayonnement solaire » d'ArcGIS qui permet de calculer le rayonnement solaire d'une cellule à partir du raster d'altitude créé précédemment.

Outils utilisés sous ArcGIS:

- ASCII 3D vers classe d'entités (3D analyst) : permet d'importer les fichiers .xyz en points
- Information du fichier de points (3D analyst) : permet de connaître la distance entre chaque point
- Points vers raster : permet de créer le raster d'altimétrie à partir des points.
- Rayonnement solaire zonal : permet de créer un raster de rayonnement
 - Proportion diffuse : 0,5
 - Transmittance : 0,45

V. DIMENSIONNEMENT DES CENTRALES SOLAIRES

Deux restrictions sont à effectuer pour connaître la surface utile réelle d'une parcelle susceptible d'accueillir une centrale solaire au sol. Il faut tout d'abord imputer un tiers de la surface totale de la parcelle, ce tiers sera réservé aux chemins d'accès, aux préfabriqués ou bureaux et aux diverses installations techniques nécessaires au bon fonctionnement de la ferme solaire.

Il faut ensuite imputer aux deux tiers restants la surface comprise entre les rangées de modules photovoltaïques. Cette distance, appelée pitch, est égale, comme pour les installations sur toiture plate, à trois fois la hauteur des modules. On peut donc admettre qu'un panneau photovoltaïque de 60 par 120 cm a ici aussi une emprise totale au sol (comprenant le pitch) de $1,7\text{m}^2$.

Il faut donc diviser la surface restante par cette valeur pour connaître le nombre maximum de panneaux installables sur une parcelle.

VI. ORIENTATION DU BATI

La production d'une installation solaire sur toit dépend en grande partie de son orientation et de l'angle que les panneaux forment avec l'horizontale. Ce second paramètre est fixé à 45°, cet angle correspond à la pente la plus fréquente sur les toits bretons. Nous avons donc fixé comme critère discriminant l'exposition du pan de toiture qui pourrait accueillir une installation. Nous garderons tout ceux dont l'exposition est comprise entre +/- 30° Sud. Cette valeur a été définie grâce aux disques solaires fournis par la plupart des installateurs et disponibles sur internet.

NB : ce critère de sélection n'est pas appliqué au bâti industriel. Considérant leurs toitures planes, les panneaux pourront être orienté vers le Sud.

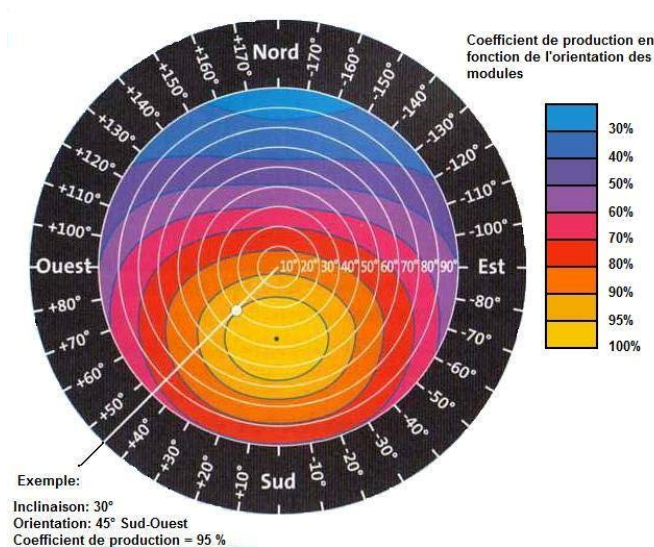
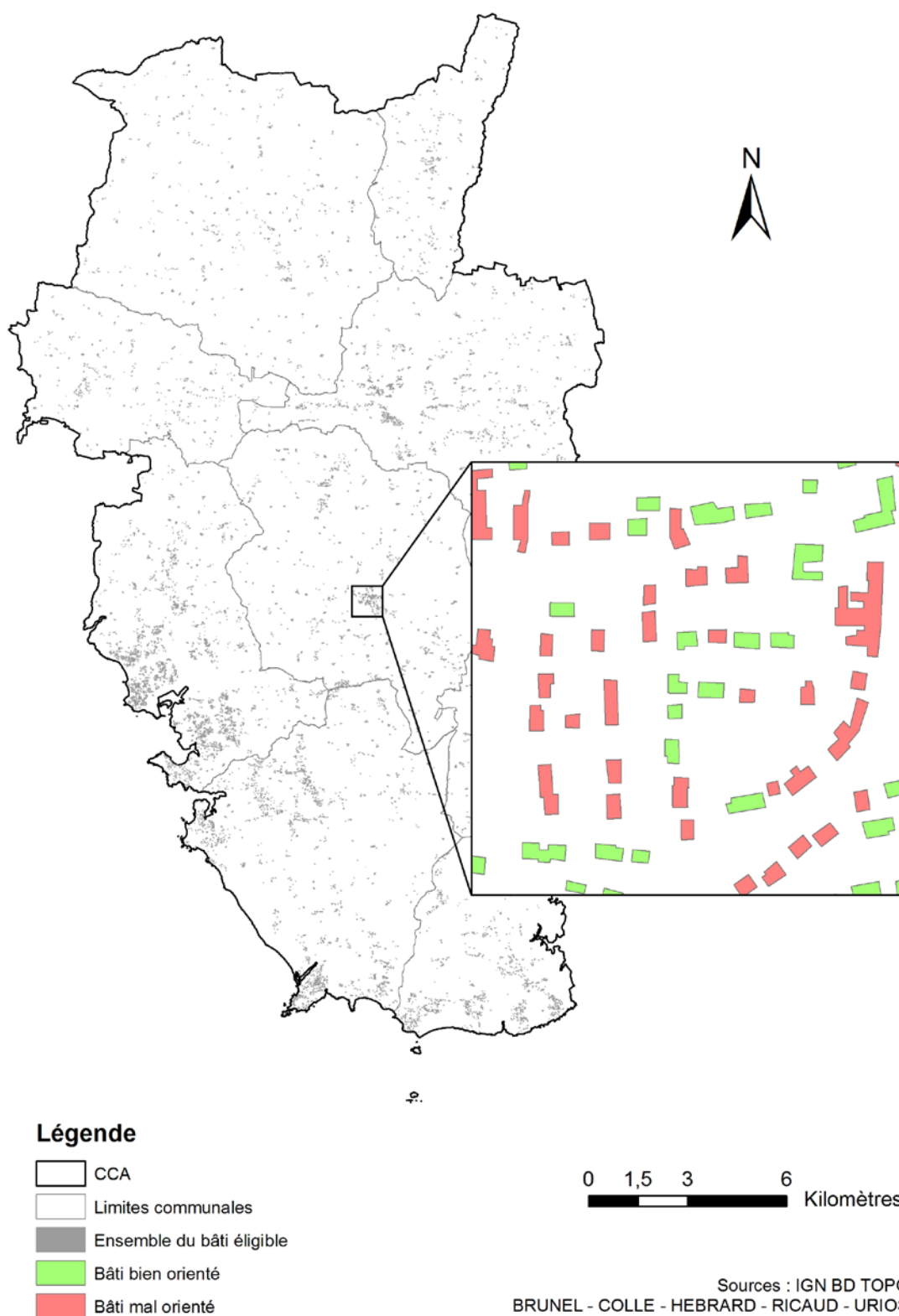


