



Plan Climat Air Energie Territorial Pré-Bocage Intercom

CAHIER N°2

DIAGNOSTIC

Parties 17 à 18

Janvier 2020

Ce document a été réalisé par le SDEC ENERGIE, pour le compte et sous la responsabilité de la communauté de communes Pré-Bocage Intercom.

Sommaire général du PCAET

Le PCAET de Pré-Bocage Intercom se constitue de 5 cahiers, parfois eux-mêmes divisés en différentes parties. Les cahiers trop volumineux sont séparés en plusieurs fichiers, pour des raisons de facilité de lecture :

- **Cahier n° 1 / Le préambule**
- **Cahier n° 2 / Le diagnostic.**
 - Il se compose de 18 parties, regroupées en 6 fichiers :
 - Fichier 1 : profil énergie-air-climat du territoire (parties 1 à 6)
 - Fichier 2 : diagnostic sectoriel *population-habitat-mobilité* (parties 7 à 9)
 - Fichier 3 : diagnostic sectoriel *tertiaire-industrie* (parties 10 à 11)
 - Fichier 4 : diagnostic sectoriel *agriculture-réseaux-déchets* (parties 12 à 14)
 - Fichier 5 : diagnostic sectoriel *environnement-vulnérabilité* (parties 15 à 16)
 - **Fichier 6 : études des potentiels (parties 17 à 18)**
- **Cahier n° 3 / La stratégie**
- **Cahier n° 4 / Le plan d'actions**
- **Cahier n° 5 / Rapport environnemental (synthèse de l'évaluation environnementale stratégique)**

Sommaire des parties 17 et 18 du diagnostic

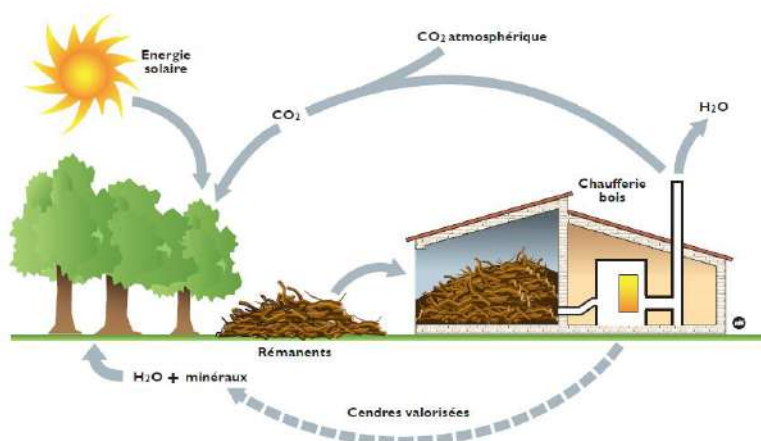
XVII. Potentiel de développement des énergies renouvelables.....	5
1. Potentiel en bois énergie	5
<i>Ressource en bois bocager.....</i>	5
<i>Potentiel bois énergie forestier.....</i>	9
<i>Lien avec la consommation de bois domestique et potentiel de création de nouvelles chaufferies.....</i>	9
<i>Potentiel par création de bandes ligno-cellulosiques (BLC).....</i>	11
<i>Potentiel de substitution d'énergies fossiles par le bois énergie</i>	11
2. Potentiel éolien	13
<i>Grand éolien</i>	13
<i>Petit éolien</i>	21
3. Potentiel de méthanisation	22
<i>Ressources des activités économiques</i>	22
<i>Ressource des collectivités.....</i>	24
4. Biocarburants.....	25
5. Chaleur fatale.....	25
6. Combustibles Solides de récupération (CSR).....	26
7. Potentiel Solaire	26
<i>Solaire thermique.....</i>	26
<i>Solaire photovoltaïque</i>	26
8. Potentiel Géothermique.....	29
<i>Généralités, les types de géothermies et les ressources exploitables.....</i>	29
<i>Application au territoire.....</i>	30
9. Potentiel hydroélectrique.....	32
<i>Principe de l'hydroélectricité</i>	32
<i>Potentiel bas-normand et application au territoire</i>	33
10. Bilan.....	35
XVIII. Potentiels de réduction des consommations d'énergie, des émissions de gaz à effet de serre, des polluants atmosphériques et potentiel de séquestration carbone	38
1. Méthodologie.....	38
<i>Définition.....</i>	38
<i>Méthode de calcul.....</i>	39
<i>Hypothèses retenues pour la construction du scénario minimum.....</i>	40
2. Résultats des potentiels de réduction	41
<i>Tableau de synthèse</i>	41
<i>Potentiel d'économie d'énergie.....</i>	43
<i>Potentiel de réduction d'émissions de GES et potentiel de séquestration carbone</i>	43
<i>Potentiel de réduction des émissions de polluants atmosphériques.....</i>	45
Annexes	48
<i>Carte des SETBA en France.....</i>	48
<i>Outil de prospective énergétique PROSPER</i>	49
<i>Tableur Excel de la contribution carbone des constructions bois.....</i>	55

XVII. Potentiel de développement des énergies renouvelables

1. Potentiel en bois énergie

Ressource en bois bocager

Le bois énergie est une énergie renouvelable dès lors que la ressource est exploitée durablement. En effet, son bilan carbone est neutre car le CO₂ rejeté lors de sa combustion a été accumulé par l'arbre durant sa croissance et sera de nouveau piégé par les jeunes arbres. Le développement du bois énergie en tant de source d'énergie ne peut donc pas être séparé d'une politique volontariste de préservation durable de la ressource.



Cycle carbone de la ressource en bois, source : groupe Coriance

Quelques chiffres :

- Alors qu'il faut 1.1 litre de fioul pour en produire 1 L (bilan énergétique négatif), il suffit de 3 L de fioul pour produire 1 m³ de plaquettes (équivalent à l'énergie produite par 90 L de fioul). Le bilan énergétique du bois est donc largement positif car on produit 30 fois plus d'énergie qu'on en consomme !
- La création d'emplois liée au développement de la filière est estimée à 1,1 ETP pour 1000 tonnes de bois consommé.

La communauté de communes a missionné la Chambre d'Agriculture de l'Orne pour réaliser une étude de gisement bois énergie en 2017. Cette étude a pour objectif de mieux connaître le réseau bocager (évaluation de sa densité, de l'état général du maillage bocager), son potentiel de production en bois énergie et de connaître le nombre potentiel et la puissance globale de chaufferies bois pouvant être approvisionnées en local.

La méthodologie pratiquée se base sur un échantillonnage d'un certain nombre de placettes de 200 ha chacune, couvrant au moins 15 % de la superficie totale de l'intercommunalité, réparties de manière homogène et aléatoire. Un inventaire des haies est réalisé sur chacune d'elle. Différents critères sont relevés sur chaque haie : type de haie, potentiel de production (selon le référentiel de la Chambre d'agriculture de l'Orne), pourcentage de trouées, qualité. Seul le gisement bocager contribue à l'estimation (les forêts, arbres urbains ou de jardins ne sont pas comptabilisés). L'ensemble des haies recensées par placette sont cartographiées.

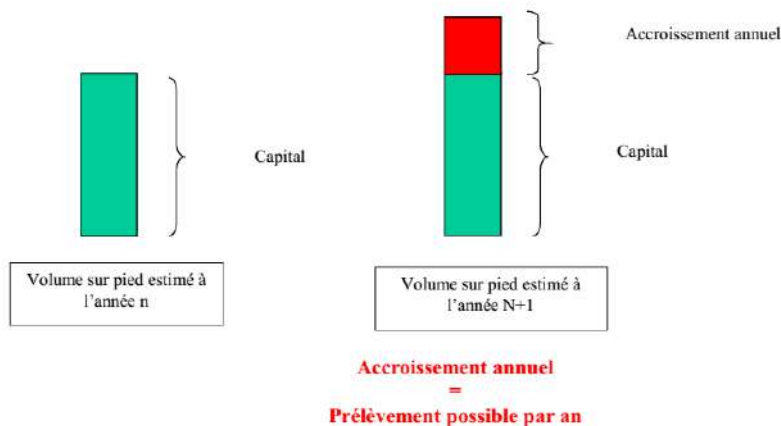
La densité bocagère est estimée sur chaque placette. Cela permet de délimiter des secteurs de densité homogène. Par extrapolation à la Surface Agricole Utile propre à chaque secteur, la Chambre d'Agriculture en déduit une densité globale à l'échelle de la Communauté de communes.

Hypothèses retenues :

- Les arbustes et les arbres de taillis sont orientés exclusivement vers la production de bois déchiqueté, tandis que les arbres de haut jet sont conservés et plutôt orientés vers la production de bois d'œuvre. La haie buissonnante, plutôt d'intérêt ornemental, n'a aucun potentiel de production
- La haie est recépée tous les 15 ans environ et l'intégralité de la végétation prélevée est destinée à la production de plaquettes
- On définit le mètre cube apparent plaquette (MAP) de la manière suivante :
 - 1 m³ de bois plein équivaut à 2.5 MAP
 - 1MAP (bois vert) = 330kg
 - 1 MAP (bois sec) = 250 kg
 - 1 Tonne bois vert = 0.85 Tonne bois sec
- On choisit arbitrairement que seulement 50% de l'accroissement annuel total est disponible pour l'alimentation de chaufferies bois. Cela permet de « sécuriser » l'estimation en déduisant les parcelles non accessibles (fortes pentes, pas d'accès pour le matériel, souhait de conservation par l'exploitant...) et déjà prélevées (bois bûche par exemple)
- La chaufferie de référence prise en compte est la chaufferie d'Aube (61). De taille moyenne, elle est de 100 kW, et alimente en chauffage 1 salle des fêtes, 1 salle des associations et 1 école maternelle. Elle consomme annuellement 70 tonnes de plaquettes sèches et permet d'éviter la combustion de 25 200 litres de fuel.

Définitions :

Capital en bois et accroissement annuel (Source Chambre d'Agriculture de l'Orne) :



Résultats :

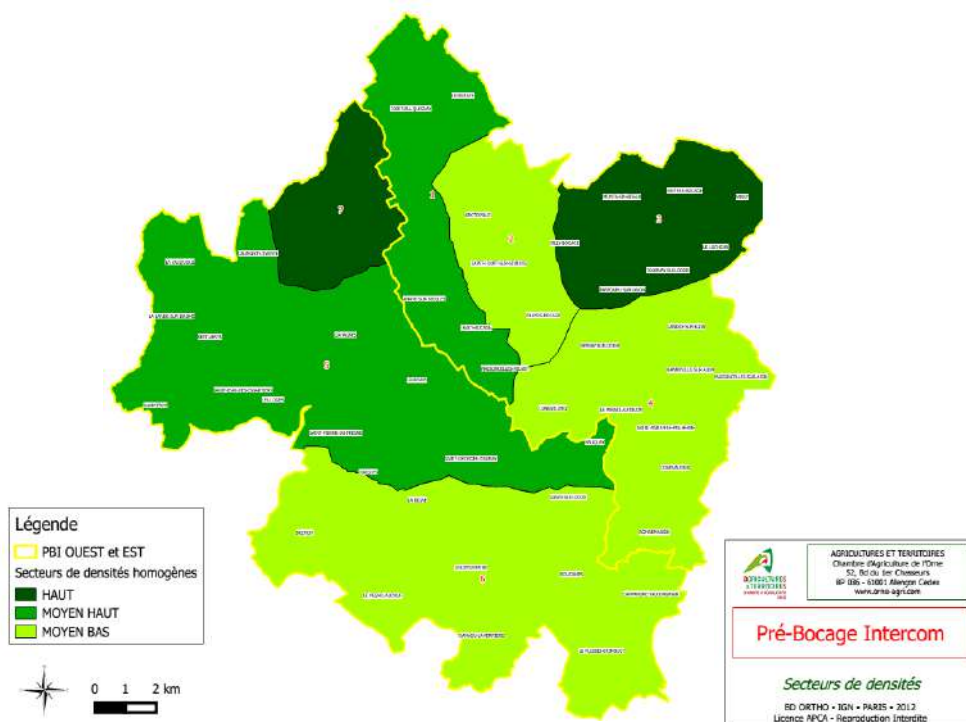
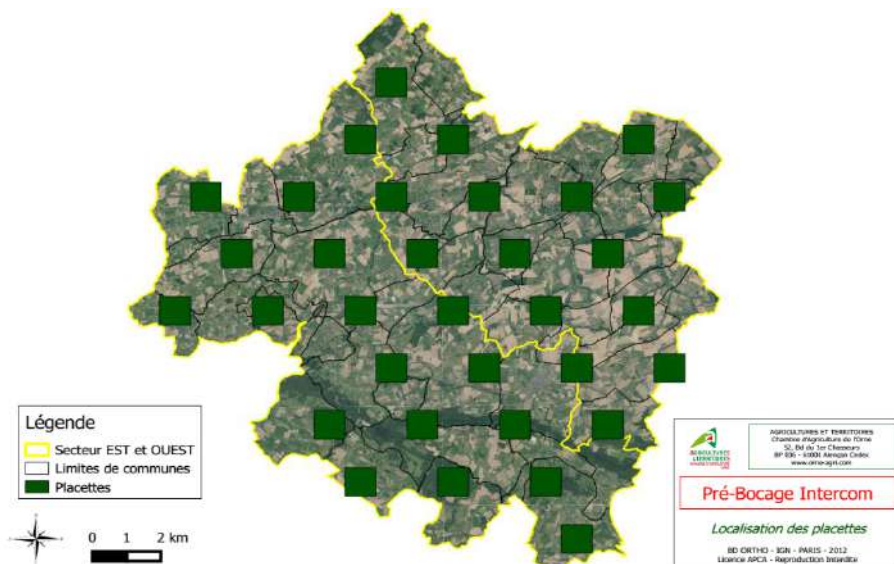
➔ L'étude partage le territoire de Pré-Bocage Intercom en 7 sous-secteurs homogènes. Pour chacun d'eux, elle détaille la densité du linéaire de haies, le capital de bois sur pied et l'accroissement annuel (cf. cartes pages suivantes).

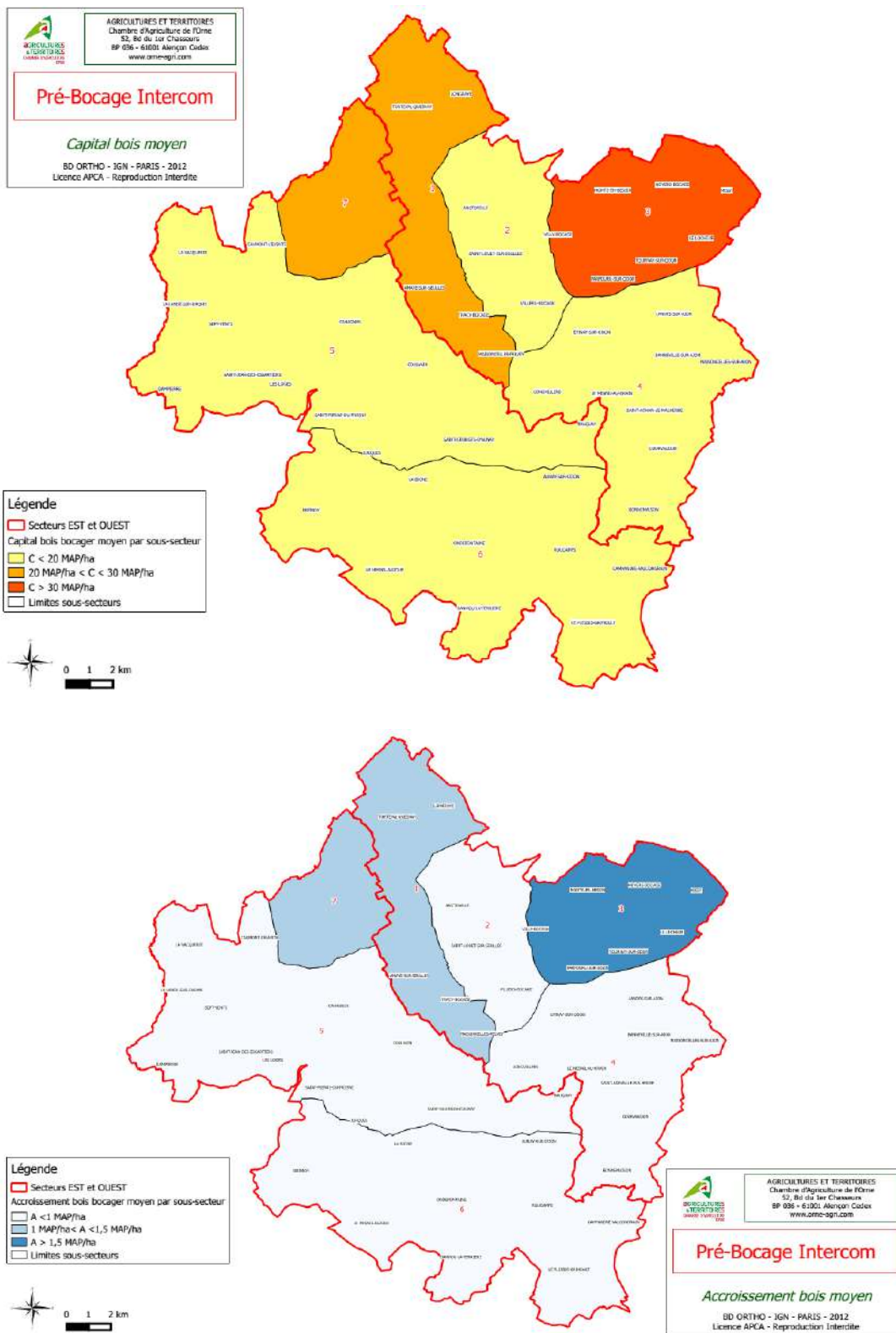
	Secteur Est	Secteur Ouest
Nb de placettes et surface inventoriées	15 placettes pour 3000 ha	18 placettes pour 3600 ha
Linéaire inventorié et densité	225 km (75 ml/ha)	259 km (72 ml/ha)
Etat des haies	85% en bon état	91% en bon état
indice de cohérence	50,1 %	53,2 %
Capital moyen de bois sur pied	22 MAP/ha	19 MAP/ha
Accroissement annuel moyen	0,97 MAP/ha soit en tout 18 013 MAP	0,86 MAP/ha soit en tout 20 433 MAP
Equivalence pour 50% du potentiel	2 526 T sèches	2 866 T sèches

Equivalence en fioul substitué	900 000L	> 1 000 000 L
--------------------------------	----------	---------------

La densité bocagère moyenne de Pré-Bocage Intercom se situe dans le seuil « Moyen Haut » estimé par l’Institut du Développement Forestier (IDF), dans la moyenne régionale. Le bocage est globalement en bon état, avec certaines disparités géographiques.

Les secteurs de Livry, Aurseulles et Val d’Arry sont les plus denses et les plus fournis. Le bocage y est très productif. Les secteurs Sud des Monts d’Aunay sont davantage forestiers. Le secteur Ouest a un bon maillage mais les haies sont vieillissantes, peu fournies et moins productives. L’Est du territoire est le moins bocager, avec un maillage plus lâche et des haies également vieillissantes.





Le potentiel de production théorique (100% de l'accroissement annuel) en bois énergie bocager sur Pré-Bocage Intercom est estimé à 10784 T sèches/an, soit 37.8 GWh.

En estimant que 20% de la ressource n'est pas accessible (terrain trop pentu, ou fond de vallée trop humides), on en déduit un **potentiel mobilisable (80% de l'accroissement annuel) en bois énergie bocager sur l'intercom de 8627 T sèches/an, soit 30 GWh.**

Potentiel bois énergie forestier

D'après les données de l'ORECAN (utilisation de la base de donnée « Corine Land Cover »), les surfaces en forêt de Pré-Bocage Intercom en 2014 sont de 2700 ha.

D'après les Chiffres Clé Forêt de Normandie (Source DRAAF de NORMANDIE, Service Régional des Milieux Agricoles et de la Forêt, décembre 2016), l'accroissement moyen de la forêt normande est de 10,1m³/ha/an. Actuellement, la récolte du bois correspond à environ 50% de la production biologique annuelle. Les usages du bois forestiers se répartissent entre le bois d'œuvre, le bois d'industrie et le bois énergie. La part du bois énergie dans la récolte totale a fortement augmenté, passant de 16% en 2010 à 38% en 2015.

Illustration de l'aspect « activité économique » Source : "50 bois" - ©Arnaud Vaillé



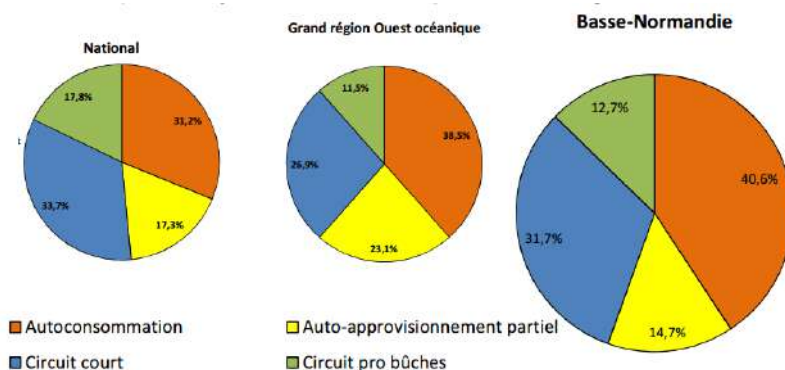
En comptabilisant une part d'usage de bois énergie de 40%, et en augmentant le taux de récolte de la production biologique annuelle à 66% (en estimant un tiers des forêts mal accessibles), le potentiel de production de bois énergie forestier sur Pré-Bocage Intercom s'élève à 7200m³ de bois plein, soit **4644 tonnes de bois**. Cela équivaut à un potentiel de production de **16.2 GWh**.

Le potentiel mobilisable de bois énergie d'origine forestière est de **4 644 T/an, soit 16.2 GWh**.

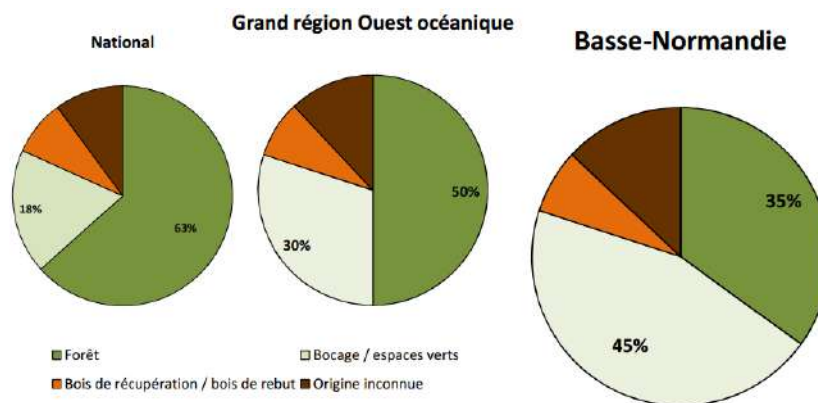
Lien avec la consommation de bois domestique et potentiel de création de nouvelles chaufferies

En 2016, les données de l'ORECAN donnent une production de chaleur à partir de bois énergie domestique de 41.5 GWh. L'ADEME a fait réaliser une étude sur le chauffage domestique au bois en juillet 2013 (par SOLAGRO, Biomasse Normandie, BVA et Marketing Freelance), qui donnent les résultats suivants :

- La moitié des volumes consommés provient de l'autoconsommation et de l'auto-provisionnement. En Basse-Normandie, la part d'autoconsommation est plus élevée que la moyenne nationale et que dans les régions voisines



- Au niveau national, 63 % des bûches sont issues de la forêt, avec des disparités régionales notables. Dans la grande Région ouest océanique, 50 % des bûches sont issues de la forêt et 30 % du bocage. En Basse-Normandie, la part en provenance du bocage est de 45%.



En supposant que l'intégralité du bois bocager consommé provient du territoire, appliqué à Pré-Bocage Intercom, **les quantités de bois bûche domestique provenant du bocage** seraient ainsi de 19 GWh. Cela correspondrait à 50% de l'accroissement total annuel.

Il existe ainsi déjà une pression assez forte sur le bocage pour la production de bois bûche. Le label Normandie Bois Bûche permet de s'approvisionner en bois issu d'exploitation durable de la ressource.



Label «Normandie Bois Bûche : Des entreprises normandes qui s'engagent®».

