PLAN CLIMAT

Air-Énergie Territorial 2020-2026

DIAGNOSTIC

Potentiels de réduction des consommations d'énergie et de déploiement des énergies renouvelables

Communauté d'Agglomération
Béthune-Bruay
Artois Lys Romane

DIAGNOSTIC TERRITORIAL

Potentiels de réduction des consommations d'énergie et de déploiement des énergies renouvelables

PLAN CLIMAT

Air-Énergie Territorial 2020-2026

NOVEMBRE 2018

Communauté d'Agglomération
Béthune-Bruay
Artois Lys Romane

SOMMAIRE

Chapitre 1 : Gisements d'économies d'énergie 6

Les économies d'énergie dans le secteur industriel 8

Les économies d'énergie dans le secteur résidentiel 28

Les économies d'énergie dans le secteur de la mobilité 42

Les économies d'énergie dans le secteur du fret 56

Les économies d'énergie dans le secteur tertiaire 61

Les économies d'énergie dans le secteur agricole 67

Synthèse 73

Chapitre 2 : Gisement de production d'énergie renouvelable et de récupération 77

Energie solaire 780

Energie éolienne 103

Energie Géothermique 122

Méthanisation 138

Energie bois 159

Energie hydroélectrique 167

La récupération de chaleur fatale 175

Autres énergies mobilisables sur le territoire : les « biocarburants » 186

Stockage des énergies renouvelables 191

Conclusion 198

Annexes 209

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Lors de la phase 1, l'état des lieux de la situation énergétique du territoire a permis de définir le niveau des consommations et productions énergétiques.

L'état des lieux des consommations par sources d'énergie et par postes consommateurs ont mis en lumière le poids énergétique des trois principaux secteurs : industriels (à hauteur de 36 % du total des consommations), résidentiels (25 %) et de la mobilité (22 %). Les secteurs du fret, du tertiaire et de l'agriculture sont quant à eux relativement peu consommateurs, avec des tantièmes de 8 % pour le fret ainsi que pour le tertiaire et 1 % pour l'agriculture.

L'état des lieux de la production d'énergie souligne le fait que le territoire ne couvre ses besoins énergétiques qu'à hauteur de 1,6 %. Ce très modeste pourcentage étant essentiellement issu de production d'énergie renouvelable.

Enfin cet inventaire a également indiqué une très grande dépendance aux produits pétroliers qui représentent près de 90% des consommations du secteur de la mobilité.

Au regard de ce diagnostic, la phase 2 fait état des potentiels d'actions et leviers spécifiques du territoire pour améliorer la situation énergétique et permettre à termes de tendre vers un Territoire à Energie Positive. Les chapitres 1 et 2 exposés ici déterminent les potentialités en termes de réductions des consommations, première priorité d'action, ainsi qu'en termes de productions d'énergie renouvelable.

Chapitre 1 : Gisements d’économies d’énergie

GISEMENT DE REDUCTION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE

<u>Objectif</u> : Etablir un panorama des gisements d'économies d'énergie, pour chaque secteur d'activité (volet sobriété et efficacité énergétique).

<u>Méthodologie</u> : par secteurs d'activités, sont déterminés les gisements bruts de réduction de consommation en fonction des données du territoire et des coefficients de réduction établi à l'échelle nationale.

Des économies d'énergie sont possibles dans tous les secteurs d'activités consommateurs d'énergie. En reprenant les secteurs d'activité définis dans le diagnostic, sont ici exposés et détaillés les gisements, les actions et les leviers d'actions.

En se basant sur des données nationales ou régionales (scénarios Négawatt, INSEE, CEREN, WWF…) croisées à celles relatives au territoire (Observatoire du Climat, Pôle Métropolitain de l'Artois, données de la Communauté d'Agglomération Béthune-Bruay Artois Lys Romane…) les gisements territorialisés ont été déterminés.

Sont ici exposés les différents gisements par secteurs, du plus consommateur au moins consommateur.

Les économies d'énergie dans le secteur industriel

1) Positionnement général sur les gisements d'économies d'énergie dans l'industrie :

De manière générale, l'industrie française ne s'est pas encore pleinement engagée dans la transition énergétique. En effet, une étude publiée en 2013 par la WWF rappelle que : « *le fait d'avoir déjà diminué fortement ses émissions depuis 1990, sous l'influence des crises énergétiques et pour partie via des baisses de production, ne justifie pas l'inaction. Au contraire, notre industrie accuse un retard certain sur l'efficacité de ses équipements électriques et garde un potentiel économique considérable d'amélioration pour les énergies thermiques* ».

Ainsi, alors même que de nombreuses solutions existent pour améliorer l'efficacité énergétique du secteur industriel, les récents résultats montrent que le recours à ces solutions n'est pas encore systématique. Le Centre d'Etudes et de Recherches Economiques sur l'Energie (CEREN) estime pourtant que pour la plupart de ces solutions, le **temps de retour sur investissement est inférieur à 3 ans**[1]. Ainsi, des opportunités existent et s'intègrent complètement dans une logique de rentabilité économique.

Néanmoins, les actions à mener en faveur de l'efficacité énergétique du secteur industriel nécessitent de définir des cibles d'actions précises. En effet, en fonction des caractéristiques propres à chaque industrie (process, taille de l'entreprise, etc..), les perspectives de réduction des consommations sont extrêmement variables. A titre d'exemple, les industries françaises de moins de 10 salariés représentent 75% du nombre total d'industries. Elles ne représentent par contre que 3% des consommations d'énergie du secteur. A l'inverse, 1% des industries lourdes concentre environ 66% des consommations énergétiques[2]. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre et développer des solutions différentes en fonction du type d'installations mais également de la taille des entreprises.

[1] Gisement d'économie d'énergie dans l'industrie (2013), WWF.
[2] Source ADEME.

2) Profil énergétique du secteur industriel de la Communauté d'agglomération :

Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération, le secteur industriel est le secteur d'activité le plus consommateur avec 3110,3 GWh/an consommés, devant le secteur résidentiel et les transports. Les principales sources d'énergie consommées sont l'électricité (35%), le gaz (34%), et les produits pétroliers (28%). La ressource bois-énergie et le charbon ne représentent qu'une partie négligeable du mix énergétique[3].

Les sucreries utilisent encore du charbon pour leurs activités industrielles et notamment celle de **Tereos à Lillers**[4]. Néanmoins, les conditions de fonctionnement de la chaudière au charbon sont très encadrées. Dans les prochaines années, le charbon sera remplacé par le gaz pour les activités du site.

[3] Chiffres du Pôle Métropolitain de l'Artois 2012, *voir l'Etat des lieux de la situation énergétique du territoire*

[4] Installations Classées pour la Protection de l'Environnement – Commune de Lillers – TEREOS – Arrêté Imposant des Prescriptions Complémentaires (2015) ; Préfecture du Pas-de-Calais

2.a) Consommation d'énergie par secteur industriel :

En prenant les données du secteur industriel du territoire issu de la base de données ACOSS (2017) et les données obtenues à l'échelle nationale (INSEE 2015), nous obtenons le tableau suivant :

Numéro et nom de la catégorie	Nombre d'établissements (données 2017 ACOSS)	Consommation moyenne par activités et par établissements (GWh/établissements/an) (données Insee 2015)	Consommation par catégorie (GWh/an)
10 - Industries alimentaires	43	18	776,29
11 Fabrication de bière	1	5	5,23
13 - Fabrication de textiles	8	5	41,83
14 - Industrie de l'habillement	3	1	2,82
16 - Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège, à l'exception des meubles - fabrication d'articles en vannerie et sparterie	18	8	146,64
17 - Industrie du papier et du carton	2	61	121,30
18 - Imprimerie et reproduction d'enregistrements	13	3	37,91
20 - Industrie chimique	5	118	589,33
21 Fabrication de préparations pharmaceutiques	1	16	16,19
22 - Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	33	7	233,20
23 - Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	17	44	750,53
24 – Métallurgie	3	219	656,10
25 - Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	49	3	134,65
26 - Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques	3	3	10,39
27 - Fabrication d'équipements électriques	3	5	13,52
28 - Fabrication de machines et équipements	17	3	45,60
29 - Industrie automobile	8	12	96,38
31 - Fabrication de meubles	6	2	14,50
32 - Autres industries manufacturières	16	2	39,80
33 - Réparation et installation de machines et d'équipements	62	1	38,84
Total	**311**	**536**	**3771**

La première colonne indique le nombre d'établissements à caractère industriel sur le territoire totalisant 311 établissements. Ce chiffre peut sembler élevé mais il reprend également beaucoup d'établissements de petite taille, parfois de 1 à 2 salariés, notamment dans le secteur de l'industrie alimentaire, la réparation et l'installation de machines et d'équipements, ou encore la fabrication de produits métalliques (à l'exception des machines et des équipements).

La deuxième colonne issue de la « consommation moyenne par activités et par établissements » à l'échelle nationale démontre que les catégories comme l'industrie de la métallurgie (incluant la sidérurgie) et l'industrie chimique consomment énormément d'énergie par établissement (toutes deux en rouge).

En multipliant les deux premières colonnes, nous obtenons la consommation (GWh/an) par catégorie dans la troisième. Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération arrivent, en première position les industries alimentaires suivi de l'industrie de la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques du fait du nombre important d'établissements. A contrario les industries chimiques et de la métallurgie peu nombreuses ont un poids conséquent dans la consommation d'énergie

⚠ Le total de consommation de 3 771 GWh/an est légèrement plus élevé que le chiffre avancé lors du diagnostic.
Cela est dû au nombre plus élevé d'établissements considérés.

2.b) Secteurs industriels les plus énergivores sur le territoire :

Un croisement des données nationales avec les informations sur les établissements industriels locaux permet d'identifier certaines catégories et établissements prioritaires comme indiqué par la suite.

- **L'industrie alimentaire** représente **21%** de la consommation du secteur industriel, pour 43 établissements et un total de 957 salariés dont les plus importants en effectifs sont :

Ville	Nombre global de salariés (données ACOSS 2017)	Nom des établissements	Activités
Béthune	239	Beau Marais (McCain)	Transformation et conservation de pommes de terre
Labeuvrière	184	Delifrance	Fabrication industrielle de pain et de pâtisserie fraîche
Lillers	135	Tereos France	Fabrication de sucre
Saint-Hilaire-Cottes	110	Ets Pruvost Leroy	Transformation et conservation de la viande de boucherie

Du fait de son grand nombre d'établissements et de salariés, l'industrie alimentaire représente un poids important dans le secteur industriel. Les actions de réduction de consommation doivent donc être diffusées au sein de chaque entreprise, car ce secteur a un grand potentiel d'économie d'énergie.

- **L'industrie de la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques** représente **20%** de la consommation du secteur industriel, pour 17 établissements recensés et un total de 254 salariés, dont les plus importants en effectifs sont :

Ville	Nombre global de salariés (données ACOSS 2017)	Nom des établissements	Activités
Noyelles-lès-Vermelles	67	Vibromat	Fabrication d'éléments en béton pour la construction
Guarbecque	13	Matériaux Routiers du Littoral	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques

Tout comme l'industrie alimentaire, celle de la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques a peu d'entreprises très fortement consommatrices mais, du fait de son grand nombre d'établissements et de salariés, elle représente un poids important dans le secteur industriel. Les actions de réduction de consommation doivent donc être diffusées au sein de chaque entreprise.

- La **métallurgie** (comprenant la sidérurgie) représente **17%** de la consommation du secteur industriel, pour 2 établissements et un total de 968 salariés dont le plus important en effectifs est :

Ville	Nombre global de salariés (données ACOSS 2017)	Nom de l'établissement	Activités
Isbergues	960	APERAM Stainless Services et Solutions	Sidérurgie
		Thyssenkrupp Electrical Steel Ugo	Sidérurgie

La métallurgie n'est pas identifiée comme un secteur de grand potentiel d'économie d'énergie mais, du fait de son poids énergétique pour un nombre d'établissements si faible, <u>les actions de réduction de consommation ont un potentiel important.</u>

- **L'industrie chimique** représente **16%** de la consommation du secteur industriel, pour 5 établissements et un total de 423 salariés dont les plus importants en effectifs sont :

Ville	Nombre global de salariés (données ACOSS 2017)	Nom des établissements	Activités
Chocques	171	Croda	Fabrication de savons, détergents et produits d'entretien
Ruitz	130	PPG France	Fabrication de peintures, vernis, encres et mastics
Béthune	100	Bridgestone France	Fabrication de matières plastiques de base

Les quatre catégories citées représentent 74% des consommations du secteur industriel et sont donc identifiées comme secteurs prioritaires. Cela n'empêche pas la réalisation d'économies d'énergie dans les autres secteurs de l'industrie, avec plus de 300 établissements sur le territoire, chacun d'eux pouvant contribuer à la baisse des consommations à son échelle.

2.c) Analyse par taille des industries du territoire :

Parmi les critères permettant d'orienter efficacement les opérations de réduction des consommations énergétiques du secteur, la taille des entreprises revêt une importance capitale. En effet, le diagramme ci-dessous permet de rendre compte des différences notables d'un secteur à un autre entre le nombre d'industriels et la consommation énergétique de ces derniers.

Par exemple, **l'industrie sidérurgique est extrêmement énergivore au regard du nombre d'entreprises très limité**.

Les filières de la chimie, de l'industrie du papier et du carton, et de l'agroalimentaire dans une moindre mesure sont également concernées.

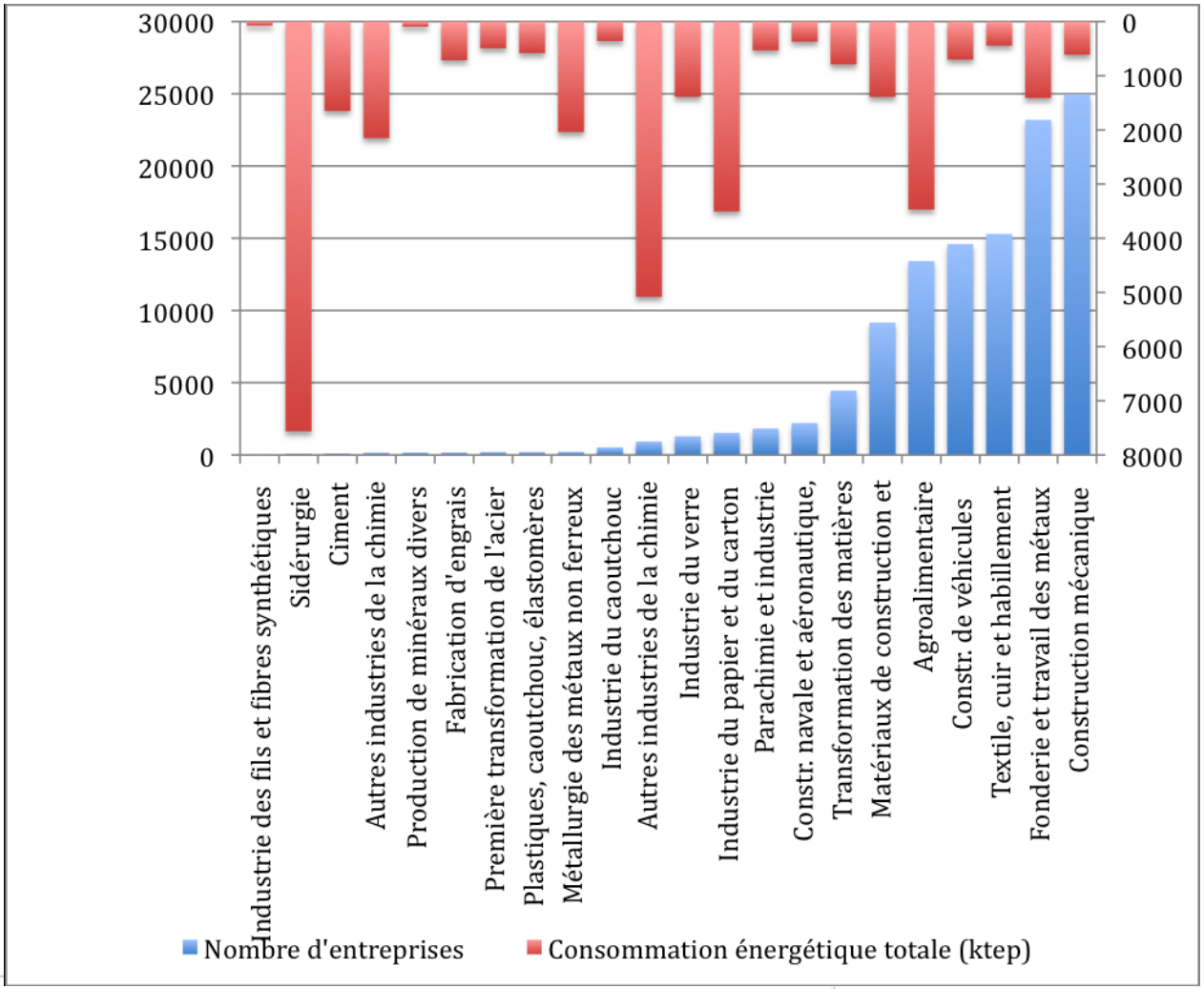
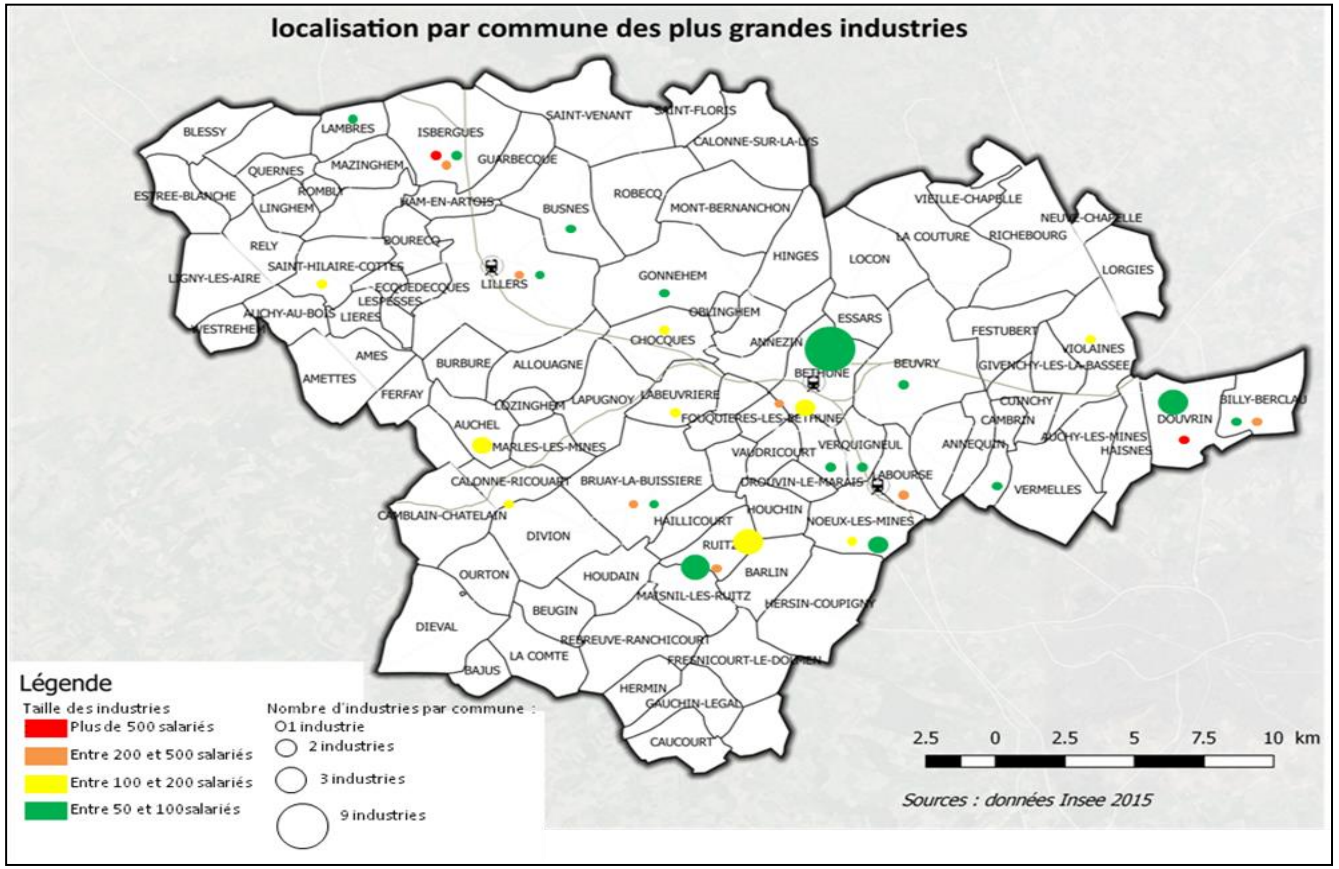


Figure 1 : Nombre d'entreprises par filière et consommation (Ktep) (Source CEREN)

La carte ci-dessous indique la localisation par commune de toutes les industries de plus de 50 salariés en 2015. La couleur des cercles classe les industries par nombre de salariés alors que la taille des cercles indique le nombre par commune.

On observe que deux points rouges soit deux industries de plus de 500 salariés, localisées à Isbergues et Douvrin pour lesquelles les économies d'énergie pourraient être à la fois très localisées et efficaces.



Nous comptons 7 industries dont le nombre de salariés est compris entre 200 et 500, 13 pour lesquelles le nombre de salariés est compris entre 100 et 200 et 29 industries d'un nombre de salariés compris entre 50 et 100 (dont 9 sont situées à Béthune).

Communes	Somme des nombres de salariés moyens
Béthune	1235
Douvrin	1045
Ruitz	995
Isbergues	915
Billy-Berclau	415
Bruay-la-Buissière	415
Lillers	415
Labourse	350
Auchel	300
Calonne-Ricouart	150
Chocques	150
Labeuvrière	150
Saint-Hilaire-Cottes	150
Violaines	150
Noeux-lès-Mines	130
Noyelles-lès-Vermelles	130
Annezin	65
Beuvry	65
Busnes	65
Gonnehem	65
Lambres	65
Verquigneul	65
Verquin	65

Classement des communes par le nombre de salariés du secteur de l'industrie

Ainsi, les communes de Béthune, Douvrin, Ruitz et Isbergues se distinguent des autres par leurs grands nombres de salariés.

Les actions de réductions de consommations d'énergie et les leviers d'actions dans le secteur industriel sont répertoriés et classés dans les tableaux en annexe.

3) Gisements disponibles :

3.a) Méthodologie et Hypothèses :

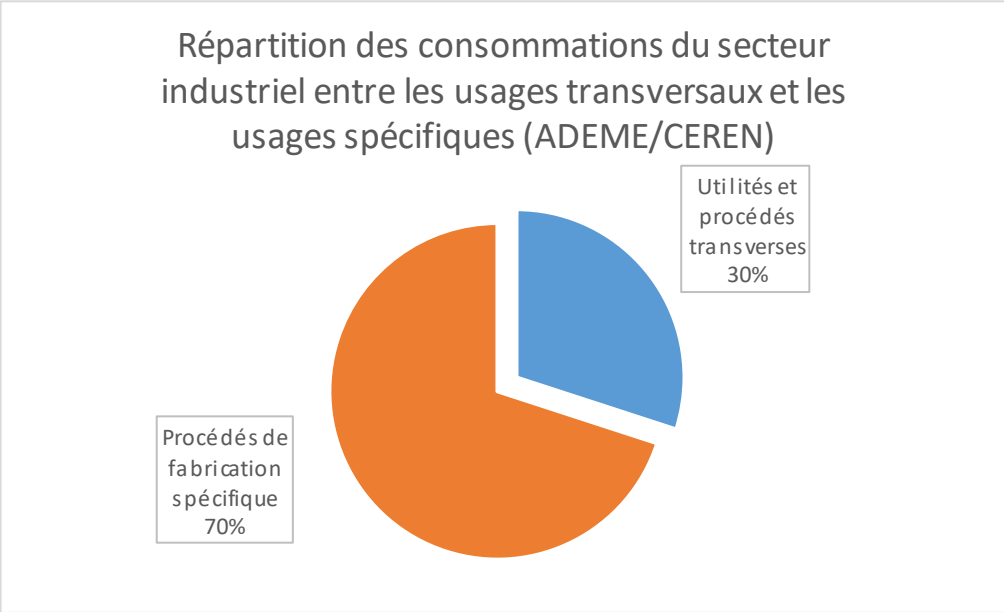
Afin de rendre compte des caractéristiques propres à chaque filière, l'analyse des gisements d'économie d'énergie dans le secteur industriel est réalisée en deux temps. Un premier abordera les gisements transversaux à l'ensemble des filières. Dans un deuxième temps, une analyse des gisements par filière sera réalisée. Les gisements sont ici exposés par ordre d'importance.

Pour réaliser l'analyse, il est nécessaire d'estimer les consommations d'énergie pour chacune des filières industrielles, en distinguant les usages et le type d'énergie consommée.

Le potentiel d'économie d'énergie dans le secteur industriel est ici estimé à « **demande constante** », sans prendre en compte certains effets structurels liés à des délocalisations d'activité par exemple. En effet, ces paramètres sont difficilement estimables et ne sont donc pas pris en compte, même dans les études à échelle nationale (WWF, Negawatt, etc…).

3.b) Gisement d'économie d'énergie sur les secteurs transversaux :

Dans le secteur industriel, un certain nombre d'usages énergétiques non-négligeables sont identiques dans la grande majorité des filières. Le chauffage des locaux, la production de chaleur ou de froid ou l'utilisation de moteurs électriques font partie d'entre eux. C'est pourquoi, il est généralement admis dans les études de planification énergétique de traiter ces usages ensemble.



Généralement, les études sur les usages transversaux mettent en avant trois secteurs d'intervention prioritaires :

1) **Le chauffage des locaux** : Cela concerne non seulement les bâtiments de production, mais également les bâtiments de type administratif. De plus, les déperditions énergétiques des bâtiments anciens et/ou mal entretenus peuvent être importantes. Selon les résultats du CEREN, la consommation d'énergie nécessaire au chauffage des locaux représente 17% de la consommation d'énergie totale du secteur industriel.

2) **Les process de production de chaleur et de froid** : Comme pour tous types de bâtiments (industriel, tertiaire, résidentiel) les locaux industriels nécessitent du chauffage et du refroidissement. **Les gisements d'économie d'énergie peuvent porter sur les systèmes surdimensionnés ou sous dimensionnés par rapport aux besoins, sur des systèmes anciens et vétustes, en comptant qu'un système de chauffage se renouvelle tous les 10 à 20 ans selon les systèmes. L'entretien régulier des systèmes permet également de diminuer les consommations d'énergie. Le remplacement des systèmes peu performants et peu efficaces est également une grande source d'économie d'énergie. Le changement de ces systèmes peut être l'occasion de modifier le type de source d'énergie, pour valoriser celles d'origines renouvelables ou de récupération**. Sur le territoire, nombreuses sont les industries produisant de l'énergie dans leur processus de fabrication et qui n'est pas systématiquement récupérée pour leur propre consommation ou pour celle d'activités voisines.

3) **Moteurs électriques** : Ce secteur est très certainement le plus important dans la mesure où près de 70% de l'électricité consommée par l'industrie est directement consommée pour les moteurs électriques. De plus, le coût d'achat d'un moteur industriel et son entretien représentent en moyenne moins de 5% du coût total. Les 95% restants étant la facture d'énergie[5]. Le renouvellement des appareils anciens, le bon dimensionnement de la machine, ainsi qu'une maintenance régulière permet d'obtenir des économies d'énergie très intéressantes. En moyenne, le CEREN estime qu'il est possible de réduire de près de **36% la consommation d'énergie allouée au fonctionnement des moteurs, ce qui est en fait le secteur prioritaire d'intervention. Néanmoins, cette diminution est fortement corrélée au cycle de renouvellement des appareils existants.**

[5] Source CEREN

4) **Actions diverses** : Parmi les usages transversaux, des économies d'énergies de moindre importance peuvent encore être réalisées. Ainsi, des gains intéressants sont toujours atteignables en agissant sur l'éclairage des locaux, sur le calorifugeage des réseaux ou alors sur les différents systèmes en charge de la distribution des fluides (air comprimé, ventilation, circuit de fluide).

	Consommation actuelle		Potentiel d'économie Total			Potentiel d'économie Temps retour < 3 ans		
	TWh	Part	TWh	Part	% de réduction	TWh	Part	% de réduction
Chaufferies	10	7%	8	12%	77%	6,4	17%	64%
Réseaux	8	5%	5	8%	68%	3,8	10%	50%
Chauffage des locaux	25	17%	12	19%	50%	11,2	30%	46%
Moteurs	51	35%	19	29%	36%	5,6	15%	11%
Air comprimé	9	6%	3	5%	33%	1,7	5%	19%
Froid	9	6%	3	5%	36%	1,6	4%	18%
Ventilation	16	11%	6	9%	37%	2,9	8%	19%
Pompage	14	10%	4	6%	27%	1,8	5%	13%
Transformateur	2	1%	1	2%	71%	0,0	0%	0%
Eclairage	5	3%	3	5%	64%	1,8	5%	36%
Total	148	100%	64	100%	43%	36,8	100%	25%

Potentiel d'économie d'énergie dans les opérations transverses du secteur industriel (Source : WWF, d'après CEREN 2010)

Au total, le CEREN estime que les opérations transverses couvrent environ 30% des consommations énergétiques du secteur industriel. Sur ces opérations, **le gisement d'économie d'énergie techniquement réalisable est de 43%, soit un gain net sur l'ensemble des consommations industrielles de 13%, dont plus de la moitié avec un temps de retour sur investissement inférieur à 3 ans.**

3.c) Gisement d'économie d'énergie sur les secteurs spécifiques :

Les **gisements d'économies d'énergie spécifiques sont présentés pour les quatre secteurs industriels les plus énergivores du territoire. Pour rappel, ils représentent 74% de la consommation totale du secteur industriel**.

Pourcentage des plus grands consommateurs d'énergie dans le secteur industriel sur le territoire :

Type d'industries	Parts dans la consommation du secteur industriel
Agroalimentaire	21%
Autres produits minéraux non métalliques	20%
Métallurgie	17%
Industrie chimique	16%
Total	**74%**

Gisement d'économie d'énergie spécifique – Agroalimentaire :

Evolution du secteur :

Evolution du secteur 2025	Stable
Evolution du secteur 2050	Faible diminution

*L'étude des consommations énergétiques laisse présager une très faible diminution de l'activité, plus précisément de l'activité sucrière, très active sur le territoire.

Court terme :

Au-delà des gisements transversaux présentés ci-dessus, des économies d'énergie peuvent être réalisées à court terme dans l'industrie agroalimentaire en ayant recours à la compression mécanique de vapeur (CMV) et à des systèmes de cogénération. Appliquées à l'industrie agro-alimentaire, ces technologies permettraient des gains intéressants (environ **10%)** à court terme.

Long terme :

A long terme, l'application et la généralisation des techniques existantes permettraient d'obtenir des gains plus intéressants encore que ceux exposés à court terme. L'étude menée à l'échelle de l'ex-région Nord-Pas-de-Calais[6] laisse présager une diminution supplémentaire des consommations du secteur de près de **20%** (court terme + long terme inclus).

Gisement d'économie d'énergie spécifique – Autres produits minéraux non métalliques :

Evolution du secteur :

Evolution du secteur 2025	Stable
Evolution du secteur 2050	Diminution moyenne

Court terme :

Au-delà des gisements transversaux, un potentiel d'économie d'énergie est identifiable dans les activités des cimenteries. En effet, les procédés actuels requièrent des quantités importantes d'eau, qui doit ensuite être évaporée. Les nouvelles cimenteries disposent de **procédés dits par « voie sèche ».** Cette technique permettrait d'obtenir des gains à court terme satisfaisants. (**30%** de gain sur le procédé de cuisson).

Long terme :

A long terme, des avancées importantes sont attendues dans la composition des ciments. Plusieurs expérimentations sont en cours actuellement, notamment l'expérimentation « **Novacement** » au Royaume-Uni. Sa généralisation permettrait de réduire de façon très importante la température des fours. On estime que cette technologie pourrait faire diminuer la consommation de combustible des cimenteries de près de 50%. Néanmoins, en l'absence d'éléments concrets, il est impossible d'intégrer ce gisement dans le calcul final.

Gisement d'économie d'énergie spécifique – Métallurgie :

Evolution du secteur :

Evolution du secteur 2025	Stable
Evolution du secteur 2050	Stable

Court terme :

A l'horizon 2025, les différentes études menées en région et au niveau national concluent que les procédés de fabrication devraient peu évoluer. Seules les interventions sur les usages transversaux devraient permettre d'obtenir une diminution de la consommation à court terme.

Long terme :

Sur le long terme, les études sectorielles mettent en avant un certain nombre de technologies prometteuses. L'électrolyse, principale méthode pour produire de l'aluminium, consomme une quantité très importante d'électricité et génère des émissions de gaz à effet de serre. Des expérimentations en cours laissent présager un potentiel intéressant, mais encore difficilement calculable[7].

La technologie « **Hisarna** », en cours d'expérimentation aux Pays-Bas depuis 2010, présente un potentiel très intéressant, à hauteur de **20%** de la consommation énergétique du secteur « métallurgie ». Cette technologie qui repose sur le procédé de bain de fusion pour produire l'aluminium, permet de réduire grandement la quantité de combustible nécessaire au process industriel[8] (suppression d'étapes énergivores du process, réduction des quantités de combustible, etc.). A terme, il est possible d'envisager la substitution des énergies fossiles vers des énergies plus propres telles que l'hydrogène ou la biomasse. Une application généralisée est envisagée à horizon 2025[9].

[7] Lucas (2007), Aluminium : produire autrement, l'usine nouvelle.
[8] Energies Demain (2011), SRCAE Bourgogne : Document de travail Industrie, p.22
[9] Delft (2010), A long-term view of CO2 efficient manufacturing in European region, p.32

Gisement d'économie d'énergie spécifique – Industrie chimique :

Evolution du secteur :

Evolution du secteur 2025	Stable
Evolution du secteur 2050	Stable

Court terme :

A horizon 2025, les études existantes semblent indiquer qu'il n'y aura pas d'amélioration notable sur les procédés de fabrication[10]. Ainsi, seules les opérations transverses exposées précédemment sont prises en compte.

Long terme :

Pour la production d'éthylène, des solutions très prometteuses sont à des stades de développement plus ou moins avancés (réacteur à onde de choc, craquage par catalyse, hydro-pyrolyse) : les **gains peuvent aller de 40 à 60%. La fourchette basse est retenue pour l'étude (40%)**.

D'autre part, des gains importants sont également possibles sur les opérations de chauffage et de concentration, en utilisant respectivement des réacteurs à induction (gains de 45 à 60%) et surtout la compression mécanique de vapeur (gains de 75 à 85%).

[10] Etude efficacité énergétique en NPDC 2011

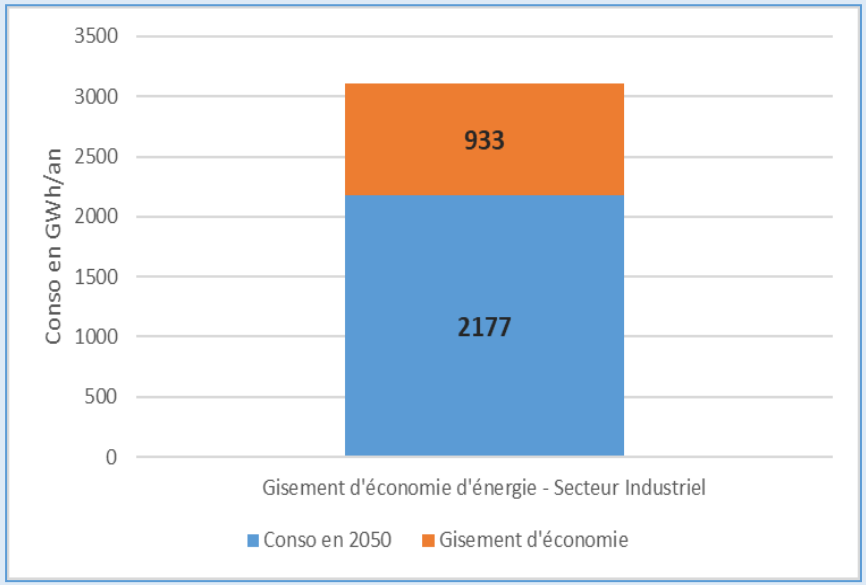
4) Résultats globaux :

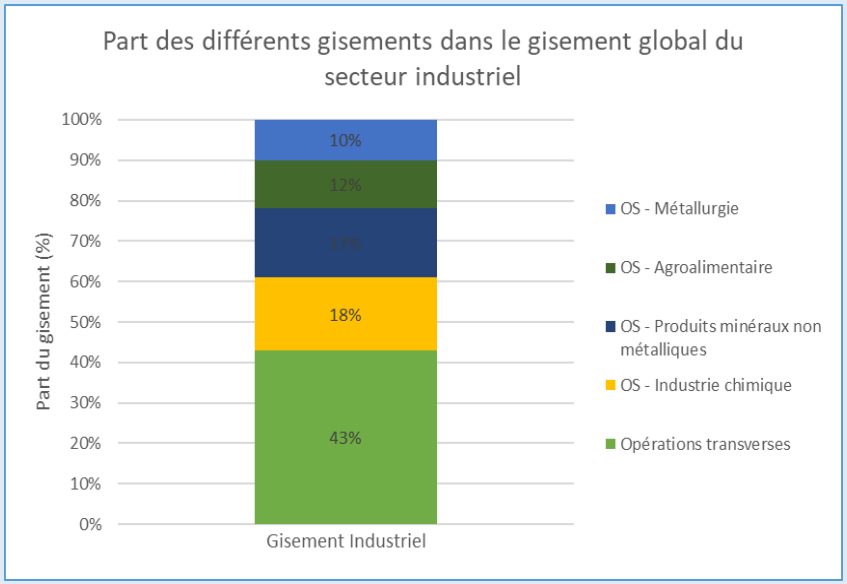
D'après les résultats de l'Institut NegaWatt, le gisement d'économie d'énergie à l'échelle nationale est estimé à **40%** d'ici 2050. Néanmoins, en appliquant les résultats obtenus ci-dessus, il est possible d'obtenir la répartition suivante :

Numéro et nom de la catégorie	consommation par catégorie (GWh/an)	Consommation après application gisement transverse	Consommation après application gisement global
10 - Industries alimentaires	776,29	675,29	540,232
11 Fabrication de bière	5,23	4,12	4,12
13 - Fabrication de textiles	41,83	36,4	36,4
14 - Industrie de l'habillement	2,82	2,40	2,40
16 - Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège, à l'exception des meubles - fabrication d'articles en vannerie et sparterie	146,64	127,58	127,58
17 - Industrie du papier et du carton	121,30	105,54	105,54
18 - Imprimerie et reproduction d'enregistrements	37,91	32,99	32,99
20 - Industrie chimique	589,33	512,72	307,63
21 Fabrication de préparations pharmaceutiques	16,19	14,09	14,09
22 - Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	233,20	202,8	202,8
23 - Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	750,53	653	457,1
24 - Métallurgie	656,10	570,81	456,64
25 - Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	134,65	117,15	117,15
26 - Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques	10,39	9,04	9,04
27 - Fabrication d'équipements électriques	13,52	11,77	11,77
28 - Fabrication de machines et équipements	45,60	39,68	39,68
29 - Industrie automobile	96,38	83,88	83,88
31 - Fabrication de meubles	14,50	12,62	12,62
32 - Autres industries manufacturières	39,80	34,62	34,62
33 - Réparation et installation de machines et d'équipements	38,84	33,79	33,79
Total	**3771**	**3280,29**	**2630,07**

Avec un total de 3110 GWh/an de consommation pour le secteur industriel (établi lors de la phase diagnostic de l'étude) le gisement de réduction et d'économie d'énergie appliqué à la communauté d'agglomération de Béthune-Bruay, Artois Lys Romane représente 933 GWh/an, soit 30% de la consommation actuel.

En 2050, si l'intégralité des gisements présentés ci-dessus sont exploités, la consommation énergétique du secteur industriel pourrait être de 2 177GWh/an à économie constante.





Les économies d'énergie dans le secteur résidentiel

1) Positionnement général sur les gisements d'économies d'énergie du secteur résidentiel :

Plus de la moitié du parc des résidences principales sur le territoire a été construit avant les années 1970. Près de 54% du parc social est également construit avant 1975. C'est à partir de cette date que les Réglementations Thermiques ont été mises ; s'améliorant au fur et à mesure des réformes (1982, 1988, 2000…).

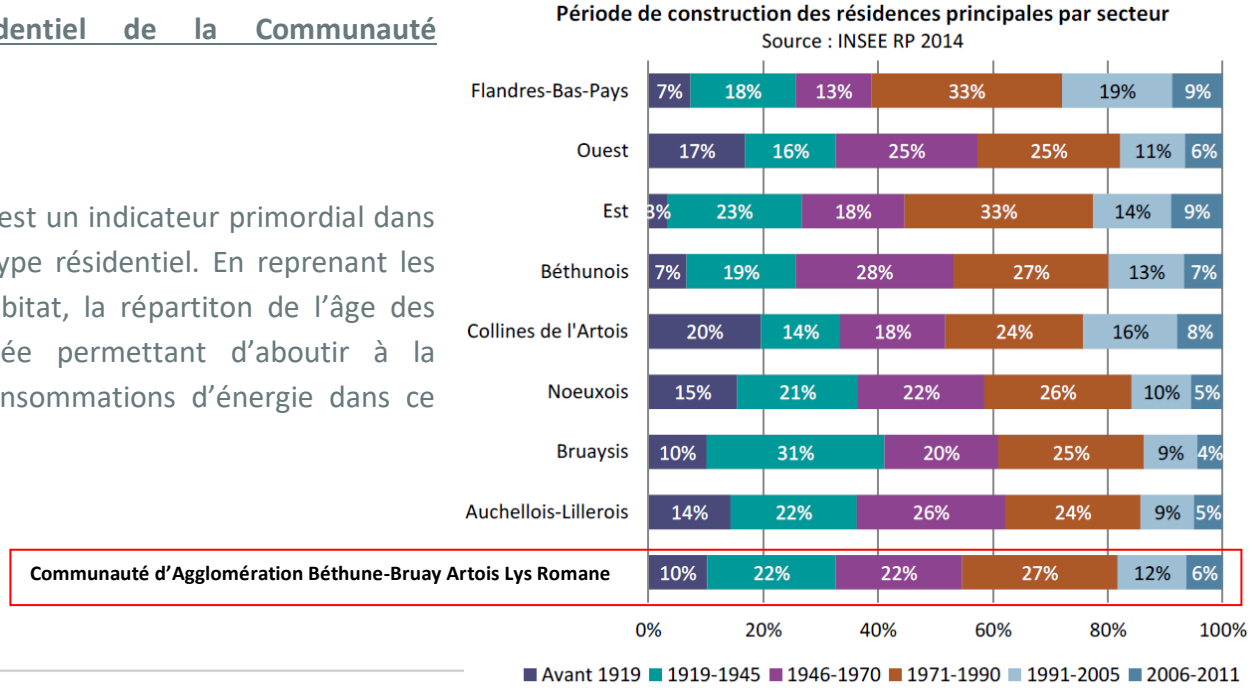
Sachant que plus de 80% des logements du territoire ont été construits avant 1990**, le territoire a donc un parc bâti très énergivore**, malgré les travaux de rénovation énergétique déjà réalisés. [11]

Les constructions les plus anciennes consomment plus que les nouvelles et génèrent de ce fait une facture énergétique plus élevée.

2) Profil énergétique du secteur résidentiel de la Communauté d'agglomération :

2.a) Ancienneté des logements du territoire :

L'âge des constructions des logements principaux est un indicateur primordial dans les consommations d'énergie des bâtiments de type résidentiel. En reprenant les informations issues du Programme Local de l'Habitat, la répartiton de l'âge des constructions des logements a été caractérisée permettant d'aboutir à la détermination du potentiel de réduction des consommations d'énergie dans ce secteur.



[11] Chiffres Insee 2014

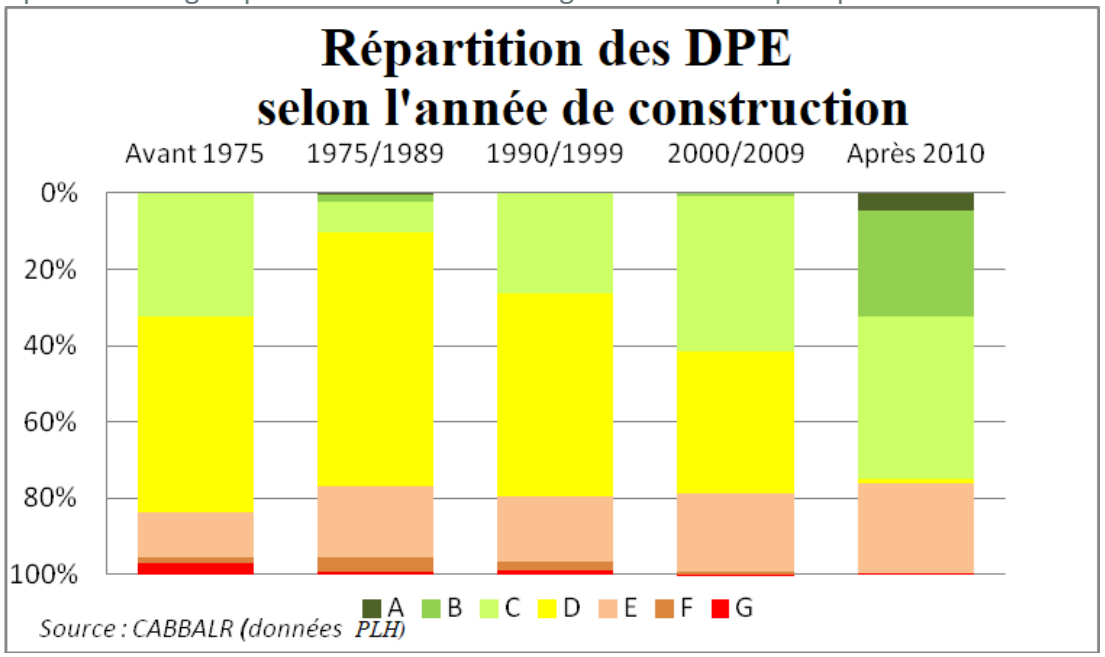
En 2014 on recense **120 760 logements** (d'après le PLH), nous pouvons spécifier le nombre de logements selon les périodes de construction :

	avant 1919	1919-1945	1946-1970	1971-1990	1991-2005	2006-2011
Pourcentage de la Communauté d'Agglomération	10%	22%	22%	27%	12%	6%
Nombre de logement	12076	26567	26567	32605	14491	7246

Nous nous basons sur l'hypothèse que la répartition des étiquettes énergétiques DPE de tous les logements soit à peu près équivalente à celle des logements de types sociaux par année de construction.

Les répartitions des étiquettes DPE sont déterminées pour l'ensemble des logements du territoire et donc des consommations par années de construction.

Cette hypothèse intègre le fait que si les logements sociaux ne sont pas forcément toujours de bonnes qualités thermiques lors de la construction ou de la rénovation, il est également possible de considérer que ces logements soient aussi parfois plus systématiquement rénovés ou du moins plus surveillés dans leurs qualités.



Année de construction / Classe énergétique	Avant 1975	1975/1989	1990/1999	2000/2009	Après 2010
A (< 50 kWh/m²/an)	0%	0%	0%	0%	5%
B (51-90 kWh/m²/an)	0%	2%	0%	1%	28%
C (91-150 kWh/m²/an)	32%	8%	26%	41%	43%
D (151-230 kWh/m²/an)	51%	67%	53%	37%	1%
E (231-330 kWh/m²/an)	12%	18%	17%	21%	23%
F (331-451 kWh/m²/an)	2%	4%	2%	1%	0%
G (>451 kWh/m²/an)	3%	1%	1%	0%	0%

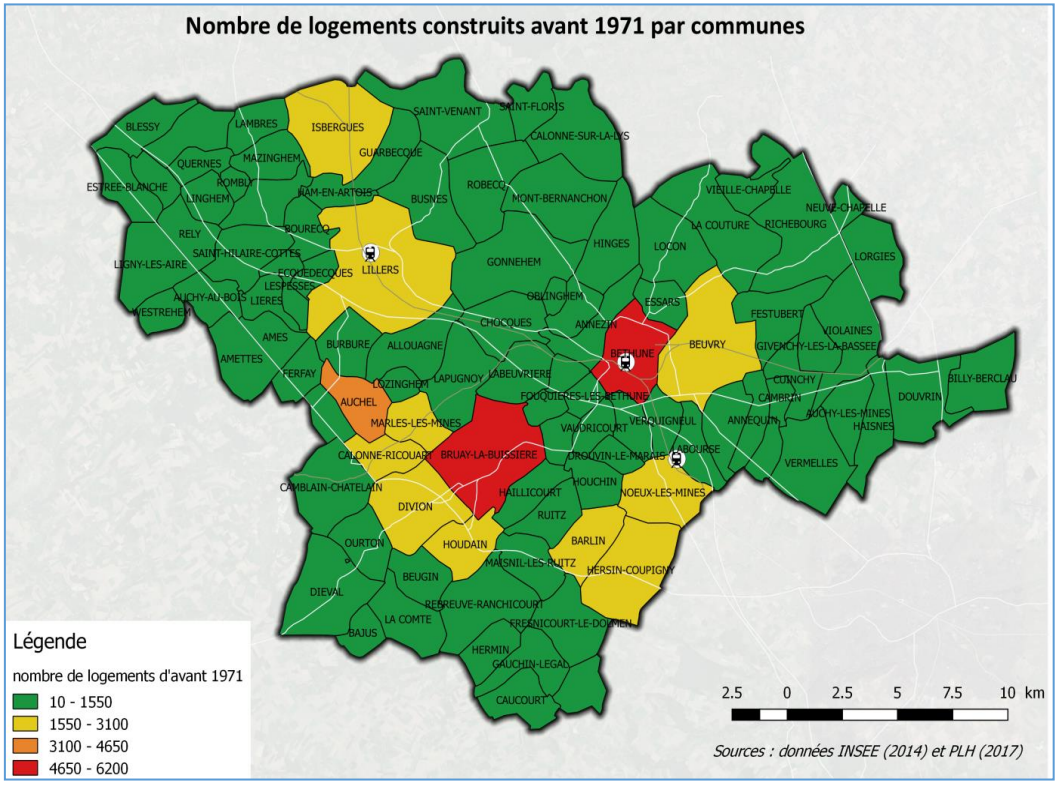
Répartition du nombre de logements	73791	24025	14491	9316	2898

Concernant l'âge des bâtiments, la carte suivante donne la répartition, par commune, des bâtiments les plus âgés (construits avant 1971). Nous observons que les communes les plus densemment peuplées ont les nombres de logements d'avant 1971 les plus élevés, comme c'est le cas de Béthune et Bruay-la Buissière avec plus de 4650 logements concernés chacune.

La commune d'Auchel est la seule à avoir un nombre de logements construits avant 1971 entre 3100 et 4650.

Les communes de Lillers, Beuvry, Noeux-les-Mines, Hersin-Coupigny, Barlin, Houdain, Divion, Calonne-Ricouart, Marles-les-Mines et Isbergues ont un nombre de logements d'avant 1971 compris entre 1550 et 3100.

Les autres communes du territoire ont un nombre de logements concernés inferieur à 1550, ce qui correspond aux communes les moins densemment peuplées.



2.b) Précarité énergétique des logements :

L'état du parc bâti se cumule avec les problématiques sociales du territoire, où en 2015 près de **9% des propriétaires vivent sous le seuil de pauvreté**, 38% parmi les locataires du parc privé et 45% parmi les locataires du parc public.

En 2015, **9% des résidences principales de l'agglomération ont été identifiées comme potentiellement indignes**, touchant davantage les communes du bassin minier et les communes rurales, à l'ouest du territoire. [12]

De plus, près de **7% des ménages sont considérés en situation de précarité énergétique**, ce qui est un peu plus que la moyenne du département, de celle des Hauts-de-France et de la France.[13] La précarité énergétique est donc un enjeux fort du territoire avec une place de plus en plus importante dans le débat social et environnemental.

3) Gisements disponibles :

3.a) Hypothèses :

Une estimation du nombre de logements à rénover, ainsi que du gisement d'économie d'énergie a été réalisé afin de mener à bien l'étude. Pour cela, certaines hypothèses ont du être élaborées comme pour la surface des logements (on compte une surface moyenne par logement de 112 m² pour les maisons individuelles et près 63 m² pour les logements en collectif et sachant que sur le territoire il est compté près de 85% de logement en maison individuelle et 15% en logement collectif, il est donc considéré une surface moyenne de 100 m² par logement sur l'ensemble du territoire). Dans les logements existants, nous considérons que le gisement de réduction des consommations d'énergie par une rénovation complète permet d'atteindre le niveau BBC-rénovation, soit 104 kWh/m²/an en région.

3.b) Les principaux gisements d'économie d'énergie dans le secteur résidentiel :

La **priorité** et la première étape dans les réductions des consommations énergétiques dans le secteur résidentiel (et plus largement dans le bâtiment) est la **réduction des pertes énergétiques par l'enveloppe des bâtiments**, puis vient la réflexion sur les équipements

[12] Chiffres PLH de la CABBALR 2015
[13] Chiffre PrecariTER, propriété d'Enedis 2012

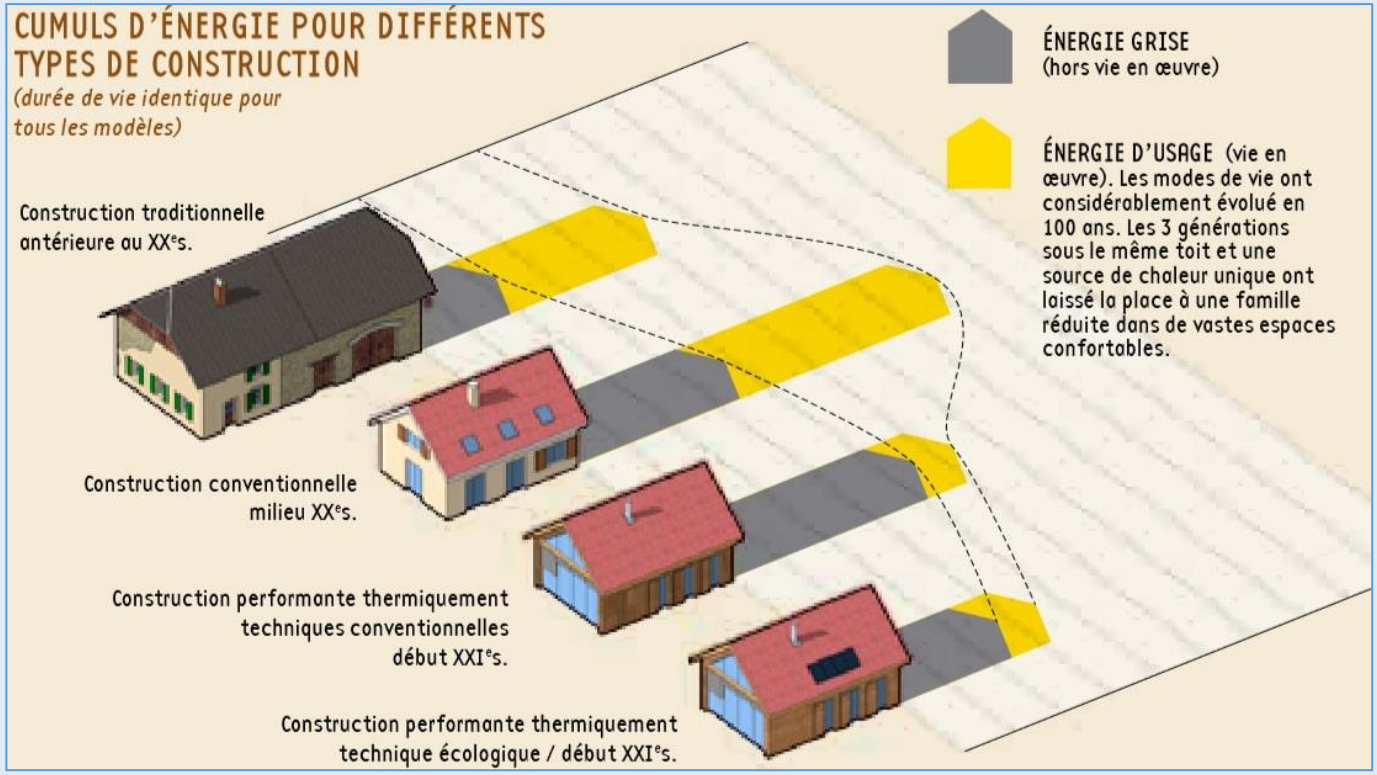
(cuisson, Eau Chaude Sanitaire, électroménager…) et enfin les systèmes de production de chaud et de froid (chauffage, climatisation et ventilation).