Tableau 14: Disque solaire (Source: forum-photovoltaïque.fr)

Outils utilisés Sous ArcGIS :

- Calculer l'angle principal du polygone (cartographie)



Carte 24 : Bâti éligible à l'installation de panneaux solaire

VII. TYPOLOGIE DU BATI

Dans le but d'avoir des valeurs les plus précises possible dans l'installation de panneaux photovoltaïques individuels sur le bâti du territoire de l'agglomération de Concarneau Cornouaille, il est intéressant de s'attarder sur l'architecture de ces derniers. En effet, nous avons remarqué que les toitures, pour les logements, sont en grande majorité avec une forte inclinaison aussi bien pour les constructions anciennes que pour les nouvelles. Les toitures dites plates sont très peu présentes et donc peuvent être négligeables dans le modèle que nous utilisons. On peut remarquer des inclinaisons de toitures comprises entre 45 et 60° en fonction de l'âge du bâti. De plus on peut voir la présence de lucarnes (pour les constructions plus anciennes généralement), ou de fenêtres de toit de type VELUX (pour les constructions les plus récentes, même si la lucarne est aussi présente).



Photographies : Maisons individuelles (1 : Concarneau / 2 : Saint Yvi)



Photographies : Maisons individuelles (3 et 4 : Saint Yvi)



Photographies : Maisons individuelles (4 et 5 : Elliant)

Le PLU de la ville de Concarneau met en avant la construction de type régionale avec des volumes simples, des toitures avec des pentes proches de 45° et des lucarnes qui doivent s’inspirer de l’environnement bâti à proximité. Les croupes ne sont tolérés que dans le cas de petits volumes. Les toitures à deux pans (sauf lucarnes) sont les plus répandues.

Ainsi, nous avons pris un échantillons de bâtiments (façades non orientées au nord essentiellement) sur l’ensemble du territoire. A ces derniers, nous avons exclues les zones de toitures orientées au nord ainsi que les éléments sur la toiture (lucarnes, fenêtres de toit de type Velux). Pour chacun des bâtiments de l’échantillon nous avons calculer la surface des zones exclues afin de mettre en place un ratio qui pourra être appliqué à l’échelle du territoire de CCA. On obtient alors le résultat suivant :

Bâtiments à toiture individuelle	% de Surface non exploitable	% de Surface exploitable
100%	68 %	32 %

Tableau 15 : Surface utilisable pour installation de panneau sur toiture

VIII. EFFETS DE MASQUES

On appelle effet de masque le phénomène d'ombrage qui peut exister entre plusieurs bâtiments situés à proximité. Ceux-ci peuvent alors jouer le rôle d'un « masque » et cacher, par moment, le soleil aux immeubles environnants. Ce phénomène est évidemment à prendre en compte lorsque l'on s'intéresse à la rentabilité d'une future installation solaire et donc, le cas échéant, au gisement solaire du bâti du territoire de CCA. Deux paramètres influencent l'effet de masque d'un bâtiment: sa distance angulaire avec les bâtiments voisins et leurs directions.

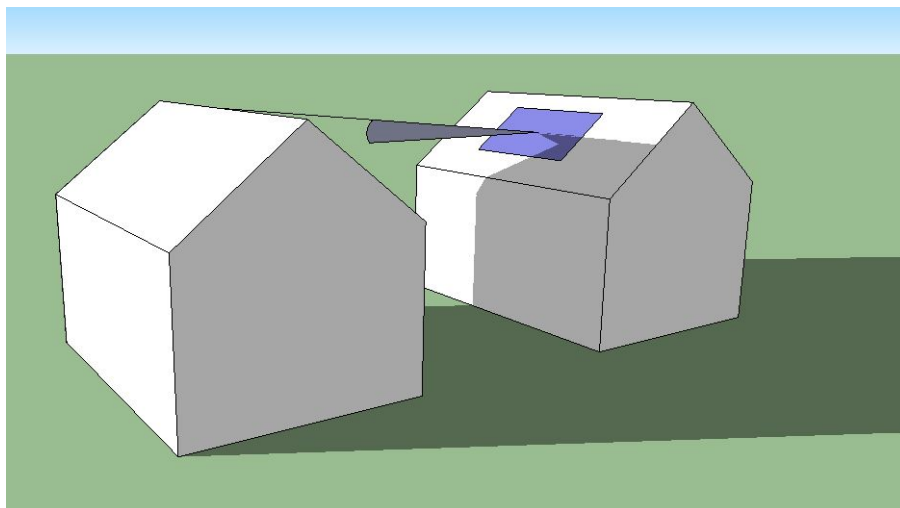


Figure 14 : Illustration de l'effet de masque

NB : Ce critère ne s'applique pas au bâti industriel. La surface de toiture d'une industrie étant généralement beaucoup plus grande que celle d'une maison, l'effet de masque n'est pas considéré ici comme discriminant. Une partie de la toiture peut être impactée par des phénomènes d'ombres portées sans pour autant qu'il soit impossible d'installer des panneaux solaire sur la surface restante..

La distance angulaire :

La distance angulaire, notée α sur le schéma ci-dessous, correspond à l'angle formé entre l'horizontale passant par le sommet d'un bâtiment A et la droite qui relie ce point au sommet d'un second bâtiment B. Cette valeur s'exprime en degrés et nous permet de discriminer l'ensemble des bâtiments susceptibles de porter trop d'ombres, ce qui pourrait nuire à la rentabilité des panneaux solaires installés à proximité.

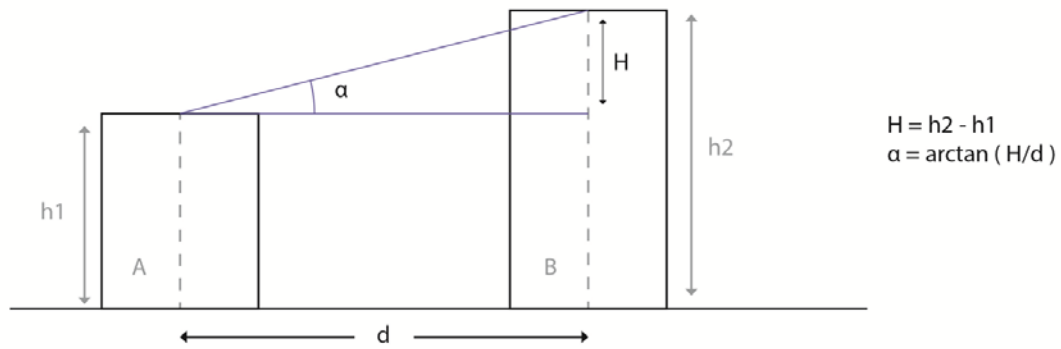


Figure 15 : Distance angulaire

Afin de connaître la distance angulaire maximale acceptable, nous avons utilisé un logiciel capable de tracer le diagramme solaire du territoire de CCA. Ce diagramme nous indique l'élévation, en degrés, du soleil dans le ciel en fonction du mois et de l'heure de la journée. Nous sommes capables, à partir de ce dernier de fixer une distance angulaire, ou angle d'obstruction, limite.