Mis en place par l'ADEME, la Région Normandie et la DRAAF, cette marque est reconnue par « France Bois Bûche » qui fédère et coordonne les marques régionales. Ce label concerne les producteurs et négociants normands de bois bûche. Basée sur le volontariat, elle repose sur un cahier des charges complet. L'objectif principal de cette marque est de donner aux consommateurs de bois de chauffage une meilleure lisibilité sur les produits achetés au travers de trois informations que le vendeur devra lui fournir : le volume vendu, la catégorie d'essences et l'humidité des bois. De plus, elle devra également permettre aux consommateurs de bois de chauffage d'identifier des professionnels du bois de chauffage respectant les règles légales, tout en étant inscrits dans **une démarche de promotion de la gestion durable des forêts**.

Plus de 60% du potentiel mobilisable calculé pour le bocage (80% de l'accroissement annuel) **serait ainsi déjà exploité pour le bois bûche domestique**. Le potentiel de bois bocager disponible pour la création de nouvelles chaufferies en bois déchiqueté serait donc de 11 GWh.

De même pour la ressource forestière, 14.5 GWh serait déjà consommé en bois bûche domestique (35% de la production de chaleur bois domestique). **Quasiment 90% du potentiel mobilisable en bois forestier est déjà consommé en bois domestique**. Le potentiel en bois forestier mobilisable pour de nouvelles chaufferies serait ainsi de 1.7 GWh.

Au total, si on déduit les 3 GWh/an déjà consommés en chaufferies collectives, **la ressource actuelle en bois bocager et forestier mobilisable et disponible pour l'approvisionnement de nouvelles chaufferies serait de 9.7 GWh**.

En considérant le ratio de Biomasse Normandie qui estime que les chaufferies forte puissance fonctionnent 2500 h à pleine puissance et seulement 1500 h pour les chaufferies de petite puissance, **on déduit que le territoire pourrait alimenter en plus :**

- **15 chaufferies de 200 kW**, soit une chaufferie par pôles principaux, pôles relais et pôles de proximité du territoire.
- **Et une chaufferie de forte puissance de 2.5 MW**

En augmentant le linéaire actuel de haie, on augmenterait ce potentiel.

Potentiel par création de bandes ligno-cellulosiques (BLC)

Les îlots agricoles de plus de 10 ha pourraient être fragmentés en deux par la création de bandes ligno-cellulosiques. Ces bandes sont des linéaires de haies arbustives constituées d'essences productives à croissance rapide (taillis de saules, cépées de noisetiers...), pour la production de bois énergie. Sachant qu'une parcelle de 10 ha correspond théoriquement à un rectangle 400 m x 250 m, cela reviendrait à créer une BLC de 400 m et 4 m de large par îlot. La Chambre d'Agriculture a référencé 575 îlots de plus de 10 ha sur le territoire (PAC 2014). Si on considère mobiliser l'ensemble de ces îlots, cela reviendrait à créer $575 \times 400 \times 4 / 10000 = 92$ ha de bandes ligno-cellulosiques. A raison d'une production de 15 T/ha (donnée Chambre d'Agriculture), et d'un pouvoir calorifique du bois à 3,5 MWh/T,

le potentiel de production de bois énergie à partir de la création de BLC serait de : **4.8 GWh**. Cela permettrait d'alimenter une chaufferie forte puissance de 1.9 MW ou une somme de chaufferies de faible puissance pour un total de 3.3 MW. **C'est un potentiel à créer** qui ne sera pas comptabilisé pour le bilan.

Potentiel de substitution d'énergies fossiles par le bois énergie



Ne pas confondre le potentiel de production de bois énergie du territoire et le potentiel de substitution des énergies fossiles par des installations bois énergie, pouvant être approvisionnée par du bois provenant d'autres territoires, comme c'est le cas avec le réseau de chaleur d'Aunay-sur-Odon. Afin d'optimiser le rendement énergétique de ces installations, on privilégiera un approvisionnement en bois restant à l'échelle régionale.

Le **potentiel de développement du bois énergie** basé sur la substitution des produits pétroliers consommés dans l'habitat et le tertiaire s'élève au maximum à $57 + 11$ GWh = **68 GWh**.

Principe de fonctionnement d'une chaufferie bois :

Un réseau de chaleur bois comprend ;

- un local chaufferie abritant la chaudière bois et généralement une chaudière d'appoint,
- un silo de stockage,
- un réseau de distribution (dans le cas des réseaux techniques et réseaux de chaleur)

La chaufferie

Deux types de chaudières bois peuvent être utilisés, correspondant à deux types de combustibles :



Chaudière de Dozulé



Bois décheté

- Le bois décheté (ou plaquettes) : Le bois décheté est produit à partir de branches ou d'arbres de toutes essences passés dans un broyeur forestier adapté. Il est un sous-produit de l'exploitation forestière ou bocagère et ne saurait en être le produit principal, pour des raisons économiques et environnementales. Le bois décheté peut également être issu des déchets des scieries.

- Les granulés de bois (ou pellets) : Les granulés de bois sont produits à partir de sciures compressées et déshydratées. Aucun liant n'est utilisé pour le maintien en forme cylindrique : c'est la lignine, composant naturel du bois qui, en chauffant, agglomère la sciure.



Granulés ou pellets

Les chaudières bois sont généralement automatiques : l'amenée de combustible depuis la réserve jusqu'au foyer de la chaudière est réalisé mécaniquement. Ce système permet une plus grande souplesse d'utilisation (autonomie, régulation) et une maîtrise de la combustion en contrôlant en permanence le couple combustible / air comburant (= air entrant).

Si la chaudière bois peut couvrir l'ensemble des besoins de chaleur, on parle de chaufferie « mono-énergie ».

Si la chaudière bois est complétée d'une chaudière d'appoint fonctionnant avec une énergie fossile (fioul ou gaz), on parle alors de chaufferie « bi-énergie ».

	BOIS DÉCHIQUETÉ	GRANULE DE BOIS
ASPECTS TECHNIQUES	Moins d'autonomie à volume de stockage égal	Densité énergétique du combustible plus élevée
ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX	Obligation d'avoir le silo à proximité de la chaudière	Implantation plus souple de la chaufferie
ASPECTS ÉCONOMIQUES	Investissement important, et coût de fonctionnement très faible	Investissement moins élevé, mais coût de fonctionnement plus important

Le silo de stockage

Le silo de stockage constitue la réserve de combustible. Il peut être de différents types selon le combustible et la configuration du site ou du bâtiment dans lequel il est implanté.

Un silo à granulés de bois peut être soit textile avec un système d'amenée du combustible dans la chaudière par aspiration, soit maçonné avec un système d'amenée par vis sans fin.



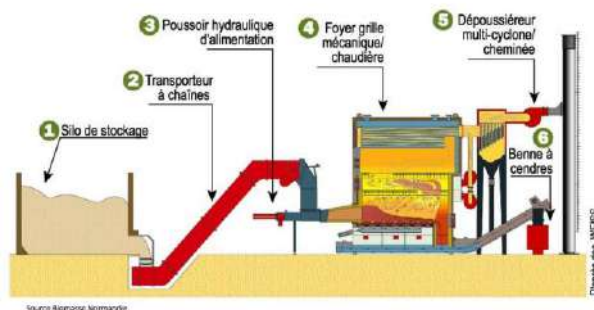
Silo enterré, chaufferie bois de Dozulé



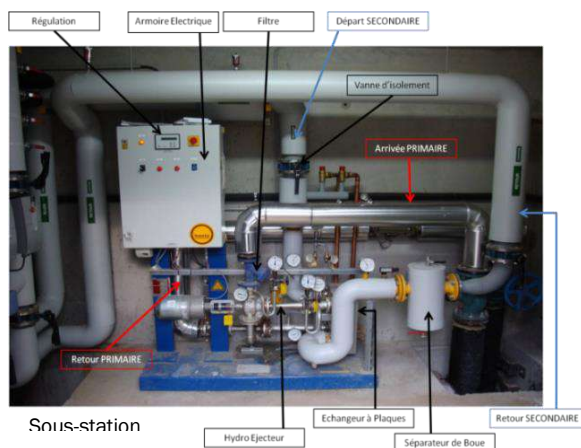
Silo textile (source : CG25)

Un silo à bois déchiqueté est maçonné avec un système d'amenée soit par vis sans fin (petites puissances) soit par fond racleur (moyenne et forte puissance). Le silo peut être enterré ou non.

Chaudière automatique au bois déchiqueté



Le réseau de distribution (lorsque la chaudière alimente plusieurs bâtiments)

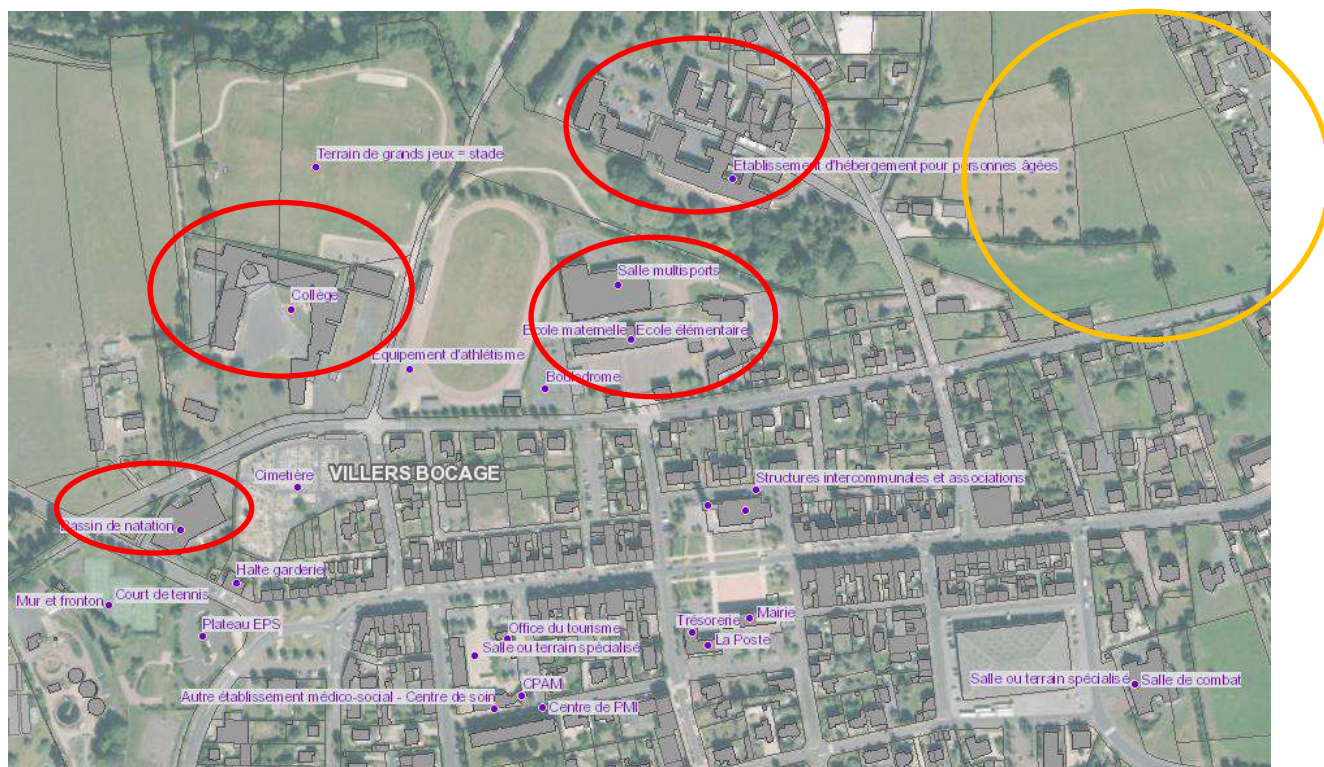


Canalisations de réseau de chaleur

Il se compose d'un double réseau de canalisations (aller et retour), enterrées à environ 80 cm de profondeur. L'utilisation de tubes pré-isolés permet de minimiser les déperditions (environ 1°C par kilomètre). La chaleur est délivrée par le réseau par l'intermédiaire de sous-stations situées au pied des bâtiments.

Identification de réseaux de chaleur bois énergie potentiels :

Villers-Bocage : 550ml de réseau pourraient alimenter **6 infrastructures très consommatrices** d'énergie. Ce réseau de chaleur pourrait être étendu vers le **projet de ZAC** (accueil de commerces et près de 400 logements, à l'étude)



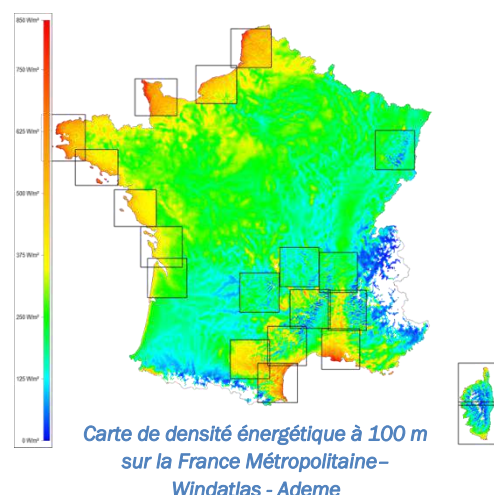
Identification de chaufferies dédiées bois énergie potentielles :

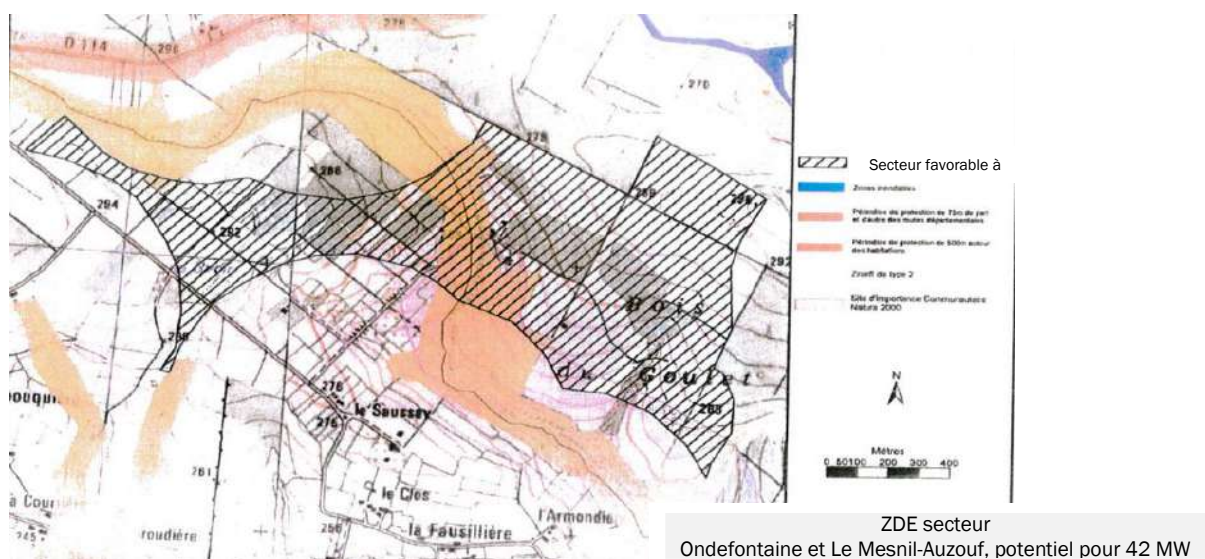
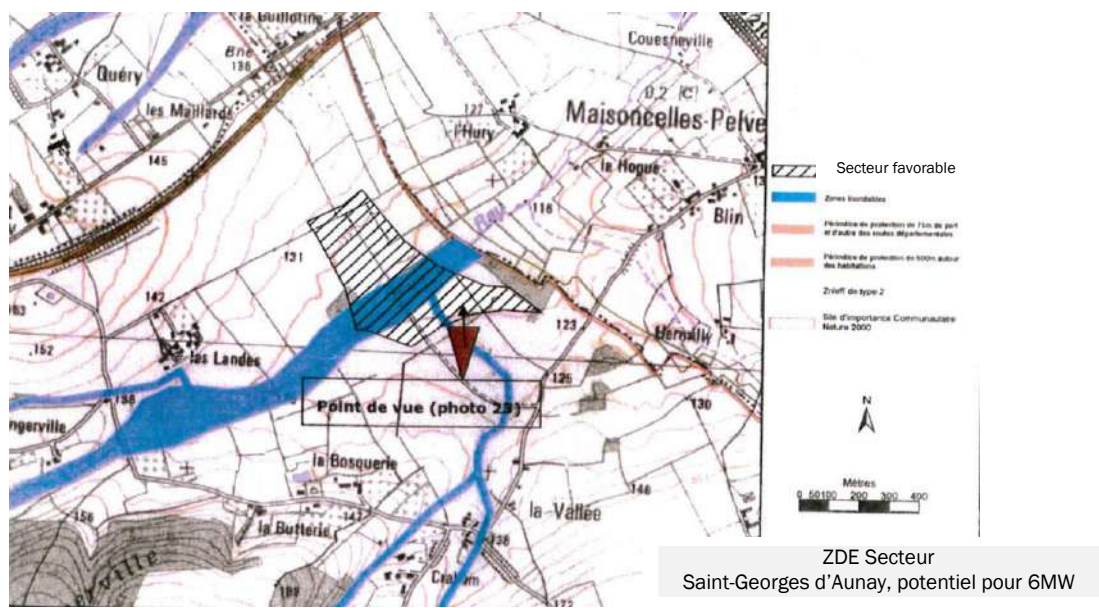
- Maison d'Enfance Pierre Rayer à Anctoville.

2. Potentiel éolien

Grand éolien

Pré-Bocage Intercom et plus globalement tout le Calvados est dans un secteur très venté propice à l'énergie éolienne. Le gisement de vent est relativement uniforme sur l'ensemble du territoire, ce n'est donc pas un paramètre déterminant pour l'identification de secteurs favorables dans une première approche. D'autres études sont nécessaires pour identifier les lieux propices. Ainsi, une Zone de Développement Eolien a été arrêtée en 2008 suite à une étude sur l'ancien périmètre d'Aunay-Caumont Intercom (zone Ouest de Pré-Bocage Intercom). Elle identifie 2 secteurs, un sur Saint-Georges-d'Aunay et un autre à cheval sur Ondefontaine et Le Mesnil-Auzouf, pour une puissance potentielle maximale de 48 MW.





Sur la partie Est de Pré-Bocage Intercom, aucune ZDE n'a été arrêtée.

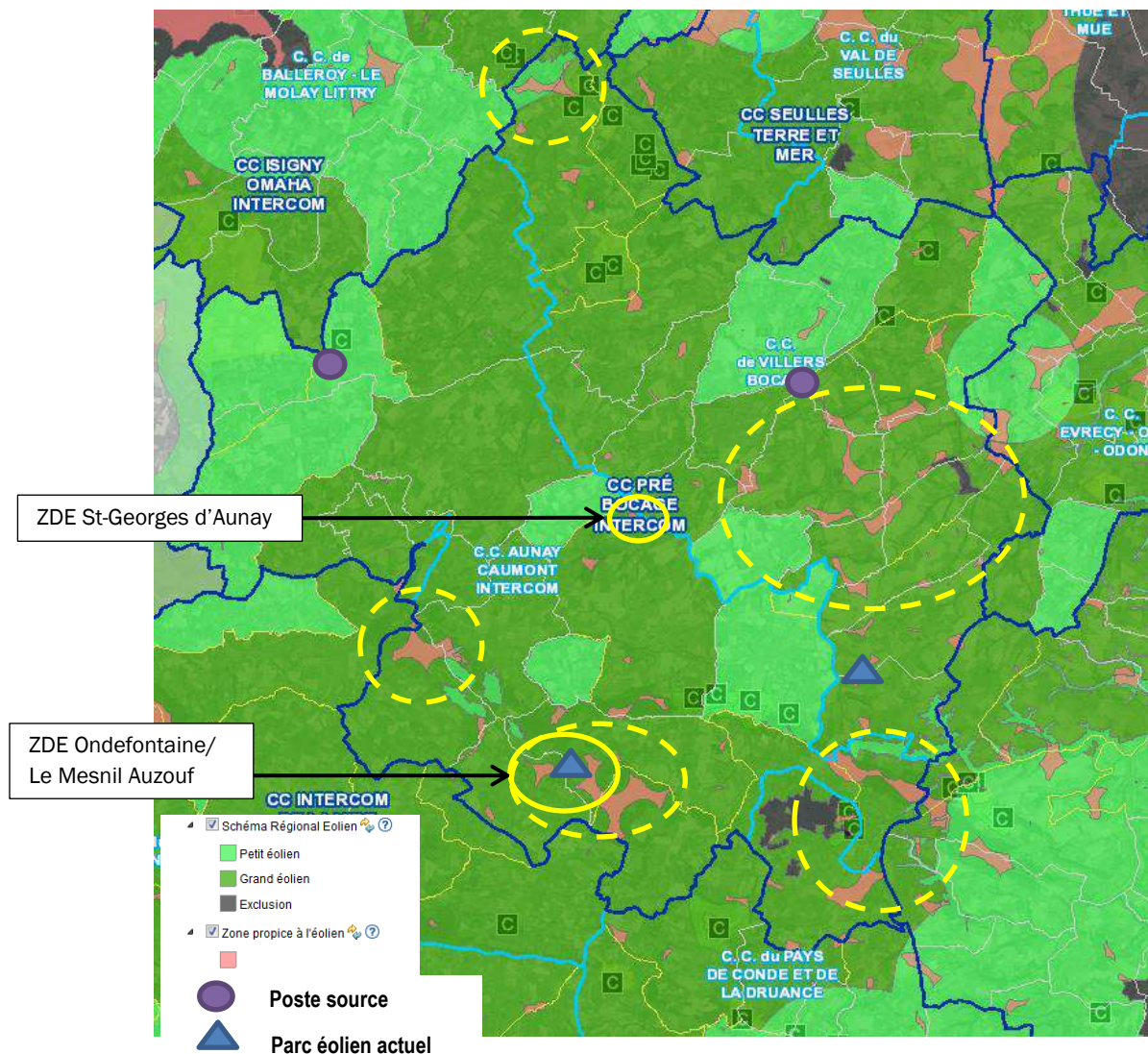
Une première approche de l'opportunité de nouveaux parcs éoliens peut être conduite en croisant :

- Les contraintes réglementaires recensées dans le Schéma régional éolien (SRE)¹ de Basse-Normandie (2012). Attention : le Schéma régional éolien n'est actuellement plus en application. Cependant, les contraintes réglementaires qu'il recense sont toujours valables.
- Les secteurs distants de plus de 500 m par rapport aux bâtiments. Attention, c'est la distance des éoliennes par rapport aux habitations (minimum 500m) qui est réglementaire. Cependant, faute de données cartographiques sur les habitations, on a considéré ici la distance par rapport aux bâtiments. Le potentiel réel peut donc être plus important.

¹ Contraintes réglementaires et sensibilités environnementales, patrimoniales, architecturales, culturelles et paysagères

- La localisation des postes sources. La proximité du poste source est un facteur économique favorable pour une installation. 2 postes sources se situent sur le territoire, à Caumont l'Eventé et Villers-Bocage.

Les résultats sont donnés dans la carte ci-dessous. Celle-ci montre un certain nombre de secteurs pouvant être propices au grand éolien.



Cartographie du SRE et des secteurs à 500 m de toute habitation. Réalisation SDEC ENERGIE.

Sur le secteur Ouest, on retrouve les données de la ZDE (cercles jaune continu), ainsi que d'autres secteurs qui pourraient présenter un potentiel supplémentaire (cercles jaunes en pointillés) :

- Sur le Bois de Brimbois à Brémoy
- Les Monts d'Aunay (3 secteurs, sur le bois de la Ferrière à Ondefontaine, en extension à la ZDE, au Plessis-Grimoult et sur la forêt domaniale de Valcongrain).
- Saint-Georges d'Aunay (Bois de Buron et Bois d'Angerville)

On voit que la plupart de ces secteurs « potentiels » sont situés sur des boisements et forêts. Ils n'avaient pas été retenus lors de la création de la ZDE.

EOLIENNES INTERDITES EN FORET DE LANOUEE

Le tribunal administratif de Rennes a annulé les permis de construire de 16 éoliennes en forêt de Lanouée (Morbihan), deuxième massif forestier breton, invoquant la richesse écologique du milieu et les dimensions « hors d'échelle » du projet.