- **Réduction des consommations sur les logements neufs**

D'après le scénario du PLH, il est prévu entre 2017 et 2025 la construction de **1050 logements neufs par an, soit un total de 33 600 logements supplémentaires entre 2018 et 2050, si ce rythme est conservé**. Il est également compté un taux de renouvellement de 150 logements par an, soit près de 0,12 % par an.

Jusqu'en 2020, la Reglementation Thermique de 2012 s'applique pour les nouvelles constructions, réglementant la consommation d'énergie primaire à 50 kWh/m²/an. Entre 2018 et 2020, pour une moyenne de 100 m² de logements construits, cela représente près de 10,5 GWh de consommation supplémentaire pour le secteur résidentiel sur le territoire.

A partir de 2020, la RT2020 impose la construction de Batiment à Energie POSitive, les consommations d'énergie par logement seront compensées par leur production d'énergie. Entre 2020 et 2050, on peut estimer à près de 1050 nouveaux logements construits par an ne « consommant plus d'énergie » au regard de leur production. L'application de la RT2020 permet ainsi d'éviter la consommation supplémentaire de 5,25 GWh/an, soit **157,5 GWh sur 30 ans**.



Source : CAUE Isère

La réduction des consommations des logements neufs permet d'agir sur l'énergie consommée au quotidien, mais également sur la quantité d'énergie nécessaire pour produire le logement. On parle alors *d'énergie grise.* Bien que difficile à quantifier car cette énergie n'est pas nécessairement consommée sur le territoire, cet aspect doit être pris en compte pour observer l'impact des différentes réglementations thermiques.

- **Efficacité énergétique dans les logements existants : vaste programme de réhabilitation énergétique**

Sur la base des éléments de contexte précédemment évoqués, nous avons déterminé la répartition des logements existants par ancienneté et par performance énergétique.

Hypothèse : Sachant qu'à l'échelle nationale la surface moyenne par logement est de 112 m² pour les maisons individuelles, et de 63 m² pour les logements collectifs et sachant que sur le territoire il est compté près de 85% de logement en maison individuelle et 15% en logement collectif, il est donc considéré une surface moyenne de 100 m²

Dans les logements existants**, nous considérons que le gisement de réduction des consommations d'énergie par une rénovation complète permet d'atteindre le niveau BBC-rénovation, soit 104 kWh/m²/an** et soit l'atteinte de l'étiquette B dans le classement DPE. Cette hypothèse de travail permet d'être en accord avec les grands objectifs nationaux fixés pour la rénovation des logements et notamment :

- Rénover toutes les passoires thermiques du parc privé d'ici 2025 (LTECV).
- Rénover 500 000 logements par an à l'échelle nationale (LTECV).
- Rénover l'ensemble du parc de bâtiments au niveau BBCà horizon 2050 (LTECV).

	Avant 1975	1975-1989	1990-1999	2000-2009	Après 2010	TOTAL
Nombre de logements concernés (étiquette égale ou supérieure à C)	73 788	23 543	14 343	9 314	1 940	122 928
Consommations actuelles des logements à rénover (GWh/an) (étiquette égale ou supérieure à C)	1407	499	278,5	170	34	2 388
Consommation des logements concernés après rénovation (GWh/an)	767	244	149	96,8	20,1	1 276,9
Réduction des consommations correspondant à la différence entre les consommations avant et après rénovation (GWh/an)	640	255	129,5	73,2	13,9	**1 111,6**

Ainsi, de manière globale et d'après les calculs suivants, il est déterminé un gisement de réduction de consommation dans le secteur résidentiel de **46%**. Sachant que d'après le diagnostic énergétique du territoire et les données issues du Pôle Métropolitain de l'Artois, la consommation totale pour le secteur résidentiel est de 2 126 GWh/an, **le gisement de réduction des consommations est estimé à 978 GWh/an.**

Part des programmes de rénovation en cours sur le territoire dans la rénovation globale des logements :

	Nombre de logements rénovés / nombre de dossiers déposés (annuel)	Estimation de la consommation moyenne globale avant rénovation (GWh/an)	Estimation de la consommation moyenne après rénovation (GWh/an)	Réduction des consommations d'énergie GWh/an)
OPAH Propriétaires occupants et propriétaires bailleurs, concernant spécifiquement l'Energie et la lutte contre l'Habitat Indigne et très Dégradé)	34	0,748	0,408	0,34
PIG Propriétaires occupants et propriétaires bailleurs, concernant spécifiquement l'Energie et la lutte contre l'Habitat Indigne et très Dégradé)	228	5,016	2,736	2,28
Rénovation des bailleurs sociaux Propriétaire occupant et propriétaire bailleur	115	2,53	1,38	1,15
PLH (Subventions de la Communauté d'Agglomération, du programme Habitez Mieux et de l'Anah) Total des logements sur le territoire de la Communauté d'Agglomération	485	10,67	5,82	4,85

D'après les tableaux d'informations sur les actions et subventions pour la rénovation des logements ; la réduction totale des consommations est estimées à 8,62 GWh pour l'année 2017. Si ce rythme est prolongé pour les années à venir, cela représente 103,44 GWh d'ici 2030 et **275,84 GWh** d'ici 2050 (sur 32 ans) soit une **réduction de 13% des consommations du secteur résidentiel**. Ce total prend en compte les principaux programmes de rénovation du territoire, et ne se veut donc pas exhaustif.

*Un rappel des différents programmes et dispositifs existant sur le territoire est disponible en annexe.

- **Diminution des consommations par la sensibilisation à l'éco-responsabilité**

De nombreuses actions de sensibilisation peuvent être menées afin de réduire les consommations énergétiques du secteur résidentiel. Néanmoins ces aspects sont très difficiles à évaluer. Des expérimentations menées sur des bâtiments tests durant une semaine on permit de définir un gisement global de **10%** **des consommations[14] liées au chauffage des bâtiments**. **Il est nécessaire de rester prudent avec cette estimation, tant la différence entre consommation expérimentale et consommation réelle peut être grande**. **Quatre grands secteurs d'actions peuvent être identifiés :**

- **Diffuser les meilleures technologies de régulation des consommations.**
- **Sensibiliser les particuliers sur l'achat d'équipement peu énergivore (étiquette énergie A++ minimum).**
- **Rendre systématique et exigeant avec l'entretien des chaudières.**
- **Communication régulière sur les meilleures pratiques pour réduire sa consommation d'énergie.**

Pour rappel la consommation d'énergie relative au chauffage des logements est estimée à 1445,6 GWh/an. La mise en place des actions de sensibilisation permettrait une diminution **maximale et théorique** de **144,5 GWh/an**.

- **Réduire les consommations d'énergies liées à l'eau chaude sanitaire (ECS)**

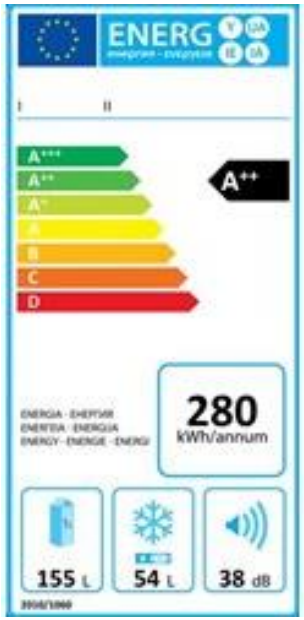
Les consommations d'énergie relative à l'ECS correspondent à 11% de la consommation total du secteur résidentiel, soit 233,9 GWh/an. Une réduction de cette consommation est tout à fait envisageable, mais elle dépend presque uniquement du **renouvellement**

[14] Certaines analyses identifient un gisement bien plus important, pouvant atteindre dans certains cas 50%. Néanmoins, les sources les plus complètes (ADEME, CEREN, RTE, etc…) n'accorde aucun crédit à ce potentiel. Même sur les tests réalisés en laboratoire ou sur des bâtiments témoins, ces sources appellent à la prudence.

des appareils anciens par des technologies économes en énergie. Le remplacement des appareils existants doit se faire en priorité vers les systèmes de chauffe-eau solaire, une technologie déjà bien éprouvée. Les chauffe-eaux thermodynamiques, de plus en plus plébiscités pour les logements neufs et la rénovation, présentent également des perspectives très intéressantes. Le choix entre ces deux technologies doit être fait en fonction des caractéristiques du logement.

Selon l'étude réalisée en 2011[15] sur le périmètre du Nord-Pas-de-Calais, le remplacement de l'intégralité des systèmes existants par les technologies présentées ci-dessus permettrait une diminution de la consommation d'énergie relative à l'ECS de 68%. **Appliquée à la consommation du territoire, cela représente une diminution de 159 GWh/an[16]**.

- **Réduire la consommation d'électricité spécifique**



La consommation énergétique des équipements d'électroménager prend une place de plus en plus importante dans les foyers, que ce soit par leur nombre ou par leur consommation unitaire. En effet, les supports multimédias par exemple ont tendance à se développer rapidement et à consommer de plus en plus d'énergie. Paradoxalement, les fabricants d'appareils de gros éléctroménagers ont l'obligation de faire des efforts de réduction de consommation par appareil, ou du moins d'indiquer la classe de consommation grâce aux étiquettes-énergétique. Mais cela n'est pas suffisant pour contrebalancer l'augmentation du nombre d'appareils par foyer, et la consommation énergétique que représente ces derniers.

Les différents scénarii tendanciels étudiés (Grenelle, INSEE, CEREN) montrent une augmentation constante de la consommation d'électricité spécifique. En 2050, la consommation de ces appareils pourrait augmenter de 29% en comparaison à la situation actuelle. C'est pourquoi il est nécessaire d'encadrer cette évolution.

Les travaux réalisés lors du Grenelle de l'environnement, puis ultérieurement, identifient un gisement acceptable de 7% à horizon 2050. Les travaux réalisés spécifiquement sur le périmètre du Nord-Pas-de-Calais identifient un gisement maximum de 20%. Au-delà de l'écart entre ces deux hypothèses, ces chiffres montrent bien

[15] Efficacité énergétique en Nord-Pas-de-Calais (2011), Energies demain ; E&E, rapport réalisé pour le compte de la région Nord-Pas-de-Calais et l'ADEME.
[16] L'étude estime que ce remplacement est possible en 15 ans. Il est impératif de rester prudent sur cette temporalité.

qu'il est possible d'agir sur l'augmentation des consommations d'électricité spécifique, et même de les réduire.

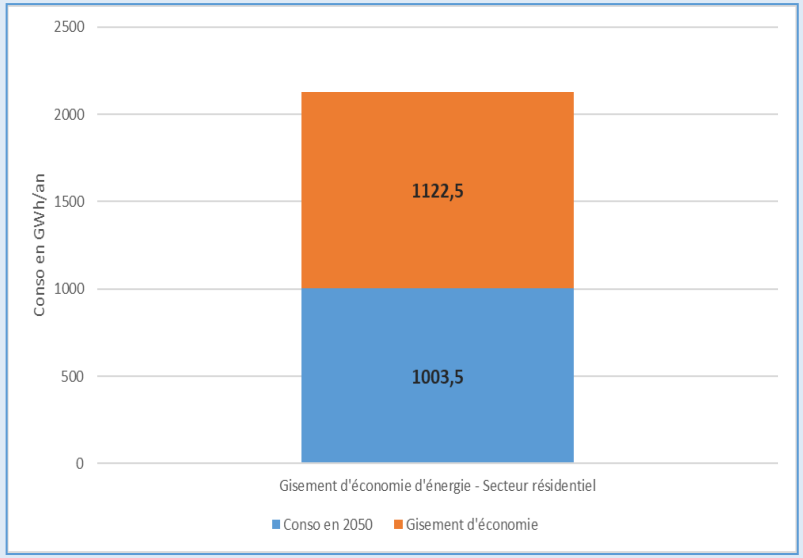
Par soucis de cohérence et de méthodologie, il a été décidé d'appliquer le gisement identifié par les travaux du Grenelle. Ainsi, en 2050, **la consommation d'électricité spécifique du territoire peut être réduite de 31 GWh/an**.

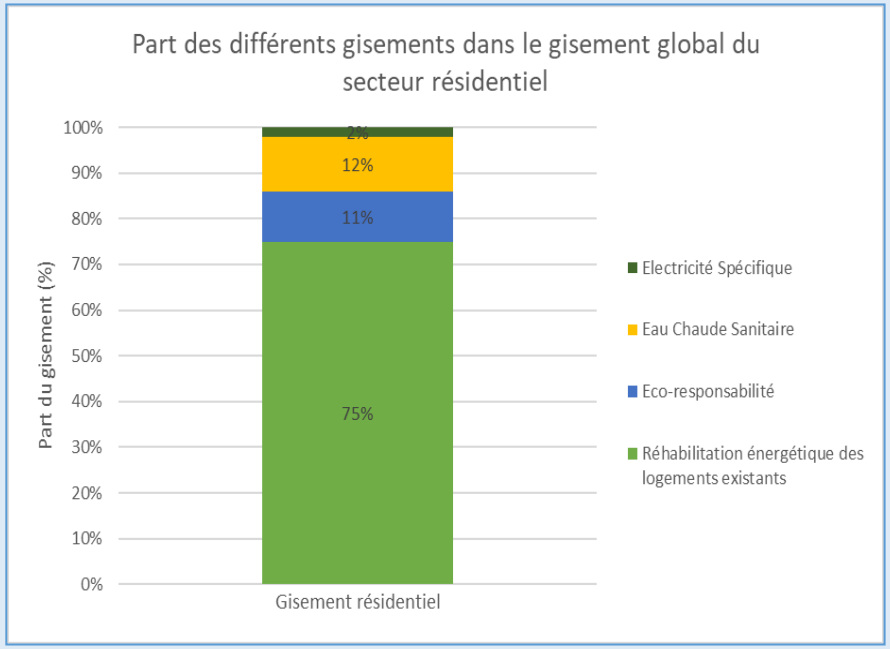
4) Résultats globaux :

Par prudence, et par soucis méthodologique, les résultats présentés ci-dessous ne s'additionnent pas entre eux (par exemple, les gisements « **éco-responsabilité** » et « **réduction électricité spécifique** » se chevauchent). Ils permettent néanmoins d'identifier les principales priorités d'actions pour le secteur résidentiel. C'est pourquoi, il est préférable de prendre en compte uniquement les deux gisements suivants :

Consommation actuelle	2 126 GWh/an
Programme de rénovation intégral	- 978 GWh/an
Eco-responsabilité	- 144,5 GWh/an
Consommation 2050	**1 003,5 GWh/an**

Appliquée à la consommation énergétique du secteur résidentiel, le gisement représente ainsi **52% de la consommation actuelle, soit une diminution de 1 122,5 GWh/an.**


2500
2000
1500
1000
500
0
Conso en GWh/an
1122,5
1003,5
Gisement d'économie d'énergie - Secteur résidentiel
Conso en 2050
Gisement d'économie


Part des différents gisements dans le gisement global du secteur résidentiel
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Part du gisement (%)
2%
12%
11%
75%
Gisement résidentiel
Electricité Spécifique
Eau Chaude Sanitaire
Eco-responsabilité
Réhabilitation énergétique des logements existants

Les économies d'énergie dans le secteur mobilité

1) Positionnement général sur les gisements d'économies d'énergie dans la mobilité :

Faire de la mobilité un secteur économe en énergie implique des changements structurels importants. L'évolution du secteur est lente, notamment à cause de la durée de vie des véhicules et encore plus des infrastructures. Pourtant, la dépendance extrême du secteur aux produits pétroliers en fait un secteur prioritaire pour la transition énergétique du territoire.

Par ailleurs, il n'existe pas de solution unique tant les profils territoriaux sont diversifés, ce qui implique une connaissance fine des pratiques et usages en matière de déplacement. Cela nécessite également la mise en œuvre d'un panel d'actions très diverses afin d'agir efficacement. Enfin c'est un secteur stratégique, ou la réglementation nationale et les évolutions technologiques ont un poids très important, rendant parfois l'action locale plus difficile.

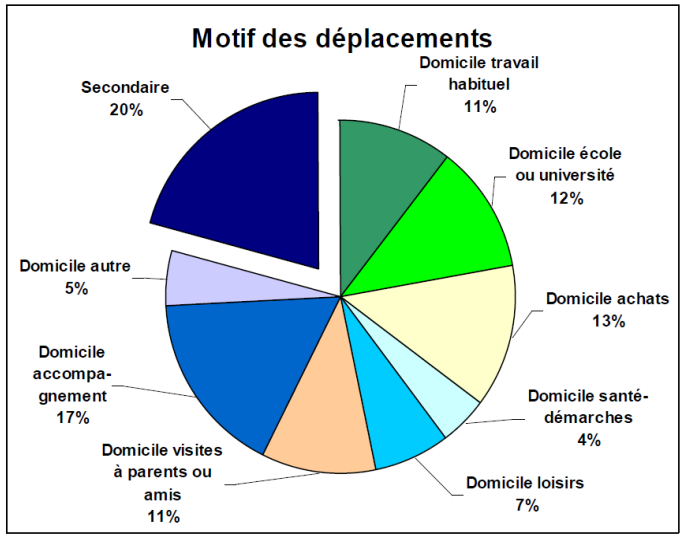
Les choix de développement pour les années à venir doivent donc être bien étudiés dans la mesure ou ils conditionneront l'évolution des déplacements des habitants sur le territoire. Néanmoins, les études nationales menées sur le sujet laissent à penser que le gisement d'économie d'énergie est important, justifiant ainsi encore un peu plus l'action locale (diminution de 66% de la consommation de 2010 à horizon 2050)[17].

2) Profil énergétique du secteur mobilité de la Communauté d'agglomération :

2.a) Motif de déplacements des habitants :

[17] La transition énergétique du secteur des transports (2014), Institut NégaWatt,

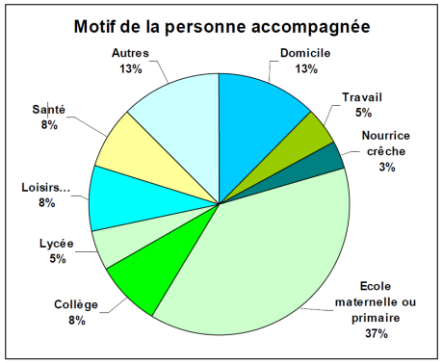
En 2005, une vaste enquête a été réalisée sur le territoire du SCoT de l'Artois afin de mieux connaitre les usages et pratiques des habitants en matiere de mobilité. Parmi les informations, les motifs de déplacements des habitants permettant de mieux cerner les raisons qui poussent les habitants à se déplacer.



Les déplacements « **secondaires** » correspondent aux déplacements sans domicile aux extremités. Ils représentent le pourcentage le plus élevé, soit **20%** des déplacements. Viennent ensuite les **déplacements pour l'accompagnement** d'un proche à hauteur de **17%**. Les déplacements liés à une **activité scolaire**, à la **visite** d'un parent ou d'un ami, pour le **travail** ou pour réaliser des **achats** représentent respectivement entre **11 et 12%** des déplacements totaux.

Les trajets dits secondaires n'étant pas rattachés au point de départ du domicile, ils ne constituent pas de priorité d'actions (ils sont déjà optimisés par leur mutualisation avec un autre besoin).

Ainsi, pour diminuer le nombre de déplacements, il est prioritaire d'agir sur les **déplacements d'accompagnement**.



⚠ D'après l'enquête-déplacement du SMESCOTA, les motifs d'accompagnement sont donnés dans le diagramme ci-contre. **50%** des trajets domicile-accompagnement resultent de l'activité scolaire (maternelle, primaire, collège, lycée), ce qui en fait un secteur d'invervention prioritaire.

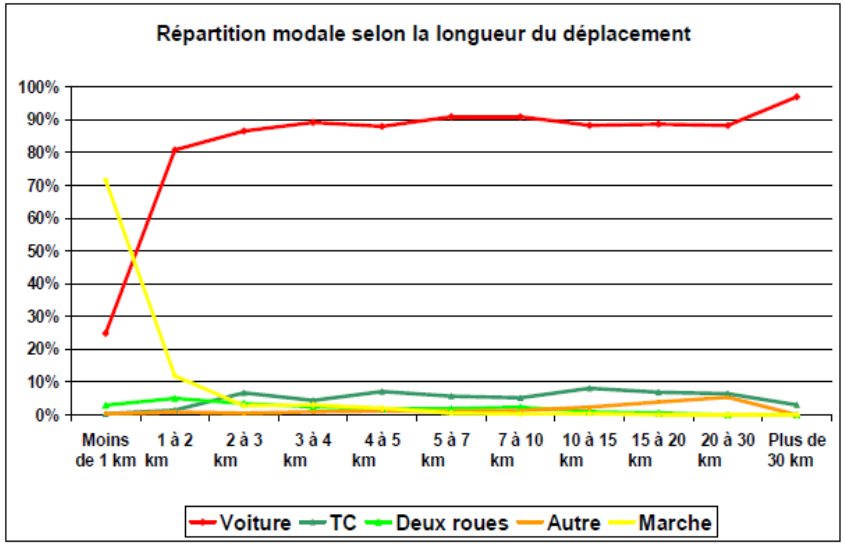
La part importante des déplacements Domicile-Ecole ; Domicile-Achats et Domicile-Travail renvoit directement à la notion de **mixité fonctionnelle des territoires**. En effet, une mauvaise répartition des différents services que propose les territoires (concentration dans un seul espace entrainant de fortes disparités) induit des déplacements supplémentaires. A l'inverse, une bonne mixité fonctionnelle permet de diminuer le nombre de déplacements en véhicule individuel, car les services sont repartis équitablement sur le territoire, et donc accessibles facilement. **La planification et l'aménagement du territoire sont donc des outils essentiels** pour réduire le nombre de déplacements.

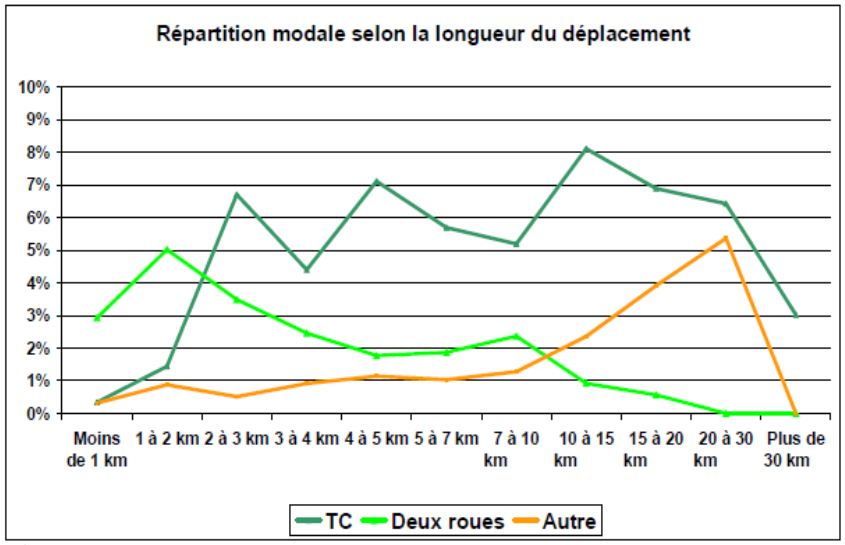
L'étude menée par le SMESCOTA objective également la part que représente la **voiture individuelle** par motif de déplacement :

Secondaire :	73%
domicile autre :	72%
domicile accompagnement :	77%
domicile achats :	76%
domicile-étude :	68%
domicile travail :	85%

Ainsi les **trajets domicile-travail sont ceux utilisant le plus la voiture (à 85%) sur le territoire et présentent une priorité d'action,** du fait de la fréquence importante de ces types de déplacements.

2.b) Répartition modale des déplacements :





L'analyse de la réparition modale des déplacements[18] met en avant **l'omniprésence de la voiture inviduelle dans les déplacements du territoire**. En effet, elle devient le mode de déplacement majoritaire des que la distance à parcourir s'approche de 1 km. Surtout, près de 90% des déplacements (toutes distances confondues) sont réalisés en voiture.

La marche à pied est quant à elle très utilisée pour les déplacements de moins d'un kilomètre. L'utilisation du vélo atteint un pic de 5% entre 1 et 2 km pour décroitre progressivement à mesure que la distance augmente.

L'utillisation des transports en commun reste très faible comparée au total des déplacements (8% maximum). Cependant, on distingue 3 distances ou la part des transports en commun augmente de façon intéressante :

- Les trajets de 2 à 3 km.
- Les trajets d'environ 5 km.
- Les trajets de 10 à 15 km.

[18] Source : enquête ménage-déplacements réalisée sur le Périmètre du SCoT de l'Artois (SMESCOTA), juin 2005

Dans le secteur de la mobilité, les modes actifs tels que la marche à pied et le vélo ne sont pas considérés comme des modes consommant de l'énergie. En favorisant le report modal, la consommation d'énergie est donc considérablement diminuée.

L'offre de transports en commun et les infrastructures liées peuvent également être développées sur le territoire de la Communauté d'Agglomération, ce qui est déjà en cours. Mais des gisements d'économies d'énergie sont encore à exploiter, pour rendre l'utilisation de transport en commun plus attractive par rapport aux véhicules individuels (rapidité des trajets, grande desserte, coût, haute fréquence de passage, grande plage horaire, plateforme d'informations, fiabilité du système…). Cela est également valable pour l'encouragement du covoiturage (avec les infrastructures liées) et les aménagements urbains pour encourager les déplacements actifs (pistes cyclables, chemins pédestes, partage de la voirie, sécurisation…).

Le report modal et la diminution du nombre de véhicules individuels dépassent donc les grands changements sociétaux. C'est également une question d'aménagement local du territoire. Les infrastructures et les futurs aménagements doivent donc concourir à cet objectif prioritaire.

3) Gisements disponibles :

3.a) Méthodologie et hypothèses :

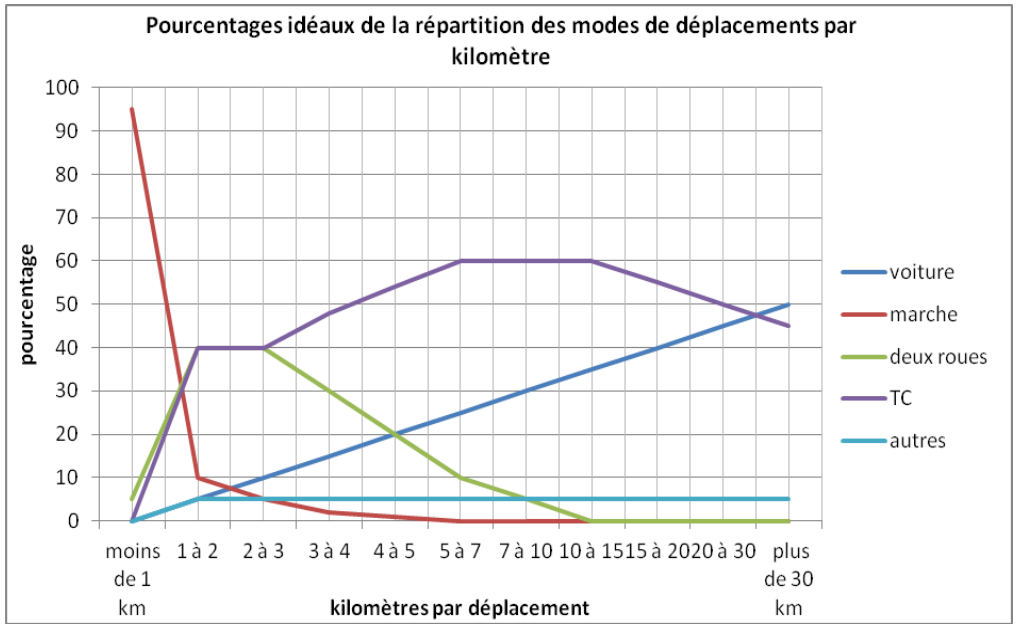
Par soucis de clarté, il a été décidé de définir 6,4L/100Km comme consommation moyenne d'un véhicule individuel, sans distinction de motorisation.

3.b) Gisement d'économie d'énergie :

En matière de mobilité, il est généralement dénombré **sept secteurs prioritaires** permettant de diminuer efficacement la consommation énergétique du secteur. Les différents secteurs sont présentés ci-dessous, par ordre croissant d'importance.

- **Encourager le report modal**

La première priorité d'action porte bien sur la diminution du nombre de déplacement réalisé avec un véhicule individuel, au profit des transports en commun et des modes doux. Il faut alors parler de **report modal**. En comparant la situation locale avec les différents exercices de prospective existants (et notamment les modes de transports les plus adaptés en fonction de la distance), il est possible d'identifier la **répartition théorique des modes de transports en 2050 si une action forte était engagée pour réduire la place des véhicules individuels**[19].



Ainsi, la simulation laisse apparaitre une **diminution très importante du nombre de déplacement en voiture**, surtout pour les trajets les plus courts. Son utilisation augmente progressivement à mesure que la distance augmente. Par exemple, la voiture individuelle ne représente que 15% des déplacements pour des trajets de 3 à 4 km alors que représente aujourd'hui 90% des déplacements pour cette même distance. Elle redevient le mode de déplacement majoritaire (+50%) pour les trajets de plus de 30km.

La simulation effectuée laisse présager un recours massif aux transports en commun et au vélo pour les trajets de courtes distances. Ensemble, ils représentent ainsi près de 80% des déplacements compris entre 1 et 3 km. L'utilisation du vélo décroit progressivement à mesure que la distance augmente. Il reste néanmoins un mode de transport important pour des trajets inférieurs à 7km.

[19] La simulation, ainsi que le graphique présenté page suivante sont construits à partir de coefficients issus d'une large bibliographie. Il faut lire le graphique comme les capacités maximales d'acceptation de changement de mode de transports par les habitants du territoire.

Si l'utilisation du vélo décroit avec la distance, celle du transport en commun continue de croitre jusqu'à atteindre un pic d'utilisation de 60% pour des déplacements compris entre 7 et 15km. Sa part diminue ensuite pour des distances plus longues au profil de la voiture individuelle. Alors que l'extrême majorité des déplacements sur le territoire s'effectue sur des distances courtes (moins de 3km), cet exercice laisse donc à penser que la **voiture individuelle pourrait représenter moins de 10% des déplacements effectués sur de telle distance**.

En considérant les déplacements en voiture évités et répartis sur les déplacements à pied, en deux roues et en transport en commun et en faisant l'hypothèse d'une consommation moyenne par déplacement en voiture de 6,4 L/100 km, nous obtenons les consommations d'énergie évitées suivantes :

Distance des déplacements (km)	Moins de 1	1 à 2 km	2 à 3 km	3 à 4 km	4 à 5 km	5 à 7 km	7 à 10 km	10 à 15 km	15 à 20 km	20 à 30 km	Plus de 30 km	**total**
Nombre de déplacement	270000	215000	100000	60000	50000	60000	60000	50000	30000	20000	10000	925000
Pourcentage de voitures évités	25 %	75 %	75 %	75 %	68 %	63 %	60 %	53 %	48 %	43 %	48 %	
Nombre de déplacements en voiture évités	67500	161250	75000	45000	34000	37800	36000	26500	14400	8600	4800	510850
Consommation d'énergie évitée (GWh)	16	56	43	36	35	52	71	79	56	50	33	**528**

La répartition théorique repose sur le fait que l'utilisation des transports en commun est grandement développée (trains, bus…) et que cela va générer de plus grande consommation d'énergie pour ce mode. Il faut rajouter un total de 205 GWh d'énergie

supplémentaire par l'utilisation des transports en commun. Ainsi, d'après ce calcul, le **gisement d'économie d'énergie lié au report modal est de 17% , soit une diminution de 322 GWh/an**.

- **Favoriser le recours au télétravail**

La pratique du télétravail est souvent présentée comme un moyen de réduire efficacement le nombre de trajets domicile-travail. Pour rappel, ces trajets sont actuellement prédominants dans la mobilité du territoire. De plus le cadre légal évolue et permet désormais un développement du télétravail plus important. Cependant, le télétravail est encore peu développé sur le territoire (environ 5% selon l'étude efficacité énergétique en Nord-Pas-de-Calais).

Afin de simuler les gisements énergétiques, il est tout d'abord nécessaire d'isoler le nombre de déplacement Domicile-Travail réalisé en voiture. On applique ensuite une diminution de 20% de ces trajets, correspondant à une journée de télétravail réalisée par semaine. Après application, on obtient les données suivantes :

Distance des déplacements (km)	Moins de 1	1 à 2 km	2 à 3 km	3 à 4 km	4 à 5 km	5 à 7 km	7 à 10 km	10 à 15 km	15 à 20 km	20 à 30 km	Plus de 30 km	**total**
Déplacements domicile-travail en voiture	25245	20102	9350	5610	4675	5610	5610	4675	2805	1870	935	86487
Nombre de déplacements en voiture évités	5049	4020	1870	1122	935	1122	1122	935	561	374	187	17110
Consommation d'énergie évitée (GWh)	1,19	1,39	1,07	0,89	0,96	1,54	2,21	2,02	2,18	2,17	1,28	**16,94**

Ainsi, d'après ce calcul, le **gisement d'économie d'énergie lié à la pratique du télétravail est de 16,94 GWh (1%). Attention tout de même, la pratique du télétravail se dévéloppe de façon peu uniforme. C'est pourquoi l'hypothèse d'une diminution de 20% a été retenue (le télétravail étant en général pratiqué sur 2 jours/semaine, soit 40%).**

- **Favoriser la pratique du covoiturage**

Les résultats des différentes « Enquêtes Ménage-Déplacement » font apparaître un taux d'occupation moyen des voitures de 1,34 personne par voiture. Néanmoins, ce taux cache de fortes disparités. Ainsi le taux d'occupation moyen n'est que de 1,1 en cas de trajet professionnel. Il passe à l'inverse à 1,5 pour les autres usages. La pratique du covoiturage semble donc être un levier d'action intéressant afin de diminuer le nombre de déplacement domicile travail, identifié comme cible prioritaire.

Dans le cadre des exercices de prospective, l'utilisation du covoiturage est appliquée uniquement au déplacement professionnel, là où cette pratique semble être la plus pertinente. Il est généralement admis qu'avec la mise en place d'une politique volontaire, il est tout à fait pertinent d'imaginer un taux d'occupation moyen de 1,5, au même niveau que pour les autres usages. **Par un développement du covoiturage pour les activités professionnelles, le gain est estimé à environ 5%[20] de la consommation totale du secteur, soit une diminution de 96,3 GWh**.

- **Favoriser un espace dense, propre à réduire les déplacements en véhicule**

Depuis longtemps, le lien entre densité et mobilité est largement étudié. Des 1989, Newman et Kenworthy publient une étude[21] importante dans le domaine de l'urbanisme, et démontrent la corrélation directe entre densité des espaces et mobilité durable. Les villes à faible densité consomment ainsi en moyenne quatre à huit fois plus d'énergie par habitants pour les transports que les villes à forte densité.

[20] La simple baisse du nombre de véhicules en circulation induit une diminution de 5% des consommations totales d'énergies. (Source : Efficacité énergétique en Nord-Pas-de-Calais (2011) Energies Demain ; E&E, p47.
[21] P.Newman ; J.Kenworthy (1989), « Cities and automobile dependence ».

Cependant, les différentes études menées à l'échelle nationale et régionale apportent des résultats décevants en terme d'économie d'énergie. L'étude menée en ex-région Nord-Pas-de-Calais présente un gisement de 1%. Ces résultats s'expliquent par un faible accroissement de la population à venir, qui ne permet d'agir efficacement sur la densité et la structure du territoire. Néanmoins, les gains transversaux sont difficiles à évaluer, et agir sur la densité des espaces est très clairement identifié comme un levier d'action prioritaire pour enclencher la transition énergétique. **Appliquée à la consommation du territoire[22], la densification des espaces permettrait à minima de réduire les consommations énergétiques du secteur de 19,26 GWh/an**.

- **Favoriser la mixité fonctionnelle du territoire**

L'accroissement des zones d'activités, la spécialisation des espaces, la disparition des services de proximité ; toutes ces dynamiques rendent inégales la répartition des fonctions et des services sur le territoire. Des espaces concentrent ainsi un grand nombre d'activité du même type, alors que certains espaces ne comptent que très peu de service aux habitants. **Ces inégalités impliquent des déplacements plus longs, et donc un recours à la voiture individuelle plus systématique. C'est pourquoi il est essentiel de travailler sur ce sujet**. Surtout, agir en faveur de la mixité fonctionnelle à un double impact positif sur la consommation énergétique :

- Un impact direct : les distances de déplacements sont fortement réduites, réduisant de facto la consommation énergétique de ces véhicules.
- Un impact indirect : Des distances moins longues favorisent le recours à des modes de déplacements plus économes en énergie (modes doux et transports en commun).

Simuler l'impact d'une meilleure répartition des fonctions sur le territoire est une tâche complexe, qui demande d'intégrer et de faire varier un trop grand nombre de variables extrêmement précises. Néanmoins, les différentes études menées sur le sujet s'accordent à dire que cette meilleure répartition des fonctions représente un gisement net estimé entre 15 et 20%. L'étude menée à l'échelle du Nord-

[22] Les scénarios tendanciels d'évolution de la population (INSEE) étant comparable entre la région et la communauté d'agglomération, il a été décidé d'appliquer le gisement de 1% à la consommation d'énergie du secteur mobilité.

Pas-de-Calais détermine un gisement **de 17%. Appliqué à la consommation d'énergie pour la mobilité du territoire, cela représente une diminution de la consommation de 327,42 GWh**.

- **Amélioration technologique dans le secteur de la mobilité**

D'un point de vu technologique, la construction de véhicules est de plus en plus contrainte et réglementée pour obtenir des rendements de moteurs et de systèmes peu énergétiques. Mais le parc de véhicules est aussi composé de voitures anciennes et énergivores. Les réglementations sur les émissions de polluants sur les véhicules en circulation permettent en partie de promouvoir l'utilisation de systèmes basse pollution et donc, de systèmes basse consommation. Plus que dans tout autre secteur, le levier technologique représente un rôle déterminant pour le transport. Si le renouvellement d'un véhicule individuel reste long, l'ensemble des études mené sur le sujet s'accorde à dire que ce renouvellement représente le gisement le plus intéressant pour la mobilité, **à hauteur de 23%**[23]. **Appliqué au territoire, ce gisement représente une diminution de 442,98 GWh à long terme**.

[23] Etude efficacité énergétique en Nord-Pas-de-Calais (2011), Energies Demain ; E&E

- **Sensibiliser et communiquer sur l'éco-conduite**

pays	Méthode	Court terme	Moyen terme
Pays-Bas	Programme national	10-20%	5-10%
Autriche	Programme national	10-15%	5-10%
Japon	Épreuve de conduite intelligente	25%	
Japon	Coupure du moteur à l'arrêt	10%	
Japon	Atelier sur l'écoconduite	12%	
Japon	Atelier sur la réduction de la consommation moyenne	26%	
Suède	Stages de formation à la conduite	5-15%	
Autriche	Stages de formation à la conduite optimisée des autobus d'ÖBB, réalisation, suivi, retour d'expérience	10%	
Autriche	Concours d'écoconduite pour conducteurs titulaires du permis	30-50%	
Autriche	Gestion de la mobilité pour les flottes d'entreprise	10-15%	
Allemagne DVR	- Programme national pour conducteurs novices		6-10%
	- Chauffeurs professionnels <7.5t	6-10%	6-8%
	- Stages de conduite de VP (évaluation)	10-25%	10-15%
Deutsche Bahn	Stages de formation, suivi, retour d'expérience, gratification		3-5%
Shell		5-20%	
Ford	Stages de conduite et analyse du style de conduite en fonction du déplacement	25%	10%
FIA - AASA		15%	
FIA - Plan Azul		14%	
FIA - ADAC		25%	
FIA - öAMTC		6%	
FIA - JAF		12-16%	
Nissan		18%	
R-U	Pratiques exemplaires en transport de fret	10%	

En 2007, une vaste étude a été menée sur les différents programmes mis en place afin de favoriser l'éco-conduite ; et les gisements d'économie d'énergie attendu. L'ensemble des programmes étudiés sont repris dans le tableau ci-joint.

En moyenne, les programmes étudiés prévoient une diminution des consommations énergétiques à moyen terme de près de 8%. **Appliqué au territoire, cela représente une diminution de la consommation énergétique de 154 GWh/an**.

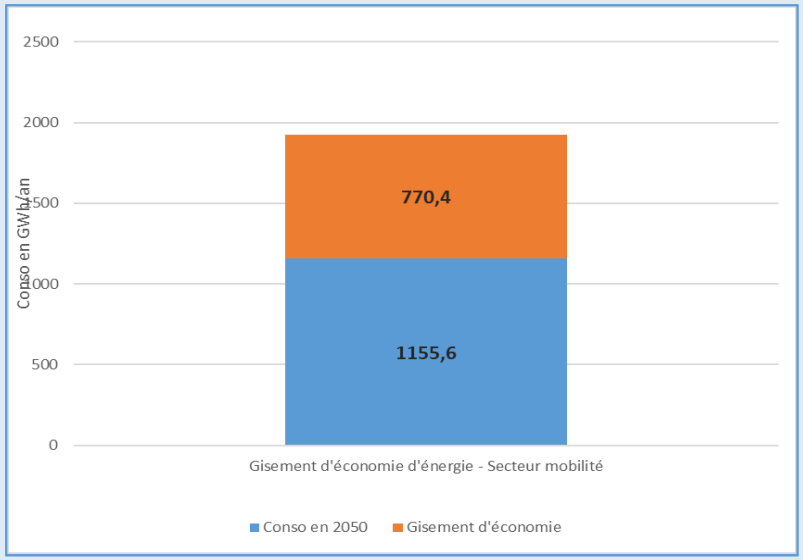
4) Résultats globaux :

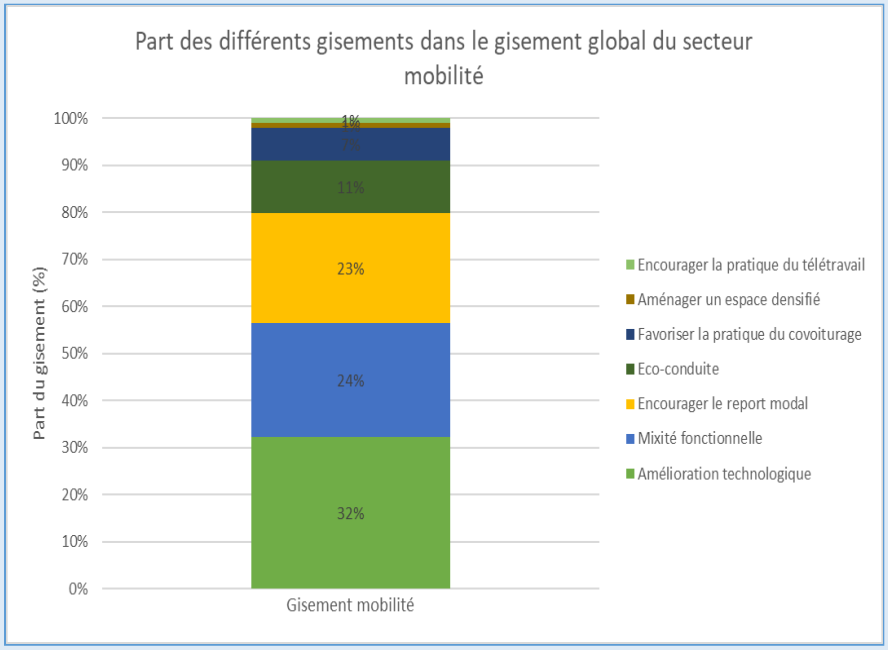
En additionnant l'ensemble des gisements présentés ci-dessus, le gisement global pour le secteur mobilité est de 78%, soit une diminution de la consommation totale de 1494 GWh à long terme.

Néanmoins, l'intégralité des études sur le sujet montre que l'addition des gisements est un indicateur théorique et maximum. En effet, « l'ensemble des gisements présentés ne s'additionnent pas, mais se combinent »[24]. **C'est pourquoi, il est proposé pour cette étude de ne retenir que les deux principaux gisements afin de définir le gisement net du secteur, soit une diminution tout de même importante de 770 GWh/an à long terme (40%)**.

Typologie du gisement	Pourcentage	Diminution en GWh/an
Amélioration technologique	23%	442,98
Mixité fonctionnelle	17%	327,42
Report modal	17%	322
Eco-conduite	8%	154
Covoiturage	5%	96,3
Densité des espaces	±1%	19,26
Télétravail	±1%	16,94
Total	**71%**	**1 378,9**

[24] Rapport Efficacité Energétique Nord-Pas-de-Calais


2500
2000
1500
1000
500
0
Conso en GWh/an
770,4
1155,6
Gisement d'économie d'énergie - Secteur mobilité
Conso en 2050
Gisement d'économie


Part des différents gisements dans le gisement global du secteur mobilité
100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Part du gisement (%)
1%
7%
11%
23%
24%
32%
Gisement mobilité
Encourager la pratique du télétravail
Aménager un espace densifié
Favoriser la pratique du covoiturage
Eco-conduite
Encourager le report modal
Mixité fonctionnelle
Amélioration technologique

Les économies d'énergie dans le secteur du fret

1) Positionnement général sur les gisements d'économies d'énergie du secteur fret:

Le secteur fret est bien évidemment lié aux activités économiques du territoire et de celles des territoires voisins. Les économies d'énergie sont assez naturellement recherchées par les acteurs économiques pour permettre des économies financières. Néanmoins, cette logique économique comporte également des impacts négatifs. Le développement des activités logistiques est par exemple le fruit d'un raisonnement économique, or cette fois l'impact sur l'environnement est plutôt négatif, ces activités générant un important flux de transport routier.

Dans le contexte français, entre 1990 et 2015, **le transport de marchandises (hors oléoducs) a augmenté de 26%**. En 2015, 87% des 323 milliards de tonnes-kilomètres sont parcourus par la route, 11% par voie ferrée et 2% par voie fluviale. Comparativement, parmi les consommations énergétiques du transport routier (qui représentent 83% des consommations énergétiques des transports), 63% sont destinées au transport de voyageurs et 37% au transport de marchandises.

Enfin, on assiste depuis les années 2000 au développement des biocarburants, en raison des obligations d'incorporations réglementaires dans le gazole et l'essence. En 2015, elle atteint 3,0 Mtep, soit 6 % de la consommation du transport.

2) Profil énergétique du secteur fret de la Communauté d'agglomération :

Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération, la consommation du secteur fret est de 738,5 GWhEF/an, soit 8% de la consommation totale du territoire. Comme pour la mobilité des personnes, le transport de marchandises est extrêmement dépendant des produits pétroliers qui représentent 90% de la consommation énergétique du secteur.

Parmi les principales caractéristiques du territoire, la structure économique a un impact fort sur le transport de marchandise. En effet, les activités industrielles et de logistique sont très présentes sur le territoire comparativement à des territoires voisins (hors région).

De même, du fait de la situation géographique favorable de la région Hauts-de-France, le territoire occupe une place de premier ordre dans le transport de marchandise, en tant que territoire de hub (noyau pivot d'un système de transport = plate-forme de correspondance). Des infrastructures de premier plan renforcent également l'attractivité régionale pour le transport de marchandise : Le Port de Dunkerque, le port de Lille, Delta-3 à Dourges, et les aéroports… Sur le territoire de la Communauté d'agglomération, de grandes infrastructures de transport routier, ferroviaire et fluvial assurent l'écoulement des flux d'échanges entre l'Europe du Nord-Ouest (Royaume Uni, Benelux), le Bassin parisien, et l'Europe méridionale avec notamment l'A26, le port de Béthune et le canal d'Aire.

3) Gisements disponibles :

3.a) Hypothèses et méthodologie :

L'activité de fret étant totalement corrélée à l'activité économique en région et en France, cette analyse est effectuée à demande constante, c'est-à-dire sans prendre en compte les évolutions possibles de l'activité.

En fonction des gisements disponibles, il est parfois impossible d'estimer les quantités de produits importés par typologie de produit. C'est pourquoi il a parfois été décidé de s'appuyer sur des hypothèses régionales afin d'estimer le gisement local.

3.b) Gisements disponibles :

Au-delà des actions diverses, trois principaux leviers d'actions permettent d'agir efficacement sur la consommation énergétique du transport de marchandise. Ils sont présentés ci-dessous par ordre d'importance.

- **Encourager le report modal**

Comme pour la mobilité des personnes, le transport de marchandise peut également bénéficier du report modal, et ainsi diminuer grandement ces consommations énergétiques. Les analyses menées en Nord-Pas-de-Calais laissent à penser que **le transport fluvial représente une opportunité très intéressante pour le fret** (à l'échelle nationale, c'est plutôt le ferroviaire qui remplit ce rôle). Un report de 15% des marchandises actuellement transportés par la route vers le transport fluvial, couplé à l'utilisation d'un moyen de transport économe en énergie pour la demande future, permettrait de diminuer d'environ 20% les consommations énergétique du secteur fret[25]. **Appliqué au territoire, ce gisement représente une économie d'énergie de 147 GWh**.

- **Evolution technologique à venir**

A nouveau, les évolutions technologiques à venir représentent un gisement d'économie d'énergie non négligeable, même s'il est difficile pour le territoire d'agir directement sur ce levier d'action. Actuellement, les poids lourds utilisent majoritairement des moteurs turbo-diesel à injection directe, disposant d'un bon rendement thermique. Néanmoins, de nouvelles solutions technologiques liées à l'utilisation de nouveau combustible, de nouvelles formes de motorisation doivent permettre d'améliorer les rendements. Parmi les principales technologiques à venir, il est possible de citer quelques secteurs prioritaires :

- **Amélioration du rendement thermique des moteurs.**
- **Amélioration des pneumatiques.**
- **Matériaux plus légers permettant ainsi un meilleur facteur de charge.**
- **Développement des véhicules peu consommateur pour la pratique « dernier km bas carbone ».**

[25] Etude ADEME

- **Optimisation des chargements.**
- **Développement de la logistique reverse (ou inverse).**

Au total, ces améliorations technologiques représentent un gisement de près de 10%, atteignable à court terme (2030). **Une diminution de 10% permettrait d'économiser 73,85 GWh pour le transport de marchandises**.

- **Relocalisation des activités**

Bien que réalisée à demande constante, il est nécessaire d'objectiver à minima la question de la relocalisation des activités. En effet, c'est un levier d'action évident car il permet d'agir directement sur la quantité de marchandises à acheminer sur le territoire. Cependant cet aspect est presque impossible à analyser efficacement, tant la diversité des marchandises est importante.

En l'absence de données, l'application du gisement régionale à l'échelle du territoire de la Communauté d'agglomération permet d'estimer **une diminution de 22 GWh/an**. Ce chiffre est bien sur uniquement théorique, et ne reflète absolument pas le potentiel d'économie d'énergie que représenterait une relocalisation importante des activités.

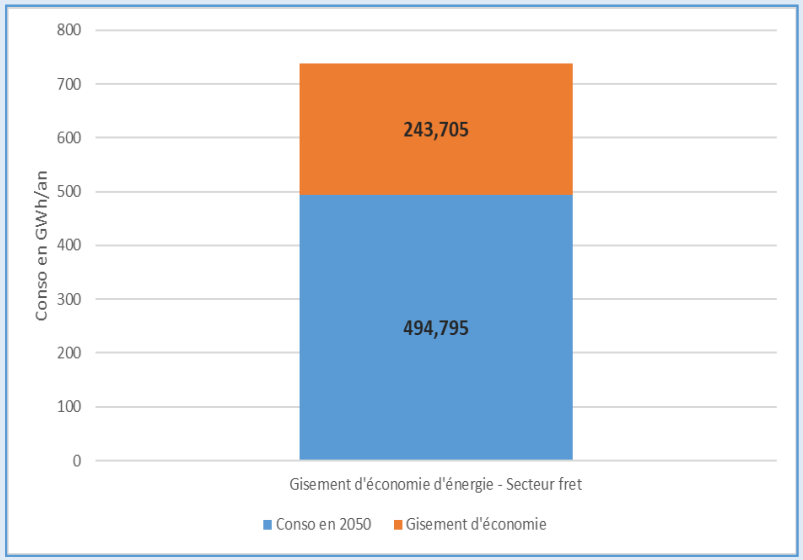
En 2011, une vaste étude sur les perspectives énergétiques de l'ex-région Nord-Pas-de-Calais a été menée. Parmi les hypothèses de travail, il a été décidé d'estimer les économies d'énergie liées à une relocalisation importante de l'activité agricole. L'hypothèse retenue est que 40% des importations de produits alimentaires en région, sont désormais produits sur place, et ne nécessitent plus de transport routier sur de longue distance. Au total, l'étude a identifié un gisement de 3% de la consommation globale du secteur fret.

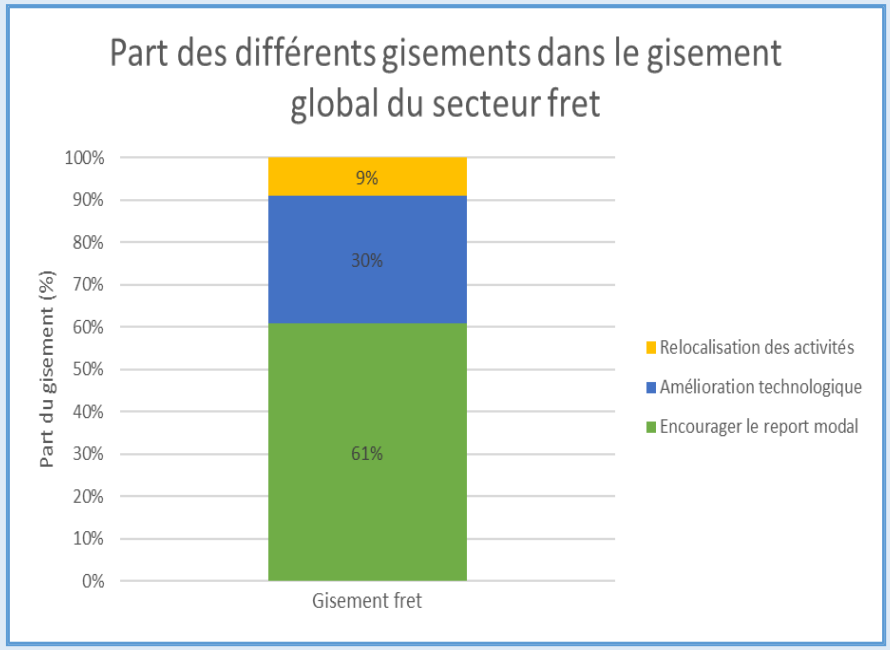
4) Résultats globaux :

D'après les scénarios très ambitieux de l'institut negaWatt, il est envisagé une réduction des consommations d'énergie dans le secteur fret **de 50% entre 2008 et 2050**, avec la mise en place de l'ensemble des actions de réduction de consommation cités ici. [26] **Cela représente une diminution de 370 GWh/an**.

Nous pouvons considérer que ce pourcentage très ambitieux représente le **gisement mobilisable brut** de réduction de consommation d'énergie pour le fret.