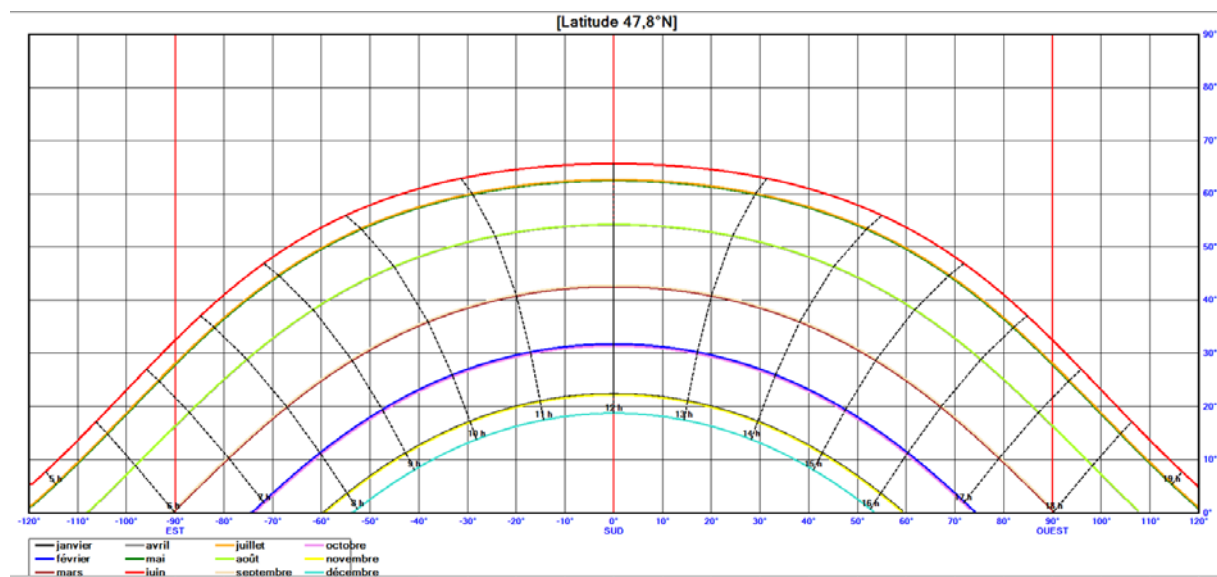


Figure 16 : Diagramme solaire du territoire de CCA (Source : DiagSol)

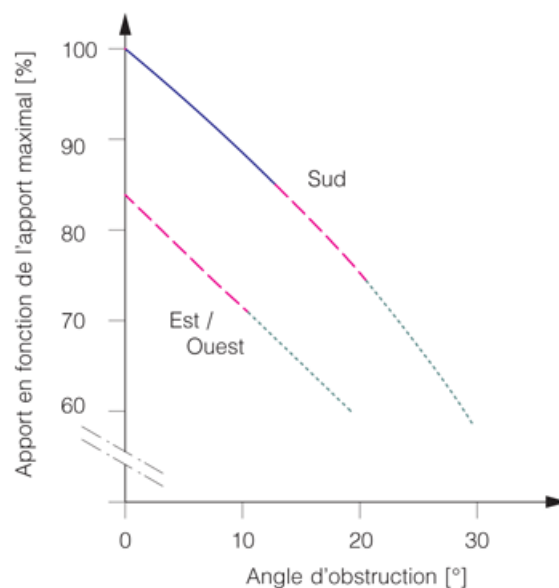


Figure 17 : Estimation de la perte en fonction de l'angle d'obstruction

On définit, à partir de ces deux documents, la valeur discriminante de la distance angulaire. Celle-ci sera fixée à 10°. Au-delà de cette valeur, la perte en termes de rayonnement solaire est supérieure à 10% et la période d'ensoleillement inférieure à 6 heures pour les mois de novembre et décembre.

L'azimut :

Le deuxième paramètre important dans ce processus de discrimination des bâtiments susceptibles de jouer le rôle de masque est l'azimut entre la direction du masque et le Sud. Il est logique que, même si la distance angulaire entre deux bâtiments est très grande, elle n'influencera en rien la production d'une installation si le bâtiment à l'origine des ombres est situé au Nord de celui qui accueille les panneaux photovoltaïques.

A partir du diagramme solaire et du tableau récapitulatif des azimuts de lever et de coucher du soleil ci-dessous, nous avons estimé qu'un bâtiment B pouvait avoir une influence sur la production de l'installation placée sur un bâtiment A s'il était situé dans une fourchette de plus ou moins 60° par rapport au Sud.

Jour	Mois	Lever	Azimuth lever	Coucher	Azimuth Coucher	-°/S
21	janvier	07:33	93,8	16:26	209	86,2
21	fevrier	06:46	77,4	17:13	224	102,6
21	mars	05:58	61	18:01	243	119
21	avril	05:05	45	18:53	263	135
21	mai	04:24	33	19:36	277	147
21	juin	04:05	27	19:54	282	153
21	juillet	04:22	30	19:37	275	150
21	aout	05:05	44	18:54	261	136
21	septembre	05:56	63	18:02	247	117
21	octobre	06:48	84	17:11	230	96
21	novembre	07:34	100	16:25	216	80
21	décembre	07:54	103	16:05	207	77

Tableau 16 : Azimut des levers et couchers du soleil 2015

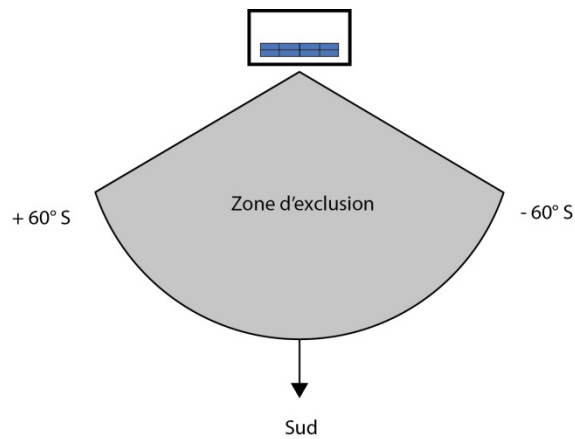


Figure 18 : Zone d'exclusions possible des bâtiments à effet de masque

Outils utilisés sous ArcGIS :

- Générer la table de proximité (analyse) :
 - Nous avons tenu compte des 5 bâtiments les plus proches situés dans un rayon de 100 mètres autour du bâtiment référence.
- Liaison de la table de proximité et de la couche du bâti éligible :
 - Cette double liaison nous permet de calculer la différence de hauteur entre un bâtiment et ses 5 voisins les plus proches. Connaissant la distance les séparant, il nous est possible de calculer la distance angulaire grâce au calcul présenté ci-avant.

IX. DIMENSIONNEMENT SUR TOITURE POUR LE PHOTOVOLTAÏQUE

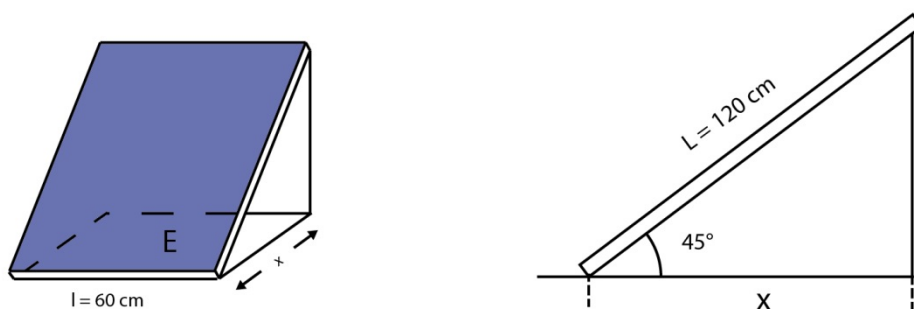
Ayant comme valeur initiale l'emprise au sol de chaque bâtiment du territoire de CCA sur la BD TOPO, nous nous sommes questionné quant à la méthode à employer pour quantifier la puissance installable sur chaque immeuble.