La justice a tranché, a-t-on appris le 11 juillet 2017: sous réserve d'un éventuel appel, il n'y aura pas de parc éolien en forêt de Lanouée (Morbihan). Le projet, porté par la société Les Moulins de Lohan, filiale du groupe canadien Boralex, visait à construire 16 éoliennes d'une emprise au sol de 16 ha pour un périmètre total de 331 hectares et une puissance installée de 50 MW.

Le juge administratif a annulé les permis de construire délivrés en février 2014 par le préfet du Morbihan, suivant l'avis du rapporteur public et du juge des référés. Il a également annulé l'autorisation d'exploiter, de défricher, et de déroger à l'interdiction faite par le Code de l'Environnement de détruire des espèces protégées. Reporterre précise que l'installation des 16 ou 17 éoliennes impliquerait le défrichement de plus de 11 hectares. Deux secteurs sont classés ZNIEFF dans cette forêt. Les associations Bretagne Vivante et le Groupe mammalogique breton (GMB) ont fait front commun lors de l'enquête publique afin de dénoncer l'atteinte que ce déboisement représenterait à l'encontre de plusieurs espèces protégées, notamment des chauves-souris. Outre les chiroptères, la destruction de cet habitat pourrait nuire à des populations d'oiseaux et d'amphibiens.

Les forêts et boisements ne sont pas systématiquement à exclure des zones propices à l'éolien. Toutefois, ces sont des espaces qui assurent des fonctions importantes pour la gestion de l'eau, le maintien d'un micro-climat tempéré et participe au fonctionnement paysager du territoire. Au-delà de ces fonctions, qu'un parc éolien ne viendrait que peu perturber (notamment le temps de la construction, du fait du défrichement et le temps de la repousse), ce sont surtout ses fonctions biologiques et de biotope d'accueil de biodiversité que les parcs éoliens peuvent dégrader. La faisabilité de l'installation d'un parc éolien en forêt dépendra de son « indice biologique » et de son degré de protection.

Le guide méthodologique « le développement de l'éolien en forêt » de la DREAL Bretagne donne des clés d'analyse pour définir de l'opportunité d'installer des éoliennes en forêt.

	Interdit réglementaire Exclusion	Degré des enjeux		
		Très forte tendance à l'exclusion	Vigilance Accrue	Sensibilité à expertiser
Caractéristiques de la forêt				
Boisements classés (EBC)		■		
Boisements protégés				■
Milieux naturels et biodiversité				
Arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB)		■		
Sites Natura 2000 (ZPS, ZSC)		■		
Réserves naturelles nationales		■		
Réserves naturelles régionales		■		
Réserves biologiques intégrales ou dirigées		■		
Espaces naturels sensibles des Départements ou propriétés du Conservatoire du littoral		■		
ZNIEFF de type 1			■	
ZNIEFF de type 2			■	
Zones humides		■		
Autres protections spécifiques pouvant influencer la faisabilité du projet				
Forêts sensibles aux incendies		■		
Périmètres de protection de captage immédiat	■			
Périmètres de protection de captage rapproché				
Périmètres de protection de captage éloigné et autres périmètres (sensibles, ...)			■	

Des éoliennes en forêt ?

Source : DREAL Bretagne : GUIDE METHODOLOGIQUE « LE DEVELOPPEMENT DE L'ÉOLIEN EN FORÊT », http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/14_10_27- Eolien_en_foret_Valide_cle72471c.pdf

Les impacts de l'éolien en forêt sont donc particulièrement sensibles, notamment sur les oiseaux et les chauves-souris.

Les oiseaux

Selon les espèces, les effets sur les oiseaux sont de deux types :

- la mortalité directe par collision avec les pales d'éoliennes ;
- les perturbations (détériorations naturelles ou anthropiques, temporaires ou durables, d'un milieu naturel) et dérangements (pour le nourrissage, la reproduction, le repos, la migration...), qui se traduisent par un «**effet barrière**», un éloignement voire parfois, dans les situations critiques, une perte d'habitats.

Les espèces d'oiseaux sensibles aux éoliennes se répartissent globalement en deux catégories (sans occulter l'existence de cas particuliers) :

- les espèces peu sensibles au dérangement, qui exploitent facilement le secteur des éoliennes et sont donc davantage concernées par le risque de collision. Il s'agit des rapaces, des laridés (famille des mouettes et goélands), etc. ;
- les espèces plus farouches qui gardent leurs distances vis-à-vis d'un parc éolien et réduisent ainsi le risque de collision mais augmentent celui de la perte d'habitat. C'est le cas des oies, pigeons, échassiers, oiseaux d'eau, etc.

Les migrateurs qui survolent la canopée à faible hauteur tels que les passereaux sont particulièrement sensibles au risque de collision.







Les chauves-souris (chiroptères)

Les forêts sont les lieux de vie de certaines espèces de chauves-souris dont une part figure à l'annexe II de la Directive « habitats » : leur conservation doit être assurée sur l'ensemble du territoire national. De plus, les lisières forestières constituent des lieux de chasse pour bon nombre d'espèces. Les raisons pour lesquelles les chauves-souris heurtent les éoliennes ne sont pas encore clairement établies. Il semblerait que la mortalité soit due, selon les cas, à des collisions directes avec les pales ou à des barotraumatismes, c'est-à-dire des lésions internes provoquées par des variations brutales de pression.

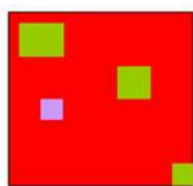
Le guide oriente les choix d'étude de développement éolien fonction de la sensibilité des boisements :

Des cas de figure possibles (représentation simplifiée) :

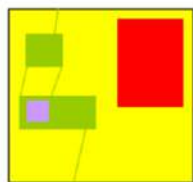
Légende :

-  Boisements examinés pour la faisabilité d'un projet éolien (peuplements à faible indice de biodiversité potentielle)
-  Autres boisements (peuplements à plus fort indice de biodiversité potentielle)
-  Autres milieux à forte naturalité : landes, prairies naturelles, fourrés, etc.
-  Matrice agricole à dominante de cultures et prairies temporaires
-  Cours d'eau
-  Haie/talus

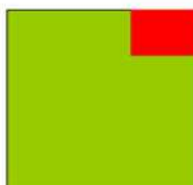
Cas d'étude potentielle



Boisement dominant
Dans ce massif forestier de grande taille (plusieurs centaines voire milliers d'hectares), le boisement examiné est majoritaire, associé à des peuplements forestiers à plus fort indice de biodiversité. Il est a priori possible de concevoir un projet éolien en minimisant ses impacts et en mettant en place des mesures compensatoires favorables à une certaine biodiversité, portant notamment sur la gestion globale du massif (en plus d'opérations plus ponctuelles telles que création nouveaux boisements ou restauration de milieux ouverts).
→ Cas de figure pour lequel il est possible de poursuivre la réflexion d'un projet éolien (en dehors des peuplements à fort indice de biodiversité potentielle)

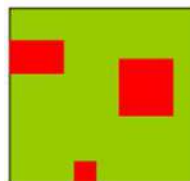


Boisement dissocier
Dans ce contexte de milieux agricoles, d'autres milieux proches (bosquets, landes...) revêtent un plus grand intérêt pour la biodiversité et constituent une continuité écologique locale.
→ Cas de figure pour lequel il est possible de poursuivre la réflexion d'un projet éolien dans le boisement

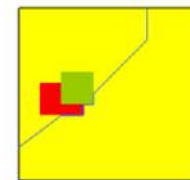


Boisement en lisière
Dans ce massif forestier de grande taille (plusieurs centaines voire milliers d'hectares), le boisement examiné est minoritaire par rapport à des peuplements forestiers à plus fort indice de biodiversité. Les impacts d'un projet éolien affecteraient la biodiversité spécifique de l'intégralité du massif, influencée notamment par sa grande taille.
Dans certaines conditions reposant notamment sur la mise en place de mesures portant sur la gestion durable de l'intégralité du massif (en plus d'opérations plus ponctuelles telles que création de nouveaux boisements ou restauration de milieux ouverts), il est toutefois possible dans ce cas de figure de poursuivre la réflexion d'un projet éolien.

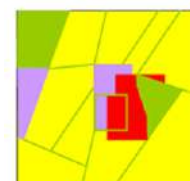
Cas à exclure



Boisement intégré
Dans ce massif forestier de grande taille (plusieurs centaines voire milliers d'hectares), le boisement examiné pour la faisabilité d'un projet éolien correspond à un type de peuplement minoritaire et intriqué avec des peuplements forestiers à fort indice de biodiversité potentielle. Les impacts d'un projet éolien affecteraient la biodiversité spécifique de l'intégralité du massif, influencée notamment par sa grande taille.
→ éolien non souhaitable



Boisement associé
Dans ce contexte de matrice agricole artificialisée, le boisement est associé à un bosquet de feuillus (le tout pouvant s'étendre sur quelques centaines d'hectares) et un cours d'eau pour former une continuité écologique. Il joue un rôle de refuge pour la biodiversité.
→ éolien non souhaitable



Boisement associé
Dans ce contexte de milieux agricoles bocagers, le boisement est en mosaïque avec des milieux naturels (bosquets, landes...). A l'échelle du paysage, la richesse écologique est forte. Les impacts d'un projet éolien dans le boisement affecteraient cette richesse.
→ éolien non souhaitable

Zones identifiées	impact environnemental et paysager
Bois de Brimbois à Brémoy	très fort proximité immédiate de ZNIEFF de type I (Landes et Tourbières de Jurques)
bois de la Ferrière à Ondefontaine, (existence d'un parc éolien déjà autorisé sur les zones les moins sensibles)	fort proximité de ZNIEFF de type 1 (bois et prairies tourbeuses d'Ondefontaine). Boisement sensible.
forêt domaniale de Valcongrain	fort boisement sensible ouvert au public (ramassage des champignons), sous gestion ONF
Bois de Buron et Bois d'Angerville, à Saint-Georges d'Aunay	fort boisements sensibles. Présence du chêne Leroy, arbre remarquable
Plessis-Grimoult	faible

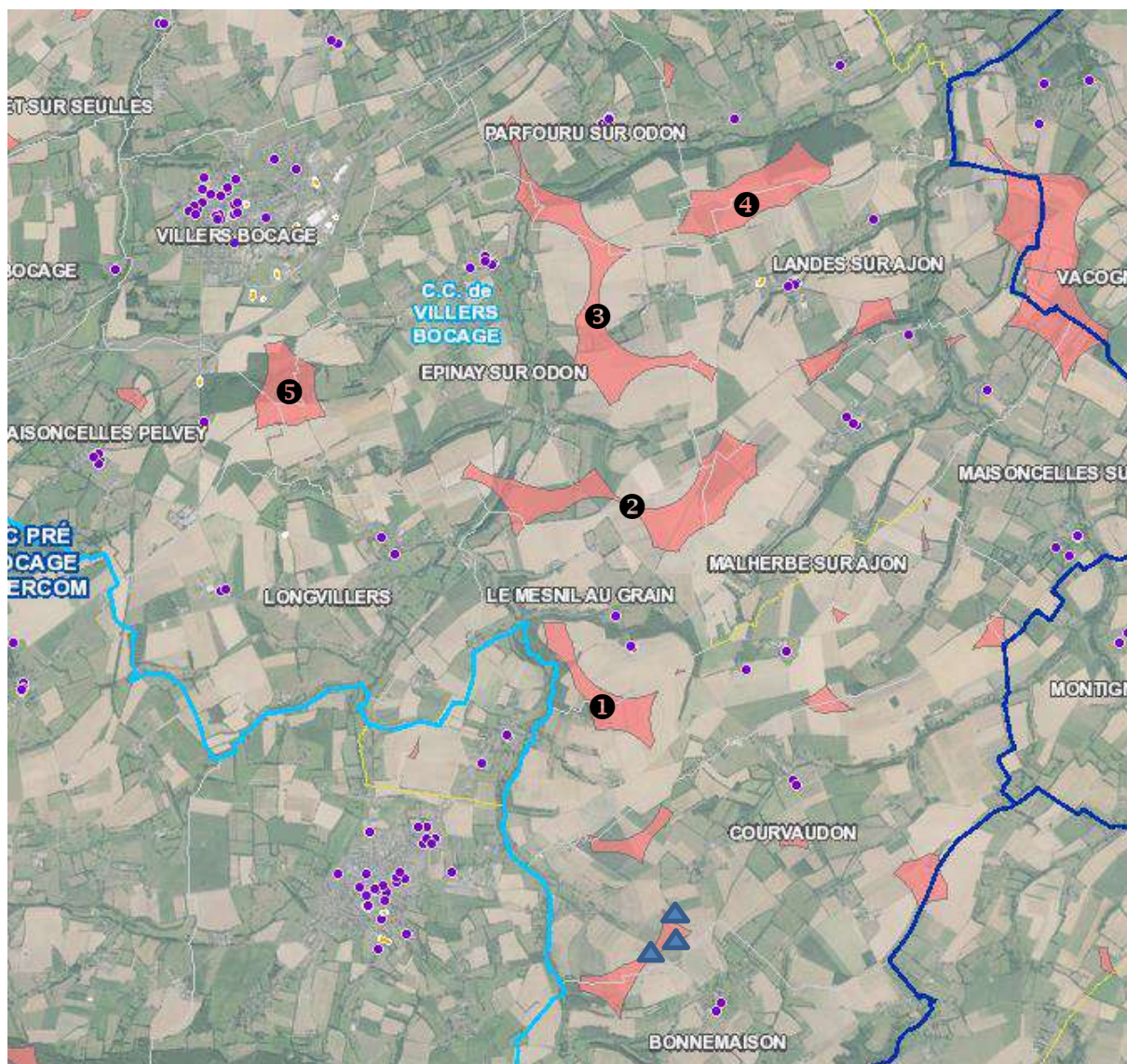
Le potentiel éolien défini par la ZDE semble surestimé. Il envisage 6 MW (3 éoliennes de 2MW) sur St-Georges d'Aunay et 42 MW sur Ondefontaine/Le Mesnil-Auzouf. 4 éoliennes de 2.5 MW sont déjà installées sur ce secteur. La réalisation du potentiel total de cette ZDE aboutirait à la construction de 13 autres éoliennes de même taille. Cela semble excessif au regard des contraintes environnementales.

Afin d'éviter le mitage, et au regard des fortes contraintes environnementales, le secteur de Saint-Georges d'Aunay ne sera pas retenu dans le calcul du potentiel éolien du territoire. Pour le chiffrage du potentiel éolien sur le secteur Ouest, on ne retiendra finalement qu'une partie du secteur d'Ondefontaine/le Mesnil Auzouf en extension au parc actuel et le secteur du Plessis-Grimoult.

Sur le secteur Est, plusieurs secteurs ressortent (cf carte suivante), en plus du parc déjà construit sur Courvaudon (▲) :

- ❶ Le Mesnil-au-Grain/Malherbes-sur-Ajonc
- ❷ Epinay-sur-Odon/ Le Mesnil-au-Grain/Malherbes-sur-Ajonc
- ❸ Epinay-sur-Odon/Parfouru-sur-Odon
- ❹ Landes-sur-Ajonc/ Val d'Arry
- ❺ Sud de Villes-Bocage, entre Maisoncelles –Pelvey et Epinay –sur-Odon
- ❻ Zone au nord d'Aurseulles, sur le Bois du Quesnay, en partie définie préférable au petit éolien par le SRE.

Le secteur d'Anctoville, sur le bois du Quesnay, est de petite taille et éloigné à plus de 10 km à vol d'oiseau de tout poste source, même ceux des territoires voisins. Il sera économiquement moins mobilisable. Par ailleurs, il est situé en ZNIEFF de type 2, pour laquelle il convient de préserver les grands équilibres écologiques qui pourraient être dégradés par l'intégration de grand éolien (cf zonage ZNIEFF en partie « environnement »). C'est un secteur à fort enjeu qu'il convient de ne pas intégrer au calcul du potentiel.



Zones situées à plus de 500 m de toute habitation et de tout bâtiment. Réalisation SDEC ENERGIE.

Estimation du potentiel éolien de ces zones :

Afin d'éviter la provocation de turbulences, il est indispensable d'espacer les éoliennes d'une distance de :

- 4 à 6 fois le diamètre du rotor entre deux éoliennes d'une même rangée
- 6 à 9 fois le diamètre du rotor entre deux éoliennes de rangées successives

Source : les éoliennes, aspects techniques et environnementaux, Christel TERMOL, Conseiller en environnement.

En comptant des éoliennes de 2 MW, avec un rotor de 80m de diamètre, il faut donc environ 400m entre chaque éolienne et 600 m entre deux rangées. Cela nous donne le nombre d'éoliennes potentiel suivant :

Zone propice identifiée	Nombre d'éoliennes potentiel de 2 MW
1 - Le Mesnil-au-Grain/Malherbes-sur-Ajonc	3
2 - Epinay-sur-Odon/ Le Mesnil-au-Grain	8
3 - Epinay-sur-Odon/Parfouru-sur-Odon	9
4 - Landes-sur-Ajonc/ Val d'Arry	5
5 - Sud de Villers-Bocage	3
7 - Le Plessis-Grimoult	6

Il est important d'éviter l'essaimage et la co-visibilité des parcs, c'est pourquoi les zones 1 et 5, de petite taille, peuvent d'ores et déjà être écartées. On peut raisonnablement estimer qu'un seul parc pourra être construit parmi les secteurs 2, 3 et 4. Une étude approfondie serait nécessaire pour en déterminer le meilleur choix, tout en tenant compte de la zone propice à cheval sur la communauté de commune voisine, à Vacognes-Neuilly, et la présence du parc de Courvaudon.

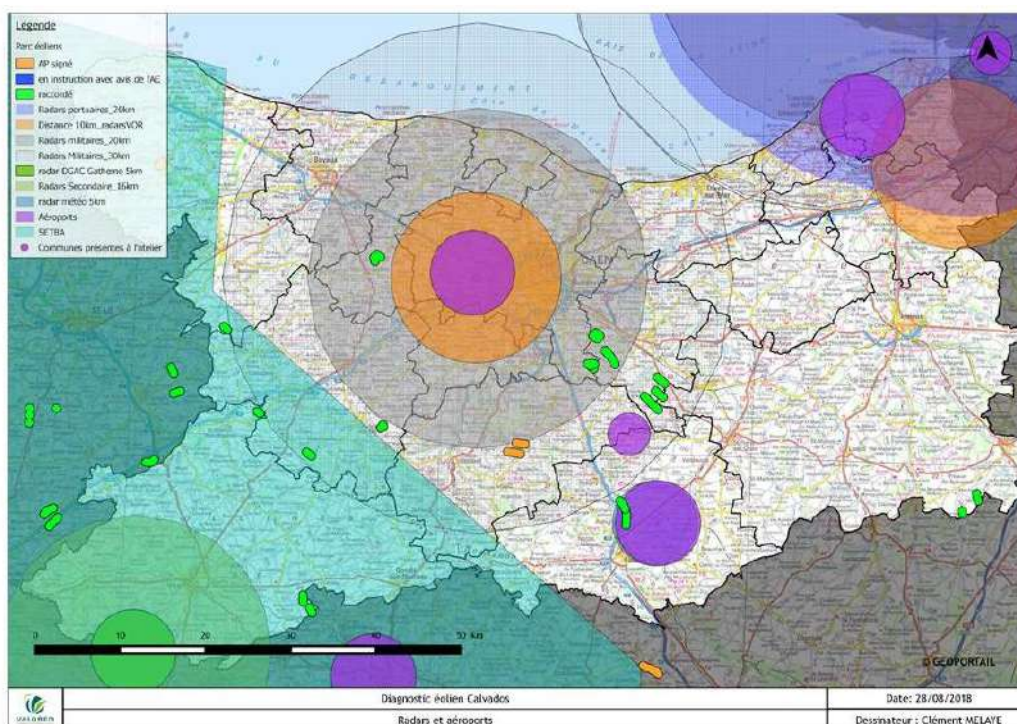
Au final, le **potentiel d'éoliennes supplémentaires pour le secteur Est** serait au maximum de 9 éoliennes (secteur 3), pour un total de 18 MW, qui pourraient produire l'équivalent de 42 GWh. Un approfondissement grâce à une étude de faisabilité serait indispensable pour préciser ce potentiel. Ajouté au parc de Courvaudon actuel, **le potentiel éolien total du secteur Est se chiffre à 25.5 MW, pour une production de 60 GWh/an.**

Pour le **secteur Ouest**, on retiendra un **potentiel éolien total de 42 MW, qui pourraient produire l'équivalent de 98 GWh.** Ce potentiel mobilisable correspond au potentiel du secteur d'Ondefontaine/Le Mesnil Auzouf défini par la ZDE, mais en y incluant le potentiel de la zone du Plessis-Grimoult. Le potentiel mobilisable du secteur Ouest se partagerait donc en :

- 30 MW sur Ondefontaine/ le Mesnil Auzouf (12 éoliennes de 2.5MW, soit un potentiel de 8 éoliennes supplémentaires),
- 12 MW sur Le Plessis-Grimoult (6 éoliennes de 2MW).

Au total, le potentiel grand éolien mobilisable sur Pré-Bocage Intercom pourrait s'élever à **67.5 MW**, soit une production électrique potentielle de **158 GWh.**

NB : le projet de radar de Carpiquet est toujours pris en compte dans les instructions. Une servitude de 20 km de rayon délimite la zone d'exclusion (cercle grisé sur la carte ci-dessous) ; l'aire entre 20 et 30 km délimite une zone de coordination. Cette servitude réduit considérablement le potentiel éolien de Pré-Bocage Intercom, en privant toute la zone Est de projets éoliens pour le moment.



La contrainte militaire pèse ainsi fortement sur l'implantation des projets éoliens, et d'autant plus que les zones tampon autour des radars militaires pourraient passer de 30 km (norme actuelle) à 70km (source : *Le Monde*, 14/10/2017) ; cela viendrait mettre fin à tout nouveau projet de grand éolien sur le territoire.

Le territoire est également soumis aux SETBA, secteurs d'entraînement très basse altitude (*carte en annexe et zone en bleu sur la carte ci-dessous*). **La concertation de l'armée est ainsi une priorité dans toute étude de nouveau projet.**

Petit éolien

Le petit éolien est limité à 36kW (en Europe) soit une surface de pâles inférieure à 200m². L'éolien domestique est souvent limité à 5kW et les mâts ne dépassent généralement pas les 30m. Au regard de la réglementation, seules les éoliennes de plus de 12m nécessitent un permis de construire. En dessous de cette hauteur, il n'y a pas de formalité administrative, sauf dans le cas des zones protégées où le dépôt d'une déclaration de travaux est obligatoire. A noter que si le mât dépasse 50m, il faut réaliser une étude d'impact (notamment pour la protection des oiseaux).

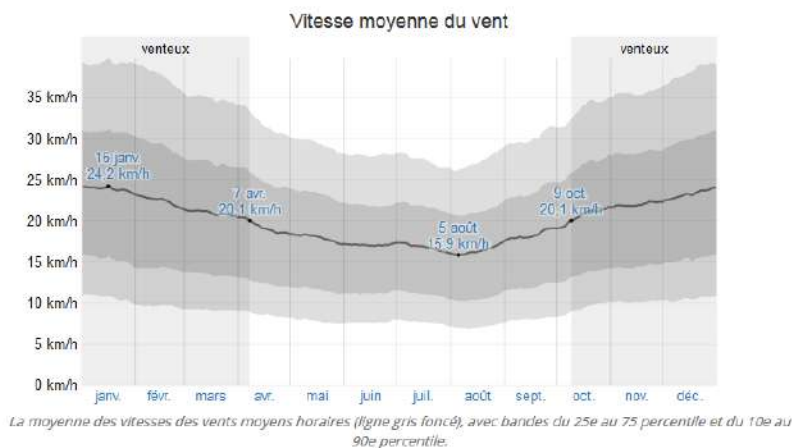
Le SRE donne une place importante au petit éolien (cf zone en vert clair sur la carte précédente).

Le petit éolien sur mât génère des nuisances par rapport au voisinage (nuisance visuelle et sonore). Le modèle choisi pour cette étude de potentiel en petit éolien est celui des éoliennes de bateau (pico-éolien), dont on trouve des puissances jusque 400 W.

A noter toutefois² :

- Pour bien fonctionner, une éolienne a besoin de vent laminaire et non de vent tourbillonnaire, comme il se rencontre le plus souvent en zone urbaine
- Prévoir des technologies qui absorbent les vibrations, au risque de dégradation des logements (fissuration) dans le cas d'éoliennes murales.

Ces pico éoliennes sont annoncées pour fonctionner à partir de vents de 10 km/h. dans la région caennaise, c'est le cas quasiment toute l'année. On supposera un temps de fonctionnement annuel à pleine puissance de 4400 h (50% de l'année).