La somme des différents leviers d'action présentés ci-dessus, **représente un gisement de 33%, soit une diminution globale de 243,7 GWh/an**. Sans parler de gisement net, ce dernier est très certainement plus proche de ce dernier chiffre.





consommations d'énergie en 2050 selon le potentiel de réduction maximum (répartition transports routiers / autres transports

Consommation en 2050 (GWh/an)	*Transports routiers*	*Autres transports*	*Total*
mobilité	*1150*	*20*	*1170*
fret	*400*	*100*	*500*

Les économies d'énergie dans le secteur tertiaire

1) Positionnement général sur les gisements d'économies d'énergie dans le tertiaire :

Selon l'INSEE, le secteur tertiaire « recouvre un vaste champ d'activités qui va du commerce à l'administration, en passant par les transports, les activités financières et immobilières, les services aux entreprises et services aux particuliers, l'éducation, la santé et l'action sociale ». Cela correspond entre autres aux centres hospitaliers, aux universités, collèges, écoles et crèches, aux activités touristiques et de loisirs (bases de loisirs, musées, patrimoine…), aux bureaux et aux commerces. **Depuis les années 1980, la consommation du secteur tertiaire n'a cessé de progresser, en lien avec la tertiarisation de notre société.**

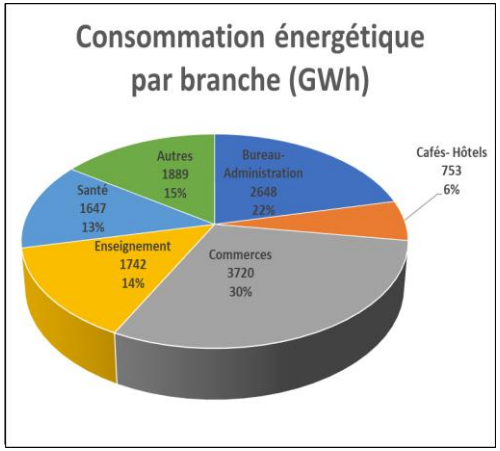
Dans ce secteur, les consommations d'énergie connaissent de grandes variabilités en fonction de l'activité, ainsi que des différents postes de consommations. Néanmoins, le secteur tertiaire représente également un gisement d'économie d'énergie à ne pas négliger. En effet, de nombreuses actions de réduction des consommations peuvent être développées au cas par cas, en fonction du secteur d'activité. A l'inverse, les travaux sur le bâti pour améliorer l'isolation des bâtiments sont applicables à l'intégralité des activités du secteur tertiaire.

2) Profil énergétique du secteur tertiaire de la communauté d'agglomération :

Le secteur tertiaire semble moins prioritaire dans les enjeux du territoire face aux enjeux des secteurs précédemment exposés. En effet, il ne représente que 8% des consommations d'énergie, soit 697,1 GWh/an. Les caractéristiques énergétiques du secteur tertiaire du territoire sont comparables à celle des échelles supérieures (département, région prinicipalement). D'après les données INSEE de 2017[27] le nombre d'établissements tertiaires sur le périmètre de la Communauté d'agglomération est de 3 673, pour un total de 40 966 salariés.

[27] Connaissance Locale de l'Appareil Productif (Outil) ; INSEE

2.a) Consommation d'énergie par activité et par poste de consommation :



A partir de la répartition des consommations énergétique par branche, il est possible d'idientifier les activités les plus énergivores du secteur tertiaire. Il apparait très clairement que les activités « Commerces » et « Bureaux » sont les secteurs d'intervention prioritaire. Ils représentent ainsi près de 52% de la consommation totale du secteur tertiaire.

A partir des données issues des études menées en région Nord-Pas-de-Calais rapportée au territoire, il est possible d'identifier la répartition des consommations d'énergie par type d'activité et par poste de consommation. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

	Consommation d'énergie par poste (GWh)				Total
Branche	Chauffage	ECS	Cuisson	Electricité spécifique	
Bureaux	90,5	1,5	3,1	58,3	153,4
Cafés, hôtels, restaurants	17,6	9,2	6,3	8,8	41,8
Commerces	102,5	25,1	6,3	71,1	209,1
Enseignement	73,2	7,8	6,8	9,8	97,6
Santé	47,1	16,3	9,1	18,1	90,6
Autres	54,4	24,1	6,3	19,9	104,6
Total (GWh)	385,2	84,0	37,8	185,9	697,1

⚠ De légères disparités peuvent apparaître entre les chiffres ci-dessus et les chiffres avancés dans le diagnostic. Elles résultent d'une méthode de calcul différente, nécessaire à cet exercice. Néanmoins, ces disparités restent très faibles ce qui montre que ces chiffres correspondent bien à la réalité du territoire.

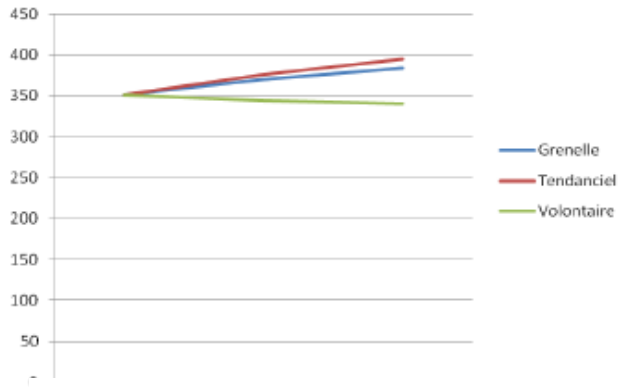
Parmi les principales caractéristiques permettant de prioriser l'action à mener, il est intéressant de mettre en avant la forte consommation d'énergie nécessaire au chauffage des locaux (55% de la consommation totale), plus particulierement dans les secteurs « Commerce » et « Bureaux ». Concernant la consommation d'énergie nécessaire à l'ECS, deux secteurs se dégagent : le secteur **« Autres » principalement en lien avec les activités sportives ;** et le secteur **« Commerce »**. Enfin l'énergie alloué au poste « **Cuisson** » est relativement faible, à l'exception du secteur « **Santé** » où ce poste représente un potentiel d'intervention intéressant.

L'électricité spécifique nécessaire aux différentes acitivités tertiaire représente également un poste consommateur important. Des actions peuvent donc être menée, sans oublier la difficulté de s'adapter aux sépcificités de l'activité. Principale priorité d'action, les secteurs « **Commerce** » et « **Bureaux** » identifié comme particulierement énergivore en électricité spécifique.

3) Gisements disponibles

3.a) Hypothèses et méthodologie

Concernant **l'électricité spécifique consommée par les bâtiments tertiaires, cette dernière est en forte hausse**, en lien avec la pénétration des nouveaux appareils numériques et la domotique. Les différents scénarios « laisser faire » étudiés prévoient une augmentation de la consommation d'électricité spécifique à long terme. Les scénarios ambitieux prévoient une légère diminution, notamment en développant des actions sur les systèmes de climatisation, sur l'éclairage et sur la sensibilisation du personnel aux économies d'énergie. **Par soucis de clarté, l'électricité spécifique sera considérée comme constante lors de cette analyse. Néanmoins, il reste impératif d'agir sur ces consommations afin de « contrôler » au mieux l'augmentation des consommations d'électricité spécifique**.



Simulation de l'évolution des consommations d'électricité spécifique dans le secteur tertiaire (source : étude NPDC 2011)

3.b) Gisements disponibles

Parmi les principaux gisements d'économie d'énergie identifiés pour le secteur tertiaire, deux leviers d'actions apparaissent comme prioritaires afin de diminuer sensiblement les consommations énergétiques. Ils sont présentés ci-dessous, par ordre décroissant d'importance.

- **Travailler sur le bâti pour diminuer les déperditions**

Favoriser une meilleure isolation des bâtiments tertiaires représente clairement le principal levier d'action pour réduire efficacement les consommations énergétiques du secteur. En effet, cette action peut être généralisée à l'ensemble des bâtiments du secteur tertiaire. Une action forte permettrait donc d'engager une dynamique favorable pour l'ensemble du secteur, sans considération de l'activité exercée. Les gains estimés d'un tel programme de réhabilitation peuvent être extrêmement importants.

De même, l'instauration de nouvelles réglementations thermiques doit permettre de diminuer drastiquement la consommation énergétique des futurs bâtiments tertiaires.

En fonction des simulations réalisées, il est possible d'atteindre une diminution moyenne de la consommation liée au chauffage des bâtiments tertiaires de **50%** dans le cas d'une réhabilitation lourde. **Cela représente une diminution de 182,7 GWh/an à long terme**.

- **Garantir une bonne maintenance des bâtiments tertiaires, et encadrer les consommations électriques spécifiques**

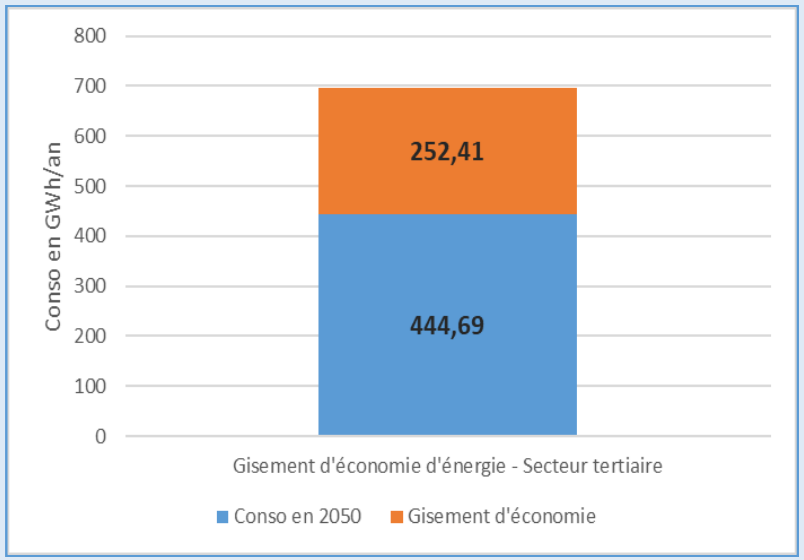
Les différentes études identifient la maintenance des bâtiments comme un levier d'action important, notamment afin de « contrôler » l'augmentation des consommations d'électricité spécifique. Certaines activités comme les grandes administrations, les centres commerciaux ou les établissements d'enseignement ont recours à d'importants systèmes de ventilation, de chauffage, de climatisation, etc…

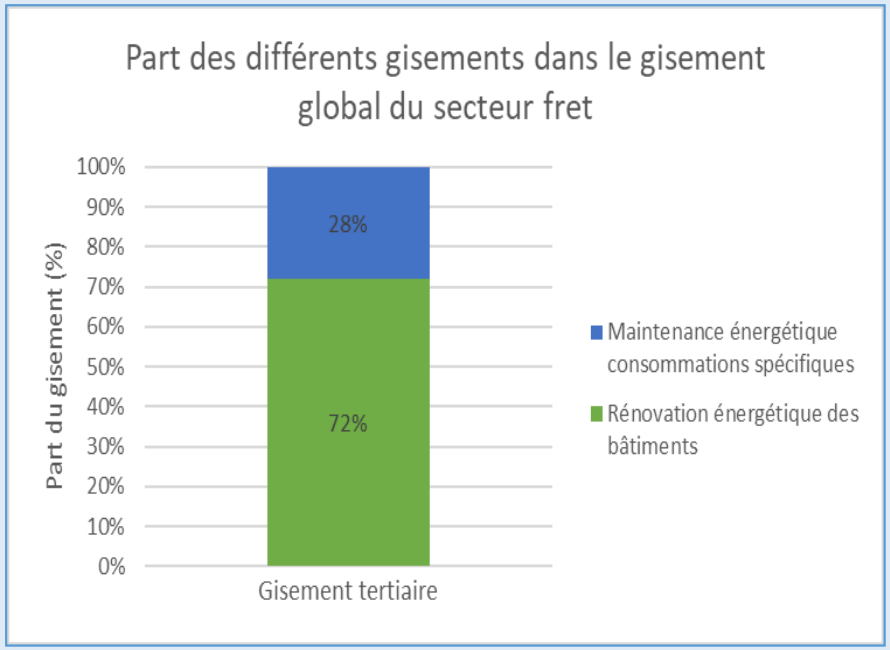
Pour cela, la sensibilisation des opérateurs de maintenance doit être accentuée, afin d'intégrer pleinement une réflexion sur les consommations énergétiques. De même, les principaux systèmes exposés ci-dessus doivent être optimisés afin de réduire les pertes énergétiques.

En fonction du niveau d'ambition, et de l'engagement partiel ou total des acteurs tertiaires, le gisement d'économie d'énergie est estimé à **5-10% de la consommation totale**. **Cela représente une diminution à long terme de 69,71 GWh/an**.

4) Résultats globaux :

D'après les informations issues du Grenelle de l'environnement, les gisements d'économie d'énergie dans le secteur tertiaire peuvent atteindre 35%. L'analyse réalisée ci-dessus identifie un gisement pouvant atteindre **36%** de la consommation totale du secteur tertiaire. La concordance entre ces deux chiffres permet de définir **un potentiel de réduction des consommations énergétiques pouvant atteindre 252,41 GWh/an.**



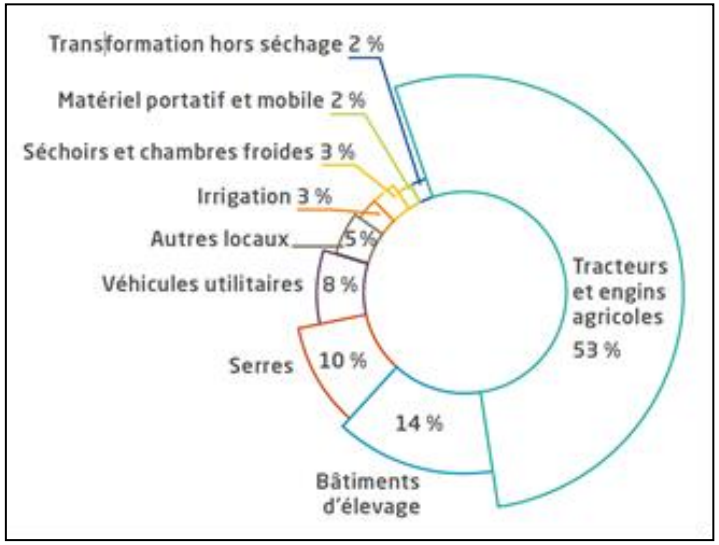


Les économies d'énergie dans le secteur agricole

1) Positionnement général sur les gisements d'économies d'énergie dans le secteur agricole :

Bien que peu prioritaire au regard des consommations énergétiques des différents secteurs, **la réduction des consommations énergétiques dans le secteur agricole est un sujet majeur pour les agriculteurs. En effet, à l'échelle d'une activité, le coût de l'énergie peut atteindre jusqu'à 30 à 40% des charges. Cette situation rend les agriculteurs extremement vulnérables aux fluctuations du coût de l'énergie**. Ainsi, la priorité d'action est donc de réduire la vulnérabilité des exploitants, afin de garantir le maintien de l'activité agricole.

A l'échelle nationale, la répartition énergétique par postes consommateurs est présentée par le diagramme suivant. Les données issues du diagnostic Clim'Agri réalisé en 2014 confirme les tendances présentées ci-dessous :



Deux postes prioritaires émergent très clairement :

- Les tracteurs, engins agricoles et les véhicules utilitaires ; qui représentent près de 61% de la consommation totale du secteur.
- Les bâtiments et leurs équipements ; qui représentent près de 32% du mix énergétique du secteur agricole.

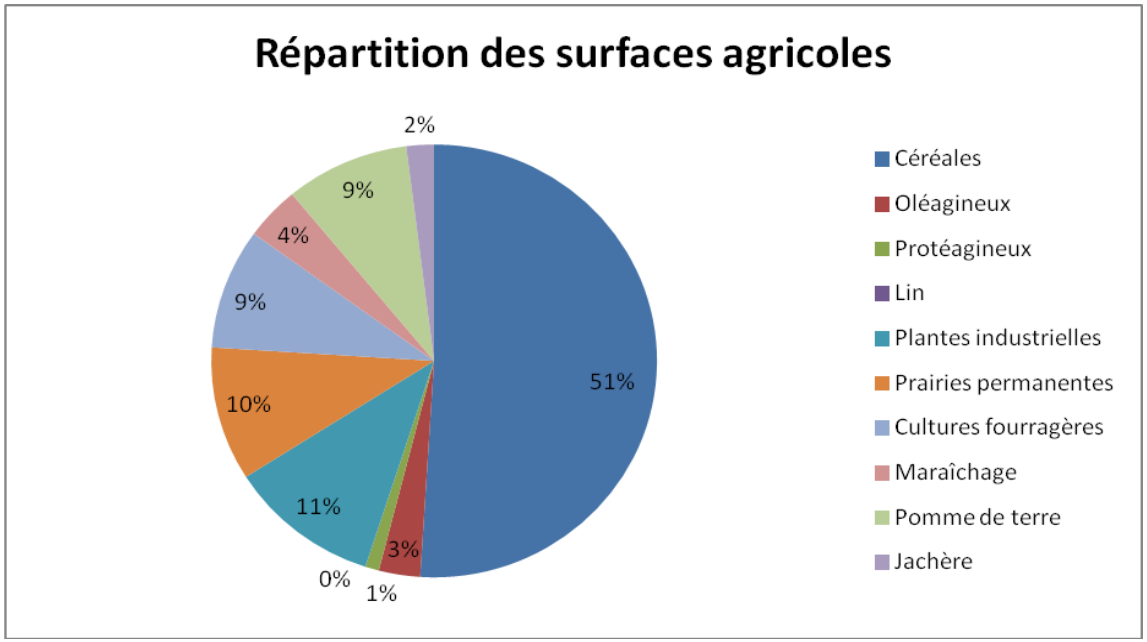
Source : AGRESTE 2011

2) Profil énergétique du secteur agricole de la communauté d'agglomération :

Le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane a une forte composante agricole, c'est pourquoi le gisement d'économie d'énergie sur ce secteur peut être intéressant. En 2015, près de 39 000 hectares sont des surfaces agricoles utilisées (SAU), soit près de 60% de la surface totale du territoire. Les céréales représentent plus de la moitié de ces surfaces, puis la betterave sucrière (dans la catégorie « Plantes industrielles ») à hauteur de 11% et la pomme de terre à hauteur de 9%[28]. L'élevage est également important sur le territoire, avec près de 25 000 bovins.

En 2010, le territoire compte près de 685 exploitations agricoles, avec une surface moyenne de 58 ha par exploitation. La tendance actuelle depuis les 30 dernières années est à la diminution du nombre d'exploitations et à l'augmentation des surfaces moyennes par exploitation.

Energétiquement, les consommations (énergie directe) du secteur agricole sur le territoire atteignent 70 GWh par an en 2012, avec un mix énergétique de 79% pour les produits pétroliers, 15% d'électricité, 4% de gaz et 2% de bois-énergie. [29]



[28] Issu du diagnostic Bilan de Gaz à Effet de Serre ; Communauté d'Agglomération Béthune-Bruay Artois Lys Romane, 2018 ; données du Recensement général Agricole 2010, du DRAAF et Agreste : BDNI 2016, SISA et de l'AULA

[29] Chiffres du Pôle Métropolitain de l'Artois 2012, *voir l'Etat des lieux de la situation énergétique du territoire*

3) Gisements disponibles :

3.a) Hypothèses et méthodologie :

Les gisements identifiés reposent sur différentes sources documentaires :

- L'étude « Prospective Agriculture énergie 2030 » : basé sur les travaux du Centre d'études et de prospective (CEP) du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire, elle définit quatre scénarios d'évolution à horizon 2030 sur le lien entre agriculture et énergie.

- L'étude « Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050 » : En 2012, l'ADEME a réalisé un exercice de prospective énergétique à horizon 2030 et 2050. L'analyse étudie précisément l'évolution possible du secteur agricole.

Un certain nombre d'éléments extérieurs, et donc en dehors du champ d'intervention de la Communauté d'agglomération peuvent avoir un impact déterminant pour l'évolution du secteur agricole. Ainsi, des évolutions géopolitiques peuvent avoir des impacts considérables sur l'organisation agricole en France et en région. De même, les évolutions de la Politique Agricole Commune (PAC) représente une incertitude, bien au-delà des gisements identifiés ci-dessous.

Sans avoir un impact sur la réduction des **consommations énergétiques directes**, la réduction des produits azotés déversés dans les cultures sera un enjeu prioritaire du secteur agricole pour les années à venir. En effet, les engrais azotés représentent le poste de **consommation énergétique indirecte** le plus important du secteur agricole. Ils ont également un impact significatif sur la pollution atmosphérique. Les scénarios prévoient donc une diminution à minima de 37% de ces derniers.

3.b) Gisements disponibles :

Les gisements exposés ci-dessous permettent de réduire efficacement les consommations énergétiques des deux secteurs prioritaires présentés ci-dessus :

⚠ L'analyse des différents gisements agricoles est très difficile, même dans les exercices nationaux. C'est pourquoi, par soucis méthodologique, il a été décidé d'identifier un gisement global pour le secteur agricole.

- **Réduction des consommations énergétiques des bâtiments**

Comme pour les autres secteurs d'activités, **les déperditions énergétiques des bâtiments agricoles sont importantes et sont réparties sur l'enveloppe du bâtiment, les équipements et les systèmes de production de chaleur et de froid.** Cependant, les usages des bâtiments agricoles sont extrêmement diversifiés et ne répondent pas à un usage précis (bureaux, bâtiments d'élevage, serres, séchoirs, etc…).

La première intervention doit être menée sur l'aménagement et l'isolation des bâtiments afin de réduire les déperditions énergétiques, encore très importantes dans ce secteur. **De façon globale, en faisant fi des spécificités des exploitations, une intervention sur l'isolation des bâtiments, sur les systèmes de récupération de chaleur, sur l'optimisation de l'éclairage ou sur la valorisation énergétique de la biomasse est tout à fait envisageable**. Elle permettrait de réduire efficacement les consommations énergétiques, tout en ayant un impact sur l'ensemble des exploitations.

Concernant les systèmes de production de chaleur et de froid, les économies d'énergie sont réalisables sur l'optimisation des process de production, sur le renouvellement des appareils anciens et sur un meilleur entretien des systèmes.

Enfin le développement des énergies renouvelables doit permettre de développer des systèmes économes en énergie, et qui permet au secteur agricole de réduire sa dépendance aux produits pétroliers (73% de la consommation totale). Les principales sources à développer sont la méthanisation, l'énergie solaire, et le recours au bioéthanol. Néanmoins ces aspects sont présentés ultérieurement.

- **Réduction des consommations des tracteurs, engins et véhicules utilitaires**

Les tracteurs, engins agricoles et les véhicules représentent 61% de la consommation d'énergie totale du secteur agricole. Selon les différentes sources d'études, le matériel agricole « *constitue un gisement d'économies important et assez facilement mobilisable* »[30]. Pour cela, il est nécessaire d'entamer une réflexion sur l'optimisation et la réduction des trajets d'approvisionnement en matière première. Cependant cet aspect reste difficilement contrôlable par des politiques publiques locales.

Plus simplement, il est nécessaire de sensibiliser les agriculteurs sur les meilleurs pratiques permettant un meilleur entretien des équipements, sur les bénéfices liés aux renouvellements des appareils les plus anciens. Surtout, la majorité des scénarios met en avant l'importance de la mutualisation des appareils agricoles pour réduire efficacement les consommations.

Le changement de combustible pour les véhicules représente, et représentera, un potentiel d'économie très intéressant. Néanmoins les meilleures solutions techniques pour les véhicules lourds sont encore en développement.

Enfin, comme pour le secteur de la mobilité, l'éco-conduite présente un potentiel intéressant afin de réduire les consommations énergétiques liés aux véhicules agricoles.

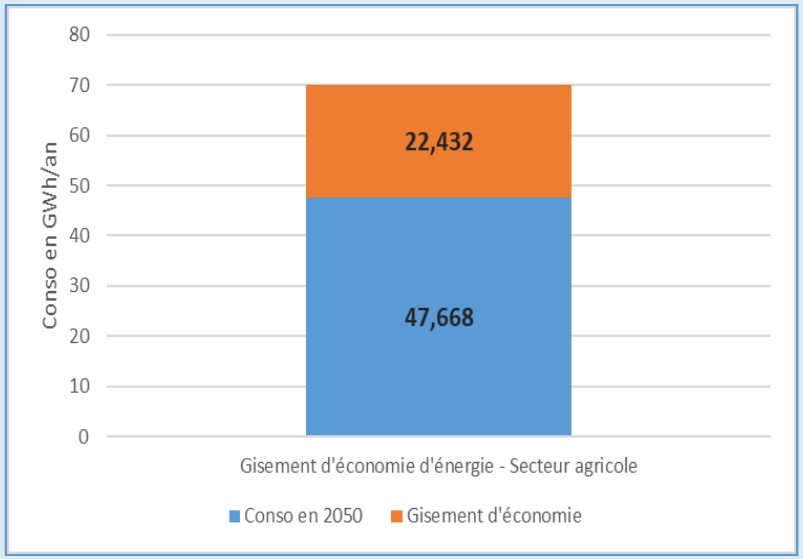
4) Résultats globaux :

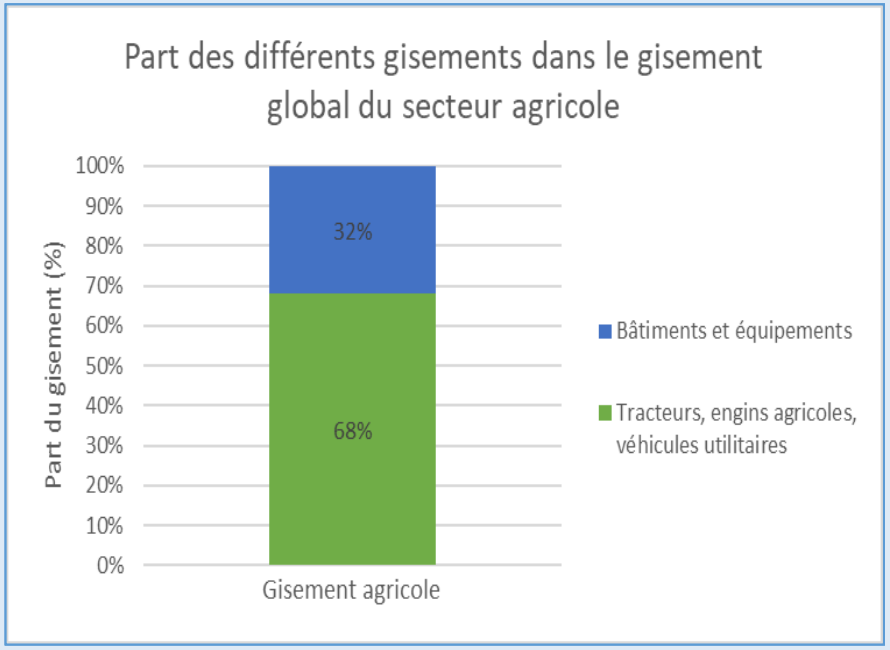
D'après les travaux réalisés dans le cadre de l'étude Perspective Agriculture Energie 2030, le scénario le plus ambitieux avance une réduction des consommations énergétiques du secteur agricole de près de **32%.**

En appliquant ce pourcentage à la consommation de 70,1 GWh/an du secteur agricole, nous obtenons un **gisement de réduction des consommations du secteur de 22,4 GWh/an** pour le territoire.

[30] Prospective Agriculture Energie 2030 : L'agriculture face aux défis énergétiques (2010), Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire.

⚠ L'impact du changement climatique sur le secteur agricole est généralement peu pris en compte dans les études de perspectives énergétiques. Même s'il est difficile de prendre en compte des aspects aussi incertain, ils ne sont pas à négliger. A titre d'exemple les besoins en eau, risquent d'augmenter de plus de 30% à horizon 2050.





Synthèse

Pour résumer les potentialités du territoire, les gisements sont regroupés dans le tableau suivant.

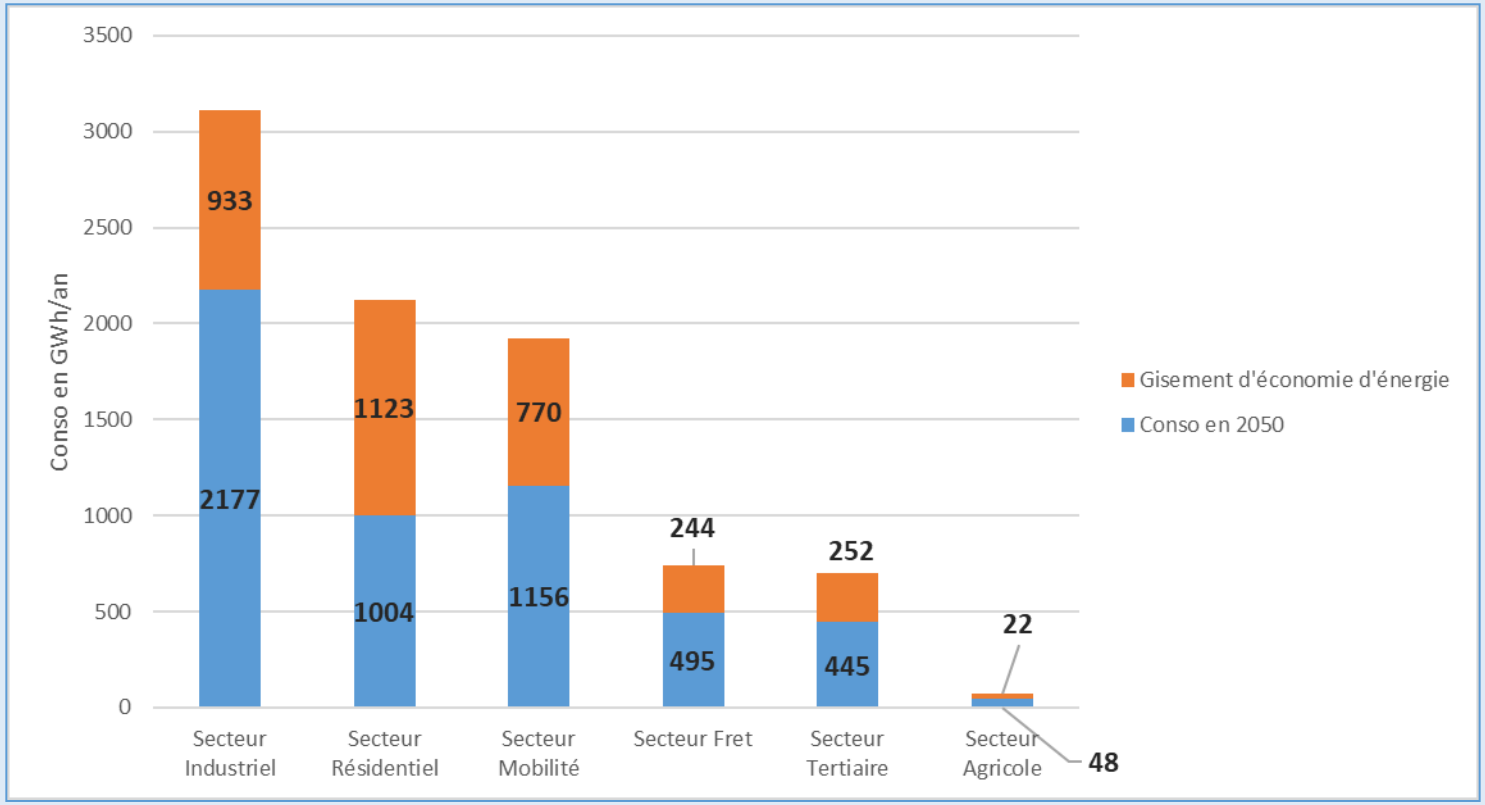
	consommation actuelle (GWh/an)	gisement d'économies d'énergie par secteur	énergie économisée (GWh/an)
secteur industriel	3110,3	30%	933
secteur résidentiel	2126	52%	1122,5
secteur mobilité	1926	40%	770,4
secteur fret	738,5	33%	243,7
secteur tertiaire	697,1	36%	252,4
secteur agricole	70,1	32%	22,432
Total	**8668**	**38,58%**	**3 344,4**

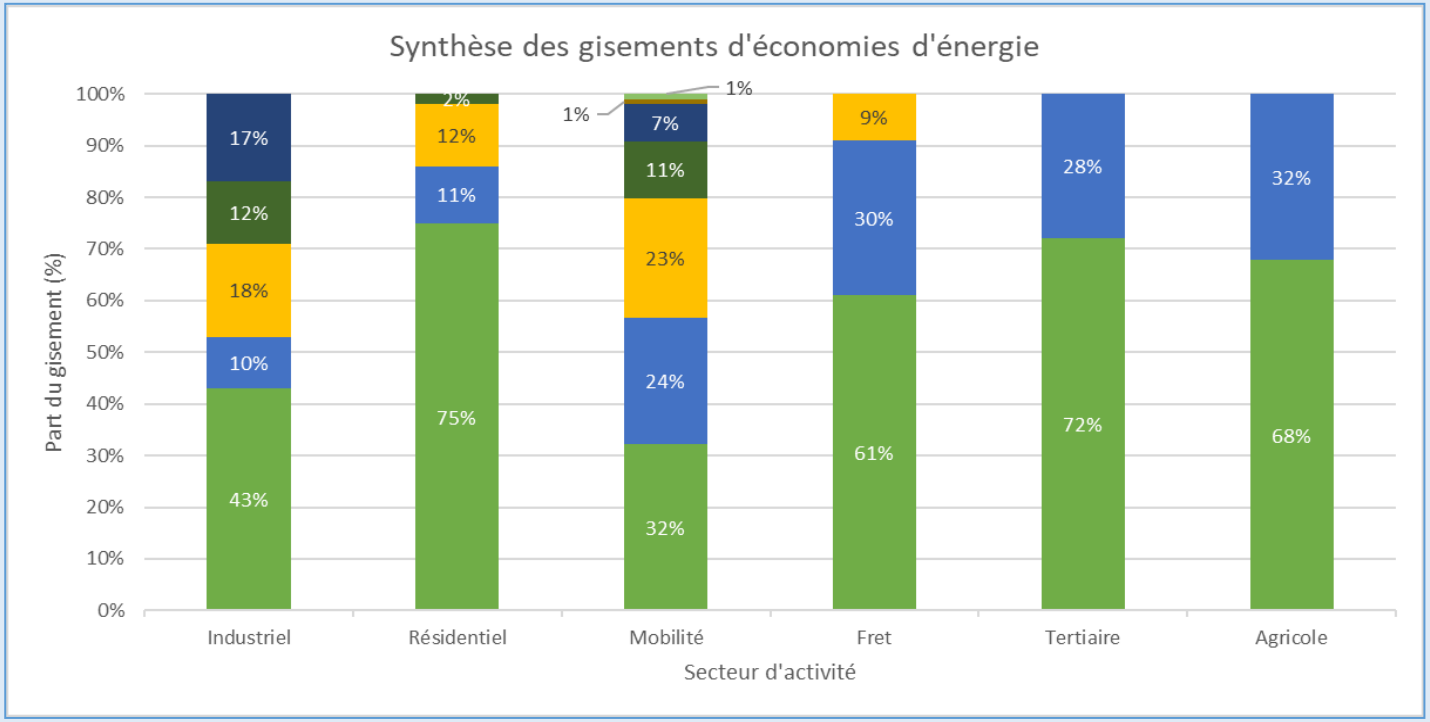
Le gisement total de réduction des consommations d'énergie est évalué à 38,58%, pour 3 344,4 GWh/an d'énergie économisée.

Il s'agit surtout d'une estimation qui se base sur l'état actuel du territoire et sur les modes de fonctionnement de notre époque. Les enjeux sociaux et les modes de vie ont en effet une grande influence sur les gisements d'économie d'énergie et leurs déterminations reposent plus sur un exercice prospectif avec l'élaboration de scénarios futurs. Ces scénarios sont determinés dans la suite de la réalisation de l'Etude de Planification Energétique.

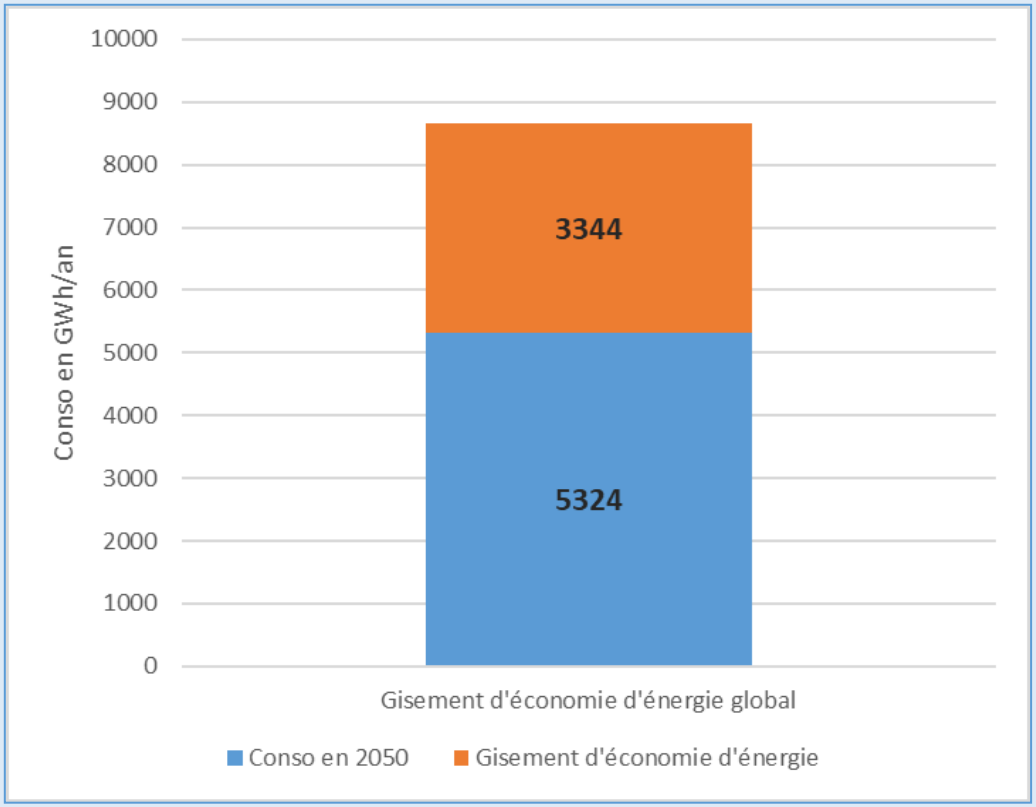
Quoi qu'il en soit, le potentiel estimé ci-dessus est conditionnée à un engagement massif des pouvoirs publics mais également de l'ensemble des acteurs territoriaux. Ce type d'exercice prospectif est soumis à de nombreuses incertitudes. Ce potentiel maximal estimé aujourd'hui ne détermine donc pas les réalisations de demain.

Synthèse des résultats :





Industrie	Opérations transverses	OS - Métallurgie	OS - Industrie chimique	OS - Agroalimentaire	OS - Produits minéraux non métalliques		
	43%	10%	18%	12%	17%		
Résidentiel	Réhabilitation énergétique des logements existants	Eco-responsabilité	Eau Chaude Sanitaire	Electricité Spécifique			
	75%	11%	12%	2%			
Mobilité	Amélioration technologique	Mixité fonctionnelle	Encourager le report modal	Eco-conduite	Favoriser la pratique du covoiturage	Aménager un espace densifié	Encourager la pratique du télétravail
	32%	24%	23%	11%	7%	1%	1%
Fret	Encourager le report modal	Amélioration technologique	Relocalisation des activités				
	61%	30%	9%				
Tertiaire	Rénovation énergétique des bâtiments	Maintenance énergétique consommations spécifiques					
	72%	28%					
Agricole	Tracteurs, engins agricoles, véhicules utilitaires	Bâtiments et équipements					
	68%	32%					


10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
Conso en GWh/an
3344
5324
Gisement d'économie d'énergie global
Conso en 2050
Gisement d'économie d'énergie

Chapitre 2 : Gisement de production d'énergie renouvelable et de récupération

GISEMENT DE PRODUCTION D'ENERGIE

Objectifs : Etablir un panorama des potentiels de production d'énergies renouvelables ou de récupération.

Méthodologie : par types d'énergies renouvelables, sont déterminés les gisements bruts et nets de production, selon des méthodes établies par l'ADEME ou d'après les méthodes utilisées lors de l'élaboration du Schéma Régional Climat Air Energie de l'ex-Région du Nord-Pas-de-Calais en 2012. Les données sont issues de différents organismes en fonction des types d'énergie.

Est ici présentée la détermination des gisements des énergies renouvelables pertinentes pour le territoire :

- Energie solaire (photovoltaïque et thermique)
- Energie éolienne
- Energie géothermique
- Méthanisation
- Energie bois
- Energie hydroélectrique
- Récupération de chaleur fatale
- « Biocarburants »
- Stockage de l'énergie

Sont donc écartées certaines technologies trop innovantes ou dont le potentiel est assurément nul, comme par exemple les énergies marines.

Rappelons que la **puissance** correspond à une force produite sur un temps très court (instantané), exprimé en watt (W), kilo watt ou giga watt et l'**énergie** correspond à la production de la puissance sur un temps donné, exprimé en wattheure (Wh), kilo wattheure ou giga wattheure.
Une forte production d'énergie peut donc traduire une puissance forte dans un temps court (cas par exemple de la production de chaleur par la combustion de déchets) mais aussi une puissance faible en continu sur un temps long (production d'énergie hydraulique sur un cours d'eau, production géothermique basse température…).

Le gisement brut représente la quantité d'énergie maximale disponible sur le territoire et le gisement net représente la quantité exploitable en intégrant les contraintes naturelles, techniques, comportementales et réglementaires.
En fonction des filières énergétiques, il n'est pas toujours aisé d'identifier les gisements bruts et l'ensemble de toutes les contraintes, c'est pourquoi la détermination des gisements doit être considérée comme une estimation. Seules des études plus approfondies par filières et par localités précises peuvent apporter des informations complètes.

Energie solaire

Méthodologie :

La détermination des gisements brut et net de la filière solaire ayant déjà été réalisée à l'échelle communale par l'Observatoire du Climat, sont ici directement exposés les resultats ainsi que la description des technologies et des différentes contraintes de la filère.

Le gisement brut : l'ensoleillement annuel moyen

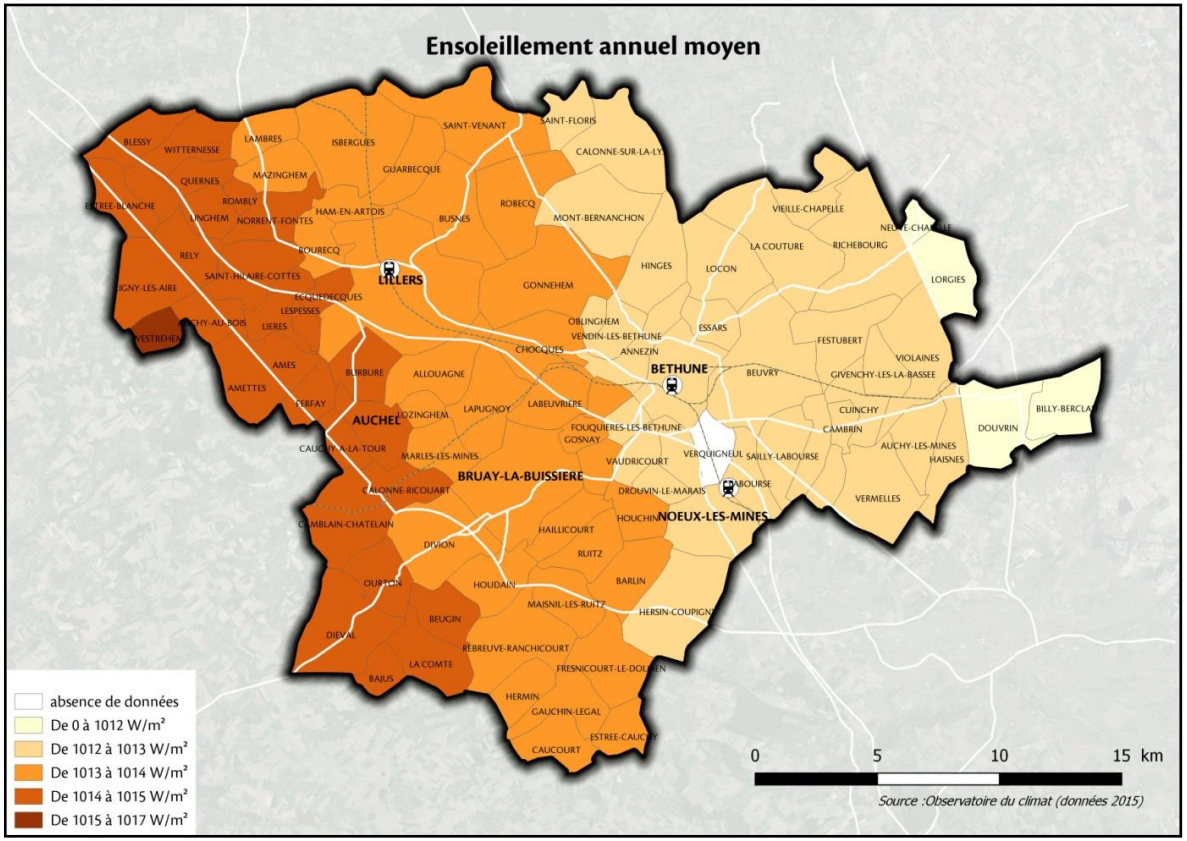
L'énergie du rayonnement solaire peut être exploiter de deux facons sur le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane.

Premièrement les panneaux solaires thermiques permettent de produire de la chaleur, ils peuvent notament répondre aux besoins en eaux chaudes sanitaires dans le secteur résidentiel ou augmenter directement la température de l'air en vue d'utilisation directe de chauffage ou pour le séchage de produits agricole. Les panneaux solaires photovoltaïques, quant-à-eux vont générer de l'électricité.

Ces deux systèmes présentent des technologies très différentes mais ont des caractéristiques communes : leur gisement brut dépend directement de l'ensoleillement et les surfaces instalables sont pratiquement identiques.

La Région des Hauts-de-France présente un des taux d'ensoleillement les plus faibles de France : entre 1 000 et 1 050 kWh/m²/an, ce qui correspond à la fourchette basse de la plage d'ensoleillement du territoire national mais les productions restent très intéressantes.

GISEMENT DE PRODUCTION D'ENERGIE



D'après les données de l'Observatoire du Climat de 2015, la partie ouest du territoire présente un ensoleillement légèrement plus important que la partie est, de manière graduelle. Sur l'ensemble du territoire, l'ensoleillement moyen est de 1013 W/m². Avec une superficie de 647 km², **le gisement brut de puissance solaire est de 655,4 GW.**

La Région et plus particulièrement la Communauté d'Agglomération disposent d'atouts pour exploiter le potentiel solaire avec une surface importante en toitures (bâtiments agricoles, entrepôts, bâtiments résidentiels, établissements publics, industries, commerces…) et avec la présence de terrains potentiellement propices à l'installation d'unités de productions photovoltaïques (zones commerciales, friches…).

Le gisement de production annuelle (photovoltaïque et thermique) est une estimation, déterminé par l'Observatoire du Climat, théoriquement atteignable. Il prend en compte les contraintes techniques d'installation des dispositifs de production d'énergies renouvelables (ensoleillement, absence de contraintes réglementaires...). L'estimation a été réalisée dans le cadre du Schéma Régional Climat Air Energie de l'ex-Région du Nord-Pas-de-Calais par le bureau d'étude Axenne en 2010 mais comportent de nombreuses limites d'interprétation. Le gisement intègre les habitations individuelles et collectives, les bâtiments d'enseignement et équipements, les grandes toitures industrielles, agricoles et commerciales et les ombrières de parking. Cette estimation ne prend pas compte la capacité de financement des propriétaires mais donne un aperçu des enjeux de production énergétique.

a. Le gisement solaire photovoltaïque :

Il existe plusieurs technologies de panneaux solaires photovoltaïques dont voici les plus couramment utilisées :
Les modules solaires monocristallins : ils possèdent un meilleur rendement au m² et sont essentiellement utilisés lorsque les espaces sont restreints.
Les modules solaires multicristallins : Ils ont un rendement moindre que le monocristallin, mais un coût inférieur.
Les modules solaires amorphes : ces modules possèdent un rendement inférieur par rapport à celui du cristallin, ce qui nécessite plus de surface pour la même puissance installée. Toutefois, le prix au m² installé est plus faible que pour des panneaux solaires composés de cellules.
Les modules solaires en couche mince à base d'absorbeur CdTe ou CiGS : cellules à base d'un autre matériau que le silicium (Indium, Gallium, …), technologie récente qui pose la question de l'appauvrissement des ressources naturelles rares.

Les modules photovoltaïques peuvent être intégrés où ils sont utilisés comme matériaux de construction et font partie intégrante de l'enveloppe du bâtiment, ou sont non intégrés et ne font pas partie de l'enveloppe. Sur ces caractéristiques les coûts et les aides financières peuvent varier.

Concernant la production d'électricité, plusieurs options sont possible :

- production injectée dans le réseau : l'intégralité de la production est injectée et vendue au tarif d'achat ;
- production consommée et le surplux injecté dans le réseau ;
- production intégralement consommée, sans injection dans le le réseau.

Dans le cas de l'injection sur le réseau, le contrat d'achat de l'électricité est pour une période de 20 ans.

Les coûts à prendre en compte[31] :

- les coûts d'installation : de l'ordre de 2,5 à 3 €/Wc pour les petits systèmes photovoltaïques (matériel et pose). Ce coût est moins élevé pour une pose au sol ou sans intégration au bâti, près de 5€/Wc. A cela s'ajoute le coût de raccordement, qui comprend le branchement simple ou la réalisation d'une extension de réseau. Pour la vente totale de la production, ce coût est d'environ 1 200 €.
- Les coûts de fonctionnement : l'onduleur doit être réparé ou remplacé tous les 10 ans. Son prix moyen est compris entre 1 000 € et 2 000 € selon la puissance. Tous les ans, le gestionnaire de réseau facture le Tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE, en 2017 près de 40 € TTC pour l'injection de la totalité et 12 € TTC pour l'injection du surplus). La maintenance est aussi à intégrer dans les coûts de fonctionnement mais elle ne coûte pas très cher. Le surcoût annuel de l'installation photovoltaïque dans l'assurance multi-risques habitation peut varier de 0 à 50 €.
- Les impôts et les taxes : pour les installations de puissance nominale supérieure à 3 kW, la vente de l'électricité produite est imposable au titre de l'impôt sur le revenu. Le montant total vendu doit être déclaré. Plusieurs régimes fiscaux sont possibles. Si les projets sont beaucoup plus importants (10 kW et plus), il peut être intéressant de créer une entreprise pour exploiter le système photovoltaïque.

Les aides financières :
Pour les particuliers, il est possible de bénéficier de la TVA à 10% sous certaines conditions de matériels et de pose. D'autres aides financières peuvent être accordées par l'Etat ou les collectivités locales, en fonction de certains critères techniques.
Les tableaux suivants indiquent les tarifs de revente applicables du 1er janvier au 30 mars 2018[32].

[31] Guide pratique ADEME : l'électricité solaire ; édition octobre 2017 https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-electricite-solaire.pdf

[32] Tarif rachat électricité photovoltaïque du 1ier janvier au 30 mars 2018 ; Eco infos Energies/renouvelables ; https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/

Tarif d'achat avec prime d'intégration au bâti (c€/kWh) - Vente en totalité			
Type de tarif	Type de l'installation	Puissance totale	du 1er janvier 2018 au 31 mars 2018
	Intégration au bâti	≤ 3 kWc	19,30
		≤ 9 kWc	16,52
Tarif dit Ta	Sur bâtiment et respectant les critères généraux d'implantation	≤ 3 kWc	18,55
		≤ 9 kWc	15,77
Tarif dit Tb	Sur bâtiment et respectant les critères généraux d'implantation	≤ 36kWc	12,07
		≤ 100 kWc	11,25
		> 100 kWc	0
	Au sol	-	0

Primes d'investissement (€/kWh) et tarifs d'achat - Vente en surplus				
Type de tarif	Type de l'installation	Puissance totale	Prime à l'investissement du 1er janv 2018 au 21 mars 2018	Rémunération de l'énergie injectée (c€/kWh)
Prime dit Pa	Sur bâtiment et respectant les critères généraux d'implantation	≤ 3 kWc	390	10
		≤ 9 kWc	290	10
Prime dit Pb	Sur bâtiment et respectant les critères généraux d'implantation	≤ 36kWc	190	6
		≤ 100 kWc	90	6
		> 100 kWc	0	0
	Au sol	-	0	0

Ces coûts étant en constante évolution, il est difficile d'imaginer quels seront les tarifs de rachat dans les années à venir.

	Individuel	Collectif
Coût d'investissement estimé	12 000 €	5€/Wc
Coût annuel entretien/maintenance	1% du coût d'installation	

Les étapes dans un projet photovoltaïque sont :

- Le choix technique et les devis,
- Les financements et les assurances,
- Le permis de construire,
- La demande de raccordement,
- Les travaux de raccordement,
- Le contrat d'achat.

Il faut compter en règle générale un délais de mise en service maximal 18 mois (sans pénalité) à partir de la demande complète de raccordement, pour les installations particulières.