1. Sur toiture individuelle : photovoltaïque

Nous avons défini que l'emprise utile à l'installation de panneaux solaire était égale à 32% de l'emprise totale au sol d'un bâtiment. Ainsi, en connaissant l'emprise au sol d'un panneau nous pourrions savoir combien nous pourrions en installer sur une toiture.

Emprise au sol d'un panneau photovoltaïque sur toiture individuelle :

Prenant comme modèle type un panneau de 80 Watts aux dimensions de 600 par 1200 cm et sachant que ceux-ci seront placés sur des toits pentus à 45° il nous est possible de trouver son emprise au sol par le calcul suivant :



$$x = L * \cos (45) = 84,9$$

$$E = l * x = 60 * 84,9 = 5000 \text{ cm}^2$$

$$E = 0,5 \text{ m}^2$$

Figure 19 : Dimensionnement - Emprise sur les toitures individuelles

Ainsi, un panneau photovoltaïque a une emprise au sol égale à 0,5 m². Il suffit ensuite de diviser l'emprise utile de toiture par cette valeur pour savoir combien de panneaux sont installables par toiture. Nous nous fixons cependant 3 kWc, soit environ 25m² de panneaux solaires, comme puissance limite par toiture. Au-delà de cette valeur, le particulier ne peut plus bénéficier de crédits d'impôts.

1. Sur toiture industrielle : photovoltaïque

La méthode utilisée pour quantifier le nombre de panneaux installables sur les toitures industrielles est la même que la précédente, seules les valeurs changent. Considérant que le bâti industriel type est à toit plat, on estime ici que 72% de son emprise au sol est utilisable (72% de la surface du toit étant donné qu'il est plat).

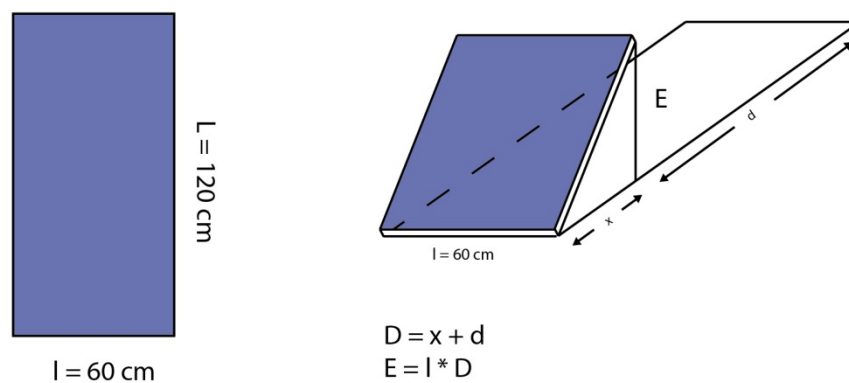


Figure 20 : Dimensionnement des panneaux

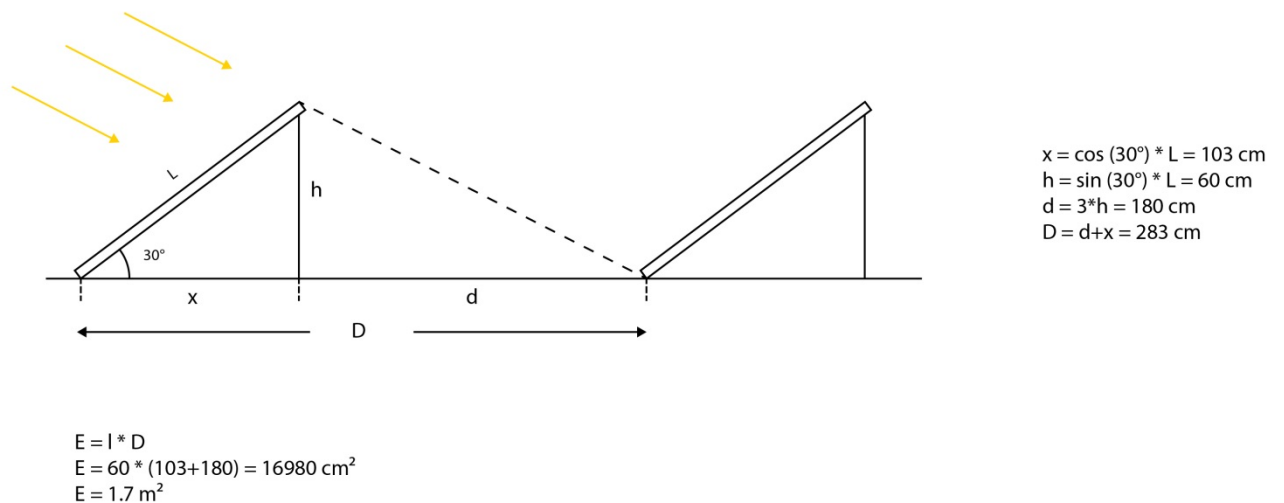


Figure 21 : Dimensionnement des panneaux

Nous considérons toujours le même panneau photovoltaïque (600 * 1200 cm) cependant, les panneaux étant installés en rangées sur une surface plane, il faut tenir compte ici de l'espace requis entre chacune d'elles. On estime que les rangées de modules doivent être séparées par une distance égale à trois fois la hauteur de ces derniers, ceci afin de minimiser l'effet de masque des uns sur les autres.

Ainsi, l'emprise au sol d'un module photovoltaïque sur une surface plane est égale à 1,7 m². Il suffit ensuite de diviser l'emprise utile d'une toiture industrielle par cette valeur pour connaître le nombre maximum de panneaux installables sur cette dernière.

X. DIMENSIONNEMENT SUR TOITURE POUR LE SOLAIRE THERMIQUE

Deux types d'installations thermiques sont envisageables : un chauffe-eau solaire destiné uniquement à subvenir aux besoins en eau chaude sanitaire de l'habitation ou un système combiné qui permet également de couvrir les besoins en chauffage. Cette seconde option nécessite une plus grande surface de panneaux solaire thermiques et un système de chauffage adapté. Le bâti considéré dans cette étude étant existant nous partons du principe que les particuliers, pour la plupart, ne sont pas prêts à surdimensionner une probable installation solaire thermique pour y coupler un nouveau système de chauffage. Ceci sous-entend un coût d'installation plus élevé, dû d'une part à la plus grande surface de capteurs requise et d'autre part au changement du système de chauffage.