Vitesse moyenne horaire du vent à l'aéroport Caen-Carpiquez.

Source : <https://fr.weatherspark.com/y/147863/M%C3%A9t%C3%A9o-habituelle-%C3%A0-A%C3%A9roport-de-Caen-Carpiquez-France>

Si la moitié des maisons individuelles étaient équipées (c'est-à-dire 4850 maisons), on obtiendrait un potentiel théorique de : $4850 * 400W * 4400h = 8.5 \text{ GWh/an}$

Equiper la moitié des maisons individuelles en **pico-éolien** donnerait un potentiel théorique de **8.5 GWh**.

Du fait des incertitudes liées à la performance, à la rentabilité économique et la fiabilité de ce type de matériel, ce calcul ne sera pas intégré au bilan.

² Source : https://conseils-thermiques.org/contenu/eolienne_domestique.php

3. Potentiel de méthanisation

Ressources des activités économiques

Calcul à partir d'une étude du CEREMA

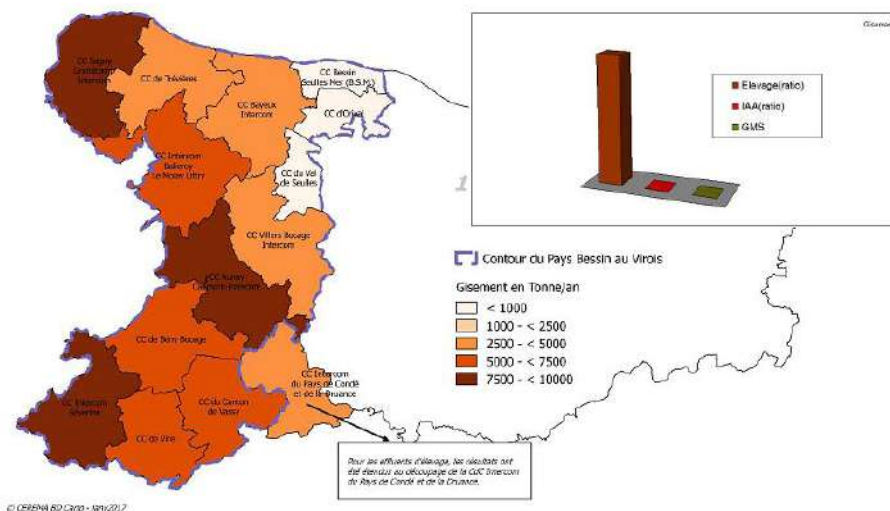
Le potentiel énergétique pouvant être exploité par méthanisation sur l'ex territoire du Pays du Bessin au Virois a été étudié par le CEREMA, dans le cadre d'une étude commandée par la DDTM du Calvados, et réalisée en 2016. Les analyses ont été réalisées à l'échelle des 13 EPCI constituant le territoire du Pays (périmètres 2015). Cette étude nous permet ainsi de connaître une estimation du potentiel énergétique méthanogène de la communauté de communes de Pré-Bocage Intercom, en additionnant les résultats pour les ex communautés de communes de Villers-Bocage Intercom et Aunay-Caumont Intercom.

En matière de ressources mobilisables, trois groupes de substrats ont étudiés :

- Les ressources issues de l'activité agricole : prise en compte uniquement des effluents d'élevages (bovin, caprin, ovin, volaille et équins) ; Les résidus de cultures (pas facilement mobilisables d'après la chambre d'agriculture), ainsi que les cultures intermédiaires piège à nitrate -CIPAN- (pour lesquels il n'y a pas d'information), ne sont pas pris en compte.
- Les déchets issus des industries agro-alimentaires et des grandes et moyennes surfaces (données CCI)
- Les déchets des collectivités (boues de station d'épuration > 5000 EH et biodéchets des ordures ménagères).

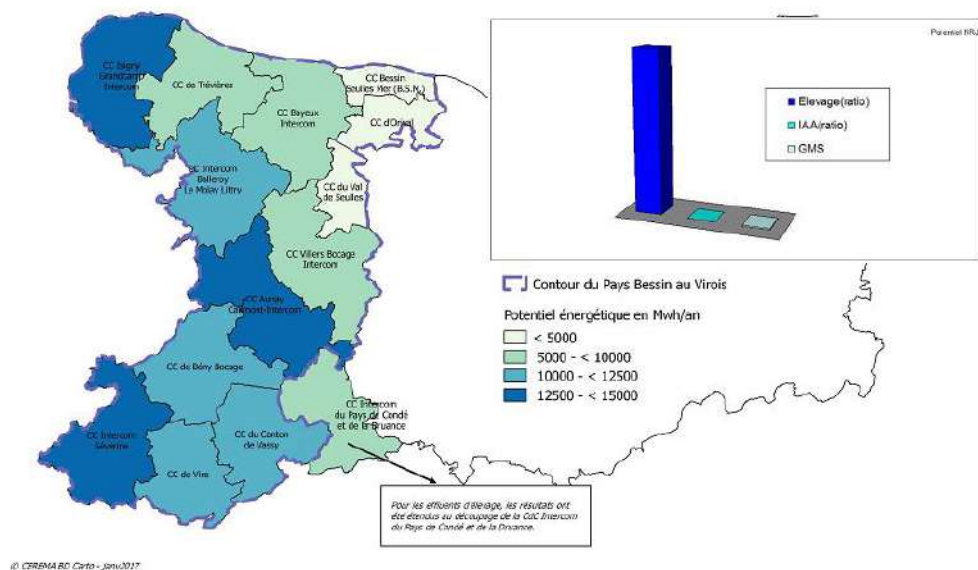
Les boues de station d'épuration étant traitées par épandage et les ordures ménagères valorisées par les syndicats de traitement, ces substrats ne seront finalement pas comptabilisés dans cette étude. En se concentrant sur les déchets agricoles et des entreprises, le **potentiel mobilisable** identifié par le CEREMA sur le Pays du Bessin au Virois, **à savoir 50% du potentiel total**, est de 71 000 T de matière sèche par an, pour un potentiel d'énergie renouvelable d'un peu plus de 121 GWh. 99% de ce potentiel est issu de la valorisation des déchets d'effluents d'élevage.

Département du Calvados - Pays du Bessin-au-Virois
Gisement des Matières Organiques, en Tonne issu des Effluents d'élevage, des IAA et des GMS, par EPCI



La zone Ouest de Pré-Bocage Intercom a un gisement particulièrement important en effluents d'élevage. Sur l'ensemble du territoire de Pré-Bocage Intercom, le gisement mobilisable est évalué entre 10 000 et 15 000 T de matière sèche par an de déchets fermentescibles.

**Département du Calvados - Pays du Bessin-au-Virois
Potentiel Énergétique en Mwh pour les Elevage -IAA -GMS, par EPCI**



Valorisé par méthanisation, **ce gisement mobilisable** (50% des déjections animales) conduit à un potentiel de production d'énergie renouvelable sur Pré-Bocage Intercom compris entre **17,5 et 25 GWh/an**.

Dans le cadre d'une valorisation par cogénération, le rendement énergétique est de 35% pour la production électrique, et 45% pour la production de chaleur. La puissance électrique installée potentielle peut ainsi être estimée entre 750 kW et 1,1 MW. Cela représente environ 3 installations à la ferme de moyenne puissance (environ 250 kW), ou une installation collective de grosse puissance, en plus de la micro-méthanisation observée à Tracy-Bocage.

Un projet de méthanisation territoriale d'envergure, sur la zone d'activité de Val d'Arry (Tournay-sur-Odon/Noyers-Bocage) est actuellement en réflexion pour de l'injection de biométhane dans le réseau de transport gaz naturel.

Calcul à partir des données de la Chambre d'Agriculture (ressources agricoles)

Hypothèses :

	lisier	fumier
<i>Production annuelle par animaux</i>	20m3/vache laitière/an	15m3/génisse laitière /an 15m3/vache allaitante/an
<i>Temps d'hébergement en stabulation</i>	80%	40% pour les génisses laitières 66% pour les vaches allaitantes
<i>Nombre d'animaux</i>	13 000 vaches laitières	10 000 génisses laitières 8300 vaches allaitantes
Production totale sur le territoire	208 000 m3	143 000 m3

Menue paille : on compte 1T de menue paille /ha de culture de céréale à paille, soit **11 111 T/an**

Production de biométhane (bioCH4) :

- 15 m3 bioCH4/m3 lisier
- 50 m3 bioCH4/m3 fumier
- 250 m3 bioCH4 / T menue paille
- Pouvoir énergétique du biométhane : 9.94 kWh/m3

On en déduit les données suivantes :

	lisier	fumier	menues pailles	total	Total mobilisable (estimation à 50%)
potentiel énergie primaire en MWh/an	31 013	71 071	27 611	129 695	64 850
hypothèse cogénération 35 % Rdt élect (en MWh/an)	10 854	24 875	9 664	45 393	22 700
Puissance élect cogé (en KW élect)	1 357	3 109	1 208	5 674	2 837
hypothèse injection Rdt 85% Nm3h (en NM3 CH4/an)	2 652 000	6 077 500	2 361 088	11 090 588	5 545 294 (693 NM3/h)
hypothèse injection Rdt 85% Nm3h (en MWh/an)	26 361	60 410	23 469	110 240	55 120

En comptant des lisiers à 6% de matière sèche et des fumiers à 25% de matière sèche, le gisement total estimé par la Chambre d'Agriculture est de 12 480 TMS de lisier et 35 750 TMS de fumier. **Si on considère que seul 50% des déjections animales et menues paille est mobilisable**, cela donne un potentiel de 6 240 TMS de lisier et 17 875 TMS de fumier, soit 24 115 TMS, quand l'étude du CEREMA estime un gisement mobilisable (50%) d'au maximum 15 000 TMS.

Le potentiel d'énergie primaire mobilisable est de 65 GWh avec les données de la Chambre d'Agriculture. C'est très supérieur au chiffre donné par le CEREMA (25 GWh). Cela s'explique par plusieurs facteurs :

- Le CEREMA tient compte de temps de séjour en stabulation de 5 mois, c'est beaucoup plus court que ce qui se fait en pratique sur le territoire, d'où des quantités de déjections animales mobilisables beaucoup plus faibles.
- La répartition entre la production de fumier et lisier n'est pas la même (26% de lisier d'après les données de la Chambre d'Agriculture, comparé à 29% de lisier dans l'étude CEREMA)
- L'étude du CEREMA ne tient pas compte des menues paille et les gisements des GMS et entreprises agroalimentaires considérées par le CEREMA sont négligeables par rapport au gisement strictement agricole.

Conclusion : La production d'énergie primaire de valorisation des sous-produits agricoles mobilisables par méthanisation serait au total de 65 GWh.

- En injection dans le réseau gaz, elle permettrait l'utilisation de **55 GWh d'énergie renouvelable** (possibilité d'injection sur le réseau de transport, indépendamment des opportunités d'injection sur le réseau de distribution)
- En co-génération, elle permettrait la production d'un peu moins de **23 GWh électriques** et correspondrait à un total de puissance installée de 2.8 MWé.

Ressource des collectivités

Les déchets ménagers, non comptabilisés dans cette étude, sont néanmoins une ressource potentielle de biodéchets. Ils ne sont pas valorisables sur le seul périmètre de Pré-Bocage Intercom mais peuvent l'être par des syndicats de traitement, à une échelle plus importante.

En 2017, le territoire a collecté 3480 tonnes d'ordures ménagères résiduelles. La part fermentescible de ces déchets, pouvant être traitée par méthanisation, est estimée à 27% (donnée ADEME tirée de l'étude CEREMA sur le potentiel d'un territoire, le Pays du Bessin au Virois, DDTM14, 2017), soit 940 tonnes pour le territoire de Pré-Bocage Intercom. Cela correspond à une production potentielle de 122 200 m3 de biométhane (130 Nm3 de CH4/T), soit **1.2GWh/an**.

4. Biocarburants

1 ha de colza donne 1T d'huile et 2 T de tourteau (*donnée Chambre d'Agriculture*). Donc le territoire produit actuellement 2758 tonnes d'huile de colza (*donnée PAC 2014*). L'huile de colza ayant un pouvoir calorifique de 9.9 MWh/T, si on mobilise l'ensemble de cette production pour de l'huile végétale pure en carburant, on obtient un potentiel de **27.3 GWh**.

L'huile végétale pure peut être incorporée jusque 30% au diesel sans nécessiter de modification des motorisations. Sachant que l'agriculture consomme 37 GWh de produits pétroliers, le secteur agricole pourrait ainsi être autonome à 74%.

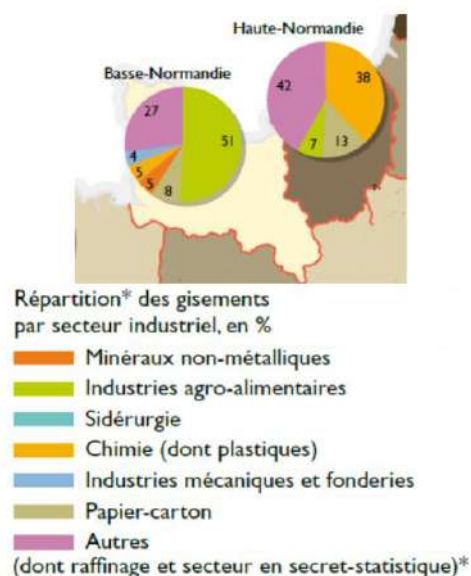
Cette estimation ne tient pas compte des augmentations potentielles de la part des surfaces cultivées en colza dans l'assolement.

5. Chaleur fatale

Définition (*source ADEME, dossier de presse 24 mars 2016*) : La chaleur fatale peut se définir comme de la chaleur résiduelle issue d'un procédé et non utilisée pour celui-ci (fumées, buées de séchage...). Lors du fonctionnement dudit procédé de production ou de transformation, la chaleur produite grâce au combustible n'est pas utilisée en totalité. Une partie de la chaleur est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable qu'on parle de «chaleur fatale» ou «chaleur perdue». Cependant, il s'avère que cette chaleur fatale peut tout à fait être récupérée. La récupération de la chaleur fatale peut répondre à des besoins de chaleur propres à l'entreprise comme à d'autres structures ou plus largement, d'un territoire, via un réseau de chaleur. Elle peut aussi être transformée en électricité.

La répartition des gisements par secteur d'activité chaleur fatale

Source : Chaleur fatale, une opportunité en Normandie pour les industriels et les réseaux de chaleur des collectivités. ADEME, 2016



➤ **Les entreprises agroalimentaire** sont tout particulièrement concernées (génération de froid, stérilisation...). La présence d'entreprises d'envergure (Elivia, Brocéliande) sur le territoire, regroupées au sein d'une même zone d'activité **préfigure une opportunité de création de réseau de chaleur pour valoriser ces pertes d'énergie.**

➤ **Les réseaux d'assainissement** sont également des sources potentielles de chaleur actuellement non valorisés. Les débits d'eau usées doivent être suffisamment importants et les buses suffisamment hautes pour l'intégration d'échangeurs de chaleur, placés en fin de réseau, en amont des stations d'épurations.

Ces systèmes ne sont envisageables qu'à partir d'une certaine taille, communément estimée à 10 000 équivalents habitants. Aucune station n'atteint cette taille sur le territoire, les deux plus importantes étant celles d'Aunay-sur-Odon (4108 EH) et Villers-Bocage (5226 EH).

➤ **les pré-refroidisseurs de tank à lait** utilisés en agriculture sont une forme de valorisation de chaleur fatale, en récupérant les calories du lait fraîchement trait pour réchauffer l'eau des animaux et nécessiter moins d'énergie pour refroidir le lait.

6. Combustibles Solides de récupération (CSR)

Les CRS sont des combustibles provenant des déchets ménagers (OMr, refus de tri des recyclables secs) à fort pouvoir calorifique. Les OMr se composent d'une fraction fermentescible, valorisée en compostage ou par méthanisation, et d'une fraction « sèche », 73% des OMr, mais dont seule une partie est valorisable en CRS. La séparation entre les deux fractions est réalisée par tri mécano-biologique (TMB).

D'après l'ADEME, (« *Caractérisation des combustibles solides de récupération – Synthèse, 2010*), les CSR à haut rendement énergétique (qui répondent aux critères des cimentiers) ne représentent que 10 à 15 % des OMr et 7% des refus de tri de recyclables secs. Les CRS à moyen PCI permettent de valoriser jusque 30% des OMr (pour des chaufferies dédiées) et 21% des refus de tri.

Biomasse Normandie (*Bilan départemental du Calvados - Année 2013*) chiffre un taux de refus moyen de tri des recyclables secs, hors verre (part d'indésirables sur les flux entrants) de 17%. Sur la base d'une collecte de 1170 T de recyclables/an sur Pré-Bocage Intercom, on en déduit une production de près de 200 T/an de refus de tri/an.

On peut donc calculer le potentiel de production de CSR Haut PCI suivant :

$3480 \text{ T d'OMr} \times 0.15 + 200 \text{ T de refus de tri} \times 0.07 = 536 \text{ T/an}$. A raison de 20 à 25 MJ/kg, soit 5.5 à 6.9 kWh/kg, le potentiel énergétique du territoire en CRS est compris entre **2.9 et 3.7 GWh**.

7. Potentiel Solaire

L'usage de l'énergie solaire est double. Il peut être thermique ou électrique.

Solaire thermique

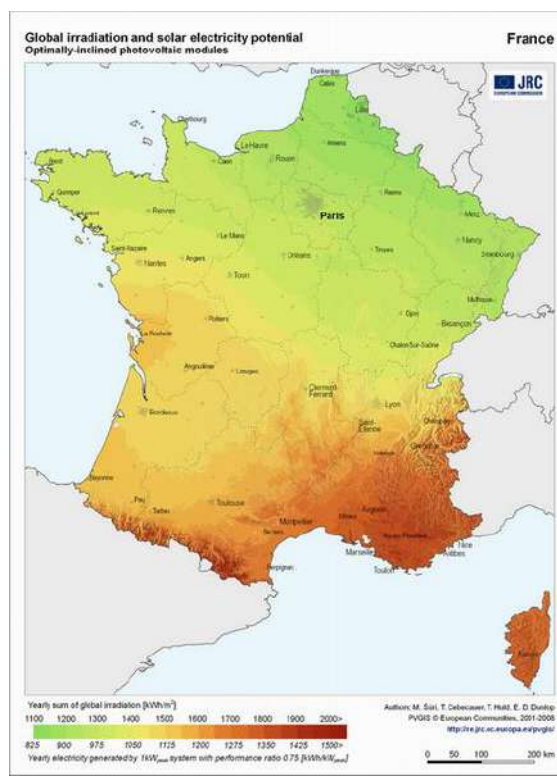
Les installations thermiques sont des chauffe-eau solaires simples ou des systèmes combinés, qui associent production d'eau chaude sanitaire et chauffage du logement. Diverses technologies existent. On trouve par exemple des panneaux solaires thermiques plans ou tubulaires. En Normandie, les chauffe-eau solaires avec 4 à 5 m² de panneaux peuvent couvrir jusque 60% des besoins en eau-chaude sanitaire d'une maison. L'eau chaude sanitaire, c'est 12.1% des consommations d'une habitation (ADEME 2017). Autrement dit, si toutes les habitations étaient équipées, **le solaire thermique pourrait produire l'équivalent de 15 GWh/an, soit d'au moins 2.8% de l'énergie consommée sur Pré-Bocage Intercom**, sans compter le potentiel de contribution au chauffage des habitations.

Projets potentiels :

- équipement des campings d'Aunay-sur-Odon, Cahagnes, Caumont l'Eventé et Dampierre (camping à la ferme)
- équipements sportifs et vestiaires de sport
- équipements techniques (SDIS, ateliers municipaux et de collecte des déchets...)
- piscine

Solaire photovoltaïque

Les installations solaires photovoltaïques produisent de l'électricité, d'abord sous la forme d'un courant continu, puis ensuite converti en courant alternatif grâce à un onduleur, pour l'usage domestique ou l'injection dans le réseau.



Le gisement solaire est fonction de l'intensité du rayonnement solaire. Celui-ci est variable selon la localisation et les conditions météorologiques. Le sud de la France est clairement plus propice, car la production y sera plus importante pour une même puissance installée. Ainsi quand 1kW de modules photovoltaïques idéalement implantés en Normandie produisent entre 900 à 1000 kWh d'énergie solaire, 1kW dans le sud de la France en produira autour de 1250. Les investissements sont donc plus rapidement rentabilisés. Toutefois, une contrainte supplémentaire est à prendre en compte pour les installations photovoltaïques, à savoir la chaleur. En effet, la surchauffe des panneaux peut entraîner la réduction du rendement de production.

La Normandie est ainsi une zone géographique qui reste propice au développement de l'énergie solaire photovoltaïque. La rentabilité économique des projets est toutefois à étudier au cas par cas.

L'intensité du rayonnement est un facteur pour déterminer le potentiel solaire. Les surfaces exploitables en est une autre. Les surfaces à usage agricole sont délibérément exclues des surfaces exploitables pour l'énergie solaire afin qu'il n'y ait pas de concurrence entre la production énergétique et la production alimentaire (sauf exception, si les deux sont possibles ou dans le cas de surfaces agricoles en friche).

Identification du potentiel sur toiture

Les toitures des maisons, des bâtiments agricoles, industriels et tertiaires sont le premier « gisement » potentiel.

- ❖ Potentiel domestique : si on ainsi considère l'équipement de la moitié des maisons individuelles en panneaux photovoltaïques, soit 4859 habitations, avec des installations de 3kWc (20m²) qui produisent 2800 kWh par an³, on obtient un **potentiel photovoltaïque domestique de 13.6 GWh/an**. Le productible potentiel pour ces surfaces en toiture peut être évalué beaucoup plus précisément grâce à la réalisation de **cadastres solaires**. C'est une cartographie qui tient compte des pentes et orientations (pour l'exposition) des toitures, de l'emprise des masques ou ombres portées par les points hauts (constructions, relief, végétation...) et de l'irradiation solaire (en kWh/m²/an), croisé aux données climatiques locales.
- ❖ Potentiel commercial : Le Diagnostic du SCoT du Pré-Bocage dénombre **12 650 m² de surfaces de vente commerciale** entre les 7 supermarchés présents à Villers-Bocage (8 000 m²), Aunay-sur-Odon (3 000 m²) et Caumont-l'Éventé (1 650 m²). Ces équipements sont autant de potentiel photovoltaïque à exploiter en toiture et en ombrières de parking. Cette surface correspond à une puissance installée de 1.8 MWc, pour une production potentielle commerciale de **1.75 GWh**.
- ❖ Potentiel public : les bâtiments publics (communauté de communes, communes) peuvent également être équipés.

Des projets en étude :

- **Brémoy**, sur la **toiture de l'église** : 102m², pour 15.5 kWc à installer en 2018. La production est estimée à 14 600 kWh/an. Cette installation serait réalisée par le SDEC ENERGIE dans le cadre d'un transfert de compétence.

Des projets potentiels :

- **Villers-Bocage** : le projet de rénovation de la partie ancienne du **gymnase** offre une surface de toiture importante (minimum 400m²), pour un potentiel de 60 kWc (56 000 kWh/an).
- Sur les ateliers de stockage à Aunay-sur-Odon

³ Valeur moyenne calculée à partir du logiciel libre en ligne Tecsol sur www.pv.tecsol.fr, pour des toitures au sud, inclinées entre 30 et 45°.

- Sur le PSLA de Villers Bocage/Val d'Arry (1 projet mais 2 bâtiments).
 - Sur le PSLA de Caumont sur Aure (1 bâtiment).
- ❖ Potentiel agricole : les toitures des bâtiments agricoles présentent des pentes propices au photovoltaïque.