Les contraintes réglementaires :

Depuis 1996, le photovoltaïque raccordé au réseau en France est encadré par les textes réglementaires dont les plus importants sont listés ci dessous[33] :

Textes de référence	Description
Loi n°2000-108 du 10 février 2000	modernisation et développement du service public de l'électricité
Décret n°2000-877 du 7 septembre 2000	autorisation d'exploiter les installations de production d'électricité
Décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000	fixe par catégorie les limites de puissance des installations pouvant bénéficier de l'obligation d'achat d'électricité
Décret n°2001-410 du 10 mai 2001	conditions d'achat de l'électricité produite par des producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat
Loi n°2005-781 du 13 juillet 2005	programme fixant les orientations de la politique énergétique (Loi POPE)
Décret du 07 septembre 2005	rénovation des installations de production électrique sous obligation d'achat et modifiant le décret no 2001-410 du 10 mai 2001
Arrêté du 28 août 2007	fixe les principes de calcul de la contribution mentionnée aux articles 4 et 18 de la loi no 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité

[33] Photovoltaïque. Info : « le cadre réglementaire » ; http://www.photovoltaique.info/Liste-des-textes-reglementaires.htm

Arrêté du 23 avril 2008	prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique
Arrêté du 17 juillet 2008	fixant les taux de réfaction mentionnés dans l'arrêté du 28 août 2007 fixant les principes de calcul de la contribution mentionnées aux articles 4 et 18 de la loi no 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité
Décret du 4 mars 2009 modifiant le décret n° 2001-410 du 10 mai 2001	conditions d'achat de l'électricité produite par des producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat
Décision ministérielle du 5 juin 2009	tarifs d'utilisation des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité
Décret n° 2009-1414 du 19 novembre 2009	relatif aux procédures administratives applicables à certains ouvrages de production d'électricité
Arrêté du 15 décembre 2009	programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité
La circulaire du 18 décembre 2009	développement et contrôle des centrales photovoltaïques au sol
Arrêté du 12 janvier 2010	conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil modifié par l'arrêté du 15 janvier 2010
Arrêté du 12 janvier 2010	abrogation de l'arrêté du 10 juillet 2006 et fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil
Arrêté du 15 février 2010 modifiant l'arrêté du 23 avril 2008	aux prescriptions techniques de conception et de fonctionnement pour le raccordement à un réseau public de distribution d'électricité en basse tension ou en moyenne tension d'une installation de production d'énergie électrique
Arrêté du 16 mars 2010	conditions d'achat de l'électricité produite par certaines installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000
Décret n° 2010-301 du 22 mars 2010 modifiant le décret n° 72-1120 du 14 décembre 1972	contrôle et attestation de la conformité des installations électriques intérieures aux règlements et normes de sécurité en vigueur
Décret n° 2010-502 du 17 mai 2010 modifiant le décret n° 2008-386 du 23 avril 2008	prescriptions techniques générales de conception et de fonctionnement pour le raccordement d'installations de production aux réseaux publics d'électricité
circulaire du 1er juillet 2010	tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque prévus par l'arrêté du 12 janvier 2010 et aux procédures d'instruction des dossiers
Article 88 de la Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010	engagement national pour l'environnement (Loi Grenelle II)

Arrêté du 31 août 2010	conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil et abrogeant l'arrêté tarifaire du 12 janvier 2010
Délibération du 18 novembre 2010	portant décision sur les règles d'élaboration des procédures de traitement des demandes de raccordement aux réseaux publics de distribution d'électricité des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable d'une puissance
Loi n° 2010-1488 du 7 décembre 2010	nouvelle organisation du marché de l'électricité
Décret n°2010-1510 du 9 décembre 2010	suspendant l'obligation d'achat de l'électricité produite par certaines installations utilisant l'énergie radiative du soleil
LOI n° 2010-1657 du 29 décembre 2010 de finances pour 2011	
Décret n°2011-240 du 4 mars 2011	modifiant le décret n°2001-410 relatif aux conditions d'achat de l'électricité produite par des producteurs bénéficiant de l'obligation d'achat
Arrêté du 4 mars 2011	abrogation de l'arrêté du 31 août 2010 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil.
Arrêté du 4 mars 2011	conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000
Arrêté du 14 juin 2011	définition la diffusion de données locales sur les énergies renouvelables, pris en application de l'article 88 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement
Décret n° 2011-1893 du 14 décembre 2011	modifiant le décret n° 2000-877 du 7 septembre 2000 relatif à l'autorisation d'exploiter les installations de production d'électricité
Loi n° 2011-1977 du 28 décembre 2011 de finances pour 2012	
Loi n° 2011-1978 du 28 décembre 2011 de finances rectificative pour 2011	
Décret n° 2011-2018 du 29 décembre 2011	réforme de l'enquête publique relative aux opérations susceptibles d'affecter l'environnement
Décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011	réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements
Arrêté du 28 décembre 2011 homologuant les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011	conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000

Arrêté du 30 décembre 2011 pris pour l'application de l'article 200 quater du code général des impôts	
Arrêté du 4 janvier 2012	dispositifs de comptage sur les réseaux publics d'électricité
Décret n° 2012-38 du 10 janvier 2012	le barème des indemnités dues en cas de dépassement des délais d'envoi de la convention de raccordement ou de réalisation du raccordement des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable d'une puissance inférieure ou égale à trois kilovoltampères
Article 16 de la loi n° 2012-354 du 14 mars 2012	modifiant l'article 283 du Code Général des Impôts
Décret n° 2012-533 du 20 avril 2012	schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables (S3REnR)
Arrêté du 29 juin 2012 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Loi n°2012-1510 du 29 décembre 2012 de finances rectificative pour 2012	
Arrêté du 7 janvier 2013	modification l'arrêté du 4 mars 2011
Arrêté du 7 janvier 2013	majoration des tarifs
Loi de finances pour 2014 n°2013-1278 du 29 décembre 2013	
Arrêté du 25 avril 2014	diverses dispositions relatives aux installations utilisant l'énergie radiative du soleil … pouvant bénéficier de l'obligation d'achat d'électricité
Arrêté du 22 décembre 2014 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Arrêté du 23 février 2015 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Arrêté du 10 juin 2015 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Arrêté du 26 juin 2015 modifiant l'arrêté du 4 mars 2011	
LOI n° 2015-992 du 17 août 2015	transition énergétique pour la croissance verte
Arrêté du 28 août 2015 modifiant l'arrêté du 15 décembre 2009	programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité
Arrêté du 30 octobre 2015 modifiant	

l'arrêté du 4 mars 2011	
Arrêté du 26 octobre 2015 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Arrêté du 3 décembre 2015 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Arrêté du 16 décembre 2015 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Loi de finances pour 2016 n° 2015-1785 du 29 décembre 2015	
Arrêté du 30 décembre 2015	crédit d'impôt sur le revenu pour la transition énergétique
Décret du 30 décembre 2015	codification de la partie réglementaire du code de l'énergie
Décret n° 2016-23 du 18 janvier 2016	définition de la puissance installée des installations de production d'électricité
Décret n° 2016-399 du 1er avril 2016	délai de raccordement des installations de production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable
Arrêté du 6 avril 2016	informations à transmettre par les opérateurs à la Commission de régulation de l'énergie
Décret n°2016-434 du 11 avril 2016	modification des Schémas de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3REnR)
Arrêté du 24 avril 2016	objectifs de développement des énergies renouvelables
Arrêté du 27 avril 2016 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Décret n° 2016-682 du 27 mai 2016	obligation d'achat, au complément de rémunération, (…) aux appels d'offres et à la compensation des charges de service public de l'électricité
Décret n° 2016-687 du 27 mai 2016	autorisation d'exploiter les installations de production d'électricité
Décret n° 2016-690 du 28 mai 2016 pris pour l'application de l'article L. 314-6-1 du code de l'énergie	
Décret n° 2016-691 du 28 mai 2016	listes et les caractéristiques des installations pouvant bénéficier du dispositif de complément de rémunération ou du dispositif d'obligation d'achat
Arrêté du 30 mai 2016	montant des frais dus par l'organisme agréé à l'acheteur au titre de la cession des contrats d'achat
Arrêté du 30 mai 2016	contenu de la demande d'agrément des organismes mentionnés à l'article R. 314-52-3 du code de l'énergie
Arrêté du 18 juillet 2016 modifiant l'arrêté du 28 décembre 2011	homologation les coefficients SN et VN résultant de l'application de l'arrêté du 4 mars 2011
Ordonnance n° 2016-1019 du 27 juillet	autoconsommation d'électricité

2016	
Ordonnance n° 2016-1059 du 3 août 2016	production d'électricité à partir d'énergies renouvelables
Décret n° 2016-1272 du 29 septembre 2016	investissements participatifs dans les projets de production d'énergie renouvelable
Décret n°2016-1442 du 27 octobre 2016	programmation pluriannuelle de l'énergie
Décret n° 2016-1726 du 14 décembre 2016	mise en service, aux contrôles et aux sanctions applicables à certaines installations de production d'électricité
Loi n° 2017-227 du 24 février 2017	ordonnances relatives à l'autoconsommation et la production d'électricité renouvelable
Décret n°2017-676 du 28 avril 2017	autoconsommation d'électricité
Arrêté du 9 mai 2017	conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête installée inferieure ou égale à 100 kilowatts et situées en métropole continentale
Arrêté du 2 novembre 2017	modalités de contrôle des installations de production d'électricité
Arrêté du 30 novembre 2017	prise en charge des coûts de raccordements aux réseaux publics d'électricité
Loi n° 2017-1775 du 28 décembre 2017 de finances rectificative pour 2017	
Décret n° 2018-112 du 16 février 2018	modification le décret n° 2016-691 du 28 mai 2016 définissant les listes et les caractéristiques des installations mentionnées aux articles L. 314-1, L. 314-2, L. 314-18, L. 314-19 et L. 314-21 du code de l'énergie
Décret n° 2018-115 du 19 février 2018	complétant la liste des installations pouvant bénéficier du complément de rémunération en application de l'article L. 314-18 du code de l'énergie
Décret 2018-544 du 28 juin 2018	modification de la partie réglementaire du code de l'énergie relative aux S3REnR et aux raccordements multi-producteurs

Plus spécifiquement, concernant le photovoltaïque sur le bâtiment, il existe une réglementation relative à la performance énergétique. L'intégration du photovoltaïque dans la construction ou la rénovation d'un bâtiment peut être favorisée par les réglementations relatives à la performance énergétique. Ces réglementations s'inscrivent dans les objectifs de la directive européenne 2010/31/EU sur la performance énergétique des bâtiments.[34]

[34] Photovoltaïque.info : http://www.photovoltaique.info/Reglementation-relative-a-la.html

On peut citer :

- Les études de faisabilité des approvisionnements en énergie qui concernent certains bâtiments,
- Les réglementations thermiques et bâtiment, qui concernent les bâtiments neufs et ceux en rénovation,
- La réglementation thermique 2018-2020 (future),
- Les plans locaux d'urbanisme.

Pour les installations photovoltaïques au sol, depuis le décrêt n°2009-1414 du 19 Novembre 2009, le droit de l'urbanisme inclus dans les textes règlementaires des dispositions spécifiques. Les conséquences les plus importantes sont [35]:

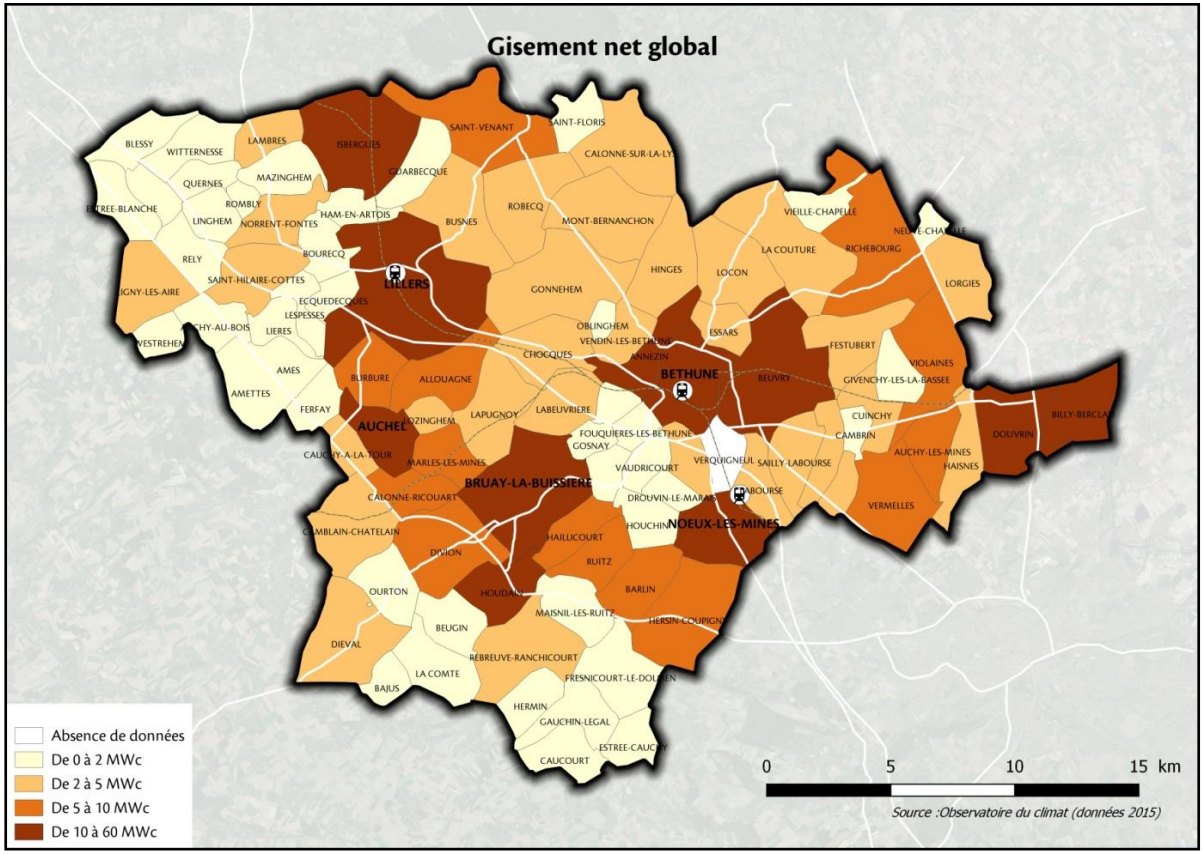
- la reconnaissance dans le code de l'urbanisme et dans le code de l'environnement des systèmes photovoltaïques (ils sont mentionnés spécifiquement, il n'est donc plus possible de les assimiler à des châssis ou d'autres types de structures). De plus, à moins d'être exempté de procédures d'urbanisme ou d'être soumis à déclaration préalable, ces systèmes sont soumis à permis de construire.

- l'obligation pour tout système au sol supérieur à 250 kWc qui n'a pas encore déposé de permis de construire, d'établir une étude d'impact et une enquête publique.

Les installations de système photovoltaïque au sol sont soumises aux procédures d'urbanisme (avec les évaluations environnementales ou étude d'impact et enquête publique), les déclarations et autorisations d'exploiter, dans certains cas les procédures d'appel d'offres, et la taxe d'aménagement.

[35] Photovoltaïque.info : réglementation des installations au sol ; http://www.photovoltaique.info/Du-point-de-vue-de-la.html

Le gisement solaire photovoltaïque net :

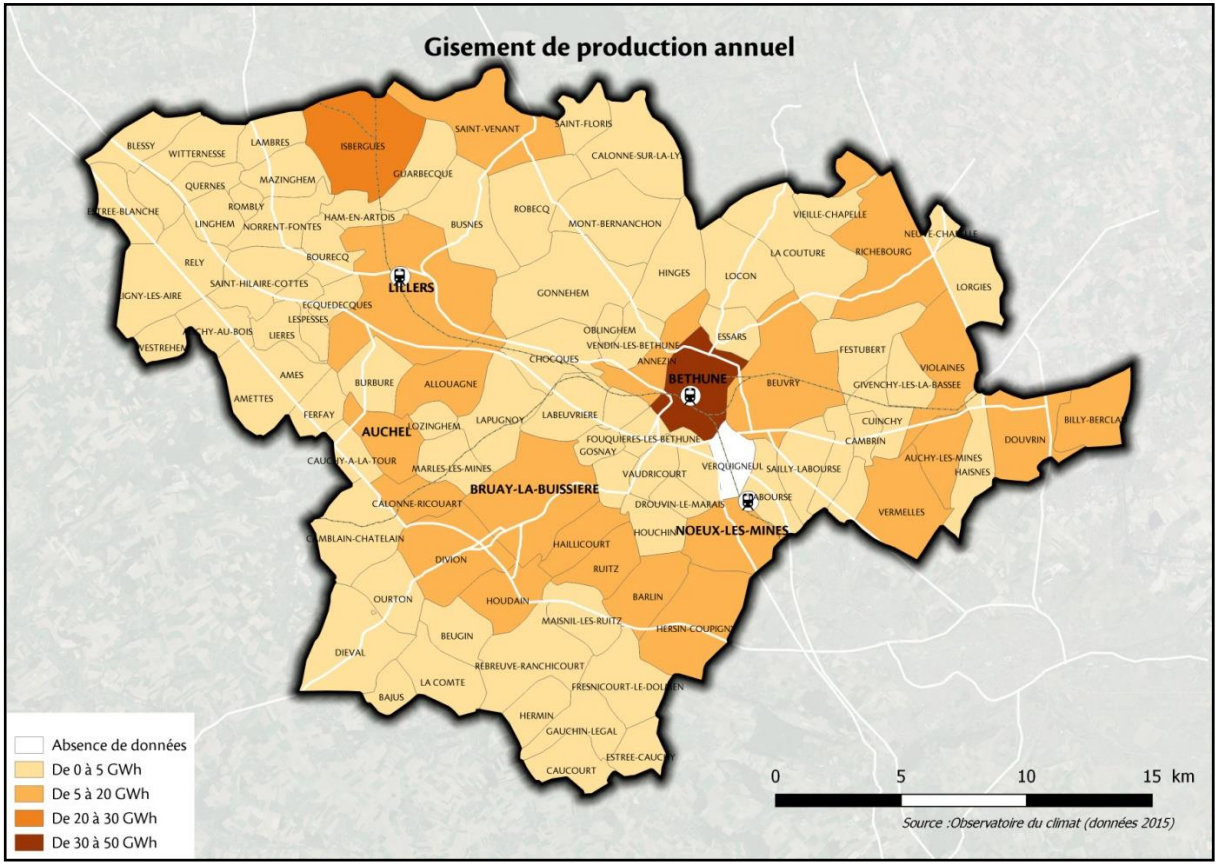


Les kWc (kilowatt « crête ») correspondent à la valeur maximale de puissance pouvant être produite avec un ensoleillement parfait : c'est-à-dire un ensoleillement sans nuage, dans une configuration optimale. Cette valeur est inatteignable mais permet de donner un ordre d'idée des potentiels d'une installation. Pour déterminer la valeur nette, il a été intégré les contraintes physiques (ensoleillement), techniques (des installations) et réglementaires, c'est pourquoi les gisements sont si disparates d'une commune à l'autre. Sur le territoire de la Communauté d'agglomération de Béthune-Bruay, Artois Lys Romane ce gisement net total est estimé à **457,7 MWc**.

Les communes plus fortement urbanisées comme Béthune, Bruay-la Buissière, Lillers, Nœux-lès-Mines, Auchel… qui ont des potentiels plus importants du fait du nombre plus important de surfaces en toiture.

Des communes comme à l'ouest ou au sud du territoire, un peu plus rurales, ont moins de surfaces en toiture (par des habitations, des commerces ou des bâtiments de grandes surfaces) et ont des potentiels moins importants, malgré des disponibilités au sol parfois plus grandes.

Gisement de production annuel d'énergie solaire photovoltaïque :

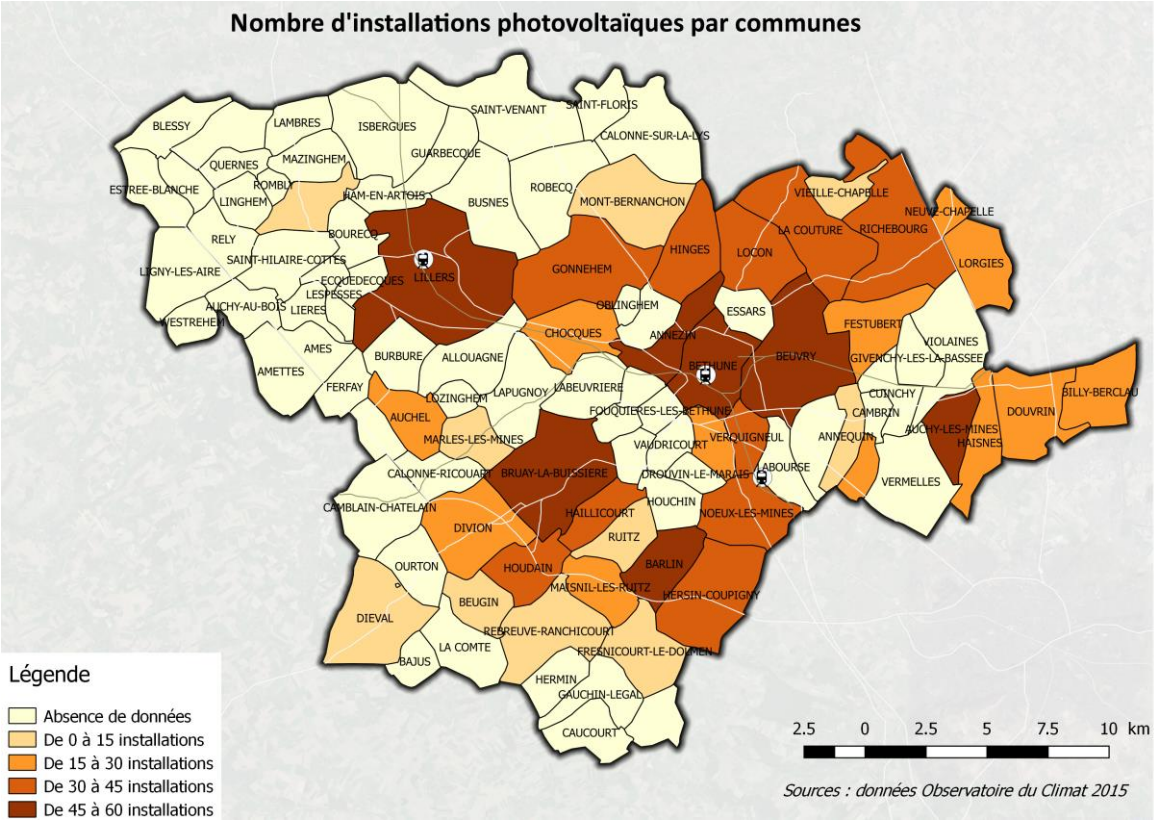


Le gisement de production annuel correspond à l'énergie qui peut être produite en prenant en compte les contraintes physiques (ensoleillement), techniques (des installations) et réglementaires. Il s'agit de la puissance nette selon le temps réel de production.

Les différences avec la carte de l'ensoleillement (gisement net) peuvent s'expliquer par les ombres portées sur les panneaux, parfois plus fortes en milieu urbain.

Entre la puissance d'ensoleillement brut, la puissance nette et la production d'énergie nette du solaire photovoltaïque, les gisements ont été directement déterminés par l'Observatoire du climat.

Pour le territoire, le **gisement net de production annuelle d'énergie solaire photovoltaïque est de 400,5 GWh.** En considérant que 10 m² produit 1 kWc, cela peut correspondre à la surface de **4 km²** de panneaux, soit l'équivalent de **1% de la surface du territoire**.



Ce gisement net peut être comparé au nombre d'installations photovoltaïques par commune comme indiqué sur la carte suivante.

On observe que certaines communes comme Lillers, Bruay-la-Buissière, Barlin, Annezin, Beuvry ou Auchy-les-Mines ont un nombre important d'installations (entre 45 et 60) mais que comparé au gisement net, cette production par installation semble faible. Cela s'explique notamment par le manque d'ensoleillement sur certaines installations ou par les petites tailles des installations.

Projets à venir :

Sur le site de l'ancienne centrale thermique des communes de Beuvry et Labourse, un projet de centrale photovoltaïque au sol, en réflexion depuis plusieurs années est prévu. Les travaux débuteraient début 2019, pour une production de près de 5 MWc.

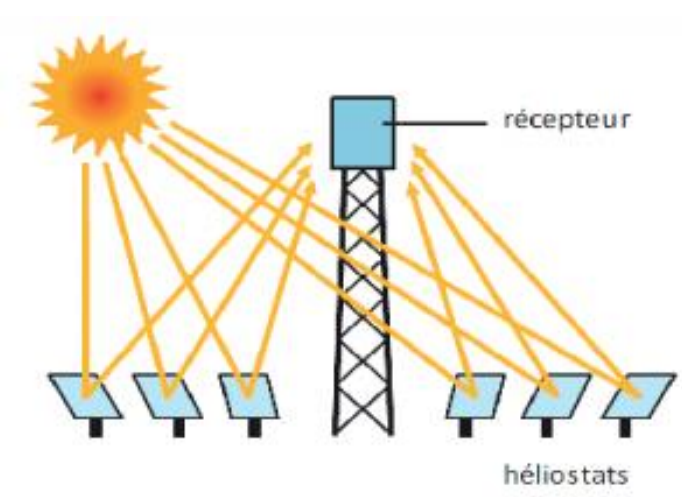
b. Gisement de solaire thermique

Explication de la filière :

Le solaire thermique se décompose en trois types de générateurs : installations « individuelles », « collectives » et « sur réseau de chaleur ».

Pour le territoire, le gisement solaire justifie un peu moins l'installation de centrales solaires thermiques de grande production. On peut citer toutefois les technologies suivantes :

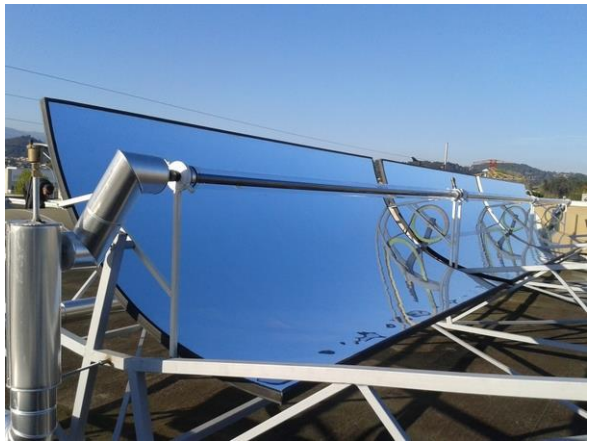
- Centrale à tour avec un champ d'héliostats :



Les rayons du soleil sont concentrés par des miroirs (héliostats) vers une tour, qui par la chaleur produit de la vapeur et actionne une turbine, produisant de l'électricité.

Schéma de principe d'une centrale à tour avec un champ d'héliostats ; Source : www.developpement-durable.gouv.fr

- Miroirs cylindro-paraboliques :



A l'échelle d'un panneau, les rayons du soleil sont concentrés par un miroir cylindrique sur un tube renfermant un fluide caloporteur. Soit ce fluide transmet la chaleur qui est directement utilisée, soit il peut permettre la production de vapeur puis d'électricité car les températures peuvent être très élevées.

Miroirs cylindro-paraboliques ; source : Génie Climatique Magazine

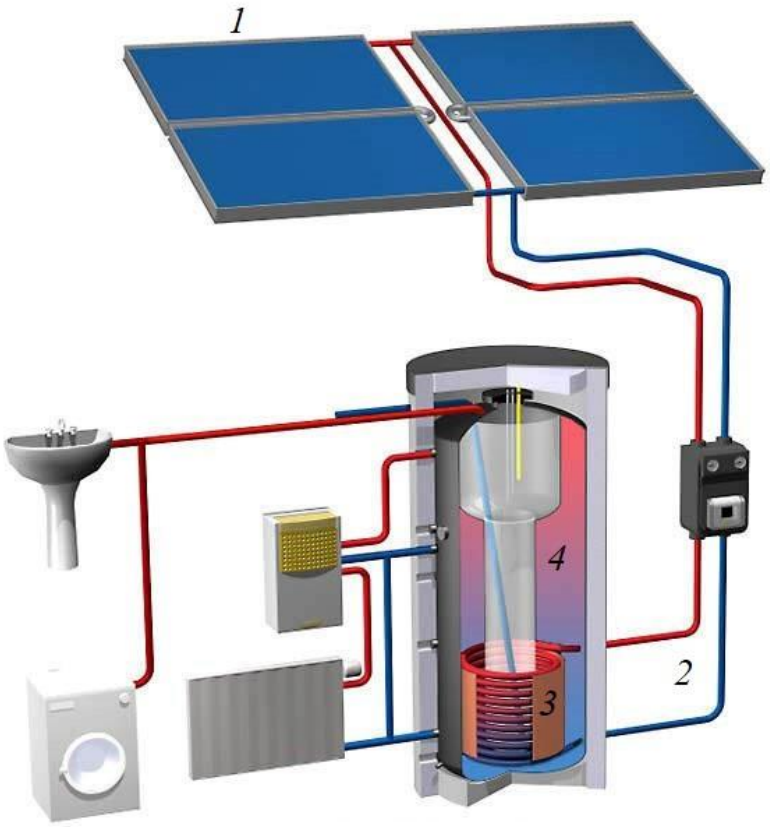
- Le dish Stirling parabolique :

Tout comme les deux autres systèmes précédents, les rayons du soleil sont concentrés par un miroir sur un récepteur équipé d'un moteur Stirling, qui produit de l'énergie mécanique (par la différence de température entre une source chaude et une source froide), qui est ensuite convertie en électricité.

Module "parabole-Stirling" d'Odeillo ; source : ecoSources.info

Ces systèmes de grandes capacités énergétiques nécessitent beaucoup de surface, des investissements importants et surtout un gisement d'ensoleillement élevé.

Pour des installations individuelles ou collectives, l'énergie solaire thermique basse température permet essentiellement le chauffage de l'eau sanitaire et, dans une moindre mesure, la production combinée du chauffage par plancher chauffant (plancher solaire direct), principalement dans le secteur résidentiel. Les systèmes solaires thermiques peuvent couvrir environ 40 à 60% des besoins en eau chaude sanitaire.



Dans les installations individuelles, les capteurs solaires thermiques (1) absorbent la chaleur du rayonnement solaire qui est transmise à un fluide caloporteur circulant dans les tubes des capteurs et le circuit primaire (2). Plusieurs technologies de capteurs existent (capteurs sous vide, tubes cylindriques, capteurs plans…) avec des rendements très intéressant. Les calories sont ensuite transmises à l'eau sanitaire par l'intermédiaire d'un échangeur (3) (externe dans les applications collectives). Cette eau chaude est ensuite stockée dans un ballon « solaire » (4), qui peut être disposé en série avec un ballon d'appoint (ou une installation de production d'eau chaude instantanée).

Schéma de principe de la production d'eau chaude sanitaire par panneaux solaires thermiques (+ production de chauffage).

Cet appoint est bien souvent nécessaire pour garantir la température de consigne et la permanence de la fourniture d'eau chaude. Dans les applications collectives, la circulation du fluide caloporteur est effectuée au moyen d'une pompe électrique. Son fonctionnement est contrôlé par un dispositif de régulation jouant sur les différences de températures : si l'eau des ballons est plus chaude que le liquide des capteurs, le régulateur stoppe le circulateur. Si elle est moins chaude, celui-ci se met en marche et l'échange thermique peut s'effectuer entre le liquide caloporteur et l'eau sanitaire.

Dans les systèmes individuels, on appelle le chauffe-eau solaire individuel (CESI) la solution pour le chauffage solaire thermique de l'eau chaude sanitaire, et le système solaire combiné (SSC), l'équipement qui produit à la fois de l'eau chaude sanitaire et le chauffage d'un logement.

Pour les installations collectives, la seule application quasi rentable qui s'offre aujourd'hui aux promoteurs privés, copropriétés, bailleurs sociaux et collectivités reste la production solaire pour l'ECS.

Pour motiver leur développement, des subventions ont été spécifiquement créées, comme le Crédit d'Impôt Transition Energétique, La Prime Energie, la réduction de la TVA ou les Certificats d'Economies d'Energie ainsi que des labels et certifications comme que CSTBat ou CSTBat, Solar Keymark ou équivalente.

Avant l'installation de tels systèmes, certaines conditions techniques doivent être vérifiées. Il faut disposer d'une surface suffisante, bien orientée et dégagée.

Les contraintes réglementaires :

Même pour de petites productions des contraintes réglementaires sont à respecter, auprès des mairies :
- l'obtention de permis de construire pour un projet neuf,
- pour une maison existante, l'autorisation d'urbanisme,
- dans le cas d'un périmètre de site inscrit ou classé, il faut obtenir un avis favorable de l'architecte des Bâtiments de France.[36]

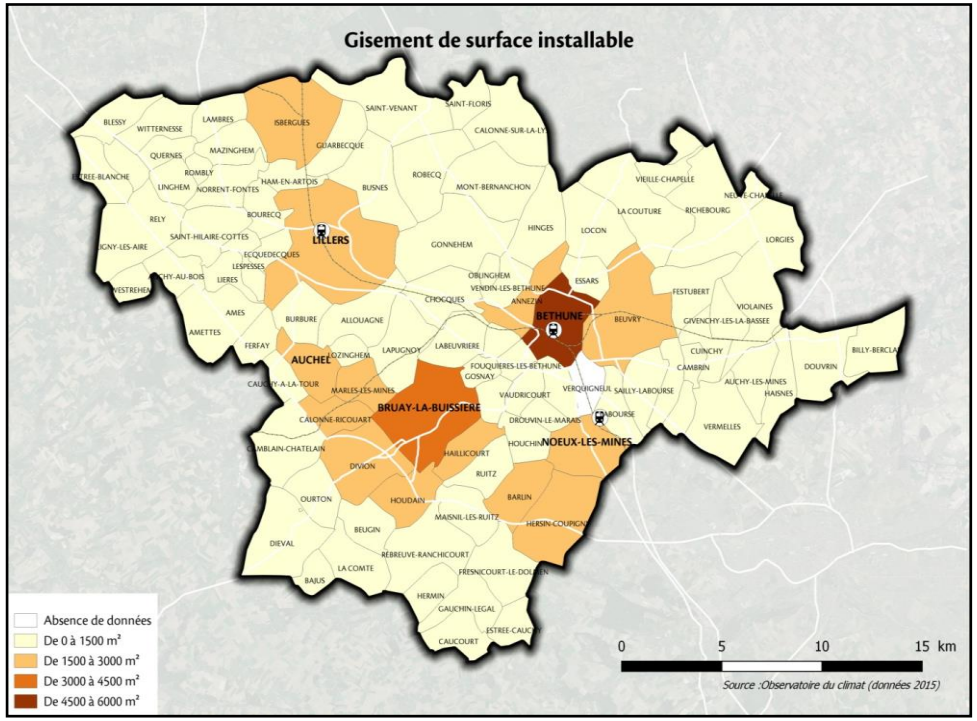
Estimation des coûts pour des installations individuelles :

	Individuel	Collectif
Coût d'investissement estimé	4000 €	250€/kW
Coût annuel entretien/maintenance	150 €	6€/kW

[36] Guide pratique ADEME : Chauffer son eau et sa maison avec le soleil ; édition septembre 2016

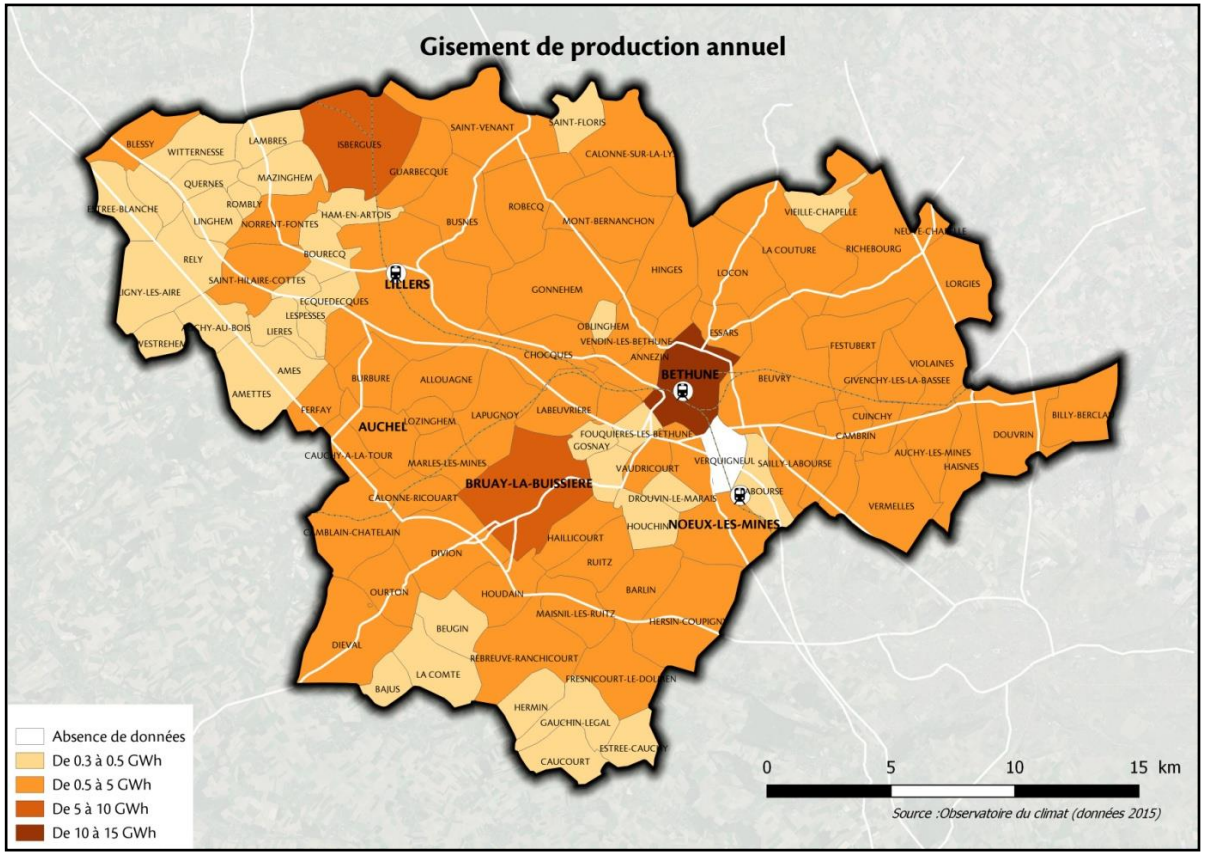
Le gisement net de solaire thermique :

L'observatoire du Climat a déterminé le gisement de surface installable d'après les données de 2015 sur le territoire de la Communauté d'Agglomération comme indiqué dans la carte ci-dessous. La détermination de ces surfaces prend en compte les contraintes techniques et réglementaires du territoire.



La surface totale de panneaux solaires thermiques installable sur le territoire est estimée à 73 841 m². On remarque que les communes plus fortement urbanisées et donc au nombre de toiture disponible plus grand, ont des surfaces installables plus grandes. On peut citer Béthune qui est la seule avec une surface de plus de 4 500m² et Bruay-la Buissière avec une surface entre 3 000 et 4 500 m². D'autres villes se distinguent par leur potentiel de surface comme Noeux-lès-Mines, Lillers, Auchel ou Isbergues qui présentent des surfaces entre 1 500 et 3 000 m².

D'après le gisement brut d'ensoleillement, les surfaces installables et les rendements des installations solaires thermiques, a été déterminé le gisement d'énergie brut de production comme indiqué ci-dessous.



La carte révèle un gisement de production élevé dans les villes les plus importantes de la Communauté d'Agglomération : Béthune avec un gisement de 12,4 GWh, Bruay-la-Buissière avec un gisement de 6,7 GWh et Isbergues avec un gisement de 5,8 GWh. Une grande majorité des communes ont un gisement compris entre 0,5 et 5 GWh. On remarque également d'après l'analyse cartographique que le gisement est moins fort à l'ouest et au sud du territoire. Cela s'explique notamment du fait que ces communes soient un peu moins urbanisées et présentent moins de surfaces disponibles en toiture pour des installations.

Sur l'ensemble du territoire, le **gisement net de production d'énergie solaire thermique est estimé à 146,1 GWh.**

D'autres technologies peuvent être utilisées comme les systèmes combinés qui couplent des panneaux solaires photovoltaïques avec une circulation de fluides caloporteurs pour la production de l'eau chaude sanitaire mais ces systèmes sont encore relativement peu utilisés.

Conclusion :

En récapitulatif, la production d'énergie solaire est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

	gisement brut (GW/an)	gisement net (GWh/an)
Energie solaire photovoltaïque	655,411	400,5
Energie solaire thermique		146,1

Le gisement brut correspond à l'ensoleillement du territoire qui n'est pas à négliger. Comme les capteurs photovoltaïques et thermiques ont certaines surfaces en concurrence, les gisements nets sont indiqués séparément.

Le gisement d'énergie issue du soleil est certes plus faible que dans d'autres régions de France. Mais comme il s'agit d'une énergie facilement disponible pour laquelle les technologies sont assez matures et que la filière est encouragée à l'échelle nationale, cela représente une énergie renouvelable très intéressante pour le territoire.

	Opportunités	Freins
Energie solaire photovoltaïque	• Potentiel très intéressant pour le territoire (technologie qui nécessite de la luminosité et qui a un meilleur rendement avec des températures peu élevées) • De nombreuses surfaces disponibles sur le territoire • Aides financières existantes • Technologie permettant de participer activement à la production locale et renouvelable de l'électricité	• Technologie dépendante de matériaux rares, coûteux, non renouvelables et non produits sur le territoire (comme le silicium) • Rendements encore faibles, entre 15 et 20% (mais en amélioration) • Coût d'investissement élevé • Place disponible en conflit avec le potentiel solaire thermique
Energie solaire thermique	• Technologie de principe simple et de très bons rendements (autour de 80%) • Technologie tout à fait pertinente pour le chauffage de l'ECS à l'échelle individuelle et permettant de limiter la consommation d'énergie thermique des logements • Technologie n'utilisant pas de matériaux rares et non recyclables • De nombreuses surfaces disponibles sur le territoire • Aides financières existantes	• Coût d'installation freinant le développement de la technologie • Potentiel de production d'énergie un peu moins intéressant comparé à d'autres territoires en France • Place disponible en conflit avec le potentiel solaire photovoltaïque • Nécessite un système de chauffage d'appoint

Energie éolienne

Méthodologie :

En s'appuyant sur le Schéma Régional Eolien de l'ex-Région Nord-Pas-de-Calais de 2012, les cartes de gisements bruts et les contraintes il est permis de déterminer le gisement net par analyse cartographique (étude par ratio de surface).

Explication de la filière :

Une éolienne est un dispositif permettant de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique de rotation puis en électricité. Deux grandes familles d'éoliennes existent :

- Les éoliennes dont l'axe de rotation est horizontal sont généralement plus utilisées pour les systèmes de grande production et pour des variations de vent plus faibles,
- Les éoliennes dont l'axe est vertical plus généralement pour des productions plus modestes. (Voir les illustrations plus loin).

Les éoliennes à axes horizontaux sont généralement plus bruyantes que celles à axes verticaux.

Ces éoliennes se déclinent en trois catégories de puissance :

- le "grand éolien" (puissance supérieure à 350 kW), pour lequel on utilise des machines à axe horizontal munis dans la plupart des applications, d'un rotor tripale,
- le "moyen éolien", pour les machines entre 36 kW et 350 kW,
- le "petit éolien", pour les machines de puissance inférieure à 36 kW.

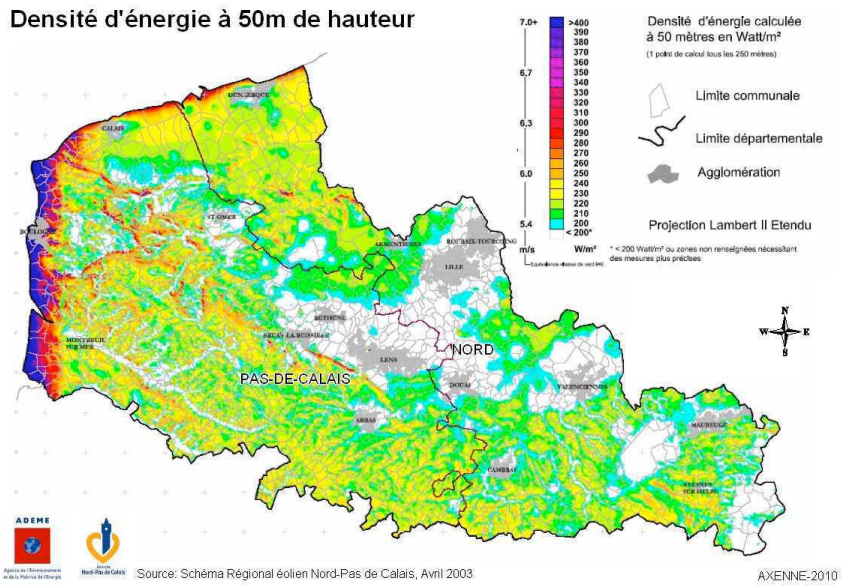
a. Le potentiel du grand éolien du territoire

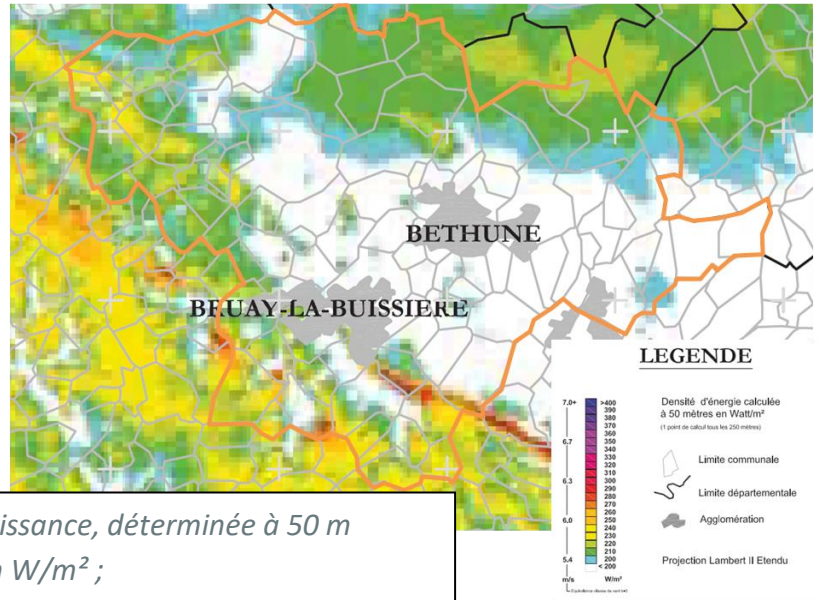
Lors de l'implantation des parcs éoliens, des études d'impact sont réalisées. La moitié nord de l'ex Région Nord-Pas-de-Calais présente une vitesse moyenne de vent de 8 m/s, avec une variation comprise entre 5 et 11,5 m/s en fonction de l'occupation du sol. Ce qui classe le secteur dans une zone à fort gisement éolien comparativement à l'échelle nationale. [37]

D'après celle pour l'implantation du parc à Hermin, le vent moyen à 50m de hauteur a été estimé à 6,3 m/s.

En novembre 2012, au vu des potentialités de la Région la réalisation du Schéma Régional Climat Air Energie a été accompagnée de l'élaboration d'un Schéma Régional Eolien déterminant le gisement brut.

Cette carte nous permet de percevoir les zones du territoire de la Communauté d'Agglomération recevant le plus de puissance de vent à 50 m d'altitude correspondant à la hauteur des éoliennes mises en service depuis 1995. Aujourd'hui la taille les éoliennes peuvent atteindre 125 m et donc capter plus d'énergie.

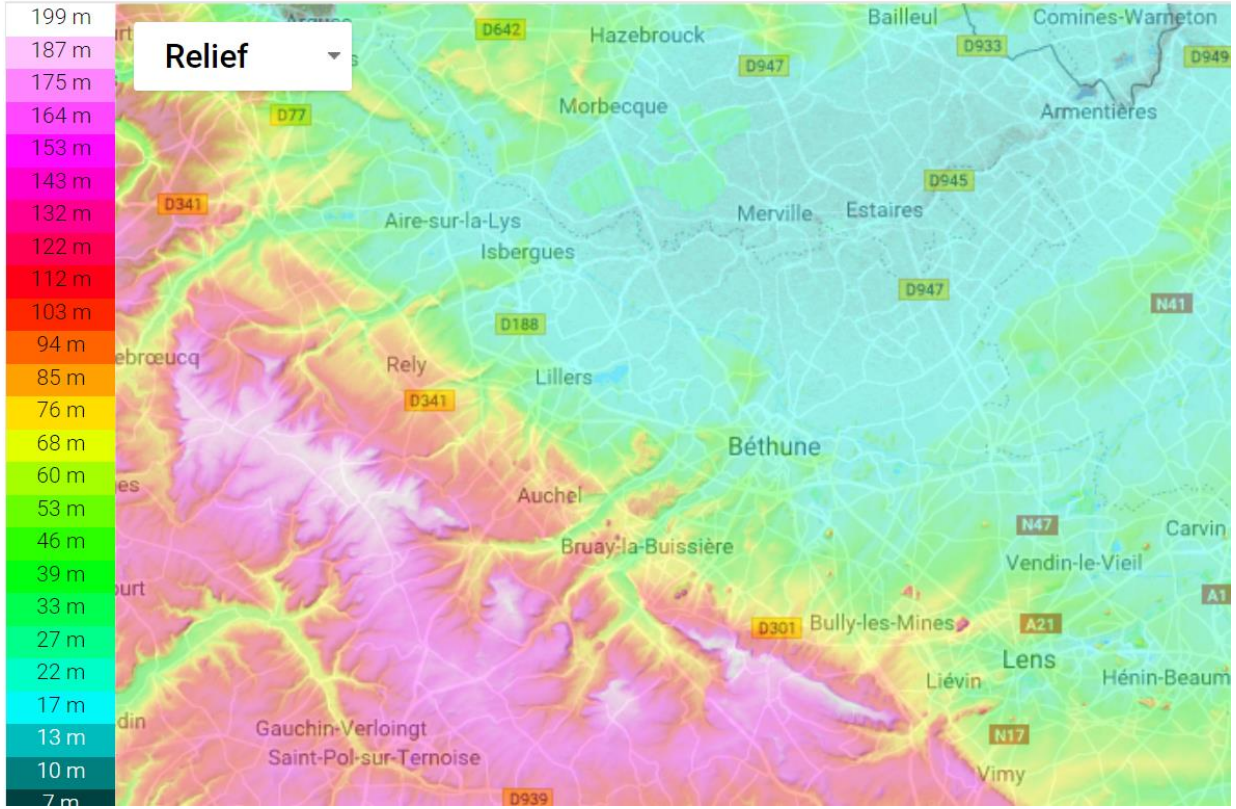




Densité de puissance, déterminée à 50 m de hauteur en W/m² ;
source : Schéma Régional Eolien

[37] Guide pratique ADEME : l'énergie éolienne ; édition 2015

On observe qu'une grande partie du territoire possède un potentiel de puissance relativement faible. Les gisements les plus intéressants se situent plutôt à l'ouest et au sud du territoire avec une densité de plus de 210 W/m². Aux alentours de Maisnil-les-Ruitz la présence d'un massif montagneux ancien permet d'obtenir un potentiel de puissance important de l'ordre de 250 W/m².



Carte des reliefs sur le territoire ; Source : http://fr-fr.topographic-map.com

La carte des reliefs montre bien que la partie ouest de la diagonale du territoire du nord-ouest au sud a des hauteurs plus importantes et donc un gisement éolien plus important également.

D'après la carte de la densité de puissance, on obtient un **gisement brut de 70,95 GW** pour le territoire.

Le gisement net du grand éolien :

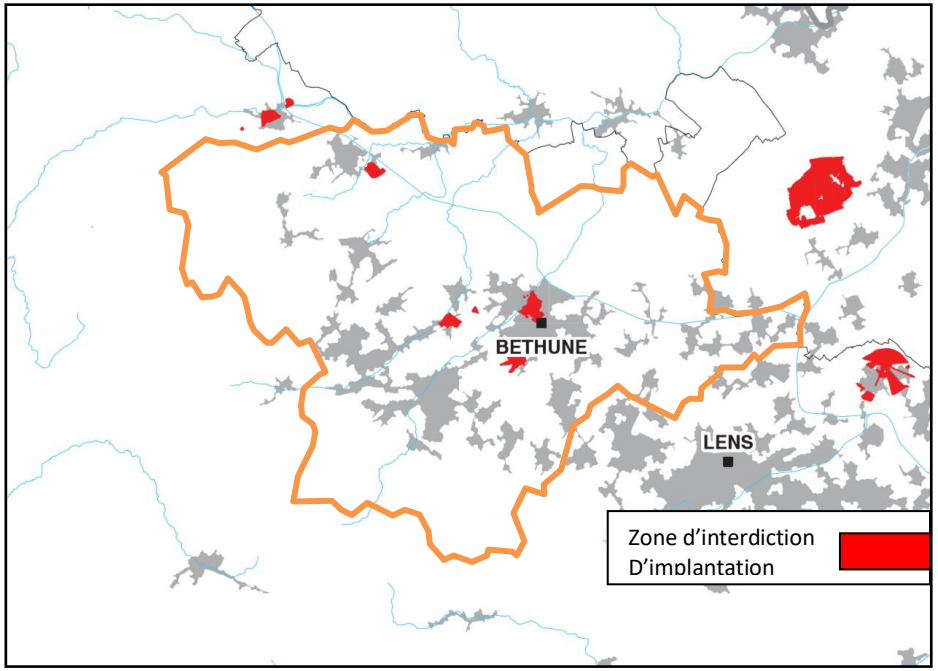
En reprenant la méthodologie du Schéma Régional Eolien, le potentiel de développement de l'éolien est déterminé en prenant en compte des contraintes suivantes :

- Le potentiel éolien du territoire : vitesse du vent, topographie
- Le patrimoine paysager : paysages emblématiques limitant l'implantation d'éoliennes
- Le patrimoine architectural : limitation près des monuments historiques
- Le patrimoine naturel : zones protégées écologiquement (ZNIEFF, sites Natura 2000, réserves naturelles, arrêtés de protection de biotope)
- Les servitudes et contraintes techniques : servitudes de l'aviation civile, radiocommunications, défense nationale
- Les contraintes réglementaires

Les contraintes du patrimoine paysager :

L'implantation d'éolienne a un impact considérable sur le paysage. C'est pourquoi il est nécessaire d'étudier Cet impact avant installation.

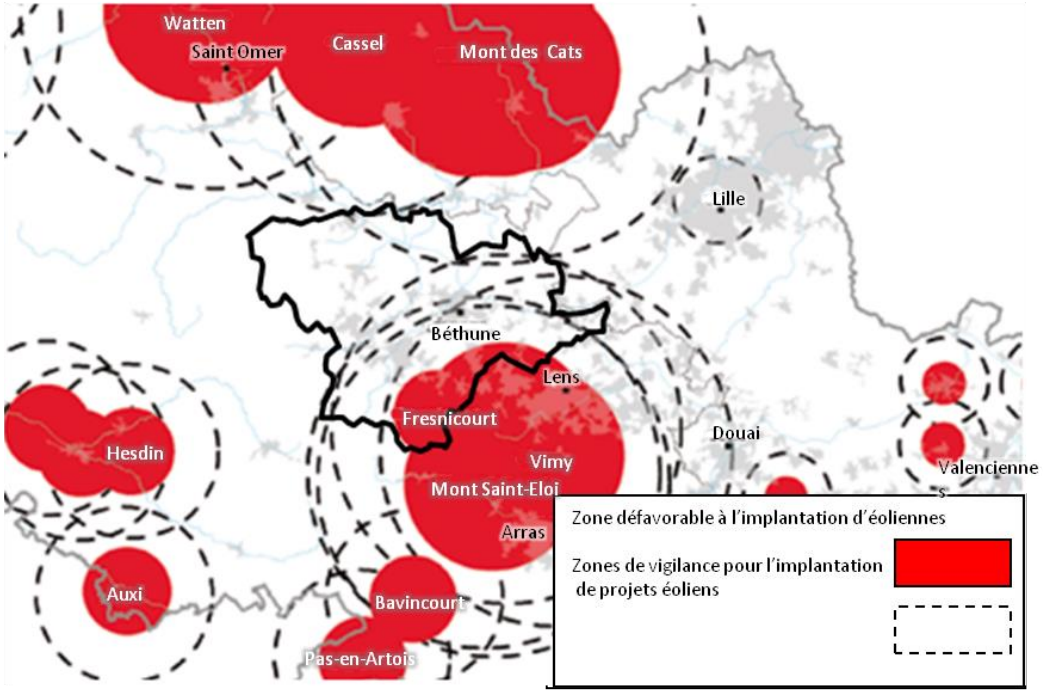
Sur le territoire on trouve un paysage de plateaux calcaires, propice au développement de l'éolien sous réserve d'un développement respectueux du patrimoine architectural, naturel et paysager et d'un éloignement du rebord du plateau.



Zones d'interdiction d'implantation d'éoliennes concernant les paysages réglementés ; source : SRE

Le schéma Régional Eolien a fait le choix de ne pas autoriser l'implantation d'éoliennes au niveau des sites paysagers répertoriés (sites classés, sites inscrits, zones de protection du patrimoine architectural urbain et paysager). Cinq zones d'interdiction d'implantation d'éolienne sont présentes sur le territoire, dans des espaces à dominante urbaine.

Le Schéma Régional Eolien met également en avant des données de valeurs non réglementaires concernant les paysages à protéger et les entités de paysage pour lesquelles l'éolien est inadapté, ce qui définit ainsi des zones défavorables à l'implantation d'éoliennes.

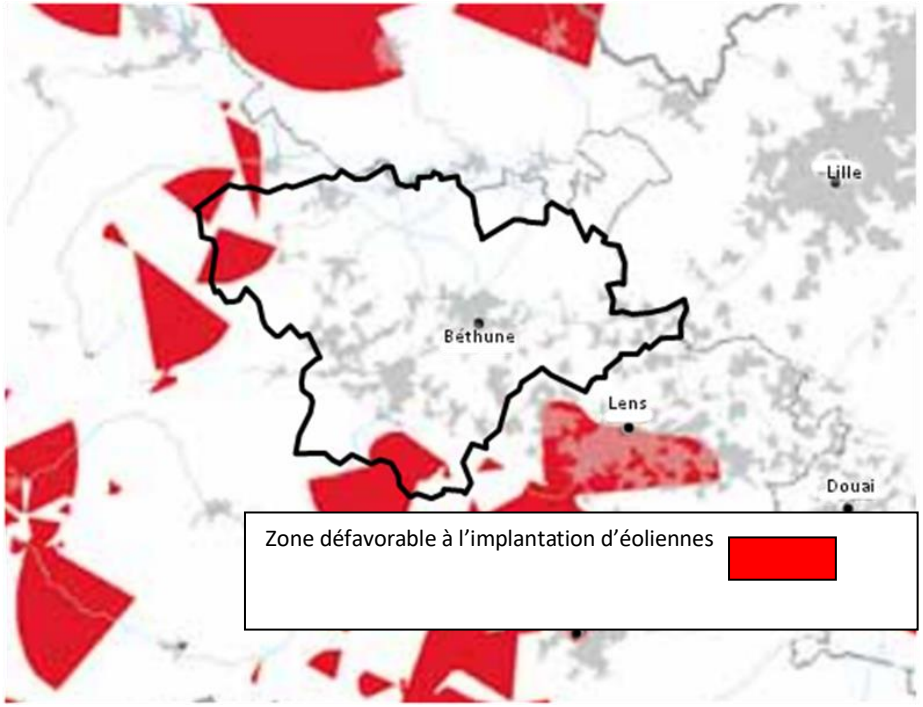


La Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay, Artois Lys Romane est concernée par ces zones défavorables et zones de vigilance pour l'implantation de projets éoliens relatifs aux paysages de belvédères emblématiques, comme indiqués dans la carte ci-dessous. Cela concerne la partie sud-est du territoire.