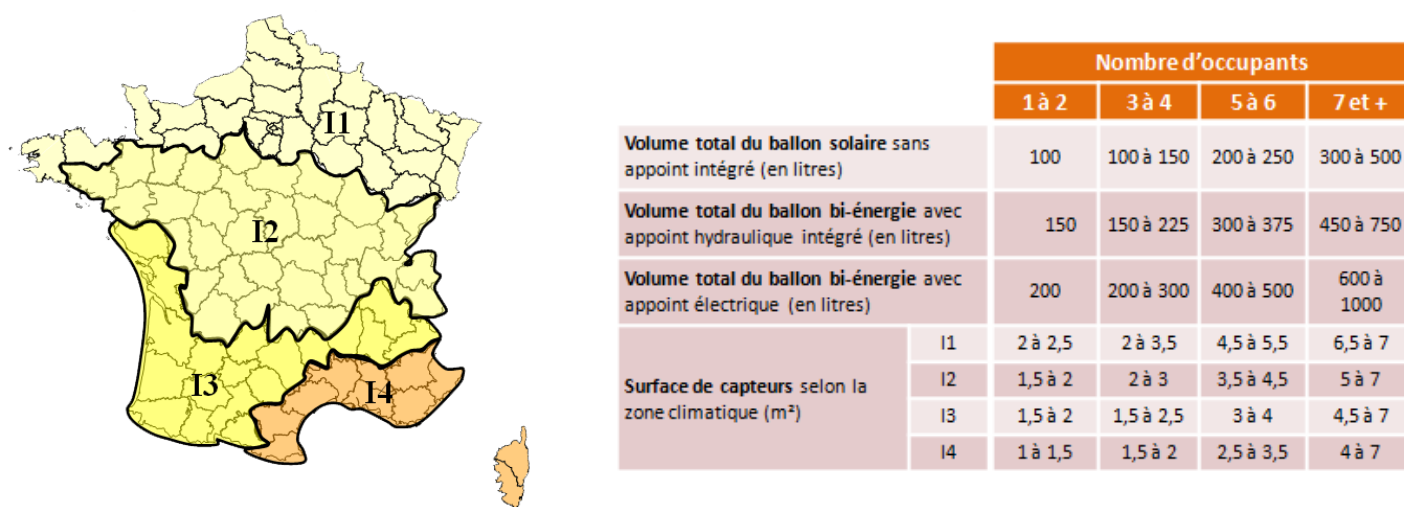


Figure 22 : Récapitulatif du dimensionnement équipement solaire thermique (Source: qualit-enr.fr)

Prenant 2,3 comme taille des ménages moyenne dans le Finistère (selon l'INSEE), un domicile pourrait accueillir 2,5 m² de panneau solaire thermique. Sachant qu'un mètre carré de panneau solaire thermique produit environ 300 kWh par an en Bretagne, on peut estimer la production en énergie d'une maison équipée à 750 kWh à l'année.

XI. METHANISATION

Effluents d'élevage

Code INSEE Commune	Nom de la commune	Nombre d'exploitations	Nombre moyen d'UGB par exploitation	SAU totale en ha	Nombre d'UGB total
29039	Concarneau	34	108,6	1627	3693
29049	Elliant	73	226,3	4785	16519
29146	Melgven	41	143,8	3125	5895
29153	Névez	9	52,8	495	475
29217	Pont-Aven	24	212,0	1476	5089
29241	Rosporden	68	99,8	3846	6789
29272	Saint-Yvy	34	121,0	1449	4115
29281	Tourch	29	423,9	2068	12293
29293	Trégunc	36	85,8	2046	3087
	somme	348		20916	57957

Tableau 17 : Effluents d'élevage

<i>Production fumier/UGB (t/UGB/an)</i>	15
<i>Production lisier/UGB (m³/UGB/an)</i>	18
<i>Tonnage 1m³ lisier UGB (t)</i>	1
<i>Reste de culture/ha SAU (t)</i>	3,38

Tableau 18 : Aide aux calculs pour les effluents d'élevage

Station d'épuration

STEP	Abonnés	t MS/an	Boues SPANC	Abonnés	tMS/an
Concarneau-Trégunc	10392	560,4	Concarneau-Trégunc	1907	67
Elliant	559	12	Elliant	750	10
Melgven	473	54	Melgven	1079	80
Névez	733	13	Névez	1738	20
Pont-Aven	1349	73	Pont-Aven	439	15
Rosporden	2515	197	Rosporden	1129	57
Saint-Yvi	691	17	Saint-Yvi	708	11
Tour'ch	181	15	Tour'ch	252	14
Somme		941	Somme		275
Taux des boues d'ANC non-réintroduites dans le réseau			0,65		

Tableau 19 : Station d'épuration

Déchets verts

<i>Tonnage de déchets verts (VALCOR) (t/an)</i>	9130
<i>taux ligneux dans déchets verts</i>	0,2

Tableau 20 : Déchets verts

Déchets industriels et artisanaux

<i>Déchets industriels et artisanaux totaux du Finistère</i>	333626
<i>Part de CCA</i>	0,038461538
<i>Déchets indus. Et artisanaux CCA</i>	12832

Tableau 21 : Déchets industriels et artisanau

XII. BOIS

Consommation par bâti		liste non exhaustive centrée sur les équipements les plus susceptibles de modification de sources d'énergies							
	données non disponibles								
Bâtiments	Adresse	Electricité kWh	Fioul kWh	GPL kWh	Gaz Naturel kWh	Bois kWh	P.Photovoltaïque kWh	S.Thermique kWh	Total/bâti-commune kWh
Sous-Total CCA		741 912,00	62 639,20	22 978,21	870 307,00	932 809,72	990,00	0	3 703 010,13
Sous-Total Concarneau		-	-	-	-	-	0	18 000,00	18 000,00
Sous-Total Elliant		289 053,00	55 485,00	255 755,00	-	-	0	0	600 293,00
Sous-Total Melgven		494 057,00	314 741,00	-	-	-	0	0	808 798,00
Sous-Total Névez		-	-	-	-	-	0	0	-
Sous-Total Pont-Aven		354 137,00	372 799,00	-	-	-	0	0	726 936,00
Sous-Total Rosporden		-	-	-	-	-	0	0	-
Sous-Total Saint-Yvi		348 589,00	-	95 851,00	-	185 581,00	0	0	630 021,00
Sous-Total Tournich		76 043,52	-	-	-	-	0	0	76 043,52
Sous-Total Tregunc		607 040,49	-	19 282,74	709 565,73	104 420,00	53 000,00	0	1 493 308,96
Sous-Total Dépt.Finistère		-	-	-	-	-	0	0	-
Sous-Total Rég.Bretagne		262 116,00	-	-	947 418,00	-	0	0	1 209 534,00
Sous-Total Etat		-	-	-	-	3 974 400,00	0	0	3 974 400,00
TOTAL/énergie		3 172 948,01	805 664,20	393 866,95	2 527 290,73	5 197 210,72	53 990,00	18 000,00	13 240 344,61
Total des bâtiments hypothétiquement chauffés à l'électricité		1 509 529,98							
Total énergies fossiles* - EnR					6 899 769,89			5 269 200,72	
hors électricité:					3 726 821,88				
avec bâti chauffés hypothétiquement à l'électricité					5 236 351,86				
Total consommation chaudières fossiles					1 199 531,15				

XIII. RESEAU DE CHALEUR

1. Réseau de chaleur

Selon une étude de CEREMA, le Centre de ressources pour la chaleur renouvelable et l'aménagement énergétique des territoires, en France, environ 52% de l'énergie finale est consommée sous forme de chaleur (étude de 2007). Sachant que les deux tiers sont consommés par le secteur du résidentiel et du tertiaire¹.