PHOTOVOLTAÏQUE et URBANISME

Toute installation photovoltaïque doit au minimum faire l'objet d'une déclaration préalable en mairie. La loi n° 2010-788 dite Grenelle II a instauré l'article L111-6-2 du code de l'urbanisme qui a pour objectif de faciliter le développement des dispositifs de production d'énergie renouvelable domestiques et de limiter les possibilités d'opposition de la mairie :

« Le permis de construire ou d'aménager ou la décision prise sur une déclaration préalable ne peut s'opposer à [...] la production d'énergie renouvelable correspondant aux besoins de la consommation domestique des occupants de l'immeuble ou de la partie d'immeuble concernés. »

Un arrêté daté du 19 décembre 2014 est venu préciser ce qui est entendu par "les besoins de la consommation domestique" pour le cas particulier du photovoltaïque en l'encadrant à **un maximum de 3 kWc par tranche de 100 m² de surface de plancher.**

Cette disposition n'est pas applicable :

- ▶ dans un secteur sauvegardé
- ▶ dans une zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager,
- ▶ dans le périmètre de protection d'un immeuble classé ou inscrit au titre des monuments historiques,
- ▶ dans un site inscrit ou classé,
- ▶ à l'intérieur du cœur d'un parc national,
- ▶ aux travaux portant sur un immeuble classé ou inscrit au titre des monuments historiques ou adossé à un immeuble classé, ou sur un immeuble protégé.
- ▶ dans des périmètres délimités, après avis de l'architecte des Bâtiments de France, par délibération du conseil municipal ou de l'organe délibérant de l'établissement public de coopération intercommunale compétent en matière de plan local d'urbanisme, motivée par la protection du patrimoine bâti ou non bâti, des paysages ou des perspectives monumentales et urbaines.

Pour ces secteurs, l'installation est très difficile, voire impossible sauf si les panneaux ne sont pas visibles de l'espace public ou s'ils sont parfaitement intégrés au bâti (couleur, ...). Il est indispensable d'échanger au préalable avec l'Architecte des Bâtiments de France.

Identification du potentiel en centrale au sol

Les espaces inexploités tels que les laissés de bords de route, les espaces aménagés non utilisés (autour des stations d'épuration par exemple), les friches industrielles, les anciennes carrières ou d'anciens centres d'enfouissement de déchets (CET), les plans d'eau (installations photovoltaïques flottantes) etc. sont des surfaces à référencer pour en étudier la faisabilité, au cas par cas.

- L'ancien CET de Livry (16 ha) : exploité par VALNOR, le CET est en post-exploitation depuis sa fermeture en 2008, pour 30 ans. La partie plane (environ 9ha) est valorisée en terres agricoles (bail rural) depuis le 1^{er} janvier 2017. Le terrain restant, constitué de bassins et de digues, doit pouvoir rester accessible pour des interventions. Une réflexion serait en cours pour étudier la possibilité d'accueillir une installation photovoltaïque.
- L'ancienne carrière au Plessis-Grimoult : d'une surface de 6 ha, les terres ont été remblayées et n'ont donc pas d'usage possible en agriculture.

- Délaissé du CD14, sur 0.8 ha, derrière le silo Agrial et la ZA des Noires Terres (vente programmée à la communauté de communes)

8. Potentiel Géothermique

La géothermie est une énergie créée et emmagasinée dans la terre sous la forme de chaleur. Elle peut servir à produire de l'électricité, à rafraichir ou à chauffer. C'est une source d'énergie permanente, sa production ne dépend pas des conditions naturelles ou climatiques.

Généralités, les types de géothermies et les ressources exploitables

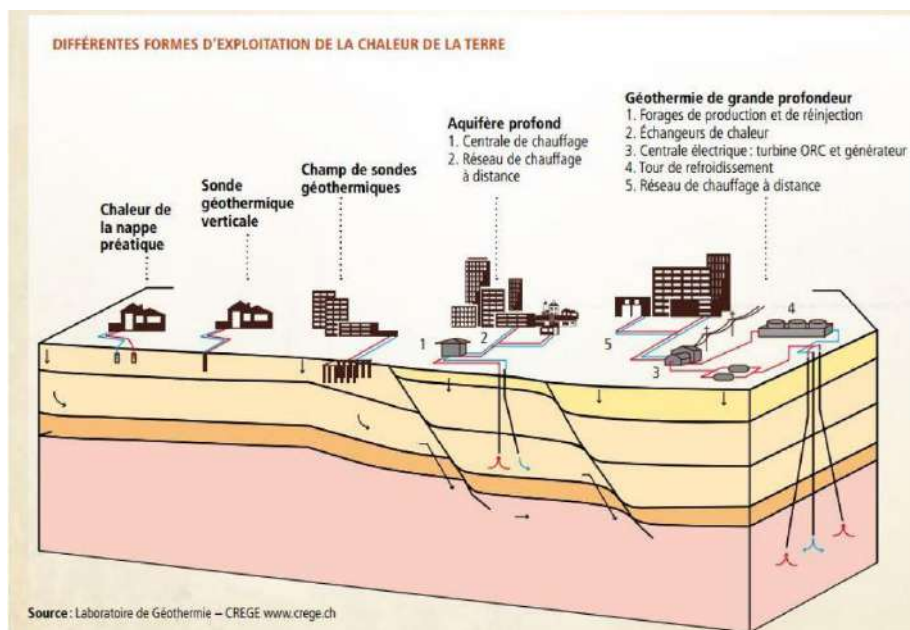
Certaines technologies exploitent l'eau du sous-sol :

Les nappes superficielles possèdent une température, constante sur l'année, entre 12 et 15 °C. En général, plus les nappes sont profondes, plus elles sont "chaudes" : on appelle cela le gradient géothermal. La géothermie sur aquifère consiste à pomper l'eau d'une nappe souterraine par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs forages pour l'acheminer (via un échangeur) jusqu'à la pompe à chaleur afin d'en prélever les calories, avant de la réinjecter dans l'aquifère par l'intermédiaire d'un second ou de plusieurs forages. On parle de boucle ouverte. Le même principe est appliqué en sens inverse pour le rafraîchissement. On distingue différentes technologies :

- La **géothermie haute énergie** exploite l'eau à l'état vapeur (entre 120°C à 350°C), pour une production électrique. C'est le cas pour des zones volcaniques essentiellement.
- La **géothermie basse température** exploite l'eau entre 60°C et 80°C, pour une utilisation directe de la chaleur.
- La **géothermie très basse température** utilise de l'eau entre 10°C et 30°C, assistée d'une pompe à chaleur (PAC) ou utilisée en géo-rafraîchissement (géo-cooling). Cette technologie peut aussi être utilisée en exploitant l'eau de mer, des eaux lacustres, et même des eaux usées, en queue de réseau, sur des collecteurs dimensionnés pour au moins 10 000 équivalents habitants.

D'autres formes de géothermie sont possibles, sans source d'eau :

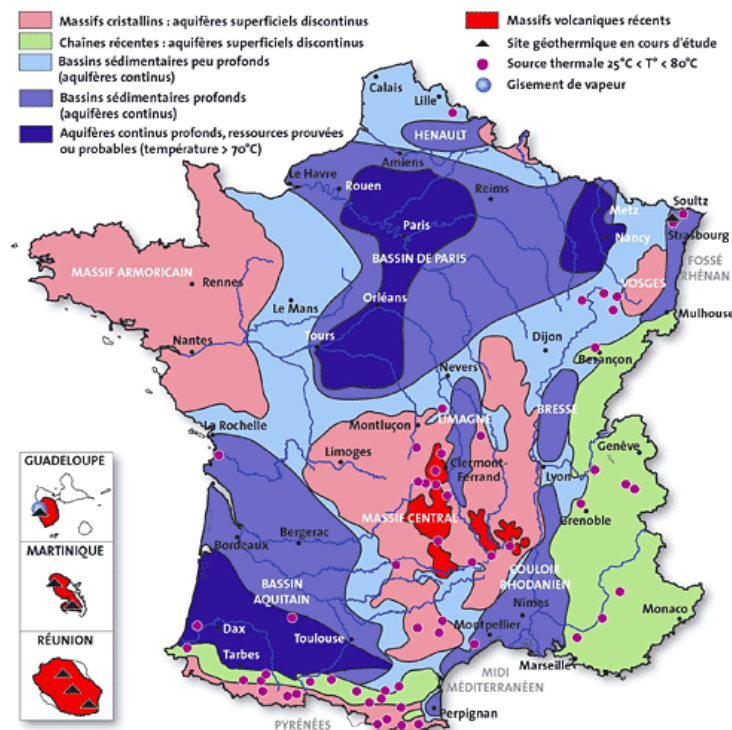
- Les **systèmes géothermiques stimulés** (EGS) en géothermie profonde, produisent de l'électricité et de la chaleur. Pour cela, on injecte de l'eau en profondeur (jusque 5000m !).
- La **géothermie très basse température** assistée de PAC, peut également fonctionner en circuit fermé pour n'exploiter que la chaleur du sol. Dans le cas de forage verticaux, un même projet est alimenté par une ou plusieurs **sondes** profondes. Elle peut aussi être horizontale ; on parle dans ce cas de **capteurs géothermiques**.
- les pieux des fondations peuvent aussi être géothermiques. On parle de **géostructure**.



Application au territoire

La technologie choisie est déterminée par les caractéristiques géologiques et hydrologiques du territoire. La carte ci-dessous (source BRGM) montre que le sous-sol de la Basse-Normandie est partagé entre des massifs cristallins aux aquifères superficiels discontinus et des bassins sédimentaires peu profonds.

Cartographie géologique de la France (source : BRGM).
Les principales zones géothermiques en France sont les bassins parisiens et aquitains, et les espaces montagneux (Massif Central, Pyrénées et Alpes).

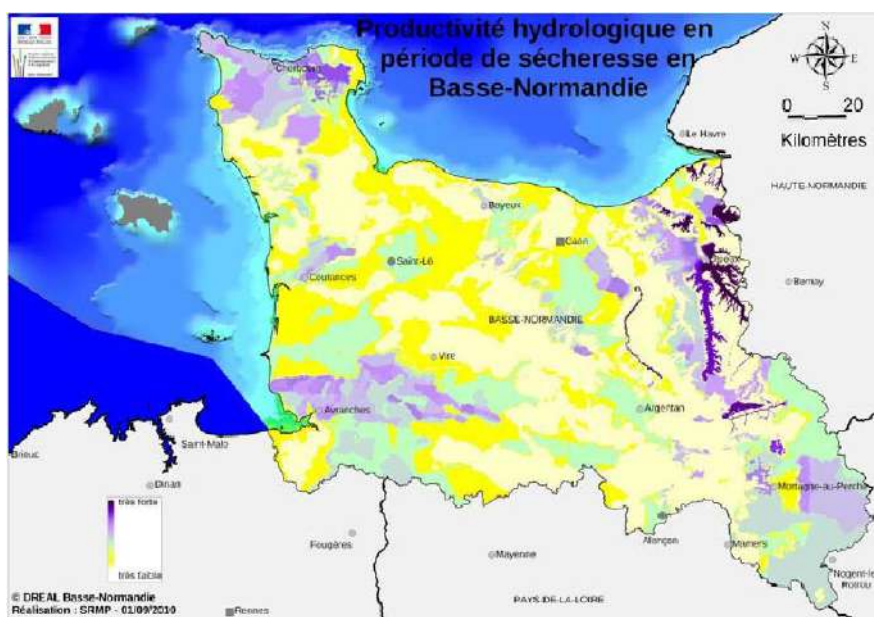
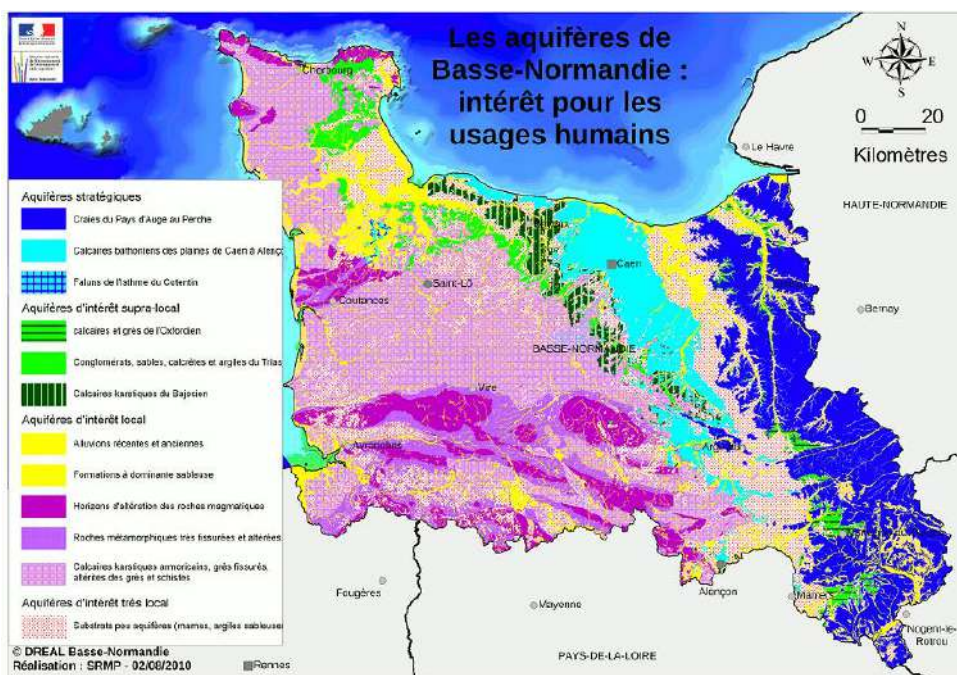


Une étude de potentiel géothermique en Basse-Normandie a été réalisée par les 7 Vents du Cotentin et Explicit en 2011 pour la DREAL. Elle se base sur les caractéristiques géologiques et partage la Basse-Normandie par une diagonale NO/SE.

L'étude présente des grandes réserves en eau souterraine sur l'Est régional. Le plus important est l'aquifères crayeux du Pays d'Auge au Perche. D'autres aquifères d'intérêt secondaire sont présents. Ce sont les aquifères calcaires bathoniens, bajociens, du trias et de l'Oxfordien.

Le territoire de Pré-Bocage Intercom est caractérisé par des calcaires karstiques armoricains, grès fissurés et altérites de grès et de schistes. Ainsi, le territoire de Pré-Bocage Intercom n'a pas de potentiel géothermique très significatif, ce qui n'empêche pas le **recours à de la géothermie très basse température**, qu'elle soit sur aquifères ou sur champs de sondes.

- ▶ La géothermie très basse température **sur champs de sonde** est à privilégier sur les sols granitiques du sud et l'ouest du territoire. Elle est adaptée **pour les bâtiments tertiaires à fortes consommations** (bureaux, bâtiments culturels, piscines, hôpitaux, maisons de retraite...) et les logements collectifs, sur des grandes parcelles. Cette technologie réversible est particulièrement intéressante pour les bâtiments qui ont des besoins de chaleur et de rafraîchissement.



- ▶ La géothermie très basse énergie **sur nappe** pourra être développée majoritairement sur la partie Nord et Est du territoire, à la frange du bassin sédimentaire caennais. Les terrains les plus favorables pour la géothermie sur nappe se situent **en fond de vallée** : ressource en eau moins profonde donc des besoins de forage plus petits, moins coûteux) que sur les plateaux (aquifères plus en profondeur, avec des besoins en forages plus grands, plus coûteux). Les débits et la productivité hydrologique en période de sécheresse sont les contraintes majeures de ces projets. Cette technologie est adaptée pour les petits et grands collectifs. On estime qu'un forage d'1m³/h permet d'alimenter un logement de 100m².

La faisabilité des projets géothermiques, et le choix de la technologie à utiliser, doit ainsi tenir compte des contraintes suivantes :

- La nature du terrain, qui définit la distance d'écartement des sondes
- La présence d'éléments physiques perturbateurs (présence d'autres infrastructures ...)
- L'utilisation du/des bâtiments à chauffer (éviter l'intermittence) et les besoins énergétiques.
- La présence de captage d'eau potable
- Les variations d'hauteur d'eau (remontées de nappes ou à l'inverse baisse des niveaux d'eau, turbidité pour l'exploitation des eaux portuaires, diamètres des collecteurs en place pour les eaux usées...

Pour toutes ces raisons, il est difficile de donner un potentiel géothermique global. C'est une étude de faisabilité au cas par cas qui permettra d'estimer la production géothermique envisageable. Sur le même principe que pour l'énergie solaire, le potentiel géothermique passe avant tout par l'identification des bâtiments et infrastructures à équiper.

9. Potentiel hydroélectrique

Principe de l'hydroélectricité (source : France Hydroélectricité)

Une petite centrale hydroélectrique est composée de quatre éléments principaux :

- les ouvrages de prise d'eau (digues, barrages),
- les ouvrages d'amenée et de mise en charge (canal d'amenée, conduite forcée),
- les équipements de production (turbines, générateurs, systèmes de régulation),
- les ouvrages de restitution

Selon la longueur des ouvrages d'amenée on pourra distinguer :

- la centrale en dérivation, où une partie du débit du cours d'eau est dérivée sur quelques dizaines de mètres jusqu'à plusieurs kilomètres, puis turbinée sous une hauteur de chute supérieure à la hauteur du barrage,
- la centrale de pied de barrage qui utilise uniquement le dénivelé créé par le barrage.

Une partie du cours d'eau est acheminée vers la centrale via un canal d'amenée et, selon les installations, une conduite forcée. En sortie de la conduite forcée ou du canal d'amenée, l'eau entraîne la rotation de la turbine avant d'être restituée dans le canal. La turbine entraîne alors un générateur électrique le plus souvent via un multiplicateur de vitesse. Le générateur, couple à un transformateur produit de l'électricité qui est mise en circulation sur le réseau de distribution électrique. La puissance d'une centrale dépend principalement de deux paramètres : la hauteur de chute et le débit turbine.

On distingue généralement 3 grandes familles d'ouvrages : les ouvrages de production au fil de l'eau, les ouvrages de lac ou d'éclusee et les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), essentiellement en montagne.



Schéma d'un barrage au fil de l'eau (*France Hydroélectricité*) et illustration avec du barrage de prise d'Heudreville-sur-Eure (*photos Pays du Bessin au Virois*). Cette centrale est équipée d'une vis d'Archimède.

Potentiel bas-normand et application au territoire

La version 2007 du rapport des 7 Vents du Cotentin « Inventaire et potentiel de la petite hydroélectricité en Basse Normandie » écrit le 14 septembre 2006 donne une analyse du potentiel en micro-hydroélectricité sur le territoire régional :

« Le potentiel hydroélectrique dépend de la géographie et de la pluviométrie, mais également de l'évolution des techniques de production et surtout de la place que la société entend donner à l'utilisation de l'eau à des fins énergétique parmi tous les autres usages : eau laissée « sauvage » pour la préservation de l'environnement et des sites, eau pour la pêche, eau pour l'agriculture, eau pour le tourisme, etc. »

Le potentiel en petite hydroélectricité de la Basse Normandie a été déterminé par les 7 Vents du Cotentin en conjuguant deux approches différentes. La première se focalise sur les centrales existantes, et vise à évaluer le potentiel de réhabilitation des sites en fonctionnement. Les moulins ne produisant pas d'électricité, les centrales abandonnées, les ouvrages et les seuils ont été écartés de cette démarche faute de données exploitables. Selon cette méthode, le rapport indique que le potentiel de réhabilitation est important pour les micro-centrales hydrauliques comprises entre 100 et 500 kW, il pourrait permettre de doubler la production électrique sur ces sites. Aucun site hydroélectrique de cette taille n'est actuellement présent sur le territoire de Pré-Bocage intercom. Seule une pico-centrale existe au Moulin d'Ajon, pour un usage domestique.

La deuxième approche se base sur les données hydro-morphologiques des cours d'eau. Mais la création de nouvelles centrales hydroélectriques s'oppose clairement à la directive Cadre sur l'Eau, d'atteinte du bon état écologique des cours d'eau. L'hydroélectricité est ainsi très encadrée réglementairement.

Les principaux cours d'eau de Pré-Bocage Intercom, à savoir :

- la Seulles (de sa source à la mer),
- la Druance (de sa source à la confluence avec le cours d'eau principal le Noireau),
- l'Odon (de sa source à la confluence avec les cours d'eau principaux Orne et Druance),
- l'Aure, (De sa source à la confluence avec le cours d'eau principal la Vire)

font partie de la liste 1 et ne sont donc actuellement pas aménageables avec les technologies habituelles.

Le classement des cours d'eau pour la continuité écologique

Avec la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 (art. L214-17-1 du CE), un nouveau dispositif est en place dans l'objectif d'assurer la continuité écologique des cours d'eau introduite par la directive cadre sur l'eau.

En 2012, deux arrêtés des préfets coordonnateurs de bassin ont instauré deux nouveaux classements :

Liste 1 : une première liste de cours d'eau ou parties de cours d'eau, sur lesquels une protection complète des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée est nécessaire ; aucune autorisation ou concession ne peut être accordée pour la construction de nouveaux ouvrages s'ils constituent un obstacle à la continuité écologique (Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 1° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie)

Liste 2 : plus contraignante, cette seconde liste identifie les cours d'eau pour lesquels il est nécessaire d'assurer le transport suffisant des sédiments et la circulation des poissons migrateurs ; les ouvrages existants doivent être gérés, entretenus et équipés dans cet objectif. Pour les nouvelles obligations, un délai de 5 ans est accordé pour les mises en conformité. (Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 2° du I de l'article L. 214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie)

A ne pas confondre avec le classement des rivières en 1ère ou 2ème catégorie, qui correspond à un classement piscicole, en fonction des populations de poissons, et qui n'entraîne pas d'obligation particulière pour les ouvrages.

Des avancées technologiques réduisent pourtant l'impact de la production hydroélectrique :

- La vis d'Archimède : Elles sont ichtyo-compatibles, c'est-à-dire qu'elles laissent les poissons passer sans les blesser. Les propriétaires économisent ainsi le coût d'une rampe de dévalaison. Elles laissent passer les sédiments. Une simple barre de surface est nécessaire pour trier les gros encombrés, comme des branches ou arbres tombés. Pas besoin de grilles, et donc l'entretien est restreint. L'investissement est cependant relativement élevé, et il est conseillé d'avoir une hauteur de chute >2m pour qu'elles soient efficaces, avec un débit déjà important, de plus de 10 m³/s (données pour la solution d'Alisma-ER3I mise en place à Heudreville s/Eure). De nouvelles vis d'Archimède, plus petites, commencent cependant à être commercialisées pour l'autoconsommation, et qui conviendraient à des sites de moindre importance.
- Les hydroliennes fluviales, sans hauteur de chute, elles n'ont aucun impact sur la faune et la flore. Les plus petites font 40 à 80 kW, pour une profondeur minimale du cours d'eau de 2,2 m et un débit minimal > 3m³/s⁴

Sur Pré-Bocage Intercom, aucune retenue d'eau n'est actuellement suffisamment importante (hauteur de chute) pour pouvoir être valorisée par vis d'Archimède.

La Seulles est aussi l'unique cours d'eau dont le débit dépasse les 3m³/s, mais de décembre à mars uniquement. Par ailleurs, sa hauteur d'eau au niveau du territoire (quelques dizaines de cm en moyenne) n'est pas compatible avec l'installation d'hydroliennes fluviales. L'intérêt énergétique (et économique) de l'hydroélectricité est donc extrêmement limité pour le territoire, comparativement au risque de dégradation écologique.

A l'échelle de la France, l'hydroélectricité est toutefois indispensable dans un contexte énergétique en changement, au regard de ses nombreux atouts : sans rejets de CO₂, fiable et surtout extrêmement réactive grâce aux STEP qui servent de « stockage » de l'énergie et permettent de répondre aux pics de consommation en hiver. Elles sont importantes dans un contexte de développement des énergies alternatives que sont la photovoltaïque et l'éolien.

Pour autant, la production d'électricité par l'utilisation des ressources hydrauliques, si elle est mal maîtrisée, est susceptible de générer des impacts importants sur l'environnement, notamment vis-à-vis de la

⁴ <http://www.hydroquest.net/atouts-hydrolienne-fluviale/>

préservation de la biodiversité ou de la qualité des eaux. Aussi, l'utilisation de ce potentiel doit se faire dans un contexte de transversalité et de réflexion partagée. Par ailleurs, l'hydro-électricité est impactée par le changement climatique, avec une baisse des capacités de production lors des épisodes de sécheresse.

10. Bilan

Ce bilan quantitatif présente le **potentiel local actuel de production** d'énergies renouvelables, dans le cadre d'une exploitation durable des ressources. Pour le bois énergie, il s'appuie sur le potentiel de production de biomasse actuel (ne tient pas compte des possibilités de création de nouveaux linéaires) et n'intègre pas le potentiel de substitution des énergies fossiles par le bois.

La colonne « puissance potentielle en nouvelles installations » est présentée pour faciliter l'appropriation de ces chiffres dans le cadre du développement de nouvelles actions.

Différence entre puissance installée et production d'énergie

La puissance installée, c'est ce que peut fournir l'équipement à pleine puissance pendant une heure.
 → Une installation de 1MW fournira 1MWh si elle fonctionne à pleine puissance pendant une heure.