Zones défavorables à l'implantation éolienne concernant les belvédères emblématiques. Source : Schéma Régional Eolien

Les contraintes du patrimoine architectural :

Le Schéma Régional Eolien a établi avec le département du Nord les cônes de vues remarquables à partir ou vers les monuments historiques emblématiques régionaux. Cela concerne les parties extrêmes au nord-ouest et au sud du territoire.



Zones défavorables à l'implantation éolienne concernant les sites et monuments historiques. Source : SRE

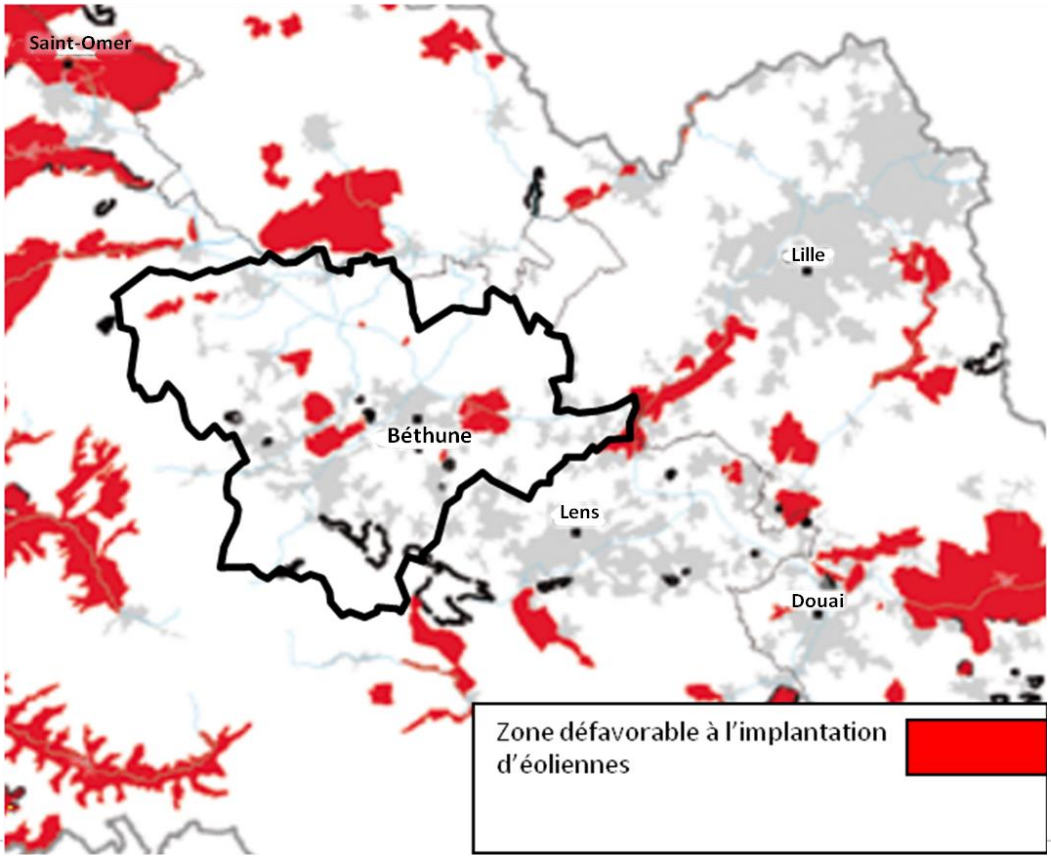
La Communauté d'Agglomération est peu concernée par la protection des monuments historique emblématique régionaux, néanmoins elle possède plusieurs sites d'intérêt communautaires proches ou dans les zones urbaines réglementées d'autorisation d'implantation éolienne à préserver et mettre en valeur :

- La cité des Electriciens de Bruay-La-Buissière, inscrite à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques ainsi que sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

- La Chartreuse du Mont Sainte-Marie de Gosnay, inscrite à l'inventaire supplémentaire des monuments historiques
- Le Manoir de l'Estracelles à Beuvry
- La fosse 6 d'Haisnes-lez-la Bassée

La labellisation UNESCO a un caractère d'importance « extraordinaire » sur le patrimoine ayant un impact très fort sur la préservation du paysage avec comme répercussion l'impossibilité d'implanter des éoliennes dans les périmètres visibles depuis ces monuments.

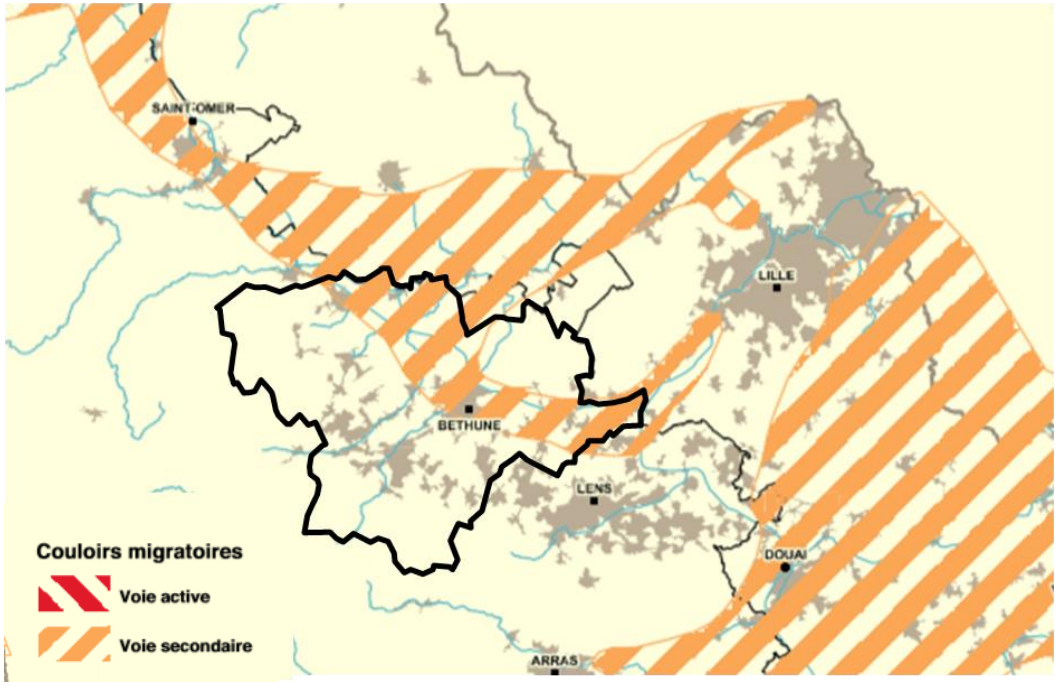
Les contraintes du patrimoine naturel :



Plusieurs zones naturelles sont présentes sur le territoire et demandent une protection particulière. D'après le Schéma Régional Eolien « les zones considérées comme plus favorables à l'éolien (pelouse, prairies), mais qui nécessitent une attention particulière au regard de leur classement en ZNIEFF, ont été retenues en zone de vigilance pour l'implantation de projets éoliens ». La CABBALR est concernée par plusieurs ZNIEFF de types I. Ces zones se trouvent au centre du territoire, de part et d'autre de Béthune, ainsi qu'au nord-ouest.

Zones défavorables à l'implantation éolienne concernant la protection du patrimoine naturel. Source : SRE

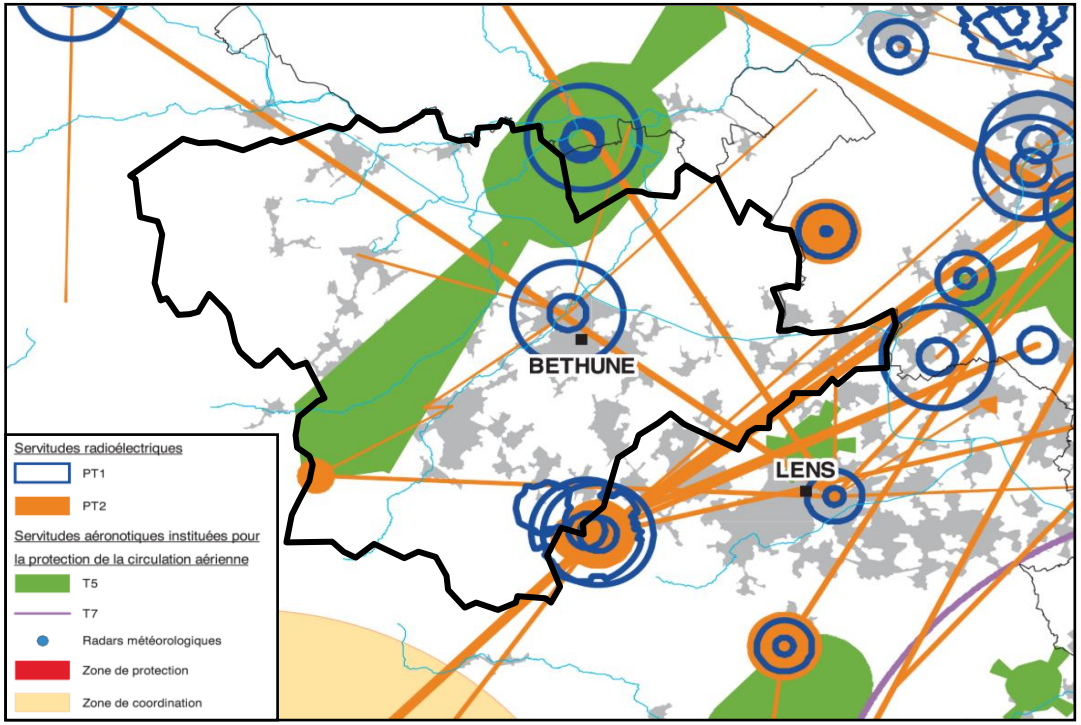
Dans le cadre d'un projet d'implantation éolien, une étude avifaunistique (faune animale des oiseaux) doit être réalisée. En effet la Communauté d'Agglomération fait l'objet d'une voie secondaire migratoire comme indiqué dans la carte ci-dessous, qui traverse le territoire entre le nord et l'est.



Carte des couloirs migratoires avifaune. Sources : Source : SRE

Les contraintes de servitudes et contraintes techniques :

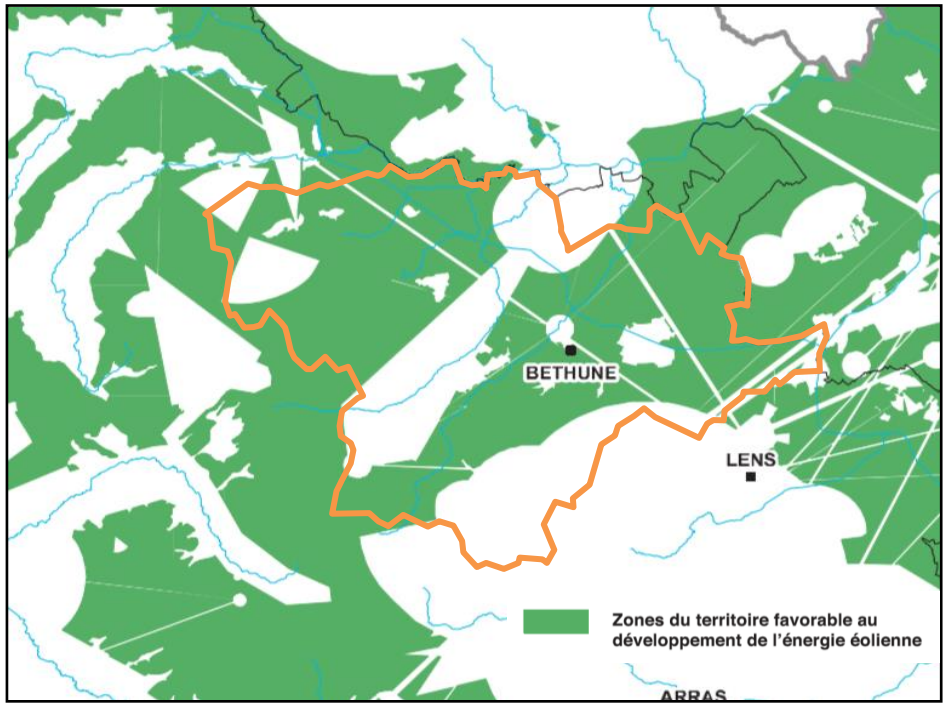
La carte ci-dessous présente les servitudes et contraintes du territoire, on peut recenser :



- Un périmètre PT1 de servitudes radioélectriques centré à Béthune et plusieurs autres au sud du territoire.
- Des axes de servitudes radioélectriques qui traversent le territoire, en passant (entre autres) par Béthune, Diéval ou Lillers.
- Un périmètre dû aux servitudes aéronautiques instituées pour la protection de la circulation.

Carte des contraintes et servitudes. Source : SRE

Les Servitudes d'utilité publique et les contraintes techniques restreignent les zones d'implantation favorables à l'installation de projet éolien. D'après toutes les contraintes énumérées précédemment, le Schéma Régional Eolien a établi la cartographie suivante relative aux zones favorables à l'implantation de projets éoliens.



Carte des zones favorables au développement de l'éolien ; Source : SRE

D'après le Schéma Régional Eolien, plus de la moitié du territoire est considéré comme étant favorable à l'installation et au développement de l'énergie éolienne.

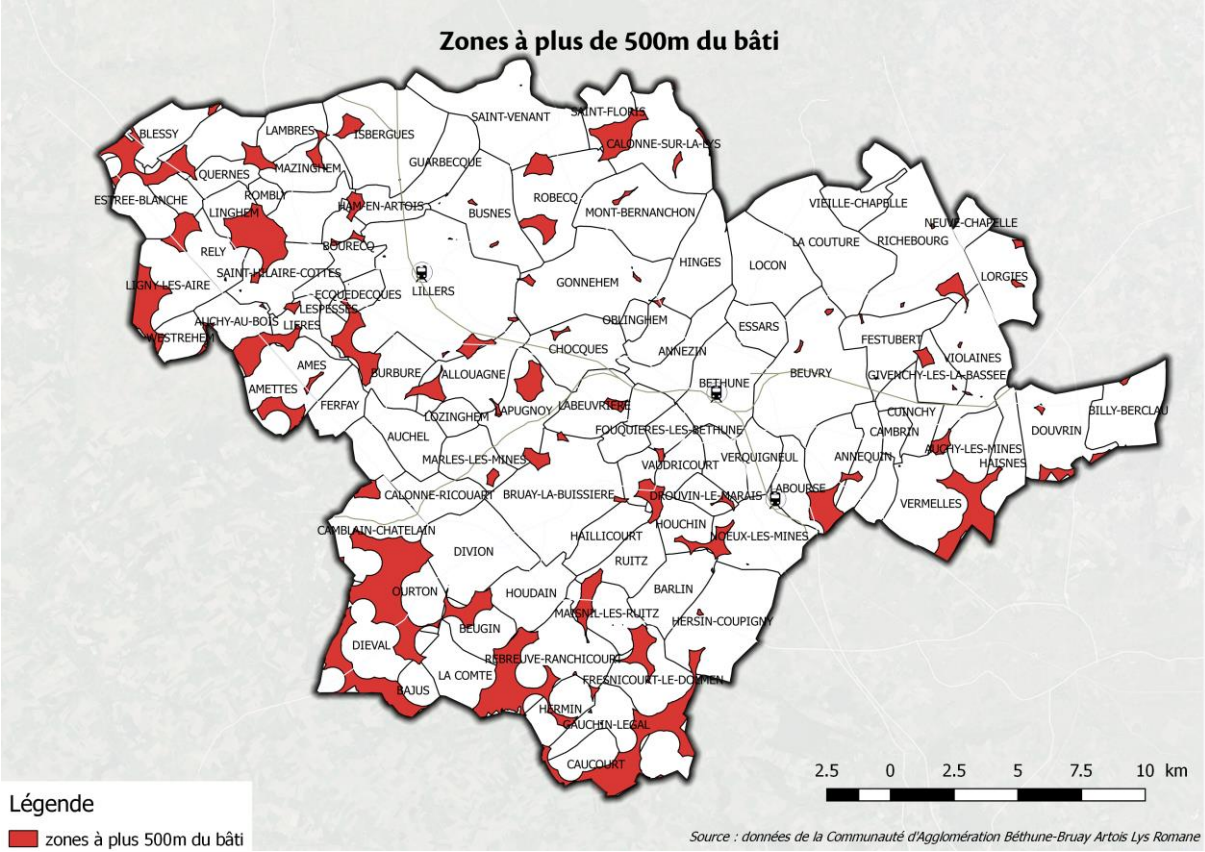
Les contraintes réglementaires :

L'implantation de projet éolien est principalement réglementée par deux lois :

- La loi Grenelle II du 12 Juillet 2010
- La loi Brottes du 15 avril 2013

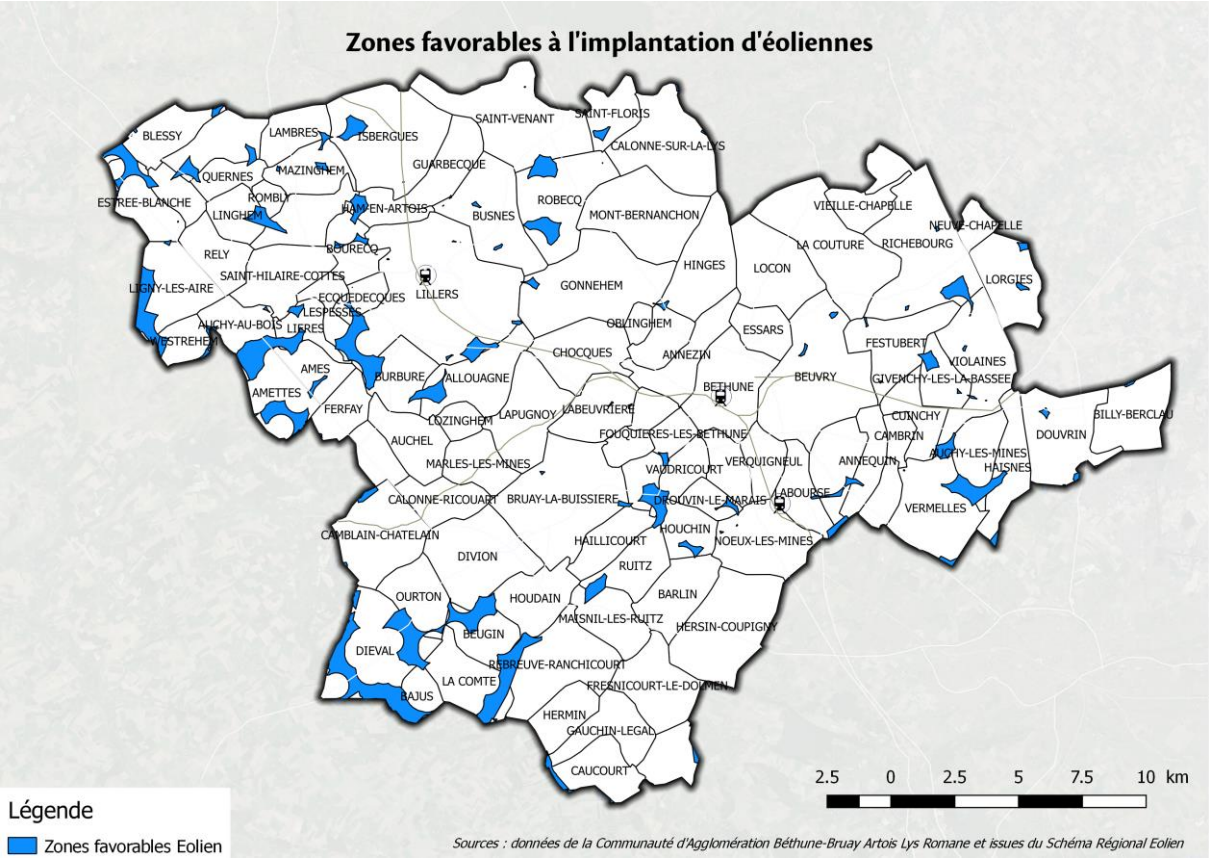
La loi « Brottes » impose de prendre en considération les zones favorables au développement éolien définies par le Schéma Régional Eolien. Mais la loi Grenelle stipule que les éoliennes de plus de 50 m sont soumises au régime dit : « à autorisation des ICPE » et doivent être éloignées de 500 m minimum des habitations.

En appliquant un périmètre de 500 m aux données de bâti sur le territoire, nous obtenons la carte suivante. Les zones en rouge sont celles respectant ce périmètre. Ces informations doivent être interprétées avec attention car ont été considéré ici tous les types de bâti (y compris autres qu'habitations).



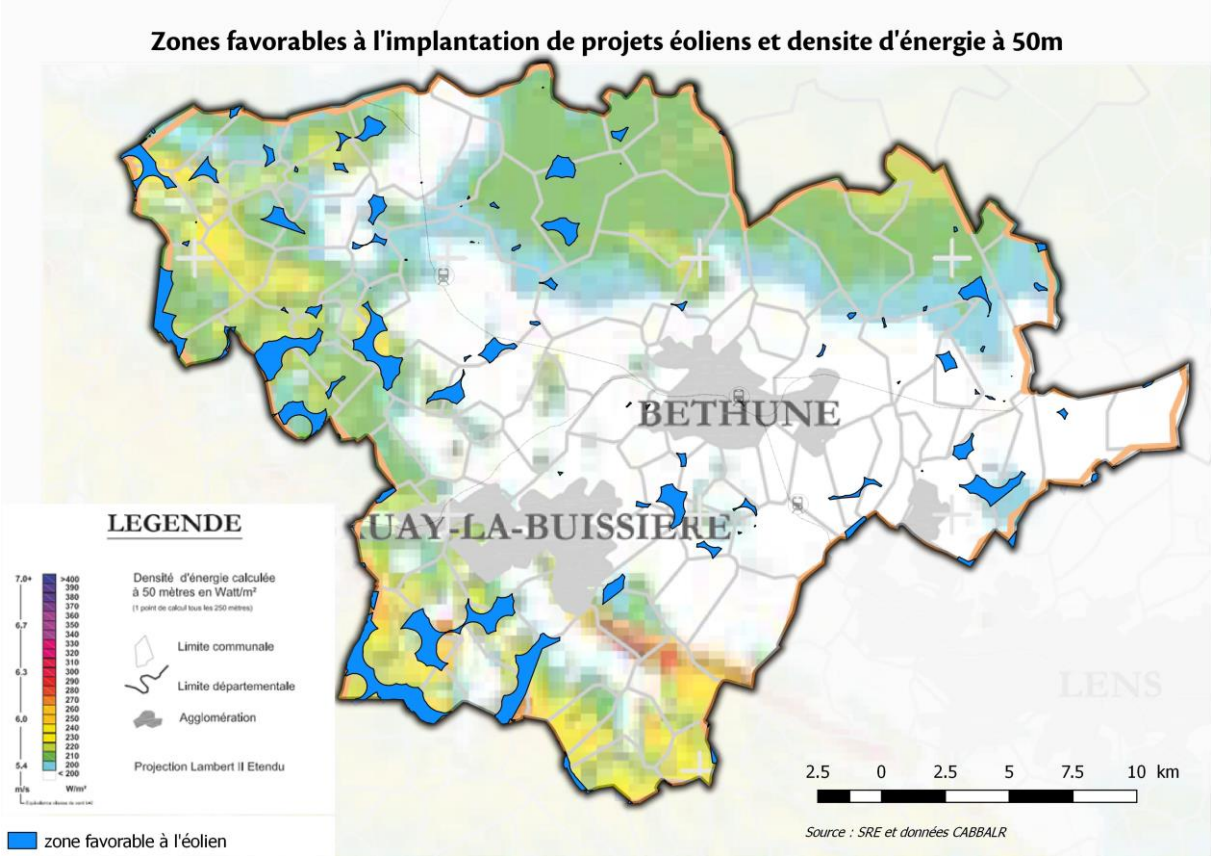
Le territoire étant relativement urbanisé, seul 10% du périmètre se situe dans des zones à plus de 500 m des constructions existantes. Les plus grandes zones favorables se situent préférentiellement dans le sud et à l'ouest du territoire, où se trouvent les parcs éoliens actuels.

En croisant toutes les cartes des zones défavorables à l'éolien issues du Schéma Régional Eolien avec la carte du périmètre des 500m des habitations, on remarque que plus de la moitié des zones à plus de 500 m du bâti n'est pas située dans les zones favorables à l'implantation de projets éoliens, comme indiqué dans la carte ci-dessous :



Finalement environ 30 km², soit environ 4,5% du territoire, est propice à l'accueil de projets éoliens.

Pour déterminer le gisement net de production éolienne, ont été croisées les cartes des zones favorables et de densité de puissance du vent.



D'après cette carte, on observe que la quasi-totalité des zones identifiées comme favorables à l'installation de projets éoliens se situe dans une zone où la densité d'énergie à 50 m est supérieure à 200 W/m². Le sud et l'ouest du territoire sont plus favorables à l'installation de projets éoliens.

Après l'analyse cartographique du gisement brut et des contraintes, le territoire ne permet l'exploitation que de 10% du gisement. A cela s'ajoute le rendement des machines éoliennes, estimé à 50%. On obtient donc :

Gisement net = gisement brut x 10 % x 50 %

La puissance nette du gisement éolien est de 3,5 GW. En convertissant en énergie, on obtient **un gisement net de production du grand éolien de 1882 GWh/an pour le territoire.** Cette production correspond à près de **470 éoliennes,** pour une production d'environ 4 GWh/an/éolienne.

Indications de coûts :

Critères	Eolien
Coût d'Investissement (€)	1 MW : 1 000 000 €
Coût annuel d'exploitation	Entretien et maintenance : 200 et 1000 € HT selon la puissance + une journée mobilisant 2 ou 3 personnes

Projets à venir : Plusieurs projets sont actuellement en cours de montage :

- Rely-Linghem (2 machines)
- Norrent-Fontes (3 machines)
- Ligny-Les-Aire et Westrehem (8 machines)
- Estrée-Blanche et Blessy (5 machines)

Au total, 18 machines sont prévues au nord-ouest du territoire. Si ces projets sont validés, la production pourrait être effective pour 2019 et avoisinerait 41 MW de production soit un doublement de la production par rapport à la situation éolienne actuelle.
Rappelons que sur le territoire, nous comptons 9 éoliennes d'une puissance totale installée de 20,7 MW.

b. Le gisement du petit éolien

Explication de la filière :

La catégorie Petit Eolien regroupe un large spectre de machines :

- le « micro-éolien » : machines < 1 kW ;
- le « petit éolien » : machines entre 1 kW et 36 kW ;
- le « moyen » éolien comprenant les machines entre 36 kW et 250 kW.

Contrairement au grand-éolien, la hauteur du mat d'une installation de petit-éolien n'est pas proportionnelle à la puissance des machines. En effet pour des installations de petites tailles, la rugosité du sol, liée à la végétation ou l'habitat environnant limite la vitesse du vent. C'est pourquoi il est difficile d'installer une machine dont l'extrémité inférieure de la pale est à moins de 10 mètres du sol.

L'efficience de l'éolien dépend en premier lieu de la qualité du vent : vitesse, stabilité en direction, absence de turbulences. Il n'existe pas de cartographie du potentiel à proprement parler pour le petit éolien ; une étude de vent, très spécifique est donc indispensable pour d'une part, dimensionner la machine et la hauteur de mât pertinente et d'autre part, évaluer l'intérêt économique. De plus, en milieu urbain et périurbain ou en milieu rural les caractéristiques du vent et donc des potentiels d'installation sont très variables.

Le gisement brut et net pour le petit éolien doit donc être déterminé par des études spécifiques.

D'après l'ADEME, selon la qualité du site et la technologie choisie, un petit aérogénérateur peut produire annuellement entre 1 000 et 3 000 kWh par kW installé.

Différents systèmes existent selon les technologies :

Types d'éoliennes à axe horizontal :

Darrieus			Carénée	
(Source: Archiexpo)	(Source: Home Energy)	(Source: WindWall)	(Source: Elena energie)	(Source: éolienne pour particuliers)

Types d'éoliennes à axe vertical :

Savonius		Darrieus		Hélicoïdal	
(Source: Windside)	(Source: Windpower)	(Source: Windspire)	(Source: Aquilero)	(Source: Quietrevolution)	(Source: Pramac Wind)
Dispositif comportant deux ou trois lames qui, dans sa section transversale, forment un « S »		Lames droites, verticales, reliées à la tour centrale par des supports horizontaux.		Forme de lames reposant sur le modèle dit « troposkein », ou hélicoïdal. Le rotor est réalisé avec 2 ou 3 pales.	

Les contraintes réglementaires :

L'essentiel de la réglementation applicable aux installations de type petit éolien vient de l'article R 421-2 c du Code de l'Urbanisme.

L'installation d'une machine à plus de 12 m nécessite une demande de permis de construire ainsi qu'une déclaration au titre de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Il n'existe pas de certification propre à l'éolien (de type ISO, AFNOR…) en France mais il existe la norme EN 50 308 : «Aérogénérateur, Mesures de Protection Exigences pour la Conception, le Fonctionnement et la Maintenance » fixant les prescriptions pour les mesures de protection ayant trait à la santé et à la sécurité du personnel, applicables à la mise en service, au fonctionnement et à la maintenance des éoliennes d'axe horizontal.

Les contraintes environnementales :

Les impacts environnementaux sont les mêmes que pour le grand éolien mais à une échelle moindre. Tout comme l'impact paysager du fait de la taille réduite du mât.

L'impact sonore est néanmoins à traiter avec attention en milieu urbain du fait de la proximité étroite avec les habitations. En effet, comme les petites éoliennes ont une vitesse de rotation de pales supérieure aux grandes éoliennes, elles sont donc généralement plus bruyantes. La réglementation limite actuellement les émergences à 3 dB(A) la nuit et 5 dB(A) le jour. Enfin l'impact sur la faune doit également être pris en compte mais n'est pas réglementé.

Le potentiel du micro-éolien :

Finalement le petit éolien, représente à l'échelle nationale mais aussi locale un faible enjeu énergétique, toutefois pour les sites isolés, il peut représenter une solution technique dont la contribution à la satisfaction des besoins énergétiques est significative.

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

Catégorisation du petit éolien par secteur d'application et recommandations correspondantes ; source : ADEME

Concernant le micro-éolien, cette technologie est encore peu développée du fait de son coût élevé, de son rendement modeste et de la difficulté de son intégration urbaine. Toutefois, les éoliennes urbaines se développent dans toute la Région et profite au maximum du potentiel de vent, parfois renforcé par le relief urbain. La fabrication peut même être relativement locale, notamment avec le lancement d'une start-up de fabrication de systèmes d'éoliennes urbaines à Arras, dont profite déjà la Faculté des sciences appliquées de Béthune.

Conclusion :

La production d'énergie éolienne est synthétisée dans le tableau ci-dessous, en considérant ici que le grand éolien :

	Gisement brut (GW/an)	Gisement net (GWh/an)
Energie éolienne	70,95	1882

Le gisement net semble très fort sur le territoire, du fait d'un potentiel déjà intéressant et d'une grande surface totale du territoire mais en réalité les projets sont parfois difficiles à mettre en place à cause des contraintes techniques. En effet, le raccordement ne peut se faire que sous certaines conditions très précises selon les communes. Les contraintes réglementaires changent d'une commune à l'autre et sont parfois dépendantes des choix politiques.

Le potentiel du petit éolien peut également être déterminé pour parfaire les calculs mais des études plus poussées et en milieux urbains doivent être réalisées.

	Opportunités	Freins
Grand éolien	• Très grand potentiel sur le territoire • De nombreuses surfaces disponibles sur le territoire • Aides financières existantes • Permet de participer activement à la production locale et renouvelable de l'électricité	• Technologie dépendante de matériaux rares, coûteux, non renouvelables et non produits sur le territoire (comme le silicium) • Rendements encore faibles, entre 15 et 20% (mais en amélioration) • Coût d'investissement élevé • Place disponible en conflit avec le potentiel solaire thermique
Petit éolien	• Grand potentiel de vent par nature sur le territoire, qui est parfois renforcé par les bâtiments en milieu	• Coût d'installation freinant le développement de la technologie

	urbain (effet venturi, bâtiments hauts…) • Technologie tout à fait pertinente pour le chauffage de l'ECS à l'échelle individuelle et permettant d'éviter la limiter la consommation d'énergie thermique des logements • Technologie n'utilisant pas de matériaux rares et non recyclables • De nombreuses surfaces disponibles sur le territoire • Aides financières existantes	• Potentiel de production d'énergie un peu moins intéressant comparé à d'autres territoires en France • Place disponible en conflit avec le potentiel solaire photovoltaïque • Nécessite un système de chauffage d'appoint

Energie géothermique

Méthodologie :

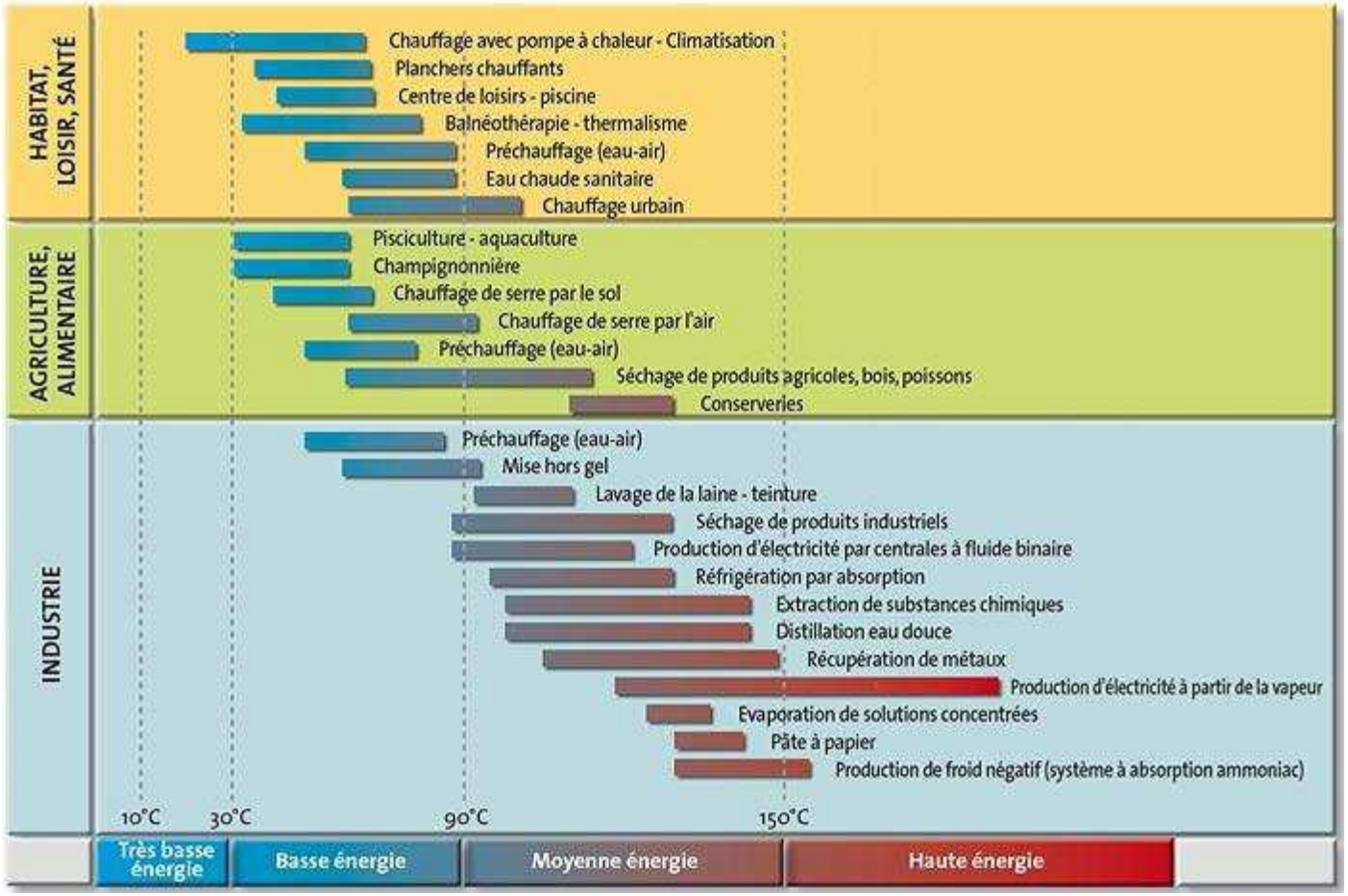
Les gisements bruts et nets pour le secteur de la géothermie sont déterminés par type de géothermie. Les méthodes appliquées sont celles utilisés lors de la détermination des gisements de production d'énergie renouvelable de l'ex-Région du Nord-Pas-de-Calais, lors de l'élaboration du Schéma Régional Climat Air Energie en 2012.

Explication de la filière :

La géothermie est une énergie primaire, fournie par le sous-sol. Elle est utilisée directement sur place ou proche des centres de production. Elle est indépendante des variations du coût des énergies fossiles.

Plusieurs types de géothermie existent selon les potentialités de gisement des sols ou selon les technologies. De plus, plusieurs catégories de technologie existent selon les usages et plusieurs catégories de gisements du sol existent, en fonction de sa composition et des niveaux de températures.

Par exemple, la répartition ci-dessous indique l'usage en fonction du potentiel de récupération d'énergie :



Principales utilisation de la géothermie en fonction des températures de la ressource ; source : Géothermie Perspectives

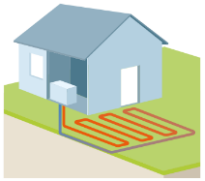
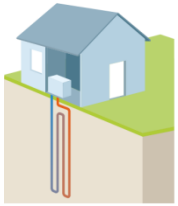
La très basse énergie correspond à des température de fluide entre 10°C et 30°C, la basse énergie entre 30°C et 90°C, la moyenne énergie entre 90°C et 150°C et la haute énergie est supérieure à 150°C.

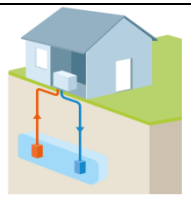
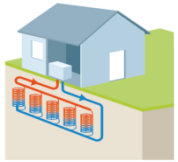
Sur le département du Pas-de-Calais, le gisement disponible en terme de température est plutôt de la basse énergie ou de la très basse énergie. Il n'existe pas sur le territoire de gisement de géothermie haute et moyenne énergie.

Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération, avec des niveaux de basse et de très basse énergie, il est possible d'appliquer la géothermie à ces usages :

Chauffage des locaux : - Chauffage avec Pompe à Chaleur – Climatisation - Plancher chauffant - Base de loisirs - Préchauffage (air) - Chauffage urbain - Champignonnière - Chauffage deserre par le sol - Mis hors gel	Chauffage de fluides : - Centre de loisirs – piscine - Balnéothérapie –thermalisme - Préchauffage (eau) - Eau Chaude Sanitaire - Pisciculture –aquaculture

D'un point de vue des technologies, on retrouve les catégories suivantes :

Le captage horizontal		Le circuit du fluide caloporteur est à faible profondeur (80 cm environ).
Le captage vertical		Le fluide caloporteur circule dans des tubes verticaux, de différentes profondeurs (entre 10 et 200m).

Le captage sur nappe phréatique		Le captage nécessite deux forages, un pour l'extraction de l'eau et l'autre pour le rejet dans la nappe. On appelle aussi cette technique l'aquathermie.
Les corbeilles géothermiques		(plus rare) Le fluide caloporteur circule dans des échangeurs directement dans le sous-sol.

Source : Illustrations extraites du guide de l'ADEME « La géothermie »

Indications de coûts pour des systèmes de pompe à chaleur :

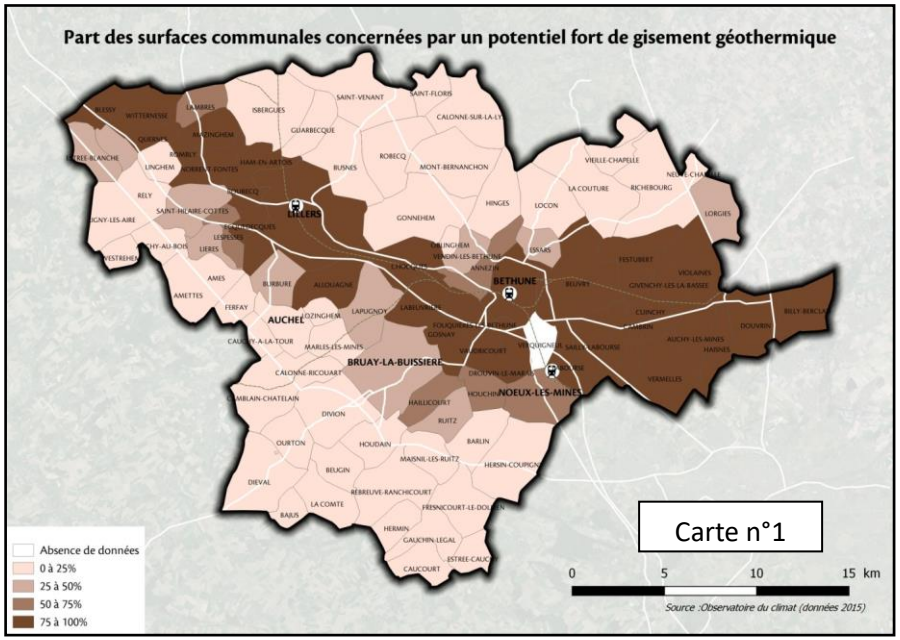
Coût d'investissement (€)	Variable en fonction du type de pompe à chaleur
Consommation d'énergie (kWh/m².an)	Selon le COP de la PAC
Coût annuel d'exploitation	Environ 3 €/m² à chauffer / an.

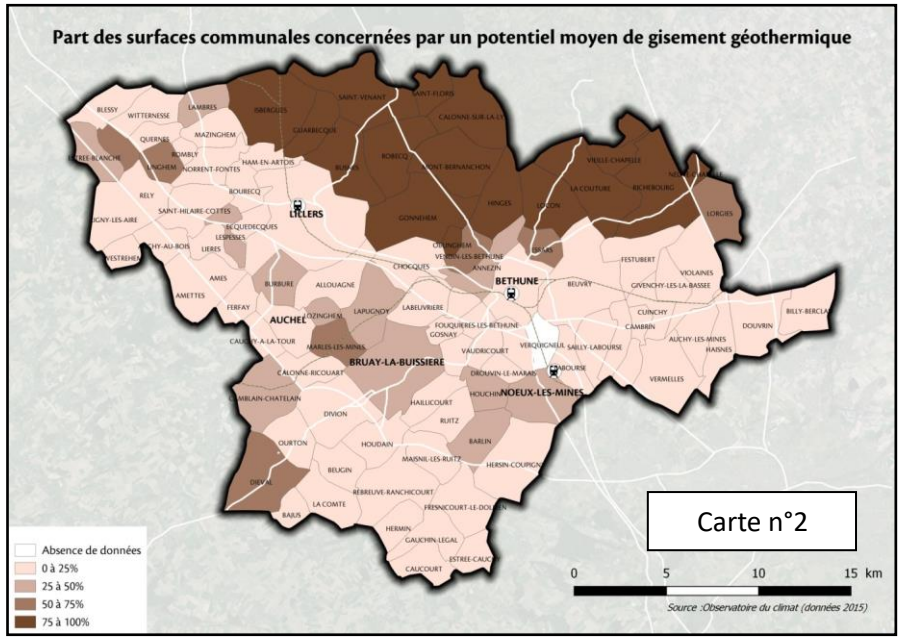
Le gisement brut :

Plusieurs catégories de gisement des sols existent selon les aquifères, leurs profondeurs et leur température. Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) réalise des études sur les potentiels géothermiques du sol en France et rassemble les données. L'Observatoires du Climat a déterminé par commune le gisement de potentiel fort et de potentiel moyen sur les aquifères de surface. Le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane se situe au-dessus de plusieurs nappes aquifères :

- La nappe libre de la craie Séno-turonniène
- la nappe libre des Sables Landéniens
- la nappe captive du Calcaire carbonifère.

Les gisements géothermiques sur aquifère de surface de la Communauté d'Agglomération, avec en première carte le pourcentage de potentiel FORT et en deuxième carte celui du potentiel MOYEN :



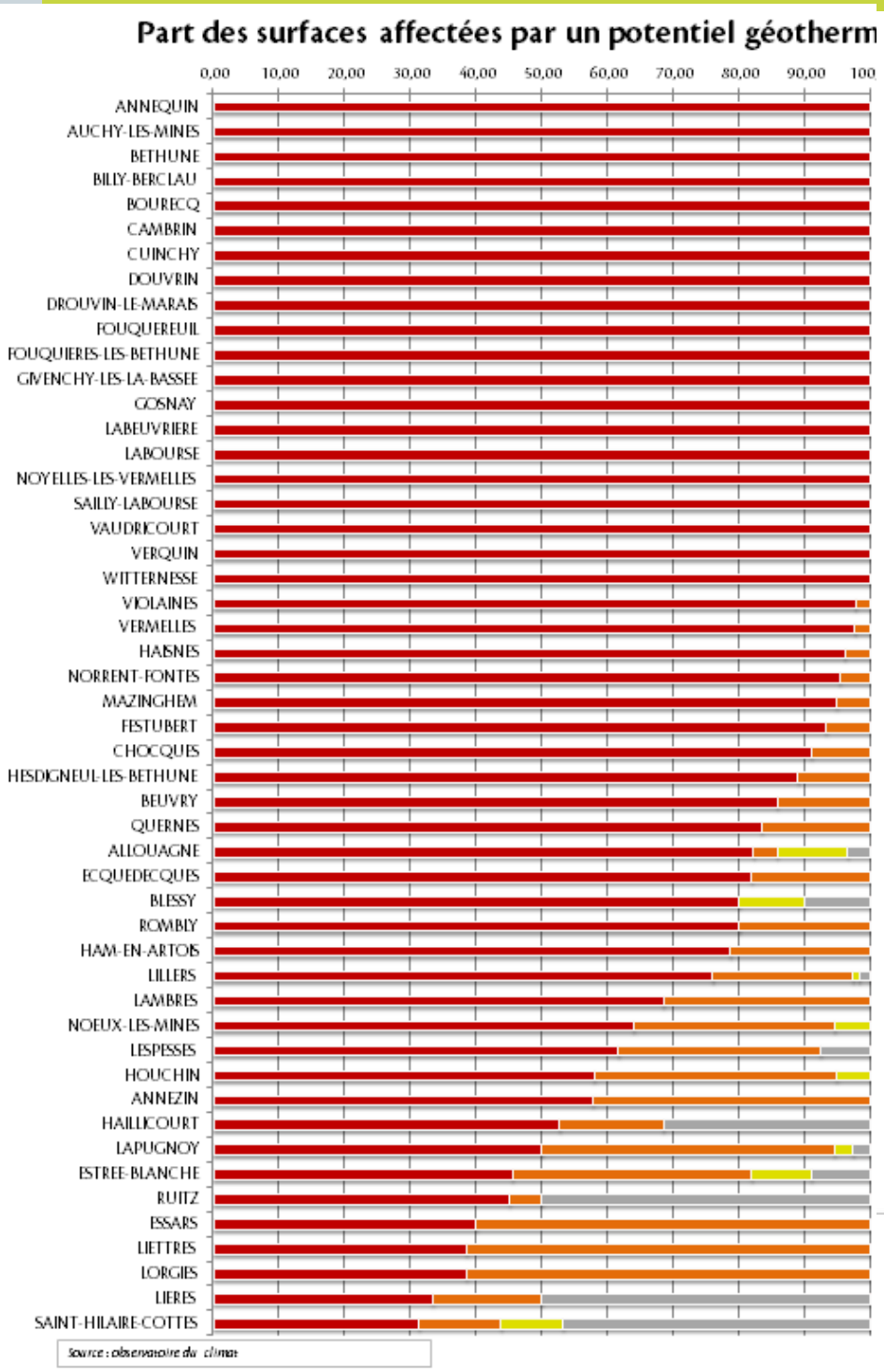


Les communes ayant le potentiel géothermique le plus fort sont indiquées en marron foncé sur la première carte. On observe qu'il y a une trajectoire préférentielle du gisement qui traverse la Communauté d'Agglomération d'Est en Ouest. Cette trajectoire correspond à l'emplacement d'un aquifère, sur l'axe Blessy-Vermelle.

Les communes ayant un potentiel géothermique moyen sont indiquées en marron foncé sur la seconde carte. On observe que les communes les plus concernées par un potentiel moyen sont au nord de la trajectoire de la carte précédente, ce qui peut s'expliquer par le versant de l'aquifère de l'axe Blessy-Vermelle.

Même si le potentiel peut paraître fort, il ne s'agit pas de technologie très haute énergie mais plus simplement de basse et très basse énergie (entre 10°C et 90°C). La basse et très basse énergie sont surtout adaptées au chauffage (et à la climatisation pour des systèmes réversibles) pour l'habitat, les loisirs ou la santé, ou encore les domaines d'activité de l'agriculture et de l'alimentaire.

GISEMENT DE PRODUCTION D'ENERGIE

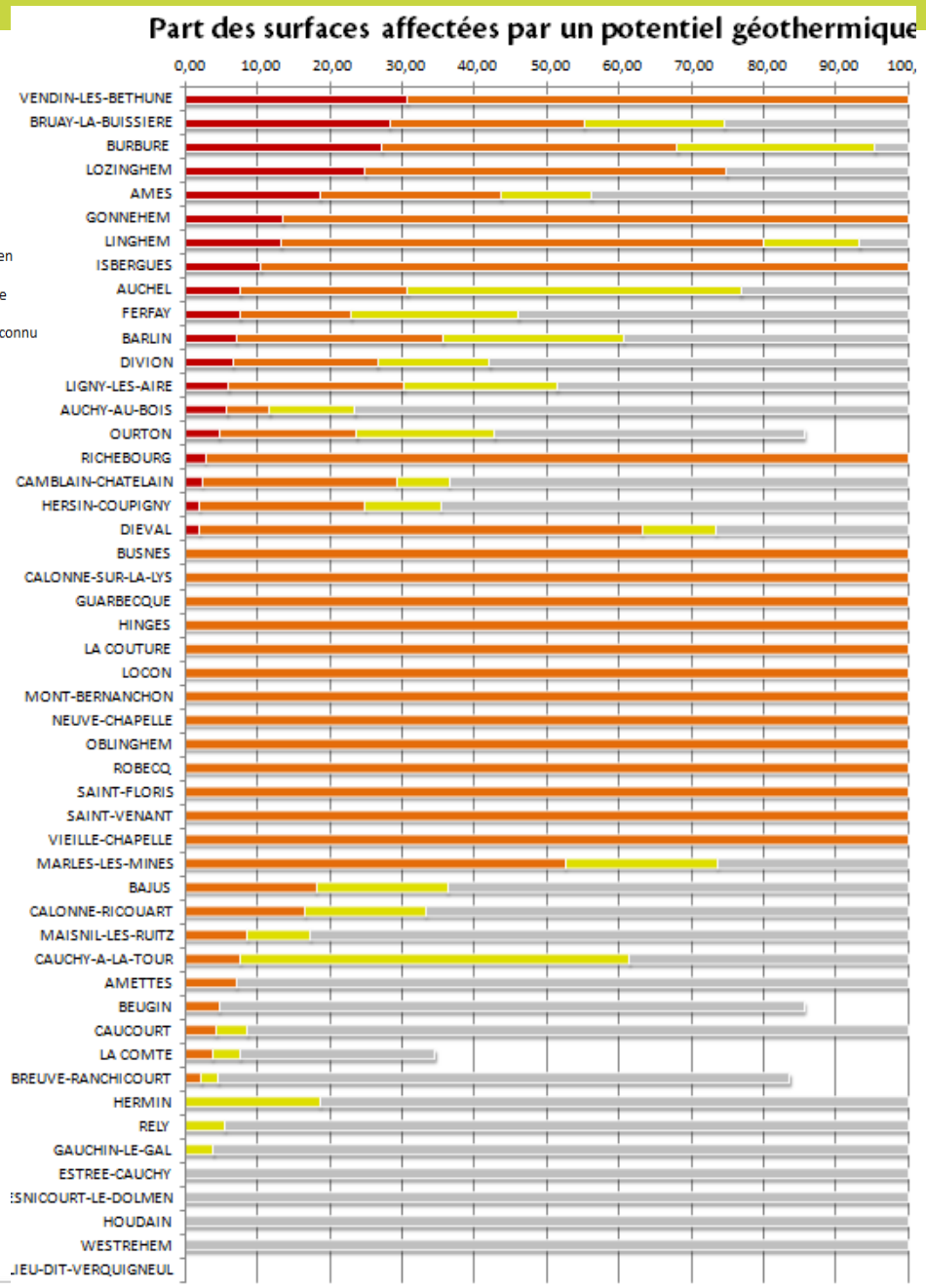


Potentiel fort

Potentiel moyen

Potentiel faible

Potentiel non connu



Analyse du potentiel fort (en rouge sur le graphique précédent) :

D'après les données recensées, nous remarquons que de 20% des communes du territoire sont concernées à 100% par un potentiel géothermique fort, 23% sont entre 50% et 100% de potentiel fort, et 26% entre 0% et 50%. Les 31% des communes restantes n'ont aucun potentiel fort.

- Analyse du potentiel moyen (en orange sur le graphique précédent) :

Nous observons que 13% des communes sont concernées à 100% par un potentiel moyen, 33% sont concernées entre 50% et 100% et 11% entre 0% et 50% par ce potentiel moyen. Enfin 28% des communes sont concernées par aucun potentiel moyen.

8% des communes du territoire ne sont concernées ni par un potentiel fort, ni par un potentiel moyen.

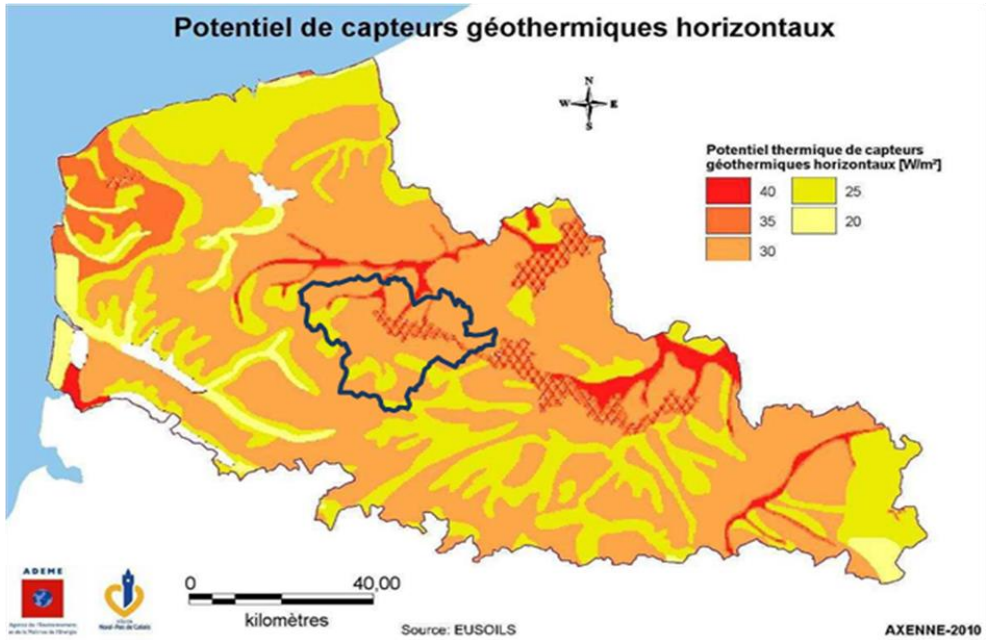
Pour la détermination du potentiel, nous considérons :

- les communes à 100% concernées par un potentiel fort
- les communes à 100% concernées par un potentiel moyen
- les communes concernées à 100% à la fois par un potentiel fort et par un potentiel moyen (22% des communes).