Le principe de réseau de chaleur existe depuis l'Antiquité. En 2013, en France, l'on recense 501 réseaux de chaleur et 17 réseaux de froid, avec une puissance totale installée de 16 553 MWh. L'énergie thermique livrée, la même année, est d'environ de 26 000 GWh, dont 42% ont été produit à partir de gaz naturel.

Définition

Explication

Un réseau de chaleur est un dispositif permettant de distribuer de la chaleur, afin de chauffer des bâtiments et/ou des logements.

De manière générale, il est composé de trois éléments principaux :

- La chaufferie, une installation de production centralisée, permet de produire de l'énergie thermique, autrement dit de la chaleur. Elle peut être alimentée, soit par des EnR, soit par des énergies fossiles. Elle est souvent composée de plusieurs chaudières ; une principale, et une d'appoint en cas de maintenance annuelle, ou de panne. Dans le cas d'une chaudière bois, ce bâtiment comprend un silo ou un hangar pour stocker le bois.
- Un réseau primaire de canalisations souterraines, qui transporte la chaleur générée par la chaudière, sous forme de fluide caloporteur (eau ou vapeur d'eau).
- Ensuite elle passe dans une sous-station, une sorte d'échangeur qui permet de délivrer la chaleur aux bâtiments.

Après utilisation de cette énergie thermique, le fluide caloporteur ainsi refroidi, circule en sens inverse jusqu'à la chaufferie afin de former une boucle énergétique.

¹ Source : [24 Avril 2015] <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/generalites-sur-la-chaleur>

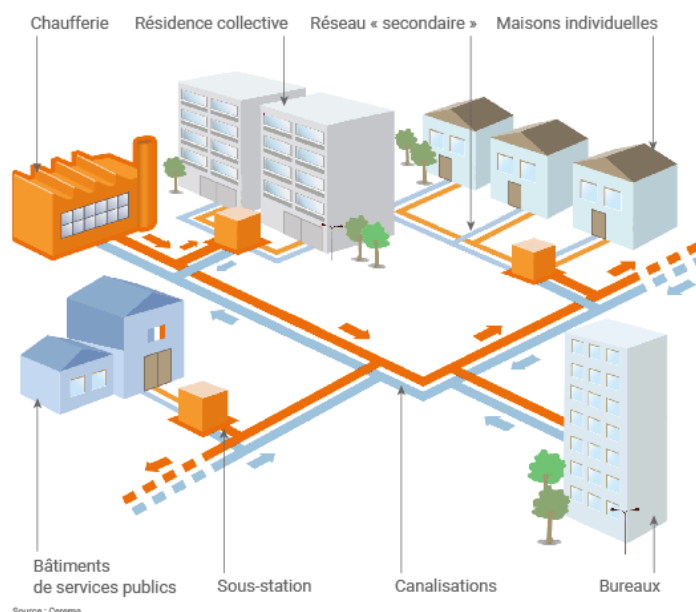


Figure 23 : Schéma de principe du réseau de chaleur (source : ADEME sur base Cerema)

Les réseaux de chaleur peuvent être alimentés par une grande diversité d'énergies. Parmi les plus fréquentes, on retrouve :

- La biomasse : le bois et méthanisation
- La valorisation des déchets : les UIOM, la chaleur des égouts, les boues de stations d'épurations.

D'autres moins connus, et à l'étude, comme la chaleur dégagée par les centres de serveurs informatiques, les crématoriums, ou la combustion de noyaux de fruits.

Cependant, des réseaux de chaleur peuvent aussi être créés à partir de la production indirecte de chaleur d'industrie, ou d'entreprise, comme par exemple les boulangeries. En effet, l'énergie thermique dégagée par les fours de cuisson, peut ainsi être intégrée dans un réseau de chaleur, et chauffer les bâtiments voisins.

Classer un réseau de chaleur/froid

Cet outil permet de rendre le raccordement au réseau de chaleur obligatoire. Il apporte trois intérêts principaux. Tout d'abord, il constitue un outil de planification énergétique pour la collectivité, combinable avec le PCET pour atteindre les objectifs locaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de développement des EnR. Ensuite, il permet au maître d'ouvrage d'avoir une visibilité sur le taux d'utilisation du réseau sur le long terme ; ceci permet d'engager plus sereinement les investissements nécessaires au développement de ce réseau. Enfin, il renforce la participation des usagers aux décisions et leur accès aux informations relatives au réseau. (Ils peuvent, notamment, bénéficier de la TVA réduite.)

Juridiquement parlant, ce classement est encadré par les documents suivants :

- les articles [L712-1 à L712-5 du Code de l'énergie](#) ;
- les articles [5 et 7 de la loi 80-531 du 15 juillet 1980](#) ;
- le [décret n°2012-394 du 23 mars 2012](#) et l'[arrêté du 22 décembre 2012](#) relatifs au classement des réseaux de chaleur et de froid.

De plus, trois conditions doivent être respectées afin que le réseau soit éligible au classement :

- Le réseau doit être alimenté à 50% ou plus par des énergies renouvelables et/ou de récupération (EnR&R)
- Un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison doit être assuré
- L'équilibre financier de l'opération pendant la période d'amortissement des installations doit être assurée

Cependant, le statut public ou privé du réseau est sans incidence sur les possibilités de classement.

Au niveau du fonctionnement du classement, deux types de périmètre sont établis : le périmètre de classement et la zone de développement prioritaire. Le premier constitue la zone desservie par le réseau ou zone d'extension prévue. Dans le second périmètre, le raccordement est obligatoire :

- Pour toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants, dès lors que la puissance pour le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude dépasse 30 kW.
- Pour tout changement de chaudière.
- Pour certains cas de travaux (détaillés dans le guide <http://reseaux-chaaleur.cerema.fr/classer-un-reseau-de-chaaleur-ou-de-froid-guide-pratique-et-faq>)

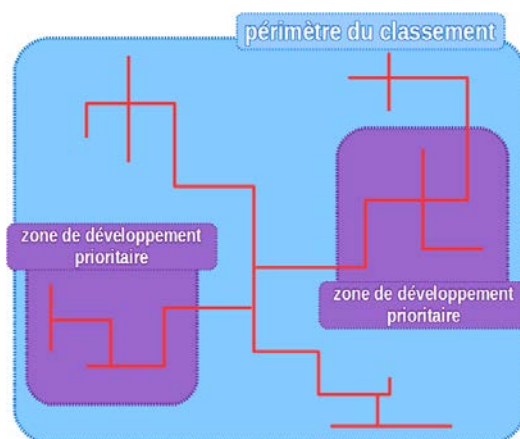


Figure 24 : Description classement d'un réseau de chaleur (Source: <http://reseaux-chaaleur.cerema.fr/classer-un-reseau-de-chaaleur-ou-de-froid-guide-pratique-et-faq>)

La procédure de classement s'effectue en trois étapes :

- La demande du classement est effectuée par le propriétaire ou l'exploitant du réseau.
- La collectivité concernée, à savoir celle du territoire où se trouve le réseau, instruit le dossier. Elle prend la décision de classement, rend publique les informations utiles, et contrôle le respect des engagements et obligations.
- Enfin, les propriétaires de bâtiments s'informent sur les périmètres du classement et se doivent de respecter l'obligation de raccordement.