Les installations ne fonctionnent à pleine puissance qu'une partie de l'année.

- Pour l'éolien terrestre, on estime que son fonctionnement moyen équivaut à 2500 h à pleine puissance à l'année. Une éolienne de 2MW produira donc en moyenne 5000MWh
- Pour le bois énergie, on estime qu'une petite chaudière collective a un fonctionnement moyen équivalant à 1500 h à pleine puissance à l'année. 4 chaudières de 500 kW (=2MW en tout) produiront donc en moyenne $4 \times 0.5 \times 1500 = 3000$ MWh

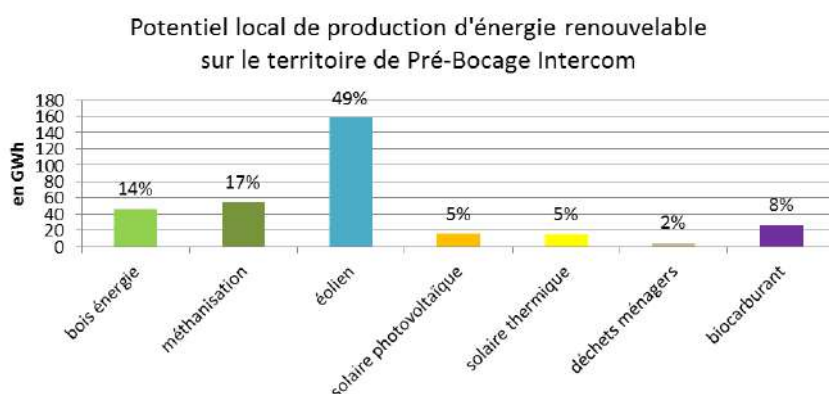
Le tableau de synthèse est celui-ci :

ressource	Potentiel de production total annuel (actuel)	Puissance potentielle en nouvelles installations
TOTAL BOIS ENERGIE <i>Sous-total bocage</i> <i>Sous-total forêt</i>	mobilisable : 46 GWh 30 GWh 16 GWh	entre 7.5 et 8.5 MW
TOTAL METHANISATION <i>déchets agricoles et agro-industriels</i>	mobilisable : 23 à 55 GWh fonction de la part valorisée par injection ou cogénération	2 à 3 MWé
EOLIEN <i>Secteur Ouest</i> <i>Secteur Est</i>	mobilisable : 158 GWh 98 GWh 60 GWh	50 MW 32 MW 18 MW
TOTAL SOLAIRE <i>Sous total solaire thermique</i> <i>Sous total solaire photovoltaïque (domestique et commercial)</i>	théorique : 31 GWh 15 GWh 16 GWh	16 MWc (112 500m²)
TOTAL DECHETS MÉNAGERS <i>Sous-total méthanisation</i> <i>Sous total CSR</i>	mobilisable : 4 à 5 GWh 1 GWh 3 à 4 GWh	
Biocarburant (HVP)	théorique : 27 GWh	
Géothermie	fonction des projets identifiés	
Hydroélectricité	/	/
POTENTIEL TOTAL :	entre 289 et 322 GWh	

Le potentiel total maximal de production d'énergie renouvelable correspond à **61% des consommations de 2014**.

→ Pour aller vers un maximum d'autonomie énergétique, le territoire devra nécessairement réduire fortement ses consommations, quel que soit son niveau de développement de son potentiel en énergies renouvelables.

Ce potentiel théorique en énergies renouvelables repose principalement sur l'éolien, la moitié du potentiel à lui seul. En deuxième position, on trouve la méthanisation, avec 17% du potentiel et le bois énergie (14 % du potentiel). Le potentiel solaire thermique est équivalent au potentiel solaire photovoltaïque. Au total, le potentiel solaire est équivalent à celui du bois énergie, toutefois, le potentiel solaire calculé ici est un potentiel théorique, alors que le potentiel en bois correspond à un potentiel mobilisable. Le potentiel solaire réellement mobilisable sera très inférieur. Le potentiel de biocarburant, basé sur la production actuelle de colza, est assez important. La valorisation des déchets ménagers est faible, mais entièrement mobilisable.



<p>ATOUTS</p> <p>Des installations d'EnR déjà présentes, en exemple (chaufferies bois, éolien, micro-méthanisation)</p> <p>Un territoire venté</p> <p>Une ressource locale importante en biomasse énergie (bois énergie, matières méthanogènes d'effluents d'élevage, déchets agroalimentaires, huile de colza)</p> <p>Quelques grandes entreprises agroalimentaires concentrées sur une même zone d'activité</p>	<p>CONTRAINTES</p> <p>Pour développer le grand éolien :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dispersion de l'habitat et proximité des radars militaires et météo - Préservation du patrimoine paysager - Préservation du patrimoine historique <p>Pour la géothermie : une forte sensibilité des nappes souterraines à la sécheresse</p> <p>Pour l'hydroélectricité : masses d'eau des rivières principales de catégorie 1 (enjeu biodiversité) et sur liste 1 (interdiction d'entraver la continuité écologique)</p>
<p>OPPORTUNITES</p> <p>Un fort potentiel en méthanisation, avec un projet d'envergure sur Val d'Arry, en lien avec des</p>	<p>MENACES</p> <p>Durcissement des tolérances militaires envers l'éolien</p>

<p>industries agroalimentaires</p> <p>Valoriser la chaleur fatale des entreprises agroalimentaires</p> <p>Possibilité de développer d'autres installations de méthanisation à la ferme</p> <p>Ressource en bois suffisante pour des installations bois énergie collectives dans chaque pôle. Des opportunités de substitution d'énergies fossiles par du bois énergie (en chaufferies dédiées ou réseau de chaleur, à Villers-Bocage)</p> <p>Agrandissement du parc éolien actuel d'Ondefontaine (potentiel prescrit dans la ZDE) et autres secteurs identifiés</p> <p>Des espaces en friche (carrières, délaissés...) et de grandes surfaces de toiture (commerciales, agricoles...) à valoriser en photovoltaïque</p> <p>Développement de la géothermie très basse température (champs de sonde notamment)</p> <p>Politiques publiques de soutien à la plantation de haies</p> <p>Création d'une filière locale bois énergie, en s'appuyant sur les acteurs existants (Bois Haies'Nergie 14, Conseil Départemental, SDEC ENERGIE...)</p> <p>Possibilité de soutien technique pour une gestion durable de la ressource forestière grâce à la présence d'acteurs comme l'ONF et le CRPF</p>	<p>Le recours quasi-systématique d'associations et d'habitants contre l'éolien</p> <p>Vieillesse du bocage (productivité réduite) et l'arrachage des haies</p> <p>Les difficultés économiques de l'élevage</p> <p>Le morcellement de la propriété forestière</p>
---	--

XVIII. Potentiels de réduction des consommations d'énergie, des émissions de gaz à effet de serre, des polluants atmosphériques et potentiel de séquestration carbone

1. Méthodologie

Définition

Les potentiels de réduction considérés ici sont définis comme des **gisements maximum d'économies d'énergie, d'émissions de gaz à effet de serre et d'émissions de polluants atmosphériques pouvant être évités**. Ce sont des estimations théoriques strictement techniques, qui ne tiennent pas compte des contraintes économiques.

Le calcul des potentiels s'appuie sur l'utilisation de l'outil PROSPER⁵, par la construction d'un scénario type, constitué d'actions-types dont les impacts théoriques sur les consommations d'énergie, les émissions de GES et les émissions de polluants atmosphériques sont estimés sur la base :

- des caractéristiques du territoire (taille du parc de bâtiments, mix énergétique, mobilité des habitants et usagers...)
- des données climat air énergie fournies par l'ORECAN et complétées le cas échéant par l'outil PROSPER (notamment pour le secteur de la mobilité)

Les potentiels de réduction des consommations d'énergie, des émissions de GES et des émissions de polluants atmosphériques ont été évalués de façon plus ou moins exhaustive selon les secteurs, faute de donnée ou de méthodologie d'évaluation. Le total des potentiels représente donc un **potentiel de réduction minimum**.

Le tableau suivant précise le niveau d'évaluation réalisé selon les secteurs et les indicateurs. Le terme « exhaustif » signifie qu'une grande partie des leviers d'actions ont été considérés. Cependant, il n'est pas impossible que des leviers d'actions complémentaires existent.

	Evaluation du potentiel de réduction des...		
	Consommations d'énergie	Emissions de GES	Emissions de polluants
Résidentiel	Exhaustif	Exhaustif	Exhaustif
Tertiaire	Exhaustif	Exhaustif	Exhaustif
Industrie	Partiel	Non évalué	Non évalué
Agriculture	Non évalué	Exhaustif	Non évalué
Transports	Partiel	Partiel	Partiel
Déchets	Non évalué	Partiel	Partiel

Toutefois, le potentiel de réduction des polluants atmosphériques a été évalué uniquement pour les polluants issus de sources énergétiques (ex : combustion d'énergies fossiles dans les bâtiments ou les véhicules) ou liés à des usages énergétiques (ex : usure des freins et pneus des déplacements). L'impact sur les polluants pour des actions non énergétiques comme la couverture des fosses à lisier n'a pu être estimée.

Ces potentiels de réduction sont établis selon les caractéristiques actuelles du territoire sans estimation d'évolution tendancielle de long terme. Ils sont également établis sans modifier les caractéristiques structurelles du territoire, ni notamment, son activité économique (pas d'action de fermeture d'industrie, de pertes de surfaces agricoles exploitées au bénéfice de la forêt ou encore de baisse de cheptel bovin par exemple).

⁵ Information sur le fonctionnement de l'outil **en annexe**

Le potentiel de séquestration carbone est également estimé dans cette partie, car les actions unitaires qui permettent de l'évaluer interagissent également sur les aspects de consommation énergétique et d'émissions de GES.

Méthode de calcul

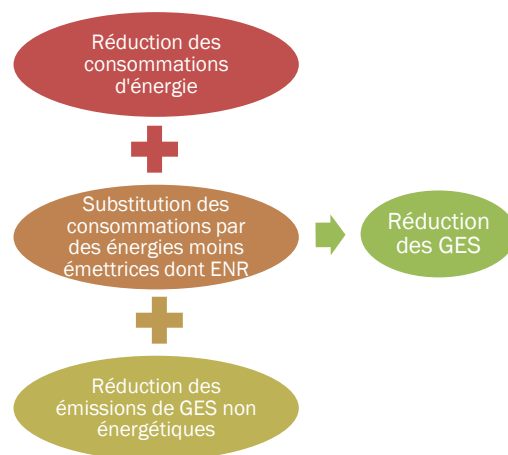
Le **potentiel de réduction des consommations d'énergie** est calculé en appliquant des actions d'économies d'énergie poussée à leur maximum sur un maximum de cibles, fonction des caractéristiques actuelles du territoire, dans chacun des secteurs d'activité.

Les **potentiels de réduction des émissions de gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques** correspondent à la somme des 3 potentiels suivants :

- le potentiel de réduction des consommations d'énergie
- le potentiel de substitution des énergies les plus émettrices, en particulier le fioul, par des énergies moins émettrices. Pour maximiser le potentiel de réduction des polluants, on choisit la substitution par des pompes à chaleur

Ces deux potentiels contribuent à la réduction des émissions de GES énergétiques

- le potentiel de réduction des émissions de GES hors combustion (inclue une partie de potentiel de séquestration), qui provient presque exclusivement de l'agriculture sur IVN. Le potentiel de réduction des émissions de polluants hors combustion est non estimé.



NB : Les émissions évitées par la production locale d'énergies renouvelables injectées dans les réseaux de distribution d'énergie (électricité, gaz et chaleur) ne sont pas prises en compte dans les PCAET car elles viennent se substituer à des émissions produites à l'échelle de la France entière, dans les différentes régions ayant des unités de production énergétique et pas seulement à des émissions locales (localement, cela reviendrait à compter une compensation de GES non émis).

La page suivante présente les actions types incrémentées dans l'outil PROSPER qui servent à construire le scénario type de consommations et émissions minimales pour le territoire (« scénario minimum »). Ces actions types sont incrémentées au niveau de l'année 2020, pour se rapprocher au plus près possible des données présentées dans ce diagnostic (données 2014), tout en tenant compte des projets d'EnR développés entre 2010 et 2018 et les projets prévus pour aboutir d'ici 2020, dont le scénario minimum doit aussi tenir compte.

Le secteur des déchets, par l'action-type de mise en place d'une politique incitative à la levée ou au poids, n'est pas présentée ici, le territoire étant déjà engagé dans ce type de démarche pour tout son territoire.

Hypothèses retenues pour la construction du scénario minimum

	actions-types sélectionnée parmi celles proposées dans l'outil PROSPER	nombre d'unités considérées pour la définition du potentiel de réduction théorique	impact de l'action unitaire		
			énergie	GES	air
HABITAT	Rénovation au niveau BBC de l'ensemble du parc de logement peu performant permet des diminutions de 70% des besoins de chauffage (78% pour le collectif), de 20% des besoins en ECS, de 5% des besoins en climatisation, de 10% des besoins pour les autres usages (cuissons, électricité spécifique..).	7591 résidences principales rénovées en BBC : - 6245 maisons individuelles (74% avant 1990) - 473 logements collectifs (72% avant 1990) - 873 logements HLM (90% avant 1999)	X	X	X
	Rénovation légère (niveau tendanciel) à raison de 2% du parc de logements par an	2233 résidences principales en rénovation légère : - 1859 maisons individuelles - 143 logements collectifs - 231 logements HLM	X	X	X
	Chauffage bois performant : Substitution de tous les foyers ouverts à bois par des installations bois performantes	314 foyers ouverts 1846 logements chauffés au bois en chauffage principal (source insee 2011) et 17% de foyers ouverts parmi les installations bois-énergie dans l'habitat en France en 2012, selon une étude ADEME	X		X
	Substitution des chaudières fossiles émettrices par une pompe à chaleur.	3016 substitutions de systèmes - 2612 logements chauffés au fioul - 404 logements chauffés au propane (insee 2011)	X	X	X
TERTIAIRE	Rénovation au niveau BBC de l'ensemble des bâtiments tertiaires	100 % du bâti public rénové BBC, à savoir : - 39 800 m ² pour l'enseignement (21.5%) - 2 870 m ² pour la santé et l'action sociale publique (1.5%) - 13 400 m ² pour l'administratif (7.2%) - 38 800 m ² d'autres bâtiments publics locaux (21%) - 89 900 m ² d'autres bâtiments tertiaires (privés) (48.7%)	X	X	X
	Eclairage public	extinction nocturne de 533 foyers (on estime à 80% le taux d'éclairage semi-permanent des 2665 foyers) 157 foyers passés en LED (foyers connus sur les communes dont la puissance moyenne par foyer est supérieure à 150 W)	X	X	
	Substitution des chaudières fossiles émettrices par une pompe à chaleur	100% du tertiaire public local concerné, soit 68700 m ² 100% des autres bâtiments tertiaires concernés, soit 58800 m ² (données Prosper)	X	X	X
INDUSTRIE	Diminution de consommation (taux correspondant aux objectifs fixés par certaines opérations collectives de l'ADEME)	20% d'efficacité énergétique pour toutes les industries (à partir des estimations de consommation 2014 par Prosper), soit une économie de 8.8 GWh/an: - 5 GWh/an de consommations électriques en moins - 3.8 GWh/an de consommations de gaz en moins	X	X	X

MOBILITE	<p>Mobilité locale : Diminution du nombre de voyageur.km selon les hypothèses du scénario NègaWatt, réalisé par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le développement du covoiturage induisant une réduction des km parcourus par des véhicules particuliers (=véhicules conducteurs) afin de tendre vers une hypothèse haute en termes de taux d'occupation des véhicules (2,4) pour les déplacements quotidiens - Le développement de l'usage des transports en commun et mode doux en substitution des déplacements en voiture afin d'atteindre des parts modales volontaristes adaptées aux caractéristiques moyennes du territoire 	<p>76 456 milliers de voyageurs.km en moins (réduction d'un tiers de la mobilité locale, estimée à 229 millions de voyageurs.km en 2014), avec la création de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 16.4 km de pistes cyclables - 16.1 km de nouvelles lignes de bus - 2.7 km de nouvelles lignes de tramway 	X	X	X
AGRICULTURE	<p>Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substitution de l'azote minéral de synthèse par l'azote des produits organiques sur toutes les surfaces de grandes cultures (sauf surfaces de protéagineux) - Accroissement et maintien des légumineuses dans l'ensemble des prairies temporaires - Augmentation de la surface en légumineuses à graines en grande culture de façon à couvrir les besoins de l'ensemble des vaches laitières 	<ul style="list-style-type: none"> - 17 994 ha de SAU exploitées en grandes cultures (hors surfaces en protéagineux) - 3 104 ha de prairies temporaires - 1 823 ha de légumineuses nécessaires à l'autonomie alimentaire de 10 329 vaches laitières 	X	X	X
	<p>stockage des effluents d'élevage : Couverture des fosses à lisier et installation de torchères pour l'ensemble des exploitations laitières</p>	10 329 vaches laitières		X	X
	<p>Développement du stockage de carbone dans la biomasse et les sols :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Développement des techniques culturales sans labour et introduction des cultures intermédiaires dans les systèmes de grande culture - Implantation d'arbres au sein des parcelles agricoles ou à leur périphérie (haies) pour tous les îlots de plus de 10 ha, à raison de 60 ou 100 mètres linéaires de haies par ha, soit de l'équivalent de deux haies de 400 ml de long (environ 80ml/ha) - Optimisation de la gestion des prairies permanentes et temporaires en accroissant la durée d'exploitation des prairies temporaires et en intensifiant de façon modérée les prairies permanentes 	<ul style="list-style-type: none"> - 19 816 ha de SAU exploitées en grandes cultures - au moins 5 750 ha de SAU constitués par des îlots de plus de 10 ha (estimation fournie par la Chambre d'agriculture), soit un potentiel de 460 km de nouvelles haies - 12 527 ha de prairies permanentes et temporaires 	X	X	

2. Résultats des potentiels de réduction

Tableau de synthèse

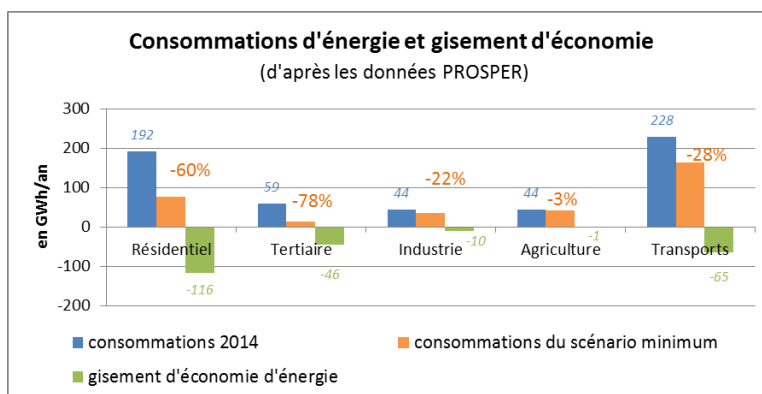
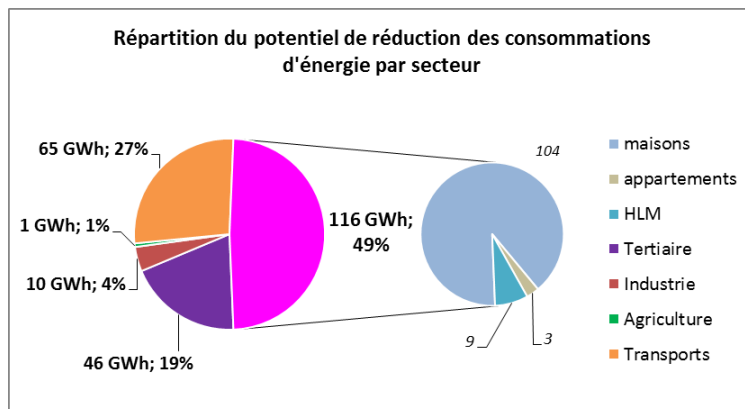
Les données d'état initial indiquées dans ce tableau sont des données de consommation ou d'émissions annuelles estimées sur le territoire par PROSPER. Les données de potentiels de réduction sont les résultantes d'une différence entre les données d'état initial et les estimations des consommations et émissions annuelles modélisées par PROSPER suite à l'application des hypothèses ci-dessus. Ces valeurs potentielles sont positives, car elles définissent un gisement d'économies.

Secteur d'activités	Consommations d'énergie		Emissions de GES		Emissions de polluants atmosphériques	
	état initial 2014	Potentiel de réduction théorique	état initial 2014	Potentiel de réduction théorique	état initial 2014	Potentiel de réduction théorique
Habitat	192 GWh 174 GWh dans les maisons 6 GWh dans le collectif privé 12 GWh dans le logement social	116 GWh (-60%) 104 GWh dans les maisons 3 GWh dans le collectif privé 9 GWh dans le logement social	29 kteqCO2	21 kteqCO2 (-74%)	COVNM 112t NH3 0t NOX 25t PM10 52t PM2.5 50t SO2 9t	COVNM 63t (-56%) NH3 0t NOX 19t (-78%) PM10 37t (-72%) PM2.5 36t (-72%) SO2 9t (-100%)
Tertiaire	59 GWh 24 GWh dans les bâtiments publics 2 GWh dans l'éclairage public 33 GWh dans le tertiaire privé et hors local	46 GWh (-78%) 21 GWh dans les bâtiments publics 0 GWh dans l'éclairage public 25 GWh dans le tertiaire privé et hors local	9 kteqCO2	9 kteqCO2 (-97%)	COVNM 1t NOX 8t PM10 1t PM2.5 1t SO2 0t	COVNM 0t (-48%) NOX 8t (-100%) PM10 1t (-100%) PM2.5 1t (-100%) SO2 0t
Mobilité	228 GWh	65 GWh (-28%)	57 kteqCO2	18 kteqCO2 (-31%)	COVNM 32t NH3 6t NOX 462t PM10 48t PM2.5 34t SO2 1t	COVNM 27t (-86%) NH3 2t (-29%) NOX 20t (-4%) PM10 2t (-5%) PM2.5 2t (-6%) SO2 <1t (-14%)
	Transports routiers*				COVNM 32t NH3 6t NOX 462t PM10 48t PM2.5 34t SO2 1t	COVNM 27t NH3 2t NOX 20t PM10 3t PM2.5 3t SO2 <1t
	199 GWh	67 GWh	50 kteqCO2	18 kteqCO2	COVNM 0t NOX 0t PM10 0t PM2.5 0t SO2 0t	Non évalué
Mobilité	Transports non routiers*				COVNM 0t NOX 0t PM10 0t PM2.5 0t SO2 0t	Non évalué
	29 GWh	-2 GWh	7 kteqCO2	Non évalué		
Industrie	44 GWh	10 GWh (-22%)	8 kteqCO2	1 kteq CO2 (-14%)	COVNM 102t NOX 6t PM10 12t PM2.5 5t SO2 6t	COVNM 0t NOX 1t (-13%) PM10 0t (-0%) PM2.5 0t (-0%) SO2 0t (-0%)
Agriculture (inclut les autres sources et puits)	44 GWh	1 GWh (-3%)	145 kteqCO2	49 kteq CO2 (-34%) dont 45 kteq CO2 de séquestration	COVNM 15t NH3 1150t NOX 189t PM10 121t PM2.5 38t	COVNM <1t (-2%) NH3 0t NOX 2t (-1%) PM10 0t (-0%) PM2.5 0t (-0%)
Déchets	0 GWh	0 GWh	10 kteq CO2	Non évalué	COVNM 7t NH3 0t NOX 0t PM10 3t PM2.5 3t	Non évalué
TOTAL	567 GWh	238 GWh (-42%)	258 kteqCO2	98 kteqCO2 (-38%)	COVNM 273t NH3 1156t NOx 691t PM10 236t PM2.5 130t SO2 16t	COVNM 91t (-33%) NH3 2t (<-1%) NOX 49t (-7%) PM10 41t (-17%) PM2.5 39t (-30%) SO2 9t (-59%)

* Méthode cadastrale pour les polluants

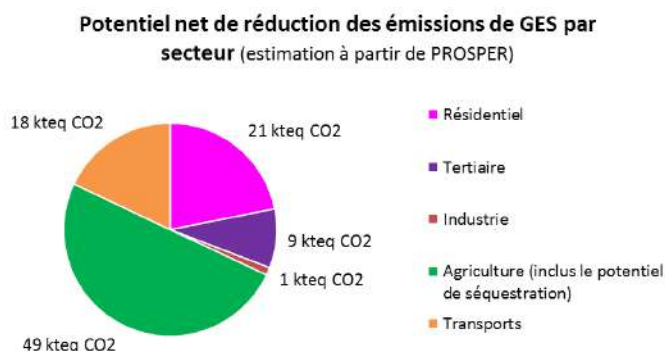
Potentiel d'économie d'énergie

Le potentiel d'économie d'énergie est estimé à **238 GWh**, soit une baisse de **42% des consommations** de 2014. En valeur absolue, le secteur ayant le plus fort potentiel de réduction est celui du résidentiel. Les maisons individuelles portent presque 90% de ce potentiel. Toutefois, c'est le tertiaire qui a le plus fort taux de réduction potentiel (-78%).