Ainsi, en prenant en compte ces catégories de communes, nous pouvons considérer que près de **55% de la surface du territoire** de la Communauté d'Agglomération est concernée par **un potentiel intéressant de géothermie d'aquifère de surface**.

Ce gisement n'est pas en termes de puissance ou d'énergie récupérable sur le territoire mais plutôt en surface de potentiel fort ou de potentiel moyen. Le gisement en puissance ou énergie doit être déterminé par des études plus précises et locales du potentiel géothermique.

Technologiquement, la récupération de chaleur sur les aquifères des surfaces exige l'utilisation de capteurs verticaux, le captage sur nappe phréatique ou les corbeilles géothermiques (plus rares).



Au regard de la technologie de capteurs géothermiques horizontaux, des études ont été menées sur le territoire de l'ancienne Région Nord-Pas-de-Calais (par Axenne en 2010) pour déterminer le potentiel en fonction des caractéristiques des sols. La carte suivante en montre le résultat.

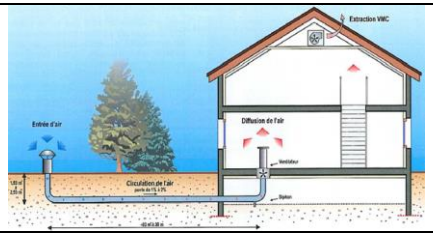
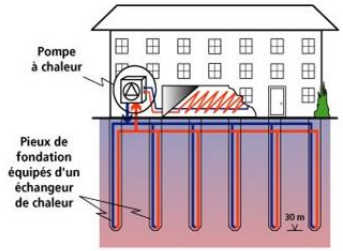
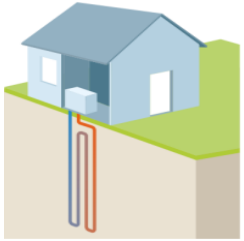
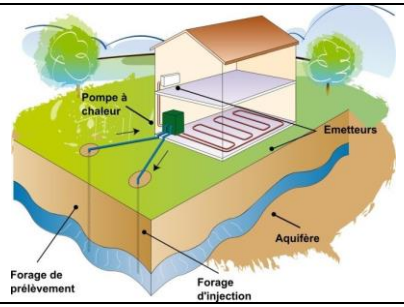
Nous remarquons que la grande majorité du territoire de la Communauté d'Agglomération a un potentiel thermique de capteurs géothermique horizontaux de 30 W/m² (près de 70% du territoire), près de 15% a un potentiel de 25W/m² et près de 5% a un potentiel de 40 W/m². La partie quadrillée en orange et rouge correspond à une absence de données due à une forte urbanisation.

Le gisement du territoire est d'environ 31 W/m² de potentiel de capteurs géothermiques horizontaux sur le territoire de la Communauté d'Agglomération. Avec une superficie de 647 km², **le gisement brut de puissance géothermique horizontale est de 0,0203 GW.**

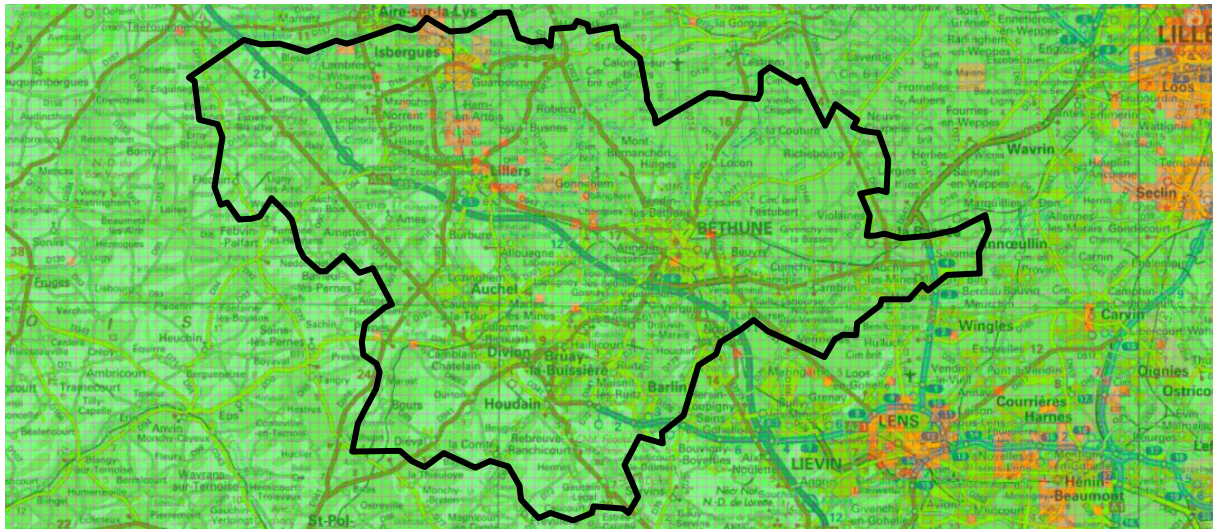
Beaucoup de contraintes s'appliquent à la géothermie, que ce soit des contraintes environnementales, réglementaires, économiques et ou techniques.

Les contraintes environnementales :

Les techniques de géothermie et leurs installations peuvent avoir un impact sur l'environnement du fait des échanges thermiques, de circulation de fluide et de profondeur. La catégorie de Géothermie de Minime Importance regroupe les installations où ces impacts sont réduits. Cette catégorie est réglementée et ne répond pas au code minier. Sont ici citées les technologies concernées en page suivante.

Les puits canadiens (ou puit provençal ou puit climatique) : de l'air extérieur circule dans des tubes enfouis à faible profondeur et capte la chaleur du sous-sol avant d'être distribué dans un bâtiment.	
Les géostructures thermiques : captage de la chaleur du sol par les pieux de fondation.	
Les échangeurs géothermiques ferms d'une profondeur inférieure à 10 mètres : un fluide circulant en circuit fermé capte la chaleur du sous-sol de faible profondeur par des tubes et la redistribue au bâtiment via une Pompe à Chaleur.	
Les échangeurs géothermiques ouverts dont au moins un échangeur fonctionne en circuit ouvert répondant aux conditions mentionnées au II de l'article 3 du décret n° 78-498 du 28 mars 1978 modifié (voir conditions de la minime importance ci-dessous), et dont aucun des ouvrages de prélèvement ou de réinjection ne dépasse la profondeur de 10 mètres.	

Dans certaines zones, la demande d'implantation est soumise à autorisation et peut être interdite.



Légende : zonage réglementaire des échangeurs ouverts et fermés par rapport à la Géothermie de Minime Importance (GMI) (source BRGM°) :

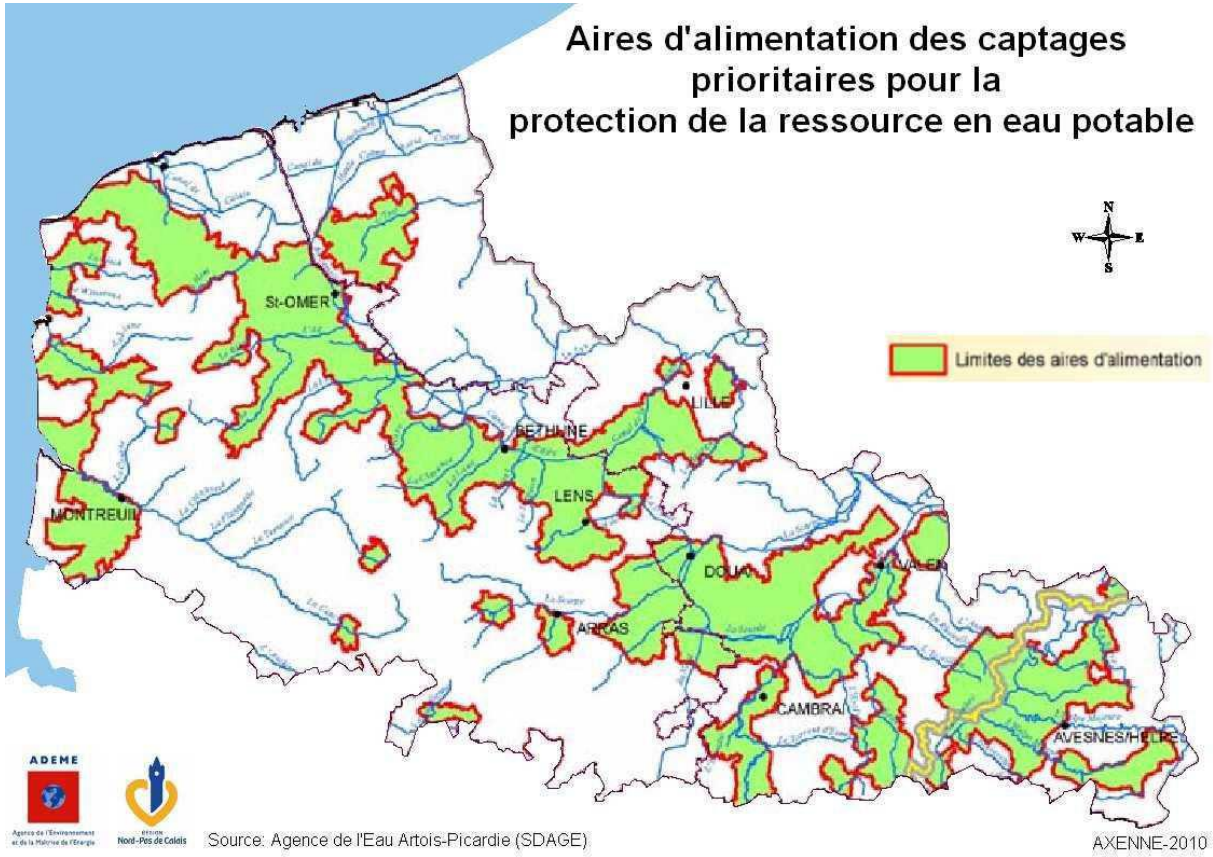
- Non éligible à la GMI : Zone non éligible à la géothermie de minime importance. Les dispositions applicables sont alors celles relatives aux ouvrages de géothermie de basse température prévues par les décrets n° 78-498 et n° 2006-649 et pris en application du code minier.
- Eligible à la GMI avec avis d'expert : réalisation de l'ouvrage requiert l'avis d'un expert géologue ou hydrogéologue et le recours à un foreur qualifié.
- Eligible à la GMI : Absence de risques identifiés mais nécessité de recourir à un foreur qualifié.

D'après la carte, nous remarquons que le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane dispose dans sa grande majorité de zones éligibles à la Géothermie de Minime Importance. A l'exception de quelques points sur une trajectoire allant de Chocques à Isbergues en passant par Lillers, le territoire est plutôt éligible à la Géothermie de Minime Importance.

Les contraintes réglementaires :

D'un point de vue réglementaire, comme la géothermie concerne les sous-sols et les nappes phréatiques, elle se doit de respecter les orientations du SDAGE concernant la protection des captages d'eau potable et la gestion équilibrée des ressources en eau. Lors de la mise en œuvre d'un projet de géothermie, il est nécessaire de vérifier auprès des communes que le forage ne se situe pas dans un périmètre de protection des ressources en eau potable. Dans ce cas-là, le projet ne vérifie plus les conditions nécessaires à de la Géothermie de Minime Importance. Le maitre d'ouvrage est alors dans l'obligation de faire une demande d'autorisation auprès de la DREAL.

Les aires d'alimentation qui doivent être protégées pour l'ex-Région du Nord-Pas-de-Calais sont indiquées sur la carte suivante.



Source : étude AXENNE 2010

D'après la carte, le territoire de la Communauté d'Agglomération est traversé par une aire d'alimentation d'importance, qui correspond à la zone de géothermie de potentiel fort vue précédemment. Dans cette zone, les projets de géothermie ne sont plus de Géothermie de Minime Importance (GMI) et doivent répondre à l'autorisation auprès de la DREAL.

D'après les données du BRGM, près de **85% du territoire est éligible à la GMI**.

L'implantation de forage géothermique est aussi contrainte par les périmètres de protection de forages d'eau. Une liste des captages prioritaires au regard de leur exposition aux pollutions diffuses (dits « captages Grenelles ») a été établie par les ministères en charge du Développement Durable, de la Santé et de l'Agriculture. Aucun n'est recensé sur le territoire.

Sur les installations de forage, certaines contraintes réglementaires imposent une distance minimale pour leur implantation : 5 mètres des arbres, 1,5 mètres des réseaux enterrés non hydrauliques et 3 mètres aux fondations, puits, fosses septiques, évacuations.

Parmi les autres contraintes à prendre en compte pour la mise en place de systèmes géothermiques on peut noter également les mouvements de terrain recensés par le BRGM, mais sur le territoire, aucun n'a été recensé. Sont également regardées les zones inondables qui peuvent concerner le territoire en particulier la partie nord-est.

Les contraintes économiques :

Les petites installations peuvent être mises en place à l'échelle de bâtiment individuel ou de groupement de bâtiment comme les capteurs horizontaux en surface ou les capteurs verticaux et sur nappes phréatiques de faibles profondeurs.

Pour des installations de plus grandes importances (champs de sonde), de grandes profondeurs (supérieures à 10 ou 15 mètres) et de grandes capacités (plus de 100 kW), cela concerne les bâtiments collectifs (logements collectifs, bâtiments tertiaires, bâtiments de loisir…) et l'alimentation de réseau de chaleur et de micro-réseau de chaleur. Ces systèmes sont relativement onéreux.

Dans les deux cas il existe des aides financières au niveau national, comme le Fond de chaleur, pour promouvoir la production d'énergie renouvelable et locale.

Les contraintes des bâtiments utilisateurs :

Du fait de températures exploitables relativement basses sur le territoire, la valorisation nécessitera des dispositifs secondaires pour augmenter la température des fluides caloporteurs par des Pompes à Chaleur, ainsi que des émetteurs basses températures avec de grandes surfaces.

Comme la géothermie nécessite des travaux lourds, l'installation concerne beaucoup plus les bâtiments neufs que ceux existants, car les travaux peuvent être conséquents. Sont donc listés les typologies de bâtiments les plus adéquats :
- logements neufs en petit collectif,
- bâtiments publics neufs,
- bâtiments publics existants équipés d'émetteurs basse énergie ou en projet de réhabilitation avec modification du système de distribution de la chaleur (pour l'adapter à de la basse énergie)
- bâtiments privés existants en projet de réhabilitation.

Le critère de densité de consommateurs est également prépondérant dans le choix de lieux d'installation, pour permettre une meilleure valorisation. Les zones les plus favorables reprennent donc les mêmes caractéristiques que pour le développement de réseau de chaleur (voir chapitre concerné).

Le gisement net des installations géothermiques :

Le plus grand potentiel d'utilisation de la géothermie est le chauffage dans le secteur résidentiel. Pour les logements existants ou l'installation de systèmes géothermiques est techniquement difficile, la cible de ce gisement ne prend pas en compte les logements alimentés par le chauffage urbain, ceux chauffés au gaz naturel et ceux chauffés à l'électricité car les systèmes sont soit pas compatibles, soit déjà reliés à un réseau d'énergie. Seuls les logements chauffés au propane et au fioul sont pris en compte, soit près de 13 750 logements collectifs (13% des logements) et 12 373 maisons individuelles sur le territoire[38]. Pour les logements neufs toutes les énergies peuvent être considérées sauf le chauffage urbain à cause d'une complexité de mis en place, soit près de 99% des logements du territoire.

- Gisement net des capteurs verticaux sur les maisons existantes :

[38]Chiffres de PrecariTER Enedis de 2014

Pour des questions de contraintes techniques, seuls les systèmes géothermiques sur les capteurs verticaux sont considérés comme pertinents pour les maisons déjà existantes. Le nombre total de maisons cibles est pondéré par la capacité d'investissement des propriétaires ainsi que par un coefficient reflétant les difficultés que les propriétaires peuvent avoir pour installer les capteurs. Selon le rapport des gisements en énergies renouvelables en Nord-Pas de Calais[39], les pondérations sont de 31% et de 70%.

Gisement net géothermie verticale (nb installation) = nb de maison au fioul et propane x 0,31 x 0,70 soit 12 373 x 0,31 x 0,70=2685.
En considérant le taux de renouvellement des équipements, on obtient le gisement net annuel : 2685x 0,05=134 installations/an
Pour un système géothermique par capteurs verticaux, on considère une chaleur renouvelable produite de 12,2 MWh par installation, donc le gisement de géothermie verticale = 134 x 12,2 = 1634,8 MWh/an.

- Gisement net des capteurs horizontaux dans les maisons neuves :

On considère un taux de construction de maison individuelle sur la zone cible de géothermie de 500 maisons /an. A cela s'applique les coefficients de pondération de la capacité d'investissement et des difficultés des propriétaires : 500 x 31 % x70 % =108 installations/an. Avec une chaleur renouvelable produite de 12,2 MWh par installation[1], le gisement de géothermie horizontale est de 108 x 12,2 = 1317,6 MWh/an.

- Gisement net des installations géothermiques sur nappe sur les immeubles neufs :

On considère un taux de construction d'immeuble sur la zone cible de géothermie de 30 immeubles/an. A cela s'applique les coefficients de pondération liés aux aléas des zones inondables, de la vulnérabilité des eaux souterraines ainsi que les cavités souterraines qui ont été cartographiées, pour déterminer que 84% des immeubles ne sont pas situés sur au moins deux de ces contraintes. 30 x 84 % =25 installation/an. Avec une chaleur renouvelable produite de 52,4 MWh par installation, le gisement de géothermie horizontale est de 25x 52,4 = 1310 MWh/an.

Total de gisement net potentiel sur le territoire : 4,262 GWh/an.

[39] « Energies renouvelables en Nord-pas de Calais, Quel gisement et quels modèles de développement ? » janvier 2011 ; 149p

Conclusion :

Au regard des autres types de sources renouvelables de production d'énergie, le gisement sur l'ensemble du territoire est relativement faible mais il ne doit pas être négligé sur les zones les plus favorables, pour alimenter des bâtiments ou groupement de bâtiments de manière très locale.

	Opportunités	Freins
Géothermie de Minime Importance	• Potentiel intéressant sur le territoire mais uniquement pour de la basse et très basse production • Systèmes relativement simples dans le principe et les matériaux • Choix existant dans les technologies • Systèmes idéaux à l'échelle de logement individuel • Systèmes permettant de produire de la chaleur au plus proche des lieux de consommations • Technologie tout à fait pertinente pour le chauffage à l'échelle individuelle et permettant de limiter la consommation d'énergie thermique des logements • Système parfois réversible (production de chaleur et de froid en fonction des besoins) • Technologie ayant un faible impact sur l'environnement et ne nécessitant pas d'autorisations particulières • Aides financières existantes	• Technologie demandant un savoir-faire à l'installation et à l'entretien • Technologie de faible puissance • Nécessite un système de chauffage d'appoint
Géothermie hors des catégories de Minime Importance	• Potentiel intéressant sur le territoire mais uniquement pour de la basse et très basse énergie • Systèmes idéaux à l'échelle de plusieurs logements ou dans le tertiaire et l'industrie • Technologie tout à fait pertinente pour le chauffage et permettant de limiter la consommation d'énergie thermique des bâtiments • Aides financières existantes	• Coût d'installation freinant grandement le développement de la technologie • Installations parfois complexes • Pas de potentiel de haute et très haute énergie sur le territoire • Technologie pouvant avoir un impact sur l'environnement et nécessitant des autorisations particulières

Méthanisation

Méthodologie :

La détermination du potentiel de méthanisation, est basée sur l'évaluation des gisements de matières alimentant les unités de méthanisation d'après le rapport « Estimation des potentiels de substrats utilisables en méthanisation» réalisée en 2013 par Solagro et Indiggo pour le compte de l'ADEME.

Explication de la filière :

Il existe quatre domaines favorables au développement de la méthanisation : l'agriculture, l'industrie, les déchets ménagers et les boues urbaines issues de l'assainissement.

La méthanisation concerne toutes sortes de matières organiques, cependant le potentiel méthanogène est très variable d'une matière à l'autre. Pour être méthanisable le matériau doit être non seulement riche en matière organique mais aussi biodégradable dans le digesteur, cela exclut alors les matériaux ligneux (bois…). On trouve parmi les déchets méthanisable une partie des déchets ménagers, les déchets verts des particuliers et des collectivités, les déchets des industries agroalimentaires et les déchets agricoles (déjections animales, paille…).

La colonne de droite du tableau indique les éléments prospectifs à l'échelle nationale.

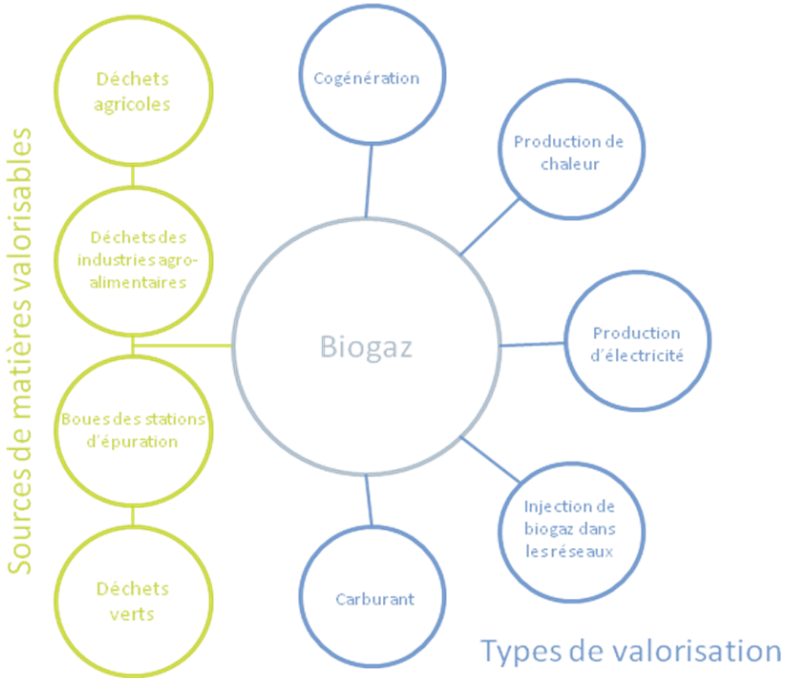
	Utilisations actuelles classiques des ressources	Eléments de justifications pour la matrice de mobilisation
Déjections d'élevages	Epandage direct	En 2030, on considère que la moitié du gisement net disponible peut être orientée vers une unité de méthanisation étant donnés les intérêts dans la production d'énergie.
Pailles de céréales	Litières animales ou laissées aux champs	Une fois la paille valorisée en litière animale et la logique de bilan carbone appliquée, on considère que les conditions sont réunies pour capter à 2030, 30% du gisement net disponible pour la méthanisation qui correspond à un retour de 50% de la matière organique totale au sol.
Autres résidus de cultures	laissées aux champs ou complément litière animale	La récolte de ces résidus ne faisant pas appels à des pratiques existantes, le taux d'équipement en 2030 permettra de capter environ 10 % du gisement.
Déchets IAA (Industrie Agro-Alimentaire)	alimentation animale ou valorisation produit	Ces ressources sont très volatiles, il y a un effet d'opportunité de valorisation.
Déchet d'assainissement	épandage, méthanisation	Il y a peu de nouvelles constructions de station d'épuration. Pourtant les mises en service orientent les possibilités de méthanisation.
Biodéchets des ménages	compostage individuel, poubelle grise, méthanisation	Les facteurs influents sont : le type d'habitat (collectif ou individuel), la pratique du compostage individuel, les modalités de collecte des déchets verts et des biodéchets.
Déchets verts	compostage individuel ou sur plateforme	Il y a des difficultés de séparation de la partie fine de la partie ligneuse
Distribution	collecte sélective des biodéchets ou poubelle grise	Un déconditionnement s'avère indispensable pour une part importante du gisement.

Condition de mobilisation des ressources méthanisables ; source ADEME

Les gisements des déchets issus de la distribution des marchés, de la restauration et des commerces ne seront ici pas déterminés car au regard de la répartition des productions, les gisements sont bien moins importants que les autres types de production. Ce gisement pourra être déterminé dans des études plus spécifiques et plus approfondies.

Le biogaz issu de la méthanisation peut être valorisé de 5 façons :

- production de chaleur,
- production d'électricité,
- production combinée d'électricité et de chaleur par la cogénération,
- carburant de véhicule
- injection du biogaz dans le réseau de gaz naturel.



Source de matières valorisable et types de valorisation du bio méthane ; source : ADEME

Production de chaleur : La valorisation du biogaz en chaleur a une efficacité énergétique intéressante et permet de valoriser le maximum de l'énergie disponible. Néanmoins cela nécessite des débouchés à proximité du centre de production pour limiter le transport couteux de la chaleur ou du biogaz.

Production d'électricité : la valorisation du biogaz en électricité a une efficacité énergétique plus faible que la production de chaleur du fait des rendements énergétiques de l'électricité.

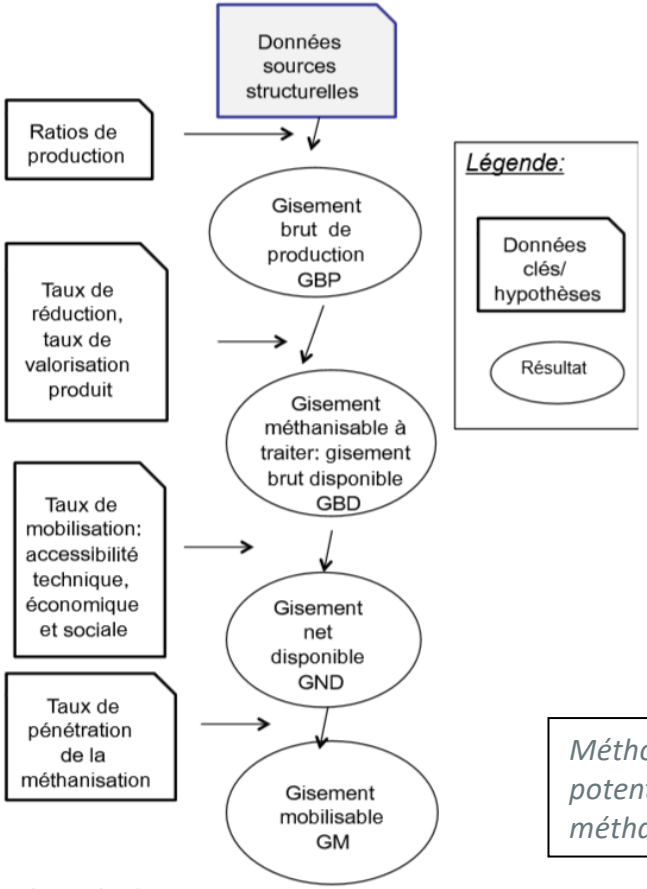
Cogénération : il est possible de produire de manière combinée de la chaleur et de l'électricité grâce à la cogénération. Dans ce cas l'efficacité énergétique devient intéressante mais nécessite des sources de consommation à proximité. Ce système est encouragé par une prime à l'efficacité énergétique présente dans le tarif d'achat d'électricité.

Carburant véhicules : Le biogaz peut être valorisé en carburant pour les véhicules, ce que l'on appelle le bioGNV ou biométhane carburant. Pour cela le biogaz est soumis à une série d'étapes d'épuration et de compression.

Injection du biogaz dans le réseau de gaz naturel : Le biogaz peut être injecté dans le réseau de gaz naturel mais avant cela il doit répondre à certaines conditions. Il doit subir une épuration poussée et permettre d'éliminer tous les éléments indésirables susceptibles de porter atteinte à l'intégrité du réseau de gaz. Le biogaz est ensuite odorisé et compressé à une pression légèrement supérieure à la pression moyenne de service du réseau. Le biométhane injecté est entièrement miscible avec le gaz naturel et ses usages en sont les mêmes.

Le gisement brut :

La méthode utilisée, est basée sur celle proposée par l'ADEME dans le guide « Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation – avril 2013 ».



GBP : gisement brut de production
GBD : gisement brut disponible
GND : gisement net disponible
GM : gisement mobilisable

Méthodologie de l'estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation ; source : ADEME

a. Gisement issu des déchets ménagers des particuliers :

La valorisation énergétique issue des déchets ménagers est déjà mise en place sur le territoire de la Communauté d'Agglomération au Centre de Valorisation Energétique (CVE) de Labeuvrière. Le Centre traite l'ensemble des déchets de la Communauté d'Agglomération et permet de produire jusqu'à 19 000 MWh/an d'énergie électrique revendue à ErDF et de fournir à l'industriel CRODA 40 000 MWh/an de vapeur.

Néanmoins, on pourrait envisager de méthaniser la part de déchets ménagers méthanisables et valoriser le reste des déchets dans ce centre de valorisation. En effet le pouvoir calorique du méthane est plus intéressant que celui de la combustion des ordures ménagères.

Hypothèses de calcul issues de PricariTER d'Enedis (2014) :

Nombre d'habitant en appartement	32426
Nombre d'habitant en maison	244549

Hypothèses de calcul issues de la méthode ADEME :

Production d'Ordure Ménagère Résiduelle en habitat collectif (kg/hab.an)	246	kg/hab.an
Production de biodéchets en habitat individuel (hors déchet vert) (kg/hab.an)	38	kg/hab.an

	% Matière Sèche	Matière organique non synthétique/Matière sèche	m3 CH4/t Matière Organique Non Synthétique
Biodéchets des ménages collectés en mélange (OMR) (en habitat collectif)	58%	50%	450
Biodéchets des ménages collectés sélectivement (en maison individuelle)	30%	80%	450

Pourvoir calorifique inférieur du méthane : 9,94 kWh/m3

En appliquant les coefficients aux données du territoire, on obtient un **gisement brut** de **20,32 GWh/an pour les déchets ménagers** du territoire.

D'après la méthode de l'ADEME, le taux pour les ordures ménagères entre le gisement brut et le gisement net est de 54%, donc on obtient un **gisement net de 10,97 GWh/an.**

Un focus sur les déchets pourrait permettre d'estimer le gisement net en étudiant le niveau de tri et de collecte des déchets de la Communauté d'Agglomération.

b. Gisement des déchets issus de l'agriculture d'élevage :

Les déchets organiques issus de l'élevage sont sous forme de fumier (solide) ou de lisier (liquide). La quantité de déjections est directement liée au type d'animal, au temps passé en intérieur et à la nature du bâtiment.

En France, la production de déchets issus de l'agriculture d'élevage est estimée à 183 millions de tonnes, soit 100 millions de tonnes de matières mobilisables, ce qui représente un potentiel énergétique de 22 TWh (source : ADEME).

D'après les données sur le cheptel du territoire (données Agreste 2010) et d'après les hypothèses de la méthode on obtient les données suivantes :

	hypothèse du territoire	*hypothèse ADEME*		*hypothèse ADEME*	
Cheptel	effectifs	excrétion en kgMS/an/animal	quantité d'excrétion en t/an	m3 CH4/tMS (moyenne du fumier et lisier)	production de méthane en m3 CH4/an
vaches laitières	6834	1948	13313	164	2183272
vaches nourricières	2595	1612	4183	164	686035
Ovins	1506	148	223	192	42794
Porcins	15518	124	1924	212	407937
Volailles	248415	12	2981	240	715435
Total	**274868**		**22624**	**808**	**4035473**

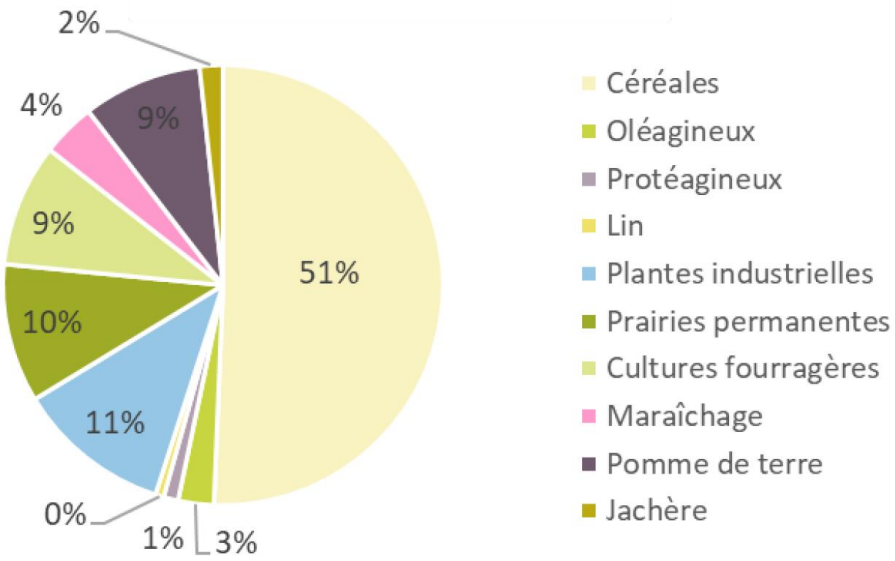
Il a été considéré que 5% de la matière ne pourrait pas être méthanisée pour des précautions sanitaires et que seulement 50% de la matière restante serait mobilisable techniquement. De ce fait le gisement de la production de méthane est de 1 916 849 m3 CH4/an. Avec un PCI du méthane de 9,94 kWh/m3, on obtient un **gisement net de méthanisation de 19 GWh/an pour les déchets agricoles d'élevage sur le territoire**.

c. Gisement brut des déchets issus de l'agriculture de culture :

Les ressources végétales mobilisables pour la méthanisation sont les pailles et menues pailles de céréales, maïs, colza et tournesol, et les CIVE (Culture Intermédiaire à Vocation Energétique), les issues de silos et les fanes de betteraves mais les résidus de silos et les CIVE ne seront ici pas intégrés au vu de leur faible rentabilité par rapport aux autres sources.

A l'échelle nationale, d'après l'étude ADEME, le gisement brut de paille est estimé à 29 millions de tonne de matière brut, soit un gisement net de 8,9 millions de tonne et 17 TWh.

La Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane totalise plus de 33 352 ha de grandes cultures de surface agricole utile en 2015, répartie selon le diagramme suivant :



Répartition des surfaces agricoles sur le territoire
source : Bilan des Gaz à Effet de Serre de la Communauté d'Agglomération Béthune-Bruay Artois Lys Romane

Ici seront considérées en priorité les cultures les plus représentatives du territoire et qui ont un intérêt pour la méthanisation, à savoir les céréales et les plantes industrielles. La culture céréalière représente près de 51% des surfaces, donc 17 000 ha.

Plusieurs hypothèses sont apportées :

- 10 % de la menue paille est utilisée à terme en méthanisation
- 66 % de la paille est utilisée pour la litière et la méthanisation
- une production de 1,5 tMS de menue paille et 4 de paille par hectare de culture de céréales
- une production de 221 m3 CH4/tMS de paille et menue paille
- un pouvoir calorifique inférieur du méthane de 9,94 kWh/m3

Ce qui aboutit à une production de **52 GWh/an de méthane produit par la paille de céréales**.

Les autres types de paille ne sont ici pas concernées (colza et tournesol) car la production la plus importante concerne les céréales, représentant la plus grande part des cultures. Le colza et le tournesol font partie de la catégorie des oléagineux qui ne représente que 3% des cultures.
D'autres matières premières peuvent être intégrées dans le calcul du gisement mais les productions et les quantités de matières réellement méthanisables sont réduites. Par exemple, dans l'hypothèse que la plus grande part des cultures industrielles est la culture de betterave, les fanes de betteraves du territoire représente un gisement de **8 GWh/an.**
Ainsi **le gisement brut** sur le territoire de la Communauté d'Agglomération pour les **déchets issus des cultures est d'environ 60 GWh.** Sachant que le gisement brut pour les déchets de culture correspond au gisement net (car la perte de la valorisation de toute matière est considérée comme faible), le gisement net **déchets issus des cultures est de 60 GWh.**

d. Gisement brut issu de l'assainissement :

A l'issu de l'assainissement trois matières sont mobilisables pour la méthanisation : les boues urbaines, les graisses issues du dégraisseur et les matières de vidange. Sera considéré ici surtout la production des boues urbaines, dont le gisement est le plus intéressant.

En France, le gisement brut de sous-produits de l'assainissement est évalué à 16 millions de tonnes par l'ADEME, ce qui correspond à un potentiel de 2000 GWh.

Seules les stations d'épuration de plus de 5000 EH (équivalent-habitant) seront considérées car elles sont généralement équipées d'une technologie de traitement des boues, alors que les stations de petites tailles sont équipées de dispositifs alternatifs.

	Capacité nominale en Equivalents-habitants	Production de boues (tMS/an)	Boues valorisables à la méthanisation territoriales (tMS/an)
Station d'épuration de Béthune	69300	980,94	147
Station d'épuration de Bruay-la-Buissière	45000	942	141
Station d'épuration de Beuvry	34183	211	32
Station d'épuration de Lapugnoy (Auchel)	30000	337	51
STEP HQE de NOEUX-LES-MINES	27183	298	45
Station d'épuration Lillers (nouvelle)	14200	187,61	28
Station d'épuration d'Auchy-les-Mines	9500	117,6	18

Les stations d'épuration de plus de 5000 EH sur le territoire ;
source : ministère de la Transition écologique et Solidaire, Portail d'information sur l'assainissement communal

On compte un total de 461 tMS/an de boues mobilisable à la méthanisation.

Selon « l'optimisation énergétique des stations d'épuration » d'après Degrémont-Suez Environnement – décembre 2008, on considère que la production énergétique de méthane est de 4,5MWh/t de Matière Sèche. On obtient donc un **gisement brut de 2 GWh/an de production de méthane issue de l'assainissement.**

Avec un taux de 60% entre le gisement brut et le gisement net d'après la méthode de l'ADEME, nous obtenons un **gisement net de 1,2 GWh/an.**

Au vu de relativement faible gisement de ce mode de production de méthane, ce type de gisement peut être négligé par rapport aux autres technologies de méthanisation. De plus les systèmes de méthanisation des boues d'assainissement sont relativement coûteux (autour de 230 € par Equivalent Habitants) et encore peu mis en place en France.

Toutefois, cela permet une valorisation des matières normalement perdues et cette technologie suscite un intérêt grandissant (et donc des aides financières : ADEME, FEDER, FEADER…) notamment pour l'injection du méthane dans le réseau de gaz. Il peut donc être intéressant de développer cette technologie mais pas forcément de manière prioritaire face aux autres modes de production. Des études de faisabilité plus approfondies pourront compléter ces éléments.

e. Gisement brut issu de l'Industrie Agro-alimentaire (IAA) :

Les ressources méthanisables issues des industries agroalimentaires rassemblent les types de déchets suivants :

- Déchets issus de la production
- Effluents de conserveries ou des distilleries, eaux de lavage sales
- Marcs ou vinasses et lies des coopératives vinicoles
- Boues et effluents des abattoirs autres que bovins, matières stercoraires, refus de tamisage, graisses, sang des abattoirs, sous-produits de l'abattage des animaux, et d'une façon générale sous-produits animaux au sens des catégories 2 et 3 du règlement européen 1069/2009
- Graisses de l'industrie de transformation, eaux grasses

N'ont pas été pris en compte dans le calcul des gisements de l'industrie agroalimentaire les artisans des activités de boulangeries et pâtisseries ainsi que de la salaison, boucherie et charcuterie.

Sont répertoriées ci-dessous les entreprises de plus de 50 salariés, concernées par la méthanisation, auxquelles sont appliqués les coefficients de calcul du gisement par rapport au nombre de salariés, d'après l'étude ADEME.

Entreprises agro-alimentaires de plus de 50 salariés					*Coefficients ADEME*			*Détermination du territoire*			
Nom	**Communes**	**activités**	**code activité**	**salariés**	**ratio production TMB/sal**	**déchets solides %MO/MB**	**m3CH4/ TMO**	**Tonnes de matières brutes (en tMB)**	**Tonnes de matières organiques (en tMO)**	**production de méthane (en m3CH4)**	**production de méthane (en GWh)**
Beaumarais (McCain)	Béthune	Transformation conservation de pommes de terre	1031Z	318	86,9	8%	600	27634	2211	1326442	13,2
Ardo-Violaines	Violaines	Transformation, conservation, surgélation de légumes	1039A	128	8	11%	400	1024	113	45056	0,4
Tereos	Lillers	Fabrication de sucre	1081Z	135	2000	11%	330	270000	29700	9801000	97,4
Liot	Annezin	Casserie d'œufs Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.	1089Z	59	8	8%	400	472	38	15104	0,2
Ovonor	Annezin	Production d'œufs Fabrication d'autres produits alimentaires n.c.a.	1089Z	68	8	8%	400	544	44	17408	0,2

On obtient un gisement brut total de 111,4 GWh de production de méthane pour le secteur de l'industrie agroalimentaire.

A cela doivent être appliqués les coefficients de valorisation et de mobilisation réellement disponibles selon les secteurs d'activités. Le taux de valorisation correspond aux matières valorisées en coproduits. La production valorisée doit être retranchée au potentiel de gisement brut méthanisable. Le taux de mobilisation dans la matrice reflète le pourcentage de matière (d'après l'enquête AGRESTE) orienté vers une filière de traitement organique (compostage, épandage ou méthanisation).

Entreprises de plus de 50 employés agro-alimentaires		*Coefficients ADEME*		*coefficients appliqués aux entreprises du territoire*
Nom	**code activité**	**Taux de valorisation**	**Taux de mobilisation**	**production net de méthane (en GWh)**
Beaumarais (McCain)	1031Z	83%	80%	1,79
Ardo-Violaines	1039A	83%	80%	0,06
Tereos	1081Z	28%	80%	56,12
Liot	1089Z	28%	80%	0,09
Ovonor	1089Z	28%	80%	0,10

On obtient donc un total **de 58,2 GWh de gisement net disponible de méthanisation du secteur de l'industrie agroalimentaire sur le territoire**.

Actuellement certaines entreprises font de la méthanisation mais celle-ci n'est pas toujours valorisée. Les entreprises de productions significatives de McCain et de Tereos produisent effectivement du méthane. Dans l'entreprise McCain elle est effective sur l'assainissement (avec la production de boue) et non sur les déchets alimentaires. Le méthane produit n'est pas réinjecté sur le réseau mais autoconsommé. Dans l'entreprise Tereos, le méthane produit n'est pas énergétiquement valorisé car il est brûlé sur-place par torchère.

f. Gisement issu de la production de déchets verts :

La production de déchets verts n'est pas régulière dans l'année et non pas les mêmes compositions selon les saisons. On distingue deux types de production :

- de décembre à mars ; production modeste, à dominante ligneuse (morte saison)
- d'avril à novembre ; à dominante de tontes et de feuille d'automne (pleine saison)

Les déchets verts sont produits par les ménages, les services techniques des communes, les entreprises d'entretien et d'aménagement paysager et les services d'entretien des routes.

Seront surtout considérés ici les déchets issus des ménages et des communes.

Toujours d'après l'étude ADEME, le ratio de collecte de déchets verts pour une région de type océanique (ce qui concerne le territoire de la Communauté d'Agglomération) est de 161 kg/hab (soit 0,161 t/hab). Le ratio moyen proposé pour les déchets des espaces verts est de 5 t DV/ha.

Le territoire a une superficie de 250 ha d'espaces verts et une population de 278 368 habitants (chiffre de 2014). En appliquant les coefficients, on obtient donc :
Production de Déchets Vverts = 278 368 x 0,161 + 250 x 5 = 46 067 tDV/an.

D'après l'étude ADEME, la production de méthane par tonne de Matières Organiques Non Synthétiques (correspondant aux déchets verts) est de 25 m3CH4/tMONS.

Ce qui aboutit à un **gisement brut de déchets verts de 11,44 GWh/an**.

D'après l'étude ADEME, la totalité du gisement brut correspond au gisement net de déchet vert. Le **gisement net de déchet vert est donc de 11,44 GWh/an.**

g. Récapitulation des gisements de déchets méthanisables :

En additionnant tous les gisements de production des différentes sources de méthane, nous obtenons le tableau ci-dessous :

Gisements bruts mobilisables	Gisement brut GWh/an	Gisement net GWh/an
Ordures ménagères	20,32	10,97
Secteur agricole	79,05	79,05
STEP	2	1,2
Industrie agroalimentaire	111	58,2
Déchets verts	11,44	11,44
TOTAL	224,21	**160,81**

Le total du **gisement brut de méthanisation** sur le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane est **de 224,21 GWh/an** et le gisement net est de **160,81 GWh/an** ce qui n'est pas négligeable mais pour lesquels la mobilisation peut être complexe.

En termes d'équivalence, le gisement peut correspondre à la production de **6 ou 7 méthaniseurs.**

Selon la répartition des secteurs mobilisables, nous voyons bien que celui du secteur agricole est le plus intéressant dans la production de déchets de culture et issus de l'élevage. Le secteur de l'agroalimentaire semble également intéressant d'autant plus 96% de la production n'est réalisée que par une seule entreprise (Tereos). Les ordures ménagères ainsi que les déchets verts ont aussi un potentiel intéressant, à condition que les efforts de collectes et de tris soient optimisés.

A l'échelle nationale, la méthanisation est fortement favorisée dans les secteurs les plus prometteurs comme c'est le cas de l'agriculture.

Comme précisé auparavant, le méthane produit peut être :

- autoconsommé comme c'est le cas dans l'entreprise McCain
- converti en chaleur, ou en électricité et chaleur par système de cogénération, qui peuvent ensuite être autoconsommés ou réinjectés dans les réseaux électrique ou de chaleur à condition que les réseaux soient proches
- réinjecté directement dans le réseau de gaz (sous certaines conditions techniques et réglementaires).

Le méthane produit peut être utilisé dans tous les secteurs consommant habituellement du gaz mais également lors de changement de système de production, comme c'est parfois le cas pour renouveler des systèmes fortement carbonés (charbon et pétrole) pour des systèmes au gaz voir au biogaz. Les secteurs et leurs utilisations sont :

- secteur résidentiel pour le chauffage, la cuisson et l'ECS
- secteur industriel dans les procédés nécessitant de l'énergie
- secteur des transports car le gaz et le biogaz a déjà fait son apparition comme combustible et continue à se développer
- secteur tertiaire pour le chauffage des bâtiments
- secteur agricole pour le chauffage des bâtiments et dans les procédés de transformation
- secteur communautaire pour le chauffage des bâtiments

Les contraintes économiques :

Comme vue précédemment, les sources de méthanes sont très diverses et plusieurs solutions variées peuvent être mise en place, notamment en fonction du facteur économique.

Selon les données de 2013 du Club biogaz atee, la rentabilité dépend des projets, comme l'illustre le tableau suivant.

N° cas type	3 installation « à la ferme »	5 « petit collectif agricole »	7 « agricole et industriel »	9 « industriel, non agricole »	10 « territorial agricole »
Description					
Matières entrantes (tones/an)	8 150	16 000	28 000	28 000	67 700
Dont solides, agricoles (fumiers, résidus, CIVE)	6 450	8 500	4 000	0	46 700
Dont liquides, agricoles (lisiers)	1 000	6 000	8 000	0	10 000
Dont déchets IAA	700	1 500	16 000	28 000	11 000
Proportionde déchets	9 %	9 %	57 %	100 %	16 %
Potentiel méthanogène (m^3 CH_4/t)	37	45	45	75	34
Teneur maximale matières sèches en digestion	13 %	12 %	11 %	11 %	12 %
Puissance électrique (kW)	144	351	648	1 106	1 211
Production d'électricité (MWhe/an)	1 035	2 603	4 687	8 128	8 648
Investissements, k€	1 480	3 230	4 630	7 240	10 610
Dont « production biogaz »	870	1 960	2 830	4 610	7 010
Dont « conversion énergie »	610	1 270	1 800	2 630	3 600
Investissement spécifique (k€/kWe)	10,3	9,2	7,1	6,5	8,8
Charges annuelles nettes, k€/an	103	256	334	290	1 119
Dont « fourniture de matière »	5	38	– 105	– 291	356
Dont « production biogaz »	40	35	95	66	182
Dont « conversion énergie »	44	93	191	258	310
Tarif actuel, €/MWhe	205	196	176	165	165
Chiffre d'affaires (k€/an)	262	669	1 295	2 092	2 029
Indicateurs de rentabilité					
Excédent brut d'explotation (k€/an)	123	344	645	1 309	575
Temps de retour brut (ans)	12	10	7	6	19
Taux de rentabilité interne après impôt et taxes	1,4 %	4,3 %	7,7 %	11,4 %	< 0
Coût net de production de l'électricité, €/MWh	296	218	161	108	250
Dont coût net de « fourniture de matière »	4	15	– 23	– 36	41
Dont coût net de « production biogaz »	162	106	95	74	122
Dont coût net de « conversion du biogaz en énergie »	130	97	89	70	88

Données économiques, source : Club biogaz atee 2013

Les investissements (de 1 480 k€ à 10 610 k€) peuvent paraître importants avec des temps de retours parfois longs (de 6 à 19 ans). Mais la possibilité de grouper les centres de production et de regrouper les acteurs peuvent permettre d'atteindre des niveaux de production intéressants.

Des subventions nationales sont mises en place pour encourager cette filière, comme par exemple dans le cadre du Fond de Chaleur de l'ADEME avec des accompagnements techniques et financiers peuvent être apportés comme c'est le cas de GRDF lorsque la production peut être réinjectée dans le réseau de gaz.
Dans ce cas l'aide totale ne pourra pas dépasser (tous financeurs confondus) :

Débit injection max	Aide max par Nm3/h
≤ 150 Nm3 /h	20 000 €
> 150 Nm3 /h	12 000 €

Sans les subventions, la méthanisation est encore difficile à mettre en place.

Les contraintes réglementaires :

Des incitations au développement du biométhane se font dans le cadre réglementaire, notamment pour favoriser son utilisation.

Pour rappel, les objectifs du « Paquet Energie-Climat » adopté en 2008 ont posé un premier cadre réglementaire, en particulier en prévoyant un objectif de 10% d'énergie renouvelable dans la consommation de carburant dans les transports. Les carburants issus de déchets et de résidus comptent double dans cet objectif, ce qui avantage l'utilisation du biométhane.

La Directive 2009/28/CE d'avril 2009 fixe un cadre législatif à l'injection de biométhane dans les réseaux :

- Les coûts de raccordement qui doivent être objectifs, transparents et non discriminatoires,
- L'intégration du biométhane par des extensions de réseaux existant le cas échéant
- La publication par les gestionnaires de réseaux des règles techniques comportant des prescriptions en matière de qualité, d'odorisation et de pression du gaz ainsi que la publication des tarifs de connexion.

La Directive gaz 2009/73/CE de juillet 2009 abrogeant la Directive gaz 2003/55/CE invite les Etats membres à :

- Adopter des mesures concrètes pour accompagner une utilisation accrue du biogaz.
- Garantir au biogaz (et à d'autres types de gaz) l'accès aux réseaux sous condition de compatibilité en permanence avec des règles techniques et des normes de sécurité.
- Promouvoir l'intégration de la production de gaz à partir de sources d'énergies renouvelables, tant dans les réseaux de transport que dans ceux de distribution (rôle assigné à l'autorité de régulation).

Les textes réglementaires de 2011 encadrent l'injection dans les réseaux :

- Seul le biométhane issu de déchets d'origine agricoles, de déchets ménagers, de déchets issus de l'industrie agroalimentaire ou de boues de STEP peut être injecté pour l'instant (arrêté du 24 Juin 2014 fixant la nature des intrants dans la production de biométhane pour l'injection dans les réseaux de gaz naturel).
- Sous réserve que la production de biométhane soit en adéquation avec les consommations de gaz naturel sur le réseau, le producteur bénéficie d'une garantie de vente du biométhane pour une durée de **15 ans**, à un tarif fixé par arrêté, dont la valeur s'échelonne entre **40 et 140 €/MWh.**
- Le biométhane est acheté au producteur par un fournisseur de gaz naturel. Un acheteur de dernier recours est désigné pour acheter le biométhane si aucun fournisseur ne se porte candidat spontanément.
- Des garanties d'origine assurent la traçabilité du biométhane injecté dans le réseau. Ces garanties d'origine peuvent être valorisées par l'acheteur de biométhane (fournisseur de gaz naturel) au travers d'offres de gaz « vert ». Au 31 décembre 2016, 18 fournisseurs sont actifs sur le marché français.
- Le tarif d'achat varie entre **40 et 140 €/MWh** et dépend du type de déchets traités et de la capacité maximale de production de biométhane de l'installation. Le tarif d'achat du biométhane est financé par le budget de l'Etat. Le coût estimé pour 2016 est de 24 millions d'euros selon la délibération de juillet 2016 de la CRE.

Ainsi la méthanisation a des contraintes techniques et économiques fortes mais le cadre réglementaire et les subventions permettent de favoriser son développement, même si certaines solutions de méthanisation sont parfois plus spécifiquement encouragées.

D'après le Schéma Régional Climat Air Energie de l'ex-Rion Nord-Pas-de-Calais, nous considérons que le gisement net correspond à près de 4% du gisement brut.

Projets à venir :

Sur le territoire de la commune de Lillers, un projet de méthanisation est en train de se lancer. Le début des travaux pour l'installation des équipements serait prévu pour 2019, pour un début d'injection dans le réseau de gaz prévu en 2020. Cette usine de méthanisation valoriserait les intrants de types agricoles mais aussi ceux issus de l'agro-industrie et des tontes de pelouse, à l'échelle de la Communauté d'Agglomération. D'après les études pré-opérationnelles on compterait près de 100 tonnes d'intrants par jour, pour une production de 300 nm^3/h (normo mètre cube par heure).

Le détail des intrants visés sont les suivants :

- Fumier de bovins
- Fientes de volailles
- Tonte de pelouse
- Graisse d'abattoir
- Pulpe de betterave sucrière et mélasse
- Racines d'endives
- Déchets de céréales

Pour un total estimé de 42 700 T/an.

	Opportunités	Freins
Méthanisation	• Grande quantité de matières premières disponibles sur le territoire dont surtout celles agricoles • Technologie valorisatrice de matières souvent perdues • Sources de matières et technologie diverses • Production de biogaz pour de multiples utilisations (utilisation directe, réinjection dans le réseau, production d'électricité…) et dans de multiples secteurs (habitat, tertiaire, mobilité…) • Aides financières existantes et encourageantes • Technologie en pleine essor	• Certaines technologies de valorisation de méthanisation ne sont pas encore matures et peu encouragées • Difficulté de collectes des matières premières • Technologies parfois coûteuses demandant souvent des groupements d'investissements • Création de potentielles nuisances (mais faciles à limiter) • Difficulté d'acceptation par la population demandant une forte communication

Energie Bois

Méthodologie :

La méthode utilisée pour la détermination des gisements du secteur bois-énergie est la même que celle utilisée dans l'étude du gisement des énergies renouvelables dans l'ex-Région du Nord-Pas-de-Calais.