Afin de faire respecter cette démarche, la collectivité dispose de divers moyens de pression :

- Les contrevenants à l'obligation de raccordement peuvent être punis d'une amende de 300 000 €¹.
- Une dérogation à cette obligation est possible à condition de démontrer que les installations ne peuvent être raccordées au réseau dans des conditions techniques ou économiques satisfaisantes ou dans le délai nécessaire pour assurer la satisfaction des besoins des usagers
- Le classement peut être abrogé sur décision de la collectivité qui l'a prononcé, ou suite à une baisse de la part des EnR&R dans l'alimentation du réseau.

Avantages et inconvénients adaptés au territoire

- Avantages
 - La production de chaleur est centralisée entraînant les points positifs suivants :
 - meilleure maîtrise des nuisances (bruit, qualité de l'air, stockage de combustible)
 - Augmentation de l'efficacité énergétique (équipements de qualité industrielle et entretenu par des professionnels)
 - Amélioration de la qualité du paysage (suppression de la fumée des maisons)
 - Dépenses de fonctionnement plus faible que sur une chaufferie individuelle
 - Mobilisation d'EnR&R (bois, chaleur fatale industrielle, géothermie profonde, etc...)
 - Les chaudières à EnR&R plus compétitives que chaudières à fossiles sur le prix de vente de chaleur
- Freins
 - Le coût d'investissement est élevé, notamment le coût du génie civil, mais il est rentabilisé sur le long terme
 - Il est nécessaire qu'un des bâtiments relié est une base de consommation importante et stable
 - La densité urbaine ainsi que son organisation spatiale influencent la réalisation du projet

Coût

Le coût réel d'un réseau de chaleur, dépend de multiples variables propres à chaque territoire et à chaque projet. Ainsi, les paragraphes suivants présentent uniquement un ordre de grandeur de montant d'investissement d'un tel projet. De plus, les aides financières ne sont pas prises en compte et sont précisées plus tard dans ce rapport.

Une étude portant sur le coût d'investissement d'un réseau de chaleur bois a été commanditée en 2009 par l'ADEME et réalisée par le cabinet Perdurance. Elle est basée sur des investissements de 90 projets réalisés dans les années 2000, et ramenés aux conditions économiques de 2007². Afin de les actualiser, nous avons appliqués une actualisation des coûts en les rapportant aux conditions

¹ Source : http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=50D3CD6B227EB857A39C1F61D66D5B68.tpdjo11v_3&dateTexte=?cidTexte=JORFTEXT000000886864&categorieLien=cid

² Source : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/cout-dinvestissement-dun-reseau-de-chaleur-quelques-reperes>

économiques de 2015, à savoir une inflation cumulée de 12.2%¹. Toutefois, ce calcul reste relativement basique.

Ainsi, le coût moyen de la chaufferie dépend de la puissance installée. Sachant que plus cette dernière est élevée, plus le prix au kW diminue.

Puissance installée (kW)	Coût moyen de la chaufferie (€/kW)	Coût moyen total estimé (k€)
200	1 070,39	214,08
750	733,79	550,34
4 000	562,12	2 248,49

Tableau 22: Coût moyen total en fonction de la puissance installée

Par ailleurs, le coût moyen du réseau de distribution varie selon deux paramètres : le diamètre qui est lui-même lié à la puissance, et l'environnement de pose.

Pour le premier paramètre on retrouve les coûts moyens de la distribution, au mètre linéaire (ml), incluant les tranchées, les canalisations et les sous-stations suivants :

Puissance installée (kW)	Coût moyen de la distribution (€/ml)
200,00	338,84
750,00	353,43
4 000,00	543,05

Tableau 23 : Coût moyen de distribution en fonction de la puissance installée

Pour le second paramètre, selon le rapport du conseil général des Mines de 2006², les coûts moyens de la distribution, au ml, incluant les tranchées, les canalisations et les sous-stations sont les suivantes :

- En zone urbaine dense : 1000 à 1300€/ml de conduite double (aller et retour)
- En zone moins dense (c'est-à-dire les petites villes) ou zones en cours d'aménagement : minimum 300€/ml de conduite

Pour en savoir plus sur le coût des réseaux: <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/optimisation-du-cout-des-reseaux-de-distribution>.

Cependant Cerema précise « Il est toutefois souligné une très forte variabilité d'un cas à un autre, avec un facteur 3 entre les projets les moins coûteux et les plus coûteux au sein d'une même tranche de puissance. Ces moyennes sont donc à utiliser avec précaution. »

En résumé, on retrouve les coûts moyens totaux estimés suivants, variable selon la puissance installée :

¹ Source : http://france-inflation.com/calculateur_inflation.php

² Source : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/les-reseaux-de-chaleur-conseil-general-des-mines-2006>

P: Puissance installée (kW)	Coût total estimé selon la puissance (€/kW)	Coût moyen total estimé (k€)
< 250	1 458,60	< 364,65
250kW < P < 1,2MW	1 009,80	< 1 211,76
> 1,2MW	785,40	> 1 211,76

Tableau 24: Coût moyen total en fonction de la puissance installée

Par ailleurs, l'étude précise que la maîtrise d'œuvre et frais annexes représente en moyenne 10% du montant d'investissement, avec toujours une légère variation suivant la puissance.

Une autre estimation sommaire du coût d'investissement total peut être défini selon le tableau suivant :

Taille du réseau	« Petit »	« Moyen »	« Gros »
Définition	quelques équivalents-logements à quelques dizaines	plusieurs dizaines à quelques centaines d'équivalents-logements	plusieurs centaines d'équivalents-logements à quelques milliers
Puissance bois	250 kW à 1000 €/kW	1 MW à 650€/kW	4 MW à 500€/kW
Longueur réseau	125m de réseau à 300 €/m	500m de réseau à 315 €/m	2km de réseau à 480 €/m
Suppléments	études/frais		
Total estimé	330 k€	880 k€	3,3 M€

Tableau 25: Estimation du coût d'un réseau de chaleur

Enfin, en très grande approximation, 1 MW de réseau de chaleur bois correspond à un investissement de l'ordre de 1 000 k€.

Les moyens permettant de diminuer le coût d'investissement

Il est possible de réduire ce coût d'investissement en actionnant les leviers suivants¹ :

- Mutualiser au maximum les travaux de génie civil.
- Utiliser des matériaux préfabriqués.
- Renforcer la viabilité économique en intégrant les acteurs locaux
- Desservir le maximum d'usagers pour une même somme investie
- Optimiser la viabilité du réseau à travers les paramètres suivants : la densité thermique et la « durée de fonctionnement »
 - La **densité thermique** est la quantité de chaleur livrée par mètre de canalisation construit. Plus la densité thermique est importante, moins le prix de revient de l'installation est élevé lorsqu'il est rapporté à l'usager (les coûts d'investissement et de fonctionnement du réseau liés à sa longueur). Elle est très fortement liée à la

¹ Source : <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/reseaux-de-chaleur-couts-et-aides-publiques>

densité urbaine et aux caractéristiques thermiques des bâtiments. (Source : <http://reseaux-chaaleur.cerema.fr/densite-thermique>)

- La « **durée de fonctionnement** » est le rapport entre la quantité d'énergie produite /an et la puissance nominale de la chaudière. Plus elle est élevée, plus le réseau est économiquement performant. Sa valeur courante est de 2500h. Elle dépend essentiellement de l'intermittence des besoins des bâtiments : plus ces besoins sont uniformément répartis, sur une journée et sur l'année, plus la durée de fonctionnement peut être élevée.
- Eventuellement, Rénover des installations existantes comme les réseaux de chaleur fonctionnant avec des énergies fossiles pour le remplacé par des EnR&R

Projet similaire en Bretagne

Réseau de chaleur le Gouray – 2008 – Côtes d’Armor¹

Premier réseau de chaleur conçu dans ce département, ce projet s’inscrit parmi les orientations énergétique de la communauté de commune du Mené. La chaudière principale consomme du bois plaquette d’origine bocagère locale. Elle alimente à la fois des bâtiments publics, professionnels et privé en chauffage, dont certains en eau chaude sanitaire.