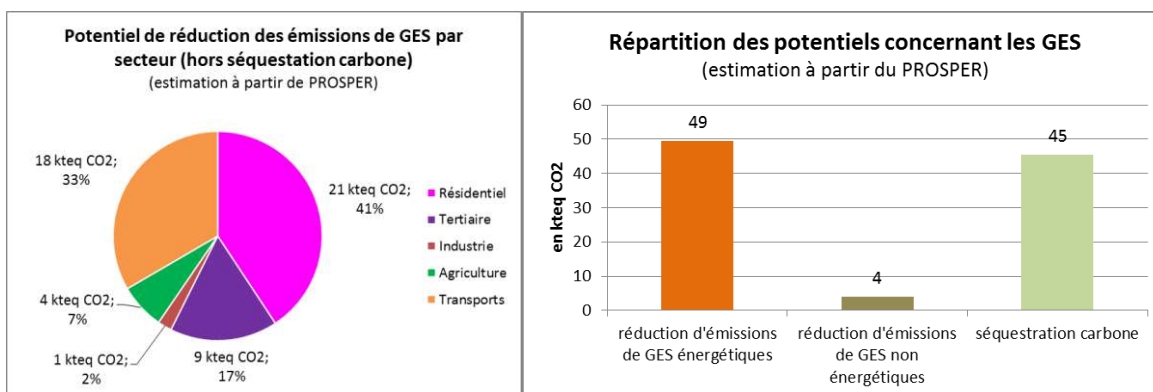
Potentiel de réduction d'émissions de GES et potentiel de séquestration carbone

Le potentiel de réduction supplémentaire de GES est estimé à **98 kteq CO2**, soit une baisse de **38% des émissions** de GES de 2014.

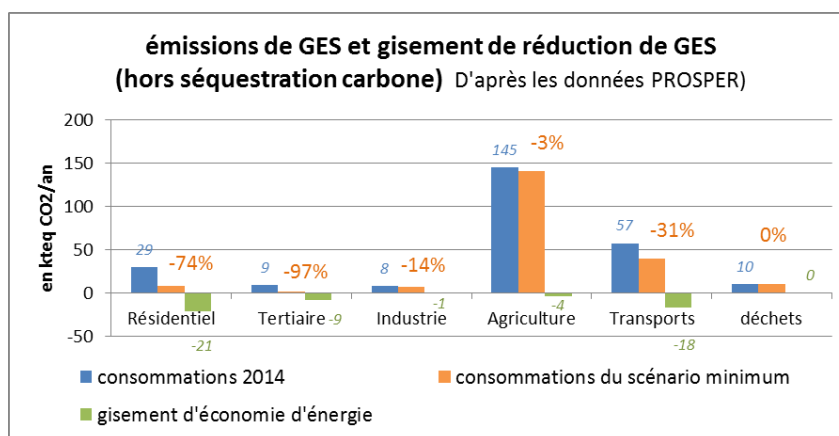


Le secteur ayant le plus fort potentiel est l'agriculture, avec 49 kteq CO2, dont **45 kteq CO2 de potentiel de séquestration carbone**. Ajouté au bilan net de séquestration carbone actuel, soit 20.5 kteq CO2 stockés en moyenne chaque année, le potentiel de séquestration s'élève à 65.5 kteq CO2/an, soit un quart des émissions actuelles.

Si on traite la séquestration carbone séparément, le potentiel de réduction de GES n'est que de **53 kteq CO₂**, soit **20% des émissions totales de GES**.



C'est le résidentiel qui a le plus fort potentiel de réduction de GES en valeur (41% du potentiel), mais c'est le tertiaire qui a le plus fort taux de réduction potentiel (-97%).



résultats bruts sur le potentiel de réduction des GES	données GES			
	situation initiale 2014 en kteq CO ₂	scénario min 2020 en kteq CO ₂	potentiel de réduction	
			en %/2010	en kteq CO ₂
Résidentiel	29	8	-74%	21 kteq CO ₂
<i>énergétique</i>	27	5		21
<i>non énergétique</i>	3	3		0
Tertiaire	9	0	-97%	9 kteq CO ₂
<i>énergétique</i>	8	-1		9
<i>non énergétique</i>	1	1		0
Industrie	8	7	-14%	1 kteq CO ₂
<i>énergétique</i>	6	4		1
<i>non énergétique</i>	2	2		0
Agriculture	145	141	-3%	4 kteq CO ₂
<i>énergétique</i>	10	10		0
<i>non énergétique</i>	134	131		3
Autres sources et puits	0	-45	0%	45 kteq CO ₂
<i>énergétique</i>	0	0		0
<i>non énergétique</i>	0	-45		45
Transports	57	40	-31%	18 kteq CO ₂
<i>énergétique</i>	57	40		18
<i>non énergétique</i>	0	0		0

Un territoire au potentiel de réduction de GES insuffisant pour atteindre le facteur 4

Le SRCAE élaboré en 2012 par la région Basse Normandie estime une baisse des émissions de GES de -7% à l'échelle régionale entre 1990 et 2009. Appliqué à Pré-Bocage Intercom, cela nous permet d'estimer la quantité d'émissions de GES en 1990 sur le territoire, à savoir environ 275 kteq CO₂. Pour atteindre le facteur 4 (réduction par 4 des émissions de GES entre 1990 et 2050, c'est-à-dire une baisse de 75%), il faudrait plafonner les émissions de GES à 70 kteq CO₂/an en 2050 et réaliser ainsi une baisse de 188 kteq CO₂ par rapport aux émissions de 2014. Le potentiel de réduction calculé pour PBI est de $98+20.5 = 118.5$ kteq CO₂.

Cette estimation montre que le potentiel de réduction de GES du territoire ne représente que 63% du facteur 4 quand on intègre la séquestration carbone.

Potentiel d'augmentation des capacités de stockage de carbone grâce à la construction bois

Aucune action type de PROSPER n'existe pour la séquestration carbone liée à la construction bois. Pour évaluer ce potentiel, nous utilisons le tableur Excel créé par Energies Demain pour l'ADEME Basse-Normandie, estimant les quantités de GES stockées⁶ et évitées⁷ en fonction de 3 niveaux de contenance en bois des constructions (extrait des résultats et références utilisées par l'outil **en annexe**).

Hypothèses pour quantifier le nombre potentiel de nouvelles maisons individuelles :

Le PADD du SCoT du Pré-Bocage a pour objectif une augmentation de population de +17,5% à l'horizon 2030 par rapport à 2010, soit près de 4345 habitants supplémentaires. En considérant une taille des ménages de 2.5, cela donne une augmentation du nombre de logements d'environ 1700 logements. En conservant les ratios actuels, à savoir 89% de maisons individuelles, cela donnerait un objectif de **1500 maisons individuelles supplémentaires**.

Résultats :

Comparativement à la même quantité de surface SHON produite avec une contenance moyenne en bois, la construction de 1500 maisons individuelles de 100m² avec un fort niveau de contenance en bois permet de stocker 9 000 teq CO₂ supplémentaires et d'éviter les émissions de 7 200 teq CO₂, soit un gain total par rapport de 16 200 teq CO₂ sur la période 2010-2030. **Augmenter la contenance en bois des nouveaux logements permettrait donc potentiellement d'éviter 810 teq CO₂/an**. Ce potentiel correspond à 3% des émissions de GES 2014 du secteur de l'habitat. Ce potentiel de séquestration carbone dans l'habitat reste négligeable comparativement au potentiel de séquestration carbone dans l'agriculture. Toutefois, les actions de promotion de l'éco-construction et du bois construction en particulier restent des actions à promouvoir, dans la mesure où elles contribuent à réduire les émissions de GES, à l'amélioration de la qualité de l'air intérieur en utilisant des matériaux sains et que ces filières contribuent à l'autonomie des territoires et à l'emploi local.

Potentiel de réduction des émissions de polluants atmosphériques

Les potentiels de réduction en polluants atmosphériques portent principalement sur le SO₂ (-59%), les COVnm (-33%) et les PM_{2.5} (-30%).

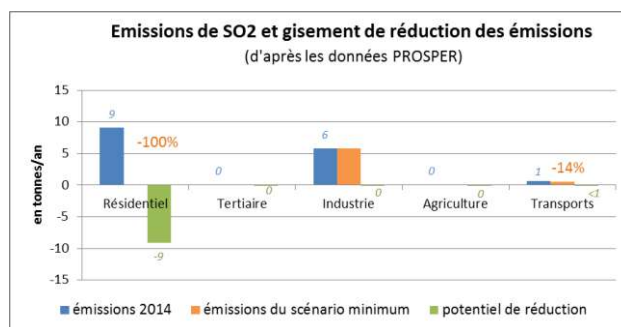
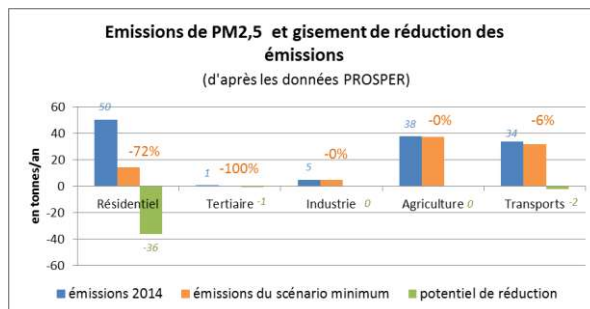
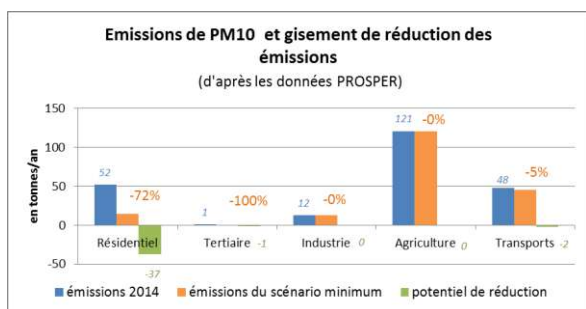
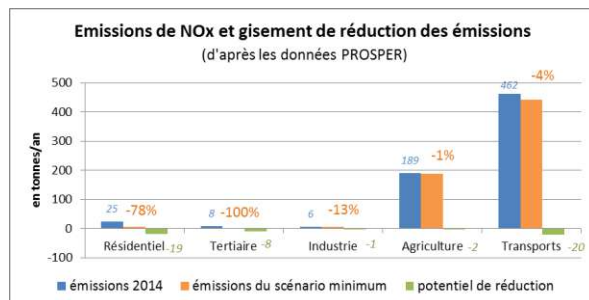
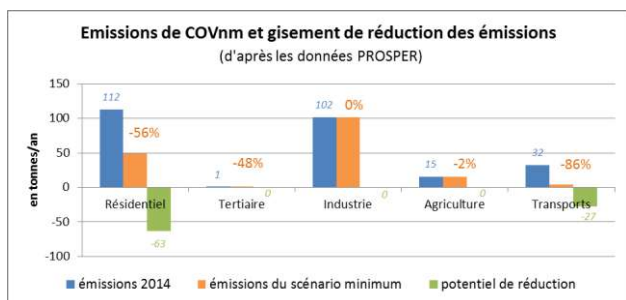
⁶ émissions de GES stockées dans bois constitutif des bâtiments, c'est à dire, le carbone qui a été absorbé par les arbres lors de leur croissance afin de fabriquer leur bois. Il est considéré qu'un mètre cube de bois de construction a absorbé 1 tonne de CO₂

⁷ émissions de GES « non émises » ou « évitées » par les économies d'énergie générées par la substitution du bois à d'autres matériaux de construction plus consommateurs d'énergie (en considérant qu'1 m³ de bois représente une économie de 0,8 tonne de CO₂)

L'ammoniac est le polluant pour lequel le potentiel de réduction calculé ici est le plus faible. Cela s'explique par le fait que l'impact sur les polluants pour des actions non énergétiques n'est pas évalué, alors que cela représente 99% des émissions de NH3.

Les potentiels de réduction des émissions de certains polluants, notamment le NH3 (>99% des émissions sont d'origine non énergétique), les PM10 (63% des émissions sont d'origine non énergétique) et les COVnm (44% des émissions sont d'origine non énergétique) sont, de fait, sous-estimés.

On remarque que les taux potentiels de réduction des polluants ne sont pas corrélés aux taux potentiels de réduction des consommations d'énergie.



Comparaison avec les objectifs du PREPA :

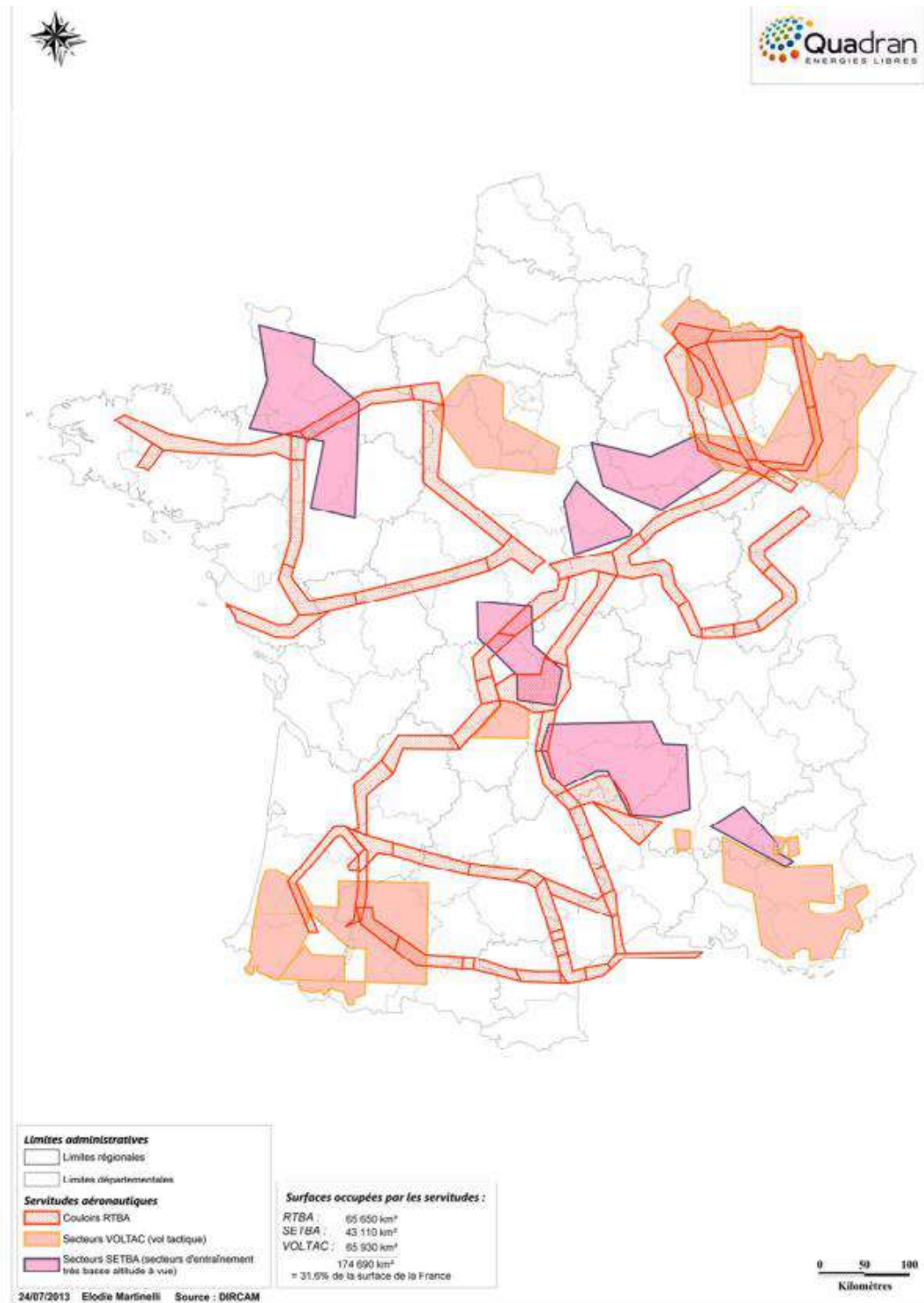
type de polluant	émissions 2005 sur PBI	émissions 2014 sur PBI	évolution 2014 /2005	émissions scénario minimum	évolution scénario minimum /2005	Objectif 2005/2030 PREPA
	en tonnes (données ORECAN)	en tonnes (données ORECAN)		en tonnes (données PROSPER)	en tonnes (données PROSPER)	
SO2	103	16	-84%	7	-94%	-77%
NOx	984	691	-30%	641	-35%	-69%
COVnm	1109	273	-75%	182	-84%	-52%
PM2.5	184	130	-29%	91	-50%	-57%
NH3	1312	1156	-12%	1154	-12%	-13%

Le potentiel de réduction estimé ici montre que les objectifs 2030 du PREPA ne pourront en aucun cas être atteints pour les NOx sur le territoire de Pré-Bocage Intercom, même avec une action importante sur les émissions non énergétiques (non évaluées dans ce scénario minimum), puisque celles-ci ne représentent que 13% des émissions de NOx.

L'atteinte des objectifs pour les PM2.5 et le NH3 est par contre dépendante de mesures importantes de réduction des émissions non énergétiques.

Annexes

Carte des SETBA en France



Outil de prospective énergétique PROSPER

L'outil de prospective énergétique PROSPER est un outil co-édité par le bureau d'étude Energies Demain et par le syndicat d'énergie de la Loire (SIEL42). Il a été acquis par les 5 syndicats d'énergie normands et mis à disposition des EPCI à fiscalité propre en vue de l'élaboration des PCAET.

1. Principes de fonctionnement de l'outil

PROSPER permet d'évaluer l'impact de plans d'actions qui seraient mis en œuvre sur un territoire donné jusqu'en 2050, sur les indicateurs suivants :

- consommations d'énergie,
- production d'énergies renouvelables,
- émissions de gaz à effet de serre
- émissions de polluants atmosphériques
- facture énergétique du territoire
- coûts d'investissement et d'exploitation et recettes générés sur le territoire
- création d'emplois ponctuels ou pérennes.

Pour cela PROSPER tient compte de 3 types de données :

- **l'état des lieux climat air énergie** du territoire considéré: consommations d'énergie, émissions de gaz à effet de serre, émissions de polluants atmosphériques et production d'énergie renouvelable actuelles.
- les **caractéristiques du territoire** considéré: population, taille du parc de bâtiments, mix énergétique, mobilité des habitants et usagers...
- **l'évolution tendancielle des caractéristiques du territoire** : évolution démographique, évolution des usages, évolution des réglementations et des filières...

Ces plans d'actions prennent la forme de scénarios constitués d'un ensemble d'actions-types saisies par l'utilisateur, par exemple « rénovation thermique niveau BBC de maisons individuelles », « création de km de pistes cyclables » ou encore « création d'installations photovoltaïques sur grande toiture ». Il est aussi possible d'ajouter des actions génériques pour prendre un compte des actions qui ne seraient pas présentes dans l'outil.

Pour construire un scénario, l'utilisateur doit indiquer combien de fois l'action doit être réalisée annuellement, par période de 5 ans ou par période de 10 ans, jusqu'en 2050.

Les scénarios construits peuvent être comparés entre eux ainsi qu'à un scénario d'évolution tendancielle.

Principales actions présentes dans l'outil PROSPER	
<p>MOBILITE</p> <p>Covoiturage et autopartage Mise en place d'un service de covoiturage « entreprise » avec communication et animation importante Mise en place d'un service de covoiturage « tout public local » avec communication et animation importante Service d'autopartage</p> <p>Politique cyclable Piste cyclable Vélos en libre service</p> <p>Transport en commun Changement de motorisation - Acquisition de bus électriques Changement de motorisation - Acquisition de bus GNV Nouvelles lignes - Bus classique Nouvelles lignes - Bus en site propre Nouvelles lignes - Tramway Offres de transport à la demande</p> <p>Véhicules électriques et GNV Acquisition de véhicules - Véhicules électriques Acquisition de véhicules - Véhicules GNV Bornes de recharge électrique - Borne privée lente Bornes de recharge électrique - Borne publique accélérée Bornes de recharge électrique - Borne publique rapide Mise en place d'une station GNV véhicules légers</p> <p>Autres mesures Mobilité locale - Augmentation du flux de voyageurs circulant en bus Mobilité locale - Augmentation du flux de voyageurs circulant en train Mobilité locale - Diminution des trajets en voitures Mobilité longue distance - Augmentation du flux de voyageurs circulant en car Mobilité longue distance - Augmentation du flux de voyageurs circulant en train Mobilité longue distance - Diminution des trajets en voitures</p> <p>Transport de marchandises</p> <p>Substitution énergétique Mise en place d'une station GNV poids lourds Substitution de carburants par de l'électrique Substitution de carburants par du GNV</p>	<p>AGRICULTURE</p> <p>Diminuer les apports de fertilisants minéraux azotés Accroître et maintenir des légumineuses dans les prairies temporaires Augmenter la surface en légumineuses à graines en grande culture Réduire la dose d'engrais minéral Substituer l'azote minéral de synthèse par l'azote des produits organiques</p> <p>Modifier la ration des animaux Réduire les apports protéiques dans les rations animales (porcins) Réduire les apports protéiques dans les rations animales (vaches laitières) Substituer des glucides par des lipides insaturés et ajouter un additif dans les rations des ruminants</p> <p>Stockage des effluents d'élevage Couvrir les fosses à lisier et installer des torchères (porcins) Couvrir les fosses à lisier et installer des torchères (vaches laitières)</p> <p>Substitution énergétique Substitution d'énergies fossiles par d'autres EnR (hors méthanisation) Substitution d'énergies fossiles par du bois-énergie Substitution d'énergies fossiles par du solaire thermique</p>
<p>LOGEMENTS</p> <p>Actions de sensibilisation Espace Info Energie (particuliers) Famille à Energies positives (particuliers)</p> <p>Renouvellement de systèmes Chaudière fossiles Système bois Tous systèmes confondus</p> <p>Rénovation thermique BBC Logements collectifs (hors HLM) Logements HLM Maisons individuelles (hors HLM)</p> <p>Rénovation thermique légère Logements collectifs (hors HLM) Logements HLM Maisons individuelles (hors HLM)</p> <p>Rénovation thermique modeste Logements collectifs (hors HLM) Logements HLM Maisons individuelles (hors HLM)</p> <p>Substitution de chaudières fossiles Par une chaudière bois Par une pompe à chaleur</p> <p>Substitution de systèmes électriques Par une chaudière bois Par une pompe à chaleur</p>	<p>INDUSTRIE</p> <p>Substitution énergétique Substitution d'énergies fossiles par de la chaleur fatale Substitution d'énergies fossiles par des énergies renouvelables (hors bois)</p>
<p>TERTIAIRE PUBLIC LOCAL</p> <p>Conseiller en énergie partagé Préconisations de rénovation et changement de système des bâtiments Préconisations sur l'éclairage public Réglages et optimisation du chauffage</p> <p>Eclairage public Dispositifs d'optimisation de l'éclairage public Extinction nocturne de l'éclairage</p>	<p>ENERGIES RENOUVELABLES</p> <p>Agrocarburant Production locale d'agrocarburant liquide (filiales huile, alcool,....)</p> <p>Bois Energie Chaufferie bois intermédiaire sur réseau - Chaufferie bois supplémentaire avec création / extension d'un réseau de chaleur Chaufferie bois intermédiaire sur réseau - Substitution d'une</p>