Explication de la filière :

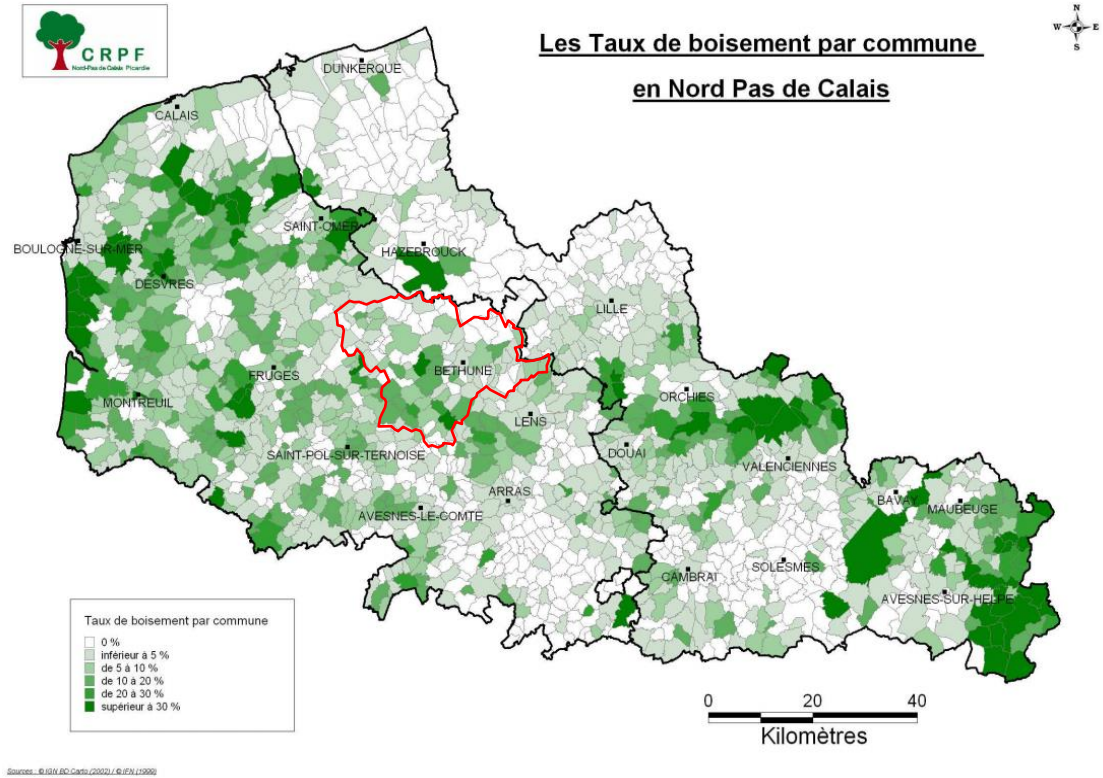
Le bois-énergie est une énergie renouvelable qui permet de remplacer l'utilisation de sources d'énergies fossiles (gaz, charbon ou fioul) dont les réserves s'épuisent. Cette énergie est peu émettrice de carbone sur l'ensemble du cycle des végétaux car la quantité émise lors de la combustion correspond à celle captée lors de la croissance. La gestion durable des forêts et des bocages permet de plus la préservation, l'entretien et le maintien de la biodiversité du patrimoine naturel.

Le bois-énergie se compose de différentes catégories :

- Le bois issu de l'exploitation des forêts, car la partie noble de l'arbre génère une grande quantité de bois non-conforme au bois d'œuvre qui n'est pas forcément valorisée dans l'industrie et qui peut l'être par le bois énergie. Les rémanents (branches, feuilles et menus bois) peuvent être également valorisés en bois-énergie à condition de ne pas défavoriser la régénération des sols. Cette composante du bois à un taux d'humidité de près de 40% et nécessite d'être séché et broyé pour être utilisé en chaufferie, principalement sous forme de plaquettes forestières et de broyat de bois.
- L'élagage des urbains et des haies rurales génère également une quantité de bois qui est souvent broyé et laissé sur place mais qui est parfois valorisé pour faire de la plaquette ou du broyat de bois.
- L'industrie du bois génère également des déchets par les transformations de sciage qui produit de sciure (valorisable en chaufferie sous forme de granulés ou pellets) des copeaux ou résidus (valorisable lorsqu'ils sont broyés et mélangés à des plaquettes forestières) et qui peuvent être valorisé par le bois-énergie en chaufferie.

La plaquette forestière représente le gisement principal de la production de bois-énergie.

La ressource bois sur le territoire :



Carte du taux de boisement des communes du Nord-Pas-de-Calais (Source : IGN BO Carto/IFN)

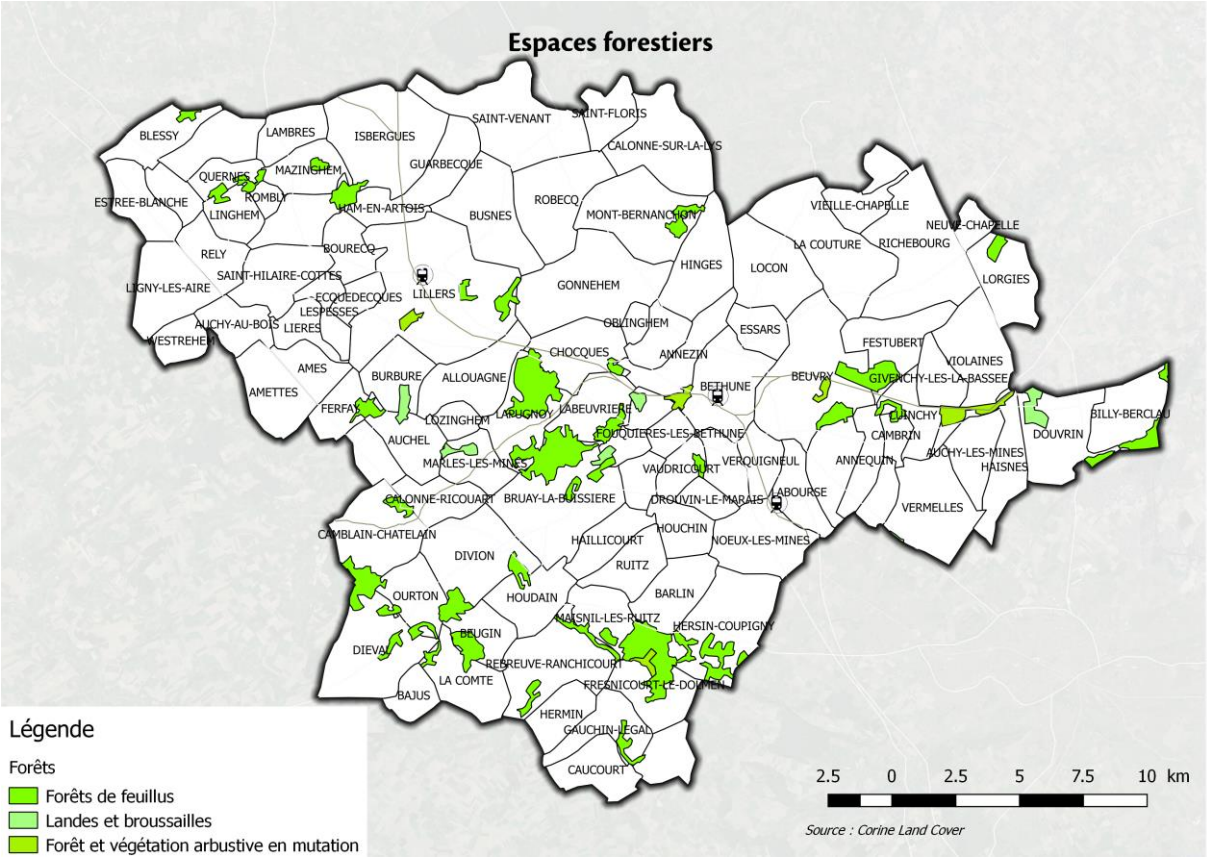
Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane, la ressource en bois-énergie est peu valorisée car il ne dispose pas de grands espaces forestiers d'importances. Pourtant les surfaces forestières sont exploitées comme toutes forêts et produisent de la matière première qui est transformée à l'extérieur du territoire.

On peut citer la scierie Morisaux, ainsi que l'entreprise Valboval qui produit des granulés, deux centres de valorisation du bois régional d'importance.

A l'échelle de l'ancienne Région, le Nord-Pas-de-Calais est la moins boisée de France avec une surface boisée de 13 174 ha.

Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération, les communes les plus boisées sont Fresnicourt-le-Dolmen et Lapugnoy avec un taux de boisement supérieur à 30%. D'après la base de données européenne Corin Land Cover, la surface forestière du territoire est de **3 858 ha,** (soit près de 11% de la surface du territoire) composé de 3 283,25 ha de forêt de feuillus, 315 ha de landes et broussailles et 259,8 ha de forêt et végétation arbustive en mutation.

Comparativement, les territoires les plus boisés de France ont un taux de boisement de l'ordre de 60%. Le bocage ne représentant qu'une faible partie de l'occupation des sols, il sera considéré comme intégré au bois forestier.



Les espaces boisés du territoire de la Communauté d'Agglomération Béthune-Bruay Artois Lys Romane (Source : Corine Land Cover)

Le gisement brut de bois-énergie :

En considérant tous les espaces forestiers pour une surface de 3 858 ha, on peut déterminer le gisement brut d'après les hypothèses de conversion en énergie :

D'après le mémento forestier 2017 produit par IGN, dans les Hauts-de-France, le prélèvement de bois des forêts est de 4,5 m3/ha/an pour l'année 2017.

Dans la quantité de bois prélevée par l'exploitation des forêts, une partie sera utile pour le bois d'œuvre, une autre pour le bois-industrie (BI) et une autre pour le bois-énergie (BE), sachant que la quantité de matière du bois-énergie peut être récupérée à chaque étape de transformation. D'après l'étude du gisement de la biomasse en Nord-Pas-de-Calais, avec toutes les possibilités de récupération du bois-énergie dans la chaîne de transformation, la quantité de bois-énergie représente 45% du prélèvement.

Pour convertir la quantité de matière en quantité d'énergie, on considère :

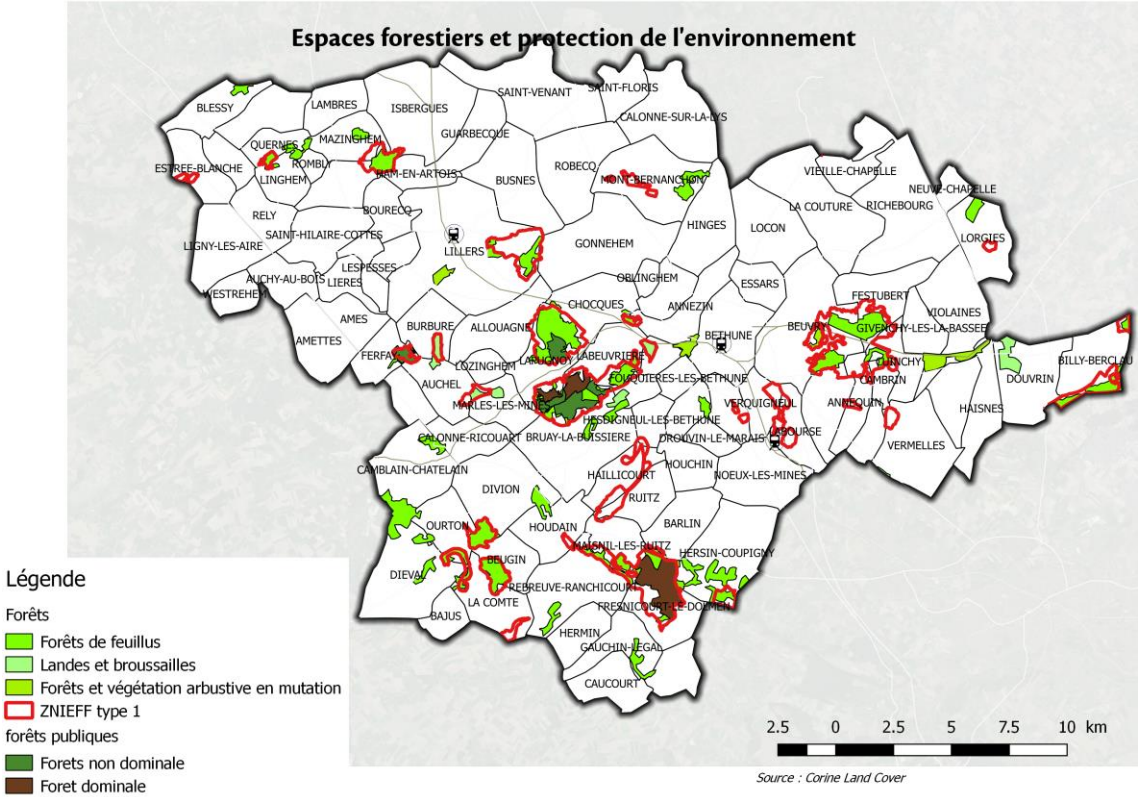
- 1 m3 de bois équivaut à 2,5 map (m3 apparent de plaquette) (car 1map=0,4 m3 de bois prélevé)
- 1map équivaut à 330 kg donc à 0,330 tonnes d'équivalent de plaquette
- on considère un PCI de 4,2 MWh/tonne de plaquettes forestières à 30% d'humidité

En appliquant ces coefficients à la surface totale boisée, on obtient un **gisement brut de bois-énergie de 27 GWh/an.**

Le gisement net de bois-énergie :

Plusieurs contraintes techniques et économiques apportent une différence entre le gisement brut et le gisement net de bois-énergie.

Contraintes environnementales :



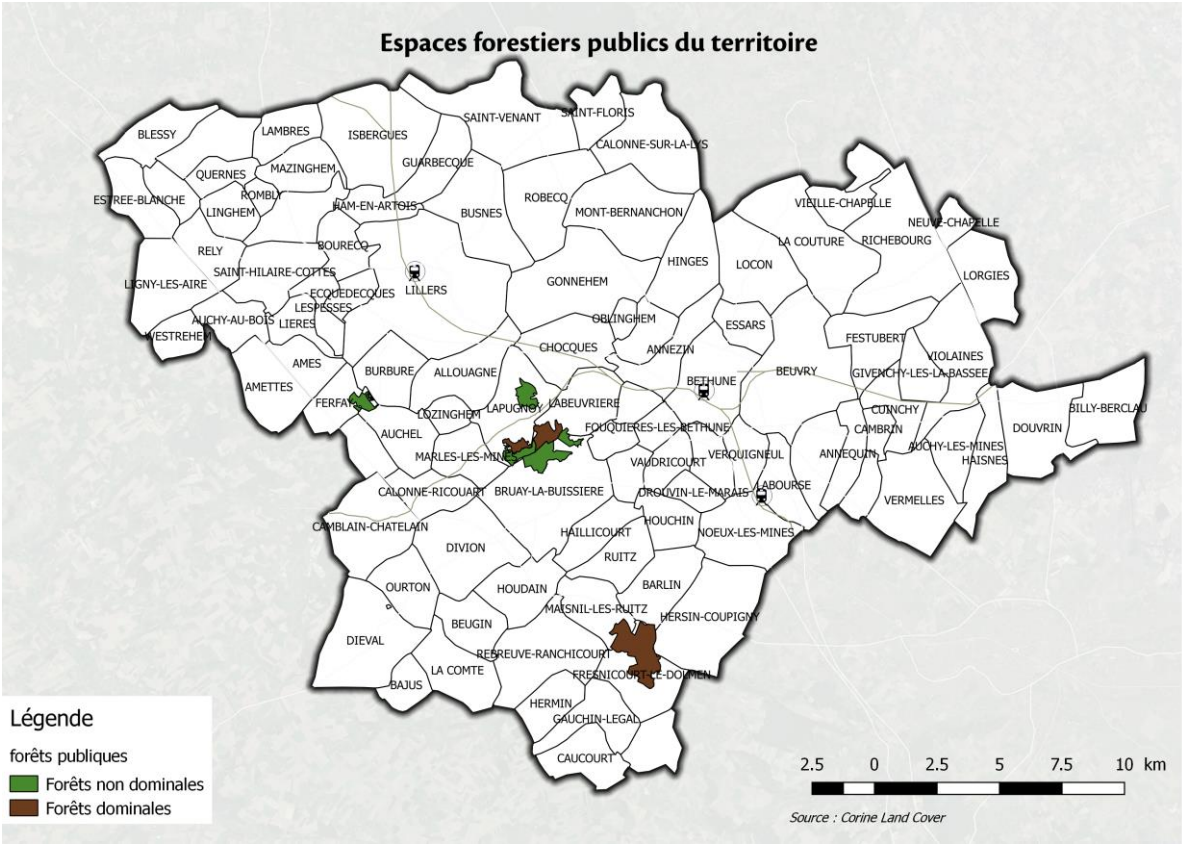
Source : Corine Land Cover

Le territoire présente des zones de protections environnementales susceptibles de contraindre l'exploitation forestière. Au total, 28 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) sont recensées sur le territoire. La présence de ZNIEFF n'interdit pas systématiquement l'exploitation forestière mais impose de faire des demandes préalables auprès de la DREAL et d'avoir une attention particulière en termes de protection de l'environnement.

Les ZNIEFF concernent la totalité des forêts publiques sur le territoire et une partie non-négligeable des forêts privées, comme indiqué sur la carte ci-dessus.

Les contraintes sur les forêts :

Parmi les espaces boisés, 18,2 % seulement appartiennent au domaine public, soit **703 ha** déclinés de la façon suivante :



- 405 ha de forêt d'Etat : Forêt domaniale d'Olhain, Forêt domaniale du Bois Des Dames

- 298,5 ha de forêt communale ou départementale : Forêt communale d'Auchel, Forêt du Bois Des Dames, Forêt communale de Lapugnoy, Forêt départementale du Bois De Roquelaure

Espaces forestiers publics sur le territoire de la Communauté d'Agglomération Béthune-Bruay Artois Lys Romane (Source : Corine Land Cover)

Hypothèses de calcul du gisement net :

Comme le territoire est relativement plat ou du moins composé de plateaux, l'exploitation des forêts n'est pas rendue spécialement difficile ; on considéra que 90% des surfaces boisées sont exploitables.

Dans l'exploitation des forêts, d'après l'étude des gisements en Nord-Pas-de-Calais[40], on considère que 100% des forêts publiques sont exploitées et que seulement 60% des forêts privées le sont également.

Tout comme la détermination du calcul du gisement brut d'après les surfaces boisées, nous soumettons les hypothèses suivantes :

- le prélèvement de bois des forêts est de 4,5 m3/ha/an pour l'année 2017 dans les Hauts-de-France
- la quantité de bois-énergie représente 45% du prélèvement de bois forestiers

Pour convertir la quantité de matière en quantité d'énergie, on considère :

- 1 m3 de bois équivaut à 2,5 map (m3 apparent de plaquette) (car 1map=0,4 m3 de bois prélevé)
- 1map équivaut à 330 kg donc à 0,330 tonnes d'équivalent de plaquette
- on considère un PCI de 4,2 MWh/tonne de plaquettes forestières à 30% d'humidité

Avec l'application des coefficients, on aboutit à :

- 4,44 GWh/an de production de bois-énergie par les forêts publiques
- 11,95 GWh/an de production de bois-énergie par les forêts privées

Ce qui correspond à un total **de gisement net 16,4 GWh/an de production de bois-énergie** sur le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane, ce qui est relativement faible, du fait principalement du peu d'espaces forestiers du territoire.

<u>Indications de coûts pour l'installation de chaudières :</u>

[40] Inventaire du gisement biomasse en Région Nord-Pas-de-Calais 2010

Critères	BOIS – BIOMASSE CHAUDIERE INDIVIDUELLE	INSTALLATION COLLECTIVE
Coût d'investissement (€/kW)	Entre 100 et 500€/kW	1300€/kWh pour la chaufferie + 500 €/kWh pour le réseau
Consommation d'énergie	1kWh énergie primaire = 0.75 à 0.85kWh d'énergie finale	1 kWh énergie finale = 0.6kWh d'énergie primaire. (cogénération gaz: 1 kWh énergie finale = 1kWh d'énergie primaire)
Coût annuel d'exploitation	Environ 200€ par chaudière	6€/MWh pour les canalisations + coût d'exploitation chaufferie : visite de bon fonctionnement (quotidienne), conteneur à vider (décendrage : ½ journée/mois), nettoyage et ramonage (1 à 2 fois/an).

Projets à venir :

Avec le développement de la filière du bois-énergie sur le territoire, il est prévu un projet de chaufferie-bois sur la commune de Busnes, avec la construction éventuelle d'un micro-réseau de chaleur avec chaufferie-bois.

Conclusion :

En récapitulatif, la production de bois-énergie est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

	gisement brut (GWh/an)	gisement net (GWh/an)
Bois-énergie	27	16,4

Le gisement net de bois-énergie est relativement faible sur le territoire du fait surtout d'une superficie de forêts très limitée. Même si tous les espaces forestiers sont déjà valorisés et les quantités de biomasses collectées et valorisées (ce qui peut être amélioré), la quantité de bois-énergie reste faible. Le développement de la ressource bois peut être hautement favorisé sur le territoire mais la question de l'utilisation optimale du foncier doit alors se poser.

Toutefois, du fait du caractère en partie rurale du territoire (notamment au Sud et au Nord), des espaces boisés et des projets de valorisation du bois-énergie peuvent être développés. Cela est bien entendu dépendant des activités agricoles car cela demande la reconversion de terres agricoles en activité de sylviculture, compléter par une industrie locale de valorisation du bois-énergie. La plantation et de le développement de l'industrie du bois a des vertus de grande importance également selon d'autres enjeux :

- climatiques : séquestration du carbone, régulation des températures, régulation de la gestion de l'eau
- environnementaux : développement du potentiel végétal et de la biodiversité, amélioration forte de la qualité de l'air, participation à la protection des sols
- paysagers : amélioration des espaces (en ville et en zones rurales) et renforcement efficace de l'attractivité du territoire
- économique : nombreuses valeurs ajoutées par rapport au coût d'investissement

	Opportunités	Freins
Bois-énergie	• Energie très peu chère constituée surtout de rebus de bois • Energie facile à exploitée et valoriser • Espaces disponibles sur le territoire par le caractère rural • Energie favorisant la formation et la préservation d'écosystèmes vivants • Energie en théorie à bilan de Gaz à Effet de Serre nul • Réponds à beaucoup d'autres enjeux (climatiques, environnementaux, paysagers et économiques)	• Territoire très peu couvert par la forêt demandant un investissement à long terme • Risque de conflit dans l'utilisation du foncier • La combustion de bois est émettrice de particules

Energie Hydroélectrique

Méthodologie :

La détermination des gisements bruts et nets du potentiel hydraulique du territoire s'est appuyée sur le répertoire national des obstacles sur les cours d'eau, ainsi que les calculs d'énergie potentielles de pesanteur et d'énergie cinétique.

Explication de la filière :

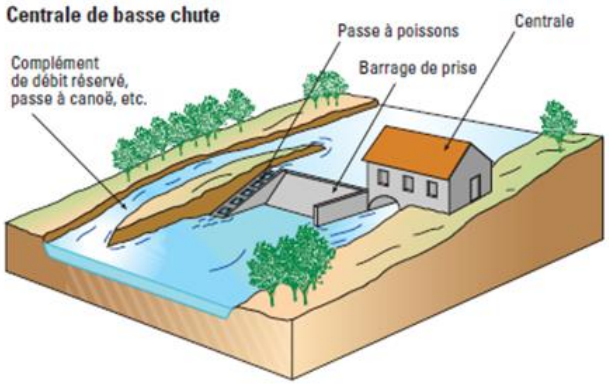
Le territoire n'étant pas baigné par des fleuves ou rivières de grand débit, il n'est pas envisageable d'installer des systèmes hydrauliques de forte puissance.
Sera ici traité uniquement le potentiel de petit système d'hydroélectricité.

Construite au fil de l'eau, la petite hydroélectricité ne demande ni retenue ni vidanges ponctuelles susceptibles de perturber l'hydrologie, la biologie ou la qualité de l'eau. De tels systèmes permettent de produire de l'électricité à petite échelle, pour une production proche des lieux de consommations. L'électricité produite peut être utilisée pour alimenter des sites énergétiquement isolés ou être revendue à un réseau public de distribution.

Parmi les installations de petite puissance on retrouve :

- la pico-centrale : capacité inférieure à 20 kW
- la micro-centrale : capacité allant de 20 kW à 500 kW
- la mini-centrale : capacité allant de 500 kW à 2 MW
- la petite centrale : capacité allant de 2 à 10 MW

Le premier principe de fonctionnement d'une petite centrale hydroélectrique repose sur la transformation de la force d'écoulement de l'eau (ou de l'énergie potentielle d'une chute d'eau) en énergie mécanique via une turbine, puis en énergie électrique via une génératrice.



Centrale de basse chute. Source : Guide de montage de projets de petite hydroélectricité-ADEME

Le deuxième principe de fonctionnement est l'utilisation de la force du courant par la mise en place d'une hydrolienne. Ce type de système n'a pas besoin d'une chute d'eau ou dénivelé mais requière un débit minimum.

Explication de la filière micro-hydraulique :

Il existe trois grandes familles de turbines :

- Les turbines à action : l'eau est mise en vitesse maximale dans l'injecteur. Toute l'énergie du jet entraîne la rotation de la roue et l'eau ressort en pluie. (Turbine Pelton).
- Les turbines à réaction : L'eau est guidée pour rentrer sans choc dans la roue. Celle-ci se met en vitesse maximale à la sortie de la roue. (turbine Francis, Kaplan).
- Les vis hydrodynamiques : Sur le principe d'une vis sans fin, l'écoulement de l'eau fait tourner une vis d'Archimède raccordée à un bloc multiplicateur et générateur. Ce type de turbine est ichtyocompatible car, dans le sens du courant (dévalaison), les poissons peuvent passer sans dommage, comme d'ailleurs la plupart des alluvions et flottants. Ce système ne s'affranchit pas de l'installation d'un dispositif de montaison permettant aux poissons de remonter le courant.

Le choix de la turbine dépend de la hauteur de chute et du débit.

Nom	Rendement	Hauteur de chute	Débit
Turbine Turgo	87 % à 90 %	Moyenne	
Turbine à vis d'Archimède	86 %	basse	variable
Turbine à roue de pression rotatoire	variable	basse	variable
Turbine de bassin à vortex		basse	variable
Turbine Francis	80 % à 95 %	moyenne à haute	
Turbine Kaplan	90 % à 95 %	basse	fort
Turbine VLH (Kaplan à ouverture variable)	variable	très basse	faible à très faible

Turbine à vis d'Archimède (Source : wamgroup)

Turbine à Vortex

Le potentiel des hydrauliques du territoire :

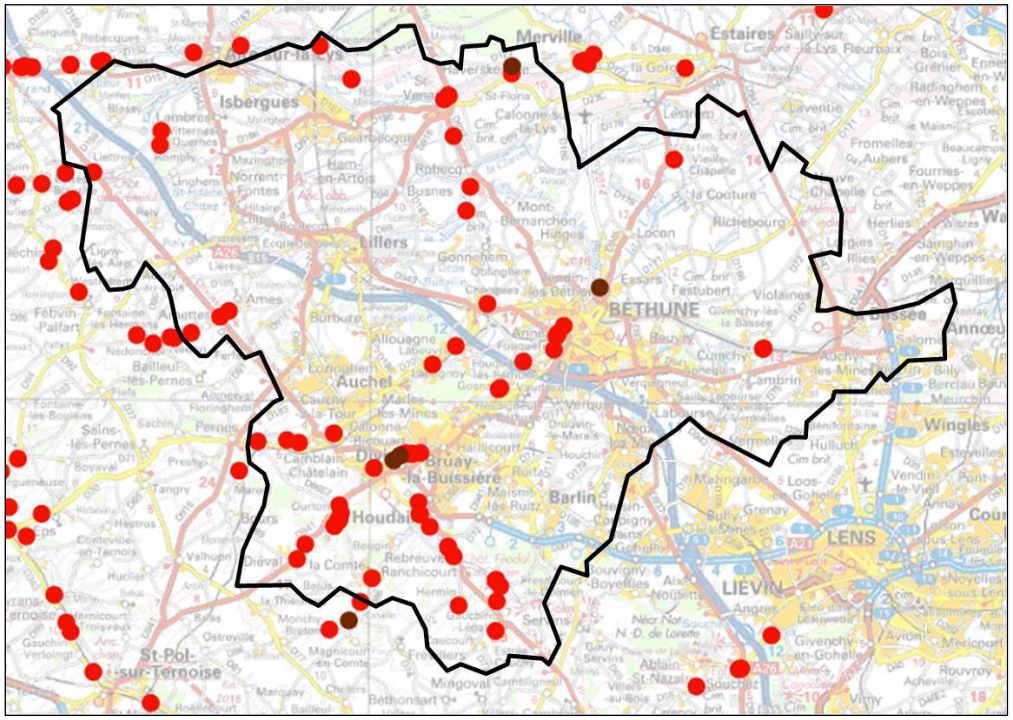
Potentiel des chutes d'eau :

L'implantation d'une centrale hydroélectrique nécessite de posséder un droit d'eau. Les droits fondés en titre sont des droits d'usage de l'eau particuliers, exonérés de procédure d'autorisation ou de renouvellement. Les ouvrages qui bénéficient de ces droits sont dits « ouvrages fondés en titre », ou encore « usines ayant une existence légale ».

Ces droits d'usage tirent leur caractère perpétuel du fait qu'ils ont été délivrés avant que ne soit instauré le principe d'autorisation de ces ouvrages sur les cours d'eau.

Il est difficile de prouver l'existence d'un droit d'eau.

L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) recense l'ensemble des ouvrages et des équipements présents sur les cours d'eau français dans la base de données du Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement (ROE).



Référentiel des Obstacle à l'Ecoulement (Source : ONEMA)

Légende
- Seuil en rivière
- Obstacle induit par un pont

Sur le territoire de la Communauté d'Agglomération, 63 seuils en rivières ont été répertoriés dont 15 environ correspondent à d'anciens moulins. La hauteur de ces seuils varie entre 0,2 et 3,82m. Sur le territoire, trois de ces ouvrages ont une hauteur de chute supérieure à 2 m : le Moulin du gué de Caucourt, le Moulin de Gauchin-Légal et le Seuil du parc urbain de Divion.
Toutefois, les hauteurs d'eau indiquées par l'ONEMA semblent très importantes et quelque peu surestimées. Comme ces trois ouvrages sont sur des cours d'eau relativement modestes, les débits moyens sont de faibles importances.

L'énergie potentielle de ces chutes d'eau se calcule de la façon suivante :
Energie potentielle = masse x gravité x hauteur de chute (= m x g x h)
Avec la Puissance potentielle = ρ_{eau} x débit x g x h
Entre le calcul de la puissance et de l'énergie potentielle, on considère que le gisement est exploité près de 50% du temps, au vu des variations de quantité d'eau et de débit que peuvent subir les cours d'eau.

On obtient donc les données suivantes :

Nom/Types	Commune	Hauteur de chute (m)	débit (m3/s)	Puissance (kW)	Energie potentielle (GWh)
Moulin du gué de Caucourt	Caucourt	3,82	2	74,95	0,33
Moulin de Gauchin-Légal	Gauchin-Légal	2,51	2	49,25	0,22
Seuil du parc urbain de Divion	Divion	2,16	2	42,38	0,19

Avec un total de gisement d'**énergie potentielle annuelle de 0,73 GWh,** ce qui est très faible.
Les ouvrages de plus faibles hauteurs peuvent être rajouté mais la production totale reste modeste.

Potentiel linéaire :

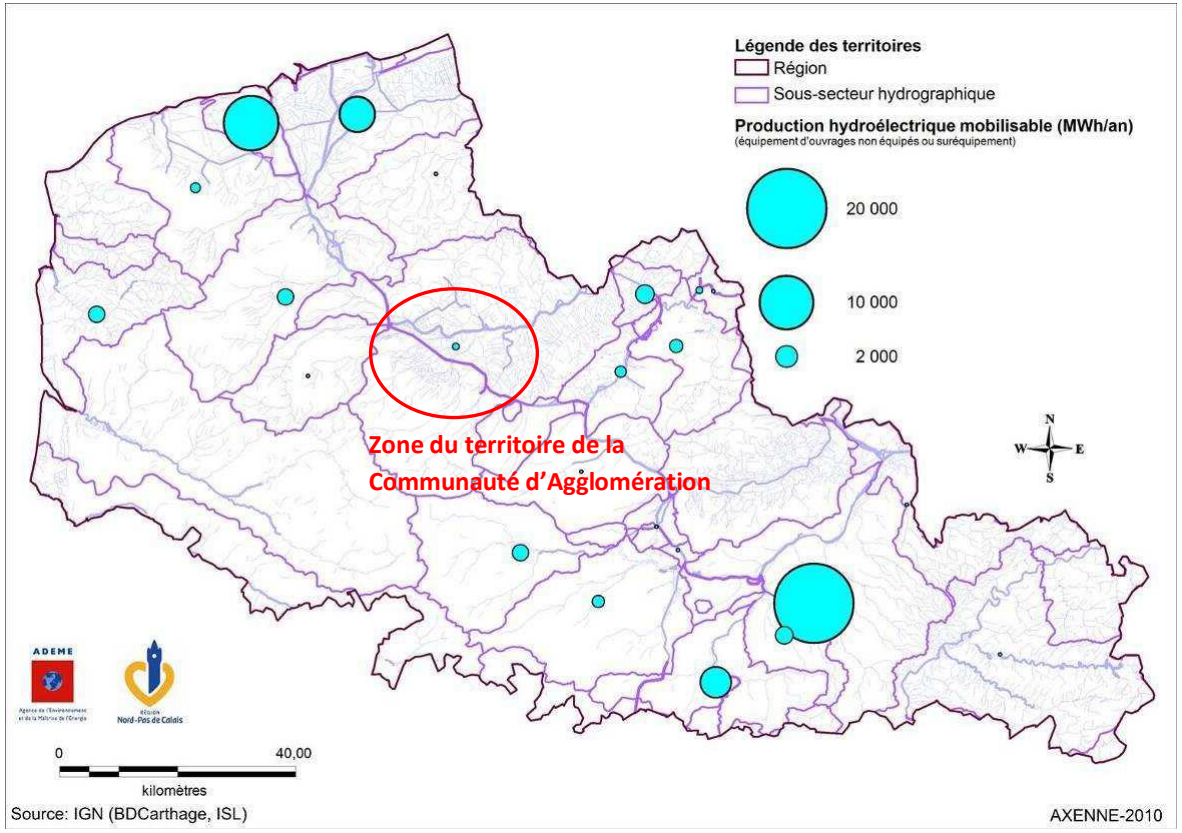
Il est également possible d'exploiter l'énergie cinétique (E_c= ½ x m x v^2) issue des courants des rivières car le territoire dispose de plusieurs cours d'eau comme le Canal d'Aire de la Bassée, la Lys, la Lawe, la Nave, la Loisne et le Surgeon. Mais au vu des débits limités et des tailles des cours d'eau restreintes, le gisement d'énergie est plutôt à considérer pour l'installation de micro-hydroliennes, qui peuvent s'adapter à des cours d'eau sans dénivelé.

Sur le Canal d'Aire de la Bassée, en considérant un débit moyen d'environ 25 m^3/s et une section de 100 m^2 (soit 2,20 m de profondeur x 45 m de largeur), on peut obtenir une d'énergie cinétique de 0,88 GWh pour une année, en considérant un fonctionnement de 50% sur ce temps. A cela, il faut ajouter que le canal est utilisé pour le transport, donc près de 70% de sa section est utilisé, là où le débit est le plus important. En considérant une réduction de 80% du potentiel, on obtient un **gisement d'énergie cinétique de 0,17 GWh par an.**

Au total, le **gisement brut de l'énergie hydraulique atteint 0,90 GWh par an,** ce qui est très faible à l'échelle du territoire mais qui peut éventuellement être valorisé pour la production à très petite échelle.

Les contraintes écologiques :

Toutes installations d'hydroélectricité nécessitent le respect de la continuité écologique des cours d'eau et la libre circulation des espèces. En outre le SAGE de la Lys, fait part d'un potentiel conflit entre l'utilisation des seuils en rivière pour la production hydraulique et de leur rôle dans la rétention d'eau et de sédiments. Ces installations constituent un facteur aggravant de crues et une barrière pour la migration des espèces piscicoles. La préservation des écosystèmes passe par la préservation de la morphologie des lits mineurs.



Gisement net pour les installations de production hydroélectrique en Nord-Pas-de-Calais
(Source : Rapport des gisements des énergies renouvelables en Nord-pas-de-Calais, 2011)

Sur les 3 sites au plus grand potentiel de chute d'eau, le Moulin du gué de Caucourt est encore en place mais la roue ne fournit plus d'énergie. Le bâtiment a été réinvesti en lieu de restauration. Le Moulin de Gauchin-Légal n'existe plus et l'exploitation du ruisseau Caucourt est rendu difficile au vu des activités économiques très proches. Le parc urbain de Divion a effectivement un dénivelé intéressant mais l'exploitation du potentiel peut rentrer en conflit avec la valorisation du plan d'eau comme parc.

Aux vues des potentiels de gisement brut et des différentes contraintes, **le gisement net d'énergie hydraulique est estimé à 0,50 GWh/an.**

Conclusion :

En récapitulatif, la production d'énergie hydraulique synthétisée dans le tableau ci-dessous :

	gisement brut (GWh/an)	gisement net (GWh/an)
Energie hydraulique	0,9	0,5

Les gisements d'énergie hydrauliques sont très faibles sur le territoire, malgré une présence de l'eau non négligeable. En effet, avec un relief du territoire limité et des flux de rivières relativement modestes, l'ordre de grandeur de ce gisement est assez attendu.

Toutefois, cela ne doit pas écarter les petites solutions de production locale qui peuvent alimenter quelques unités de consommations.

	Opportunités	Freins
Energie hydraulique	• De très nombreux cours d'eau sur le territoire • Installations envisageables pour des technologies de micro-hydraulique pour de la production ponctuelle, consommée pour des lieux très proches • Existence d'une variété de technologies • Permet de participer activement à la production locale et renouvelable de l'électricité	• Faible débit des cours d'eau malgré la masse importante d'eau sur tout le territoire • Installations relativement coûteuses pour des productions de puissance relativement basse (mais continue) • Technologie de la micro-hydraulique peu développée en France • Perturbation du flux sur les cours d'eau et impacts environnementaux

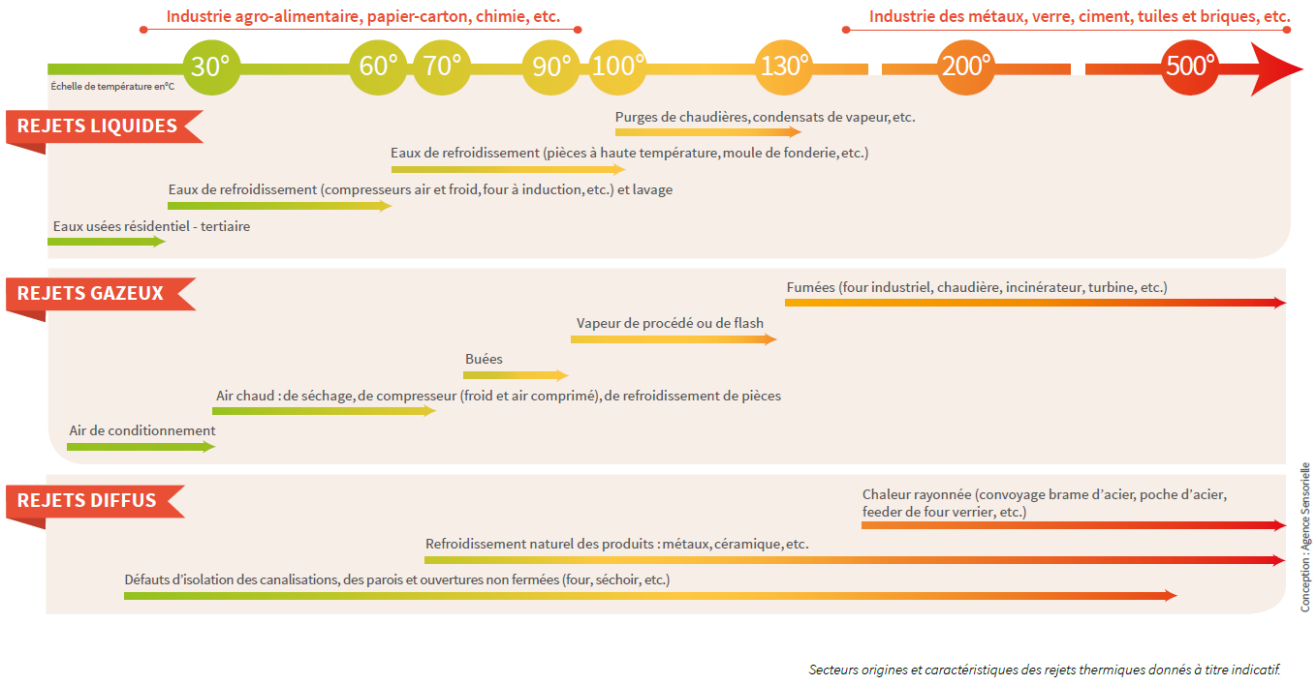
La récupération de chaleur fatale

Méthodologie :

Les méthodes employées pour la détermination des gisements bruts et nets de la récupération de chaleur fatale dépendent des technologies d'application : chaleur issue de l'industrie, chaleur des eaux usées… Le présent diagnostic s'est appuyé sur l'étude des gisements de récupération des énergies fatales sur l'ex-Région du Nord-Pas-de-Calais réalisée en 2012 par l'ADEME.

L'énergie fatale est considérée comme une énergie renouvelable. Elle désigne la quantité d'énergie présente dans les flux sortants de certains processus (fumée, eau chaude, déchets…) et qui peut être récupérée et/ou valorisée, au moins en partie.

La chaleur fatale regroupe plusieurs catégories selon les processus techniques et les différentes températures comme indiqué dans le schéma ci-dessous :



Les différentes formes et températures de l'énergie fatale ; Source : Guide ADEME la chaleur fatale, édition 2017

La chaleur fatale peut avoir un coût global élevé car ; elle a été produite (achat de combustible, coût de production…), et pour être rejetée, cette énergie doit souvent être refroidie pour des raisons techniques (traitement de fumées…) ou réglementaires (réduction des températures de rejet des eaux usées…). Le coût de ce refroidissement s'additionne au coût de production.

Au même titre que le solaire thermique, la géothermie, la valorisation énergétique de la biomasse ou des réseaux de chaleur, les projets de système d'énergie de récupération sont éligibles aux aides financières du Fond Chaleur. Le Fond Chaleur, destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et aux entreprises (agriculture, industrie, tertiaire) finance des projets de chaleur renouvelable permettant d'être compétitifs par rapport à la chaleur produite à partir d'énergies conventionnelles.

La chaleur fatale est fortement valorisable auprès de certains process : dans le secteur industriel, l'incinération des déchets et les canalisations d'eaux usées.

a. Récupération de la chaleur fatale de l'industrie et des déchets

Sur le territoire, un potentiel de récupération d'énergie fatale issu de l'industrie existe. Le territoire dispose effectivement de certaines industries d'importances utilisant des processus énergétiques.

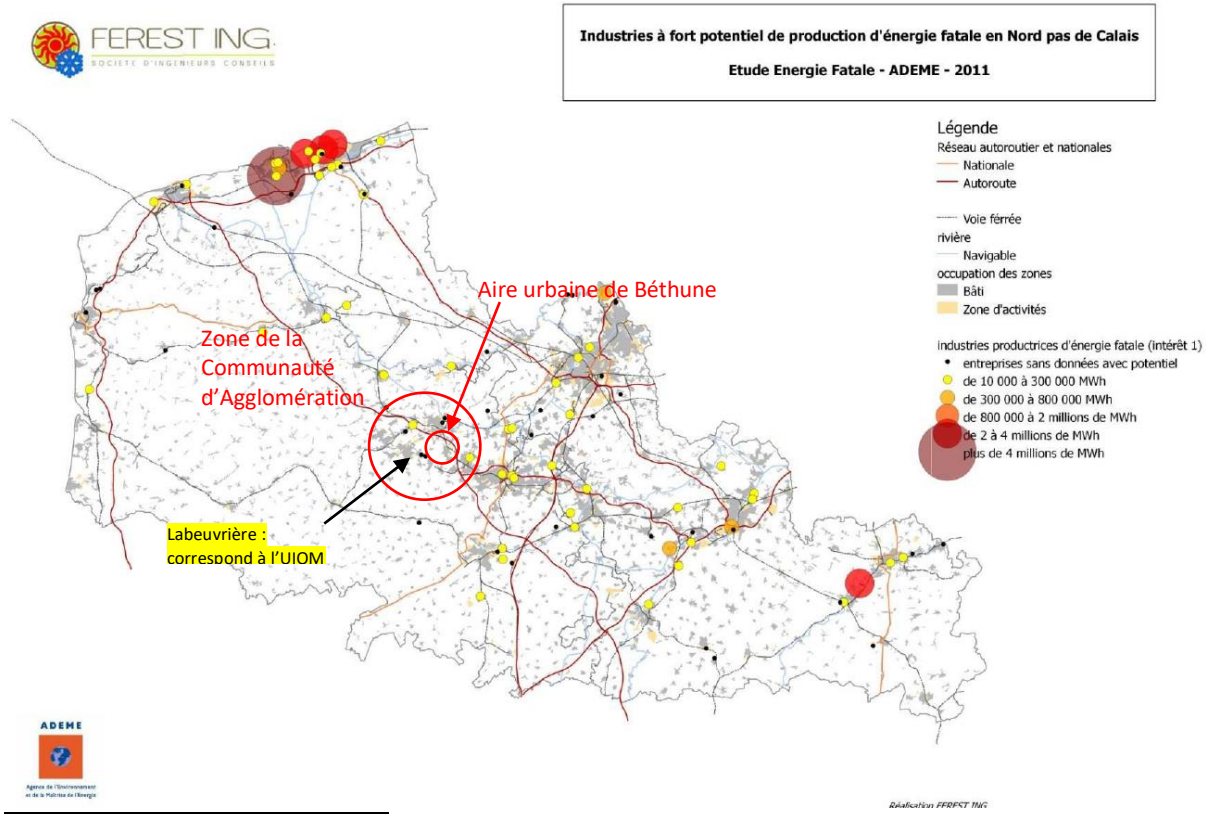
Plusieurs entreprises sont répertoriées dans la liste des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), comme ayant des émissions industrielles (et relevant du chapitre II de la Directive n°2010/75/UE du 24/11/2010), indiquées en page suivante.

Nom établissement	Commune	Statut Seveso	Priorité nationale	activité principale	activité thermique
LIOT	ANNEZIN	Non Seveso	Non	Activités immobilières	refroidissement
SCORI	BARLIN	Seuil Haut	Non	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	combustion
MC CAIN ALIMENTAIRE	BETHUNE	Non Seveso	Non	Industries alimentaires	refroidissement
SI GROUP-BETHUNE	BETHUNE	Seuil Haut	Oui	Industrie chimique	combustion
BRIDGESTONE	BETHUNE	Non Seveso	Non	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	refroidissement
SOCIETE INDUSTRIELLE DE CHAUFFAGE (SIC)	BILLY BERCLAU	Non Seveso	Non	Fabrication de produits métalliques, à l''exception des machines et des équipements	combustion
VANHEEDE FRANCE SAS	BILLY BERCLAU	Non Seveso	Non	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	
CRODA CHOCQUES SAS	CHOCQUES	Seuil Haut	Oui	Industrie chimique	combustion
FRANCAISE DE MECANIQUE	DOUVRIN	Non Seveso	Non	Construction de véhicules automobiles	combustion
EARL DU GAL-BAYART	GAUCHIN LEGAL	Non Seveso	Non	Culture et production animale, chasse et services annexes	
APERAM ISBERGUES	ISBERGUES	Seuil Haut	Oui	Métallurgie	combustion/ refroidissement
RECYCO	ISBERGUES	Seuil Haut	Oui	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	refroidissement
THYSSEN KRUPP ELECTRICAL STEEL UGO	ISBERGUES	Non Seveso	Non	Métallurgie	combustion/ refroidissement
WEEE METALLICA	ISBERGUES	Seuil Haut	Oui	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération	combustion
COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION BETHUNE-BRUAY ARTOIS LYS ROMANE	LABEUVRIERE	Non Seveso	Oui	Collecte, traitement et élimination des déchets ; récupération ?	traitement thermique
DELIFRANCE SA	LABEUVRIERE	Non Seveso	Non	Industries alimentaires	combustion/ refroidissement
TEREOS Sucrerie de Lillers	LILLERS	Seuil Bas	Oui	Industries alimentaires	combustion/ refroidissement
ELIVIA	NOEUX LES MINES	Non Seveso	Non	Industries alimentaires ?	combustion/ refroidissement
DEMILLY DAVID	RUITZ	Non Seveso	Non	Culture et production animale, chasse et services annexes	
LEBLOND LUCIEN	RUITZ	Non Seveso	Non	Culture et production animale, chasse et services annexes	
PLASTIC OMNIUM AUTO EXTERIOR	RUITZ	Non Seveso	Non	Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	combustion
VERMEULEN matériaux	SAILLY LABOURSE	Non Seveso	Non	Construction de matériaux	
SURSCHISTE	VERMELLES	Non Seveso	Non	Préparation de produits composés (cendres)	
ARDO-VIOLAINES SAS	VIOLAINES	Non Seveso	Non	Industries alimentaires	combustion/ refroidissement
SARL DESBUQUOIS	WESTREHEM	Non Seveso	Non	Sylviculture et exploitation forestière	

Parmi les entreprises citées, celles qui utilisent des processus de combustion et de refroidissement sont susceptibles de mettre en place des systèmes de récupération de chaleur fatale.

Sont ici indiquées à la fois des entreprises de traitement des déchets, comme l'UIOM de Labeuvrière, Scori à Barlin, Recyco et Wee Metallica à Isbergues, et à la fois les industries de fabrication de produit.

Une étude des gisements de récupération des énergies fatales sur l'ex-Région du Nord-Pas-de-Calais avait été réalisée en 2012 par l'ADEME[41].



Les entreprises potentiellement productrices d'énergie fatale ont été cartographiées sur l'ex-Région.

Carte des industries à fort potentiel de production d'énergie fatale en Nord Pas de Calais ;

Source : ADEME 2011

[41] Inventaire du gisement régional des énergies fatales perdues du Nord pas de Calais ; Environord ADEME ; 12 juin 2012 ; http://energie2020.fr/wp-content/uploads/2014/08/ademe_energies_fatales_environord12-6-12v2-2.pdf

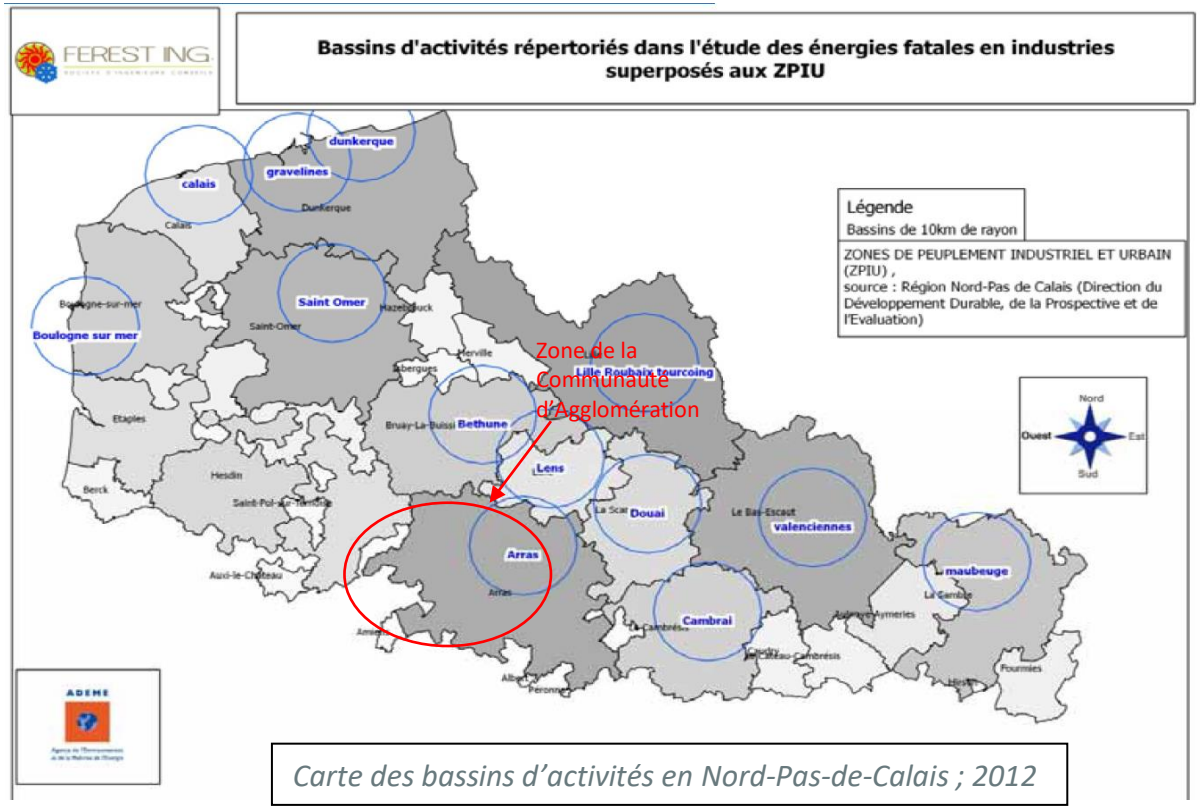
Sur le territoire, l'UIOM de Labeuvrière valorise effectivement l'énergie des déchets et exploite ce gisement d'énergie fatale avec l'installation d'un groupe turboalternateur (GTA), pour atteindre une valorisation de l'incinération des déchets à 60%.

Le centre produit de l'énergie sous forme électrique à hauteur de 14 GWh/an et de vapeur à hauteur de 180 GWh/an, qui est valorisée en partie par la revente à l'entreprise Croda[42]. Toutefois, l'avenir de cette UIOM est actuellement en question car le site a atteint un certain seuil de longévité. Soit le site est renouvelé sur place et amélioré et continue sa production d'énergie issue des déchets, soit le site est supprimé et les déchets seront valorisés à l'extérieur du territoire.

Le gisement brut d'énergie perdue de l'IUOM de Labeuvrière avait été estimé dans l'étude ADEME à hauteur de 127 GWh. La production réelle est plutôt de 60 GWh, soit près de 46% du gisement brut.

D'après cette étude, le potentiel a été estimé par bassins d'activités :

L'étude a déterminé les gisements potentiels de production de chaleur fatale ce qui donne un indicateur pour le territoire. Toutefois, le bassin d'activité de Béthune considéré ne prend pas en compte la totalité du territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane. Sur ce bassin, il est considéré un **potentiel d'énergie perdue de 313,5 GWh/an (correspondant au gisement brut).**



Carte des bassins d'activités en Nord-Pas-de-Calais ; 2012

[42] Chiffre pour l'année 2017 ; Collecte et traitement des déchets ; Rapport du Délégataire du CVE 2017 : Commission Environnement 4 juin 2018

Ce potentiel regroupe d'une part les énergies issues du traitement des déchets (dans les Unités d'Incinération des Ordures Ménagères) et d'autres parts les énergies issues des industries.

Le gisement brut de l'UIOM avait été estimé à 127 GWh, soit près de 40% du gisement sur le bassin d'activité. On peut donc considérer que près de 60% de ce gisement correspond à l'énergie fatale industrielle, soit près de 188 GWh.

Avec un écart de 46% entre le gisement brut et le gisement net (d'après l'estimation de l'UIOM), on peut considérer que le **gisement net sur le territoire de la Communauté d'Agglomération est de 145 GWh/an.**

L'énergie fatale récupérée auprès des industries et de la valorisation des déchets peut être consommée sur place ou partagée avec les entreprises proches (comme c'est déjà le cas entre la Croda et le centre de valorisation des déchets de Labeuvrière) ou potentiellement réinjecter dans le réseau de chaleur.

Les contraintes réglementaires :

Les températures des rejets de matières sont déjà très réglementées du fait du respect de l'environnement.

Depuis le 1er Janvier 2015, les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) d'une puissance totale thermique supérieure à 20 MW doivent réaliser une étude coûts-avantages de la valorisation de la chaleur fatale. Cela concerne notamment les réseaux de chaleur lors de rénovation substantielle ou de nouvelle installation, selon à la directive du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique.

Les principaux secteurs concernés par ce texte sont l'énergie, le traitement thermique de déchets, la chimie, le verre, la transformation des métaux, le ciment, chaux, plâtre, le papier-carton et l'agroalimentaire.[43]

[43] Etat de l'art : Valorisation des énergies fatales industrielles, chaleur basse température ; Energie 2020, 2016

Projets à venir :

A Isbergues, l'entreprise industrielle APERAM (activité de sidérurgie-métallurgie) a le projet de récupération de chaleur d'énergie fatale pour un potentiel de **11 MW**. Un projet est à l'état de pré-étude pour une redistribution éventuelle dans un réseau de chaleur sur Isbergues et Saint-Venant.

b. Récupération de la chaleur fatale des eaux usées

Ce système consiste à récupérer l'énergie disponible sur les eaux usées à partir d'un échangeur. La chaleur des eaux usées est une énergie disponible en grande quantité en milieu urbain, là même où les besoins en énergie sont importants.

La température des eaux usées varie peu entre l'hiver et l'été, toute l'année la température moyenne est d'environ 15°C ; cette récupération d'énergie fatale peut aussi bien répondre à des besoins de chauffage en hiver que des besoins de rafraîchissement en été.