Investissement HT : 1 900 000,00 €				
Coût des travaux		Aide financière 70 % soit 1 350 000,00 €		
Génie civil / VRD		Organisme	Part d'aide(%)	Montant Aide
Equipements bois		Ademe Fond de chaleur		
Réseau		CC de Mené		
Etudes				


Tableau 26: Investissement pour le réseau de chaleur le Gouray

Equipements techniques :		Résultat :	
Chaudière bois	1 de 320 kW	Energie produite	350 000 kWh/an
Chaudière d'appoint	1 fioul de 500kW rarement utilisé (consommation <1000L/an)	Surface de chauffe	4 500 m ²
Longueur réseau	950m	Surface de chauffe d’eau chaude sanitaire	1 500m ²

Tableau 27 : Équipements et résultats du réseau de chaleur de Gouray

Consommateurs :	
Bâtiments publics	mairie, école, cantine, centre de loisirs, garderie, médiathèque, restaurant scolaire et cuisine de la salle polyvalente, atelier communal
Bâtiments professionnels	restaurant, garage, cabinet médical, salon de coiffure, coccimarket, salle de résidence
Bâtiments privés	27 Maisons d'habitations

Tableau 28: Consommateurs du réseau de chaleur de Gouray

 données non disponibles

¹ Source : Maire de Gouray et <http://www.legouray.fr/fr/information/12061/chaufferie-bois-reseau-chaaleur>

Réseau de chaleur de Lanester – 2010 – Morbihan¹

Au sein de l'agglomération de Lorient, la ville de Lanester a mis en place un réseau de chaleur financé à près de 70% par des subventions publiques. Il dessert des bâtiments publics mais aussi privés.

Sur ce PDF est décrit la procédure de mise en place du réseau de chaleur de l'étude à la mise en service : http://reseaux-chaleur.cerema.fr/wp-content/uploads/11_DIAPO-Lanester.pdf).

Investissement HT : 1 830 500,00 €			
Coût des travaux		Aide financière	68,18 % sois 1 248 034,90 €
Génie civil / VRD		Organisme	Part d'aide(%)
Equipements bois		FEDER (U.E)	7,85
Réseau		Région/Plan bois énergie	7,53
Etude		Région/ ANRU	22,2
		Ademe/Plan bois énergie	7,53
		Département/Plan bois énergie	15,07
		ANRU	8

Tableau 29 : Investissement du réseau de chaleur de Lanester

Equipements techniques :		Résultat :	
Chaudière bois	1,370 MW	Energie produite	4 344 MWh
Chaudière d'appoint	Gaz 2 MW et 0,8 MW	Equivalent logement	500
Longueur réseau	1700m		

Tableau 30: Équipements et résultats du réseau de chaleur de Lanester

Consommateurs :	
Bâtiments publics	2 Gymnases, le foyer, la médiathèque, Hôtel de ville, CAF, lycée
Bâtiments privés	1 Résidence de 5 bâtiments

Tableau 31: Consommateurs du réseau de chaleur de Lanester

Réseau de chaleur de Brie de l'Odette – 2011 – Finistère²

Ce projet a vu le jour lorsque divers équipements publics ont été mis en service au même moment.

¹ Source : http://reseaux-chaleur.cerema.fr/wp-content/uploads/11_DIAPO-Lanester.pdf et <http://reseaux-chaleur.cerema.fr/journee-dinformation-les-reseaux-de-chaleur-en-bretagne-19-juin-2012-lanester>

² Source: QCD - La lettre d'info de Quimper Cornouaille Développement - Juillet 2014

Investissement TTC : 1 353 841 €				
Coût des travaux	697 704 €	Aide financière	29,74% sois	402 605,00 €
Génie civil / VRD	58 389 €	<i>Organisme</i>	<i>Part d'aide(%)</i>	<i>Montant Aide</i>
Equipements bois	639 315 €	Ademe	29,74	402 605,00 €
Réseau et sous-station	656 137 €			

Tableau 32: Investissements pour le réseau de chaleur de Briec de l'Odet

Equipements techniques :		Résultat :	
Chaudière bois	800 kW	Surface de chauffe	10 000 m ²
Chaudière d'appoint	Gaz Naturel 500 kW		
Longueur réseau	740 m		

Tableau 33: Équipements et résultats du réseau de chaleur de Briec de l'Odet

Consommateurs :	
Bâtiments publics	Ecole, complexe sportif, centre aquatique, maison de l'enfance. Prochainement: collège et restaurant scolaire

Tableau 34: Consommateurs du réseau de chaleur de Briec de l'Odet

35 allée Ferdinand Lesseps
BP 30553
37205 Tours cedex 3

Sous la direction de :

Mindjid MAIZIA

BRUNEL Mathieu
COLLE Valentin
HEBRARD Adrien
RICAUD Isabelle
URIOS Kevin

Stage de groupe, 2014/2015

Titre : POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES SUR LE TERRITOIRE DE CCA

Résumé : Cette étude, réalisée sous la direction de Concarneau Cornouaille Agglomération, s'intéresse au troisième axe fixé par le PCET. Après la réduction des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre, il est question de la production d'énergie renouvelable. Celle-ci devra correspondre en 2020 à 20% de l'énergie qui sera consommée sur le territoire. Dans un premier temps, une mise en contexte au niveau international, national puis local du développement de la filière renouvelable a été réalisée. Ensuite, nous nous sommes intéressés aux différentes technologies permettant la production d'EnR (solaire photovoltaïque et thermique, éolien, méthanisation, valorisation des déchets...) à l'aide de méthodologies spécifiques à chacune, alliant travaux de terrain et bibliographiques. Ainsi, nous avons pu estimer leurs ressources respectives sur le territoire de CCA puis leurs potentiels de production en énergie thermique ou électrique. Une grille d'analyse stratégique a été créée dans le but d'explorer toutes les opportunités et les contraintes au développement de chacune des technologies. Enfin nous avons émis des hypothèses sur le développement futur de ces filières à travers la réalisation de trois scénarios reflétant différents mix énergétiques possibles, dépendant chacun du niveau d'investissement de la communauté de communes. Des pistes d'actions ont été évoquées et classées par ordre de priorité, ceci afin d'aider CCA à impulser une démarche de production d'EnR et, par conséquent, à répondre au troisième objectif fixé par le PCET.

Mots clés: énergies renouvelables, éolien, photovoltaïque, méthanisation, solaire thermique, hydroélectricité, énergies marines renouvelables, valorisation des déchets, bois énergie, PCET, CCA, Concarneau Cornouaille Agglomération.

Localisation géographique : Bretagne, Finistère, 29, Concarneau