<p>Rénovation de l'éclairage public</p> <p>Renouvellement de systèmes Chaudière fossiles Système bois Tous systèmes confondus</p> <p>Rénovation thermique BBC Autres bâtiments publics locaux Bâtiments d'administration Bâtiments de santé et d'action sociale Bâtiments d'enseignement</p> <p>Rénovation thermique légère Autres bâtiments publics locaux Bâtiments d'administration Bâtiments de santé et d'action sociale Bâtiments d'enseignement</p> <p>Rénovation thermique modeste Autres bâtiments publics locaux Bâtiments d'administration Bâtiments de santé et d'action sociale Bâtiments d'enseignement</p> <p>Substitution de chaudières fossiles Par une chaudière bois Par une pompe à chaleur</p> <p>Substitution de systèmes électriques Par une chaudière bois Par une pompe à chaleur</p> <p>Tertiaire autre</p> <p>Renouvellement de systèmes Chaudière fossiles Système bois Tous systèmes confondus</p> <p>Rénovation thermique BBC Autres bâtiments tertiaires</p> <p>Rénovation thermique légère Autres bâtiments tertiaires</p> <p>Rénovation thermique modeste Autres bâtiments tertiaires</p> <p>Substitution de chaudières fossiles Par une chaudière bois Par une pompe à chaleur</p> <p>Substitution de systèmes électriques Par une chaudière bois Par une pompe à chaleur</p>	<p>chaufferie fossile existante par une chaufferie bois</p> <p>Cogénération bois industrielle Grande chaufferie bois sur réseau - Chaufferie bois supplémentaire avec création / extension d'un réseau de chaleur Grande chaufferie bois sur réseau - Substitution d'une chaufferie fossile existante par une chaufferie bois Petite chaufferie bois pour bâtiment public</p> <p>Géothermie Centrale géothermique intermédiaire sur réseau - Centrale géothermique supplémentaire avec création / extension d'un réseau de chaleur Centrale géothermique intermédiaire sur réseau - Substitution d'une chaufferie fossile existante par une centrale géothermique Grande centrale géothermique sur réseau - Centrale géothermique supplémentaire avec création / extension d'un réseau de chaleur Grande centrale géothermique sur réseau - Substitution d'une chaufferie fossile existante par une centrale géothermique Petite centrale géothermique pour bâtiment public</p> <p>Méthanisation A la ferme (cogénération) A la ferme (production électrique uniquement) Avec injection de biogaz Cogénération en ajout au réseau Cogénération en substitution d'anciennes chaufferies Production locale de bioGnV</p> <p>Solaire photovoltaïque Centrale au sol Installation individuelle ou sur petite toiture collective Installation sur grande toiture</p> <p>Solaire thermique Chauffe-eau solaire collectif Chauffe-eau solaire individuel</p> <p>Autres énergies Eolienne - Grande éolienne terrestre Eolienne - Petite éolienne à axe verticale Eolienne en mer Micro-hydroélectricité</p>
<p>DECHETS ET EAUX USEES</p> <p>Politique d'incitation Tarification incitative levée & poids Tarification incitative levées / dépôts</p>	<p>SEQUESTRATION CARBONE</p> <p>Stockage de carbone dans le sol Développer l'agroforesterie et les haies Développer les techniques culturales sans labour Introduire des cultures intermédiaires dans les systèmes de grande culture Optimiser la gestion des prairies</p>

S'ajoutent à ces actions de nombreuses actions génériques qui permettent de saisir directement pour chaque secteur d'activités une augmentation ou une diminution :

- des consommations des différentes énergies
- des émissions des différents polluants
- des coûts d'exploitation ou d'investissement
- du nombre d'emplois
- de la séquestration de carbone

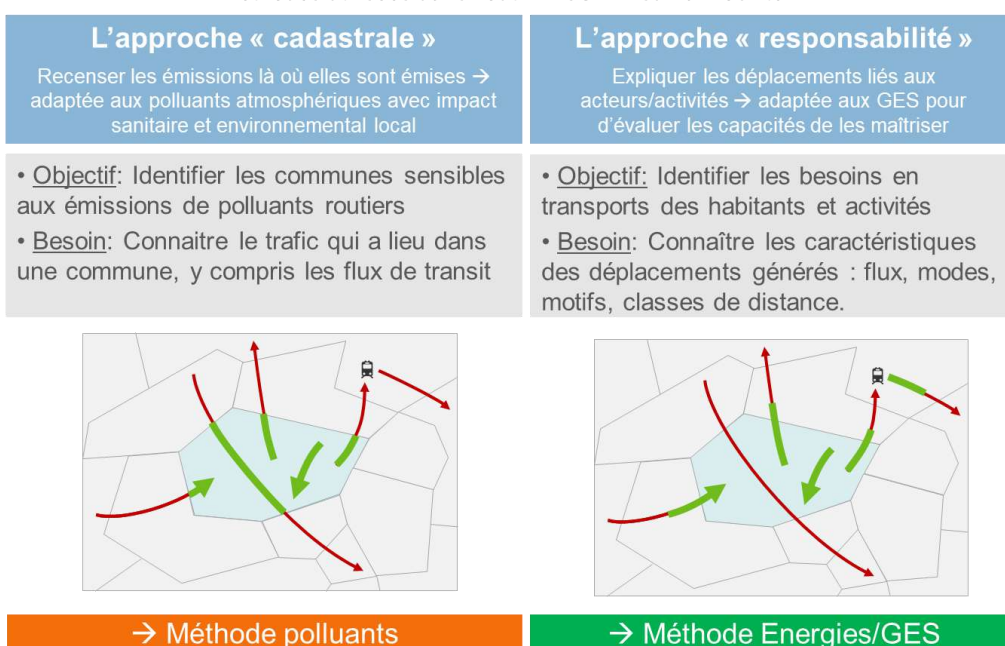
2. Sources des données utilisées dans PROSPER

a) Données d'état des lieux climat-air-énergie :

L'outil PROSPER est initialisé sur la base des données climat-air-énergie fournies par l'ORECAN. Cependant, certaines différences peuvent apparaître :

- Pour des raisons de **secret statistique**, l'ORECAN n'a pu fournir aux territoires certaines données, notamment dans l'industrie. L'outil PROSPER a donc reconstitué ces consommations d'énergie pour pallier ce manque.
- Les consommations **d'énergies non conventionnelles** (renouvelables ou non) ne peuvent être intégrées dans PROSPER, de même que les émissions de GES du secteur déchet fournies par l'ORECAN.
- Concernant la **mobilité**, l'ORECAN ne fournissant pas les données relatives au transport non routier, une autre modèle d'évaluation des données climat-air-énergie de l'ensemble des transports routiers et non routiers a dû être utilisée pour l'énergie et les GES : les modèles ENERTER Mobilité© et ENERTER Fret©, développés par le bureau d'études Energies Demain. Ces modèles sont basés sur une méthode dite « de responsabilité ». Pour les polluants, c'est une méthode cadastrale qui est utilisée.

Méthodes utilisées dans l'outil PROSPER sur la mobilité



b) Données sur les caractéristiques actuelles du territoire (données « Parc »)

La scénarisation dans PROSPER est construite sur la base d'une situation initiale décrivant les caractéristiques du territoire, dont les sources sont précisées dans le tableau suivant :

secteur	Principales caractéristiques de la situation initiale	principales sources de données
RESIDENTIEL	nombre de logements, répartition entre logements individuels/collectifs privés/HLM	Recensement RGP ⁸ 2013 de l'INSEE
TERTIAIRE	Surfaces tertiaires par typologie	Dénombrement des établissements INSEE 2008, Base permanente des établissements INSEE 2008 Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux (FINESS) du ministère de la santé et des sports, Recensement des équipements sportifs, Ministère de la jeunesse et des sports, Repères et références statistiques de 2009 du Ministère de

⁸ <https://www.insee.fr/fr/information/2409289>

		l'éducation nationale, recensement des points de vente de l'INSEE, enquête Capacité des communes en hébergement touristique de 2010 de l'INSEE...
ECLAIRAGE PUBLIC	Nombre de points lumineux	SDEC ENERGIE
INDUSTRIE	Typologie des industries présentes et nombre de salariés	Base SIRENE
AGRICULTURE	Surfaces agricoles utiles (SAU) par affectation et Unité gros bétail (UGB)	Base DISAR du Service Statistique et de la Prospective du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (recensement des SAU et UGB à la maille communale) AGRESTE
TRANSPORT DE PERSONNES (mobilité locale)	voyageur.km/an parcours par modes entrant/sortant/internes au territoire	Enquête ⁹ nationale transports et déplacements (ENTD) 2008 Reconstitution de la mobilité et imputation aux communes d'habitation et d'emplois (approche non cadastrale), Fichiers MOBPRO et MOBSCO (INSEE)
TRANSPORT DE PERSONNES (mobilité longue distance)	voyageur.km/an parcours par modes entrant/sortant/internes au territoire	Enquête nationale transports et déplacements (ENTD) 2008 Enquête STD « Suivi de la demande touristique en 2006 » (DGIS), Application d'un distancier national et international
FRET	tonnes.km/an par modes	Données rassemblées dans SITRAM ¹⁰ National 2006 : fichiers TRM (Transport Routier de Marchandises), données SNCF, fichier VNF (mode fluvial) Fichiers douanes Statistiques de l'UAF (Union des Aéroports Français) Ministère de la mer et du littoral Eurostat Centre d'études prospectives et d'informations internationales (CEPII)
PRODUCTION D'ENERGIE	en MW	données ORECAN, Syndicats d'énergie, ENEDIS

c) Données sur l'évolution tendancielle du territoire (évolution du « parc »)

secteur	principales sources de données
RESIDENTIEL	Scénario Central de l'INSEE (OMPHALE) -> évolution population Diverses études sur l'évolution du mix énergétique pour le chauffage et ECS et pour la performance des équipements Base de données sit@del du service de l'observation et des statistiques du ministère de la transition écologique et solidaire
TERTIAIRE	Scénario Central de l'INSEE (OMPHALE) -> évolution population Etude « Réalisation d'un modèle d'évaluation de l'efficacité des dispositifs de politique publique incitant à la baisse des consommations énergétiques du parc de bâtiments tertiaires », Energies demain, CGDD 2014
ECLAIRAGE PUBLIC	Scénario Central de l'INSEE (OMPHALE) -> évolution population
INDUSTRIE	Evolutions des consommations unitaires des IGCE (Industries Grandes Consommatrices d'Énergies) et de l'industrie diffuse pour les usages thermiques (à partir du scénario AME 2016-17)
AGRICULTURE	Pas d'évolution tendancielle considéré

⁹ Description de l'enquête et de sa méthodologie, disponible ici : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclature/1543/139/enquete-nationale-transports-deplacements-entd-2008.html>

¹⁰ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-11/sitram-metadonnees.pdf>

TRANSPORT PERSONNES	DE	Scénario Central de l'INSEE (OMPHALE) -> évolution population Evolution de la performance des moteurs tenant compte de l'évolution des réglementations, selon le scénario prospectif AME de la DGEC
FRET		Etude PREDIT : Cinq scénarios pour le fret et la logistique en 2040
PRODUCTION D'ENERGIE		Pas d'évolution tendancielle considérée afin de valoriser l'ensemble des actions locales dans le plan d'action du PCAET
PRIX DES ENERGIES		Fioul, charbon et gaz : IEA assumptions 2017 (Scénario RTS « sans baisse de la demande ») Electricité : ADEME 80% EnRE Evolution de la taxe carbone : Ministère de la transition écologique et solidaire, Analyse Carbone 4, Rapport de commission CAS, « La valeur tutélaire du carbone »

d) Données sur l'impact des actions saisies

De multiples sources de données sont utilisées pour évaluer les impacts de chaque action-type saisie dans l'outil :

- Sources bibliographiques dépendantes de l'action : Un catalogue des actions avec l'ensemble des méthodes et sources utilisées est disponible sur demande, pour les services instructeurs, auprès du SDEC ENERGIE
- Méthode respectant les préconisations de l'ADEME *Quantifier l'impact GES d'une action de réduction des émissions (V2)*
- Impact sur les émissions de polluants calculé sur la base des facteurs OMINEA (ATMO) et à défaut EMEP/EEA 2016 (Base UE)
- Cout estimé sur panel de projets
- Traduction en emplois générés déclinés de l'outil TETE (*Transition Energétique Territoire Emplois, réalisé par le RAC et l'ADEME*)

De manière générale, PROSPER évalue l'impact de l'ensemble des actions à l'exception des points suivants :

- L'impact des actions sur les émissions de polluants atmosphériques n'est évalué que pour les polluants issus de sources énergétiques (ex : combustion d'énergies fossiles dans les bâtiments ou les véhicules) ou liés à des usages énergétiques (ex : usure des freins et pneus des déplacements). Ainsi l'impact sur le NH3 des actions non énergétiques menées dans le domaine agricole n'est pas évalué. Par contre, il est possible d'intégrer directement des émissions de NH3.
- l'impact économique (facture, coûts et recettes d'exploitation, emplois) n'est pas évalué sur toutes les actions.

Tableur Excel de la contribution carbone des constructions bois

Résultats :

Construction bois

Parc bâti concerné (éléments à remplir)

	Surface à construire (m ² de SHON)	Contenance en bois des bâtiments			Total
		Faible (moyenne actuelle)	Moyenne (1,25 X moyenne actuelle)	Forte (2 X moyenne actuelle)	
Logement individuel	150 000			100%	100%
Logements collectifs					0%
Bureaux					0%
Commerces					0%
Bâtiments d'enseignement et de recherche					0%
Bâtiments sanitaires et sociaux					0%
Bâtiments sportifs, de loisir et religieux					0%
Bâtiments agricoles, industriels, et de stockage					0%
Exemple :					
Bâtiment X	10 000	0%	100%	0%	100%

Volume de bois associé au scénario (m3)

	Volume de bois nécessaire à la construction (m3)	Volume de bois supplémentaire utilisé par rapport à la moyenne (m3)
Logement individuel	18 000	9 000
Logements collectifs	-	-
Bureaux	-	-
Commerces	-	-
Bâtiments d'enseignement et de recherche	-	-
Bâtiments sanitaires et sociaux	-	-
Bâtiments sportifs, de loisir et religieux	-	-
Bâtiments agricoles, industriels, et de stockage	-	-
Total	18 000	9 000

Résultats carbone : gains par rapport à un scénario de constructions moyennes

Attention : les résultats présentés dans le tableau suivant sont les gains par rapport à un scénario de constructions moyennes:

	Émissions « stockées » (teq CO2)	Émissions évitées (teq CO2)	Gain total par rapport à un scénario de constructions moyennes (teq CO2)
Logement individuel	9 000	7 200	16 200
Logements collectifs	-	-	-
Bureaux	-	-	-
Commerces	-	-	-
Bâtiments d'enseignement et de recherche	-	-	-
Bâtiments sanitaires et sociaux	-	-	-
Bâtiments sportifs, de loisir et religieux	-	-	-
Bâtiments agricoles, industriels, et de stockage	-	-	-
Total	9 000	7 200	16 200

Références utilisées par l'outil :

La loi n°96-1236 du 30 Décembre 1996, dite "loi sur l'air", stipule dans son article 21-5 que " pour répondre aux objectifs de la présente loi, un décret en Conseil d'Etat fixe les conditions dans lesquelles certaines constructions nouvelles devront comporter une quantité minimale de matériaux en bois avant le 1er janvier 2000 ". L'objectif de la loi est de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air par le stockage de carbone dans les constructions.

Le principe d'application de la loi

Un dispositif de calcul fondé sur l'utilisation de ratios a été mis au point.

Les ratios calculés sont de deux types :

- des ratios (dénommés ratios "bois") correspondant aux seuils de classement des principales catégories de construction réparties en trois classes au regard de leur contenu bois,
- des quantités unitaires définies forfaitairement par éléments d'ouvrage "bois" (dénommées quantités forfaitaires).

Les ratios "bois" expriment en dm³/m² de SHON les quantités minimales requises pour appartenir à une classe donnée comme l'indique le tableau ci-dessous (méthode CNDB) :

Réf	Catégories de construction	Classe 1	Classe 2	Classe 3
1	Logements individuels	60	75	100
2	Logements collectifs	35	45	70
3	Bureaux	20	25	40
4	Commerces	35	45	70
5	Garages, parkings, transport	10	15	20
6	Bâtiments à caractère hôtelier	35	45	70
7	Bâtiments résidentiels pour collectivités	25	30	50
8	Bâtiments pour enseignement et recherche	30	40	60
9	Bâtiments sanitaires et sociaux	25	30	50
10	Bâtiments sportifs, de loisir, culturels et religieux	25	30	50
11	Bâtiments agricoles	15	20	30

Les quantités forfaitaires par éléments d'ouvrage "bois" évaluent le volume de bois contenu dans les principaux éléments d'ouvrage de construction mettant en oeuvre ce matériau. Ils sont exprimés en dm³/unité dans une nomenclature de 30 ouvrages :

Extrait de l'arrêté du 13 septembre 2010 fixant la méthode de calcul du volume de bois incorporé dans certaines constructions

Type d'ouvrage	Description	Caractéristiques dimensionnelles	Ratio
Plancher bois porteur.	Plancher à solivage bois, y compris platelage en parquet ou panneaux dérivés du bois porteurs. Les parquets rapportés sont comptés ailleurs.	Exprimée en surface nette après déduction des trémies.	50 dm ³ /m ²
Fan d'ossature bois porteur.	Ossatures bois porteuses incluant semelles, montants, traverses, écharpes, lisses et volets travaillant.	Exprimée en surface nette après déduction des baies.	30 dm ³ /m ²
Ossature poteaux-poutres.	Poteaux, poutres et fiches en bois massif ou lamellé-collé de toutes sections pour refends, porches auvents, appentis, balcons.	Exprimée en mètres linéaires développés d'éléments verticaux, horizontaux ou obliques.	25 dm ³ /ml
Charpente traditionnelle et lamellé-collé.	Charpentes en bois massif ou lamellé-collé en fermes, portiques, y compris pannes et chevrons, ossatures de noues, croupes et autres accidents de toiture.	Exprimée en surface projetée au sol, y compris débords, quelle que soit la pente.	40 dm ³ /m ²
Charpente industrielle.	Charpentes en fermettes ou poutres en I, y compris entretoises, écharpes, ossatures de noues, croupes et autres accidents de toiture. En cas d'entrails porteurs (combles habitables), la surface des planchers est à compter en sus au titre des planchers bois porteurs.	Exprimée en surface projetée au sol, y compris débords, quelle que soit la pente.	30 dm ³ /m ²
Couverture à support discontinu.	Support de couverture en liteaux ou voliges non jointives de toutes sections, y compris planches de rives. Un support est considéré comme discontinu si les espacements représentent plus de 50 % de la surface totale.	Exprimée en surface de rampant.	5 dm ³ /m ²
Couverture à support continu.	Platelage en voliges, planches ou panneaux dérivés du bois de toutes épaisseurs, y compris planches de rives. Un support est considéré comme continu si les espacements éventuels représentent moins de 50 % de la surface totale.	Exprimée en surface de rampant.	20 dm ³ /m ²
Sous-face de débord.	Habillages en sous-face des débords de toits, porches, appentis, réalisés en bois ou panneaux dérivés du bois de toutes épaisseurs, y compris contre-lattage.	Exprimée en surface de rampant.	15 dm ³ /m ²
Bardage en lames de bois.	Bardages extérieurs en lames de bois ou de dérivés du bois horizontales, verticales ou obliques. Toutes épaisseurs, y compris contre-lattage.	Exprimée en surface nette après déduction des baies.	25 dm ³ /m ²
Bardage en panneaux dérivés du bois.	Parement extérieur en panneau dérivé du bois, y compris contre-lattage. Le panneau est éventuellement enduit.	Exprimée en surface nette après déduction des baies.	15 dm ³ /m ²
Portes extérieures pleines.	Portes d'entrée, de garage ou de service en bois, éventuellement pourvues de parties vitrées représentant moins de 50 % de la surface. Comprend les habillages et tapées éventuels.	Exprimée en surface de tableau.	35 dm ³ /m ²
Fenêtres, portes-fenêtres et châssis divers.	Fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes et châssis de toit en bois, éventuellement habillé d'autres matériaux (bois-alu), dont les parties vitrées représentent plus de 50 % de la surface. Comprend les habillages et tapées éventuels.	Exprimée en surface de tableau.	25 dm ³ /m ²
Occultations en bois.	Volets en bois pleins ou persiennes, avec ou sans écharpes.	Exprimée en surface de tableau.	30 dm ³ /m ²
Ossature et lames de claustras extérieurs brise soleil.	Ossature de claustra comprenant structure porteuse et lames brise soleil.	Exprimée en surface occultée.	35 dm ³ /m ²
Ossature bois non porteuse.	Ossature bois pour cloisons, contre-cloisons ou isolation par l'extérieur incluant semelles, montants, traverses et lisses.	Exprimée en surface nette après déduction des baies.	15 dm ³ /m ²
Lambris.	Lambris intérieurs de murs et plafonds en bois ou dérivés du bois de toutes épaisseurs, y compris contre-lattage et ossature.	Exprimée en surface nette après déduction des baies et des trémies.	15 dm ³ /m ²
Huisseries en bois.	Huisseries en bois pour blocs-portes intérieurs.	Forfaitisée à l'unité, quelles que soient les dimensions.	20 dm ³ /unité
Portes intérieures en bois.	Portes intérieures en bois, pleines ou menuisées, éventuellement vitrées. Les huisseries sont comptées ailleurs.	Forfaitisée par vantail, quelles que soient les dimensions.	25 dm ³ /unité
Escalier en bois.	Escaliers en bois et panneaux dérivés du bois de tous types (droit, à quartier tournant, colimaçon, échelle de meunier, etc.), y compris rampes et mains courantes.	Exprimée en produit de la hauteur d'étage en mètres, mesurée de sol fini à sol fini par la largeur d'embranchement.	60 dm ³ /m ²
Parquet massif sur lambourdes.	Parquet massif, pose traditionnelle sur lambourdes. Les parquets porteurs directement posés sur un solivage porteur sont comptés dans l'ouvrage « plancher bois porteur ».	Exprimée en surface nette après déduction des trémies.	30 dm ³ /m ²
Autre parquet.	Parquet rapporté en bois massif ou dérivés du bois, généralement finis, pose flottante ou collée. Les parquets porteurs directement posés sur un solivage porteur sont comptés dans l'ouvrage « plancher bois porteur ».	Exprimée en surface nette après déduction des trémies.	15 dm ³ /m ²
Plinthes en bois.	Plinthes en bois ou dérivés du bois de toutes sections.	Exprimée en surface des locaux concernés.	2 dm ³ /m ²
Garde-corps en bois.	Garde-corps en bois à balustres, lisses, croisillons, etc. Les rampes et garde-corps d'escalier sont à reprendre ici.	Exprimée en mètres linéaires de garde-corps.	30 dm ³ /ml
Mains courantes.	Mains courantes en bois ou dérivés du bois de toutes sections.	Exprimée en mètres linéaires de mains courantes.	3 dm ³ /ml
Support d'isolation extérieur.	Support d'isolation en bois ou dérivés du bois de toutes sections, y compris chevrons.	Exprimée en surface nette après déduction des baies.	5 dm ³ /m ²
Isolants thermiques et acoustiques en plaques rigides ou panneaux souples.	Panneaux de laine de bois pour isolation des murs, des sols ou des cloisons.	Exprimé en volume net d'isolant.	90 dm ³ /m ³
	Panneaux de fibre de bois pour isolation des toitures, des dalles et planchers, des murs ou des cloisons.	Exprimé en volume net d'isolant.	310 dm ³ /m ³
Aménagements intérieurs.	Mobilier fixe de rangement en bois ou dérivés du bois, y compris les vantaux, les étagères et systèmes de fixation.	Exprimé en volume de rangement.	40 dm ³ /m ³
Aménagements extérieurs.	Lames de platelage extérieur en bois massif, clouées, vissées ou fixées par système invisible sur lambourdes ou solivage porteur bois. Terrasses extérieures en bois massif.	Exprimée en surface nette.	20 dm ³ /m ²
Divers.	Forfait à compter lorsqu'il existe divers ouvrages en bois ou panneaux dérivés du bois (cache-tuyaux, coffres de volets roulants, coffrages perdus, etc.).	Exprimée en surface hors œuvre nette du bâtiment.	2 dm ³ /m ²

Pour plus d'informations :

Arrêté du 13 septembre 2010 fixant la méthode de calcul du volume de bois incorporé dans certaines constructions :	http://textes.droit.org/JORF/2010/09/29/0226/0005/
Comment évaluer le cubage de bois de construction utilisé : méthode CND8 :	www.cndb.org/...bois_construction/Comment_evaluer_le_cubage_de_bois.pdf