Les échangeurs peuvent être soient aux pieds des bâtiments ou alors dans avec collecteur du réseau d'assainissement comme indiqué dans le schéma ci-dessous :

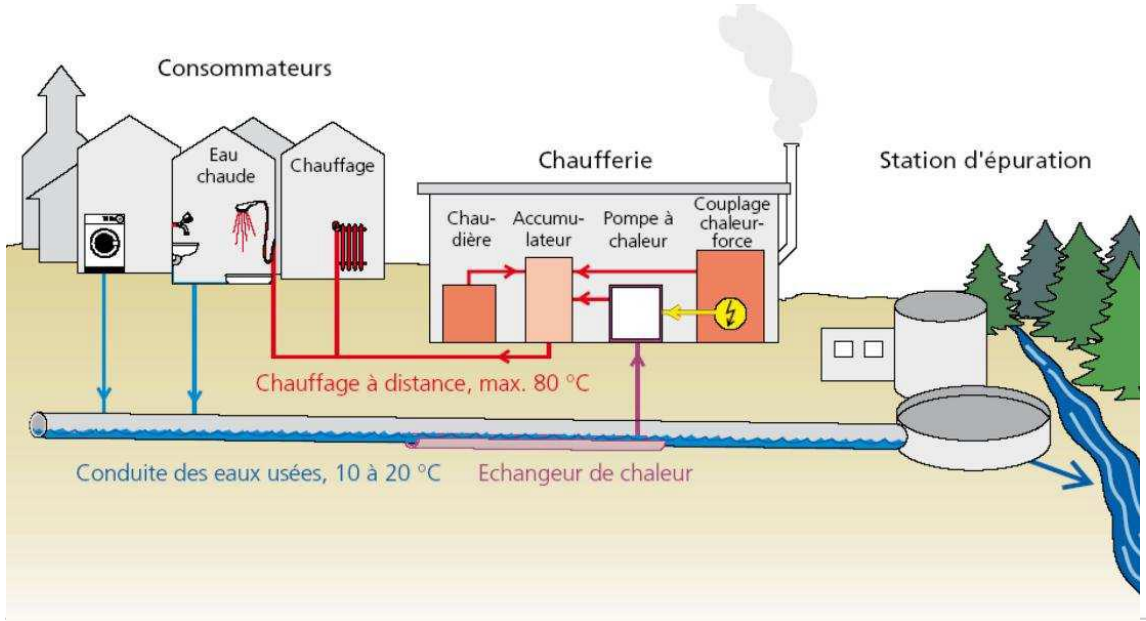


Schéma de principe de la récupération de chaleur sur le réseau des eaux usées ; Source : Susanne Staubli

Ce système de récupération de chaleur peut être mis en place dans certaines zones, comme les grands ensembles de bâtiments (écoles, complexes sportifs, bâtiments administratifs …) ou dans des quartiers à forte consommation de chaleur. Le bâtiment à chauffer doit être proche de l'égout (500 mètres maximum) pour limiter les déperditions d'énergie.

Selon le bureau d'études BPR-Europe, la performance varie de 2 à 5 kW de puissance de chauffage/m² d'échangeur à chaleur, soit 1,8 à 8,4 kW par mètre linéaire d'échangeur. La longueur de l'échangeur est généralement comprise entre 40 et 80 m[44].

Recommandations pour l'installation des systèmes sur les bâtiments :

- **Contraintes et recommandations sur les bâtiments à chauffer/rafraichir :**

Paramètre	Contrainte / Recommandation
Type de bâtiment	La demande de chauffage ou d'ECS doit être régulière pour assurer temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur, et améliorer l rentabilité. Bâtiments les plus adaptés : piscines, résidence de logemei bureaux, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels. Les salles de sports, salles de spectacles et centres commerciaux s à éviter.
Distance collecteur / bâtiments	Préférable : inférieure à 350 m Cas favorable : distance inférieure à 200 m
Température de fonctionnement	Une température d'exploitation basse permet une meilleure effica des pompes à chaleur utilisées par la récupération de chaleur eaux usées. Les systèmes de chauffage basse température s préconisés dans le cas de constructions neuves (T < 65 °C)
Puissance thermique	Minimum 150 kW (Puissance nécessaire pour l'alimentation d'une cinquantaine logements collectifs)
Volume de consommation	Une consommation supérieure à 1 200 MWh/an est très favorable mise en place de l'installation de récupération de chaleur. Une consommation inférieure à 800 MWh/an est plutôt défavorable
Climatisation	Utiliser des pompes à chaleur réversibles pour climatiser le bâtim en été permet d'augmenter la rentabilité de l'installation.

Tableau 49. Contraintes et recommandations sur les bâtiments alimentés par la chaleur des ea usées

Sources : OFEN[18], Lyonnaise des Eaux

Recommandations pour les systèmes sur le réseau d'eau usée :

- **Contraintes et recommandations sur le réseau de collecte des eaux**

Paramètre	Contrainte / Recommandation
Débit des eaux usées	Débit minimum 15 L/s (moyenne quotidienne par temps sec). Ce débit est atteint pour 8 000 à 10 000 personnes raccordées au réseau. Débit favorable : entre 15 et 30 L/s Débit très favorable : supérieur à 50 L/s
Diamètre du collecteur	Collecteur existant : diamètre minimum de 800 mm pour que l'échangeur de chaleur puisse être installé. Renouvellement ou extension de réseau : un diamètre de 400 mm est suffisant (l'échangeur est intégré directement à la canalisation). Installation impossible : diamètre inférieur à 400 mm.
Température des eaux usées	La température des eaux en entrée de la station d'épuration doit de préférence être supérieure à 12 °C (1) L'abaissement de la température des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur la nitrification et l'élimination de l'azote dans les STEP à boues activées. Cet aspect doit être étudié lors de l'étude de faisabilité. La température minimale des eaux en région parisienne est de 13 °C, un abaissement de 1 °C est donc possible. En outre, les eaux seront réchauffées avant leur arrivée en STEP par l'ajout d'eaux usées des bâtiments en aval de l'installation.
Age des conduites	L'installation d'un échangeur de chaleur est plus avantageuse dans le cas où la canalisation doit être rénovée ou remplacée.

Tableau 50. Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées

Sources : OFEN, VSA (Association Suisse des professionnels de la protection des eaux), Lyonnaise des Eaux

[44] Énergies renouvelables en Nord-Pas de Calais, quel gisement et quels modèles de développement ? ; ADEME et Région Nord-Pas-de-Calais 2011

Selon BPR-Europe, l'investissement peut varier de 1 500 à 4 000 €/kW. Selon la Lyonnaise des Eaux, le coût d'un projet varie entre 400 k€ et 1000 k€.

Malgré un prix d'installation plus élevé que pour un chauffage thermique classique, un temps de retour sur investissement de 2 à 10 ans est envisageable, selon la configuration des collecteurs. La durée de vie de la pompe à chaleur est d'environ 15 ans et celle de l'échangeur à chaleur de 30 à 50 ans, d'après Saunier & Associés.

Détermination du potentiel net pour la récupération de chaleur des eaux usées selon la méthode utilisé lors de la détermination des gisements d'énergie renouvelable en Nord-Pas-de-Calais :

Il est considéré que seuls 30% des immeubles sont retenus, dans la mesure où il n'est pas possible de tous les équiper. Sont également retenus les logements alimentés au fioul ou au gaz naturel, car ceux alimentés au chauffage urbain ou à l'électricité sont soit techniquement trop difficile à convertir, soit déjà concernés par un gisement d'énergie renouvelable.

Sur 13 235 logements collectifs, on compte 57% chauffés au gaz et 11% chauffés au fioul[45], soit un total de 9000 logements à considérer. En comptant environ 8 logements par immeubles et en considérant que 30% du total, on obtient un gisement net de 333 installations sur l'habitat collectif.

La consommation moyenne d'un logement pour l'eau chaude sanitaire s'établit à 3MWh/an. Les systèmes de récupération de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire couvrent environ 50% des besoins. Le chiffre de 1,5MWh/an par logement de production d'énergie renouvelable est donc retenu pour établir le bilan des gisements nets.

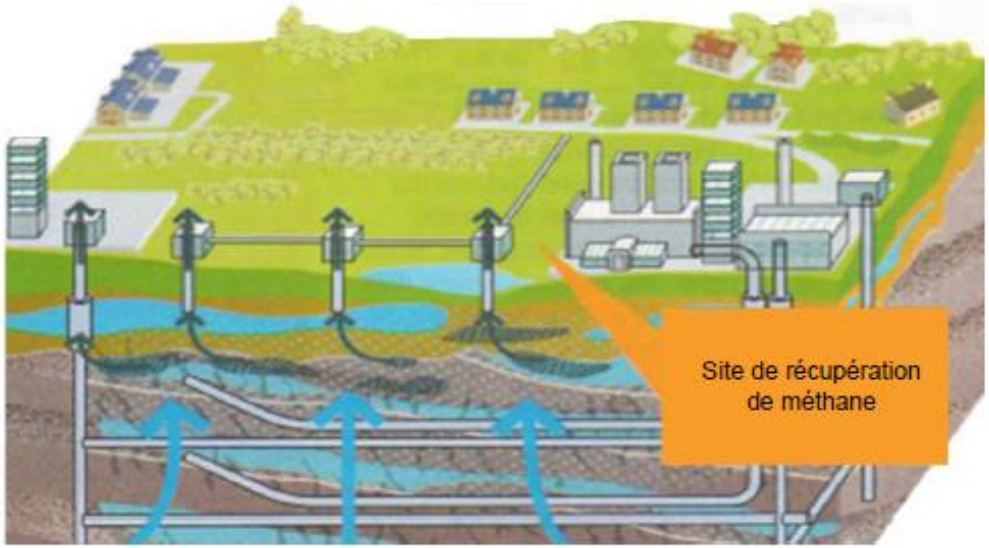
Le gisement net pour la production d'énergie issu des eaux usées est donc estimé à **13,5 GWh/an**.

[45] Chiffres issus de PrecariTER, ENEDIS, 2014

c. Gaz de mine

Par ses anciennes activités minières, le territoire dispose d'une très grande quantité de gaz de mine. Le site de la concession est situé à Divion, qui est acheminé à un point de collecte à Béthune.

Le gisement à Divion semble très important : près de 9 milliards de m3, soit un **gisement brut de 70 GWh/an** (en se basant sur l'extraction déjà réalisée auparavant) et permettrait une production locale à long terme (50 ans) voir très long terme (100 ans), conséquence des activités minières passées. Il n'est pas économiquement intéressant aujourd'hui d'injecter directement ce gaz dans le réseau de gaz naturel (du fait de ses caractéristiques énergétiques un peu plus pauvre) mais le système produirait de l'électricité et de la chaleur grâce à 2 systèmes de cogénération (de 2 fois 1,5 MW) ainsi que la production de chaleur par trois chaudières, pour alimenter le réseau de chaleur.



Projets à venir :

Il est envisagé que l'exploitation du gaz de mine permette d'alimenter une chaudière gaz à hauteur de 3MWth (couplé à une alimentation au gaz naturel d'appoint) et une centrale de cogénération à hauteur de 2 MWth, alimentant toutes les deux le réseau de chaleur depuis la chaufferie du Mont Liébaut. Les informations sur les coûts de cette énergie sont indiquées dans le chapitre sur le réseau de chaleur.

Schéma de captage du gaz de Mine (Coal Mine Methane) ou grisou

En considérant un rendement des chaudières et du système de cogénération de 70%, nous obtenons un **gisement net de production d'énergie issu du gaz de mine de 49 GWh/an.**

En sommant tous les gisements de production d'**énergie fatale nous obtenons un gisement net de 207 GWh/an.**

Conclusion :

En récapitulatif, la récupération d'énergie fatale est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

	Gisement net (GWh/an)
Récupération de la chaleur fatale	207

Les gisements bruts et nets de récupération d'énergie sont très intéressants sur le territoire surtout du fait des assez nombreuses activités industrielles ainsi que de la production de gaz de mine. Toutefois la mobilisation de ce gisement est rendue compliquée par la diversité des sources énergétiques, par les technologies à mettre en place et par le transport de la chaleur mais cela peut être encouragé pour des projets très locaux comme les grandes industries, ou les grands regroupements de bâtiments.

	Opportunités	Freins
Energie fatale	• Principe de récupération d'énergies perdues très intéressant • Potentiel certain sur le territoire du fait des nombreuses industries, du grand tissu urbain et des réseaux de chaleur existant et de l'important gisement du gaz de mine • Diversité des technologies existantes • Aides financières existantes • Les contraintes réglementaires vont dans le sens de la promotion de la récupération d'énergie au sein des industries	• Technologies encore relativement peu développées en France • Production pas toujours de grande puissance, notamment pour la technologie de récupération sur les eaux usées • Technologies chère à l'investissement • Impact environnemental de l'exploitation du gaz de mine (production de Gaz à Effet de Serre)

Autres énergies mobilisables sur le territoire : « les biocarburants »

Aujourd'hui le secteur des transports est dépendant à plus de 90% des produits pétroliers. L'utilisation des biocarburants a déjà commencé sur le territoire puisque cela couvre près de 6% des besoins du secteur du fret et autant pour la mobilité.
La branche des technologies d'énergie renouvelable dédiées à la mobilité doit être développée, en fonction des potentiels du territoire.
Toutefois, les avantages environnementaux de l'utilisation de biocarburants et plus spécifiquement d'agrocarburants ne fait pas l'unanimité, en ce qui concerne le bilan carbone global et l'utilisation foncière. Cette question se pose surtout pour les agrocarburants de première génération dont la valorisation directe porte sur le végétal entier, alors que les agrocarburants de deuxième et troisième génération qui utilisent les résidus de culture et des algues peuvent apporter des progrès sur ces questions. Le succès de ces énergies passe surtout dans leur incorporation progressive dans l'utilisation actuelle de carburant.
L'union Européenne a bien précisé dans la directive « énergies renouvelables » que le taux minimal d'incorporation de 10 % d'agrocarburants dans la consommation totale d'essence et de gazole à l'horizon 2020 était prévu « sous réserve que la production ait un caractère durable, que les biocarburants de deuxième génération soient disponibles sur le marché ».[46]

Plusieurs types de biocarburants existent :

- Le bioéthanol :

Le bioéthanol est un agrocarburant qui s'utilise dans les moteurs « essence ».
A Lillers, la distillerie Tereos produit déjà du bioéthanol de première et deuxième génération, issu notamment des résidus de la transformation en sucre de la production des betteraves sucrières. Le bioéthanol a pour origine les végétaux contenant du saccharose

[46] Rapport Schéma Régional Climat Air Energie Nord-Pas-de-Calais ; 2012

comme la betterave ou la canne à sucre, ou de l'amidon comme le blé ou le maïs. Le bioéthanol est obtenu par fermentation de sucre extrait de la plante sucrière ou par hydrolyse enzymatique de l'amidon contenu dans les céréales.

Le bioéthanol est actuellement présent dans les carburants « essence » distribués en France :

- à hauteur de 5 % dans le SP95 et le SP98
- jusqu'à 10 % dans le SP95-E10
- entre 65% et 85 % dans le Superéthanol E85

Ainsi que dilué à 95 % dans de l'eau pour produire l'ED95, autorisé en France depuis 2016.
Sur le territoire, on retrouve un fort potentiel du fait de la forte importance de l'agriculture, qui représente près de 60% des surfaces dont 11% pour la plantes industrielles (dont surtout de la betterave sucrière). Le territoire a su démontrer qu'il possède des caractéristiques agricoles intéressantes pour la production de betteraves sucrières, ce qui peut être développé.

Le gisement disponible du territoire dépend surtout des capacités agricoles ainsi que des capacités industrielles de production d'éthanol, notamment par l'entreprise Tereos.

- Le biodiesel (biogazole ou diester) :

Le biodiesel est obtenu à partir d'huile végétale ou animale, transformée par un procédé chimique de transestérification faisant réagir cette huile avec un alcool. Les huiles sont principalement issues de palme, de colza mais aussi de soja et dans une moindre mesure de canola. Un meilleur rendement pourrait être apporté par l'utilisation d'algues ou de bactéries.

On trouve le biodiesel incorporé jusqu'à hauteur de 8% dans le gazole, directement dans les pompes des stations-service de France. En effet, depuis le 3 janvier 2015 les distributeurs sont autorisés à vendre du gazole contenant jusqu'à 8 % de biodiesel.

- Le biogaz carburant (biométhane ou bioGNV, Gaz Naturel Véhicule) :

Le processus de fabrication du biogaz est le même que le biométhane, issu des déchets agricoles, des déchets de l'industrie agroalimentaires, des boues de station d'épuration ou de déchets verts.

L'utilisation en carburant du biogaz est fortement encouragée par des distributeurs de réseau de gaz comme GRDF, qui cherche à rendre le réseau plus vert. Mais cela nécessite la mise en place de stations de distribution du biogaz, reliées au réseau, qui est actuellement surtout conditionné par le développement de la mobilité au biogaz.

- Le dihydrogène (ou par abus de langage l'hydrogène) :

L'hydrogène se stockant de manière plus facile, son utilisation a tendance à se développer. Pour le moment l'hydrogène ne figure pas au rang des énergies vertes, puisque les procédés actuels de production utilisent majoritairement des hydrocarbures (gaz naturel, pétrole, charbon) mais sa production pourrait le devenir. L'hydrogène de source renouvelable est produit grâce à de l'électricité renouvelable ou issu d'un procédé de méthanisation.

En France et dans le monde, la production d'hydrogène est en plein développement. L'hydrogène est essentiellement utilisé dans le secteur industriel à raison d'1 Mt par an en France et de près de 61 Mt dans le monde. Le marché de l'hydrogène industriel offre un volume suffisamment important pour pouvoir permettre un développement en grande série d'électrolyseurs et ainsi de réaliser les économies d'échelle qui permettront de réduire les coûts.

En 2018, un Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique est mis en place dont les mesures sont les suivantes :

N°1 : Intégrer des objectifs spécifiques à l'hydrogène dans les usages industriels : - 10 % d'hydrogène décarboné dans l'hydrogène industriel d'ici à 2023 - Entre 20 à 40 % d'ici 2028.

N°2 : Mettre en place dès 2020 un système de traçabilité de l'H2, s'inscrivant dans le cadre européen en cours de discussion (révision de la directive relative aux énergies renouvelables).

N°3 : Assurer la mise en évidence de l'impact environnemental de l'hydrogène dans la réglementation relative aux gaz à effet de serre, ce qui permettra de différencier l'hydrogène en fonction de son mode de production : - en inscrivant l'hydrogène dans la Base Carbone® gérée par l'ADEME ; - en faisant ressortir l'hydrogène comme un vecteur énergétique, au même titre que l'électricité, la vapeur… au niveau national comme à l'international.

Un véhicule à hydrogène est un véhicule électrique dont l'électricité est produite à bord par une pile à combustible faisant réagir l'hydrogène embarqué avec l'oxygène de l'air. Cela a pour avantages : 500 km d'autonomie, 5 minutes pour faire le plein et zéro polluant à l'usage (pas de particules, pas de CO2, pas de NOx et pas e bruit).

Dans la mobilité, l'utilisation de l'hydrogène permet d'optimiser le stockage électrique par une grande autonomie et une recharge rapide des véhicules électriques, grâce à la pile à hydrogène. Cela réduit également le besoin de renforcer les réseaux électriques.

A l'échelle nationale, le développement du Plan Mobilité Hydrogène France témoigne de l'engagement politique dans cette direction. Ce Plan a pour objectifs en France de développer 100 stations et 1000 véhicules en 2022 et 600 stations et 800 000 véhicules en 2030.

Le déploiement des véhicules et stations dépend des flottes captives des opérateurs engagés dans l'hydrogène. Le développement des stations de recharge demande la mise en place d'un réseau d'alimentation.

Les systèmes d'utilisations de l'hydrogène sont les mêmes que les véhicules électriques : véhicules individuels, véhicules routiers de marchandises, vélos électriques ou même train hydrogène.

Même si les biocarburants sont déjà des énergies utilisées sur le territoire, la détermination du gisement est rendue difficile car d'une part une quantité est déjà comptabilisée dans la production de biométhane ou d'électricité verte (pour l'hydrogène) et que d'autres part sa production entre en concurrence avec d'autres utilisations, notamment dans l'agriculture. La quantité supplémentaire de bioéthanol ou de biodiesel agricole sur le territoire ne peut se faire qu'au détriment d'autres productions. Ce gisement n'ayant pas été déterminé à l'échelle régionale ou sur des territoires voisins, il est difficile d'en faire l'estimation pour le territoire de la Communauté d'Agglomération de Béthune-Bruay Artois Lys Romane.

Une étude plus poussée pourrait apporter des réponses précises, répondant aux grandes problématiques de la mobilité de demain, du point de vue de sa production, très fortement encouragée à l'échelle nationale, européenne et mondiale, ainsi que de son utilisation.

Projets à venir :

Des réflexions sont actuellement menées sur l'implantation de stations de Gaz naturel Comprimé GNC (sur la commune de Bruay-la-Buissière) et sur l'estimation des flottes captives des différentes zones d'activités et communes pour engager le développement de la filière.

	Opportunités	Freins
Les biocarburants	• Permet un changement de vecteur énergétique face aux produits pétroliers, notamment pour la mobilité • Potentiel présent sur le territoire du fait de la production agricole, de la présence d'une sucrerie et d'un contexte industriel déjà développé • Diversité des technologies de production existantes • Très fort investissements et accompagnement de la part de l'Etat • Aides financières existantes	• Technologies encore en développement en France • Technologies très chères à l'investissement, du fait de la nécessité de la création de toute la chaine de production et de consommation • La production d'éthanol à base de produit de culture peut être en conflit avec la production alimentaire • Impact environnemental

Stockage des énergies renouvelables

Les études de gisements de stockage d'énergie renouvelable sont plutôt rares mais sont ici expliquées les différentes technologies et contraintes de ce secteur.

Avec la production d'énergie renouvelable, la question de son stockage devient importante. En effet les variations de production par les énergies intermittentes d'importance comme le solaire et l'éolien, posent la question du stockage. Le stockage a son intérêt notamment pour assurer l'approvisionnement en énergie, surtout dans l'esprit d'une certaine autonomie énergétique du territoire. Pour les différents réseaux, les capacités de stockage permettent également de lisser les pics de production et de consommation ; par exemple, un bâtiment ou groupement de bâtiments consommant et produisant de l'énergie peut disposer d'un système de stockage pour limiter les échanges avec le réseau.

Plusieurs technologies existent, en fonction des types d'énergie et de leurs systèmes de production, impliquant parfois des conversions énergétiques.

Historiquement les énergies solides et liquides se stockent très bien et permettent d'être transportées. C'est pourquoi le charbon et le pétrole ont cet avantage important. Dans les énergies renouvelables, le bois est un moyen de stockage intéressant. Les biocarburants comme le bioéthanol et le biodiesel permettent également le transport pratique de l'énergie.

Sont rassemblés et détaillés dans le tableau suivant les systèmes de stockage d'énergie les plus couramment utilisés ou en cours de développement, les plus adaptés au territoire (les solutions de stockage marin, entre autres, ne seront pas mentionnés ici).

vecteur énergétique	type de stockage	avantages	inconvénients	exemple d'utilisation
électricité	stockage électrochimique : piles, batterie, condensateur ou supracondensateur	- Systèmes faciles à mettre en place pour de petites productions - Affranchissement de l'obligation d'être raccordé au réseau électrique - Les technologies ont pour vocation à se développer dans leurs systèmes et dans leurs utilisations - Systèmes qui peuvent se mettre en place pour limiter les pics production électrique d'origine éolienne ou solaire	- Systèmes parfois coûteux et limités sur la capacité de stockage. Plus la capacité est grande, plus les systèmes sont onéreux. - Utilisation de ressources rares et impact négatif sur l'environnement - Niveau de dangerosité élevé	les véhicules électriques utilisent beaucoup de batteries au lithium et constitue un gisement de stockage électrique très intéressant à l'échelle nationale, contribuant à lisser les pics de consommation. L'électromobilité est en plein développement, ce qui peut être vu comme une opportunité.
biométhane	Le méthane est un système de stockage en soit, à condition de le contenir. Le réseau de gaz constitue une solution de stockage.	- le biométhane se transporte plutôt bien et se substitue très bien au gaz naturel dans son utilisation - les gisements du territoire sont intéressants et issus de domaines divers.	- les procédés de méthanisation sont très divers et sont encore relativement coûteux, de la collecte de matière première à la valorisation	
biocarburant	Les biocarburants sont des systèmes de stockage en soit.	- Les biocarburants liquides sont très faciles à transporter et se substituent relativement bien à l'utilisation des produits pétroliers. - Il y a des potentiels agricoles sur le territoire par la production de betteraves et avec l'usine de sucrerie Tereos à Lillers.	- La production de biocarburant nécessite des procédés de transformations complexes, coûteux et avec un impact environnemental. - L'utilisation de terres agricoles pour la production d'énergie peut être en conflit éventuel avec la production alimentaire	
bois	Le bois est un système de stockage énergétique en soit.	Le bois est une solution de stockage d'énergie facilement transportable et peu chère, avec un impact environnemental très positif et un bilan carbone nul.	le bois nécessite des périodes de croissances de quelques mois à des années. Le bois est une énergie relativement peu développée sur le territoire.	

vecteur énergétique	type de stockage	avantages	inconvénients	exemple d'utilisation
chaleur	stockage de calories : - cumulus pour la production d'eau chaude sanitaire - stockage à grande échelle de chaleur solaire dans des réservoirs inter-saisonniers, pour le chauffage de l'eau	Le stockage par les cumulus permet de réguler les pics de consommations pour l'eau chaude sanitaire. Ces solutions sont déjà très largement mises en place.	Le stockage thermique est parfois difficile du fait de la difficulté de maintenir un matériau à une température sur du long terme.	En France, les cumulus d'eau chaude de France (3 GW de puissance) constituent ainsi une réserve de 28 TWh, ce qui correspond à 10 % de l'ensemble des consommations énergétiques des bâtiments du pays.
énergie mécanique	stockage mécanique : sous forme de volant d'inertie. Les moteurs entrainent des cylindres en rotation avec de faibles frottements.	les volants d'inertie peuvent être utilisés pour le stockage à court terme. Système facile à mettre en place et ne consommant pas de ressources rares.	Le stockage par volant d'inertie ne fonctionne pas pour du stockage à long terme.	Dans les années 60, des autobus urbains (Trolleybus) fonctionnaient avec un volant d'inertie sous le plancher comme les Gyrobus, dans plusieurs villes belges. Ce système permettait de faire plusieurs kilomètres sans pollution et en silence avant une "recharge", qui s'effectuait en quelques minutes lors des arrêts. Mais la complexité technique de cette solution (la taille, le poids de l'équipement, des problèmes d'usure des paliers du volant, la complexité d'utilisation et l'effet gyroscopique qui avait tendance à déséquilibrer les véhicules) associé à un faible intérêt économique a stoppé son utilisation au début des années 1960. Aujourd'hui plusieurs constructeurs travaillent sur l'application du volant d'inertie aux transports en commun, notamment Alstom pour ses tramways et qui expérimente cette technique sur le réseau de Rotterdam depuis 2005.

vecteur énergétique	type de stockage	avantages	inconvénients	exemple d'utilisation
	Stockage sous forme d'énergie potentielle de pesanteur : - remontée d'eau dans des barrages surélevés. Cette technique est déjà beaucoup utilisée pour la régularisation et l'équilibrage des réseaux électriques, avec les systèmes de pompage-turbinage. - masses solides : utilisation de masses dont la position peut varier selon le gradient de hauteur ; les différentes hauteurs peuvent être exploitées le long d'un relief escarpé comme des falaises, dans les puits de mines désaffectés... - Air comprimé (ou CAES : Compressed air energy storage) : stockage de l'air comprimé dans des cavités (souterraines...)	La technologie est mature et de principe simple et elle est déjà beaucoup utilisée. Pour le stockage par hauteur ou par air comprimé, le territoire a des potentialités du fait de ces anciennes mines.	La remontée d'eau dans des barrages surélevés nécessite un lieu de stockage en hauteur et donc du relief dans le paysage.	
hydrogène	l'hydrogène est un système de stockage en soit. Obtenu à partir d'électricité (ou même de méthane) il permet d'avoir une forme énergétique relativement stable, à condition de le contenir. L'hydrogène peut être stocké sous forme gazeuse, liquide ou	Permet de convertir et de stocker de l'énergie électrique produite de manière renouvelable dans le cas de surplus. La valeur énergétique de l'hydrogène est très intéressante, ce qui permet d'emmagasiner de grande quantité d'énergie même si le processus de transformation de l'énergie n'as pas de	Le développement de l'hydrogène dans les process énergétiques ou dans la mobilité sur le territoire demande le développement de l'approvisionnement, par réseau et par station-service. Le développement de la filière hydrogène sur le territoire	De plus en plus de constructeurs automobiles développent les véhicules fonctionnant à l'hydrogène gazeux, avec des systèmes de piles à combustible mais le développement de leur utilisation dépend aussi du développement des stations-service hydrogène. Le projet Grhyd, lancé en 2014 par Engie et dix partenaires connectés au réseau de

vecteur énergétique	type de stockage	avantages	inconvénients	exemple d'utilisation
	solide (pour un gain de place) mais les processus de transformation sont coûteux en énergie.	rendement très élevé. Il peut reproduire de l'électricité, même si le rendement est moins intéressant. Il est compatible avec l'autoconsommation d'unité de production-consommation (quartier, îlot...). Un réseau hydrogène existe déjà à l'échelle européenne, offrant des opportunités d'utilisation pour le territoire. L'hydrogène peut également être injecté dans le réseau de gaz conventionnel, accessible sur le territoire.	demande des investissements importants.	Dunkerque, permet la conversion de l'électricité produite par des éoliennes en hydrogène ("Power to gaz").
azote liquide	L'azote est produit à partir de l'air grâce à du charbon dont la taille des pores est égale à la taille de la molécule d'oxygène ; l'air traverse le charbon qui capte l'oxygène, il en ressort de l'azote ; lorsque le charbon est saturé d'oxygène, un coup d'air comprimé nettoie le charbon pour recommencer le cycle indéfiniment. Il est vrai que la production de l'azote à partir de l'air consomme un peu d'énergie, mais elle permet le stockage d'énergie renouvelable.	L'azote liquide permet de stocker de grandes quantités d'énergie à un coût énergétique et économique moins élevé que ceux des autres modes de stockage. L'azote liquide présente une densité énergétique plus importante que l'air comprimé pour un coût de stockage moins élevé.	Le processus demande un peu d'énergie mais une fois réalisé, l'azote est facile à entreposer et à réutiliser pour une valeur énergétique intéressante.	L'azote liquide avec compression isotherme : un démonstrateur a été réalisé pour stocker l'énergie sous forme d'azote liquide par Nergitec France.

Les différents systèmes peuvent être répertoriés en fonction de leur niveau de développement et de leur efficacité énergétique comme indiqué dans le schéma ci-dessous :

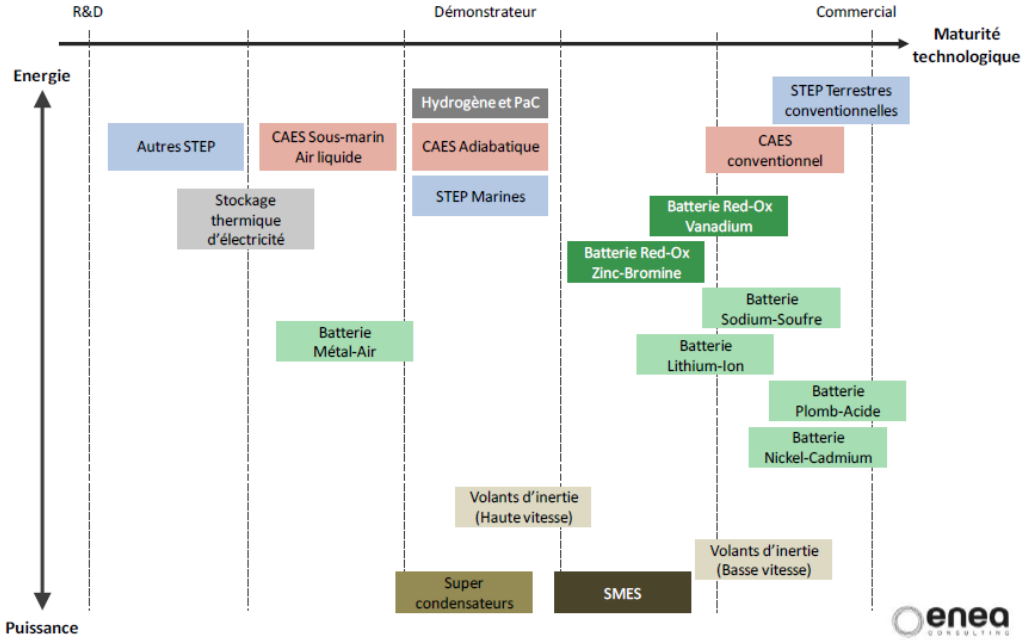


Figure 4 : Niveau de maturité technologique des différents moyens de stockage d'électricité

Typologie des moyens de stockage d'électricité

Stockage gravitaire	Stockage chimique	Stockage inertiel
Stockage à air comprimé	Stockage électrochimique	Stockage électrostatique
Stockage thermique	Stockage électrochimique à circulation	Stockage électromagnétique

Les technologies de stockage et leurs caractéristiques. STEP : station de transfert d'énergie par pompage
CAES : Compressed Air Energy Storage
SMES : Superconducting Magnetic Energy Storage;

Source : ENJEUX, SOLUTIONS TECHNIQUES ET OPPORTUNITES DE VALORISATION, Enea-Consulting, 2012

D'après les informations de l'illustration précédente, les systèmes les plus matures sont les STEP Terrestres conventionnelles, les CAES conventionnels, les Batteries Sodium-Soufre, Lithium-Ion, Plomb Acide et Nickel-Cadmium ainsi que les volants d'inerties (basse vitesse).
Les systèmes de plus grande puissance sont les Super conducteurs, les Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) et dans une moindre mesure les volants d'Inertie (Basse vitesse).

enea CONSULTING	Capacité disponible	Gamme de puissance	Temps de réaction	Efficacité	Durée de vie	CAPEX puissance (€/kW)	CAPEX énergie (€/kWh)
STEP	1 – 100 GWh	100 MW – 1 GW	s - min	70 – 85 %	> 40 ans	500 – 1 500	70 – 150
CAES	10 MWh – 10 GWh	10 – 300 MW	min	50 % (1ère gén.) 70 % (AA-CAES)	> 30 ans	400 – 1 200	50 – 150
Hydrogène et Pile à Combustible	10 kWh – 10 GWh	1 kW – 10 MW	s - min	25 – 35 %	5 – 10 ans	6 000	< 500
Batteries Sodium-Souffre	< 100 MWh	< 10 MW	ms	75 – 85 %	2 000 – 5 000 cycles	5 00 – 1 500	150 – 500
Batteries Lithium-Ion	< 10 MWh	< 10 MW	ms	85 – 95 %	2 000 – 10 000 cycles	1 000 – 3 000	300 – 1 200
Batteries Red-Ox *Flow*	< 100 MWh	< 10 MW	ms	65 – 80 %	2 000 – 12 000 cycles	500 – 2 300	100 – 400
Volants d'inertie	5 – 10 kWh	1 – 20 MW	ms	> 90 %	100 000 cycles	500 – 2 000	2 000 – 8 000
SMES	1 – 10 kWh	10 kW – 5 MW	ms	> 90 %	20 – 30 ans	300	> 10 000
Super condensateurs	1 – 5 kWh	10 kW – 5 MW	ms	90 – 95 %	500 000 cycles	100 – 500	10 000 – 20 000

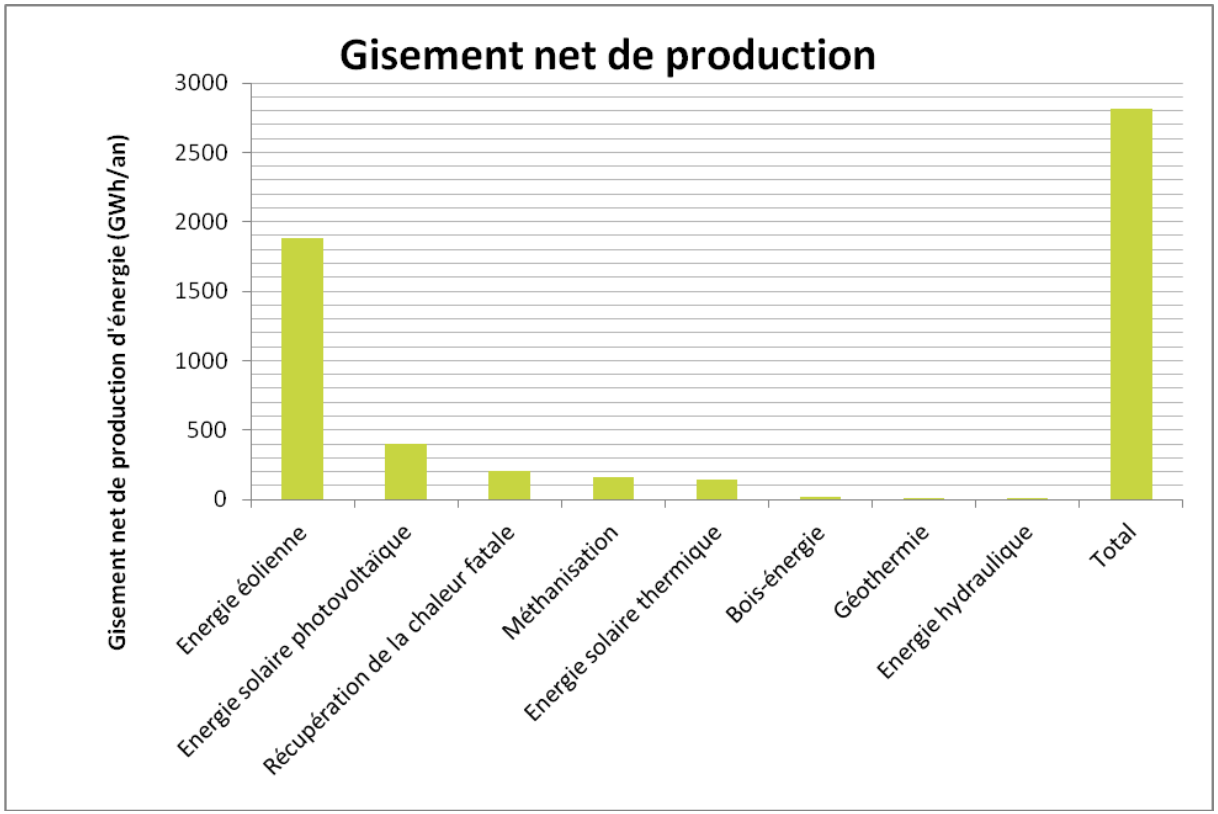
Comparaison de différentes technologies de stockage (liste non exhaustive). Les valeurs présentées sont des ordres de grandeur donnés à titre indicatif. CAPEX = coût d'investissement
Source : ENJEUX, SOLUTIONS TECHNIQUES ET OPPORTUNITES DE VALORISATION, Enea-Consulting, 2012.

Les systèmes de plus grandes puissances comme les SMES et les Super condensateurs ont de coûts d'investissement par énergie très importants. En croisant les informations des deux illustrations précédentes, on remarque que les systèmes les plus commercialisés sont globalement moins chers à l'investissement, en fonction de leur niveau de capacité énergétique.
Les solutions de stockage sont cruciales pour le développement des énergies renouvelables et pour le changement dans les productions et consommations d'énergie, mais elles représentent souvent un coût environnemental important. Elles représentent un coût financier pour le déploiement des technologies car ces systèmes sont encore assez peu développés, surtout sur le territoire.

Conclusion

En récapitulatif, la production d'énergie renouvelable sur le territoire est synthétisée dans le tableau ci-dessous, par ordre décroissant de gisement net :

type d'énergie renouvelable	gisement brut	unité gisement brut	gisement net	unité gisement net
Energie éolienne	70,95	GW/an	1882	GWh/an
Energie solaire photovoltaïque	655,411	GW/an	400,5	GWh/an
Récupération de la chaleur fatale		GWh/an	207	GWh/an
Méthanisation	224,21	GWh/an	160,81	GWh/an
Energie solaire thermique	655,411	GW/an	146,1	GWh/an
Bois-énergie	27	GWh/an	16,4	GWh/an
Géothermie			4,3	GWh/an
Energie hydraulique	0,9	GWh/an	0,5	GWh/an
Biocarburants	-		-	
		Total	**2817,61**	**GWh/an**



L'énergie éolienne dépasse vraiment de loin les autres types de production mais sa mise en place n'est pas toujours autant aisée.

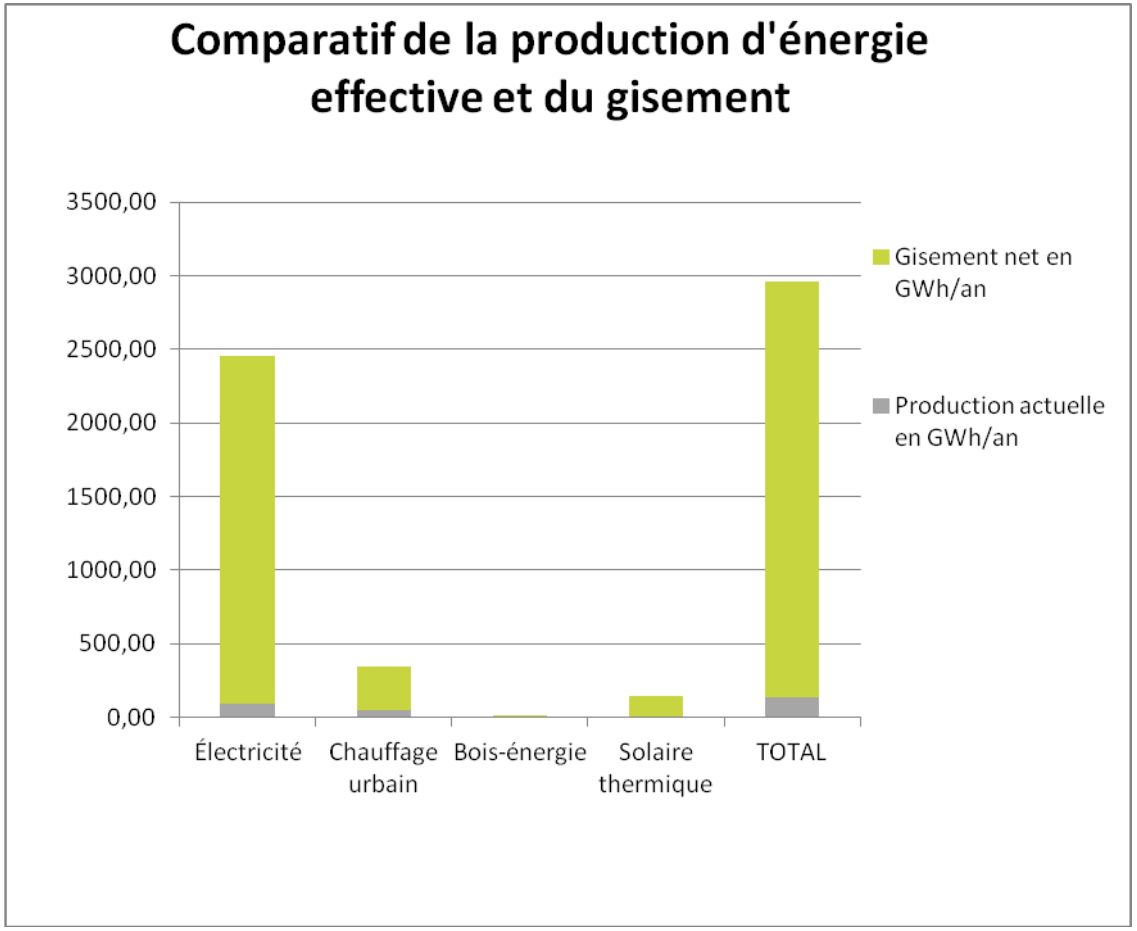
Les énergies comme le bois-énergie, la géothermie et l'énergie hydraulique ont des gisements nets très faibles.

Le total de gisement net est donc de **2,81 TWh/an**, ce qui est très intéressant.

Comparativement, les 5 premières énergies du classement sont relativement matures dans l'ensemble et sont plutôt encouragées à l'échelle nationale avec des aides techniques et financières.

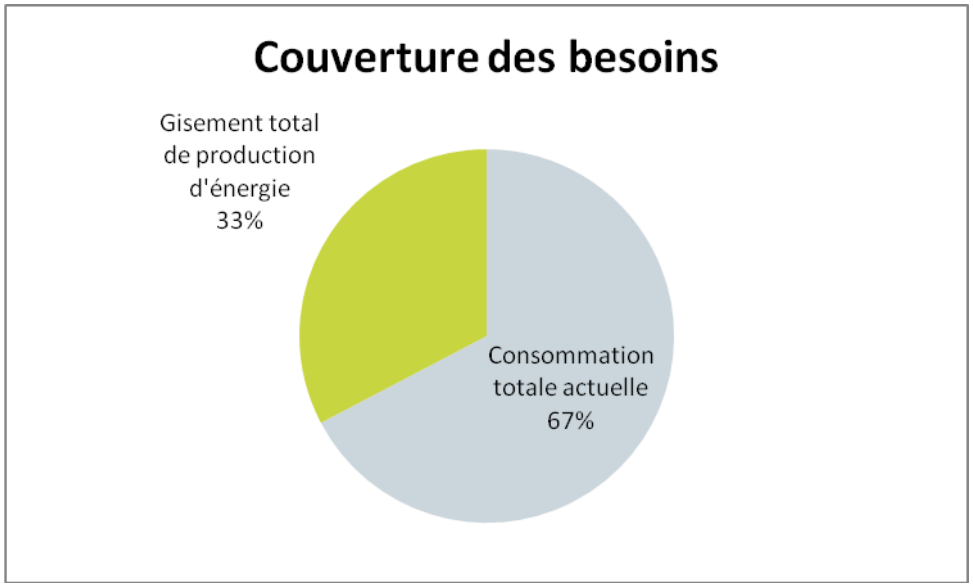
Toutefois, les potentiels des trois plus faibles gisements ne sont pas à négliger car leurs systèmes et leurs technologies peuvent s'appliquer de manière très locale. Par exemple, il existe des gisements intéressants de géothermie sur des points très précis qui perdent de leur importance au regard d'un territoire de près de 650 km². De même la source renouvelable du bois-énergie peut être hautement développée et possède de grandes vertus économiques et techniques.

Par rapport à la production déjà effective (d'après l'étude réalisée lors du diagnostic), nous obtenons le graphique suivant :



Nous observons que les productions actuelles sont bien largement minimisées par rapport au gisement de production net. Toutefois, au vue des projets en cours ou à venir très prochainement, cette proportion va augmenter, surtout grâce au développement de l'exploitation du gaz de mine, des projets éoliens, de la valorisation des déchets, de la production d'énergie photovoltaïque ou encore des projets de méthanisation.

Comparativement, nous pouvons rapporter le gisement total de production par rapport aux consommations d'énergie actuelles :



Au regard de la consommation totale du territoire (8667,9 GWh/an), le gisement total net de production ne permet de couvrir que 33% des consommations actuelles.

Cela met en valeur le fait que les consommations d'énergie doivent être drastiquement réduites, notamment pour tendre vers un objectif de Territoire à Energie POsitive (TEPOS).

Sont rassemblées dans le tableau suivant, les caractéristiques synthétiques d'utilisation des énergies mentionnées.

Type d'énergie source	Type d'énergie produite	Conditions d'exploitation préférentielles pour le territoire	Types de stockage	Utilisations	Secteurs d'activités préférentiels d'implantation	Secteurs d'activités d'utilisation
Energie solaire photovoltaïque	électricité	Production en petites installations ou en grandes centrales. Energie facile à consommer sur place pour les petites installations ou transmise aux réseaux électriques.	(production électrique toujours plus difficile à stocker et transporter) - stockage électrochimique : piles, batterie, condensateur ou supracondensateur - transformation de l'électricité en énergie mécanique et stockage sous forme de volant d'inertie, d'énergie potentielle de pesanteur, de masses solides ou d'air comprimé (pour les grosses productions) - transformation en hydrogène (Power to gaz)	éclairage, ECS, appareils de cuisson, électroménager, moteurs électriques, chauffage, électromobilité…	résidentiel industriel tertiaire agricole Transport (en ombrières solaires sur parking par exemple) patrimoine communautaire	résidentiel industriel tertiaire agricole transport patrimoine communautaire
Energie solaire thermique	chaleur (fluide)	Production en petites installations. Energie consommée préférentiellement sur place, pour la production d'ECS et dans une moindre mesure pour le chauffage.	(la chaleur est par définition difficile à stocker et doit préférentiellement être consommée là où elle est produite) stockage de calories : - cumulus pour la production d'eau chaude sanitaire - stockage à grande échelle de chaleur solaire dans des réservoirs inter-saisonniers, pour le chauffage de l'eau	chauffage ECS et dans une moindre mesure chauffage des bâtiments	résidentiel	résidentiel

Type d'énergie source	Type d'énergie produite	Conditions d'exploitation préférentielles pour le territoire	Types de stockage	Utilisations	Secteurs d'activités préférentiels d'implantation	Secteurs d'activités d'utilisation
Energie éolienne	électricité	Production préférentiellement en parcs éoliens ou en petites installations urbaines. Energie consommée sur place pour les petites installations ou transmise aux réseaux électriques pour les grandes éoliennes.	(production électrique toujours plus difficile à stocker et à transporter) - stockage électrochimique : piles, batterie, condensateur ou supracondensateur - transformation de l'électricité en énergie mécanique et stockage sous forme de volant d'inertie, d'énergie potentielle de pesanteur, de masses solides ou d'air comprimé (pour les grosses productions) - transformation en hydrogène (Power to gaz)	éclairage, ECS, appareils de cuisson, électroménager, moteurs électriques, chauffage, électromobilité…	résidentiel (petit éolien) industriel (petit éolien) tertiaire (petit éolien) agricole (petit ou grand éolien) transport (le long des axes routiers par exemple) patrimoine communautaire (petit éolien)	résidentiel industriel tertiaire agricole transport patrimoine communautaire
Géothermie	chaleur (fluide)	Production en petites installations, pour au maximum quelques bâtiments ou pour alimenter un réseau de chaleur à basse température (maintien de température).	(la chaleur est par définition difficile à stocker et doit préférentiellement être consommée là où elle est produite) stockage de calories : - cumulus pour la production d'eau chaude sanitaire - stockage à grande échelle de chaleur dans des réservoirs inter-saisonniers, pour le chauffage de l'eau	chauffage ECS et dans une moindre mesure chauffage des bâtiments	résidentiel tertiaire patrimoine communautaire	résidentiel tertiaire patrimoine communautaire

Type d'énergie source	Type d'énergie produite	Conditions d'exploitation préférentielles pour le territoire	Types de stockage	Utilisations	Secteurs d'activités préférentiels d'implantation	Secteurs d'activités d'utilisation
Méthanisation	gaz	Production centralisée en usine. La production peut être directement réinjectée dans le réseau de gaz, ou transformée en chaleur et électricité par un système de cogénération.	Le méthane est un système de stockage en soi, à condition de le contenir. Le réseau de gaz constitue une solution de stockage.	chauffage de bâtiments, ECS, cuisson, mobilité	résidentiel (ordures ménagères) industriel (déchets organiques) agricole (déchets végétaux et d'élevage) patrimoine communautaire (déchets verts)	résidentiel industriel tertiaire agricole transport patrimoine communautaire
Bois-énergie	bois	Production diffuse sur le territoire. La production peut être distribuée chez les particuliers ou dans des micro-réseaux de chaleur, ou alimenter des chaudières de grandes production de chaleur, pour alimenter le réseau de chaleur urbain ou même produire de électricité par un système de cogénération.	Le bois est un système de stockage énergétique en soi.	chauffage de bâtiments	agricole secteur forestier (privé et public)	résidentiel tertiaire patrimoine communautaire

Type d'énergie source	Type d'énergie produite	Conditions d'exploitation préférentielles pour le territoire	Types de stockage	Utilisations	Secteurs d'activités préférentiels d'implantation	Secteurs d'activités d'utilisation
Energie hydraulique	électricité	Production en petites installations (de un à quelques bâtiments), préférentiellement consommée au plus près du lieu de production.	(production électrique toujours plus difficile à stocker et à transporter) - stockage électrochimique : piles, batterie, condensateur ou supracondensateur - transformation de l'électricité en énergie mécanique et stockage sous forme de volant d'inertie, d'énergie potentielle de pesanteur, de masses solides ou d'air comprimé (pour les grosses productions) - transformation en hydrogène (Power to gaz)	éclairage, ECS, appareils de cuisson, électroménager, moteurs électriques, chauffage, électromobilité…	résidentiel tertiaire	résidentiel tertiaire
Récupération de chaleur fatale	chaleur (fluide)	Production en petites installations, pour maximum quelques bâtiments, pour mutualiser l'énergie de process énergétique, ou pour alimenter le réseau de chaleur en basse température (maintien de température).	(la chaleur est par définition difficile à stocker et doit préférentiellement être consommée là où elle est produite) stockage de calories : - cumulus pour la production d'eau chaude sanitaire - stockage à grande échelle de chaleur dans des réservoirs inter-saisonniers, pour le chauffage de l'eau	chauffage ECS et dans une moindre mesure chauffage des bâtiments	résidentiel industriel patrimoine communautaire	résidentiel industriel tertiaire patrimoine communautaire

Type d'énergie source	Type d'énergie produite	Conditions d'exploitation préférentielles pour le territoire	Types de stockage	Utilisations	Secteurs d'activités préférentiels d'implantation	Secteurs d'activités d'utilisation
Biocarburants	fluides : liquides	Production centralisée en usine. La production est ensuite redistribuée, soit mélangée aux carburants conventionnels, soit directement acheminée vers les stations-services.	Les biocarburants sont des systèmes de stockage en soi.	transports	agricole	transport

ANNEXES

Annexes

Actions de réduction des déperditions énergétiques par secteurs d'activité

Les actions de réductions de consommations d'énergie et les leviers d'actions sont indiqués par secteurs d'activité. Les leviers d'actions ont un impact indirect sur l'énergie. Ils constituent par exemple les aides financières, les plans et programmes, les défis et challenges, la formation, l'information et la sensibilisation. Les tableaux des différents secteurs recensent des actions et leviers d'actions issus d'une multitude de documents des anciens territoires de l'agglomération, des documents à des échelles spatiales différentes (Département, Région, France), d'organismes régionaux ou d'organismes spécifiques selon les thématiques.

Ces différents organismes et documents dont les données sont issues sont les suivants :

- ADEME : Guide agriculture
- ADEME : Guide PCAET
- ADEME : la Chaleur fatale
- ADEME : Stratégie Bâtiment
- ADEME : Stratégie transport et mobilité
- ADEME : Vision Energie Climat 2030/2050
- Communauté d'Agglomération Béthune-Bruay Artois Lys Romane
- Engagement pour le renouveau du bassin minier du Nord et du Pas-de-Calais
- Engagement TECV de la Communauté d'Agglomération Artois Lys Romane
- Good Planet : Guide de l'optimisation énergétique en Immobilier d'Entreprise
- Institut NegaWatt et Réseau action climat France : La transition énergétique du secteur de l'industrie
- Institut NegaWatt : La transition énergétique du secteur des transports
- Livret Euralens n°13
- Master Plan Nord Pas de Calais
- Ministère de la Transition écologique et solidaire et le Ministère de la cohésion des territoires : Plan de Rénovation énergétique des bâtiments
- Objectif CO2
- PCAET Artois COMM
- PCAET Lys Romane
- Plan Pluriannuel de l'Energie
- Rapport industrie WWF ; Gisement d'économie d'énergie dans l'industrie
- Rexel : Guide solutions maîtrise de l'énergie dans le tertiaire
- SCOT de l'Artois (version 2006)
- SMT AG : Plan de Déplacement Urbain provisoire (2018)
- SRADDET Nord-Pas-de-Calais
- SRCAE Nord-Pas-de-Calais
- Verdi Conseil